



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 22 875 T2 2004.05.19**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 828 264 B1**

(51) Int Cl.7: **H01F 6/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 22 875.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP97/00951**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 907 429.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/035328**

(86) PCT-Anmeldetag: **21.03.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **25.09.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.03.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **18.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.05.2004**

(30) Unionspriorität:

9204396 21.03.1996 JP

(73) Patentinhaber:

Hitachi Medical Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Viering, Jentschura & Partner, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

**HONMEI, Takao, Chiyoda-ku, Tokyo 101, JP;
TAKESHIMA, Hirotaka, Chiyoda-ku, Tokyo 101, JP;
KAWANO, Hajime, Chiyoda-ku, Tokyo 101, JP;
TAKUMA, Yutaka, Chiyoda-ku, Tokyo 101, JP;
KOTABE, Munenori, Chiyoda-ku, Tokyo 101, JP;
MAKI, Naoki, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, JP;
HARA, Nobuhiro, Hitachi-shi, Ibaraki-ken 316, JP;
KAKUGAWA, Shigeru, Ibaraki-ken 316, JP; HINO,
Noriaki, Mito-shi, Ibaraki-ken 310, JP**

(54) Bezeichnung: **SUPRALEITENDE MAGNETVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM EINSTELLEN DER MAGNETISIERUNG DERSELBEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine supraleitende Magnetvorrichtung, die in verschiedenen Gebieten verwendet wird, die statische Felder nutzt, und insbesondere eine supraleitende Magnetvorrichtung, die ein supraleitendes Verbundelement als eine Quelle zum Erzeugen eines statischen Magnetfeldes nutzt und ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung davon.

Stand der Technik

[0002] Wie bekannt ist, werden supraleitende Magnetvorrichtungen in verschiedenen Gebieten verwendet. Allgemein ist eine bekannte supraleitende Magnetvorrichtung so eingerichtet, dass supraleitende Drähte wie eine Spule gewunden sind und sie dann in flüssiges Helium getaucht wird, das in einem Kühlmittelbehälter enthalten ist und als ein Kühlmittel zum Kühlen supraleitenden Materials dient, so dass dadurch ein Magnetfluss erzeugt wird, nämlich ein magnetisches Feld in einem vorher festgelegten Raum, wie es in der japanischen, ungeprüften Patentveröffentlichung Nr. 4-49948 veröffentlicht ist.

[0003] **Fig. 68** zeigt ein Beispiel einer solchen supraleitenden Magnetvorrichtung. In einem Kühlmittelbehälter **11** ist eine Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** angeordnet, die sich aus einem wie Spulen um eine Auflage **14** gewundenen supraleitenden Draht zusammensetzt. Aus Nb_3Sn oder $NbTi$ gemachter Draht wird als der supraleitende Draht verwendet. Ein mittels der vorher genannten Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** erzeugtes magnetisches Feld wird in einem Statikmagnetfeld-Raum **18** entlang der Zentralachse **19** davon gebildet. Nebenbei bemerkt ist die Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** aus einer Mehrzahl von Spulen zusammengesetzt. Ferner kann das in dem Statikmagnetfeld-Raum **18** erzeugte Magnetfeld reguliert werden, indem die Anzahl der Windungen von jeder der Spulen geändert wird. Zudem wird ein Kühlmittel **12**, wie zum Beispiel flüssiges Helium, zum Kühlen von supraleitenden Materialien aus einer Kühlmittelquelle **17** ausgegeben und aus einer Kühlmittelinflussöffnung **15** durch den Hahn **16** hindurch in den Kühlmittelbehälter **11** eingegeben. Ferner wird ein elektrischer Magnetisierungsstrom, der an die Spulen der vorher genannten Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** anzulegen ist, von einer Anregungs-Energieversorgung **20** dort durch einen Anschlussabschnitt **21** und einen Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter **24** eingeleitet. Der vorher genannte Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter **24** wird verwendet, wenn die Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** in einem Dauerstrommodus betrieben wird. **Fig. 69** zeigt ein Beispiel des Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters **24**. Der Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter **24** ist nämlich

in dem Kühlmittelbehälter **11** zusammen mit der Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** enthalten und wird gekühlt, indem das Kühlmittel **12** zum Kühlen supraleitenden Materials verwendet wird. Ferner wird der vorher genannte Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter **24** durch gemeinsames wie Spulen Winden eines supraleitenden Drahtes **28** mit einem Heizdraht **29** und durch Wärmeisolieren der Drähte mittels Epoxidharz oder Ähnlichem erlangt. Als dieser supraleitende Draht **28** wird supraleitender Draht verwendet, der hergestellt wird, indem CuNi-Legierung als ein Basismetall-Material verwendet wird. Ferner wird normalerweise ein Manganinheizdraht als der Heizdraht **29** verwendet. Die Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** ist an den Dauerstromkopplungen P bzw. Q mit dem supraleitenden Draht **28** bzw. der Anregungs-Energieversorgung **20** gekoppelt. Der Schalter **26** ist an der Seite der Anregungs-Energieversorgung **20** bereitgestellt. Der Heizdraht **29** ist mittels eines Anschlussabschnittes **23** (siehe **Fig. 68**) mit einer Heizer-Energieversorgung **22** gekoppelt und ein Schalter **27** ist an der Seite der Heizer-Energieversorgung **22** bereitgestellt. Wenn der Heizdraht **29** geheizt wird, wird die Temperatur des supraleitenden Drahtes **28** gleich oder höher als eine kritische Temperatur T_c und daher wird der Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter **24** in den AUS-Zustand gebracht. Im Gegensatz dazu ist, wenn der Heizdraht **29** nicht geheizt wird, der supraleitende Draht **28** in einem supraleitenden Zustand und daher wird der Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter **24** in den EIN-Zustand gebracht.

[0004] Zum Betreiben der Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** im Dauerstrommodus werden die folgenden Schritte durchgeführt.

- (1) Die Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** und der Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter **24** werden gekühlt und in den supraleitenden Zustand gebracht, indem das Kühlmittel **12** zum Kühlen supraleitender Materialien verwendet wird.
- (2) Dann wird der an der Seite der Heizer-Energieversorgung **22** hinzugefügte Schalter **27** eingeschaltet, so dass der Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter **24** in den AUS-Zustand gebracht wird. Ferner wird der Schalter **26**, der an der Seite der Anregungs-Energieversorgung **20** bereitgestellt ist, eingeschaltet, so dass die Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** zum Erreichen eines Nennstromes mittels der Anregungs-Energieversorgung **20** angeregt wird, indem ein elektrischer Strom angelegt wird.
- (3) Nachfolgend wird der an der Seite der Heizer-Energieversorgung **22** bereitgestellte Schalter **27** ausgeschaltet, um dadurch das Heizen des Heizdrahtes zu stoppen. Folglich wird der supraleitende Draht **28** des Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters **24** in einen leitenden Zustand (nämlich EIN-Zustand) gebracht. Ferner wird der von der Anregungs-Energieversorgung fließende Strom auf Null gesenkt. Zu dieser Zeit wird der

elektrische Strom, der durch den supraleitenden Draht **28** des Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters **24** fließt, auf den Nennstromwert der Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** erhöht. In diesem Zustand kann die Anregungs-Energieversorgung **20** von der Vorrichtung gelöst werden.

[0005] Jedoch hat die herkömmliche supraleitende Magnetvorrichtung die folgenden Probleme, die in den Tatsachen begründet liegen, dass die supraleitende Spule in der Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle **13** verwendet wird und dass zum Betreiben der Vorrichtung in dem Dauerstrommodus der Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter **24** verwendet wird.

(1) Wegen des Widerstands des Anschlussabschnitts der supraleitenden Spule verringert sich ein Magnetfluss mit der Zeit.

(2) Ein Hauptfaktor im Erzeugen eines Quenches wird aufgrund des Kontaktpotenzial-Unterschieds verursacht, der im Anschlussabschnitt zwischen der CuNi-Legierung des Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters **24** und dem Cu des supraleitenden Drahtes **28** auftritt.

(3) Wegen der Unordnung in der Stärke und der Richtung eines Magnetfeldes, das in dem Anschlussabschnitt der supraleitenden Spule auftritt, wird ein Anregungsstrom reduziert.

(4) Teilweise führt eine mechanische Änderung in der Spule aufgrund falscher Befestigungsbedingungen der Spule zu lokaler Erzeugung von Wärme. Ferner wird die lokale Erzeugung von Wärme durch eine Änderung des Zustandes eines Abschnittes der Spule, in dem Wärme lokal erzeugt wird, vom normalleitenden Zustand zum supraleitenden Zustand davon gefördert. Folglich wird ein Hauptfaktor in der Erzeugung eines Quenches verursacht.

(5) Große Teile der Hauptschritte eines Vorgangs zur Herstellung einer supraleitenden Spule und eines Spulenverbindungs Vorgangs und eines Spulenhaltvorgangs haben keine andere Wahl außer manuell durchgeführt zu werden. Dadurch ist es schwierig, eine gleichbleibende Herstellungsgenauigkeit zu erreichen. Ferner sind zum Herstellen supraleitender Magnetvorrichtungen mit genügend hoher Präzision geübte Arbeiter nötig.

[0006] In DE 195,34,130 A1 (Anmeldungsdatum: 14. September 1995, Veröffentlichungsdatum: 21. März 1996, welche die Priorität der folgenden Prioritätsdokumente in Anspruch nimmt: JP 6-222196, JP 6-223547, JP 6-223549, JP 6-226276, JP 6-226278, JP 6-226826, JP 7-160396, JP 6-222198, JP 6-223548, JP 6-223552, JP 6-226277, JP 6-226825, JP 6-262359), die sich auf die Erfinder der Patentanmeldung bezieht, ist eine supraleitende Magnetvorrichtung offenbart. Die supraleitende Magnetvorrichtung weist einen Kryostaten auf, welcher ein Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel aufweist, die ein supraleitendes Verbundelement aufweist. Ein Dauer-

strom kann in das supraleitende Verbundelement induziert werden. Eine Magnetfeldinhomogenität kann mittels Leitens von Strom durch eine Mehrzahl von Heizsegmenten, welche an einem supraleitenden Verbundelement bereitgestellt sind, kompensiert werden.

[0007] JP 01149405 offenbart ein Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel, die Spulen aufweist, mit denen ein Magnetfeld erzeugt wird und die supraleitende Ringe aufweist, mit denen durch die Induktion eines durch den Wechsel eines Magnetfeldes induzierten Stroms ein Magnetfeld erzeugt wird.

[0008] Aus US 5,130,6816 ist ein Magnetfeldformer bekannt, der eine Spule zum Erzeugen eines Magnetfeldes und ein Paar zylinderförmiger Bänder aufweist, die koaxial um das Äußere der Spule angeordnet sind, und zum axialen Bewegen entlang der äußeren Fläche der Spule montiert ist. Die Bänder werden zum Bilden und Umleiten der Flusslinien der Spule verwendet mittels Bewegens der Bänder entlang der Spule in einem Zustand, in dem die Bänder supraleitend sind.

[0009] Folglich ist die Erfindung ausgeführt, um mit solchen Problemen der herkömmlichen Vorrichtungen umzugehen. Entsprechend zielt die Erfindung auf das Bereitstellen einer kleinen, hochpräzisen, supraleitenden Magnetvorrichtung, die ein Auftreten des Hauptfaktors des Erzeugens eines Quenches verhindern kann und den Magnetfluss vor dem Ändern mit der Zeit zurückhalten kann und auf das Schaffen eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer solchen supraleitenden Magnetvorrichtung, mittels der die supraleitende Magnetvorrichtung gleichmäßig magnetisiert werden kann.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Um das vorangegangene Ziel der Erfindung gemäß der Erfindung zu erreichen, wird eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 15 geschaffen. Ausführungsbeispiele werden ferner in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 14 bzw. 16 bis 39 beschrieben. Eine supraleitende Magnetvorrichtung weist auf: einen Kühlbehälter, der zum Kühlen von Inhalten davon fähig ist, so dass die Inhalte in einen supraleitenden Zustand gebracht werden; ein Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel, die in dem vorher genannten Kühlbehälter angeordnet ist und eine supraleitende Verbundstruktur aufweist, die als ein Haltemedium zum Halten eines elektrischen Stromes darin dient, der einen Magnetfluss in einem vorher festgelegten Magnetfeldbereich (der nachstehend als ein Gleichform-Magnetfeldbereich bezeichnet wird) entlang der Zentralachse davon erzeugt; und eine Haltevorrichtung zum Halten des vorher genannten Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels in dem vorher genannten Kühlbehälter, wobei die vorher genannte supraleitende Verbundstruktur eine Tempera-

tur-Justiervorrichtung hat, wobei die Magnetisierung des vorher genannten Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels mittels Induktions-Magnetisierung durchgeführt wird und wobei die Regulierung eines Magnetisierungswertes des vorher genannten Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels ermöglicht wird, indem die Temperatur der vorher genannten supraleitenden Verbundstruktur mittels der vorher genannten Temperatur-Justiervorrichtung gesteuert wird.

[0011] Gemäß der Erfindung ist das Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel mittels einer supraleitenden Verbundstruktur gebildet. Ferner wird die Magnetisierung davon durch Induktions-Magnetisierung ermöglicht, die ein indirektes Magnetisierungsverfahren ist. Daher wird die Magnetisierung davon erlangt, ohne dass Anregungsstrom direkt dort hindurch geflossen lassen wird. Dadurch ist eine supraleitende Spule, die ausgebildet wird, indem ein supraleitender Draht wie eine Spule gewunden wird, unnötig, anders als bei der herkömmlichen Vorrichtung. Als ein Ergebnis werden die Probleme, wie zum Beispiel der zu der Verdrahtung zwischen der Magnetisierungs-Energieversorgung und der supraleitenden Spule zugehörige thermische Widerstand, das Auftreten eines Quenches, der mit dem Gebrauch eines Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters zusammenhängt und Schwierigkeiten, die auf den Vorgang des Windens eines supraleitenden Drahtes wie eine Spule bezogen sind, gelöst. Dadurch wird eine supraleitende Magnetvorrichtung erlangt, die den Magnetfluss vom Variieren mit der Zeit zurückhalten kann und eine Hauptursache des Auftretens eines Quenches Beseitigen kann.

[0012] Ferner wird die Temperatur-Justiervorrichtung zu der supraleitenden Verbundstruktur hinzugefügt, die das Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel bildet. Daher wird, nachdem die supraleitende Verbundstruktur magnetisiert wurde, um es dadurch einem Dauerstrom zu erlauben dort hindurch zu fließen, die Temperatur der supraleitenden Verbundstruktur mittels der Temperatur-Justiervorrichtung gesteuert. Folglich kann ein Dauerstrom nach der Magnetisierung reguliert werden. Dies erleichtert das Regulieren eines Magnetwertes der supraleitenden Magnetvorrichtung nach seiner Magnetisierung. Als ein Ergebnis kann, sogar im Fall des Verwendens der Induktions-Magnetisierung, nach der Magnetisierung, der Magnetisierungswert frei gesteuert und auf einen gewünschten Wert adjustiert werden.

[0013] In dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ist die vorher genannte supraleitende Verbundstruktur ein Zylinder, der erlangt wurde, indem ein supraleitendes Verbundstruktur-Plattenmaterial in einen Zylinder umgearbeitet wurde. Das Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel ist so konstruiert, dass eine Mehrzahl von Zylindern angeordnet sind (auf diese Zylinder wird sich nachstehend als eine erste Gruppe von Zylindern bezogen) indem die Zentralachsen davon zueinander in der Längsrichtung jedes Zylinders in Übereinstimmung ge-

bracht werden und das ein Gleichform-Magnetfeldbereich in der Nachbarschaft eines Schnittpunkts der Zentralachse der ersten Gruppe von Zylindern und der Zentrallinien senkrecht zu der Längsachse jedes Zylinders ausgebildet wird. Eine gewünschte Stärke eines statischen Magnetfeldes und eine gewünschte Richtung eines Magnetflusses werden in dem Gleichform-Magnetfeldbereich erlangt, indem die erste Gruppe von Zylindern magnetisiert wird.

[0014] Die supraleitende Magnetvorrichtung dieser Konfiguration ist von dem Horizontal-Magnetfeld-Typ und wird erlangt, indem die Gruppe von Zylindern, die hergestellt sind, indem supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterialien verwendet werden, in der Längsrichtung davon angeordnet werden, so dass die Zentralachsen davon zueinander übereinstimmen. Der Gleichform-Magnetfeldbereich ist annähernd in dem Zentralteil der Gruppe von Zylindern gebildet.

[0015] Ferner ist in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine andere Gruppe von mehreren Zylindern eines größeren Durchmessers oder eine Gruppe von ringförmigen Scheiben eines größeren Durchmessers (die nachstehend als zweite Gruppe bezeichnet wird), wobei jede davon eine Zentralbohrung hat, um die Peripherie der ersten Gruppe von Zylindern angeordnet, indem die Zentralachse der zweiten Gruppe von Zylindern in Übereinstimmung mit der Zentralachse der ersten Gruppe von Zylindern gebracht wird. Ferner wird eine Temperatur-Justiereinrichtung der zweiten Gruppe von Zylindern hinzugefügt. Die Induktions-Magnetisierung der zweiten Gruppe von Zylindern wird auf solch eine Weise durchgeführt, um einen Magnetfluss zu erzeugen, der eine Richtung hat, durch die ein mittels der ersten Gruppe von Zylindern erzeugter Magnetfluss aufgehoben wird, wodurch ein Leckfluss reduziert wird.

[0016] Diese Konfiguration der Vorrichtung wird zum Reduzieren von Leckflüssen erlangt, indem die zweite Gruppe von Zylindern zu der supraleitenden Magnetvorrichtung hinzugefügt wird.

[0017] Ferner wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung, die Länge von jedem der Zylinder der ersten Gruppe reduziert, ohne die magnetische Homogenität des Gleichform-Magnetfeldbereichs zu stören, indem die Induktions-Magnetisierung von einem oder mehreren der Zylinder der ersten Gruppe auf solch eine Weise durchgeführt wird, dass ein elektrischer Strom, der durch einen oder mehreren von den vorher genannten in einer Richtung fließt, die entgegengesetzt ist zu einer Richtung, in der ein elektrischer Strom durch jeden der anderen Zylinder der ersten Gruppe fließt.

[0018] In dem Fall, dass nur eine Kombination von Zylindern verwendet wird, durch die Gleichströme gleicher Polarität fließen, um einen Gleichform-Magnetfeldbereich der gleichen magnetischen Homogenität zu bilden, ist die Länge des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels lang. Jedoch kann die Länge des

Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels mittels Einbauens eines Zylinders, durch den ein Dauerstrom in entgegengesetzter Polarität fließt, in die Kombination von Zylindern verringert werden.

[0019] Ferner werden im Fall der supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung einer oder mehrere Zylinder (die nachstehend als eine dritte Gruppe von Zylindern bezeichnet wird), von denen jeder eine Länge hat, die größer ist als die Länge der platzierten Zylinder der ersten Gruppe, aber einen Außendurchmesser hat, der kleiner als ein Innendurchmesser der Zylinder der ersten Gruppe ist und ferner mit einer Temperatur-Justiereinrichtung ausgestattet ist, innerhalb des Innenumfangs der Zylinder der ersten Gruppe angeordnet, wobei die dritte Gruppe von Zylindern vom supraleitenden Zustand mittels Heizen ab dem Initiieren der Magnetisierung bis zur Vervollständigung der Regulierung des Magnetisierungswerts mittels der vorher genannten Temperatur-Justiereinrichtung gelöst ist und wobei die dritte Gruppe von Zylindern nach Vervollständigung der Regulierung der Magnetisierung in den supraleitenden Zustand gekühlt und zurückgeführt wird, indem das Heizen davon gestoppt wird.

[0020] Im Fall der Vorrichtung dieser Konfiguration ist die dritte Gruppe von Zylindern innerhalb des Innenumfangs der ersten Gruppe von Zylindern angeordnet, die die hauptsächlich aufbauenden Elemente des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels sind. Ferner wird nach der Vervollständigung der Magnetisierung der ersten Gruppe von Zylindern, die dritte Gruppe von Zylindern, die das Meiste des vorher genannten Magnetflusses, der durch die erste Gruppe von Zylindern verursacht wird und den Gleichform-Magnetfeldbereich bildet, dort hindurchlaufen lässt, mittels der ersten Gruppe von Zylindern in einen supraleitenden Zustand gebracht. Folglich werden die Meisten der vorher genannten Magnetflüsse mittels der dritten Gruppe von Zylindern eingefangen. Folglich wird eine Änderung im Magnetfluss in der ersten Gruppe von Zylindern mittels der dritten Gruppe von Zylindern kompensiert. Infolgedessen kann die Abschwächung der Stärke des Magnetfelds in dem Gleichform-Magnetfeldbereich mit dem Ablauf der Zeit und eine Änderung in der Verteilung des Magnetfelds mit dem Ablauf der Zeit, die durch diese Abschwächung verursacht wird, kompensiert werden.

[0021] Ferner werden im Fall der supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung jeweils Temperatur-Justiereinrichtungen hinzugefügt und eine Gruppe von Scheiben, die Zentralbohrungen haben, an beiden Randbereichen der dritten Gruppe von Zylindern angeordnet, wodurch die Rate von Magnetflüssen, die durch die erste Gruppe von Zylindern zum Bilden des Gleichform-Magnetfeldbereiches eingefangen wird, erhöht wird. Infolgedessen kann die Abschwächung der Stärke des Magnetfelds in dem Gleichform-Magnetfeldbereich mit dem Ablauf der Zeit und eine Änderung in der Verteilung des Magnetfelds mit dem Ablauf der Zeit, die durch diese Ab-

schwächung verursacht wird, mit höherer Präzision kompensiert werden.

[0022] Im Fall des supraleitenden Magnetsystems der Erfindung ist ein Paar der supraleitenden Magnetvorrichtungen auf solch eine Weise angeordnet, dass die Zentralachsen davon in Übereinstimmung zueinander gebracht sind und um sich gegenüberzu liegen. Ferner ist ein Gleichform-Magnetfeldbereich in der Nachbarschaft des Mittelpunkts zwischen beiden des Paares der supraleitenden Magnetvorrichtungen bereitgestellt, die sich gegenüberliegen. Supraleitende Verbundelemente sind Zylinder, von denen jeder erlangt wird, indem ein supraleitendes Verbundstruktur-Plattenmaterial in einen Zylinder umgearbeitet wird, der einen geeigneten Durchmesser und Längenmaße hat. Die Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel werden auf solch eine Weise hergestellt, indem die vorher genannte Mehrzahl von Zylindern (die nachstehend als vierte Gruppe von Zylindern bezeichnet wird) dreidimensional platziert werden, dass die Zentralachsen davon zueinander in Übereinstimmung gebracht werden. Die gewünschte Stärke eines statischen Magnetfeldes und die Richtung eines Magnetflusses werden in dem Gleichform-Magnetfeldbereich erlangt.

[0023] Die supraleitende Magnetvorrichtung dieser Konfiguration ist von dem Vertikal-Magnetfeld-Typ und von dem gegensätzlichen Typ. Erzeugungsmittel für symmetrische statische Magnetfelder werden auf solch eine Weise angeordnet, dass sie einander über den Gleichform-Magnetfeldbereich hinweg gegenüberliegen. weiter ist jedes der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel aus einer Gruppe von Zylindern gebildet, ähnlich wie in dem Fall der Vorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs. Jedoch können zwei Arten von Zylindern, die sich in dem Außendurchmesser unterscheiden und in der Längsrichtung davon überlappen eingesetzt werden, indem geeignete Längenmaße ausgewählt werden. Folglich können der Außendurchmesser und die Längenmaße der supraleitenden Magnetvorrichtung reduziert werden.

[0024] Ferner sind im Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine Gruppe von Zylindern oder Scheiben (die nachstehend als eine fünfte Gruppe von Zylindern bezeichnet wird), die aus supraleitenden Verbundstruktur-Materialien hergestellt sind, an die eine Temperatur-Justiereinrichtung hinzugefügt ist, an einer Stelle angeordnet, die nach außen hin von dem Gleichform-Magnetfeldbereich beabstandet ist, der durch ein Paar von Zylinder der vierten Gruppe auf solch eine Weise verursacht ist, dass die Zentralachse davon mit der Zentralachse der vierten Gruppe von Zylindern in Übereinstimmung gebracht ist. Die Induktions-Magnetisierung der fünften Gruppe von Zylindern wird auf solch eine Weise durchgeführt, um einen Magnetfluss zu erzeugen, der eine Richtung hat, in der ein Magnetfluss ausgelöscht wird, der mittels der vierten Gruppe von Zylindern erzeugt wird, wodurch der Leckfluss reduziert wird.

[0025] Zusätzlich wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die Induktions-Magnetisierung von einem oder mehreren der Zylinder des Paares der vierten Gruppe durchgeführt, so dass ein elektrischer Strom dort hindurchfließt, dessen Richtung entgegengesetzt ist zu der Richtung, in der ein elektrischer Strom durch jeden der anderen Zylinder hindurchfließt, wodurch der Außendurchmesser der Zylinder der vierten Gruppe reduziert ist, ohne die magnetische Homogenität des Gleichform-Magnetfeldbereichs zu verschlechtern.

[0026] Die Funktion der Vorrichtung dieser Konfiguration ist ähnlich zu jener der Vorrichtung, die oben beschrieben ist.

[0027] Ferner sind in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine oder mehrere Scheibenplatten (die nachstehend als eine erste Gruppe von Scheiben bezeichnet wird), die einen Durchmesser haben, der nahezu gleich zu dem Außendurchmesser der Zylinder der vierten Gruppe ist, und die ferner mit einer Temperatur-Justiereinrichtung ausgestattet sind und supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien verwenden, an einer stirnseitigen Frontfläche der Stirnflächen der Zylinder des Paares der vierten Gruppen auf solch eine Weise angeordnet, dass die Zentralachsen davon mit den Zentralachsen der Zylinder der vierten Gruppe übereinstimmen, wobei die Scheiben der ersten Gruppe vom supraleitenden Zustand durch Heizen mittels der Temperatur-Justiereinrichtung von dem Beginn der Magnetisierung der supraleitenden Magnetvorrichtung an bis zu der Vervollständigung der Regulierung des Magnetisierungswerts davon gelöst sind und wobei das Heizen der Scheiben der ersten Gruppe mittels der Temperatur-Justiereinrichtung nach Vervollständigung der Regulierung der Magnetisierung davon gestoppt wird und wobei die Scheiben der ersten Gruppe mittels Stoppen des Heizens davon nach Vervollständigung der Regulierung der Magnetisierung gekühlt werden und in einen supraleitenden Zustand zurückgeführt werden.

[0028] Die Funktion des Apparates dieser Konfiguration ist ähnlich zu jener der Vorrichtung, die oben beschrieben ist.

[0029] Ferner ist in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine sechste Gruppe von Zylindern, zu der eine Temperatur-Justiereinrichtung hinzugefügt ist, an der äußeren Peripherie von jeder der vierten und fünften Gruppe von Zylindern angeordnet und wobei die vierte und fünfte Gruppe von Zylindern von der ersten und sechsten Gruppe von Zylindern umgeben ist, wodurch der Anteil des Magnetflusses, der durch die vierte und fünfte Gruppe von Zylindern zum Bilden des Gleichform-Magnetfeldbereichs eingefangen wird, erhöht wird.

[0030] Ferner wird im Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein Paar der in Anspruch 1 zitierten supraleitenden Magnetvorrichtungen auf solch eine Weise angeordnet, dass sie sich

gegenüberliegen und die Zentralachsen davon zueinander in Übereinstimmung gebracht sind. Ferner ist ein Gleichform-Magnetfeldbereich in der Nachbarschaft des Mittelpunkts zwischen beiden des Paares der supraleitenden Magnetvorrichtungen bereitgestellt, die sich gegenüberliegen. Supraleitende Verbundstrukturelemente sind kleine Zylinder, von denen jeder erlangt wird, indem ein supraleitendes Verbundstruktur-Plattenmaterial in einen Zylinder umgearbeitet wird, der einen Durchmesser hat, der nicht größer ist als $(1/3)$ des Außendurchmessers des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels und anschließend dazu Hinzufügen einer Temperatur-Justiereinrichtung. Die Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel sind durch eine Mehrzahl von kleinen Zylindern (die nachstehend als eine siebte Gruppe von Zylindern bezeichnet wird) aufgebaut. Zylinder der siebten Gruppe sind auf einem Umfang eines Kreises angeordnet und gleichmäßig beabstandet, der mit der siebten Gruppe von Zylindern konzentrisch ist. Ferner ist die Zentralachse von jedem der Zylinder mit einer vorgegebenen Stärke zu der Zentralachse der supraleitenden Magnetvorrichtung auf solch eine Weise inkliniert, um sich auf den Gleichform-Magnetfeldbereich hin zu erstrecken. Zylinder der siebten Gruppe werden mittels Induktions-Magnetisierung magnetisiert. Entsprechend wird eine gewünschte Stärke eines statischen Magnetfeldes und eine gewünschte Richtung eines Magnetflusses in dem Gleichform-Magnetfeldbereich erlangt.

[0031] Eine supraleitende Magnetvorrichtung dieser Konfiguration ist vom Vertikal-Magnetfeld-Typ und vom gegensätzlichen Typ als jener, der oben beschrieben wurde. Die Gruppe von Zylindern des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels ist aus kleinen Zylindern, die auf dem Kreisumfang auf solch eine Weise angeordnet sind, dass sie getrennt und gleichmäßig beabstandet sind und dass sie auf solch eine Weise inkliniert sind, dass die Zentralachsen davon auf den Gleichform-Magnetfeldbereich gerichtet sind, um den Gleichform-Magnetfeldbereich zu bilden.

[0032] Ferner sind im Fall der supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine Mehrzahl von anderen kleinen Zylindern, die Durchmesser haben, die kleiner sind als der Durchmesser der Zylinder der siebten Gruppe, auf dem Umfang eines Kreises, der konzentrisch ist mit, aber im Durchmesser unterschiedlich zu den Zylindern der siebten Gruppe, auf solch eine Weise angeordnet, dass sie gleichmäßig voneinander beabstandet sind und auf halbem Weg zwischen zwei der kleinen Zylinder der siebten Gruppe angeordnet sind und dass sie zu der Zentralachse der supraleitenden Magnetvorrichtung mit einer vorgegebenen Stärke inkliniert sind, so dass die Zentralachse von jedem der kleinen Zylinder auf den Gleichform-Magnetfeldbereich gerichtet ist.

[0033] Mit solch einem Aufbau wird das Herabsetzen der Umfangs-Homogenität des Gleichform-Magnetfeldbereichs verhindert, das auftritt, wenn die Gruppe von kleinen Zylindern auf dem Umfang ange-

ordnet ist. Folglich kann die magnetische Homogenität erhöht werden.

[0034] Ferner wird im Fall der supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die Temperatur-Justiereinrichtung zu einem Abschnitt hinzugefügt, der von dem Gleichform-Magnetfeldbereich entfernt ist und an der Seite, die gegenüber der Oberflächenseite des Zylinders der siebten Gruppe ist. Ferner sind ein anderer oder mehrere Zylinder oder eine oder mehrere Scheiben, die erlangt werden, indem das supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterial umgearbeitet wird, auf solch eine Weise angeordnet, dass sie zu den Zylindern der siebten Gruppe konzentrisch sind. Die Induktions-Magnetisierung der anderen Zylinder oder Scheiben wird auf solch eine Weise durchgeführt, dass ein elektrischer Strom dort hindurch in einer Richtung fließt, in der die mittels der Zylinder der siebten Gruppe erzeugten Magnetflüsse ausgelöscht werden, wodurch Leckflüsse verringert werden.

[0035] Die Funktion des Apparates dieser Konfiguration ist ähnlich zu jener der Vorrichtung, die oben beschrieben ist.

[0036] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine oder mehrere Scheiben (die nachstehend als eine zweite Gruppe von Scheiben bezeichnet wird), die nach dem Umarbeiten eines supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterials in eine Scheibe erlangt wurden, die einen Außendurchmesser haben, der annähernd gleich zu jenem der Zylinder der siebten Gruppe ist, an welche Temperatur-Justiereinrichtungen hinzugefügt sind, auf einem stirnseitigen Randbereich des Zylinders der siebten Gruppe auf solch eine Weise platziert, dass sie koaxial mit der Zentralachse der supraleitenden Magnetvorrichtung sind, wobei die Scheiben der zweiten Gruppe von dem supraleitenden Zustand davon mittels Heizen vom Beginn der Magnetisierung an bis zur Vervollständigung der Regulierung des Magnetisierungswertes mittels der vorher genannten Temperatur-Justiereinrichtung gelöst sind und wobei nach Vervollständigung der Regulierung des Magnetisierungswertes davon, das Heizen der Scheiben der zweiten Gruppe gestoppt wird und die Scheiben der zweiten Gruppe durch Kühlen in den supraleitenden Zustand zurückgeführt werden.

[0037] Die Funktion der supraleitenden Magnetvorrichtungen ist ähnlich zu jener der oben beschriebenen Vorrichtung.

[0038] Ferner wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine neunte Gruppe von Zylindern, zu der eine Temperatur-Justiereinrichtung hinzugefügt ist, an den äußeren Umfängen der siebten und achten Gruppe von Zylindern angeordnet und wobei die siebte und achte Gruppe von Zylindern von den Zylindern der zweiten und neunten Gruppe umgeben sind, wodurch der Grad des Magnetflusses, der durch die siebte und achte Gruppe von Zylindern eingefangen wird, zum Bilden des Gleichform-Magnetfeldbereichs erhöht wird.

[0039] Weiter wird im Fall einer supraleitenden Ma-

gnetvorrichtung der Erfindung eine Magnetisierungszusatzspule in der Nähe des Zylinders im Kühlbehälter angeordnet, um den Zylinder zu Magnetisieren, der an einer Position angeordnet ist, die entfernt ist von einer extern angeordneten Magnetisierungsspule, die bei der Magnetisierung bereitgestellt ist, oder zum Magnetisieren des Zylinders, der eine Magnetisierung in entgegengesetzter Polarität benötigt, unter der Mehrzahl von Zylindern des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels.

[0040] Mit dieser Konfiguration kann der Zylinder der schwer zu magnetisieren ist, mittels einer Magnetisierungszusatzspule auf solch eine Weise leicht magnetisiert werden, um einen vorgegebenen Magnetisierungswert zu haben.

[0041] Weiter sind im Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine Mehrzahl von Zylindern (die nachstehend als kleine Zylinder bezeichnet wird) von denen jeder durch Umarbeiten eines supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterials in einen Zylinder, der einen Durchmesser hat, der nicht größer ist als $(1/3)$ des Außendurchmessers der Zylinder der vierten und fünften Gruppe ist und indem danach eine Temperatur-Justiereinrichtung hinzugefügt wird, erlangt wird, auf einem Teil oder allen der äußere Umfangsabschnitte der vierten und fünften Gruppe von Zylindern auf solch eine Weise angeordnet, dass die Zentralachse von jedem der kleinen Zylinder auf den Gleichform-Magnetfeldbereich gerichtet ist, wodurch die Magnetfeldstärke des Außenumfangsabschnitts des Gleichform-Magnetfeldbereichs korrigiert wird.

[0042] Mit dieser Konfiguration kann die magnetische Homogenität der äußere Umfangsabschnitte des Gleichform-Magnetfeldbereichs durch eine geeignete Auswahl der Platzierung der Mehrzahl von kleinen Zylindern in der supraleitenden Magnetvorrichtung des gegensätzlichen Typs verbessert werden.

[0043] Ferner sind im Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die erste und zweite Gruppe von Zylindern und Temperatur-Justiereinrichtungen, die jeweils an die Zylinder der ersten und zweiten Gruppen hinzugefügt sind, mittels der Zentralinie des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels, die sich in die Längsrichtung davon erstreckt und als eine Begrenzung dazwischen dient, in linksseitige und rechtsseitige Gruppen geteilt. Temperatur-Justiereinrichtungen von jeder der linksseitigen und rechtsseitigen Gruppen sind in Reihe gekoppelt, unabhängig von den Temperatur-Justiervorrichtungen der anderen der linksseitigen und rechtsseitigen Gruppen. Ferner werden in dem Fall, dass eine Temperatur-Justiervorrichtung (die nachstehend als eine Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtung bezeichnet wird) zum Regulieren der Temperatur eines Randbereichs zu jedem der Zylinder hinzugefügt wird, die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtungen gemeinsam in Reihe gekoppelt. Außerdem werden in dem Fall, dass die dritte Gruppe von Zylindern

ferner darin angeordnet ist, an die dritte Gruppe von Zylindern hinzugefügte Temperatur-Justiereinrichtungen gemeinsam in Reihe gekoppelt. Dann werden Zuleitungen aus dem Inneren der supraleitenden Magnetvorrichtung nach außen herausgeführt.

[0044] Mit dieser Vorrichtung wird die benötigte Anzahl von Zuleitungen, die aus der supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnettyps herausgeführt werden, minimiert. Zusätzlich können die Temperatur-Justiereinrichtungen in allen Schritten von dem Einrichten des Magnetisierungs-Regulierungsvorganges bis zu dem Fixieren der Magnetfeldverteilung gesteuert werden.

[0045] Ferner sind in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung Temperatur-Justiereinrichtungen, die zu jeder Gruppe eines Paares der vierten und fünften Gruppe von Zylindern oder eines Paares der siebten und achten Gruppe von Zylindern hinzugefügt sind, in Reihe gekoppelt. Ferner sind in dem Fall, bei dem die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtung zu jedem der Zylinder hinzugefügt ist, die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtungen gemeinsam in Reihe gekoppelt. Ferner sind in dem Fall, dass ein Satz der ersten Gruppe von Scheiben und/oder der siebten Gruppe von Zylindern oder der zweiten Gruppe von Scheiben und/oder der neunten Gruppe von Zylindern hinzugefügt ist, Temperatur-Justiereinrichtungen, die an jeden Satz der Gruppe von Scheiben und/oder der Gruppe von Zylindern hinzugefügt sind, gemeinsam in Reihe gekoppelt.

[0046] Dann werden die Zuleitungen aus der supraleitenden Magnetvorrichtung herausgeführt.

[0047] Diese Konfiguration bezieht sich auf das Herausführen der Zuleitungen von der supraleitenden Magnetvorrichtung des Vertikal-Magnetfeld-Typs. Die Funktion der Vorrichtung dieser Konfiguration ist ähnlich zu der der oben beschriebenen Vorrichtung.

[0048] Ferner sind in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung alle Passagen zum Einbringen von Gleichströmen in die Temperatur-Justiereinrichtungen, die an die Zylinder oder an die Scheiben hinzugefügt sind, von der Magnetisierungs-Energieversorgung, die tätig ist, einen Gleichstrom zu liefern, zu der Verdrahtung in dem Magneten miteinander als Hin-und-her-Gleichstrom-Leiter verseilt. Ferner sind nebeneinander zwei Heizer-Leitungen oder Zuleitungen bereitgestellt oder miteinander verseilt als Passagen, welche in der Temperatur-Justiereinrichtung auf solch eine Weise bereitgestellt sind, dass Hin-und-her-Gleichströme nahe beieinander hindurchgeleitet werden.

[0049] Diese Konfiguration der Vorrichtung ist eingerichtet, so dass ein Magnetfeld aufgrund eines elektrischen Stromes, der durch die Temperatur-Justiereinrichtung fließt, davon abgehalten wird, einen schlechten Einfluss auf ein magnetisierendes Magnetfeld auszuüben.

[0050] Ferner sind in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die Tempera-

tur-Justiereinrichtungen auf solch eine Weise in Gruppeneinheiten der Temperatur-Justiereinrichtungen aufgeteilt, dass sie am geeignetsten zum Steuern der jeweils hindurchfließenden Ströme ist. Ferner sind die Temperatur-Justiereinrichtungen von jeder Gruppeneinheit gemeinsam in Reihe gekoppelt. Zusätzlich werden Zuleitungen aus der supraleitenden Magnetvorrichtung herausgeführt.

[0051] In dem Fall der Vorrichtung dieser Konfiguration kann ein Stromsteuervorgang in den Temperatur-Justiereinrichtungen effizient durchgeführt werden. Zusätzlich wird ein Anteil der Zuleitungen, die aus der supraleitenden Magnetvorrichtung nach außen herausgeführt werden, minimiert.

[0052] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung rostfreie Stahl-drähte oder Hochtemperatursupraleiter-Drähte als Zuleitungen verwendet, die aus der supraleitenden Magnetvorrichtung herausgeführt werden.

[0053] Diese Konfiguration der Vorrichtung ist derart entworfen, dass verhindert wird, dass Wärme von Zuleitungsbereichen in die Vorrichtung eintritt.

[0054] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung Zylinder mit Temperatur-Justiereinrichtungen verwendet, die erlangt werden, indem supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien in zylinderförmige Elemente umgearbeitet werden. Außerdem sind ein oder mehrere erste Temperatur-Justiereinrichtungen zum Heizen der Gesamtheit der Zylinder angeordnet und gleichmäßig in der Umfangsrichtung und entlang der Längsrichtung des Zylinders beabstandet. Das Steuern eines Dauerstroms, der in der Umfangsrichtung in dem Zylinder fließt, kann durch das Einleiten eines Gleichstroms in die ersten Temperatur-Justiereinrichtungen und durch Steuern des Gleichstroms erlangt werden.

[0055] Mit dieser Konfiguration werden die Temperatur-Justiereinrichtungen auf solch eine Weise angeordnet, dass sie orthogonal zu einem Dauerstrom sind, der in der Umfangsrichtung des Zylinders fließt. Folglich kann der Dauerstrom effizient gesteuert werden.

[0056] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung Scheiben mit Temperatur-Justiereinrichtungen verwendet, die erlangt werden, indem supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien in scheibenförmige Elemente umgearbeitet werden. Ferner sind eine oder mehrere erste Temperatur-Justiereinrichtungen zum Heizen der Gesamtheit der Scheibe radial von der Mitte der Scheibe aus mit gleichen Winkelintervallen entlang der Umfangsrichtung davon angeordnet. Das Steuern eines Dauerstroms, der in der Umfangsrichtung in der Scheibe fließt, kann erlangt werden, indem ein Gleichstrom in die ersten Temperatur-Justiereinrichtungen eingeleitet wird und der Gleichstrom gesteuert wird.

[0057] Die Funktion der Vorrichtung dieser Konfiguration ist ähnlich zu der oben beschriebenen Vorrich-

tung.

[0058] Ferner ist in dem Fall einer supraleitende Magnetvorrichtung der Erfindung der vorher genannte Zylinder mit Temperatur-Justiervorrichtungen mit einer oder mehreren zweiten Temperatur-Justiereinrichtung (en) zum Heizen eines begrenzten Teils eines Randbereichs des Zylinders bereitgestellt, die getrennt und gleichmäßig in Umfangsrichtung beabsichtigt ist/sind und entlang der Längsrichtung des Randbereichs des Zylinders angeordnet ist/sind. Das Steuern eines Dauerstroms, der in der Umfangsrichtung am Randbereich des Zylinders fließt, kann erlangt werden, indem ein Gleichstrom in die zweiten Temperatur-Justiereinrichtungen eingeleitet wird und der Gleichstrom gesteuert wird.

[0059] Die Vorrichtung dieser Konfiguration ist zum Steuern eines Dauerstroms mit extremer Dichte, der durch den Randbereich des Zylinders fließt, mit Temperatur-Justiereinrichtungen bereitgestellt, die zum Regulieren der Temperatur des Randbereichs des Zylinders, bestimmt sind.

[0060] Ferner ist in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung der vorher genannte Zylinder mit den Temperatur-Justiereinrichtungen in der Längsrichtung in zwei oder drei Teile geteilt und aus einem Hauptkörper-Teil und einem oder zwei Randbereichen zusammengesetzt, wobei zweite Temperatur-Justiervorrichtungen zum Heizen der Randbereiche an den Randbereichen hinzugefügt sind. Ferner ist die erste Temperatur-Justiervorrichtung zum Heizen der Gesamtheit des Zylinders in der Kombination aus Hauptkörper-Teil und einem oder mehreren Randbereichen hinzugefügt.

[0061] Ferner verwendet eine supraleitende Magnetvorrichtung der Erfindung eine Temperatur-Justiervorrichtung zum Heizen eines Zylinders oder einer Scheibe, der/die erlangt werden, indem ein supraleitendes Verbundstruktur-Plattenmaterial umgearbeitet wurde. Die Temperatur-Justiervorrichtung wird durch Kombinieren eines Paares von elektrisch isolierten Heizern als ein Heizerabschnitt und dann Umarbeiten des Heizerabschnitts mittels Einrichtens der Länge des Heizerabschnitts auf die nötige Größe eines Teils, dessen Temperatur zu regulieren ist, des Zylinders oder der Scheibe und nachfolgend, Kopeln der Zuleitungen mit beiden Enden des Heizerabschnittes und ferner Aufbewahren des Heizerabschnittes in einer Schutzröhre, die aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit, wie z. B. Kupfer oder Aluminium, gemacht ist, und Fixieren des Heizerabschnittes, indem ein umgebender Raum davon mit einem Synthetikharz mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit gefüllt wird, erlangt.

[0062] Das ist die grundlegende Konfiguration der Temperatur-Justiervorrichtung, und ist wirkungsvoll um in einem Zylinder montiert zu sein und leicht handzuhaben.

[0063] Ferner wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die vorher genannte Temperatur-Justiervorrichtung erhalten, indem die

zwei Heizer wie flache Platten ausgebildet werden und ferner die Schutzröhre in eine flache Form gelegt werden.

[0064] Diese Konfiguration der Vorrichtung ist geeignet zum Einbetten der Temperatur-Justiervorrichtung in einen dünnen Zylinder oder eine dünne Scheibe.

[0065] Ferner ist in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die vorher genannte Temperatur-Justiervorrichtung aufgebaut, indem die eine Zuleitung in dem Zentralteil zwischen den zwei Heizern angeordnet ist und nur notwendige Flächen der beiden Randbereiche zu Heizern gemacht werden.

[0066] Diese Konfiguration der Vorrichtung wird in dem Fall des Verwendens der Randbereich-Temperatur-Justiervorrichtungen angewendet.

[0067] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung Zylinder oder Scheiben mit Temperatur-Justiereinrichtungen verwendet, die Zylinder oder Scheiben sind, die erlangt wurden, indem supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien in zylinderförmige oder scheibenförmige Elemente umgearbeitet wurden und indem die Temperatur-Justiervorrichtung auf solch eine Weise darin eingebettet wurde, um die Temperatur-Justiervorrichtung, die oben beschrieben ist, zwischen den supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterialien einzufügen.

[0068] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung Zylinder oder Scheiben mit Temperatur-Justiervorrichtungen aufgebaut, indem die Temperatur-Justiervorrichtung mit einem Synthetikharz hoher Wärmeleitfähigkeit nach dem Einbetten der Temperatur-Justiervorrichtung in die Zylinder oder Scheiben fixiert wird.

[0069] Diese Konfiguration der Vorrichtung wird zum sicheren Steuern der Temperatur des Zylinders oder der Scheibe in einer kurzen Zeit mittels der Temperatur-Justiervorrichtung angewendet.

[0070] Ferner wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein Zylinder für die supraleitende Magnetvorrichtung verwendet, der erlangt wird, indem das Umarbeiten eines supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterials in eine Mehrzahl von Zylindern, die miteinander einstückig sind, durchgeführt wird. Außerdem ist die innere Umfangsfläche des Zylinders elektrisch isoliert. Ferner ist ein Zylinder, der aus Kupfer oder Aluminium hergestellt ist, als eine Befestigung in den Zylinder auf solch eine Weise eingefügt, um nahe an dem Zylinder zu haften und um mit dem Zylinder einstückig zu sein.

[0071] Diese Konfiguration der Vorrichtung führt zu einer Erhöhung der Festigkeit des Zylinders und erleichtert das Befestigen des Zylinders auf einer Abstützbasis.

[0072] Ferner wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein aus rostfreiem Stahl oder Kupfer oder Aluminium hergestellter Zylinder an eine äußere Umfangsfläche des Zylinders an-

gepasst, wodurch der Zylinder vor einer elektromagnetischen Kraft geschützt wird, die durch die Stärke des Magnetfeldes verursacht wird, das durch die Induktions-Magnetisierung erzeugt wird.

[0073] Ferner ist in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung der vorher genannte Zylinder in der Richtung der Dicke des vorher genannten Zylinders in eine Mehrzahl von Schichtzylindern geteilt. Die Temperatur-Justiervorrichtung ist in jeden Schichtzylinder eingebettet, der durch Teilen des vorher genannten Zylinders erlangt wurde. Ein Abstandshalter, der aus Kupfer oder Aluminium hergestellt ist, ist auf solch eine Weise in einen Raum zwischen jedem Paar von benachbarten Schichtzylindern eingeführt, der ein Anderer als ein Temperaturvorrichtung eingebetteter Bereich ist, dass er genau an das Paar von benachbarten Schichtzylindern haftet. Eine Luftspalte, in die der Abstandshalter nicht eingeführt ist, des Bereichs mit einer eingebetteten Temperatur-Justiereinrichtung wird mit einem Synthetikharz mit geringer Wärmeleitfähigkeit gefüllt.

[0074] Diese Konfiguration der Vorrichtung ist zum Herstellen eines dicken Zylinders geeignet.

[0075] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung Zylinder- oder Scheibenstrukturen verwendet, die Strukturen sind, die eine Mehrzahl von Zylindern oder Scheiben zum Verwenden in einer supraleitenden Magnetvorrichtung verwenden, die erlangt werden, indem supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien in zylinderförmige oder scheibenförmige Elemente umgearbeitet werden und gestapelt werden, indem die Umfangsposition von jedem der Zylinder oder Scheiben um eine vorgegebene Stärke eines Winkels von dem der benachbarten Zylinder oder Scheiben geändert werden, wodurch die Ungleichmäßigkeit der Charakteristiken bei dem Umarbeiten des supraleitenden Plattenmaterials reduziert wird.

[0076] Ferner wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine Zylinder-Abstützbasis zum Stützen der Zylinder verwendet, die in einer supraleitenden Magnetvorrichtung verwendet werden und erlangt werden, indem supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien in zylinderförmige Elemente umgearbeitet werden. Bereiche der Zylinder-Stützbasis, die sich von der Mitte davon zu beiden Randbereichen in der Längsrichtung davon erstrecken, werden wie Treppen hergestellt. Der Außendurchmesser von jeder der Stufen der stufenförmigen Abschnitte nimmt mit dem Abstand davon von der Mitte davon ab. Der Flächenbereich von jeder der Stufen, der orthogonal zur Zentralachse davon ist, ist elektrisch isoliert. Der Flächenbereich von jeder der Stufen, der parallel zu der Zentralachse davon ist, wird auf solch eine Weise hergestellt, dass der vorher genannte Zylinder dazu angepasst ist.

[0077] Diese Konfiguration der Vorrichtung schafft, wenn sie auf eine supraleitende Magnetvorrichtung eines Horizontal-Magnetfeld-Typs angewendet wird, einen starken Magnet, der einen Gleichform-Magnet-

feldbereich verursacht, dessen magnetische Homogenität hoch ist.

[0078] Ferner ist in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die Zylinder-Abstützbasis mit Passagen für hindurchgehende Zuleitungen der Temperatur-Justiervorrichtungen in dem elektrisch isolierten Flächenteil von jeder Stufe der stufenförmigen Bereiche bereitgestellt.

[0079] In dem Fall der Anwendung dieser Konfiguration kann erlangt werden, dass die Verdrahtung der Zuleitungen durchgehend innerhalb der supraleitenden Magnetvorrichtung ist, indem die Länge davon minimiert wird.

[0080] Ferner ist in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die vorher genannte Zylinder-Abstützbasis in zwei linksseitige und rechtsseitige Abschnitte an der Zentrallinie geteilt, die sich in der Längsrichtung davon erstrecken und danach werden zwei Teilelemente an der genannten Zentrallinie auf solch eine Weise zusammengeführt, dass sie miteinander einstückig sind.

[0081] In dem Fall der Anwendung dieser Konfiguration der Vorrichtung werden zuerst Teilelemente getrennt von einander bearbeitet. Danach werden die Teilelemente miteinander auf solch eine Weise verbunden, dass sie miteinander einstückig sind. Folglich kann das Umarbeiten der Abstützbasis erleichtert werden.

[0082] Ferner ist in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein Material der vorher genannten Zylinder-Abstützbasis ein Metall oder eine Legierung oder ein Verbundstrukturmaterial, das einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der näherungsweise gleich ist zu jenem der thermischen Ausdehnung des Zylinders.

[0083] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die Zylinder für die supraleitende Magnetvorrichtung, die erlangt werden, indem supraleitende Verbundmaterialien in zylinderförmige Elemente umgearbeitet werden, zu denen jeweils die Temperatur-Justiereinrichtungen hinzugefügt sind, in die stufenförmigen Bereiche der vorher genannten Zylinder-Abstützbasis angepasst.

[0084] Ferner wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung als Magnetisierungs-Energieversorgung zum Durchführen der Magnetisierung des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels mittels der Induktions-Magnetisierung, eine Magnetisierungs-Energieversorgung verwendet, die aufweist: einen ersten Magnetisierungsstrom-Ausgabeschaltkreis zum Bereitstellen eines magnetisierenden elektrischen Stroms an eine extern angeordnete Magnetisierungsspule; einen zweiten Magnetisierungsstrom-Ausgabeschaltkreis zum Bereitstellen eines magnetisierenden elektrischen Stroms an eine Magnetisierungszusatzspule, die in eine Haupteinheit der supraleitenden Magnetvorrichtung eingebaut ist; zwei Sätze von ersten Temperatursteuerstrom-Ausgabeschaltkreisen zum Bereitstellen von Heizströmen an zwei Sätze von in Reihe gekoppelten

ersten Temperatur-Justiervorrichtungen, die durch Teilen der Temperatur-Justiereinrichtungen, die jeweils an die Gruppe von Zylindern (eingeschlossen der Gruppe von Scheiben) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels hinzugefügt sind, in zwei linksseitige und rechtsseitige Gruppen oder Sätze erlangt werden; einen zweiten Temperatursteuerstrom-Ausgabeschaltkreis zum Bereitstellen von Heizströmen an einen Satz von zweiten Temperatur-Justiervorrichtungen, die erlangt werden, indem Randbereich-Temperatur-Justiervorrichtungen gemeinsam in Reihe gekoppelt werden, die an Randbereichen der vorher genannten Gruppe von Zylindern (einschließlich der Gruppe von Scheiben) zum Regulieren von Temperaturen der Randbereiche davon hinzugefügt sind; und einen dritten Temperatursteuerstrom-Ausgabeschaltkreis zum Bereitstellen von Heizströmen an einen Satz von dritten Temperatur-Justiereinrichtungen, die durch gemeinsames Koppeln von Temperatur-Justiervorrichtungen in Reihe erlangt werden, die zu einer Gruppe von Zylindern (einschließlich der Gruppe von Scheiben) hinzugefügt sind, die zum Kompensieren der Magnetfeldverteilung in dem Gleichform-Magnetfeldbereich zwischen dem Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel und dem Gleichform-Magnetfeldbereich angeordnet sind.

[0085] Diese Magnetisierungs-Energieversorgung ist zum Bereitstellen elektrischer Ströme an die Temperatur-Justiereinrichtungen und die Magnetisierungsspule der supraleitenden Magnetvorrichtung tätig und ist auch zum Steuern der elektrischen Ströme tätig. Die Magnetisierungsspulen sind die extern angeordnete Magnetisierungsspule und eine Magnetisierungsspule, die in der Magnetvorrichtung eingebaut ist. Ferner sind die Temperatur-Justiervorrichtungen die ersten Temperatur-Justiervorrichtungen für die Gruppe von Zylindern, die zum Erzeugen eines Statikmagnetfeldes verwendet werden, die zweiten-Temperatur-Justiervorrichtungen zum Regulieren der Temperatur der Randbereiche und die dritten Temperatur-Justiervorrichtungen zum Kompensieren der Magnetfeldverteilung. Stromausgangsschaltkreise sind in der Magnetisierungs-Energieversorgung korrespondierend für jede der Temperatur-Justiervorrichtungen bereitgestellt.

[0086] Weiter weist in einem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die vorher genannte Magnetisierungs-Energieversorgung auf: einen Setzschaltkreis zum Setzen eines Steuerwertes mittels eines Digital-/Analog-Umwandlungsschaltkreises zum Bereitstellen elektrischer Ströme zu den jeweiligen Stromausgangsschaltkreisen und zum Durchführen einer Digital-/Analog-Umwandlung zum Steuern der elektrischen Ströme und mittels eines UND-Schaltkreises zum Berechnen logischer Produkte zwischen Signalen, die das Initiieren und das Vervollständigen der Steuervorgänge anzeigen; einen Rechnerschaltkreis zum Überwachen aller Vorgänge des Setzens dieser Werte und zum Steuern der Ströme; einen Ausgabeschaltkreis für den Rech-

nerschaltkreis, der zum Koppeln des vorher genannten Rechnerschaltkreises, des Setzschaltkreises, des UND-Schaltkreises und eines Anzeigeschaltkreises zum Anzeigen einer Anzeige, die die Zustände der Haupteinheit der supraleitenden Magnetvorrichtung als eine Warnanzeige (einschließlich einer Hinweisanzeige) repräsentiert, verwendet wird; einen Eingabeschaltkreis zum Eingeben von gemessenen Werten eines Magnetfeldes in der Haupteinheit der supraleitenden Magnetvorrichtung in einen Rechner; einen anderen Eingabeschaltkreis zum Eingeben von Vorgangsinformationen an die Magnetisierungs-Energieversorgung dazu; einen Rechnerkonfigurations-Steuerschaltkreis; einen Speicherschaltkreis zum Speichern von Software, die zum Durchführen eines Magnetisierungs-Regulierungsvorgangs verwendet wird; und einen Energieversorgungs-Schaltkreis zum Bereitstellen von Energie an diese Schaltkreise.

[0087] Diese Konfiguration ist von einem Steuerschaltkreis für verschiedene Arten von Energie-Ausgabeschaltkreisen der Magnetisierungs-Energieversorgung.

[0088] Ferner wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine Magnetfeldstärken-Messvorrichtung zum Messen der Stärke eines Magnetfeldes an einem kontrollierten Punkt in dem vorher genannten Gleichform-Magnetfeldbereich an die extern angeordnete Magnetisierungsspule hinzugefügt, die in den Gleichform-Magnetfeldbereich eingeführt wird, wenn das Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel magnetisiert wird. Dadurch kann während der Magnetisierung die Stärke des Magnetfeldes in dem vorher genannten Gleichform-Magnetfeldbereich gemessen werden.

[0089] Ferner wird in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die Gesamtlänge einer extern angeordneten Magnetisierungsspule, die verwendet wird, wenn das Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel magnetisiert wird, gleich oder kleiner als die Gesamtlänge des Zylinders des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels gesetzt. Dadurch wird, wenn beide Randbereiche in der Längsrichtung des Zylinders des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels magnetisiert werden, ein elektrischer Strom, der dort hindurch in der Umfangsrichtung fließt, davon abgehalten, eine extrem hohe Dichte zu haben.

[0090] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung nach Vervollständigung der Magnetisierung Not-Entmagnetisierungs-Temperatur-Justiereinrichtungen an die Gruppe von Zylindern (einschließlich der Gruppe von Scheiben) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels hinzugefügt. Die Not-Entmagnetisierungsvorrichtung zum Durchführen eines Entmagnetisierungsvorgangs in einem Notfall der Haupteinheit der supraleitenden Magnetvorrichtung ist an die vorher genannten Not-Entmagnetisierungs-Temperatur-Justiervorrichtung gekoppelt. Wenn es nötig ist das Magnetfeld zu beseitigen, wird ein elektrischer Strom, der zur

Entmagnetisierung der Haupteinheit der supraleitenden Magnetvorrichtung benötigt wird, von der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung an die Not-Entmagnetisierungs-Temperatur-Justiervorrichtung bereitgestellt.

[0091] Diese Not-Entmagnetisierungsvorrichtung ist angepasst einen Entmagnetisierungsvorgang nur in einem Notfall der supraleitenden Magnetvorrichtung durchzuführen. Nach der Magnetisierung wird diese Not-Entmagnetisierungsvorrichtung an die Not-Entmagnetisierungs-Temperatur-Justiereinrichtung gekoppelt, die in der supraleitenden Magnetvorrichtung bereitgestellt ist.

[0092] Ferner weist in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die vorher genannte Not-Entmagnetisierungsvorrichtung auf:

einen Konstantstrom-Ausgabeschaltkreis zum Bereitstellen eines elektrischen Stroms, der zum Steuern der Temperatur der Gruppe von Zylindern (einschließlich Scheiben) nötig ist, an eine Last, die ein Widerstand ist, der durch Koppeln der Not-Entmagnetisierungs-Temperatur-Justiervorrichtungen erlangt ist, die in Reihe an die Gruppe von Zylindern des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels hinzugefügt sind, das in der Haupteinheit der supraleitenden Magnetvorrichtung bereitgestellt ist; eine Batterie, die eine

Leistungsfähigkeit aufweist, durch die ein elektrischer Strom zum Erreichen der Entmagnetisierung in einer Zeitperiode von ein bis zwei Minuten, an den Konstantstrom-Ausgabeschaltkreis bereitgestellt wird; eine Gleichstrom-Energieversorgung und ein Ladeschaltkreis, die verwendet werden die Batterie zu allen Zeiten zu laden; und ein Tastschalter, der eine Ausschaltverzögerungsfunktion korrespondierend zu einer Verzögerungszeit von ungefähr einer Minute hat. Ferner kann ein elektrischer Strom von der Batterie in den Konstantstrom-Ausgabeschaltkreis eingeleitet werden, indem der Tastschalter eingeschaltet wird.

[0093] Ferner werden in dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein maximaler Anregungsstromwert und eine maximale Stromkapazität eines Steuerstroms für die Temperatur-Justiervorrichtung, die an die Magnetisierung der Gruppe von Zylindern (einschließlich der Gruppe von Scheiben) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels hinzugefügt sind, als Kapazitätswerte innerhalb von Bereichen, in denen es den Temperatur-Justiervorrichtungen zum Regulieren der Magnetisierung möglich ist, dem benötigten Strom für die Not-Entmagnetisierung während der Anregungszeit von ungefähr einer Minute zu widerstehen und eine Änderung des Widerstandswertes der Temperatur-Justiervorrichtung den Gebrauch der Temperatur-Justiervorrichtung auch nach der Not-Entmagnetisierungsvorgang nicht hindert, ausgewählt. Dadurch ist die Temperatur-Justiereinrichtung angepasst, auch als eine Not-Entmagnetisierungs-Temperatur-Justiereinrichtung zu funktionieren.

[0094] Mit dieser Konfiguration wird die Stromkapazität der Temperatur-Justiervorrichtung zum Regulieren der Magnetisierung, die in der supraleitenden Magnetvorrichtung vorgesehen ist, auf solch eine Weise gesetzt, dass sie höher ist als die der Temperatur-Justiervorrichtung für die Not-Entmagnetisierung. Dies erlaubt einer Vorrichtung, die Funktionen sowohl der Temperatur-Justiervorrichtung zum Regulieren der Magnetisierung, als auch der Temperatur-Justiervorrichtung für die Not-Entmagnetisierung auszuführen.

[0095] Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung geschaffen, das aufweist: einen Kühlbehälter, der im Stande ist Inhalte davon zu kühlen, so dass die Inhalte in einen supraleitenden Zustand gebracht werden; ein Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel, das in dem vorher genannten Kühlbehälter angeordnet ist und eine supraleitende Verbundstruktur aufweist, welche als Haltemedium zum darin Halten eines elektrischen Stroms dient, der einen Magnetfluss in einem vorher festgesetzten Magnetfeldbereich entlang der Zentralachse davon (der nachstehend als ein Gleichform-Magnetfeldbereich bezeichnet wird) erzeugt; und eine Haltevorrichtung zum Halten des vorher genannten Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels in dem vorher genannten Kühlbehälter, wobei die vorher genannte supraleitende Verbundstruktur eine Temperatur-Justiervorrichtung aufweist. Dieses Verfahren weist die Schritte auf:

Magnetisieren des vorher genannten Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels mittels Durchführen von Induktions-Magnetisierung; und danach Steuern der Temperatur der vorher genannten supraleitenden Verbundstruktur mittels Steuern eines Stromwertes, der durch die vorher genannte Temperatur-Justiervorrichtung fließt, wodurch ein induzierter Magnetisierungswert des vorher genannten Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels auf solch eine Weise reguliert wird, dass er innerhalb eines gewünschten Bereiches ist.

[0096] Diese Anordnung ist eine grundlegende Anordnung des Verfahrens der Magnetisierungsregulierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung. Die Funktion dieses Verfahrens ist ähnlich zu dem der oben beschriebenen Erfindung.

[0097] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung vorläufig eine vorläufige Induktions-Magnetisierung durchgeführt. Dann wird ein Magnetfeld-Setzwert für die Induktions-Magnetisierung gemäß einem Ergebnis der Magnetisierung geändert. Danach wird die End-Induktionsmagnetisierung gemäß dem geänderten Setzwert durchgeführt. Dadurch wird das Regulieren des Magnetisierungswertes nach der Induktions-Magnetisierung vermieden.

[0098] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden

Magnetvorrichtung der Erfindung ein Magnetfeld-Setzwert für eine Anfangs-Induktions-Magnetisierung auf einem Wert gesetzt, der höher ist als ein gewünschter Magnetisierungswert. Nach der Magnetisierung wird die supraleitende Verbundstruktur in Übereinstimmung mit Temperatur-kritische-Stromdichte-Charakteristiken geheizt. Ferner wird durch Regulieren einer Heiztemperatur der Magnetisierungswert herabgesetzt, so dass ein gewünschter Magnetisierungswert erlangt wird.

[0099] Diese Konfiguration ist ein grundlegendes Prinzip der Regulierung eines Magnetisierungswertes gemäß der Erfindung.

[0100] Ferner ist in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine extern angeordnete Magnetisierungsspule in die supraleitende Magnetvorrichtung eingebaut. Ferner wird das Verfahren der Regulierung der Magnetisierung der supraleitenden Magnetvorrichtung durchgeführt, indem eine Magnetisierungs-Energieversorgung dazu gekoppelt wird. Zuerst wird die extern angeordnete Magnetisierungsspule an die supraleitende Magnetvorrichtung auf solch eine Weise befestigt, dass sie mit dem Gleichform-Magnetfeldbereich darin konzentrisch ist. Ferner wird die extern angeordnete Magnetisierungsspule mit der Magnetisierungs-Energieversorgung gekoppelt. In einer Prozedur mittels der die erste und zweite Gruppe von Zylindern oder die vierte und fünfte Gruppe von Zylindern oder die siebte und achte Gruppe von Zylindern magnetisiert werden, wird zuerst die zweite oder fünfte oder achte Gruppe von Zylindern gemeinsam magnetisiert. Dann wird die Polarität der extern angeordneten Magnetisierungsspule umgekehrt. Ferner werden die erste oder vierte oder siebte Gruppe von Zylindern gemeinsam magnetisiert. Dadurch wird die Magnetisierung durchgeführt, dass Randbereiche, durch die es Dauerströmen erlaubt ist hindurch zu fließen, ferner an der Innenseite-Durchmesserseite der Zylinder von jeder Gruppe bereitgestellt werden, die hergestellt sind, indem supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien verwendet werden.

[0101] Die supraleitende Magnetvorrichtung, deren Magnetisierung auf diesem Weg reguliert wird, kann die Abschwächung der Stärke eines Magnetfeldes mit Ablauf einer Zeit nach dem Regulieren der Magnetisierung kompensieren, indem Randbereiche an der inneren Peripherieseite vorgesehen werden.

[0102] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung, wenn die erste und zweite Gruppe von Zylindern oder die vierte und fünfte Gruppe von Zylindern oder die siebte und achte Gruppe von Zylindern magnetisiert sind, die Magnetisierung an den Zylindern mit ansteigender Ordnung des Durchmessers durchgeführt. Dadurch wird jeder der Zylinder unabhängig auf solch eine Weise magnetisiert, dass er die benötigte Stärke des Magnetfelds an der Position davon hat.

[0103] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung, wenn die zweite oder fünfte oder achte Gruppe von Zylindern magnetisiert werden, die Magnetisierung darauf in ansteigender Ordnung des Durchmesser auf solch eine Weise durchgeführt, dass die Polarität der Magnetisierung der Zylinder dieser Gruppen entgegengesetzt ist zu der Polarität der Magnetisierung der Zylinder der ersten oder vierte oder siebten Gruppe ist.

[0104] Dieser Aufbau des Verfahrens hat den Effekt des Reduzierens der Größe der supraleitenden Magnetvorrichtung.

[0105] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung, wenn die erste oder vierte oder siebte Gruppe von Zylindern magnetisiert ist, die Magnetisierung davon in ansteigender Ordnung des Durchmessers auf solch eine Weise durchgeführt, dass die Polarität der Magnetisierung eines Anteils der Zylinder zu der Polarität der Magnetisierung der anderen Zylinder entgegengesetzt ist.

[0106] Die Funktion dieser Anordnung des Verfahrens ist ähnlich zu jener der oben beschriebenen Erfindung.

[0107] Ferner ist in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung, jeder der Zylinder in der Richtung der Dicke davon in eine Mehrzahl von Schichten geteilt. Die Temperatur-Justiervorrichtung ist an jeder der Mehrzahl von Schichten, die durch die Teilung erlangt werden, hinzugefügt. Wenn die Zylinder magnetisiert werden, werden die Schichten als einzelne Zylinder angesehen. Ferner wird die Magnetisierung daran in ansteigender Ordnung des Durchmessers durchgeführt. Dadurch wird jede der Schichten der Zylinder auf solch eine Weise unabhängig magnetisiert, dass sie die benötigte Stärke des Magnetfelds an der Position davon hat.

[0108] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die extern angeordnete Magnetisierungsspule als eine Spule für die Magnetisierung der Zylinder der ersten oder vierten oder siebten Gruppe angesehen. Ferner wird die in die supraleitende Magnetvorrichtung eingebaute Magnetisierungszusatzspule als eine Spule zum Magnetisieren der Zylinder der zweiten oder fünften oder achten Gruppe angesehen. Die Magnetisierung wird durchgeführt, indem die Polarität der Magnetisierung der Magnetisierungszusatzspulen so gesetzt wird, dass sie zu der Polarität der Magnetisierung der extern angeordneten Magnetisierungsspulen entgegengesetzt ist, und indem gleichzeitig sowohl die Magnetisierungszusatzspulen als auch die extern angeordneten Magnetisierungsspule gesteuert werden.

[0109] Der Betrieb dieser Anordnung ist ähnlich zu der oben beschriebenen Erfindung.

[0110] Ferner ist in dem Fall eines Verfahrens zum

Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung jeder der Zylinder der ersten und zweiten Gruppe oder der vierten und fünften Gruppe oder der siebten und achten Gruppe in der Richtung der Dicke davon in zwei Zylinder geteilt. Die Temperatur-Justiervorrichtung ist zu jedem der Zylinder hinzugefügt. Zuerst wird unter den zwei Zylindern der Zylinder, der einen größeren Durchmesser hat, mittels der Magnetisierungsspule auf solch eine Weise magnetisiert, dass er einen Magnetisierungswert hat, der $(1/n)$ des End-Magnetisierungswertes ist. Danach wird der Zylinder mit einem kleineren Durchmesser mittels eines magnetisierenden Magnetfeldes, das durch Hinzufügen des magnetisierenden Magnetfeldes, das mittels der Magnetisierungsspule verursacht wird und einen Magnetisierungswert gleich $(1/n)$ des End-Magnetisierungswertes aufweist, zu dem magnetisierenden Magnetfeld, das durch den Zylinder mit einem größerem Durchmesser verursacht wird, der einen Magnetisierungswert gleich $(1/n)$ des End-Magnetisierungswertes aufweist, erlangt wird, auf solch eine Weise magnetisiert, dass es einen Magnetisierungswert hat, der $(2/n)$ des End-Magnetisierungswertes ist. Dadurch wird der Zylinder auf solch eine Weise magnetisiert, dass er einen Magnetisierungswert hat, der $(2/n)$ des End-Magnetisierungswertes ist. Dieser Vorgang wird nacheinander n-mal wiederholt. Dadurch wird jeder der Zylinder durch Verwenden der Magnetisierungsspule, deren Magnetisierungswert $(1/n)$ des End-Magnetisierungswertes ist, auf solch eine Weise magnetisiert, dass er den End-Magnetisierungswert hat.

[0111] Mit diese Aufbau kann der Zylinder durch Verwenden eines magnetisierenden Magnetfeldes dessen Magnetfeldstärke klein ist, auf solch eine Weise magnetisiert werden, dass er einen hohen Magnetisierungswert hat. Folglich kann die Leistungsfähigkeit der Magnetisierungsspule und der Magnetisierungs-Energieversorgung reduziert werden.

[0112] Ferner ist ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer oben beschriebenen supraleitenden Magnetvorrichtung, in der die Magnetisierungshilfspulen in kleine Zylinder eingebaut sind, die die siebte und achte Gruppe von Zylindern bilden. Ferner wird die Magnetisierung der Vorrichtung durchgeführt, indem die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes, das durch die Magnetisierungszusatzspule verursacht wird, auf die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes, das durch die extern angeordnete Magnetisierungsspule verursacht wird, überlagert wird.

[0113] Mit dieser Anordnung des Verfahrens kann die supraleitende Magnetvorrichtung, die die kleinen Zylinder verwendet, effizient mittels Einbauen der Magnetisierungszusatzspulen in die kleinen Zylindern magnetisiert werden.

[0114] Ferner ist ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung eine supraleitenden Magnetvorrich-

tung der Erfindung ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisieren einer oben beschriebenen supraleitenden Magnetvorrichtung, in der die Temperatur der Zylinder oder Scheiben der ersten bis dritten Gruppe von Zylindern oder der vierten oder fünften Gruppe von Zylindern und der ersten Gruppe von Scheiben und/oder der sechsten Gruppe von Zylindern oder der siebten und achten Gruppen von Zylindern und der zweiten Gruppe von Scheiben und/oder der neunten Gruppe von Zylindern erhalten wird, indem die Temperatur-Justiervorrichtung vor der Magnetisierung davon geheizt wird. Dadurch wird der Zustand davon vom supraleitenden Zustand in den normalleitenden Zustand geändert. Danach wird ein Initialisierungsschritt zum Beseitigen eines vergangenen Restmagnetfeldes durchgeführt wird, indem das Heizen davon gestoppt wird und indem dann das Kühlen davon durchgeführt wird und dann Ändern des Zustand davon wieder in den supraleitenden Zustand geändert wird.

[0115] Dieser Initialisierungsschritt ist zum Beseitigen des vergangenen Restmagnetfeldes und ist ein unverzichtbarer Schritt zum Durchführen einer gleichmäßigen Magnetisierung.

[0116] Ferner wird in einem Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung, die Magnetisierung so gesteuert, dass die Zylinder oder Scheiben, die die dritte Gruppe von Zylindern oder die erste Gruppe von Scheiben und/oder die sechste Gruppe von Zylindern oder die zweite Gruppe von Scheiben und/oder die neunte Gruppen von Zylindern bilden, in einem Zustand gehalten werden, der ab dem Initialisierungsschritt bis zur Vervollständigung der Regulierung der Magnetisierung normalleitende Eigenschaften zeigt, und dass nach der Vervollständigung der Regulierung der Magnetisierung die Zylinder oder Scheiben in einen Zustand zurückgeführt werden, der supraleitende Eigenschaften zeigt.

[0117] Dieser Prozess wird zum Fixieren der Magnetfeldverteilung durchgeführt, nachdem die Magnetisierung reguliert wurde. Daher wird eine Änderung der Stärke der Magnetisierung nach der Magnetisierung mit einem Ablauf der Zeit kompensiert.

[0118] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein Schritt des Vermitteln eines gewünschten Magnetisierungswertes an die Zylinder (der nachstehend als ein Magnetisierungsschritt bezeichnet wird) durchgeführt, indem ein Steuervorgang des allmählichen Absenkens eines Anregungsstrom für die Magnetisierungsspule auf Null nach Vervollständigung eines Steuervorgangs des Erhöhen des Anregungsstroms für die Magnetisierungsspule durchgeführt wird und gemacht wird, dass die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes einen gewünschten Wert erreicht und danach dieser Zustand gehalten wird und das Heizen mittels der Temperatur-Justiereinrichtungen gestoppt wird, um dadurch die Zylinder zu kühlen und den Zu-

stand davon von dem normalleitenden Zustand in den supraleitenden Zustand zu ändern, zusätzlich zu einer Steuerfunktion des Erhöhen der Temperatur der Zylinder und Ändern des Zustandes davon vom supraleitenden Zustand in den normalleitenden Zustand, indem die an den Zylindern (einschließlich Scheiben) hinzugefügten Temperatur-Justiervorrichtungen verwendet werden, die die erste und zweite Gruppe von Zylindern oder die vierte und fünfte Gruppe von Zylindern oder die siebte und achte Gruppe von Zylindern aufweisen, nach dem Durchführen des Initialisierungsschrittes.

[0119] Dieser Schritt ist ein Schritt der Magnetisierung der Zylinder zum Erzeugen eines statischen Magnetfeldes in der supraleitenden Magnetvorrichtung und ist ein unverzichtbarer zum Regulieren der Magnetisierung der supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung.

[0120] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein Vorgang zum Steuern der Temperatur der Zylinder und Scheiben mittels der an die Zylinder und Scheiben hinzugefügten Temperatur-Justiervorrichtungen gemäß einem Setzwert durchgeführt, mittels dessen die Zylinder und Scheiben in dem normalleitenden Zustand auf einer Temperatur gehalten werden, die nahe bei einer Temperatur im supraleitenden Zustand ist, wodurch die verbrauchte Menge von Gefrier Mischung und Kühlenergie minimiert wird.

[0121] Mit dieser Anordnung wird die verbrauchte Menge von Gefrier Mischung zum Kühlen reduziert, indem ein Stromsteuervorgang an der Temperatur-Justiervorrichtung auf solch eine Weise durchgeführt wird, dass der Temperaturanstieg des Zylinders und der Scheiben und die Haltezeit, während der die erhöhte Temperatur davon gehalten wird, minimiert wird.

[0122] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung eine kontrollierte Menge eines anregenden elektrischen Stroms für die Magnetisierungsspule pro Zeiteinheit kleiner als einen erlaubbaren Wert gemacht, basierend auf den Charakteristiken der supraleitenden Verbundstruktur-Platte der Zylinder und wird in einer Zone gesetzt, in der die Magnetisierungs-Regulierungszeit minimiert wird, wodurch die Menge von Gefrier Mischung und Kühlenergie minimiert wird.

[0123] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung der Magnetisierungswert von jedem Zylinder individuell gesteuert, indem ein Initialisierungsschritt zum Erhöhen der Temperatur von jedem der zu magnetisierenden Zylinder durchgeführt wird, indem die daran hinzugefügte Temperatur-Justiervorrichtung vor der Magnetisierung geheizt wird und dadurch der Zustand davon vom supraleitenden Zustand in den normalleitenden Zustand geändert wird und danach die Erhöhung der

Temperatur davon gestoppt und dann die Kühlung davon durchgeführt wird, um dadurch den Zustand davon in den supraleitenden Zustand zurückzuführen; und ein Magnetisierungsschritt des Ändern des Zustandes des Zylinders, indem die dazu hinzugefügte Temperatur-Justiervorrichtung vom supraleitenden Zustand in den normalleitenden Zustand geheizt wird und ein Anregungsstrom für die Magnetisierungsspule erhöht wird, um dadurch die gewünschte Stärke eines Magnetfeldes zu erlangen und danach Halten dieses Zustandes und Kühlen des Zylinders, indem die Temperatur-Justiervorrichtung veranlasst wird, das Heizen des Zylinders zu stoppen und indem dann wieder der Zustand des Zylinders vom normalleitenden Zustand in den supraleitenden Zustand zurückgeführt wird, indem danach der Anregungsstrom für die Magnetisierungsspule allmählich abgesenkt wird, um dadurch dem Zylinder einen gewünschten Magnetisierungswert vermitteln; und wiederholte Durchführung eines Prozesses, der aus dem Initialisierungsschritt und dem Magnetisierungsschritt an den Zylindern besteht, die Magnetisierung brauchen.

[0124] Dieser Aufbau des Verfahrens wird zum einzelnen Magnetisieren von Zylindern in dem Fall angewendet, dass es eine Mehrzahl von Zylindern zum Erzeugen eines statischen Magnetfeldes gibt und wird als getrenntes und einzelnes Magnetisieren bezeichnet.

[0125] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung, in dem Fall eines Magnetisierungs-Regulierungsprozesses, in dem eine extrem hohe Stromdichte in Randbereichen der Zylinder (einschließlich der Scheiben) auftritt, die die erste und zweite Gruppe von Zylindern oder die vierte und fünfte Gruppe von Zylindern oder die siebte und achte Gruppe von Zylindern bilden, ein Schritt (der nachstehend als Randbereich-Regulierungsschritt bezeichnet wird) durchgeführt, indem der Strom mit der extrem hohen Dichte mittels Durchführen der Temperatursteuerung nur der Randbereiche der Zylinder reduziert wird, indem die Temperatur-Justiervorrichtungen zum Regulieren der Randbereiche verwendet werden, die an die Randbereiche von jedem der Zylinder hinzugefügt sind, nachdem der Magnetisierungsschritt durchgeführt worden ist.

[0126] Dieser Aufbau des Verfahrens verwendet den Schritt des Reduzierens des Dauerstroms mit extrem hoher Dichte, der durch den Randbereich des Zylinders zum Erzeugen eines statischen Magnetfeldes in der supraleitenden Magnetvorrichtung hindurchfließt. Ferner wird dieser Schritt, falls notwendig, durchgeführt.

[0127] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die Temperatursteuerung nur der Zusatzzylinder ermöglicht, indem jeder der Zylinder auf solch eine Weise gebildet wird, dass sie einen zylinderförmigen Zentralteil und

Zusatzzylinder haben, die jeweils an beiden Enden davon bereitgestellt sind und indem Temperatur-Justiervorrichtungen zum Regulieren der Randbereiche jeweils zu den genannten Zusatzzylindern hinzugefügt werden.

[0128] Zusätzlich wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung nach Vervollständigung des Magnetisierungsschrittes oder des Randbereich-Regulierungsschrittes in dem Fall, dass ein Unterschied zwischen den Magnetisierungswerten der linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfeldern, die von der ersten und zweiten Gruppe von Zylindern verursacht sind, die in der Längsrichtung der supraleitenden Magnetvorrichtung auf der linken Seite und der rechten Seite der Zentrallinie in der Längsrichtung davon angeordnet sind, außerhalb einer vorgegebenen Zone ist, oder in dem Fall, dass ein Unterschied zwischen den Magnetisierungswerten der Magnetfelder, welche von zwei Gruppen von Zylindern verursacht werden, die die zweite und vierte Gruppe von Zylindern oder die siebte und achte Gruppe von Zylindern sind, die zu der supraleitenden Magnetvorrichtung auf solch eine Weise hinzugefügt sind, dass sie einander gegenüberliegen, außerhalb des vorgegebenen Bereiches ist, dort weiter ein Schritt (der nachstehend als ein Ausgleichs-Regulierungsschritt bezeichnet wird) des Erhöehens der Temperatur der Temperatur-Justiervorrichtungen durchgeführt, die an die Zylinder hinzugefügt sind, die die eine Gruppe von Zylindern bilden, die ein Magnetfeld erzeugen, das einen höheren Magnetisierungswert verursacht, um dadurch die Zylinder zu Heizen und den Magnetisierungswert davon auf solch eine Weise zu verringern, dass der Magnetisierungswert davon mit dem Magnetisierungswert der anderen Gruppe von Zylindern ausgeglichen wird.

[0129] Dieser Aufbau des Verfahrens wendet den Schritt des Regulierens der Verteilung des Magnetfeldes in der supraleitenden Magnetvorrichtung an, insbesondere des Regulierens des Ausgleichs zwischen den Magnetisierungswerten der linksseitigen und rechtsseitigen Teile davon, oder zwischen den Magnetisierungswerten der zwei Gruppen von Zylindern, die sich gegenüber stehen. Dieser Schritt wird wenn nötig, durchgeführt, indem die Zylinder, die für die Erzeugung eines statischen Magnetfeldes gedacht sind, in zwei Gruppen geteilt werden, und dann der Ausgleich durch Herabsetzen des Magnetisierungswerten von nur einer der beiden Gruppen reguliert wird.

[0130] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung nach Vervollständigung des Magnetisierungsschrittes oder des Randbereich-Regulierungsschrittes, ein Schritt (der nachstehend als ein Gesamt-Regulierungsschritt bezeichnet wird) des Erreichens eines vorgegebenen Magnetisierungswerten aufgrund eines Magnetfel-

des durchgeführt, indem die Temperatur der Gesamtheit von jedem der Zylinder (einschließlich Scheiben), die die erste und zweite Gruppe von Zylindern oder die vierte und fünfte Gruppe von Zylindern oder die siebte und achte Gruppe von Zylindern bilden, mittels der Temperatur-Justiervorrichtung, die dazu hinzugefügt ist, erhöht wird und die Temperatur davon reguliert wird.

[0131] Dieser Aufbau des Verfahrens verwendet einen Anpassungsschritt des Magnetisierungswertes, der mittels Durchführens des Magnetisierungsschrittes auf einen vorgegebenen Wert erlangt wird und dieser Schritt wird mittels Regulierens der Temperatur der Gruppen von Zylindern durchgeführt zum Erzeugen eines statischen Magnetfeldes.

[0132] Ferner wird in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein oberer Grenzwert eines Bereiches von Setz-Temperaturen der Zylinder oder der Randbereiche der Zylinder auf einen Minimalwert in einem Bereich davon gesetzt, in der die Zylinder die supraleitenden Eigenschaften nicht verlieren, wodurch verhindert wird, dass das magnetisierende Magnetfeld beseitigt wird, wenn die Magnetisierung reguliert wird.

[0133] Ferner ist ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung der supraleitenden Magnetvorrichtung, das durchgeführt wird, indem die extern angeordnete Magnetisierungsspule (einschließlich einer Magnetisierungszusatzspule, die, falls überhaupt, in dem Magneten eingebaut ist; nachstehend wird sich auf beide Arten von solchen Magnetisierungsspulen als Magnetisierungsspulen bezogen) und die Magnetisierungs-Energieversorgung mit der oben beschriebenen Vorrichtung kombiniert werden. Der Vorgangsprozess besteht aus dem Magnetisierungsschritt I, dem Randbereich-Regulierungsschritt II, dem Ausgleichs-Regulierungsschritt III, dem Gesamt-Regulierungsschritt IV und dem Magnetfeldverteilungs-Fixierschritt V. In dem Magnetisierungsschritt I werden die zu den Gruppen der Zylinder und den Gruppen der Scheiben der supraleitenden Magnetvorrichtung hinzugefügten Temperatur-Justiereinrichtungen, ein Magnetfeld-Messinstrument und die Magnetisierungsspulen mit der Magnetisierungs-Energieversorgung gekoppelt. Dann wird der Energieversorgungsschalter der Magnetisierungs-Energieversorgung eingeschaltet. Danach wird nach Ablauf einer Zeitperiode einer vorgegebenen Länge, ein Start-Tastschalter zum Initiieren der Regulierung der Magnetisierung eingeschaltet. Ferner werden Stromausgangswerte der Magnetisierungsspulen und der Temperatur-Justiereinrichtungen, die andere als die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtungen sind, jeweils auf vorher festgelegte Werte gesetzt. Ströme, die durch die Temperatur-Justiervorrichtungen, mit Ausnahme der Randbereich-Temperatur-Justiervorrichtungen, fließen, werden so gesteuert, dass die

Temperatur von jedem der Zylinder und der Scheiben der supraleitenden Magnetvorrichtung erhöht wird und dass die Zustände davon vom supraleitenden Zustand in den normalleitenden Zustand geändert werden. Danach wird nach Ablauf einer nötigen Zeit ein vorher gesetzter Magnetisierungswert gesetzt. Dann wird ein Gleichstrom in jede der Magnetisierungsspulen eingeleitet und allmählich erhöht. Nachdem der Gleichstrom einen vorgegebenen Wert erreicht, werden elektrische Ströme, die jeweils durch die Temperatur-Justiereinrichtungen, die andere als die Randbereich-Temperatur-Justiervorrichtungen sind, fließen, auf solch eine Weise gesteuert, dass sie allmählich auf Null absinken. Dadurch werden die Eigenschaften der Zylinder und der Scheiben vom normalleitenden Zustand in den supraleitenden Zustand zurückgeführt. Dann werden die Gleichströme, die durch die Magnetisierungsspulen hindurchfließen, auf solch eine Weise gesteuert, dass sie allmählich auf Null absinken. Daher wird ein Dauerstrom in der Umfangsrichtung der Zylinder und Scheiben erzeugt und darin gehalten. Dadurch wird der Gleichform-Magnetfeldbereich gemäß der Stärke, die nicht geringer als der gewünschte Wert ist, magnetisiert. Danach wird die Stärke des Magnetfelds an einem kontrollierten Punkt in dem Gleichform-Magnetfeldbereich gemessen. Dann wird es in der Magnetisierungs-Energieversorgung beurteilt, ob die gemessene Stärke des Magnetfelds einen vorgegebenen Wert erlangt, oder nicht. Falls ein Ergebnis dieser Beurteilung zeigt, dass die gemessene Stärke den vorgegebenen Wert nicht erreicht hat, wird der Magnetisierungswert wieder gesetzt und dann die Magnetisierung wiederholt. Im Gegensatz dazu geht der Vorgang mit dem nächsten Schritt weiter, wenn sie den vorgegebenen Wert erreicht hat. In dem Randbereich-Regulierungsschritt II wird zuerst in jeder supraleitenden Magnetvorrichtung bestimmt, ob die Regulierung der Randbereiche nötig ist, oder nicht. Falls nicht, wird festgelegt, dass die Regulierung der Randbereiche unnötig ist. Falls nötig, wird der Wert eines Gleichstroms gesetzt, der zum Fließen durch die Randbereich-Temperatur-Justiervorrichtung gebracht werden soll. Dann werden die Randbereiche der Zylinder geheizt, indem der Stromfluss, der den gesetzten Wert hat, durch die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtung hindurchfließen gelassen wird. Dadurch wird ein Dauerstrom, der durch die Randbereiche hindurchfließt, reguliert. In dem Ausgleichs-Regulierungsschritt III wird zuerst aus dem Wert, der an dem kontrollierten Punkt in dem Gleichform-Magnetfeldbereich gemessen wird und vorher abgerufen wurde, beurteilt, ob ein Ausgleich zwischen den Magnetisierungswerten, die jeweils zu der linksseitigen und rechtsseitigen Gruppe der zwei gegenüberliegenden Gruppen von Zylindern korrespondieren, erlangt ist, oder nicht. Dann wird bestimmt, ob die Ausgleichsregulierung nötig ist, oder nicht. Wenn sie unnötig ist, wird festgelegt, dass die Ausgleichsregulierung unnötig ist. Wenn sie nötig ist, wird der

Wert eines Gleichstroms, der zum Fließen durch die Temperatur-Justiervorrichtung gebracht werden soll, die an die Gruppe oder den Satz der Zylinder oder Scheiben hinzugefügt ist, die höhere Magnetfeldstärken haben, aus den gemessenen Werten der Magnetfeldstärke berechnet und der berechnete Wert wird gesetzt. Dann werden die elektrischen Ströme, die zum Fließen durch die Temperatur-Justiereinrichtung gebracht werden sollen, so gesteuert, dass die durch die Zylinder und Scheiben hindurchfließenden Dauerströme reguliert werden. Im Gesamt-Regulierungsschritt IV wird zuerst ein Zielwert, auf den der Magnetisierungswert reduziert werden soll, gesetzt. Dann wird die Differenz zwischen dem Setzwert und dem gegenwärtigen Magnetisierungswert berechnet. Gleichströme, die zum Fließen durch die Temperatur-Justiervorrichtungen gebracht werden sollen, die zu dem Zylinder oder den Scheiben hinzugefügt sind, werden gemäß einem Ergebnis der Berechnung gesetzt. Ferner werden die elektrische Ströme, die durch die Temperatur-Justiervorrichtungen hindurchfließen, gesteuert. Daher werden die Dauerströme, die durch die Zylinder und Scheiben fließen, gesteuert. Als ein Ergebnis ist der Magnetisierungswert verändert. Danach wird der Magnetisierungswert gemessen. Ferner wird überprüft, ob der Wert, der nach der Änderung gemessen wurde, den vorgegebenen Wert erreicht, oder nicht. Falls nicht, wird der gleiche Schritt wiederholt durchgeführt. Falls er erlangt wurde, geht der Vorgang im Gegensatz dazu mit dem nächsten Schritt weiter. In dem Magnetfeldverteilungs-Fixierschritt V werden die elektrischen Ströme, die durch die zu den Zylindern und den Scheiben hinzugefügten Temperatur-Justiervorrichtung zum Kompensieren des Magnetfeldverteilung geflossen wird, gestoppt. Ferner wird das Heizen der Zylinder und der Scheiben zum Kompensieren der Magnetfeldverteilung gestoppt. Stattdessen werden der Zustand der Zylinder und der Scheiben zum Kompensieren der Magnetfeldverteilung mittels Durchführens der Kühlung davon vom normalleitenden Zustand in den supraleitenden Zustand zurückgeführt.

[0134] Dieser Aufbau des Verfahrens deckt alle Schritte des Magnetisierungs-Regulierungsvorganges der supraleitenden Magnetvorrichtung ab. Falls nötig, werden der Randbereich-Regulierungsschritt II und der Ausgleichs-Regulierungsschritt III durchgeführt. Der Randbereich-Regulierungsschritt II und der Ausgleichs-Regulierungsschritt III können nämlich ausgelassen werden.

[0135] Ferner werden in dem Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung, wenn jeder elektrische Stromwert gesetzt wird, jeweils Grenzwerte zu jedem der korrespondierende Setzwerte bestimmt. Ferner weist dieses Verfahren einen Schritt auf, welcher überprüft, ob der Setzwert, der zu jedem elektrischen Strom korrespondiert, den vorher genannten Grenzwert überschreitet, oder nicht.

[0136] Mit diesem Aufbau des Verfahrens wird ver-

hindert, dass anormale Werte als Setzwerte verwendet werden. Ferner kann der Magnetisierungs-Regulierungsvorgang reibungslos erlangt werden.

[0137] Ferner werden im Fall eines Verfahrens zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung die Setzwerte eines Steuer-Gleichstromes für jede Temperatur-Justiereinrichtung und eines Gleichstromes für die Magnetisierungsspule durch n dividiert. Ferner wird, wenn ein Steuervorgang zum Steuern der elektrischen Ströme durchgeführt wird, der Steuervorgang durchgeführt, indem in geeigneten Zeitintervallen wiederholt eine Prozedur des Erhöehens von jedem der elektrischen Ströme um $(1/n)$ des korrespondierenden Setzwertes davon durchgeführt wird, bis der korrespondierende Setzwert erlangt wird.

[0138] Mit dieser Anordnung des Verfahrens steigt ein Magnetisierungsspulenstrom und ein Temperatursteuerstrom stufenweise sukzessiv an. Daher kann jeder der elektrischen Ströme automatisch gesteuert werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0139] **Fig. 1** ist eine Querschnittsansicht einer supraleitenden Mehrschicht-Verbundstruktur aus NbTi/Nb/Cu;

[0140] **Fig. 2** ist ein Diagramm, das eine Zone zum Magnetisieren eines Zylinders, der durch eine supraleitende Mehrschicht-Verbundstruktur ausgebildet ist, einer Magnetisierungscharakteristik darstellt;

[0141] **Fig. 3** ist ein Diagramm, das ein Ergebnis eines Experimentes einer Magnetisierung eines Zylinders ML1 darstellt;

[0142] **Fig. 4** ist ein Diagramm, das die Anordnung einer Magnetisierungsspule in dem Zylinder ML1 darstellt;

[0143] **Fig. 5** ist ein Diagramm, das die Anordnung einer Magnetisierungsspule um den Zylinder ML1 darstellt;

[0144] **Fig. 6** ist ein Diagramm, das ein Ergebnis eines Experimentes einer Magnetisierung eines Doppelzylinders darstellt;

[0145] **Fig. 7** ist ein Diagramm, das die Anordnung des Doppelzylinders und einer Magnetisierungsspule darstellt;

[0146] **Fig. 8** ist ein Diagramm, das die Magnetisierung gemäß dem Bean-Modell darstellt, falls ein einzelner Zylinder ML1 einzeln magnetisiert wird;

[0147] **Fig. 9** ist ein Diagramm, das die Magnetisierung gemäß dem Bean-Modell darstellt, falls zwei Zylinder ML2 und ML3 gemeinsam magnetisiert werden;

[0148] **Fig. 10** ist ein Diagramm, das die Magnetisierung gemäß dem Bean-Modell darstellt, falls zwei Zylindern ML2 und ML3 getrennt und einzeln magnetisiert werden;

[0149] **Fig. 11** ist ein Diagramm, das ein Ergebnis eines Experimentes einer Magnetisierung eines Doppelzylinders darstellt, falls ein Außenzylinder davon

in umgekehrter Polarität magnetisiert wird;

[0150] **Fig. 12** ist ein Diagramm, das die Anordnung des Doppelzylinders und einer Magnetisierungsspule darstellt, falls der Außenzylinder davon in umgekehrter Polarität magnetisiert wird;

[0151] **Fig. 13** ist ein Diagramm, das die Magnetisierung gemäß dem Bean-Modell darstellt, falls der Außenzylinder des Doppelzylinders in umgekehrter Polarität magnetisiert wird;

[0152] **Fig. 14** ist ein Diagramm, das die Magnetisierung gemäß μ H-B-Charakteristiken darstellt, falls der Außenzylinder des Doppelzylinders in umgekehrter Polarität magnetisiert wird;

[0153] **Fig. 15** ist ein Diagramm, das die Korrelation zwischen Temperatur/Magnetfeld-Stärke/Dauerstromdichte-Charakteristiken von NbTi darstellt;

[0154] **Fig. 16** ist ein Diagramm, das ein Verfahren der Regulierung der Temperatur eines Zylinders darstellt, falls die Anzahl der Zylinder eins ist;

[0155] **Fig. 17** ist ein Diagramm, das ein Verfahren der Regulierung der Temperatur eines Zylinders darstellt, falls die Anzahl der Zylinder zwei ist;

[0156] **Fig. 18** ist ein Zeitdiagramm, das eine Prozedur für die Regulierung der Magnetisierung eines einzelnen Zylinders darstellt;

[0157] **Fig. 19** ist ein Zeitdiagramm, das eine Prozedur für die Regulierung der Magnetisierung von zwei Zylindern darstellt, falls ein Außenzylinder in umgekehrter Polarität magnetisiert wird;

[0158] **Fig. 20** ist ein Diagramm, das die Anordnung von zwei Zylindern ML2 und ML3, die als Proben angewendet werden, die mittels eines wiederholenden Magnetisierungsverfahrens magnetisiert werden, einer Magnetisierungsspule und einer Magnetisierungs-Energieversorgung darstellt;

[0159] **Fig. 21** ist ein Diagramm, das die Magnetisierung gemäß dem Bean-Modell darstellt, falls zwei Zylinder durch das wiederholende Magnetisierungsverfahren magnetisiert werden;

[0160] **Fig. 22** ist ein Zeitdiagramm, das eine Prozedur für die Regulierung der Magnetisierung von zwei Zylindern gemäß dem wiederholenden Magnetisierungsverfahren darstellt;

[0161] **Fig. 23** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der B-J-Charakteristik und dem Lastfaktor eines Supraleiters darstellt;

[0162] **Fig. 24** ist ein Diagramm, das eine Magnetisierung in dem Fall einer Spule darstellt, die herkömmliche supraleitende Drähte verwendet;

[0163] **Fig. 25** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Temperatur und der kritischen Stromdichte (ein Maximalwert einer Dauerstromdichte) von NbTi darstellt;

[0164] **Fig. 26** ist ein Diagramm, das ein Beispiel der Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs, der eine Mehrzahl von Zylindern verwendet, darstellt;

[0165] **Fig. 27** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Temperaturregulierungsabteilung und der Rolle eines Heizers darstellt;

[0166] **Fig. 28** ist ein Diagramm, das Beispiele der Magnetisierungs-Dauerstromverteilung in einem Zylinder und der Regulierung darstellt;

[0167] **Fig. 29** ist ein Diagramm, das die Platzierung eines Zylinders, einer Magnetisierungsspule und einer Magnetfeld-Erkennungs-Vorrichtung darstellt, wenn die Magnetisierungs-Dauerstromverteilung in dem Zylinder fixiert ist;

[0168] **Fig. 30** ist ein Diagramm, das ein Beispiel eines Falles darstellt, in dem ein Zylinder in einen zylinderförmigen Körper und Randbereiche geteilt ist und zylinderförmige Bereiche, die spezifisch nach den Randbereichen entwickelt wurden, jeweils an Rändern des zylinderförmigen Körpers angeordnet sind;

[0169] **Fig. 31** ist ein Diagramm, das ein anderes Beispiel eines Falles darstellt, in dem ein Zylinder in einen zylinderförmigen Körper und Randbereiche geteilt ist und zylinderförmigen Bereiche, die spezifisch nach den Randbereichen entwickelt wurden, jeweils an Rändern des zylinderförmigen Körpers angeordnet sind;

[0170] **Fig. 32** ist ein Diagramm, das ein Beispiel eines Falles darstellt, in dem an den Randbereichen konzentrierte Magnetisierungsströme durch Ändern der Länge einer Magnetisierungsspule beschränkt werden;

[0171] **Fig. 33** ist ein Diagramm, das ein Beispiel der Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs darstellt, die einen Heizer zum Regulieren der Magnetisierungsströme verwendet, die jeweils an den Randbereichen konzentriert sind;

[0172] **Fig. 34** ist ein Graph, der ein tatsächlich gemessenes Beispiel der Beziehung zwischen dem Magnetisierungsgrad und der Magnetfeldabschwächungscharakteristik eines Doppelzylinders darstellt;

[0173] **Fig. 35** ist ein Diagramm, das die Anordnung von sich gegenüberliegenden Doppelzylindern darstellt, die als die Basiskonfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung des Vertikal-Magnetfeld-Typs angewendet wird;

[0174] **Fig. 36** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem Magnetisierungsgrad und der Magnetfeldabschwächungscharakteristik darstellt, indem das Bean-Modell verwendet wird;

[0175] **Fig. 37** ist ein Diagramm, das die Magnetflussverteilung darstellt, falls die Anordnung von sich gegenüberliegenden Doppelzylindern angewendet wird;

[0176] **Fig. 38** ist ein Diagramm, das ein Verfahren zum Kompensieren der Magnetfeldabschwächung in einem Gleichform-Magnetfeldbereich und eine Variation in einer Magnetfeldverteilung darin darstellt, falls die Anordnung von gegenüberliegenden Doppelzylindern angewendet wird;

[0177] **Fig. 39** ist ein Diagramm, das ein Beispiel der Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs zur Kompensation der Magnetfeldabschwächung in einem Gleichform-Magnetfeldbereich und einer Variation in

einer Magnetfeldverteilung darin darstellt;

[0178] **Fig. 40** ist ein Diagramm, das ein Beispiel der Anordnung eines Zylinders, einer Scheibe und eines Heizers in der supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs zum Kompensieren einer Variation in der Magnetfeldverteilung darstellt;

[0179] **Fig. 41** ist ein Zeitdiagramm, das einen Vorgang des Steuerns der Temperatur eines Heizers von **Fig. 40** und einen Magnetisierungsvorgang und einen Regulierungsvorgang darstellt;

[0180] **Fig. 42** ist ein Graph, der die B-Jc-Charakteristik von NbTi in einer Richtung parallel und einer Richtung senkrecht zu einer Walzrichtung darstellt, in die ein supraleitendes Verbundstruktur-Plattenmaterial gewalzt ist;

[0181] **Fig. 43** ist ein Diagramm, das ein Verfahren zum Beseitigen von Unterschieden von Charakteristiken darstellt, indem die Konfiguration der Zylinder verbessert wird, die von Richtungen abhängen, in die ein supraleitendes Verbundstruktur-Plattenmaterial gewalzt ist;

[0182] **Fig. 44** ist ein anderes Diagramm, das ein Verfahren zum Beseitigen von Unterschieden von Charakteristiken darstellt, indem die Konfiguration der Zylinder verbessert wird, die von Richtungen abhängen, in die ein supraleitendes Verbundstruktur-Plattenmaterial gewalzt ist;

[0183] **Fig. 45** ist ein Diagramm, das Beispiele von Arten zum Anbringen von Temperatur-Justiervorrichtungen in einem Zylinder darstellt;

[0184] **Fig. 46** ist ein Diagramm, das Beispiele der Konfiguration der Temperatur-Justiervorrichtung darstellt;

[0185] **Fig. 47** ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs und eines Satzes von Vorrichtungen zum Regulieren der Magnetisierung darstellt;

[0186] **Fig. 48** ist ein Diagramm, das die Kopplung von jeder der Temperatur-Justiereinrichtungen und einer Magnetisierungsspule, die in einem Magneten eingebaut ist, an eine Magnetisierungs-Energieversorgung darstellt;

[0187] **Fig. 49** ist ein Diagramm, das die Kopplung jeder einer Gruppe von Temperatur-Justiereinrichtungen und einer Magnetisierungsspule, die in einem Magneten eingebaut ist, an eine Magnetisierungs-Energieversorgung zusammenfassend darstellt;

[0188] **Fig. 50** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs darstellt;

[0189] **Fig. 51** ist ein Zeitdiagramm, das zu dem Flussdiagramm von **Fig. 50** korrespondiert;

[0190] **Fig. 52** ist ein detailliertes Flussdiagramm, das einen Heizerstrom-Setzprozess, der in Schritt **3** von **Fig. 50** durchzuführen ist, darstellt;

[0191] **Fig. 53** ist ein detailliertes Flussdiagramm, das einen Magnetisierungsschritt, der in Schritt **6** von

Fig. 50 durchzuführen ist, darstellt;

[0192] **Fig. 54** ist ein detailliertes Flussdiagramm, das einen Ausgleichsberechnungs-/Setzprozess, der im Schritt **16** von **Fig. 50** durchzuführen ist, darstellt;

[0193] **Fig. 55** ist ein detailliertes Flussdiagramm, das einen manuellen Setzprozess darstellt, der im Schritt **20** von **Fig. 50** durchzuführen ist;

[0194] **Fig. 56** ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration einer Magnetisierungs-Energieversorgung zum Magnetisieren einer supraleitenden Magnetvorrichtung darstellt;

[0195] **Fig. 57** ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration einer Not-Entmagnetisierungsvorrichtung darstellt;

[0196] **Fig. 58** ist ein Diagramm, das ein Beispiel der Konfiguration einer gegensätzlichen supraleitenden Magnetvorrichtung des Vertikal-Magnetfeld-Typs, an dem Zylinder angebracht sind, darstellt;

[0197] **Fig. 59** ist ein Diagramm, das ein Beispiel der Anordnung einer Gruppe von kleinen zylindrischen Proben in einem Magnetisierungs-Experiment davon darstellt;

[0198] **Fig. 60** ist ein Diagramm, das gemessene Werte eines Magnetfeldes in einem Magnetisierungs-Experiment einer Gruppe von kleinen zylindrischen Proben darstellt;

[0199] **Fig. 61** ist ein Diagramm, das die Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung des gegensätzlichen Typs, der eine Gruppe von kleinen Zylindern verwendet, darstellt;

[0200] **Fig. 62** ist ein Diagramm, das eine andere Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung des gegensätzlichen Typs darstellt, der eine Gruppe von kleinen Zylindern verwendet;

[0201] **Fig. 63** ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Struktur darstellt, in der eine Temperatur-Justiervorrichtung und ein metallisches zylinderförmiges Element zu einem Zylinder hinzugefügt sind;

[0202] **Fig. 64** ist ein Diagramm, das ein Beispiel eines Aufbaus darstellt, in dem eine Verstärkung gegen eine elektromagnetische Kraft in der Struktur von **Fig. 63** bereitgestellt ist;

[0203] **Fig. 65** ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Struktur zum miteinander Integrieren einer Mehrzahl von Zylindern darstellt;

[0204] **Fig. 66** ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Struktur darstellt, in der eine Gruppe von Zylindern an einer Zylinder-Abstützbasis befestigt ist;

[0205] **Fig. 67** ist ein Diagramm, das ein Beispiel der Struktur einer supraleitenden Magnetvorrichtung darstellt, in der die Kombination eines Zylinders und einer Zylinder-Abstützbasis eingebaut ist;

[0206] **Fig. 68** ist ein Diagramm, das ein Beispiel der Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung, die einen herkömmlichen supraleitenden Draht verwendet, darstellt; und

[0207] **Fig. 69** ist ein Schaltkreisdiagramm, das ein Beispiel der Struktur eines Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters darstellt.

Bester Modus zum Ausführen der Erfindung

[0208] Bei dem Beschreiben von Ausführungsbeispielen der Erfindung im Detail, werden nachstehend zuerst grundlegende Phänomene, auf denen die Erfindung basiert auf der Basis von experimentellen Ergebnissen beschrieben. Danach werden die Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung auf die die vorher genannten grundlegenden Phänomene angewendet werden, ein Verfahren zum Magnetisieren der supraleitenden Magnetvorrichtung, ein Verfahren zum Regulieren des magnetisierten Magnetfeldes, ein Verfahren zum Kompensieren einer Magnetfeldabschwächung, ein Verfahren zum Kompensieren einer Variation in einer Magnetfeldverteilung, die aus der Magnetfeldabschwächung resultiert, eine Magnetisierungs-Energieversorgung und eine Not-Entmagnetisierungsvorrichtung mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

[0209] Die Vorrichtung der Erfindung verwendet anders als die herkömmlichen Vorrichtungen, die supraleitende Drähte verwenden, supraleitende Plattenmaterialien wie supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien oder Elemente, die erlangt sind, indem solche Materialien in Zylinder oder Scheiben umgearbeitet werden. **Fig. 1** zeigt eine Querschnittsansicht einer supraleitenden NbTi/Nb/Cu-Verbundstruktur als ein typisches Beispiel einer supraleitenden Verbundstruktur-Platte. Eine supraleitende NbTi/Nb/Cu-Verbundstruktur-Mehrfachschicht (die nachstehend einfach als NbTi-Mehrfachschicht, oder als eine supraleitende Mehrfachschicht-Verbundstruktur und manchmal abgekürzt als ML-Platte oder ML bezeichnet wird) ist aus der Kombination von 30 NbTi-Schichten, 31 Cu-Schichten und 60 Nb-Schichten zusammengesetzt, und ist so aufgebaut, dass Flächenschichten davon Cu-Schichten sind, dass Cu-Schichten und NbTi-Schichten abwechselnd aufeinander gestapelt sind, und dass eine Nb-Schicht zwischen Cu-Schicht und NbTi-Schicht gelegt sind. Die vorher genannten NbTi-Mehrfachschichten werden in eine Platte umgearbeitet, deren Dicke 1 mm oder ähnlich ist, indem das Heißwalzen und das Kaltwalzen der vorher genannten Mehrfachschichten durchgeführt wird.

[0210] In dem Fall einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung ist die Vorrichtung aufgebaut, indem das Umarbeiten der NbTi-Mehrfachschichten in Scheiben oder Zylinder durchgeführt wird und die Scheiben oder Zylinder als eine Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle verwendet werden. Die Scheibe wird aus einer Platte ausgeschnitten, die 1 mm dick ist. In dem Fall von Zylindern, wird das Tiefziehen einer einzelnen Platte, deren Dicke 1 mm ist oder einer Mehrzahl von solchen Platten, die miteinander einstückig sind, durchgeführt. Dann wird der untere Abschnitt eines erlangten tassenförmigen Elements davon weggeschnitten. Dadurch werden zylinderförmige NbTi-Mehrfachschichten erlangt. Ein Verfahren zum Herstellen von NbTi-Mehrfachschichten ist im

Detail in IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol. 3, No. 1, März 1993, pp. 177 bis 180 beschrieben.

[0211] Wie oben in der Beschreibung des "Standes der Technik" erklärt, wird in der supraleitenden Magnetvorrichtung, die supraleitende Drähte verwendet, ein elektrischer Strom in die supraleitende Spule von beiden Enden davon eingeleitet. Dann wird der elektrische Strom, der dorthinein eingeleitet ist, als Dauerstrom konserviert, indem Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter, die an beiden Enden der Spule bereitgestellt sind, eingeschaltet werden, die dadurch kurzgeschlossen werden.

[0212] Im Gegensatz dazu werden in dem Fall der Vorrichtung der Erfindung die Scheiben oder Zylinder (die nachstehend als Zylinder oder ähnliches bezeichnet wird), die hergestellt werden, indem die vorher genannten supraleitenden Verbundstrukturen verwendet werden, als Träger eines Dauerstroms verwendet. In diesem Fall wird anders als im Fall des Verwendens der supraleitenden Spule ein elektrischer Strom nicht direkt in die genannten Zylinder oder ähnliches eingeleitet. Stattdessen werden die Zylinder oder ähnliches in einem magnetisierenden Magnetfeld angeordnet, so dass ein Dauerstrom indirekt in den Zylindern oder ähnlichem indirekt erlangt wird. Dieses Verfahren wird "Induktions-Magnetisierung" genannt.

[0213] Es gibt mehrere Verfahren zum Durchführen der Induktions-Magnetisierung. Jedoch gibt es im Wesentlichen Bedarf zum Ausbilden eines Magnetfeldes, das mittels eines von außen geschaffenes Magnetfeld verursacht wird, in den Zylindern oder ähnlichem, die aus den supraleitenden Verbundstrukturen hergestellt sind. Zu diesem Zweck ist es nötig, wenn die genannten Zylinder oder ähnliches wegen eines diamagnetischen Phänomens, das eigen für supraleitende Eigenschaften ist, in einem supraleitenden Zustand sind, dass das externe Magnetfeld bis zu einem solchen Ausmaß ausreichende Stärke hat, dass ein Auftreten eines diamagnetischen Phänomens verhindert wird, um das Magnetfeld in den Zylindern oder ähnlichen zu bilden. Dadurch sollte, obwohl dieses Verfahren einen einfachen Aufbau hat, die Stärke des externen Magnetfeldes doppelt so groß sein wie die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes, oder mehr. Deshalb kann dieses Verfahren vom Standpunkt der Kosteneffektivität aus nicht eingesetzt werden.

[0214] Gemäß der Erfindung wird ein Gebiet erhitzt, das sich in der Längsrichtung des Zylinders erstreckt, der mittels der supraleitenden Mehrfachsicht-Verbundstruktur aufgebaut ist, und in der Richtung senkrecht zu dem Umfang des transversalen Abschnitts des Zylinders eine enge Weite hat. Daher werden die Eigenschaften des geheizten Teils von den supraleitenden Eigenschaften zu den normalleitenden Eigenschaften verändert. Dadurch wird ein Strom, der in der Umfangsrichtung des Zylinders fließt, unterbrochen, so dass ein Phänomen verursacht wird, durch

das der gesamte Zylinder so aussieht, als ob er die supraleitenden Eigenschaften verloren hätte. Daher wird ein magnetisierendes Magnetfeld, das mittels eines externen Magnetfeldes erzeugt wird, in dem Zylinder gebildet. Danach wird der Teil, der normalleitende Eigenschaften zeigt, durch Stoppen des Heizens davon in einen Zustand gekühlt, in dem der Teil die supraleitenden Eigenschaften zeigt. Während der Teil in diesem Zustand ist, wird die Stärke des externen Magnetfeldes allmählich auf Null verringert. In diesem Prozess zeigt ein Magnetfluss, der in dem Zylinder gebildet wird, ein Phänomen, durch das der Magnetfluss seinen gegenwärtigen Status gemäß den Gesetzen der Elektromagnetik aufrechterhält. Insbesondere korrespondiert das externe Magnetfeld zu dem magnetisierenden Magnetfeld in dem Fall der Induktions-Magnetisierung. Reduzieren der Stärke des Magnetfeldes, das zu dem Herabsetzen der Stärke des externen Magnetfeldes korrespondiert, verursacht, einen supraleitenden elektrischen Strom, der in dem Zylinder in der Umfangsrichtung fließt. Dieser Strom wird als ein Dauerstrom konserviert. Ferner wird die Stärke des Magnetfeldes in dem Zylinder konserviert. Als ein Ergebnis kann der Zylinder als eine Statikmagnetfeld-Erzeugungsquelle genutzt werden. Das ist nicht auf den Zylinder begrenzt, sondern ein Phänomen, das in dem Fall der Anwendung der Scheibe oder etwas Ähnlichem auftritt.

[0215] Das vorher genannte Phänomen wird nachstehend mit Bezug auf **Fig. 2** im Detail weiter beschrieben. **Fig. 2** ist ein Diagramm, das eine Zone darstellt, in der der Zylinder, der aus der supraleitenden Mehrfachsicht-Verbundstruktur besteht, magnetisiert ist. In dieser Figur repräsentiert die Achse der Abszisse das externe Magnetfeld H ; und die Achse der Ordinate die Magnetflussdichte (Magnetfeldstärke) B . Die charakteristische Linie, die zu der Achse der Abszisse oder Ordinate mit 45° inkliniert ist, bezeichnet $B = \mu H$. Übrigens bezeichnet γ die magnetische Permeabilität. In dieser Figur ist eine Zone I-I' (nämlich in einer Zone, in der die Abszissen innerhalb einer Zone I sind; sind die Ordinaten innerhalb einer Zone I' (nachfolgend werden andere Zonen ähnlich bezeichnet)) eine Zone, die zur erfindungsgemäßen Magnetisierung verwendet wird. Jedoch werden andere Zonen I-II', II-I' und II-II' in der Erfindung nicht verwendet, da diese Zonen von den Magnetisierungscharakteristiken der Zylinder abhängen und das Magnetfeld H verschwenderisch erhöht werden sollte.

[0216] In **Fig. 2** kann eine Zone, deren Abszissen, die das externe Magnetfeld H repräsentieren, nicht mehr als 10 sind, es nicht erlauben, das ein Magnetfluss, der durch das externe Magnetfeld verursacht ist, in den Zylinder eingebracht wird, falls der genannte Zylinder nicht beheizt ist. In dem Fall der Erfindung wird, zum Zwecke des Verwendens dieser Zone, eine maximale magnetische Suszeptibilität des Zylinders gemacht, zu einer Abszisse 10 auf der Achse der Abszissen zu korrespondieren, die das externe Feld H

repräsentieren. Dieser Wert korrespondiert zu einem Wert, der durch Multiplizieren der externen Magnetfeldstärke, die zu der Abszisse 10 korrespondiert, mit μ erlangt wird. Ferner zeigt **Fig. 2** Beispiele von Zylinder-Magnetisierungspfaden, von denen jeder eine Prozedur zum Heizen der Zylinder aufweist. In dem Fall der Pfade (i) oder (i)', wird die Magnetisierung auf solch eine Weise durchgeführt, dass der Magnetisierungswert 50% des maximalen Magnetisierungswertes ist. In dem Fall der Pfade (ii) oder (ii)' wird die Magnetisierung auf solch eine Weise durchgeführt, dass der Magnetisierungswert 95% des maximalen Magnetisierungswertes ist. In dem Fall der Pfade (iii) oder (iii)' wird die Magnetisierung auf solch eine Weise durchgeführt, dass der Magnetisierungswert 100% des maximalen Magnetisierungswertes ist. Übrigens liegt der Unterschied in der Prozedur zwischen einer Gruppe der Pfade (i) bis (iii) und einer anderen Gruppe der Pfade (i)' bis (iii)' darin, dass in dem Fall der erstgenannten Gruppe, der Zylinder zuerst in den supraleitenden Zustand versetzt wird und dann, nachdem die Stärke des Magnetfelds H erhöht ist, der Zylinder mittels Heizens des Zylinders in den normalleitenden Zustand gebracht wird und in dem, dass in dem Fall der letzteren Gruppe, der Zylinder von Anfang an geheizt wird und dann die Stärke des Magnetfelds H erhöht wird, während der Zylinder im normalleitenden Zustand ist.

[0217] Die Erfindung verwendet das Prinzip der Magnetisierung, in dem die Zylinder der supraleitenden Mehrfachschicht-Verbundstruktur mittels Durchführens des Heizens davon in den normalleitenden Zustand versetzt sind und ein Magnetfluss, der durch ein externes Magnetfeld verursacht wird, in diese Zylinder eingeleitet wird und danach die Zylinder in den supraleitenden Zustand zurückgeführt werden, indem das Heizen gestoppt wird und folglich der eingeleitete Magnetfluss in den Zylindern eingeschlossen wird und ein Strom zum Konservieren des eingeschlossenen Magnetflusses in den Zylindern als ein Dauerstrom aufrechterhalten wird.

[0218] **Fig. 3** bis **5** sind Diagramme, die ein erstes Beispiel eines Experimentes mit der supraleitenden Mehrfachschicht-Verbundstruktur darstellen. In dem Fall dieses Experimentes wird eine Magnetisierungsspule außerhalb oder innerhalb des Zylinders, der aus supraleitenden Mehrfachschicht-Verbundstrukturen zusammengesetzt ist, angeordnet. Dann wird die Beziehung zwischen dem magnetisierenden Magnetfeld H und der magnetisierten Magnetflussdichte B gemessen. **Fig. 4** ist ein Diagramm, das die Anordnung einer Magnetisierungsspule Cex innerhalb eines Zylinders ML1 darstellt; und **Fig. 5** ist ein Diagramm, das die Anordnung der Magnetisierungsspule Cex außerhalb des Zylinders ML1 darstellt. In der folgenden Beschreibung wird sich auf den Fall von **Fig. 4** als eine interne Magnetisierung bezogen; und auf den Fall von **Fig. 5** als eine externe Magnetisierung bezogen. Die Zylinder ML1 haben die gleichen Ausmaße, sie sind nämlich 100 mm im Innendurch-

messer, 100 mm in der Länge und 1 mm in der Dicke. Ein Dauerstrom fließt in solch einer Weise, dass die Richtung des magnetisierten Magnetflusses in eine Aufwärtsrichtung ist. In jedem der Fälle der **Fig. 4** und **Fig. 5** wird ein Heizer zum Heizen der Zylinder an die Zylinder ML1 hinzugefügt, aber er ist nicht in diesen Figuren gezeigt.

[0219] **Fig. 3** zeigt ein Ergebnis der Magnetisierung. Die Achse der Abszisse repräsentiert Werte, die erlangt sind, indem das externe Magnetfeld H in die Stärke des Magnetfelds μH in Tesla (T) umgewandelt wurde; und die Achse der Ordinate die Magnetflussdichte B in Tesla (T). In **Fig. 4** und **Fig. 5** ist ein Messpunkt A0 der Mittelpunkt des Zylinders ML1. Das magnetisierende Magnetfeld wurde auf solch eine Weise angelegt, dass die Stärke des Magnetfelds an der Position des Messpunktes A0 μH ist. Nach Vervollständigung der Magnetisierung wird der konservierte Wert an der Position des Messpunktes A0 durch die Magnetflussdichte B auf der Achse der Ordinate angezeigt. Nachfolgend wird sich auf diesen Wert der Dichte B als ein Magnetisierungswert bezogen.

[0220] In **Fig. 3** werden Daten in dem Fall der in **Fig. 4** dargestellten internen Magnetisierung durch schwarze Kreise dargestellt, während Daten in dem Fall der in **Fig. 5** dargestellten externen Magnetisierung durch weiße Kreise dargestellt werden. In dem Experiment wurde das externe Magnetfeld an den Zylinder über die Zonen I und II angelegt. Der Magnetisierungswert B steigt in der Zone I linear, wohingegen der Magnetisierungswert B in der Zone II sättigt.

[0221] Dieses Experiment zeigte, dass die Magnetisierung in der Zone I-' wirksam erreicht wurde, und demonstrierte, dass der ähnliche Magnetisierungswert B in jedem der Fälle, dass die Magnetisierungsspule außerhalb des Zylinders ML1 angeordnet war und dass die Magnetisierungsspule innerhalb des Zylinders ML1 angeordnet war, erreicht ist. Dieses Ergebnis wird als ein grundlegendes Phänomen zum Ausbilden eines supraleitenden Magnetes durch Verwenden eines Zylinders eingeordnet.

[0222] Es kommt nicht oft vor, dass ein supraleitender Magnet mittels eines einzelnen Zylinders gebildet wird. Falls überhaupt, kommt es oft vor, dass ein supraleitender Magnet ausgebildet wird, indem eine große Anzahl von Zylindern kombiniert sind. Daher wird nachstehend mit Bezug zu **Fig. 6** und **Fig. 7** als ein zweites Beispiel eines Experimentes an der supraleitenden Mehrfachschicht-Verbundstruktur der Fall des Anordnens zweier Zylinder auf solch eine Weise, dass sie koaxial zueinander sind und dann Magnetisieren der Zylinder, beschrieben.

[0223] **Fig. 7** zeigt die Anordnung eines Doppelzylinders, in dem zwei Zylinder auf solch eine Weise angeordnet sind, dass sie koaxial zueinander sind, und eine Magnetisierungsspule. Ein Zylinder (der nachstehend als ein Groß-Durchmesser-Zylinder bezeichnet wird) ML2, der 100 mm im Außendurchmesser

und 43,5 mm in der Länge war, und ein anderer Zylinder (der nachstehend als Klein-Durchmesser-Zylinder bezeichnet wird) ML3, der 80 mm im Außendurchmesser und 43,5 mm in der Länge war, wurden nämlich auf solch eine Weise angeordnet, dass sie koaxial zueinander sind. Ferner wurde eine Magnetisierungsspule Cex außerhalb des Doppelzylinders angeordnet. Der Magnetfeld-Messpunkt A war der Mittelpunkt der Zylinder ML2 und ML3.

[0224] Die Magnetisierung des Doppelzylinders wurde in den folgenden zwei Fällen durchgeführt, nämlich dem Fall (der nachstehend als gemeinsame Magnetisierung bezeichnet wird), dass die vorher genannten zwei Zylinder gemeinsam magnetisiert wurden und dem Fall (der nachstehend als dem Fall der getrennten und einzelnen Magnetisierung bezeichnet wird), dass zuerst der Klein-Durchmesser-Zylinder ML3 magnetisiert wurde und danach der Groß-Durchmesser-Zylinder ML2 in der gleichen Polarität magnetisiert wurde.

[0225] **Fig. 6** zeigt die durch dieses Experiment erlangten Magnetisierungswerte B. Die Beschreibung bei der Achse der Abszisse und der Achse der Ordinate ist ähnlich zu jener im Fall von **Fig. 3**. Magnetisierungswerte, die an dem Messpunkt A0 gemessen sind, der der Mittelpunkt der Zylinder ist, sind in dieser Figur gezeigt. Gemessene Werte in dem Fall der gemeinsamen Magnetisierung sind durch schwarze Kreise dargestellt; in dem Fall der getrennten und einzelnen Magnetisierung sind die gemessenen Werte durch Kreuze dargestellt; und zum Vergleich dazu sind gemessene Werte in dem Fall der einzelnen Magnetisierung des Groß-Durchmesser-Zylinders durch weiße Kreise angegeben.

[0226] Wie aus **Fig. 6** gesehen werden kann, ist der Magnetisierungswert, der in dem Fall der in **Fig. 7** dargestellten gemeinsamen Magnetisierung des Doppelzylinders erlangt ist, nahezu doppelt so groß wie derjenige, der in dem Fall der einzelnen Magnetisierung des einen Zylinders erlangt ist. Im Gegensatz dazu liegt der Magnetisierungswert B, der in dem Fall der getrennten und einzelnen Magnetisierung der Zylinder in der gleichen Polarität erlangt ist, zwischen demjenigen, der in dem Fall der gemeinsamen Magnetisierung des Doppelzylinders erlangt ist und demjenigen, der in dem Fall der einzelnen Magnetisierung des einen Zylinders erlangt ist.

[0227] Obwohl der Fall der einzelnen Magnetisierung des Groß-Durchmesser-Zylinders ML2 ähnlich zu dem in **Fig. 3** dargestellten Fall ist, werden in dem Fall der gemeinsamen Magnetisierung dieser Zylinder der Groß-Durchmesser-Zylinder ML2 und der Klein-Durchmesser-Zylinder ML3 wie ein Einzelzylinder magnetisiert. In dem Fall der getrennten und einzelnen Magnetisierung dieser Zylinder in der gleichen Polarität, indem der Groß-Durchmesser-Zylinder ML2 magnetisiert wird, nachdem der Klein-Durchmesser-Zylinder ML3 magnetisiert wurde, war der Klein-Durchmesser-Zylinder ML3 magnetisiert worden, wenn der Groß-Durchmesser-Zylinder

ML2 magnetisiert wird. Dadurch kann der magnetisierende Magnetfluss zur Zeit der Magnetisierung des Groß-Durchmesser-Zylinders ML2 nicht in den Klein-Durchmesser-Zylinder ML3 eindringen. Folglich wurden Magnetflüsse in einem Gebiet in dem Groß-Durchmesser-Zylinder ML2 konserviert, welches erlangt wurde, indem das Gebiet des Abschnittes des Klein-Durchmesser-Zylinders ML3 vom Gebiet des Abschnittes des Groß-Durchmesser-Zylinders ML2 subtrahiert wurde.

[0228] Dadurch sollte der gemessene Wert des Magnetfeldes an dem Messpunkt A0 im Wesentlichen gleich zu demjenigen sein, der in dem Fall der einzelnen Magnetisierung des Klein-Durchmesser-Zylinders ML3 erlangt ist. Jedoch sind, aufgrund des Vorhandenseins des Magnetfeldes, das durch die Magnetflüsse ausgebildet ist, die in dem Groß-Durchmesser-Zylinder ML2 konserviert sind, die Magnetflüsse, die das Magnetfeld in dem Klein-Durchmesser-Zylinder ML3 ausbilden, auf den Messpunkt A0 konzentriert, der der Mittelpunkt der Zylinder ist. Als ein Ergebnis wird die Stärke des Magnetfelds an dem vorher genannten Messpunkt A0 groß.

[0229] In **Fig. 6** werden Teilungen gezeigt, die an der Achse der Abszisse und der Achse der Ordinate zum Definieren der Zonen vorgesehen sind. Zonen I_AI_A' und II_AII_A' sind so eingerichtet, dass Ergebnisse der einzelnen Magnetisierung des Klein-Durchmesser-Zylinders ML3 gezeigt werden. Die Zonen I_BI_B' und II_BII_B' sind so eingerichtet, dass Ergebnisse der Magnetisierung von zwei Zylindern ML2 und ML3 gezeigt werden.

[0230] Im Bilden eines supraleitenden Magneten, der Zylinder verwendet, die auf Ergebnissen dieses Experiment basieren, und im Bilden eines starken Magneten ist es wirkungsvoll, einen Vielfachzylinder herzustellen, indem ein Zylinder über einen anderen Zylinder vorgesehen ist und den Querschnitt des Zylinderabschnitts zu erhöhen. Ferner kann das Gebiet, das in dem gleichen magnetisierenden Magnetfeldwert magnetisiert ist, durch getrenntes und einzelnes Magnetisieren der Zylinder, die den Vielfachzylinder bilden, vergrößert werden. Ferner kann die magnetisierende Magnetfeldstärke der Innenzylinder der Vielfachzylinder auf die Mitte davon konzentriert sein. Daher ist es wichtig, diese Phänomene wirkungsvoll zu verwenden.

[0231] Als Nächstes wird mit Bezug auf die **Fig. 8** bis 10 eine durch Verwenden des Bean-Modells gemachte Analyse der Stromverteilung in der Richtung der Dicke des Zylinders beschrieben. **Fig. 8** ist ein Diagramm, das das Magnetisieren in dem Fall der einzelnen Magnetisierung eines einzelnen Zylinders ML1 darstellt. Zuerst wird, wie in **Fig. 8(A)** gezeigt, die externe Magnetisierungsspule Cex außerhalb des Außenumfanges des Zylinders ML1 angeordnet. Dann wird, gleichzeitig mit Heizen davon, ein externes Magnetfeld an den Zylinder ML1 angelegt. Das magnetisierende Magnetfeld μH , das durch Cex verursacht ist, ist auf einen Wert gesetzt, der 80% des

maximalen magnetisierenden Magnetfeld (μH) ist und darauf fixiert ist. Das magnetisierende Magnetfeld zu dieser Zeit ist in einem unteren Teil von **Fig. 8(A)** gezeigt. Die Dauerstromdichte J eines Dauerstroms, der zu dieser Zeit durch den Zylinder ML1 fließt, ist in einem oberen Teil der **Fig. 8(A)** gezeigt (nachstehend, dies ist das Gleiche wie in den Fällen der **Fig. 8B** oder später). Wie in **Fig. 8(A)** gezeigt, ist der Zylinder ML1 nicht magnetisiert, so dass es dort keine Magnetflussverteilung und keine Dauerstromverteilung gibt.

[0232] Wie in **Fig. 8(B)** gezeigt, ist das Heizen des Zylinders ML1 gestoppt, wobei gleichzeitig das magnetisierende Magnetfeld der Magnetisierungsspule Cex auf μH gehalten ist, so dass der Zustand des Zylinders ML1 in den supraleitenden Zustand geändert ist. Daher wird eine Magnetflussverteilung, die eine gleichmäßige Magnetflussdichte μH hat, im Zylinder ML1 ausgebildet. Bis jetzt ist der Zylinder ML1 nicht magnetisiert. Daher ist der Dauerstrom nach der Magnetisierung gleich Null.

[0233] **Fig. 8(C)** zeigt einen Zustand, in dem die Stärke des externen Magnetfeldes von μH in den Zustand von **Fig. 8(B)** abgesenkt ist. In dem Zylinder ML1 fließt ein elektrischer Strom, der tätig ist ein Magnetfeld zu bilden, das zu dem Abfall der Stärke des externen Magnetfeldes korrespondiert, von der Außenumfangsseite des Zylinders ML1 dort hinein und ist als ein Dauerstrom zum Halten des inneren Magnetfeldes μH vorhanden. Zu diesem Zeitpunkt fließt der Dauerstrom dort mit der kritischen Stromdichte J_c (nachstehend: ein Dauerstrom fließt mit der Stromdichte J_c) hindurch.

[0234] **Fig. 8(D)** zeigt einen Zustand, in dem die Stärke des externen Magnetfeldes weiter absinkt und Null erreicht. Dadurch wird ein Dauerstrom zum Halten des inneren Magnetfeld μH verursacht und fließt in der Umfangsrichtung des Zylinders ML1. Folglich ist eine Sequenz von Magnetisierungsschritten vervollständigt.

[0235] In dem Fall der Magnetisierung mit $\mu H = \mu H_8$ ist die Magnetflussdichte B_8 . Von der Skala beurteilt, die entlang der Achse der Ordinate vorgesehen ist, kann der Magnetfluss weiter eingefangen werden. Es gibt einen Rand, mittels dessen der Dauerstrom, der zum dort hindurch Fließen gebracht wird, um 20% erhöht werden kann. Jedoch ist in dem Fall der Magnetisierung mit $\mu H = \mu H_{10}$ der Magnetfluss B_{10} . Daher hält der Zylinder ML1 den maximalen Magnetisierungswert. Dadurch sind Dauerströme in allen Bereichen in der Richtung der Dicke des Zylinders ML1 vorhanden. Folglich kommt der Zylinder dazu, keinen Rand zu haben.

[0236] **Fig. 9** stellt den Fall dar, dass zwei Zylinder ML2 und ML3 mit $\mu H = \mu H_8$ gemeinsam magnetisiert werden. Der Fall, in dem der Unterschied im Außendurchmesser zwischen den Zylindern ML2 und ML3 nicht so groß ist, kann ähnlich wie der Fall eines Einzelzylinders von **Fig. 8** behandelt werden. In diesem Fall kommt es dazu, dass ein Dauerstrom von der

Außenumfangsseite aus vorhanden ist. Dadurch tritt in dem Fall, in dem dieser Zylinder mit $\mu H = \mu H_8$ magnetisiert ist, ein Rand in der Innenumfangsseite des Zylinders ML3 auf.

[0237] **Fig. 10** stellt den Fall dar, dass zwei Zylinder ML2 und ML3 mit $\mu H = \mu H_8$ getrennt und einzeln magnetisiert sind. Der Innenzylinder ML3 ist in dem normaleitenden Zustand magnetisiert, indem der Außenzylinder ML2 geheizt wird. Dadurch ist in diesem Fall die Magnetisierung die gleiche wie die Magnetisierung eines wie in **Fig. 8** dargestellten Einzelzylinders. Daher stellen **Fig. 10(A)** bis **10(D)** einen Prozess dar, in dem der Innenzylinder ML3 einzeln magnetisiert ist.

[0238] **Fig. 10(E)** bis **10(G)** stellen einen Prozess dar, in dem der Außenzylinder ML2 magnetisiert ist. Wenn der Außenzylinder ML2 nach Vervollständigung der Magnetisierung des Innenzylinders ML3 geheizt wird, wird die Stärke des magnetisierenden Magnetfeld, das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht wird, auf μH erhöht und das Heizen des Zylinders ML2 wird dann gestoppt. Ferner wird der Zylinder ML2 gekühlt und daher in den supraleitenden Zustand gebracht. Daher werden die Zylinder in den Zustand von **Fig. 10(E)** gebracht. Der Innenzylinder ML3 hat auch die Außenumfangs-Magnetflussdichte μH , während die Innenumfangs-Magnetflussdichte μH aufrechterhalten ist. Deswegen fließt ein Dauerstrom von umgekehrter Polarität in der Außenumfangsseite des vorher genannten Zylinders ML3. Folglich sind sowohl die Stromverteilung als auch die Magnetflussdichteverteilung in den Zylindern komplex.

[0239] Wenn die Stärke des Magnetfelds, die durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht ist, von μH herabgesetzt wird, fällt die Magnetflussdichte an der Außenumfangsseite des Außenzylinders ML2 um diesen Betrag. Zum Kompensieren dieses Dichteabfalls, wird in dem vorher genannten Zylinder ML2 ein Dauerstrom zum Ausbilden eines Magnetfeldes induziert, das zu dem vorher genannten Dichteabfall korrespondiert. Dieser Dauerstrom tritt aus der Außenumfangsseite des Zylinders ML2 hervor. **Fig. 10(F)** stellt diesen Zustand dar.

[0240] Wenn das Magnetfeld der Magnetisierungsspule Cex auf Null abgesenkt ist, ist die Magnetisierung vollständig. **Fig. 10(G)** stellt den Zustand zu dieser Zeit dar. Wie in **Fig. 10(G)** gezeigt, tritt ein Rand, der die Verteilung der Dauerströme betrifft, an der Innenumfangsseite von jedem der Zylinder ML2 und ML3 auf. **Fig. 10(H)** zeigt zum Zwecke des Vergleichs die Dauerstromverteilung und die Magnetflussdichteverteilung in dem Fall der Magnetisierung der Zylinder auf $\mu H = \mu H_{10}$. In diesem Fall verschwindet der Rand, der sich auf den Dauerstrom bezieht. In dem Fall von μH_{10} sind die Zylinder in einem Zustand, in dem kein Magnetfluss weiter eingefangen wird, auch wenn die Stärke des magnetisierenden Magnetfelds weiter erhöht wird. Dadurch kann angenommen werden, dass das magnetisierende Mag-

netfeld einen Maximalwert von einfangbarem Magnetfluss hat. Dadurch kann das magnetisierende Magnetfeld von $\mu H10$ als ein Magnetfeld angesehen werden, das zu einem Magnetisierungsgrad von 100% korrespondiert. Nachstehend wird die Magnetisierung in diesem Fall als die "Magnetisierung in dem Fall eines Magnetisierungsgrades von 100%" bezeichnet. Entsprechend wird zum Beispiel in dem Fall von $\mu H8$ die Magnetisierung als die "Magnetisierung in dem Fall eines Magnetisierungsgrades von 80%" bezeichnet.

[0241] Um die vorher genannten Ergebnisse der Experimente zusammenzufassen, (1) der Rand, der mit dem Dauerstrom in Beziehung steht, tritt an der Innenumfangsseite der Zylinder auf, falls die zwei Zylinder gemeinsam magnetisiert werden; (2) in dem Fall der gemeinsamen Magnetisierung zweier Zylinder, deren Differenz zwischen den Durchmessern klein ist, wird ein Phänomen gezeigt, das dem ähnlich ist, das in dem Fall auftritt, in dem die Dicke eines Zylinders vergrößert wird; (3) wenn zwei Zylinder getrennt und einzeln magnetisiert werden, sind sowohl die Dauerstromverteilung, als auch die Flussdichteverteilung jeweils komplett von denjenigen in dem Fall der gemeinsamen Magnetisierung zweier Zylinder verschieden und der Rand, der mit dem Dauerstrom in Beziehung steht, tritt an der Innenumfangsseite von jedem der Zylinder auf; und (4) in dem Fall eines Magnetisierungsgrades von 100% gibt es keinen Rand, der mit dem Dauerstrom zusammenhängt.

[0242] Wie in den vorher genannten **Fig. 8 bis 10** dargestellt, ist, wenn die Magnetisierung zum Beispiel mit $\mu H8 = B8$ (der Magnetisierungsgrad ist 80%) durchgeführt wird, der Rand, der mit dem Dauerstrom zusammenhängt, 20%. Dieser Rand zum Annehmen eines Dauerstroms ermöglicht Vorgänge zum Kompensieren der Schwächung der Magnetfeldstärke mit dem Ablauf der Zeit und eine Variation in der Magnetfeldverteilung, die durch diese Abschwächung verursacht ist und ist eine Bedingung zum Erzeugen eines supraleitenden Magneten, der einen stabilen Magnetfeld-Raum für eine lange Zeit aufrechterhalten kann.

[0243] Als Nächstes wird die Magnetisierungssituation, die durch ein Experiment in dem Fall überprüft wurde, in welchem zwei Zylinder ML2 und ML3 einzeln und getrennt magnetisiert sind und in welchem der zu magnetisierende Zylinder nach der Magnetisierung des anderen Zylinders, in umgekehrter Polarität magnetisiert wird, mit Bezug auf **Fig. 11** und **12** beschrieben. **Fig. 11** zeigt Ergebnisse eines Magnetisierungsexperiments; und **Fig. 12** die Anordnung der Zylinder ML2 und ML3 und der Magnetisierungsspule Cex zur Zeit der Magnetisierung. Der Zylinder ML3 ist aus Gründen, die später zu beschreiben sind, so eingerichtet, dass die Dicke davon zweimal die Dicke des Zylinders ML2 ist. Übrigens ist in **Fig. 12** die Zeichnung eines Heizers zum Heizen ausgelassen.

[0244] Obwohl die Anordnung der Zylinder ML2 und

ML3 und der Magnetisierungsspule Cex ähnlich zu der in **Fig. 7** dargestellten ist, ist zusätzlich zu dem Messpunkt A0, der der Mittelpunkt ist, ein Messpunkt auf einem Punkt A1' am Außenumfang des Zylinders ML2 bereitgestellt. Der Messpunkt A1' ist anstatt eines Punktes A1 zwischen den Zylindern ML2 und ML3 vorgesehen, mit der Absicht die Magnetfeldstärke an diesem Punkt A1 anzunehmen.

[0245] In **Fig. 11** sind die Messwerte, die durch weiße Kreise dargestellt sind (korrespondierend zu einer charakteristischen Kurve (i)), die Werte der Magnetfeldstärke, die an dem Messpunkt A0 gemessen sind in dem Fall der einzelnen Magnetisierung des Zylinders ML3; Messwerte, die durch schwarze Kreise dargestellt sind (korrespondierend zu einer charakteristischen Kurve (ii)), die Werte der Magnetfeldstärke, die an dem Messpunkt A0 gemessen sind in dem Fall einer getrennten und einzelnen Magnetisierung der Zylinder in umgekehrter Polarität; und Messwerte, die durch Kreuze dargestellt sind (korrespondierend zu einer charakteristischen Kurve (iii)), sind die Werte der Magnetfeldstärke, die an dem Messpunkt A1' gemessen sind in dem Fall der getrennten und einzelnen Magnetisierung des Zylinders in umgekehrter Polarität. Obwohl die charakteristischen Kurven (ii) und (iii) aufgrund der Magnetisierung in umgekehrter Polarität ergeben, und dadurch die verwendete Zone in einer Zone angeordnet ist, die sich links von dem Ursprung erstreckt, sind die charakteristischen Kurven (ii) und (iii) durch Umkehren der Polarität davon gezeigt, um einen Vergleich zwischen der charakteristischen Kurve (i) und jeder der charakteristischen Kurven (ii) und (iii) zu machen.

[0246] Die vorher genannte getrennte und einzelne Magnetisierung der Zylinder in umgekehrter Polarität findet zum Magnetisieren des Außenzylinders ML2 in umgekehrter Polarität statt, nachdem der Innenzylinder ML3 zuerst einzeln magnetisiert wurde. Wenn der Zylinder ML3 einzeln magnetisiert wird, ändert sich, wie durch die charakteristische Kurve (i) angezeigt, der Magnetisierungswert. Anschließend ändert sich, wenn der Zylinder ML2 durch das magnetisierende Magnetfeld in umgekehrter Polarität magnetisiert wird, der Magnetisierungswert, wie durch die charakteristische Kurve (ii) angezeigt. Wie in **Fig. 11** gezeigt, ändern sich am Messpunkt A0 gemessene Werte in dem Fall des Verwendens der Zone Iclc' zuerst entlang der charakteristischen Kurve (i) korrespondierend zu dem Fall der einzelnen Magnetisierung des Zylinders ML3. Die Messwerte entfernen sich von der charakteristischen Kurve (i), wenn sie sich dem Magnetisierungsgrad von 100% nähern. Ferner wird in der Zone Ilc der Zustand, in dem der Zylinder ML3 magnetisiert ist, gebrochen und Charakteristiken, durch die der Magnetisierungswert abfällt, werden gezeigt. Das kann aus der Tatsache vorhergesagt werden, dass die charakteristische Kurve (iii), die die Werte repräsentiert, die am Messpunkt A1' gemessen wurden, in der Zone Ilc ansteigt.

[0247] Übrigens sind in der Zone Ic, in dem $\mu H = 0,3$

(T) ist und der Magnetisierungsgrad nicht mehr als 100% ist, die Werte, die an dem Messpunkt A0 gemessen sind, kleiner als die Werte auf der charakteristischen Kurve (i), die zu der einzelnen Magnetisierung des Zylinders ML3 korrespondiert. Dieses Phänomen tritt aufgrund der Tatsachen auf, dass sich die Gesamtmenge von Magnetflüssen des magnetisierenden Magnetfeldes in dem Zylinder ML3 nicht ändert, aber sich die interne Magnetflussverteilung in dem Zylinder ML3 unter dem Einfluss des Magnetfeldes ändert, durch das der Zylinder ML2 in umgekehrter Polarität magnetisiert wird. Das ist völlig verschieden von dem Phänomen des Abfalls des Wertes, der an der Messung A0 in der Zone IIc gemessen wurde. [0248] **Fig. 13** stellt die Makroanalyse des vorher genannten Experimentes durch Verwenden des Bean-Modelles dar. Der obere Bereich dieser Figur zeigt die Dauerstrom-Dichteverteilung in dem Zylinder und der untere Bereich davon die Magnetflussdichteverteilung darin. **Fig. 13(A)** bis **13(D)** stellen den Prozess der Magnetisierung des Innenzylinders ML3 dar und sind daher jeweils die gleichen wie **Fig. 10(A)** bis **10(D)**. Danach wird, wie in **Fig. 13(E)** gezeigt, das magnetisierende Magnetfeld auf ($-\mu H8$) gesetzt und das Heizen des Zylinders ML2 gestoppt und der Zylinder ML2 wird in den supraleitenden Zustand gebracht, um den Zylinder ML3 in umgekehrter Polarität zu magnetisieren. In diesem Zustand ist der Magnetfluss von $\mu H8$ im Inneren des Zylinders ML3 eingefangen. Ferner wird der Magnetfluss von ($-\mu H8$) in einem Bereich vom Außenumfang des Zylinders ML3 bis zum Innenumfang des Zylinders ML2 eingefangen.

[0249] Als Nächstes wird, mit Bezug auf **Fig. 13(F)**, der Zustand während eines Prozesses gezeigt, in dem die Stärke des durch die Magnetisierungsspule Cex verursachten magnetisierenden Magnetfeldes allmählich von ($-\mu H8$) abgesenkt wird und Null näher kommt. In diesem Zustand wird ein Dauerstrom, der zum Kompensieren eines Magnetflusses benötigt wird, der mit einer Änderung des magnetisierenden Magnetfeldes von ($-\mu H8$) korrespondiert, auf die Außenumfangsseite des Zylinders ML2 induziert und konserviert. **Fig. 13(G)** stellt den Zustand dar, in dem das magnetisierende Magnetfeld der Magnetisierungsspule Cex auf Null reduziert ist. Daher wird die Magnetflussdichte auf dem Außenumfang des Zylinders ML2 Null und ein Dauerstrom, der zu einer Änderung des magnetisierenden Magnetfeldes korrespondiert, in dem Zylinder ML2 auf den Innenumfang davon hin erhöht. Daher ist die Magnetisierung vervollständigt. Der Dauerstrom in dem Zylinder ML2 ändert sich in diesem Fall in Verbindung mit dem Betrag des zwischen den Zylindern ML2 und ML3 eingefangenen Magnetflusses des Magnetfeldes, ähnlich wie in dem Fall des Dauerstromes zum Halten des Magnetfeldes, der durch den Zylinder ML3 darin eingefangen ist.

[0250] **Fig. 13(H)** stellt die Magnetflussdichteverteilung und die Dauerstromverteilung dar, wenn mit dem

Magnetisierungsgrad von 100% magnetisiert ist. Im Gegensatz zu der Tatsache, dass der Dauerstrom in allen Bereichen des Zylinders ML2 mit einer Stromdichte von $+Jc$ fließt, fließt der Dauerstrom in 50% aller Bereiche des Zylinders ML3 mit einer Stromdichte ($-Jc$). Es ist aus der vorangegangenen Beschreibung bekannt, dass es zum geeigneten Magnetisieren des Außenzylinders in einer Polarität, die der Polarität des Innenzylinders entgegengesetzt ist, vorzuziehen ist, die Dicke des Innenzylinders auf einen Wert zu setzen, der zweimal die Dicke des Außenzylinders ist.

[0251] Der vorher genannte Vorgang der Magnetisierung des Zylinders in umgekehrter Polarität wird nachstehend beschrieben, indem das in **Fig. 14** dargestellte μH -B-Charakteristikdiagramm verwendet wird. In dieser Figur repräsentiert die Achse der Abszisse das Magnetfeld μH , das durch die Magnetisierungsspule erzeugt ist; die Achse der Ordinate das Magnetfeld B, in dem die Zylinder magnetisiert werden.

[0252] Zuerst wird nachstehend der Fall der Magnetisierung des Zylinders durch das magnetisierende Magnetfeld $\mu H5$, dessen Magnetisierungsgrad 50% ist, beschrieben. In **Fig. 12** wird zuerst der Innenzylinder ML3 magnetisiert, indem das magnetisierende Magnetfeld $\mu H5$ daran angelegt wird. Zu dieser Zeit wird der vorher genannte Zylinder ML3 auf solch eine Weise magnetisiert, dass der Magnetisierungswert B5 mittels eines Pfades vom Ursprung zu einem Punkt B5 durch die Punkte $\mu H5$ und a5 oder eines Pfades vom Ursprung zu einem Punkt B5 über einen Punkt a5 hat. Danach wird in dem Zustand, in dem der Außenzylinder ML2 geheizt wird, das magnetisierende Magnetfeld auf diese ($-\mu H5$) in umgekehrter Polarität geändert. Zu diesem Zeitpunkt ändert sich das am Äußeren des Zylinders ML3 bereitgestellte Magnetfeld vom Punkt B5 zu einem Punkt b5. Daher ändert sich in dem Fall der einzelnen Magnetisierung des Zylinders ML3 die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes von $\mu H5$ auf ($-\mu H5$). Der Zylinder durchläuft im Ganzen eine Änderung des magnetisierenden Magnetfeldes des Zylinders, die zu $\mu H10$ korrespondiert, und durchläuft dadurch die Magnetisierung mit dem Magnetisierungsgrad von 100%.

[0253] Ferner wird die Prozedur zur Magnetisierung geändert und der Innenumfang des Zylinders ML2 wird in umgekehrter Polarität auf solch eine Weise magnetisiert, um einen magnetisierenden Magnetfeldwert ($-B5$) zu haben und der Außenumfang des Zylinders ML3 wird auf dem gleichen Magnetisierungswert ($-B5$) gehalten durch einen Pfad von dem Punkt b5 zu dem Punkt ($-B5$) durch den Punkt ($-\mu H5$) und den Punkt C5 hindurch. Als ein Ergebnis ist der Innenzylinder ML3 und der Außenzylinder ML2 auf solch eine Weise magnetisiert, um den Magnetisierungswert B5 bzw. den Magnetisierungswert ($-B5$) zu haben. Der Innenzylinder ML3 erreicht 50% des Magnetisierungswertes $\mu H10$, der zu dem Magnetisierungsgrad von 100% korrespondiert, durch Ändern des magnetisierenden Magnetfeldes in einen Be-

reich, dessen Breite μH_{10} ist. Der Außenzylinder ML2 hat den magnetisierenden Magnetfeldwert ($-\mu H_5$) und erreicht dadurch 50% des magnetisierenden Magnetfeldwertes mittels einer Änderung in dem magnetisierenden Magnetfeld, die zu dem Magnetisierungsgrad von 50% korrespondiert. Daher gibt es keinen Rand in dem Innenzylinder ML3. Der Außenzylinder ML2 wird mit dem Rand von 50% magnetisiert.

[0254] Als Nächstes wird nachstehend der Fall der Magnetisierung des Zylinders durch das magnetisierende Magnetfeld beschrieben, dessen Stärke μH_{10} ist, mit dem Magnetisierungsgrad von 100%. In diesem Fall ist der Zylinder durch Verdoppeln der Dicke des Innenzylinders ML3 eingerichtet, um fähig zu sein, auf eine Änderung von $2\cdot\mu H_{10}$ in dem magnetisierenden Magnetfeld zu antworten. Zuerst wird, wenn der Zylinder ML3 durch daran Anlegen des magnetisierenden Magnetfeldes, dessen Stärke μH_{10} ist (der Magnetisierungsgrad ist 100%) magnetisiert wird, der Zylinder ML3 durch einen Pfad vom Ursprung dazu über einen Punkt μH_{10} und einen Punkt a_{10} hindurch oder einen Pfad vom Ursprung dazu durch den Punkt a_{10} hindurch auf den Magnetisierungswert B_{10} magnetisiert. Danach wird, wenn der Außenzylinder ML2 magnetisiert wird, die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes auf ($-\mu H_{10}$) geändert und dann auf Null zurückgeführt. Dadurch wird der Außenzylinder ML2 durch einen Pfad vom Punkt B_{10} zu einem Punkt ($-B_{10}$) hindurch über einen Punkt b_{10} auf den Magnetisierungswert ($-B_{10}$) (der Magnetisierungswert zur Zeit der Magnetisierung des Zylinders in umgekehrter Polarität mit dem Magnetisierungsgrad von 100%) magnetisiert. Als eine Folge können beide Zylinder ML2 und ML3 den zu dem Magnetisierungsgrad von 100% korrespondierenden Magnetisierungswert erlangen. Zu dieser Zeit durchläuft der Innenzylinder ML3 einer Änderung von $2\cdot\mu H_{10}$ in dem magnetisierenden Magnetfeld. Jedoch wird kein Problem in der Magnetisierung verursacht, da die Dicke davon verdoppelt wurde.

[0255] Um die vorher genannten Phänomene zusammenzufassen, kann, wenn zwei Zylinder einzeln magnetisiert werden, einer der Zylinder in umgekehrter Polarität magnetisiert werden, die zu der Polarität des anderen Zylinders entgegengesetzt ist. Diese Magnetisierung in umgekehrter Polarität ist sehr wichtig zum Reduzieren der Größe des Magneten und zum Erhöhen der magnetischen Homogenität und hat einen Nutzwert bei dem Ausbilden eines supraleitenden Magneten, der Zylinder verwendet.

[0256] In der vorangegangenen Beschreibung wurden die grundlegenden Phänomene zum Magnetisieren auf der Basis von Ergebnissen von Experimenten an Proben beschrieben. Als Nächstes wird nachstehend ein Grundvorgang beschrieben, indem hauptsächlich die Regulierung des Magnetisierungswertes nach der Magnetisierung beschrieben wird.

[0257] Wenn supraleitende Eigenschaften betrachtet werden, werden eine Temperatur T (K), eine Mag-

netfeldstärke (μH) und eine Dauerstromdichte (J) als grundlegende Daten angesehen und die supraleitenden Eigenschaften werden auf der Basis der Abhängigkeiten zwischen diesen grundlegenden Daten betrachtet. **Fig. 15** stellt die Abhängigkeit zwischen diesen drei Daten in dem Fall eines supraleitenden NbTi-Drahtes (siehe "Superconductivity Engineering", Kapitel 4, **Fig. 4.1**, Seite 68, hrsg. durch das Japanische Institut der Elektroingenieure) dar. In dem Fall, dass NbTi verwendet wird, indem es in flüssiges Helium eingetaucht wird und weiter gekühlt wird, wird gesagt, dass eine Temperatur T von 4,2 (K) die niedrigste Temperatur ist und dass eine Temperatur von 9 (K) ein Grenzwert ist, an dem dieses Material mit supraleitenden Eigenschaften betrieben werden kann. Dadurch ist ein Temperaturbereich, in dem das magnetisierende Magnetfeld in einem Initialisierungsprozess vor der Magnetisierung oder zum Sicherstellen der Sicherheit durch Betreiben einer Not-Entmagnetisierungsvorrichtung entmagnetisiert wird, $T \geq 9$ (K). [0258] Ferner ist ein Regulierungstemperaturbereich zur Zeit der Regulierung des Magnetisierungswertes nach Vervollständigung der Magnetisierung $4,2 \leq T \leq 9$ (K). Zum Beispiel ist in dem Fall, dass nach dem gemeinsamen Magnetisieren der Zylinder dieser gemeinsame Magnetisierungswert reguliert wird, wenn ursprünglich bei $T = 4,2$ (K) magnetisiert wurde, der Maximalwert der Dauerstromdichte J gleich a_1 und der Maximalwert der Magnetfeldstärke B gleich a_1' . Dann ändert sich als ein Ergebnis der Temperaturregulierung des Materials mittels Heizen die Dauerstromdichte J von a_1 auf a_2 und die Magnetfeldstärke ändert sich in der Richtung der Pfeile von a_1' auf a_2' . Bzw. Symbole a_2 und a_2' sind durch Symbole b_2 bzw. b_2' ersetzt. Als Nächstes ändert sich, wenn das Heizen dieses Materials gestoppt ist und durch Kühlung des Materials die Temperatur T des Materials auf 4,2 (K) zurückgekehrt ist, jeder charakteristische Wert in der Richtung eines korrespondierenden Pfeiles b . Dadurch ändert sich die Magnetfeldstärke B von b_2' zu b_1' und die Dauerstromdichte J variiert von b_2 zu b_1 . Als ein Ergebnis wird ein Regulierungsvorgang in einem Zustand vervollständigt, in dem die magnetisierende Feldstärke B von a_1' zu b_1' geändert ist und eine Dauerstromdichte J zum Verursachen von Magnetflüssen dieses Magnetfeldes von a_1 zu b_1 geändert ist. b_1' ist nämlich ein gewünschter Wert des Magnetisierungswertes. Ferner sind die Breite zwischen a_1' und b_1' und die Breite zwischen a_1 und b_1 werte des Randes. Übrigens bewegen sich die Punkte b_1 und b_1' parallel mit der Achse der Temperatur T .

[0259] Als Nächstes wird die Weise der Regulierung der Temperatur des Zylinders unter Bezug auf **Fig. 16** und **17** beschrieben. **Fig. 16** stellt den Fall dar, dass die Anzahl der Zylinder eins ist. **Fig. 17** stellt den Fall dar, dass die Anzahl der Zylinder zwei ist. Wie in **Fig. 16** gezeigt, ist ein Heizer H_1 auf der Fläche des Zylinders ML1 angeordnet. Der Heizer H_1 ist annähernd parallel zu der Zentralachse des Zylinders

ders ML1 und auf der Innen- und Außenumfangsfläche von der Zentralachse aus gesehen in der gleichen Richtung angeordnet und mit einer Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 gekoppelt. Wenn geheizt wird, wird ein Gleichstrom i_{r1} darin eingeleitet. In den Fall von **Fig. 17** sind Heizer H2 und H3 auf den Flächen der zwei Zylinder ML2 bzw. ML3 angeordnet. Die Heizer H2 und H3 sind näherungsweise parallel zu den Zentralachsen der Zylinder ML2 bzw. ML3 angeordnet, ähnlich wie der Heizer, der in dem Fall der Magnetisierung eines einzelnen Zylinders verwendet wird und sind einzeln an die Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 gekoppelt. Wenn geheizt wird, werden die Heizer auf solch eine Weise gesteuert, dass jeweils Gleichströme i_{r2} und i_{r3} darin eingeleitet werden.

[0260] Das Regulieren der Magnetisierung des Zylinders wird durch lineares Heizen eines Teils des Zylinders mittels des Heizers durchgeführt. Falls die Temperatur des Teils des Zylinders auf $T \geq 9$ (K) gesetzt wird, kann ein Dauerstrom, der in der Umfangsrichtung des Zylinders fließt, unterbrochen werden. Ferner kann, falls die Temperatur T des Teils des Zylinders innerhalb eines Bereiches $4,2 \leq T \leq 9$ (K) gehalten wird, die Dichte J des in der Umfangsrichtung des Zylinders fließenden Dauerstromes auf einen Wert justiert werden, der zu der vorher genannten Temperatur T korrespondiert. Die Temperatur des Teils von jedem der Zylinder ML1, ML2 und ML3 wird durch geeignetes Steuern der Gleichströme i_{r1} , i_{r2} und i_{r3} geändert, die in die Heizer H1, H2 und H3 gemäß eines solchen Prinzips einzuleiten sind. Dadurch wird die Dichte J des Dauerstromes, der durch jeden der Zylinder ML1, ML2 und ML3 hindurchfließt, verändert. Als ein Ergebnis wird der Magnetisierungswert von jedem der Zylinder ML1, ML2 und ML3 reguliert. Zu dieser Zeit werden die Gleichströme i_{r1} , i_{r2} und i_{r3} jeweils an den Heizer H1, H2 bzw. H3 mittels der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 als gesteuerte Werte bereitgestellt.

[0261] Als Nächstes wird nachstehend die Prozedur zum Magnetisieren eines Einzelzylinders beschrieben. **Fig. 18** ist ein Zeitdiagramm, das die Prozedur zum Regulieren der Magnetisierung des Einzelzylinders ML1 darstellt. Die Prozedur zum Regulieren der Magnetisierung ist zusammengesetzt aus Initialisierung, Magnetisierung und Regulierung des Magnetisierungswertes, die in dieser Reihenfolge durchzuführen sind. Als der Magnetisierungswert wird nach der Magnetisierung davon ein Endwert erlangt. In dieser Figur stellt (X1) den Zustand des Temperaturanstiegs des Zylinders ML1 mittels des Heizers H1 von **Fig. 16** dar; (X2) den Zustand des magnetisierenden Magnetfeldes, das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht wird; und (X3) den Zustand der magnetischen Dichte, auf die der Zylinder ML1 magnetisiert ist. Übrigens bezeichnet "t" in **Fig. 18** die Zeit.

[0262] Zuerst wird der Heizer H1 an einem Punkt a in **Fig. 18(X1)** eingeschaltet. Dadurch wird die Tem-

peratur des Zylinders ML1 erhöht. Dann wird an einem Punkt b der Heizer H1 ausgeschaltet und der Zylinder ML1 wird gekühlt. Daher ist die Initialisierung des Zylinders ML1 beendet. Danach wird das magnetisierende Magnetfeld μH an einem Punkt c von **Fig. 18(X2)** erhöht, indem ein Anregungsstrom durch die Magnetisierungsspule Cex fließen gelassen wird. Ferner wird der Heizer H1 von **Fig. 18(X1)** auf halbem Weg des Anstieges in dem magnetisierenden Magnetfeld μH eingeschaltet. Dadurch wird die Temperatur des Zylinders ML1 erhöht. Danach wird der Heizer H1 an einem Punkt e in **Fig. 18(X1)** ausgeschaltet, der zu einem Punkt d korrespondiert, bei dem das magnetisierende Magnetfeld μH einen Maximalwert erlangt. Ferner wird der Zylinder ML1 gekühlt und die Temperatur davon auf eine Referenztemperatur (siehe einen Punkt f) zurückgeführt. Der Magnetisierungsstrom für die Magnetisierungsspule Cex wird allmählich von einem Punkt g (das magnetisierende Magnetfeld μH erreicht den Maximalwert) von **Fig. 18(X2)**, der zu dem Punkt f von **Fig. 18(X1)** korrespondiert, auf Null abgesenkt, bis er einen Punkt i erreicht. Währenddessen steigt der Magnetisierungswert des Zylinders ML1 von **Fig. 18(X3)** allmählich von einem Punkt h und erreicht den Magnetisierungswert B an einem Punkt j, der zu dem Punkt i von **Fig. 18(X2)** korrespondiert. Daher ist die Magnetisierung vervollständigt.

[0263] In der Magnetisierung wird der Zylinder auf solch eine Weise magnetisiert, um den Magnetisierungswert B zu haben, an dem ein kleiner Rand ist. Danach wird der Magnetisierungswert auf solch eine Weise reguliert, um einen gewünschten Wert zu haben. In der Regulierung der Magnetisierung wird der Heizer H1 an einem Punkt von **Fig. 18(X1)** nach der Magnetisierung eingeschaltet. Dadurch wird das Heizen des Zylinders ML1 gestartet und die Temperatur davon wird allmählich erhöht. Durch dieses Heizen wird der Magnetisierungswert B von **Fig. 18(X3)** allmählich von dem Punkt k herabgesetzt, so dass das Heizen des Heizers H1 bis zu einem Punkt m fortgeführt wird, an dem der gewünschte Magnetisierungswert B' erlangt ist. Als ein Ergebnis wird an einem Punkt n von **Fig. 18(X3)** der gewünschte Magnetisierungswert B' erlangt. Dadurch ist die Regulierung der Magnetisierung vervollständigt.

[0264] Als Nächstes wird nachstehend die Prozedur zum Magnetisieren zweier Zylinder beschrieben. **Fig. 19** ist ein Zeitdiagramm, das die Prozedur zum Regulieren der Magnetisierung der zwei koaxialen Zylinder ML2 und ML3 darstellt. Die Prozedur zum Regulieren der Magnetisierung setzt sich aus der Initialisierung, der Magnetisierung und der Regulierung des Magnetisierungswertes zusammen, die ähnlich wie in dem Fall der Magnetisierung eines einzelnen Zylinders in dieser Reihenfolge durchzuführen sind. Übrigens wird nachstehend der Fall beschrieben, in dem der Innenzylinder ML3 ähnlich wie in dem Fall von **Fig. 18** magnetisiert wird, aber der Außenzylinder ML2 in umgekehrter Polarität magnetisiert wird

(der Fall, in dem zwei Zylinder gemeinsam magnetisiert werden, ist ähnlich zu dem vorher genannten Fall der Magnetisierung eines einzelnen Zylinders und daher ist die Beschreibung davon ausgelassen). In **Fig. 19(X1)**, **19(X2)** und **19(X3)** sind die Achsen der Abszisse und die Achse der Ordinate ähnlich zu denen von **Fig. 18**. Zusätzlich wird in **Fig. 19(X2)** und **Fig. 19(X3)** ein umgekehrter Polaritätsbereich verwendet.

[0265] Zuerst werden die Heizer H2 und H3 an einem Punkt a in **Fig. 19(X1)** eingeschaltet. Dadurch wird die Temperatur der Zylinder ML2 und ML3 erhöht. Dann werden an einem Punkt b die Heizer H2 und H3 ausgeschaltet und die Zylinder ML2 und ML3 werden gekühlt. Dadurch ist die Initialisierung der Zylinder ML2 und ML3 beendet. Danach wird an einem Punkt c von **Fig. 19(X2)** das magnetisierende Magnetfeld μH in der positiven Richtung erhöht, indem ein Anregungsstrom durch die Magnetisierungsspule Cex fließen gelassen wird. Ferner werden die Heizer H2 und H3 von **Fig. 19(X1)** auf halbem Wege des Anstiegs der Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes μH eingeschaltet. Daher werden die Temperaturen der Zylinder ML2 und ML3 erhöht. Danach wird nur der Heizer H3 an einem Punkt e von **Fig. 19(X1)** ausgeschaltet, der zu einem Punkt d korrespondiert, an dem das magnetisierende Magnetfeld μH einen Maximalwert erreicht. Ferner wird der Zylinder ML3 gekühlt und die Temperatur davon auf eine Referenztemperatur (siehe einen Punkt f) zurückgeführt. Das magnetisierende Magnetfeld durch die Magnetisierungsspule Cex wird allmählich von einem Punkt g von **Fig. 19(X2)**, der zu dem Punkt f der **Fig. 19(X1)** korrespondiert, auf Null gesenkt, bis es einen Punkt i erlangt. Währenddessen steigt der Magnetisierungswert des Zylinders ML3 von **Fig. 19(X3)** allmählich von einem Punkt h und erreicht den Magnetisierungswert B an einem Punkt j, der zu dem Punkt i von **Fig. 19(X2)** korrespondiert. Daher ist die Magnetisierung des Zylinders ML3 vervollständigt.

[0266] Danach wird mit dem vorher genannten Prozess die Polarität des magnetisierenden Magnetfeldes, das durch die Magnetisierungsspule Cex von **Fig. 19(X2)** erzeugt ist, umgekehrt. Dann wird dieses magnetisierende Magnetfeld, ausgehend von einem Punkt c' ($\mu H = 0$), auf ($-\mu H$) geändert. Das Heizen des Heizers H2 wird von einem Punkt e' in **Fig. 19(X1)** gestoppt, der zu dem Punkt d' korrespondiert, an dem das magnetisierende Magnetfeld, das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht wird, ($-\mu H$) erreicht, und daher wird die Temperatur des Zylinders ML2 zu der Referenztemperatur (Punkt f') zurückgeführt. Danach wird das magnetisierende Magnetfeld, das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht wird, allmählich von einem Punkt g' auf Null (Punkt i') zurückgeführt, der zu dem Punkt f' in **Fig. 19(X1)** korrespondiert. Mit dieser Änderung in dem magnetisierenden Magnetfeld ändert sich der Magnetisierungswert des Zylinders ML2 von Null an einen Punkt h' auf ($-B$) an einem Punkt j'. Daher ist

der Zylinder ML2 auf solch eine Weise magnetisiert, dass er den Magnetisierungswert ($-B$) hat. Daher ist die Magnetisierung der Zylinder ML2 und ML3 vervollständig.

[0267] Die Regulierung des Magnetisierungswerts wird ähnlich wie in dem Fall der Magnetisierung eines einzelnen Zylinders durchgeführt. Nach Vervollständigung der Magnetisierung, werden die Heizer H2 und H3 an einem Punkt von **Fig. 19(X1)**, der zu den Punkten k und k' korrespondiert, eingeschaltet und daher wird das Heizen fortgeführt und die Temperaturen der Zylinder ML2 und ML3 werden allmählich angehoben. Durch dieses Heizen werden die Magnetisierungswerte B und ($-B$) von **Fig. 19(X3)** allmählich von diesen Punkten k und k' abgesenkt und daher wird das Heizen mittels der Heizer H2 und H3 bis zu einem Punkt m fortgeführt, an dem die gewünschten Magnetisierungswerte B' und ($-B'$) erlangt werden. Als ein Ergebnis werden die gewünschten Magnetisierungswerte B' und ($-B'$) an den Punkten n und n' von **Fig. 19(X3)** erlangt. Daher ist die Regulierung des Magnetisierungswertes vervollständigt.

[0268] In den vorangegangenen Beschreibungen der **Fig. 16 bis 19** sind die wichtigen Gegenstände für die supraleitenden Magnetvorrichtungen wie folgend: (1) Das Anbringen eines Heizers an den Zylinder sollte durch Anbringen der Heizer in einer Linie in der Längsrichtung der Zylinder durchgeführt werden, die, wie in **Fig. 16 und 17** dargestellt, senkrecht zu der Umfangsfläche der Zylinder ist, so dass ein an den Heizer einzuleitender Temperatursteuerstrom, der ein Gleichstrom sein sollte, durch die gleiche Hin-und-Her-Leitung auf der Innen- und Außenumfangsfläche des Zylinders fließt und den Zylinder nicht beeinflussen sollte; (2) Die Schritte von der Initialisierung bis zur Regulierung des Magnetisierungswertes der Prozedur sollten im Prinzip in der Reihenfolge gemäß des Zeitdiagramms der **Fig. 18 und 19** durchgeführt werden.

[0269] Als Nächstes wird nachstehend ein wiederholendes Magnetisierungsverfahren mit Bezug auf **Fig. 20 bis 22** als ein neues Magnetisierungsverfahren beschrieben. **Fig. 20** stellt die Anordnung von zwei Zylindern ML2 und ML3, die als Magnetisierungsproben dienen, und einer Magnetisierungsspule Cex und einer Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 dar. Die Zylinder ML2 und ML3 sind in solch einer Weise angeordnet, um koaxial zueinander zu sein und sind verschieden im Durchmesser, haben aber eine gleiche Dicke. Die Magnetisierungsspule Cex ist in dem Klein-Durchmesser-Zylinder ML3 angeordnet. Ferner sind die Heizer H2 und H3 in den Zylindern ML2 bzw. ML3 montiert. Der Magnetisierungsstrom i_{ex} und die Heizerströme i_{r2} und i_{r3} werden von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 bereitgestellt.

[0270] In diesem wiederholenden Magnetisierungsverfahren wird, falls ein End-Magnetisierungs-Magnetfeld μH_{10} ($= B_{10}$) ist, das magnetisierende Magnetfeld, das durch die Magnetisierungsspule Cex ver-

ursacht ist, auf $(1/n)$ von μH_{10} festgesetzt. Dieses magnetisierende Magnetfeld wird n -mal wiederholt an die Zylinder ML2 und ML3 angelegt. Dadurch wird schließlich einer der Zylinder auf solch eine Weise magnetisiert, um den Magnetisierungswert μH_{10} zu haben.

[0271] Als Nächstes wird ein Magnetisierungsvorgang gemäß dem vorher genannten wiederholenden Magnetisierungsverfahren durch Verwenden des Bean-Modellidiagramms von **Fig. 21** und eines Zeitdiagramms von **Fig. 22** beschrieben. Zuerst bezugnehmend auf das Bean-Modellidiagramm von **Fig. 21** wird, nachdem die Zylinder ML2 und ML3 initialisiert sind (von einem Punkt a zu einem Punkt b in **Fig. 22(X1)**), die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes, das durch die Magnetisierungsspule Cex erzeugt wird, um μH_2 erhöht, das ist $(1/5)$ der Gesamtstärke μH_{10} des magnetisierenden Magnetfeldes, wie in **Fig. 21(A)** dargestellt. Danach wird nur das Heizen des Zylinders ML2 mittels des Heizers H2 gestoppt. Dann wird der Zylinder ML2 gekühlt. Danach wird, wie in **Fig. 21(B)** dargestellt, das magnetisierende Magnetfeld μH_2 auf solch eine Weise an den Zylinder ML2 angelegt, um dort hindurch zu dringen (von einem Punkt b über einen Punkt e bis zu einem Punkt f in **Fig. 22(X1)**; und von einem Punkt c über einen Punkt d zu einem Punkt g in **Fig. 22(X2)**).

[0272] Als Nächstes wird, wie in **Fig. 21(C)** gezeigt, der Magnetisierungsstrom i_{ex} für die Magnetisierungsspule Cex abgesenkt, so dass die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes μH_2 allmählich abgesenkt wird. Dadurch wird der Magnetisierungswert des Zylinders ML2 erlangt (ein Punkt f zu einem Punkt i' in **Fig. 22(X2)**; und ein Punkt c über einen Punkt d zu einem Punkt g in **Fig. 22(X3)**).

[0273] Als Nächstes wird; wie in **Fig. 21(D)** dargestellt, zum Erhöhen der Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes auf μH_4 , die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes, das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht ist, um μH_2 erhöht. Dann wird die Magnetfeldstärke μH_4 in dem Zylinder ML2 durch Hinzufügen des Magnetisierungswertes B2 (μH_2) des Zylinders ML2 zu dem magnetisierenden Magnetfeld μH_2 , das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht wird, erlangt, nämlich μH_2 (ML2) + μH_2 (Cex) $\approx \mu H_4$. Danach wird das Heizen des Zylinders ML3 mittels des Heizers H3 gestoppt und dann wird der Zylinder ML3 gekühlt (ein Punkt m zu einem Punkt n in **Fig. 22(X1)**; ein Punkt k über einen Punkt i zu einem Punkt o in **Fig. 22(X2)**; und ein Punkt i über einen Punkt j zu einem Punkt p in **Fig. 22(X3)**). Dann tritt das magnetisierende Magnetfeld μH_4 durch den Zylinder ML3, wie in **Fig. 21(E)** dargestellt, hindurch. Ferner wird der Zylinder ML2. geheizt und dadurch das magnetisierende Magnetfeld μH_2 (ML2) aufgrund des Zylinders ML2 allmählich auf Null abgesenkt. Danach wird das magnetisierende Magnetfeld μH_2 (Cex), das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht wird, allmählich auf Null abgesenkt. Folglich erlangt der Zylinder ML3, wie in **Fig. 21(F)** dar-

gestellt, den Magnetisierungswert B4 (ein Punkt m zu einem Punkt s in **Fig. 22(X1)**; ein Punkt o zu einem Punkt r in **Fig. 22(X2)**; ein Punkt p zu einem Punkt t in **Fig. 22(X3)**; und ein Punkt q zu einem Punkt u in **Fig. 22(X4)**).

[0274] Durch Folgen einer Prozedur, die ähnlich zu der hier oben Beschriebenen ist, erlangt der Zylinder ML2, wie in **Fig. 21(I)** dargestellt, den Magnetisierungswert B6. Das magnetisierende Magnetfeld μH_6 zu dieser Zeit wird erlangt, indem der Magnetisierungswert B4 (μH_4) des Zylinders ML3 zu dem magnetisierenden Magnetfeld μH_2 , das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht wird, hinzugefügt wird, nämlich aus $\mu H_6 \approx \mu H_4$ (ML3) + μH_2 (Cex) erlangt.

[0275] Ferner erlangt der Zylinder ML3 den Magnetisierungswert B8 in **Fig. 21(L)** durch Folgen einer anderen Prozedur, die ähnlich zu der hier oben Beschriebenen ist. Ferner erlangt der Zylinder ML2 in **Fig. 21(O)** den Magnetisierungswert B10.

[0276] Die magnetisierenden Magnetfelder μH_8 und μH_{10} werden zu dieser Zeit durch: $\mu H_8 \approx \mu H_6$ (ML2) + μH_2 (Cex); bzw. $\mu H_{10} \approx \mu H_8$ (ML3) + μH_2 (Cex) erlangt.

[0277] Als ein Ergebnis der Durchführung der oben beschriebenen Vorgänge ist die wiederholende Magnetisierung der Zylinder ML2 und ML3 vervollständigt. Daher ist die Magnetisierung in dem Zustand beendet, in dem der Zylinder ML2 den Magnetisierungswert B10 erlangt und der Zylinder ML3 mit dem Magnetisierungswert B10 durchdrungen ist. Die Dauerstromdichte J in den Zylindern ändert sich in Reaktion auf eine Sequenz von diesen Vorgängen wie sie in den oberen Teilen der **Fig. 21(A)** bis **21(O)** dargestellt sind.

[0278] Als Nächstes wird nachstehend der vorher genannte Vorgang mit Bezug zu einem Zeitdiagramm von **Fig. 22** beschrieben. Die Heizer H2 und H3 werden an einem Punkt a von **Fig. 22(X1)** eingeschaltet. Dadurch werden die Temperaturen der Zylinder ML2 und ML3 erhöht. Dann werden an einem Punkt b die Heizer H2 und H3 ausgeschaltet und das Heizen der Zylinder wird gestoppt. An einem Punkt c der **Fig. 22(X2)**, der zu einem Punkt b der **Fig. 22(X1)** korrespondiert, wird die Magnetisierungsspule Cex erregt, um dadurch die Stärke des magnetisierenden Magnetfeldes auf μH_2 zu erhöhen. Gleichzeitig werden an einem Punkt a' (nicht gezeigt) von **Fig. 22(X1)** auch die Heizer H2 und H3 eingeschaltet, um dadurch die Zylinder ML2 und ML3 zu heizen. Dann wird an einem Punkt e von **Fig. 22(X1)**, der zu einem Punkt d der **Fig. 22(X2)** korrespondiert, bei dem das magnetisierende Magnetfeld μH_2 erreicht, nur das Heizen des Zylinders mittels des Heizers H2 gestoppt und der Zylinder ML2 wird gekühlt (ein Punkt f). Das magnetisierende Magnetfeld μH_2 wird allmählich auf Null abgesenkt (ein Punkt i') von einem Punkt g von **Fig. 22(X2)**, der zu einem Punkt f von **Fig. 22(X1)** korrespondiert. Mit dem Absenken dieses Magnetfeldes μH_2 steigt der Magnetisierungs-

wert B des Zylinders ML2 von einem Punkt h zu einem Punkt i in **Fig. 22(X3)**, so dass der Zylinder ML2 in solch einer Weise magnetisiert wird, dass er den Magnetisierungswert B2 hat. Daher ist die Magnetisierung des Zylinders ML2 beendet.

[0279] Danach wird das magnetisierende Magnetfeld μH , das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht ist, wieder von einem Punkt k in **Fig. 22(X2)**, der zu einem Punkt j in **Fig. 22(X3)** nach Vervollständigung der Magnetisierung des Zylinders ML2 korrespondiert, auf μH_2 erhöht (ein Punkt k zu einem Punkt l). Zu dieser Zeit wird das magnetisierende Magnetfeld, als ein Ergebnis des Hinzufügens von μH_2 (Cex) zu μH_2 (ML2) ($\mu H_4 = \mu H_2$ (ML2) + μH_2 (Cex)) μH_4 . Dann wird das Heizen des Zylinders mittels des Heizers H3 an einem Punkt m in **Fig. 22(X1)** gestoppt, der zu einem Punkt von **Fig. 22(X2)** korrespondiert und dann wird der Zylinder ML3 gekühlt (ein Punkt n). An einem Punkt q der **Fig. 22(X4)**, der zu dem Punkt n von **Fig. 22(X1)** korrespondiert, wird die Magnetisierung des Zylinders ML3 fortgeführt. Die Magnetisierung des Zylinders ML3 wird mittels des magnetisierenden Magnetfeldes μH_2 (Cex), das durch die Magnetisierungsspule Cex verursacht wird, und dem Magnetisierungswert B2 (= μH_2) des Zylinders ML2 durchgeführt. Das Heizen des Zylinders mittels des Heizers H2 wird von dem Punkt n in **Fig. 22(X1)** gestartet und die Temperatur davon wird durch gleichzeitiges Steuern der Temperatur davon auf einen Punkt s erhöht. Dadurch wird der Magnetisierungswert B2 des Zylinders ML2 allmählich, wie in **Fig. 22(X3)** dargestellt, von einem Punkt p zu einem Punkt t abgesenkt. Zusammen mit diesem wird das magnetisierende Magnetfeld μH_2 aufgrund der Magnetisierungsspule Cex allmählich von einem Punkt o zu einem Punkt r in **Fig. 22(X2)** abgesenkt. Der Magnetisierungswert des Zylinders ML3 von **Fig. 22(X4)** steigt durch Durchführen eines solchen Steuervorgangs von einem Punkt q zu einem Punkt u. Schließlich wird der Magnetisierungswert B4 (= μH_2 (Cex) + b_2 (ML2))) erlangt. Daher ist die Magnetisierung des Zylinders ML3, der den Magnetisierungswert B4 erlangt, vervollständigt.

[0280] In der vorangegangenen Beschreibung wurde beschrieben, dass ein Steuervorgang von dem Punkt o zu dem Punkt r in **Fig. 22(X2)** und ein anderer Steuervorgang von dem Punkt p zu dem Punkt t gleichzeitig miteinander durchgeführt werden. Die Erfindung ist nicht darauf begrenzt. Zum Beispiel kann der Steuervorgang von dem Punkt o zu dem Punkt r früher durchgeführt werden und der Steuervorgang von dem Punkt p zu dem Punkt t kann danach durchgeführt werden. Alternativ können diese Steuervorgänge in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt werden. Ferner können die Steuerzeitperioden, die zu diesen Steuervorgängen korrespondieren, ein wenig verschoben sein und können sich teilweise überlappen. Jedoch ist es wichtig, dass die Steuervorgänge innerhalb eines erlaubten Bereichs der Charakteristiken der Zylinder durchgeführt werden.

[0281] Durch wiederholtes Durchführen der vorher genannten Vorgänge erlangt der Zylinder ML2 zuerst den Magnetisierungswert B6 und dann erlangt der Zylinder ML3 den Magnetisierungswert B8. Danach erlangt der Zylinder ML2 einen anderen Magnetisierungswert B10. Dadurch kann der Zylinder ML2 schließlich den Magnetisierungswert B10 erlangen.

[0282] Übrigens können in diesem wiederholenden Magnetisierungsverfahren drei Zylinder bereitgestellt sein.

[0283] Ferner können vier oder mehr Zylinder dort drin bereitgestellt sein. Ferner kann jeder Zylinder durch geeignetes Bestimmen einer Prozedur zum Durchführen der Magnetisierung einen gewünschten Magnetisierungswert erlangen (ähnlich kann eine Mehrzahl von Zylindern gewünschte Magnetisierungswerte erlangen).

[0284] Ferner hat dieses wiederholende Magnetisierungsverfahren die folgenden vorteilhaften Effekte für die gesamte supraleitende Magnetvorrichtung. Das magnetisierende Magnetfeld, das durch die Magnetisierungsspule verursacht wird, kann nämlich auf $(1/n)$ des maximalen Magnetisierungswertes festgesetzt werden. Dadurch kann die maximale Ausgabe der Magnetisierungsspule reduziert werden. Ferner wird der Zylinder ML3 in der Schlussstufe des Verfahrens nur von einem Magnetfluss durchdrungen, der die Magnetflussdichte B10 hat. Dadurch kann der Zylinder ML3 einen Rand gegen das Abschwächen der Stärke des Magnetfeldes bereitstellen.

[0285] **Fig. 23** zeigt die Beziehung zwischen der Magnetflussdichte B des Supraleiters und der Dauerstromdichte J, die gewöhnlich gezeigt wird. In dem Fall, dass der Wert der maximalen Stromdichte (nämlich die kritische Stromdichte) des elektrischen Stromes, dem es erlaubt ist durch den Supraleiter hindurch zu passieren, mit J_c bezeichnet ist, wird eine Kurve, die die Beziehung zwischen J_c und B repräsentiert, in dieser Figur dargestellt. Wenn die Stärke des Magnetfeldes B steigt, sinkt die maximale Dauerstromdichte J_c . In dem Fall des Verwendens des supraleitenden Drahtes, zum Beispiel an dem Magnetflusswert B1, wird eine charakteristische Linie L1, die den Ursprung O mit dem Punkt J_{c1} verbindet, der einen zu B1 korrespondierenden Wert von J_c hat, als eine Lastcharakteristik bezeichnet. Der supraleitende Draht wird unter der Bedingung verwendet, dass der Dauerstromwert $(1/2)J_{c1}$ an einem Punkt ist, der zu einem Lastfaktor von 50% (L50) korrespondiert. Die Anzahl der Windungen einer Spule, die zu einer nötigen Stärke eines Magnetfeldes korrespondiert, wird nämlich aufgrund der Abschätzung bestimmt, dass ein Dauerstrom, dessen Dichte $(1/2)J_{c1}$ ist, durch eine Spule fließt, die mittels eines supraleitenden Drahtes aufgebaut ist.

[0286] **Fig. 24** zeigt ein Primärteil einer supraleitenden Magnetvorrichtung, die durch eine Kombination einer supraleitenden Spule W, eines Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters PC und einer Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 aufgebaut ist. In

der Vorrichtung der **Fig. 24** wird ein elektrischer Strom i_h in einen Heizer H des Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters PC eingeleitet. Dadurch, wird der supraleitende Draht, welcher diesen Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter PC aufbaut, in einen normalleitenden Zustand gebracht. Ferner wird von der Magnetisierungs-Energieversorgung $PS1$ ein Magnetisierungsstrom i_w in die supraleitende Spule W eingeleitet. Wenn der Strom $i_w = (1/2)J_c1$ ist, wird der Anstieg der Dichte des Stromes i_w gestoppt. Danach wird ein Strom i_h , der durch den Heizer H des Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters PC fließt, unterbrochen. Dadurch wird der Zustand des supraleitenden Drahtes des Dauerstrom-Schaltkreis-Schalters PC vom normalen Zustand zu dem supraleitenden Zustand geändert, so dass der Strom i_w durch den Dauerstrom-Schaltkreis-Schalter PC hindurchfließt. Folglich fließt ein Dauerstrom (i_w) durch die supraleitende Spule W und wird in einen Zustand gebracht, in dem der Strom (i_w) von der Magnetisierungs-Energieversorgung $PS1$ unabhängig ist.

[0287] Im Gegensatz dazu variiert in dem Fall der Induktions-Magnetisierung gemäß der Erfindung, die Lastcharakteristik-Kurve beträchtlich mit der Magnetflussdichte B . Zum Beispiel variiert die Lastcharakteristik-Kurve in dem Bereich von $L1$ bis $L0$ in **Fig. 23**. Daher gibt es ein Problem, wie solche Variationen der Lastcharakteristik für die supraleitende Magnetvorrichtung unschädlich zu machen sind. Als Nächstes wird nachstehend ein Verfahren zum Lösen dieses Problems beschrieben.

[0288] In der vorangegangenen Beschreibung, welche zwei Verfahren zum Magnetisieren von Zylindern betrifft, nämlich ein Verfahren zum gemeinsamen Magnetisieren der Zylinder und ein Verfahren zum getrennten und einzelnen Magnetisieren der Zylinder, wurden die Unterschiede in der Dauerstromverteilung zwischen ihnen durch Verwenden des Bean-Modelles (siehe **Fig. 9** und **10**) aufgezeigt. Es ist eine Vorrichtung zum Lösen des genannten Problems durch Regulieren eines Magnetisierungswertes in Übereinstimmung mit diesem Unterschied präsentiert. **Fig. 25** zeigt die Beziehung zwischen der kritischen Stromdichte J_c und der Temperatur T in einem Supraleiter, indem die magnetische Feldstärke B als Parameter verwendet wird (siehe "Superconductivity Engineering", Kapitel 4, **Fig. 4** und **17**, Seite 94, herausgegeben durch das Japanische Institut für Elektro-Ingenieure). In **Fig. 25** repräsentiert die Achse der Abszisse die Temperatur T ; und die Achse der Ordinate die kritische Stromdichte J_c . Der Supraleiter ist NbTi.

[0289] Wie aus **Fig. 25** offensichtlich ist, wird, ähnlich wie in dem Fall von **Fig. 23**, an einer gleichen Temperatur, wenn die Magnetfeldstärke kleiner wird, die kritische Stromdichte J_c größer. Im Gegensatz dazu wird, wenn die Magnetfeldstärke größer wird, die kritische Stromdichte J_c kleiner.

[0290] In dem Fall der supraleitenden Magnetvorrichtung, die sich aus einer Mehrzahl von Zylindern

zusammensetzt, wird eine Gruppe I von **Fig. 25** für einen Fall eingerichtet, dass Zylinder, die in der kritischen Stromdichte J_c voneinander unterschiedlich sind, gemeinsam durch das Magnetfeld magnetisiert werden, das die Stärke hat, die durch die Position und den Magnetisierungswert von jedem der Zylinder bestimmt ist. Sogar in dem Fall nämlich, dass die kritischen Stromdichten J_c der Zylinder unterschiedlich voneinander bleiben, kann das Magnetfeld durch Heizen der Zylinder mittels des Heizers reguliert werden.

[0291] Ferner ist die Gruppe II ein Verfahren zum Steuern der Magnetisierung, indem die kritische Stromdichte J_c unveränderlich gemacht wird und ist eingerichtet für das Regulieren des Magnetfeldes in den Fällen, dass die Zylinder einzeln mit einer konstanten kritischen Stromdichte magnetisiert sind, oder dass die Zylinder aufgeteilt werden und dann die aufgeteilten Zylinder einzeln mit der konstanten kritischen Stromdichte magnetisiert werden.

[0292] Es ist nicht nötig zu sagen, dass ein Verfahren eines Typs, der zwischen den Gruppen I und II liegt, angenommen werden kann, wie zum Beispiel wie ein Verfahren zum Durchführen der Magnetisierung durch Ändern des Magnetisierungswertes jedes Zylinders und Regulieren des Magnetisierungswertes auf solch eine Weise, die auch in dem Fall für die Magnetisierungscharakteristik davon geeignet ist, dass die Zylinder einzeln magnetisiert werden.

[0293] **Fig. 26** zeigt ein praktisches Beispiel der Konfiguration der supraleitenden Magnetvorrichtung. Der in **Fig. 26** dargestellte supraleitende Magnet ist von dem Horizontal-Magnetfeld-Typ und ist daher symmetrisch im Bezug zu der Zentralachse, eine obere Hälfte und eine untere Hälfte davon sind nämlich, wie in dieser Figur gesehen werden kann, im Bezug dazu symmetrisch. Deshalb zeigt **Fig. 26** nur die obere Hälfte davon. Wie in **Fig. 26** gezeigt, bilden die Zylinder $C1$ bis $C4$ eine linksseitige Gruppen-Zylinderanordnung; und die Zylinder $C1'$ bis $C4'$ bilden eine rechtsseitige Gruppen-Zylinderanordnung. Ferner sind die Widerstände $R1$ bis $R4$ und die Widerstände $R1'$ bis $R4'$ der Heizer in den Zylindern $C1$ bis $C4$ bzw. den Zylindern $C1'$ bis $C4'$ montiert. Dadurch wird der Temperatursteuervorgang der Zylinder $C1$ bis $C4$ und der Zylinder $C1'$ bis $C4'$ durchgeführt. Ferner ist die Magnetfeldstärke der Zylinder $C1$ bis $C4$ und der Zylinder $C1'$ bis $C4'$ durch $B1$ bis $B4$ bzw. $B1'$ bis $B4'$ dargestellt. Die Widerstände $R1$ bis $R4$ und $R1'$ bis $R4'$ der Heizer sind in Reihe gekoppelt und ferner an die Magnetisierungs-Energieversorgung $PS1$ gekoppelt. Dadurch hat ein Regulierungsstrom i_{r1} , der durch die Heizer fließt, den gleichen Wert für jeden der Widerstände $R1$ bis $R4$ und $R1'$ bis $R4'$.

[0294] Übrigens wird zur Vereinfachung der Beschreibung angenommen, dass die Zylinder die gleiche Länge und die gleiche Dicke haben, aber nur im Durchmesser voneinander verschieden sind. In solch einem Fall haben die Widerstände $R1$ bis $R4$ und $R1'$ bis $R4'$ der Heizer den gleichen Widerstand $R1$. Fer-

ner ist der Temperaturanstiegswert des Heizers durch den Leistungsverbrauch der Widerstände $ir_1^2 \cdot R_1 \cdot t$ (t : Heizer-EIN-Zeit) bestimmt. Dadurch korrespondiert diese Vorrichtung zu dem Fall der Gruppe I. Ferner variieren in dem Fall des Änderns des Widerstandes von jedem der Widerstände R_1 bis R_4 und R_1' bis R_4' und des Erlangens der nötigen Heizwerte entsprechend zu den Zylindern, die Temperaturanstiegswerte mit den Zylindern, so dass dieser Fall zu der Gruppe II oder einer beliebigen Kombination der Gruppen I und II korrespondiert.

[0295] Diese Gruppen sind in **Fig. 27** in Zusammenhang mit der Anwendung der Vorrichtung dargestellt. Die Achse der Abszisse ist grob in eine Temperaturanstiegszone und eine Sättigungszone geteilt, während die Achse der Ordinate grob in eine Magnetisierungs-Regulierungszone und eine Initialisierungs- oder Not-Entmagnetisierungszone geteilt ist. Gruppe I tendiert dazu ein relativ enger Temperaturbereich zu werden, wenn es eine Zone gibt, in der die Stärke B des Magnetfeldes groß ist. Dadurch können die Magnetisierung und der Widerstandswert der Widerstände der Heizer ungefähr den gleichen Wert haben. Folglich ist die Gruppe I vorteilhaft in der Herstellung einer supraleitenden Magnetvorrichtung.

[0296] Währenddessen hat in dem Fall der Gruppe II und einer beliebigen Kombination der Gruppen I und II, obwohl es beschwerlich ist, den Temperatur-Regulierungsbereich korrespondierend zu jedem der Zylinder auszuwählen, solch ein Verfahren einen Vorteil in der einzelnen Magnetisierung der Zylinder.

[0297] Übrigens sind Beispiele der Charakteristiken der Initialisierung und der Not-Entmagnetisierung in dieser Figur gezeigt. In dem Fall der Not-Entmagnetisierung wird nämlich ein elektrischer Strom, der zum Steuern des Heizers verwendet wird, so dass die Temperatur auf einen Wert erhöht wird, bei dem das Magnetfeld innerhalb einer Minute verschwindet, als ir_1 ausgewählt. Ferner wird in dem Fall der Initialisierung ein elektrischer Strom, der zum Steuern des Heizers verwendet wird, so dass die Temperatur auf einen Wert erhöht wird, bei dem das Magnetfeld innerhalb einiger Minuten verschwindet, als ir_1 ausgewählt.

[0298] Wie oben beschrieben, können in Übereinstimmung mit dieser Vorrichtung das vorher genannte Problem, die durch diese Vorrichtung zu lösen sind, durch Bestimmen des Widerstandes der Widerstände des Heizers, der in der Temperatur-Justiereinrichtung bereitgestellt ist, im Zusammenhang mit den Magnetisierungsbedingungen gelöst werden.

[0299] Als Nächstes wird nachstehend die Stromverteilung in einem Zylinder, nachdem er in dem Fall des Durchführens der Induktions-Magnetisierung davon magnetisiert wurde, beschrieben. **Fig. 29** zeigt die Anordnung des Zylinders, einer Magnetisierungsspule Cex und einer Magnetfeld-anzeigenden-Vorrichtung. Der Zylinder hat eine Gesamtlänge L von 100 mm und ist 100 mm im Innendurchmesser und ist 1 mm in der Dicke. **Fig. 28** zeigt die Verteilung der

Dauerströme in jedem Teil des Zylinders, die durch eine Berechnung von Verteilungswerten (gemessen durch Verwenden eines Hall-Elements) des magnetisierenden Magnetfeldes in jedem Teil davon erlangt wurde. In **Fig. 28** stellt die Achse der Abszisse eine Position entlang der Richtung der Zentralachse des Zylinders dar; die Achse der Ordinate den Wert einer Dauerstromdichte eines Dauerstromes an jeder Position, der in der Umfangsrichtung des Zylinders fließt. Die durchgezogene Linie zeigt die ermittelte Dauerstromdichteverteilung an, die Anteile mit hoher Dichte an den Randbereichen davon hat.

[0300] Übrigens sind manchmal Randbereichs-Heizer, die insbesondere zum Regulieren der Magnetisierungswerte an den Randbereichen bestimmt sind, zu dem Zylinder hinzugefügt, um die Dauerstromdichte über den gesamten Zylinder, was die Randbereiche einschließt, gleichförmig zu machen, indem der Wert mit hoher Dichte an diesen Randbereichen auf einen Wert, der in einer bestimmten Zielzone enthalten ist, oder auf einen Wert, der kleiner ist als ein bestimmter Wert, der an einer anderen Position in dem Zylinder erlangt wird, eingestellt wird.

[0301] Die in diesem Fall durch den Heizer regulierte Temperatur sollte innerhalb eines Intervalls sein, in der der Zylinder nicht die supraleitenden Eigenschaften verliert. In dem Fall der Charakteristiken des Zylinders sinkt nach dem Regulieren der Magnetisierung, dem Gesetz folgend, dass die Gesamtsumme der Anzahl von Magnetflüssen in einem Zylinder konstant ist, die Anzahl von Magnetflüssen in dem Gesamtzylinder kaum.

[0302] Dadurch wird eine Absenkung in den Magnetflüssen kompensiert, die in inneren Teilen auftritt, die jeweils nahe an beiden Randbereichen der Zylinder sind. In **Fig. 28** sind Beispiele der Dauerstromverteilung nach dem Regulieren der Magnetisierung jeweils durch eine Punkt-Punkt-Strich-Linie bzw. eine gestrichelte Linie dargestellt. Die durch die Punkt-Punkt-Strich-Linie dargestellte Verteilung wird durch leichtes Absenken der Werte mit hoher Dichte an den Randbereichen der Zylinder erlangt, um dadurch die Variationsbreite der Dauerstromdichte zu reduzieren. Im Gegensatz dazu wird die durch die gestrichelte Linie dargestellte Verteilung durch Absenken der Werte mit hoher Dichte an den Randbereichen der Zylinder erlangt, um dadurch den zentralen Gleichform-Stromdichtebereich auszudehnen.

[0303] Als ein Beispiel der Konfiguration des Zylinders zum Regulieren der Temperatur an den Randbereichen davon mit einer besserer Genauigkeit, ist eine Konfiguration ausgedacht, in der ein Zylinder geteilt ist und Zylinder zum ausschließlichen Verwenden an Randbereichen des Zylinders jeweils an den Randbereichen davon hinzugefügt sind. Solche Zylinder sind in **Fig. 30** gezeigt. An beiden Randbereichen des Zylinders ML_1 , sind Zylinder ML_1' zum ausschließlichen Verwenden an Randbereichen an beiden Randbereichen davon angeordnet. Ferner sind jeweils Temperaturregulierungsheizer an diese Zylinder

der ML'1 angeordnet.

[0304] Ferner kann der Zylinder zum ausschließlichen Verwenden an dem Randbereich anstatt aus einem Einzel-Zylinder durch eine Mehrzahl von gestapelten ringförmigen Scheiben gebildet sein. Der Zylinder ML'2 zum ausschließlichen Verwenden an dem Randbereich ist, wie in **Fig. 31(B)** dargestellt, durch eine Mehrzahl von gestapelten ringförmigen Scheiben gebildet, wovon jede aus einem supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterial hergestellt ist, dass 1 mm in der Dicke ist. Es ist unnötig zu sagen, dass Temperaturregulierungsheizer an dem Zylinder ML'2 angeordnet sind, die jeweils, wie in **Fig. 31(A)** gezeigt, an beide Randbereiche des Zylinders ML2 anzuordnen sind.

[0305] Ferner kann die Dauerstromdichteverteilung des Dauerstrom, der in den Zylinder fließt, mittels Anordnens der Magnetisierungsspule Cex geändert werden. Der an den Randbereichen der Zylinder konzentrierte Dauerstrom tritt, im Prinzip, mit einer größten Dichte in dem Fall auf, dass der Zylinder in einem parallelen Magnetfeld magnetisiert wird, dessen Richtung parallel zu der Längsrichtung des Zylinders ist und dessen Länge genügend länger ist, als die des Zylinders. Das ist weil der Dauerstrom in den Randbereichen bis zur Obergrenze des Magnetfeldes B des Zylinders auf solch eine Weise konzentriert fließt, um das magnetisierende Magnetfeld beizubehalten, so dass das Magnetfeld innerhalb des Zylinders, der von den zylinderförmigen Flächen eingeschlossen ist, nicht geändert ist.

[0306] Dadurch kann in dem Fall, dass das Magnetfeld an den Randbereichen eines Zylinders durch ein Magnetfeld kompensiert wird, das durch einen anderen Zylinder erzeugt wird, oder alternativ in dem Fall, dass die Magnetisierung durch Setzen der Länge L2 der Magnetisierungsspule Cex auf einen kürzeren Wert als die Länge L1 des Zylinders ML1, wie in **Fig. 32(B)** dargestellt, durchgeführt wird, der Magnetisierungsstrom vom Konzentrieren an den Randbereichen des Zylinders ML1 abgehalten werden (in dem Fall der Anordnung in der $L2 > L1$ ist, wird, wie in **Fig. 32(A)** dargestellt, die Konzentration des Magnetisierungsstromes auf die Randbereiche des Zylinders begünstigt).

[0307] **Fig. 33** zeigt ein praktisches Beispiel der supraleitenden Vorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs, in der die Heizer jeweils zum ausschließlichen Verwenden an den Randbereichen des Zylinders dort angeordnet sind. Im Vergleich zu dem Aufbau in **Fig. 26**, ist die Vorrichtung aus dieser Figur durch Hinzufügen von Widerständen r11, r12 bis r42, r'11 und r'12 bis r'42 der Heizer zum ausschließlich Verwenden an den Randbereichen aufgebaut. Diese Widerstände sind in Reihe gekoppelt, so dass ein Regulierungsstrom ir2 dazu von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 eingeleitet wird.

[0308] Die vorher genannte partielle Regulierung ist nicht die unvermeidbare Bedingung. Ferner ist, wenn der in dem Zylinder fließende Dauerstrom in einem

Abschnitt des Zylinders so gleichmäßig wie möglich verteilt ist, der Potentialgradient pro Einheitslänge darin gleichmäßig und die Änderung in dem Dauerstrom mit Verlauf der Zeit wird über den gesamten Zylinder gleichförmig gemacht. Das ist dadurch zum Stabilisieren der Magnetfeldstärke und der magnetischen Homogenität über eine lange Zeitperiode sinnvoll.

[0309] Als Nächstes ist in **Fig. 35** die grundlegende Konfiguration dargestellt, wenn man die supraleitende Magnetvorrichtung des Vertikal-Magnetfeld-Typs, in dem die Zylinder einander gegenüberzuliegen angeordnet sind, und der Platz zwischen beiden Zylindern als ein Magnetfeld voraussetzt. Wie in **Fig. 35** dargestellt, sind ein Doppelzylinder (1), der aus Zylinder ML21 und ML31 zusammengesetzt ist und ein anderer Doppelzylinder (2), der aus Zylinder ML22 und ML32 zusammengesetzt ist, auf solch eine Weise angeordnet, dass sie koaxial zueinander sind, indem sie die Zentralachse A von jedem der Doppelzylinder als die gemeinsame Zentralachse haben und dass sie sich gegenüberliegen, indem eine Linie B als Zentrallinie festgelegt ist. Dadurch wird eine Kombination der zwei Doppelzylinder ausgebildet. Die Zylinder ML21 und ML22 sind 100 mm im Innendurchmesser und sind 43,5 mm in der Länge; und die Zylinder sind 80 mm im Innendurchmesser und 43,5 mm in der Länge. Der Abstand zwischen den zwei Doppelzylindern ist 40 mm. Nach gemeinsamer Magnetisierung wird durch Ändern des Magnetisierungsgrades von jedem der beiden, wie in **Fig. 35** dargestellten, angeordneten Doppelzylinder, eine Änderung der Stärke des Magnetfelds an dem Mittelpunkt A'o zwischen den Doppelzylindern der vorher genannten Kombination gemessen. Ferner wird, nachdem gemeinsam magnetisiert wurde, eine Änderung der Stärke des Magnetfelds an dem Mittelpunkt Ao des Doppelzylinders (1) weiter gemessen, indem nur der Magnetisierungsgrad des Doppelzylinders (1) geändert wird, der aus den Zylindern ML21 und ML31 besteht.

[0310] **Fig. 34** zeigt Ergebnisse der Messung in jedem dieser Fälle. In **Fig. 34** stellt die Achse der Abszisse den Magnetisierungsgrad dar; und die Achse der Ordinate die Magnetfeldvariationsrate. Eine durchgezogene Linie zeigt Werte an, die an dem Mittelpunkt A0 des Doppelzylinders (1) gemessen wurden; eine Punkt-Punkt-Strichlinie die Werte, die an dem Mittelpunkt A'0 zwischen den Doppelzylindern der Kombination gemessen wurden. Ferner wurde die in dieser Figur dargestellte Magnetfeldvariationsrate (ppm/hr) erlangt, als eine Zeitperiode von $6 \cdot 10^5$ Sekunden nach der Magnetisierung abgelaufen war.

[0311] Die Magnetfeldstärke des Zylinders schwächt sich mit Verlauf der Zeit in jedem dieser Fälle ab. Zuerst wird, wenn der Magnetisierungsgrad 100% ist, annähernd der gleiche Wert (ungefähr 75 ppm/hr) des Abschwächungsfaktors in jedem der Fälle gezeigt. Jedoch ist in einem Bereich, in dem der Magnetisierungsgrad klein ist, die Magnetfeldvariati-

onsrate in dem Fall der Kombination der zwei Doppelzylinder kleiner als diejenige in dem Fall des Doppelzylinders (1). Der Unterschied in dem Magnetisierungsgrad dazwischen ist äußerst klar in einer Zone angezeigt, in der der Magnetisierungsgrad 70 bis 90% ist. Dieses Ergebnis zeigt, dass der Abschwächungsfaktor des magnetisierten Magnetfeldes des Zylinders in dem Fall des Anordnens der Zylinder auf solch eine Weise, wie in dem Fall der zwei Doppelzylinder in der vorher genannten Kombination, dass sie einander gegenüberliegen, kleiner wird, als in dem Fall des Doppelzylinders (1). Dieses Ergebnis zeigt nämlich, dass der Abschwächungsfaktor des magnetisierten Magnetfeldes durch Anordnen der Zylinder auf solch eine Weise, dass sie sich gegenüberliegen, verbessert wird.

[0312] **Fig. 36** zeigt eine Makroanalyse der vorher genannten Ergebnisse durch Verwenden des Bean-Modelles. **Fig. 36(A)** stellt die Makroanalyse in dem Fall, dass der Magnetisierungsgrad 100% ist, dar. In diesem Fall gibt es, wie aus der Figur gesehen werden kann, keine Ränder für die Dauerstromdichteverteilung und die Magnetflussdichteverteilung. Daher verursacht eine Änderung (oder Reduzierung) in der Dauerstromdichteverteilung sofort eine Variation (oder Abschwächung) in der Magnetflussdichteverteilung. Daher ist die Variation in diesem Magnetfeld als die Variation in dem Magnetfeld an dem Punkt A0 in dem Zylinder bekannt. **Fig. 36(B)** stellt die Makroanalyse in dem Fall dar, dass der Magnetisierungsgrad 67% ist. In diesem Fall gibt es, wie aus der Figur gesehen werden kann, dafür Ränder von 33%. Dadurch präsentiert sich eine kleine Abschwächung in der Magnetflussdichteverteilung nicht als eine Abschwächung in dem Magnetfeld an dem Punkt A0 in dem Zylinder, da ein Randbereich in einem Abschnitt des Zylinders, die frühere leichte Abschwächung des Magnetfeldes kompensiert. Ferner tritt in dem Fall von **Fig. 36(C)**, in der der Magnetisierungsgrad 39% ist und ferner größere Ränder (61%) geschaffen sind, eine Abschwächung in dem Magnetfeld an dem Punkt A0 nicht für eine lange Zeitperiode auf, die länger ist verglichen mit dem Fall von **Fig. 36(B)**.

[0313] **Fig. 37** zeigt die Magnetflussverteilungen sowohl in dem Fall der Kombination der zwei Doppelzylinder als auch in dem Fall des Doppelzylinders (1) mit der Absicht, den Unterschied in der Magnetisierung dazwischen zu beschreiben. In dieser Figur ist ein Magnetfluss $\Phi 1$ als der definiert, der durch beide Doppelzylinder (1) und (2) hindurchgetreten ist; und ein Magnetfluss $\Phi 2$ als der definiert, der nur durch einen der Doppelzylinder (1) und (2) durchgetreten ist, aber nicht durch den anderen davon durchgetreten ist. Unter diesen Magnetflüssen ist der Magnetfluss $\Phi 1$ aus Magnetflüssen zusammengesetzt, die durch die Abschnitte der zwei Doppelzylinder eingefangen sind, so dass ein Betrag der Abschwächung darin, im Vergleich zu dem Fall des Verwendens des Magnetflusses, der nur durch einen Doppelzylinder durchgetreten ist, aufgrund der Tatsache beträchtlich redu-

ziert ist, dass, sogar wenn das Magnetfeld, das zu einem der Doppelzylinder, der Ränder hat, korrespondiert, abgeschwächt ist, das Magnetfeld, das zu dem anderen Doppelzylinder korrespondiert, diese Abschwächung kompensiert. Daher sind die Abschwächungscharakteristiken so, dass der abgeschwächte Wert bis zu den Fall kompensiert wird, in dem der Magnetisierungsgrad in der Nähe von 100% ist. Der Magnetfluss $\Phi 2$ beeinflusst die Magnetfeldverteilung an einem Punkt A'0. Jedoch präsentiert der Magnetfluss $\Phi 2$, die Magnetfeldabschwächung betreffend, ein Abschwächungsmuster gemäß der Abschwächungscharakteristik von jedem der Doppelzylinder.

[0314] Das vorher genannte Phänomen, das die Abschwächung in dem Magnetfeld betrifft, hat nicht nur Effekte in der supraleitenden Magnetvorrichtung, in der die Zylinder angeordnet sind, einander gegenüber zu liegen, sondern hat ähnliche Effekte in der supraleitenden Magnetvorrichtung, in der Zylinder koaxial entlang der Zentralachse angeordnet sind. Übrigens betrifft dieses Phänomen die Kompensation der Abschwächung für einen Gesamtbetrag der Magnetflüsse in einem Abschnitt eines Zylinders. Genau gesagt variiert daher eine Verteilung der Magnetfeldstärke, nämlich die Verteilung, die allgemein als eine Magnetfeldverteilung bezeichnet wird, da die räumliche Koordinate, an der die Abschwächung in dem Magnetfeld kompensiert ist, die gleiche wie die Koordinate ist, die vor der Abschwächung darin verwendet wurde.

[0315] Dadurch ist es in der Minimierung der Variation in der Magnetfeldverteilung wirksam, das geteilte, getrennte und einzelne Magnetisierungsverfahren durch das Teilen der Zylinder durch n in der Richtung der Dicke und das Bereitstellen jedes der n Teilzylinder mit einem Rand und das Magnetisieren von jedem der Teilzylinder durchzuführen. In diesem Fall wird die Abschwächung in dem Magnetfeld gleichzeitig in jedem der n Teilzylinder verursacht. Dadurch wird die Zeitperiode zum Kompensieren der Abschwächung in dem Magnetfeld verkürzt und ist gleich $(1/n)$ von derjenigen in dem Fall der gemeinsamen Magnetisierung der Zylinder.

[0316] Im Gegensatz dazu ist im Fall der gemeinsamen Magnetisierung der Zylinder die Zeitperiode zum Kompensieren der Abschwächung in dem Magnetfeld n -mal, der in dem Fall der geteilten, getrennten und einzelnen Magnetisierung, wie oben beschrieben, wobei die räumlichen Koordinaten zum Erzeugen eines Magnetfelds um einen Betrag verschoben sind, der größer ist als in dem Fall der geteilten, getrennten und einzelnen Magnetisierung. Dadurch wird die Änderung in der Magnetflussverteilung aufgrund der großen Verschiebung der Koordinaten erhöht. Folglich wird sogar in dem Fall, dass der Magnetisierungsgrad von jedem der Zylinder durch Einschließen eines Versorgungskreises in die Überlegung bestimmt wird, und dass die Abschwächung in dem Magnetfeld gesetzt ist, so dass sie innerhalb eines Zielwertes liegt, manchmal nur ein unzulängli-

ches Magnetfeld erlangt. Nachfolgend wird ein Verfahren zum Kompensieren der Abschwächung in dem Magnetfeld in solch einem Fall beschrieben.

[0317] **Fig. 38(A)** ist ein Diagramm zum Darstellen eines Magnetisierungsverfahrens bei dem eine Variation in der Magnetfeldverteilung mit Verlauf der Zeit klein ist. Im Vergleich mit dem Aufbau in **Fig. 37**, wird die Konfiguration dieser Figur durch Hinzufügen einer Scheibe ML4-3 zu der Stirnfläche von jedem der Doppelzylinder (1) und (2) erlangt. **Fig. 38(B)** bis **38(D)** zeigen die detaillierte Struktur dieser Scheibe ML4-3. Die vorher genannte Scheibe ML4-3 korrespondiert zu dem vorher genannten Magnetfluss $\Phi 2$. Wie in **Fig. 38(B)** und **38(C)** gezeigt, hat diese Scheibe die folgende Struktur. Diese Scheibe hat nämlich eine Zentralbohrung und ist daher wie ein Ring gebildet. Der Außendurchmesser dieser Scheibe ist festgesetzt, um zu dem Außendurchmesser von jedem der Zylinder ML21 und ML22 gleich zu sein. Ferner ist der Bohrungsdurchmesser dieser Scheibe festgesetzt, kleiner zu sein als der Außendurchmesser des Gleichform-Magnetfeldbereichs (FOV) (übrigens ist es nicht immer notwendig, diese Zentralbohrung in dieser Scheibe zu bilden). Wie in **Fig. 38(B)** gezeigt, sind vier Heizer (H34a bis H34d) in dieser Scheibe angeordnet. Die Heizer H34a bis H34d sind, wie in **Fig. 38(D)** dargestellt, in Reihe gekoppelt und sind von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 (nicht gezeigt) mit einem Regulierungsstrom ir_4 versorgt.

[0318] Wenn die Kombination der Zylinder wie in **Fig. 38** dargestellt konfiguriert ist, treten die meisten der primären Magnetflüsse, die ein Magnetfeld des Gleichform-Magnetfeldbereichs FOV ausbilden, der zu einem verwendeten Bereich korrespondiert, durch die Scheibe ML4-3 hindurch. Um den meisten der Magnetflüsse $\Phi 1$ und $\Phi 2$ zu erlauben, durch die Scheibe ML4-3 hindurchzutreten, wird die Temperatur der Scheibe ML4-3 durch Synchronisieren der in der Scheibe ML4-3 angeordneten Heizer mit dem Magnetisierungsregulierungsprozess reguliert.

[0319] **Fig. 39** stellt ein Beispiel der Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs dar, an dem das in **Fig. 38** dargestellte Magnetisierungsverfahren angewendet wird.

[0320] Wie in **Fig. 39** dargestellt, ist ein Zylinder ML4-1, der länger ist als die Länge der Anordnung Lc1-3 einer Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C'1 bis C'4, an der Innenumfangsseite der Gruppe der Zylinder angeordnet. Daher ist die Vorrichtung eingerichtet, um hauptsächlich dem Magnetfluss $\Phi 2$ zu erlauben, durch den Zylinder ML4-1 hindurch zu treten. Ferner werden, wenn es nötig ist, den Magnetfluss $\Phi 1$ hindurchtreten zu lassen, die Scheiben ML4-2L und ML4-2R jeweils an beiden Seiten des Zylinders ML4-1 in solch einer Weise bereitgestellt, um dem Außenumfang des Zylinders ML4-1 nahe zu sein, wodurch es hauptsächlich dem Magnetfluss $\Phi 1$ ermöglicht wird, dort hindurchzutreten.

[0321] **Fig. 40(A)**, **40(B)** und **40(C)** stellen nur die Konfiguration des hinzugefügten Zylinders ML4-1 und der Scheiben ML4-2L und ML4-2R dar. **Fig. 40(A)** ist eine Seitenansicht (einer Hälfte) dieses Zylinders; **Fig. 40(B)** ist eine Schnittansicht des gesamten Zylinders; und **Fig. 40(C)** ist ein Diagramm, das darstellt, wie die Heizer, die an dem Zylinder ML4-1 und den Scheiben ML4-2L und ML4-2R befestigt sind, miteinander gekoppelt sind. In diesem Ausführungsbeispiel sind, ähnlich wie in dem Fall des Ausführungsbeispiels von **Fig. 38(D)**, die Heizer H42a bis H42d in dem Zylinder und den Scheiben angeordnet und die Widerstände der Heizer sind in Reihe gekoppelt und der Regulierungsstrom ir_4 wird von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 (nicht gezeigt) daran gelassen. Ferner wird die Temperatur des Zylinders und der Scheiben reguliert indem diese Heizer in Synchronisation mit dem Prozess der Regulierung der Magnetisierung der Zylinder C1 bis C4 und C'1 bis C'4 verwendet werden. Infolgedessen tritt der Magnetfluss $\Phi 2$ durch den Zylinder ML4-1 hindurch und der Magnetfluss $\Phi 1$ tritt durch die Scheiben ML4-2L und ML4-2R hindurch.

[0322] **Fig. 41** stellt die Beziehung zwischen dem Temperaturregulierungsvorgang, dem Magnetisierungsvorgang und dem Regulierungsvorgang nach der Magnetisierung dar. **Fig. 41(X1)** zeigt ein Zeitdiagramm, das den Temperaturregulierungsvorgang darstellt; **Fig. 41(X2)** ein Zeitdiagramm, das den Magnetisierungsvorgang (einschließlich einer Initialisierungsprozedur) darstellt; und **Fig. 41(X3)** ein Zeitdiagramm, das den Vorgang der Regulierung des Magnetisierungswertes darstellt. Zuerst wird, wie in **Fig. 41(X1)** dargestellt, die Temperatur der Heizer zum Regulieren des Zylinders ML4-1 und der Scheiben ML4-2L und ML4-2R während des genannten Magnetisierungsvorgangs und des Regulierungsvorgangs erhöht und hält daher den vorher genannten Zylinder und die Scheiben in einem Zustand, in dem der Zylinder und die Scheiben die normalleitenden Eigenschaften zeigen. Der Einfluss der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C'1 bis C'4 auf den Magnetisierungsvorgang und den Regulierungsvorgang ist ausgeschlossen, indem der Zylinder und die Scheiben die supraleitenden Eigenschaften auf diese Weise verlieren. Wie in **Fig. 41(X1)** gezeigt, wird die Temperatur des Heizers zum Regulieren der Temperatur auf einen Punkt a erhöht. Danach wird ein Magnetisierungsvorgang der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C'1 bis C'4 von einem Punkt b bis zu einem Punkt c der **Fig. 41(X2)** durchgeführt. Ferner wird ein Regulierungsvorgang des Magnetisierungswertes von einem Punkt d bis zu einem Punkt e in **Fig. 41(X3)** durchgeführt. Nach Vervollständigung dieser Vorgänge wird ein Steuerstrom für jeden dieser Heizer von einem Punkt f in **Fig. 41(X1)** unterbrochen. Ferner werden der Zylinder und die Scheiben gekühlt und dann in einen Zustand gebracht, in dem der Zylinder und die Scheiben supraleitende Eigenschaften zeigen. Dadurch wird die Vorrichtung einge-

richtet, so dass die Magnetflüsse des Gleichform-Magnetfeldbereichs FOV nach Regulierung der Magnetisierung durch den Zylinder ML4-1 und die Scheiben ML4-2L und ML4-2R treten.

[0323] Wie oben beschrieben, wird, wenn eine Variation in dem Magnetfeld in dem Gleichform-Magnetfeldbereichs FOV aufgrund einiger Faktoren in einem Zustand auftritt, in dem es den Magnetflüssen des Gleichform-Magnetfeldbereichs FOV erlaubt ist, durch den Zylinder ML4-1 und die Scheiben ML4-2L und ML4-2R hindurch zu treten, ein Vorgang des Kompensierens der Variation in dem Magnetfeld in den räumlichen Koordinaten des Zylinders ML4-1 und der Scheiben ML4-2L und ML4-2R, durch die die vorher genannten Magnetflüsse treten, durchgeführt. Als ein Ergebnis kann auch eine Variation einer Magnetfeldverteilung, die aus der Abschwächung des Magnetfeldes der Gruppe der Zylinder resultiert, die als ein Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel dienen, kompensiert werden.

[0324] Ferner führt die vorher genannte Konfiguration von **Fig. 39** einen Vorgang zum Schützen der Magnetfeldstärke und der Magnetfeldverteilung des Gleichform-Magnetfeldbereichs FOV gegen die Störmagnetfelder aufgrund der Installationsumgebung durch und realisiert dadurch die Funktion des Absorbierens des Einflusses des Störmagnetfeldes.

[0325] Die vorher genannte supraleitende Magnetvorrichtung ist am geeignetsten für einen Analysator und eine Magnetresonanz-Abbildungsvorrichtung, an die eine Kernmagnetresonanzphänomene zeigende Charakteristik, wie zum Beispiel die Magnetfeldverteilung und die Abschwächung des Magnetfeldes, als wichtige Charakteristiken, angewendet ist.

[0326] Supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien, die in einer supraleitenden Magnetvorrichtung der Erfindung verwendet werden, zeigen supraleitende Eigenschaften, die gemäß den Herstellungsverfahren unterschiedlich sind. Dadurch sind, wenn die supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterialien auf die supraleitenden Magnetvorrichtung angewendet werden, verschiedene Vorrichtungen nötig. Nachstehend wird ein Ausführungsbeispiel eines supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterials beschrieben.

[0327] Im Allgemeinen wird das Umarbeiten in der Richtung der Dicke des supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterials durch einen Walzprozess durchgeführt. Dadurch ist, wenn es magnetisiert wird, die Dauerstromdichte J_c in einer Walzrichtung unterschiedlich von der in einer Richtung senkrecht zu der Walzrichtung. **Fig. 42** zeigt ein Beispiel des tatsächlich gemessenen Wertes. **Fig. 42(A)** stellt die Beziehung zwischen dem Magnetisierungswert B und dem Dauerstromdichtewert J_c nach der Magnetisierung dar. **Fig. 42(B)** zeigt die Beziehung zwischen der Walzrichtung und der Magnetisierungsrichtung. In **Fig. 42(A)** repräsentiert die Achse der Abszisse den Magnetisierungswert B (T); und die Achse der Ordinate repräsentiert den Dauerstromdichtewert J_c

(A/mm²) dar. In dieser Figur bezeichnen weiße Kreise Daten, die den Wert eines parallel zu der Walzrichtung fließenden elektrischen Stromes repräsentieren und schwarze Kreise bezeichnen Daten, die den Wert eines senkrecht zu der Walzrichtung fließenden elektrischen Stromes repräsentieren. Wenn sie miteinander verglichen werden, ist mit Bezug zu dem gleichen Magnetisierungswert B der Wert des in der Richtung senkrecht zu der Walzrichtung fließenden Stromes größer als der des anderen Stromes.

[0328] In dem Fall, dass ein Zylinder aus einem supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterial hergestellt ist, werden beide der vorher genannten Eigenschaften abwechselnd in der Umfangsrichtung des Zylinders gezeigt. Dieses Phänomen tritt aufgrund der Form der Verunreinigung Ti- α auf, das auf der Fläche von NbTi vorhanden ist, das ein Material der supraleitenden Verbundstruktur-Platte ist. Daher ist es schwierig, das Auftreten dieser Phänomene zu verhindern, auch wenn es aufgrund einer Variation in dem Walzvorgang eine Variation in den Werten der Eigenschaften gibt, als ein Ergebnis der Tatsache, dass die supraleitende Verbundstruktur-Platte den Walzvorgang durchläuft. Jedoch tritt dieses Phänomen an der Umfangsfläche des Zylinders auf. Dadurch wird, in dem Fall des Durchführens der Induktions-Magnetisierung dieses Zylinders, die Magnetisierung in der Richtung parallel zur Walzrichtung vervollständigt. Wenn die Beziehung zwischen der Walzrichtung und dem Wert des Stromes durch Verwenden des charakteristischen Diagramms von **Fig. 42(A)** angewendet wird und die Magnetisierung auf solch eine Weise vervollständigt ist, um den Magnetisierungswert $B = 2T$ zu haben, einen Magnetisierungsstrom korrespondierend zu einem Punkt (X1) auf der Umfangsrichtung. Im Gegensatz dazu wird ein Magnetisierungsstrom, der in der Richtung senkrecht zu der Walzrichtung fließt, ein Strom, der zu einem Punkt (X3) korrespondiert, dessen Wert größer ist als jener an dem Punkt (X2), so dass ein ausreichender Rand dort bereitgestellt ist. Umgekehrt fließt, wenn die Magnetisierung auf solch eine Weise vervollständigt wird, um den Magnetisierungswert $B = 4T$ in einer Richtung senkrecht zu der Walzrichtung zu haben, ein Magnetisierungsstrom, der zu einem Punkt (X2) auf dem Zylinderumfang korrespondiert. Ferner korrespondiert ein Magnetisierungsstrom, der in einer Richtung parallel zu der Walzrichtung fließt, zu einem Punkt (X4), dessen Wert kleiner ist als der Wert an dem Punkt (X2). Daher übersteigt, falls das magnetisierende Magnetfeld nicht verringert wird, der Magnetisierungsstrom, der auf der Umfangsfläche des Zylinders fließt, die kritische Stromdichte J_c .

[0329] In diesem Fall gibt es, als die Umfangsrichtungen des Zylinders, zwei Richtungen parallel zu der Walzrichtung. Ferner gibt es zwei Richtungen senkrecht zu der Walzrichtung. Daher variiert indem Fall, in dem ein Dauerstrom in der Umfangsrichtung des Zylinders fließt, der kritische Stromdichtewert J_c mit

der Position in der Umfangsrichtung. Dadurch variiert das Verhältnis (korrespondierend zu dem Magnetisierungsgrad) zwischen dem Dauerstrom und dem kritischen Strom mit jedem der Punkte. Als ein Ergebnis variiert der Einfluss des Dauerstromes auf die Abschwächung des Magnetfeldes mit jedem Punkt in der Umfangsrichtung. Folglich variiert die Magnetfeldverteilung.

[0330] Vorrichtung zum Verbessern der Konfiguration des Zylinders oder der Scheibe, um die Charakteristiken auf der Umfangsfläche des Zylinders oder der Scheibe so viel wie möglich gleichförmig zu machen, aus den oben genannten Bedingungen. **Fig. 43** und **44** stellen praktische Beispiele dieser Vorrichtung dar. **Fig. 43** zeigt eine Anwendung dieser Vorrichtung auf einen Zylinder. **Fig. 44** zeigt eine Anwendung dieser Vorrichtung auf eine Scheibe. Wie in **Fig. 43** gezeigt, ist der gesamte Zylinder aus vier zylinderförmigen Körpern zusammengesetzt, deren Walzrichtungen voneinander verschieden sind. **Fig. 43(A)** zeigt einen Längsschnitt des gesamten Zylinders. **Fig. 43(B)** ist ein Diagramm, das die Walzrichtung zeigt, in die eine supraleitende Verbindungsplatte, die jede der vier zylinderförmigen Körper bildet, gewalzt ist. Wie in dieser Figur gezeigt, ist der Gesamtzylinder durch eine Kombination von vier zylinderförmigen Körpern MLa bis MLd gebildet. Die Walzrichtungen der supraleitenden Verbundstruktur-Platten, die jeden der vier zylinderförmigen Körper bilden, sind in 45°-Intervallen gesetzt. Die Umfangsrichtung des zylinderförmigen Körpers MLa ist nämlich parallel zu der Walzrichtung davon. Ferner ist die Umfangsrichtung des zylinderförmigen Körpers MLb um 45° zu der Walzrichtung gedreht. Ähnlich ist die Umfangsrichtung des zylinderförmigen Körpers MLc um 90° gedreht. Ferner ist die Umfangsrichtung des zylinderförmigen Körpers MLd ähnlich um 135° gedreht. Mit dieser Konfiguration werden vier zylinderförmige Körper, deren Walzrichtungen voneinander verschieden sind gestapelt. Äquivalent ist die Gesamtcharakteristik der Umfangsrichtung des Gesamtzylinders gleichförmig gemacht.

[0331] Wie in **Fig. 44** gezeigt, ist die Gesamtscheibe aus vier scheibenförmigen Körpern zusammengesetzt, deren Walzrichtungen voneinander verschieden sind, ähnlich wie in dem Fall des Gesamtzylinders. **Fig. 44(A)** ist eine Draufsicht der Gesamtscheibe. **Fig. 44(B)** ist ein Querschnitt davon. Die Walzrichtungen der scheibenförmigen Körper, die die Gesamtscheibe bilden sind in 45°-Intervallen festgesetzt. Die Walzrichtungen der scheibenförmigen Körper MLb, MLc und MLd sind jeweils um 45°, 90° und 135° im Bezug zu dem scheibenförmigen Körper MLa gedreht. In diesem Fall ist die Gesamtscheibe äquivalent zu der Gesamtscheibe, die durch Stapeln einer Scheibeneinheit von vier scheibenförmigen Körpern MLa erlangt wird, die jeweils um 0°, 45°, 90° und 135° gedreht sind. Mit solch einem Aufbau kann die Scheibe Effekte erlangen, die ähnlich zu jenen in dem Fall der **Fig. 43** sind.

[0332] Wenn man die genannten zylinderförmigen Körper oder scheibenförmigen Körper MLa bis MLd herstellt, kann das Verfahren der Durchführung des Umarbeitens der n Stücke von Platten durch Ändern der Walzrichtung von jeder der Platten und Stapeln der Platten in der Richtung der Dicke auf solch eine Weise, um einstückig damit zu sein, das unvermeidbare charakteristische Problem im Herstellen der Teile leichter lösen als das Verfahren der Herstellung der zylinderförmigen Körper oder scheibenförmigen Körper mittels einer einzelnen supraleitenden Verbundstruktur-Platte.

[0333] In der vorangegangenen Beschreibung wurden Ergebnisse der Magnetisierung, der Prinzipien eines Regulierungsverfahren der Führung des Magnetisierungswertes auf einen Endzielwert, der Abschwächung des Magnetfeldes nach der Magnetisierung und ein Magnetfeldkompensierungsverfahren in dem Magnetisierungs/Regulierungsprozess des Initialisierungsprozesses und die Mittel zum Abschwächen des Einflusses auf die Magnetfeldanalyse, die in dem supraleitenden Verbundstruktur-Platten-Verarbeitungsprozess erzeugt wird, detailliert beschrieben. Darunter wurde die Temperatur des Supraleiters durch Verwenden eines Heizers reguliert. Insbesondere ist es ein wichtiges Problem zur effektiven Anwendung der Heizer, die als Heizelemente dienen, wie die Temperatur-Justiereinrichtungen in dem Zylinder oder der Scheibe montiert sind. Ferner ist es auch ein wichtiges Problem, wie die Temperatur-Justiereinrichtung konfiguriert ist. Nachstehend werden Mittel zum Lösen dieses Problems beschrieben.

[0334] **Fig. 45** zeigt ein Beispiel des Anbringens der Temperatur-Justiervorrichtung im Zylinder. **Fig. 45(A)** stellt den Fall dar, dass die Temperatur-Justiervorrichtung über der gesamten Länge des Zylinders angeordnet ist. In dieser Figur ist eine der Gruppen der Zylinder C1 bis C4 und C'1 bis C'4 dargestellt (das ist das gleiche mit den folgenden Zeichnungen). Die Zylinder C1 bis C4 (C'1 bis C'4) sind aus Zylindern mit einer Mehrzahl von Schichten zusammengesetzt. Daher wird ein Vertiefungsbereich näherungsweise in einem Zentralteil davon ausgebildet. Ferner ist ein Heizer H1 in diesem Vertiefungsbereich eingebettet, so dass der Heizer H1, hergestellt ist, nahe an den Zylinder zu haften. Ferner sind die Zylinder C1 bis C4 (C'1 bis C'4) mittels des gesamten Umfangs des Heizers geheizt, der als ein Heizelement agiert. Ein Gleichstrom ir1 zum Regulieren der Temperatur wird an dem gleichen Platz Hin-und-Her-geführt, so dass der Einfluss des elektrischen Stromes ir1 nicht in den Zylindern C1 bis C4 (C'1 bis C'4) gelassen wird. Vorzugsweise werden Zuleitungen des Heizers H1 aus beiden Randbereichen der Zylinder C1 bis C4 (C'1 bis C'4) herausgeführt, um mit anderen Abschnitten der Vorrichtung gekoppelt zu werden.

[0335] **Fig. 45(B)** stellt den Fall dar, dass zwei Arten von Temperatur-Justiervorrichtungen zum Regulieren der Randflächen der Zylinder C1 bis C4 (C'1 bis C'4) angeordnet sind. Ferner ist der Heizer H1 in die

Zylinder C1 bis C4 (C1' bis C4') über die gesamte Länge davon eingebettet. Der Heizer ist nämlich ein eingebetteter Typ ähnlich zu jenem in dem Fall der **Fig. 45(A)**. Ferner sind Temperatur-Justiervorrichtungen zum Regulieren der Randbereiche an einem anderen Platz in der Richtung des Umfangs von jedem der Zylinder C1 bis C4 (C1' bis C4') eingebettet, als einem Platz, an dem der Heizer H1 angeordnet ist. Die Temperatur-Justiervorrichtungen zum Regulieren der Randbereiche sind zur Vereinfachung der Konstruktion von der gleichen Konfiguration wie der Heizer H1. Der Zentralteil davon ist nämlich durch einen supraleitenden Draht gebildet, an dessen beiden Enden Randbereichsheizer H2L und H2R gekoppelt sind. Diese Randbereichsheizer H2L und H2R sind in die Zylinder C1 bis C4 (C1' bis C4') auf die gleiche Weise wie der Heizer H1 eingebettet. Ferner sollte der Regulierungsstrom ir2 hergestellt sein um durch den gleichen Platz zum Hin-und-Herzulaufen und hindurchzutreten.

[0336] **Fig. 45(C)** stellt den Fall dar, dass jeder der Zylinder C1 bis C4 (C1' bis C4') in einen Zentralteil und zwei Randbereiche C1e bis C4e (C1e' bis C4e') geteilt ist, und dass eine Temperatur-Justiervorrichtung in jedem der Gesamtzylinder C1 bis C4 (C1' bis C4') angeordnet ist, und eine andere Temperatur-Justiervorrichtung in jedem der zwei Randbereiche C1e bis C4e (C1e' bis C4e') angeordnet ist. Der Heizer H1 ist in jedem der Gesamtzylinder C1 bis C4 (C1' bis C4') eingebettet, ähnlich wie in dem Fall von **Fig. 45(A)**. Ferner sind zwei Heizer H2L und H2R jeweils und einzeln in die zwei Randbereiche C1e bis C4e (C1e' bis C4e') eingebettet. Die Heizer H1, H2L und H2R sind an unterschiedlichen Plätzen in der Umfangsrichtung von jedem der Zylinder C1 bis C4 (C1' bis C4') eingebettet, ähnlich wie in dem Fall von **Fig. 45(B)**. In dem Fall von **Fig. 45(C)**, ist jeder der Heizer H2L und H2R auf solch eine Weise konfiguriert, um in einen korrespondierenden der Randbereiche C1e bis C4e (C1e' bis C4e') entlang der Längsrichtung davon zurückgefaltet und Hin-und-Her-geleitet zu werden. Ferner kann diese zurückgefaltete Heizerstruktur auf den Fall von **Fig. 45(B)** angewendet werden.

[0337] Als Nächstes werden nachstehend die in die Zylinder und Scheiben eingebetteten Temperatur-Justiervorrichtungen mit Bezug auf **Fig. 46** beschrieben. **Fig. 46** zeigt Ausführungsbeispiele der Temperatur-Justiervorrichtung. **Fig. 46(A)** zeigt die Konfiguration der Temperatur-Justiervorrichtung zum Heizen der Zylinder C1 bis C4 (C1' bis C4') über deren Gesamtlänge. Ein Widerstand wie ein Manganindraht ist nämlich in einer Kupfer- oder Aluminiumröhre als ein Heizer platziert. Ferner ist der Kabelschutz des Heizers selbst elektrisch isoliert und an beiden Enden davon mit Zuleitungen gekoppelt. Dieser Kabelschutz wird durch Füllen einer Aluminiumröhre mit einem Material zum Verbessern der Wärmeleitung, zum Beispiel ein Epoxidharz (1), in das Kupfer oder Aluminiumpulver gemischt ist und Festmachen des

Heizers im Zylinder aufgebaut. Heizerdrähte sind angeordnet, so dass zwei Drähte in der gleichen Position hinundherlaufen. Ferner wird ein Regulierungsstrom ir1 zum Fließen durch diese Heizerdrähte gebracht.

[0338] **Fig. 46(B)** stellt den Fall dar, dass die Heizer von **Fig. 46(A)**, die eine nötige Länge haben, an beiden Enden der Randbereiche angeordnet sind. In dem Zentralteil des Zylinders ist die Zuleitung durch Verdrehung eingebettet und ist mit den Heizern gekoppelt. Ähnlich wie in dem Fall von **Fig. 46(A)**, ist der Kabelschutz durch Füllen einer Kupfer- oder Aluminiumröhre mit einem Epoxidharz (1) erlangt. Ein Teil aus dem Zentralteil, in dem die Leitung angeordnet ist, ist mit einem Epoxidharzmaterial (2) gefüllt, das durch Imprägnieren von Glas oder Wolle, deren Wärmeleitung relativ schlecht ist, mit Epoxidharz erlangt wurde, während ein Teil, in dem der Heizer angeordnet ist, mit dem Epoxidharz (1) gefüllt ist.

[0339] **Fig. 46(C)** stellt den Fall dar, dass eine Manganplatte, deren Fläche isoliert ist, als ein Heizer verwendet wird und in einer flachen Röhre angeordnet ist, die aus Kupfer oder Aluminium hergestellt ist und mit einem Epoxidharz (1) gefüllt ist, um dadurch den Heizer zu befestigen.

[0340] Mit der Konfiguration der Temperatur-Justiervorrichtung, die in **Fig. 46** dargestellt, wird die Regulierung und die Behandlung vereinfacht. Ferner wird das Montieren und das Befestigen der Temperatur-Justiervorrichtungen vereinfacht. Obwohl die Konfiguration von **Fig. 46** Übersicherung zu bieten scheint, ist es erwartet, dass die Größe des Zylinders relativ groß ist. Ferner ist es, vom Sichtpunkt der Qualitätskontrolle aus, nicht angebracht, ungeschützte Heizer zu verwenden. Ferner ist in Anbetracht der Tatsache, dass der Heizer einer der wichtigsten Faktoren ist, um der supraleitenden Magnetvorrichtung zu Ermöglichen als ein Magnet zu Agieren, diese Konfiguration keinesfalls übersichert. Das Anbringen der Heizer in den Zylindern oder Scheiben ist durch Bohren eines Loches (vorzugsweise wird dieses Loch gleichzeitig mit dem gemeinsamen Umarbeiten des Zylinders oder der Scheibe gebildet), das an den Außenumfang der Temperatur-Justiervorrichtung angepasst ist und dann Anwenden eines Epoxidharzes (1) auf dem Außenumfangsabschnitt der Temperatur-Justiervorrichtung und ferner Einbetten der Temperatur-Justiervorrichtung in das Loch erlangt, um dadurch die Temperatur-Justiervorrichtung zu fixieren.

[0341] Als Nächstes wird nachstehend eine Sequenz von Magnetisierungs-Regulierungsvorgängen einer praktischen supraleitenden Magnetisierungs- vorrichtung beschrieben, die Zylinder und Scheiben verwendet, in denen die vorher genannten Temperatur-Justiervorrichtungen eingebaut sind. **Fig. 47** ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration der supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs darstellt und einen Satz von Instrumenten zum Regulieren der Magnetisierung. Wie in dieser Fi-

gur gezeigt, ist eine Haupteinheit SCM der supraleitenden Magnetvorrichtung zusammengesetzt aus: einer Gruppe von Zylindern C1 bis C3 und C1' bis C3'; Zylindern C4 und C4' zum Reduzieren des Verlustes des Magnetfeldes; einem Kühlmittelbehälter zum Umschließen dieser Zylinder und einem Supraleitungs-Kühlmittel; einer wärmeisolierenden Schicht; einem Kühler; und einem Kühlmittleinlass. Instrumente zum Regulieren der Magnetisierung sind eine Magnetisierungsspule Cex1; Magnetisierungsspulen Cex4 und Cex'4 zum Magnetisieren der Zylinder C4 und C4'; eine Magnetisierungs-Energieversorgung PS1; ein Magnetfeld-Messinstrument; eine Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2; und Kopplungen zum Einleiten der Energie in die Magnetisierungsspulen Cex4 und Cex'4. Ferner sind ein Zylinder ML4-1 und Scheiben ML4-2L und ML4-2R zum Vermeiden von Variation in der Magnetfeldverteilung am Innenumfangsbereich der Gruppe der Zylinder C1 bis C3 und C1' bis C3' angeordnet.

[0342] In der Konfiguration von **Fig. 47** wird ein Gleichform-Magnetfeld, dessen Stärke und Richtung durch B0 und einen Pfeil angezeigt wird, durch die Gruppe von Zylindern C1 bis C3 und C1' bis C3' in dem Gleichform-Magnetfeldbereich FOV, der den Mittelpunkt A0 der Haupteinheit SCM der supraleitenden Magnetvorrichtung enthält, verursacht. Die Magnetisierungsspule Cex1 zum Magnetisieren der Gruppen der Zylinder C1 bis C3 bzw. C1' bis C3' ist extern oder außerhalb der Zylinder anzuordnen welche an dem Innenumfang der Haupteinheit SCM der supraleitenden Magnetvorrichtung angeordnet sind und welche an n1 Plätzen an einem Punkt a in der Umfangsrichtung befestigt sind und welche durch Befestigungselemente an einem Punkt b an n2 Plätzen in der Umfangsrichtung befestigt sind. Die Magnetisierungsspulen Cex4 und Cex'4 zum Magnetisieren von C4 und C4' sind angeordnet als Magnetisierungsspulen, die in den Magneten (nämlich die Magnetisierungszusatzspulen) eingebaut sind, sind in dem Supraleitungs-Kühlmittel in der Nachbarschaft angeordnet. Magnetisierungsströme für die Magnetisierungsspulen Cex1, Cex4 und Cex'4 werden von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 jeweils durch Kopplungskabel Lps1 bzw. L'ps1 bereitgestellt. Ströme für die Gruppe der Heizer (nicht gezeigt), die zum Regulieren der Temperatur von jeder der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' zu verwenden sind, werden von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 bereitgestellt. Ferner wird durch ein Kopplungskabel LPS2 ein Heizer-Heizstrom für die Not-Entmagnetisierung von der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2 bereitgestellt. Der Magnetisierungsstrom und der Heizerstrom werden durch die Koppler bereitgestellt und eingeleitet.

[0343] Der Kühlmittelbehälter nimmt ein Supraleitungs-Kühlmittel wie flüssiges Helium auf und ist mit einer wärmeisolierenden Schicht bedeckt. Das Supraleitungs-Kühlmittel wird durch den Kühler gekühlt und verdampftes Kühlmittel wird durch einen Auslas-

sanschluss (nicht gezeigt) ausgeblasen.

[0344] Elektrische Ströme an die Temperatur-Justiervorrichtungen, die in dem Zylinder ML4-1 und den Scheiben ML4-2L und ML4-2R montiert sind, werden durch die Verbindungsleitung L'ps1 von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 bereitgestellt.

[0345] Die Kopplung zwischen der Haupteinheit SCM der supraleitenden Magnetvorrichtung und der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 ist wie folgt. Während der Regulierung der Magnetisierung werden nämlich Magnetisierungsströme und Heizersteuerströme durch die Kopplungskabel Lps1 und L'ps1 von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 bereitgestellt. Ferner wird ein Vorgang zum Steuern solcher elektrischer Ströme durchgeführt. Nach der Vervollständigung der Regulierung der Magnetisierung wird die Haupteinheit durch das Kopplungskabel LPS2 mit der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2 gekoppelt. Der Heizerregulierungsstrom wird bereitgestellt und ein Vorgang zum Steuern dieses Stromes wird durchgeführt.

[0346] **Fig. 48** zeigt die detaillierte Weise der Kopplung der Magnetisierungsspulen Cex4 und Cex'4 und der Temperatur-Justiervorrichtungen, die in der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' montiert sind, den Zylinder ML4-1 und die Scheiben ML4-2L und ML4-2R mit der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 und der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2 in der Haupteinheit SCM der supraleitenden Magnetvorrichtung. Zuerst stellt **Fig. 48(A)** die Kopplung in der Haupteinheit SCM der supraleitenden Magnetvorrichtung in dem Fall dar, dass es nicht nötig ist, die Ströme für die Randbereiche der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' in der Konfiguration von **Fig. 47** zu regulieren und dass die Kompensierung der Magnetfeldverteilung nicht benötigt wird. Der Magnetisierungsstrom i_{ex4} wird von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 durch die Verbindungsleitung L'ps1 zu den in Reihe gekoppelten Magnetisierungsspulen Cex4 und Cex'4 bereitgestellt. Heizerregulierungsströme werden jeweils und getrennt für die Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und die Gruppe von Zylindern C1' bis C4' bereitgestellt. Die Widerstände der Heizer Hc1, Hc2, Hc3 und Hc4 der Zylinder C1 bis C4 sind in Reihe gekoppelt und ein Temperaturregulierungsstrom $ir1L$ wird dazu von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 durch das Kopplungskabel L'ps1 bereitgestellt. Ähnlich wird ein Temperaturregulierungsstrom $ir1R$ zu den Widerständen der Heizer Hc1', Hc2', Hc3' und Hc4' der Zylinder C1' bis C4' bereitgestellt. Mit solch einer Konfiguration kann der Ausgleich der Stärke zwischen den linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfeldern reguliert werden, indem die Ströme $ir1L$ und $ir1R$ justiert werden und der Magnetisierungswert kann nach der Magnetisierung reguliert werden.

[0347] **Fig. 48(B)** stellt die Konfiguration in dem Fall dar, dass es nötig ist, die Ströme für die Randbereiche der Zylinder, anders als von **Fig. 48(A)**, zu regulieren. In **Fig. 48(B)** ist ein Zentralteil davon ähnlich

zu jenem von **Fig. 48(A)** und Heizer zum Regulieren der Randbereiche der Zylinder, die an einer äußeren Peripherie davon dargestellt sind, sind hinzugefügt. Die Widerstände der Heizer Hc1L, Hc2L, Hc3L und Hc4L für die Randbereiche der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 sind in Reihe gekoppelt und ein Temperaturregulierungsstrom $ir2L$ wird dazu von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 durch die Verbindungsleitung L'_{ps1} bereitgestellt. Ähnlich wird ein Temperaturregulierungsstrom $ir2R$ zu den Widerständen der Heizer Hc1R, Hc2R, Hc3R und Hc4R der Zylinder C1' bis C4' bereitgestellt. In diesem Fall sind die Heizer Hc1L bis Hc4L und die Heizer Hc1R bis Hc4R als zwei Gruppen der Heizer klassifiziert. Ferner sind die Widerstände der Heizer von jeder Gruppe in Reihe gekoppelt. Die Erfindung ist nicht darauf beschränkt. Alle Widerstände von beiden Gruppen der Heizer können in Reihe gekoppelt sein. Ferner könnten solche Heizer nur in den Randbereichen der Zylinder bereitgestellt sein. Für den Zweck der Durchführung einer Teilregulierung nach der Magnetisierung werden solche Heizer verwendet, bevor der Ausgleich zwischen den linksseitigen und rechtsseitigen Zylinder reguliert wird.

[0348] **Fig. 48(C)** stellt eine Struktur dar, die zur weiteren Reduzierung der Variation in der Magnetfeldverteilung beabsichtigt ist, und zu den Konfigurationen der **Fig. 48(A)** und **48(B)** hinzugefügt ist. Die in **Fig. 48(C)** dargestellte Struktur, ist mit so vielen der zusammensetzenden Elementen wie möglich versehen, und ist aus Heizern H41a bis H41d für den Zylinder ML4-1 und Heizern H42La bis H42Ld und H42Ra bis H42Rd für die Scheiben ML4-2L und ML4-2R zusammengesetzt. Im Unterschied zu dieser Konfiguration, sind die Scheiben ML4-2L und ML4-2R manchmal nicht zu dieser Vorrichtung hinzugefügt. Alle dieser Heizer sind in Reihe gekoppelt. Vor dem Starten des Magnetisierungsvorgangs wird von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 ein elektrischer Steuerstrom $ir4$ dazu eingeleitet. Dieser Strom wird aufrechterhalten, bis die Regulierung der Magnetisierung vervollständigt ist. Als ein Ergebnis werden der Zylinder ML4-1 und die Scheiben ML4-2L und ML4-2R in einem Zustand gehalten, in dem die normalleitenden Eigenschaften gezeigt werden, bis die Regulierung der Magnetisierung vervollständigt ist. Danach wird der Steuerstrom $ir4$ für die Heizer auf Null eingestellt, so dass alle der Magnetflüsse sich auf das Magnetfeld in dem Gleichform-Magnetfeldbereich FOV beziehen. Dann wird der Vorgang des Durchführens der Funktionen der Heizer gestoppt.

[0349] Bezugnehmend auf **Fig. 49** ist die Kopplung der Gruppen der Heizer der Haupteinheit SCM der supraleitenden Magnetvorrichtung mit der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 und der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2, die externe Vorrichtungen sind, darin zusammengefasst. In dieser Figur bezeichnen durchgezogene Linien Online-Kopplungen; und gestrichelte Linien Offline-Kopplungen.

[0350] **Fig. 49(A)** stellt den Fall dar, dass die Heizer Hc1 bis Hc4 und Hc1' bis Hc4' ohne die Magnetisierungszusatzspulen Cex4 und Cex4' (die später zu beschreiben sind) in der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' montiert sind. Die Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 ist offline dazu gekoppelt; und die Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2 ist online dazu gekoppelt.

[0351] **Fig. 49(B)** stellt, anders als der Fall von **Fig. 49(A)**, den Fall dar, dass die Magnetisierungszusatzspulen Cex4 und Cex4' hinzugefügt sind. Diese Magnetisierungszusatzspulen Cex4 und Cex4' sind offline zu der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 gekoppelt.

[0352] **Fig. 49(C)** stellt, anders als der Fall von **Fig. 49(A)**, den Fall dar, dass die Heizer Hc1L bis Hc4L und Hc1R bis Hc4R zum Regulieren der Randbereiche der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' hinzugefügt sind. Diese Heizer Hc1L bis Hc4L und Hc1R bis Hc4R zum Regulieren der Randbereiche sind offline zu der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 gekoppelt.

[0353] **Fig. 49(D)** stellt, anders als der Fall von **Fig. 49(A)**, den Fall dar, dass die Magnetisierungszusatzspulen Cex4 und Cex4' hinzugefügt sind. Diese Magnetisierungszusatzspulen Cex4 und Cex4' sind ähnlich wie in dem Fall von **Fig. 49(B)** offline zu der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 gekoppelt.

[0354] **Fig. 49(E)** stellt, anders als die Fälle von **Fig. 49(A)** bis (D) den Fall dar, dass die Heizer H41a bis H41d, H42La bis H42Ld und H42Ra bis H42Rd zum Regulieren der Temperatur des Zylinders ML4-1 und der Scheiben ML4-2L und ML4-2R hinzugefügt sind. Diese Heizer sind offline zu der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 gekoppelt. Übrigens können der vorher genannte Zylinder ML4-1 und die Scheiben ML4-1L und ML4-1R in allen Fällen von **Fig. 49(A)** bis **49(D)** hinzugefügt werden und sind, wenn nötig, hinzugefügt.

[0355] **Fig. 49(F)** stellt die Kopplung zwischen der Magnetisierungsspule Cex1 und der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 dar, die immer in jeder der Kombinationen der Fälle von **Fig. 49(A)** bis **49(E)** verwendet ist. Ferner sind sowohl die Magnetisierungsspule Cex1 als auch die Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 offline miteinander gekoppelt.

[0356] Als Nächstes wird ein Verfahren beschrieben, das zum Durchführen des Magnetisierungs-Regulierungsvorgangs von, zum Beispiel, der supraleitenden Magnetvorrichtung des, in **Fig. 47** dargestellten, Horizontal-Magnetfeld-Typs verwendet wird. **Fig. 50** bis **55** sind Flussdiagramme und Zeitdiagramme des Magnetisierungs-Regulierungsvorganges. **Fig. 50** ist ein Flussdiagramm für den gesamten Magnetisierungs-Regulierungsvorgang. **Fig. 50(A)** ist ein Flussdiagramm, das den gesamten Magnetisierungs-Regulierungsvorgang, der normalerweise in fünf Prozesse geteilt ist, zusammenfasst. Prozess I ist ein Magnetisierungsprozess; Prozess II ein Randbereich-Regulierungsprozess; Prozess III ein Aus-

gleichs-Regulierungsprozess; und Prozess IV ein Gesamt-Regulierungs(Feinjustierungs-)Prozess; und Prozess V ein Magnetfeldverteilungsfixier-Prozess. **Fig. 50(B)** bis (F) zeigen das detaillierte Flussdiagramm von jedem Prozess.

[0357] **Fig. 50(B)** ist ein Flussdiagramm des Magnetisierungsprozesses, der ein Prozess I ist. Dieser Magnetisierungsprozess ist zum Initialisieren der Gruppe von Zylindern und dann Magnetisieren der Gruppe von Zylindern. In dieser Figur ist Schritt **1** ein Überprüfungsschritt, in dem visuell oder ähnlich überprüft wird, wie die Bedingungen von jedem der Instrumente (namentlich der Magnetisierungs-Energieversorgung und der Magnetisierungsspulen), die in dem Magnetisierungsvorgang zu verwenden sind, vorbereitet sind und ob die Kopplungen dazwischen, durch die Kopplungskabel, in Übereinstimmung mit der Vorschrift durchgeführt sind. Falls es so ist, schreitet der Prozess zu dem nächsten Schritt voran. Schritt **2** ist ein Startschritt, in dem ein Start-Tastenschalter, der in der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 bereitgestellt ist, eingeschaltet wird, um dadurch den Magnetisierungsvorgang zu starten.

[0358] Schritt **3** ist ein Heizerstrom-Setzschritt und Schritt **4** ist ein ML-Initialisierungsschritt. Im ML-Initialisierungsschritt wird eine Gruppe von Heizern, die in der Gruppe von Zylindern usw. (C1 bis C4 und C1' bis C4', ML4-1, ML4-2L, ML4-2R usw.) montiert ist, geheizt, um die Zustände der Zylinder in den Zustand zu bringen, in dem die normalleitenden Eigenschaften gezeigt werden, dabei werden der Magnetisierungsprozess und der Magnetisierungs-Regulierungsvorgang in den folgenden Schritten durchgeführt. Daher wird in dem Heizerstrom-Setzschritt, nämlich in Schritt **3**, der Wert eines Stromes, der dazu bestimmt ist, durch den Heizer zu fließen, in der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 gesetzt. Dann werden in Schritt **4**, nämlich in dem ML-Initialisierungsschritt, Ströme, die den Setzwert haben, zum Fließen durch jeden der Heizer (Hc1 bis Hc4, H'c1 bis H'c4, Hc1L bis Hc4L, Hc1R bis Hc4R, Hc41a bis H41d, H42La bis H42Ld, H42Ra bis H42Rd) gebracht. Dadurch wird die Gruppe von Zylindern in einen Zustand gebracht, in dem die normalleitenden Eigenschaften gezeigt werden. Danach wird das Heizen davon mittels der Heizer gestoppt. Ferner werden die Zylinder gekühlt und dadurch in einen Zustand zurückgeführt, in dem die supraleitenden Eigenschaften gezeigt werden. Übrigens wird die Regulierung des Zylinders ML4-1 und der Scheiben ML4-2L und ML4-2R nur im Prozess V, nämlich im Magnetfeldverteilungsfixier-Prozess, durchgeführt. Dadurch ist es nötig, den Zylinder ML4-2 und die Scheiben ML4-2L und ML4-2R bis dahin in dem Zustand zu halten, in dem die normalleitenden Eigenschaften gezeigt werden. Folglich wird das Heizen von nur den Heizern Hc41a bis H41d, H42La bis H42Ld, H42Ra bis H42Ld fortgeführt, bis Prozess V startet.

[0359] Schritt **5** ist ein Magnetisierungsbedin-

gungs-Setzschritt, in dem die Bedingungen für den Magnetstrom, der dazu bestimmt ist, durch die Magnetisierungsspule Cex1, Cex4 und C'ex4 zu fließen und die Bedingungen für den Temperaturregulierungsstrom, der dazu bestimmt ist, durch die Gruppe von Heizern Hc1 bis Hc4 und H'c1 bis H'c4 zu fließen, gesetzt werden (in diesem Schritt wird die Bedingung der gemeinsamen Magnetisierung oder der geteilten, getrennten und einzelnen Magnetisierung gesetzt). Schritt **6** ist ein Magnetisierungsschritt, in dem die Magnetisierungsströme iex1 und iex4 für die Magnetisierungsspulen Cex1, Cex4 und C'ex4 und die Temperaturregulierungsströme ir1L und ir1R für die Heizer Hc1 bis Hc4, H'c1 bis H'c4 dazu gebracht werden, gemäß den in Schritt **5** gesetzten Magnetisierungsbedingungen von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 dort hindurch zu fließen und dadurch wird die Magnetisierung der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' durchgeführt. Die Magnetisierung der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' wird nämlich wie folgt hervorgerufen. Das magnetisierende Magnetfeld wird erzeugt, indem die Magnetisierungsströme iex1 und iex4 durch die Magnetisierungsspulen Cex1, Cex4 und C'ex4 fließen gelassen werden. Dann werden die Temperaturregulierungsströme ir1L und ir1R für die Heizer Hc1 bis Hc4 und H'c1 bis H'c4 zum Fließen durch das magnetisierte Magnetfeld gebracht, so dass die Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' einmal in den Zustand gebracht werden, in dem die normalleitenden Eigenschaften gezeigt werden. Danach werden die Ströme ir1L und ir1R für die Heizer Hc1 bis Hc4, H'c1 bis H'c4 unterbrochen, so dass die Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' in den Zustand zurückgeführt werden, in dem die supraleitenden Eigenschaften gezeigt werden.

[0360] Schritt **7** ist ein Magnetisierungswert-Beurteilungsschritt, in dem manuell oder automatisch beurteilt wird, ob die Stärke des Magnetfelds an den Magnetisierungswert-Führungspunkten, die in der Mitte und dem Peripheriebereich des Gleichform-Magnetfeldbereichs FOV der supraleitenden Magnetvorrichtung bereitgestellt sind, einen vorgegebenen Wert erreicht, oder nicht. Ein Magnetfeldmessmittel ist an jedem Punkt hinzugefügt und ferner wird das Magnetfeld manuell oder automatisch gemessen. Dann werden die gemessenen Werte mit dem vorgegebenen Wert verglichen. Falls diese gemessenen Werte den vorgegebenen Wert erreichen, wird die Magnetisierung im folgenden Schritt **10** vervollständigt. Falls nicht, kehrt der Prozess über Schritt **8**, der der manuelle Setzschritt ist, zu Schritt **2** zurück, um nochmals die Magnetisierung durchzuführen. In Schritt **8** werden der Magnetisierungsstrom oder der magnetisierende Magnetfeldwert zu der Zeit der Magnetisierung manuell zurückgesetzt. In dem vorher genannte Schritt **7** wird, falls beurteilt wird, dass die gemessenen Werte den vorgegebenen Wert erreichen, die Magnetisierung in Schritt **10** vervollständigt. Ferner macht in Schritt **10**, der der Magnetisierungs-Vervollständigungsschritt ist, die Vorrichtung eine Pause

und schreitet danach voran zu Prozess II.

[0361] **Fig. 50(C)** ist ein Flussdiagramm vom Prozess II, nämlich eines Randbereich-Regulierungsprozesses. In diesem Randbereich-Regulierungsprozess wird ein Dauerstrom, der in den Randbereichen der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' konzentriert fließt, auf solch eine Weise reguliert, um einen niedrigeren Wert zu haben. Zuerst in Schritt **11** ein Notwendigkeit-der-Ausgleichsregulierung-Überprüfungsschritt, ob die Randbereichsregulierung notwendig ist. Falls nötig, wird ein Randbereich-Regulierungsvorgang durchgeführt. Falls nicht nötig, schreitet der Prozess direkt zum Prozess III voran. Normalerweise wird aus der Verteilung des magnetisierenden Magnetfeldes bestimmt, ob der Randbereich-Regulierungsvorgang nötig ist, oder nicht. Dadurch wird die Notwendigkeit der Regulierung der Randbereiche zu der Zeit des Entwurfs der supraleitenden Magnete bestimmt.

[0362] Falls es im Schritt **11** als notwendig beurteilt wird, geht der Prozess weiter zu Schritt **12**, nämlich einem Setz- und Startschritt, in dem die Bedingungen zum Regulieren der Randbereiche gesetzt werden und ein Start-Tastschalter eingeschaltet wird. In dem Randbereich-Regulierungsvorgang wird der Dauerstrom, der durch die Randbereiche fließt, reguliert, indem der Temperaturregulierungsstrom durch die Heizer Hc1L bis Hc4L und Hc1R bis Hc4R zum Regulieren der Randbereiche der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' hindurch geflossen lassen wird. Dadurch werden der Temperaturregulierungsstromwert und die Zeitperiode, während der der Strom zum Fließen gebracht wird, gesetzt.

[0363] Schritt **13** ist ein Randbereich-Regulierungsschritt, in dem die Temperaturregulierungsströme, die dazu bestimmt sind, durch die Heizer Hc1L bis Hc4L und Hc1R bis Hc4R zu fließen, gemäß den in Schritt **12** gesetzten Randbereich-Regulierungsbedingungen gesteuert werden. Schritt **14** ist ein Randbereich-Regulierungsvervollständigungsschritt, in dem es bestätigt wird, dass die Dauerströme, die in den Randbereichen der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' fließen, auf die vorgegebenen Werte eingestellt sind (diese Bestätigung wird durch Messen des Magnetfeldes durchgeführt), danach werden die Temperaturregulierungsströme für die Heizer auf Null zurückgesetzt, dadurch wird der Randbereich-Regulierungsvorgang vervollständigt. Normalerweise wird das Abarbeiten in den Schritten **13** und **14** durch einen automatischen Vorgang durchgeführt.

[0364] **Fig. 50(D)** ist ein Flussdiagramm des Prozesses III, nämlich eines Ausgleichs-Regulierungsschrittes. In diesem Ausgleichs-Regulierungsschritt wird der Ausgleich zwischen den Magnetfeldern auf der linken Seite und der rechten Seite der Zentrallinie, die senkrecht zu der Zentralachse des supraleitenden Magnets des Horizontal-Magnetfeld-Typs ist, automatisch aus dem gemessenen Magnetfeld berechnet. Dann werden die Temperaturen der Gruppe

von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' einzeln durch die Heizer reguliert. Dadurch wird der Ausgleich zwischen den Magnetfeldern, die in dem Gleichform-Magnetfeldbereich ausgebildet sind, reguliert. Zuerst wird in Schritt **15**, der ein Notwendigkeit-der-Ausgleichsregulierung-Überwachungsschritt ist, falls nötig, die Ausgleichsregulierung durchgeführt. Falls nicht, geht der Prozess direkt zum Prozess IV. Die Notwendigkeit zur Ausgleichsregulierung dazwischen wird beurteilt durch Berechnen der Inklination von jedem der linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfelder auf der Basis der gemessenen Werte des Magnetfeldes und dann Bestimmen ob die Inklination innerhalb einer Toleranz ist, oder nicht. Falls nicht, ist es nötig den Ausgleich dazwischen zu regulieren.

[0365] Falls nötig, schreitet der Prozess voran zum Schritt **16**, der ein Ausgleichsberechnungs- und Setzschrift ist. In diesem Schritt werden die Werte des Dauerstromes, der durch die Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' fließt, basierend auf den gemessenen Werten des Magnetfeldes berechnet. Ferner wird berechnet, um welchen Betrag der Wert des Dauerstromes, der durch die Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' fließt, herabgesetzt werden sollte und auf welche Gradzahl die Temperatur der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' zu diesem Zweck gehalten werden sollte und welcher Betrag des Steuerstromes zum Fließen durch die Heizer, die in der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' hinzugefügt sind, zu diesen Zweck gebracht werden soll. Ferner werden die Heizerstromwerte i_{r1L} und i_{r1R} gesetzt, die dazu bestimmt sind durch die Heizer Hc1 bis Hc4, die an der linken Seite vorgesehen sind, und die Heizer H'c1 bis H'c4 zu fließen, die an der rechten Seite vorgesehen sind. Ferner wird die Zeitperiode gesetzt, während der solche Ströme zum Fließen dadurch gebracht werden. In diesem Schritt wird die Berechnung und das Setzen normalerweise automatisch durchgeführt.

[0366] Als Nächstes schreitet dieser Prozess voran zum Schritt **17**, der ein Startschritt ist. In diesem Schritt wird zum Beginnen mit dem Ausgleichs-Regulierungsvorgang der Start-Tastschalter eingeschaltet. In Schritt **18**, nämlich einem Ausgleichs-Regulierungsschritt, wird der Heizerstrom i_{r1L} oder i_{r1R} zum Fließen durch die Heizer Hc1 bis Hc4 der linksseitigen Gruppe oder die Heizer H'c1 bis H'c4 der rechtsseitigen Gruppe gebracht. Dann wird eines der linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfelder entmagnetisiert, so dass der Ausgleich dazwischen reguliert wird. Im Schritt **19**, der ein Teilregulierungs-Vervollständigungsschritt ist, werden die Magnetfelder gemessen, nachdem der Ausgleich dazwischen reguliert ist. Dann wird es bestätigt, dass die Inklinationen der linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfelder innerhalb einer Toleranz sind. Dadurch wird Prozess III, nämlich ein Ausgleichs-Regulierungsschritt, vervollständigt.

[0367] **Fig. 50(E)** ist ein Flussdiagramm des Prozesses IV, nämlich eines Gesamt-Regulierungs-

schrittes. In diesem Gesamt-Regulierungsschritt wird die Feinjustierung des Magnetisierungswerts durchgeführt, so dass der Magnetisierungswert des Magnetfeldes der supraleitenden Magnetvorrichtung gleich einem End-Magnetisierungswert wird, der ein Zielwert ist. In diesem Gesamt-Regulierungsschritt werden die Ströme i_{r1L} und i_{r1R} für die Heizer Hc1 bis Hc4 und H'c1 bis H'c4, die zu der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' korrespondieren, reguliert. Zuerst wird im Schritt **20**, der ein manueller Setzschrift ist, der End-Magnetisierungswert der supraleitenden Magnetvorrichtung manuell oder automatisch gesetzt. Falls gesetzt, werden die Ströme i_{r1L} und i_{r1R} , die dazu bestimmt sind, zum Heizen der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' durch die Heizer Hc1 bis Hc4 und H'c1 bis H'c4 zu fließen, mittels Berechnung, basierend auf dem Unterschied zwischen diesem End-Magnetisierungswert und dem gemessenen Wert des Magnetfeldes, erlangt. Im Schritt **21**, der ein Startschritt ist, wird der Start-Tastschalter eingeschaltet, um dadurch die Durchführung des Gesamt-Regulierungsschrittes zu starten. Im Schritt **22**, der ein Magnetfeldwert-Regulierungsschritt ist, werden die Heizerströme i_{r1L} und i_{r1R} , die in Schritt **20** gesetzt wurden, dazu gebracht, durch die Heizer Hc1 bis Hc4 und H'c1 bis H'c4 zu fließen, dadurch führen sie die Feinjustierung des Magnetisierungswertes der supraleitenden Magnetvorrichtung durch. Im Schritt **23** wird es durch Vergleichen des Magnetisierungswertes nach der Feinjustierung mit dem gemessenen Wert des Magnetfeldes, ähnlich wie im Schritt **7**, beurteilt, ob der vorher genannte Magnetisierungswert nach der Feinjustierung gleich dem End-Magnetisierungswert ist, oder nicht. Falls erreicht, schreitet der Prozess zum nächsten Prozess voran. Falls nicht, kehrt der Prozess zum Schritt **20** zurück. Dann wird der Prozess IV wiederholt.

[0368] **Fig. 50(F)** ist ein Flussdiagramm vom Prozess V, nämlich einem Magnetfeldverteilungs-Fixierschritt. Dieser Magnetfeldverteilungs-Fixierschritt fixiert den Magnetisierungswert des Magnetfeldes der supraleitenden Magnetvorrichtung und die Magnetfeldverteilung auf solch eine Weise, dass sie sich nicht mit der Zeit ändern. Schritt **24** ist ein ML4-Kühlschritt, in dem das Heizen der Heizer H41a bis H41d, H42La bis H42Ld und H42Ra bis H42Rd für den Zylinder ML4-1, die Scheiben ML4-2L und ML4-2R gestoppt wird, und der Zylinder ML4-1 und die Scheiben ML4-2L und ML4-2R dann auf solch eine Weise gekühlt werden, um in einen Zustand gebracht zu werden, in dem die supraleitenden Eigenschaften gezeigt sind. Durch diesen Vorgang werden die Magnetflüsse, die durch den Zylinder ML4-1 und die Scheiben ML4-2L und ML4-2R hindurchtreten, fixiert. Die Änderung (Abschwächung) mit der Zeit in der Stärke der Magnetfeldverteilung des Gleichform-Magnetbereiches kann kompensiert werden. Im Schritt **25**, der ein Magnetfeld-Messschritt ist, wird die Magnetfeldverteilung der supraleitenden Magnetfeldvor-

richtung gemessen. Dadurch ist der Gesamt-Magnetisierungsschritt vervollständigt.

[0369] Als nächstes zeigt **Fig. 51** ein Zeitdiagramm, das zu dem Flussdiagramm von **Fig. 50** korrespondiert. Wie in **Fig. 51** gezeigt, zeigt **Fig. 51(X1)** ein Zeitdiagramm einer Betätigung des Start-Tastschalters; **Fig. 51(X2)** ein Zeitdiagramm der Initialisierung der Gruppe von Zylindern und des Zylinders ML4-1 und der Scheiben ML4-2L und ML4-2R (die nachstehend als Zylinder ML4 bezeichnet wird); **Fig. 51(X3)** ein Zeitdiagramm eines Vorgangs des Steuerns von Strömen für die Heizer H41a bis H41d, H42La bis H42Ld und H42Ra bis H42Rd; **Fig. 51(X4)** ein Zeitdiagramm einer Änderung im Zustand (nämlich des normalleitenden Zustands oder des supraleitenden Zustandes) des Zylinders ML4; **Fig. 51(X5)** ein Zeitdiagramm eines Vorgangs des Steuerns der Ströme für die Heizer Hc1 bis Hc4 und H'c1 bis H'c4, die zum Heizen der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' verwendet werden; **Fig. 51(X6)** ein Zeitdiagramm für eine Änderung im Zustand (die gestrichelte Linie repräsentiert nämlich eine solche Änderung zwischen dem normalleitenden Zustand oder dem supraleitenden Zustand; und die durchgezogene Linie repräsentiert eine Änderung in dem Magnetisierungswert) der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4'; **Fig. 51(X7)** ein Zeitdiagramm eines Setzvorgangs von Magnetisierungs-Strombedingungen für die Magnetisierungsspulen Cex1, Cex4 und C'ex4; **Fig. 51(X8)** ein Zeitdiagramm eines Zustandes eines Magnetisierungsstromes für jede der Magnetisierungsspulen Cex1, Cex4 und C'ex4; **Fig. 51(X9)** ein Zeitdiagramm eines Setzvorgangs von Strombedingungen für die Heizer Hc1L bis Hc4L und Hc1R bis Hc4R zum Regulieren der Randbereiche; **Fig. 51(X10)** ein Zeitdiagramm eines Steuerungsvorgangs der Ströme für die Heizer Hc1L bis Hc4L und Hc1R bis Hc4R; und **Fig. 51(X11)** ein Zeitdiagramm einer Berechnung des Ausgleichs zwischen den linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfeldern.

[0370] Bezüglich eines Zeitdiagramms von **Fig. 51** wird nachstehend der Vorgang beschrieben, indem der Vorgang in (I) einen Initialisierungs-/Magnetisierungsprozess, (II) einen Randbereich-Regulierungsprozess, (III) einen Ausgleichs-Regulierungsprozess, (IV) einen Gesamt-Regulierungsprozess, und (V) einen Magnetfeldfixierprozess geteilt wird, ähnlich wie in dem Fall der Beschreibung des Flussdiagramms von **Fig. 50**.

(I) Initialisierungs-/Magnetisierungsprozess

[0371] Wenn man einen Tastschalter zum Ausgeben eines Startsignals an einem Punkt a von **Fig. 51(X1)** einschaltet, schreitet der Prozess zu einem Punkt b von **Fig. 51(X2)** voran. Übrigens hat die Vorrichtung eine Setzwerttabelle von Strömen, die dazu bestimmt sind durch die Heizer Hc1 bis Hc4, H'c1 bis H'c4, H41a bis H41d, H42La bis H42Ld,

H42Ra bis H42Rd zu fließen, um die Initialisierung auf vorläufige Werte durchzuführen. Der Vorgang des Setzens der Setzwerte in einer Steuerungstabelle für einen automatischen Vorgang wird zwischen den Punkten b und c ausgeführt. Dieser Teil korrespondiert zu Schritt 3 von Fig. 50(B). Fig. 52 stellt ein Beispiel des detaillierten Flussdiagramms von Schritt 3 dar. Im Schritt 3-1 von Fig. 52 werden vorher bestimmte Temperatursetzwerte für Gruppen von Zylindern oder dergleichen gelesen und in Werte von Steuerströmen für die Heizer umgewandelt. Ferner werden die Werte für die Heizerströme, gemäß einem optimalen Steuermuster, durch n dividiert. Anschließend wird im Schritt 3-2 ein Strom, der durch die Division erlangt wird, in einem Ausführungsbeispiel gespeichert (übrigens bedeutet "Ausführung" einen Steuervorgang aktuell durchzuführen). Als Nächstes, wenn der Heizerstrom-Setzvorgang an einem Punkt c in Fig. 51(X2) vervollständigt ist. An einem Punkt d von Fig. 51(X3) wird das Heizen des Zylinders ML4 mittels der Heizer begonnen. Zusätzlich wird an einem Punkt e von Fig. 51(X5) das Heizen der Heizer Hc1 bis Hc4 und H'c1 bis H'c4, die jeweils zu der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und zu C1' bis C4' korrespondieren, gestartet. Ferner wird ein Heizerstrom ir4 (gemäß dem Setzwert von Fig. 51(X2)) für das Heizen der Heizer von Fig. 51(X3) gesteuert, was durchzuführen ist, um den Zustand des Zylinders ML4 von dem Zustand, in dem die supraleitenden Eigenschaften (S-Charakteristik gezeigt in dieser Figur) gezeigt werden, in den Zustand, in dem die normaleitenden Eigenschaften (N-Charakteristik gezeigt in dieser Figur) gezeigt werden, zu ändern. Ferner werden Heizerströme ir1L und ir1R gemäß den Setzwerten von Fig. 51(X2) zum Heizen der Heizer von Fig. 51(X6) gesteuert, was durchzuführen ist, um den Zustand des Zylinders ML4 von dem Zustand, der zu der S-Charakteristik korrespondiert, durch den Zustand, der zu der N-Charakteristik korrespondiert, wieder zu dem Zustand, der zu der S-Charakteristik korrespondiert, um dadurch die Entmagnetisierung der Restmagnetfelder der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' durchzuführen.

[0372] Als Nächstes geht der Prozess zu einem Punkt f in Fig. 51(X7). Dann wird das Setzen der Magnetisierungsströme iex1 und iex4 für die Magnetisierungsspulen Cex1, Cex4 und C'ex4 gestartet und danach an einem Punkt f vervollständigt. Dieses Setzen der Magnetisierungsströme wird ähnlich wie in dem Fall von Fig. 52 durchgeführt. Die Setzwerte des Magnetisierungsstroms werden nämlich gemäß dem optimalen Steuermuster durch n dividiert und resultierende Ergebnisse werden in dem Ausführungsbeispiel gespeichert und daher ist das Setzen vervollständigt. Als Nächstes schreitet der Prozess zu einem Punkt g in Fig. 51(X8) voran und daher werden die Magnetisierungsströme dazu gebracht dort hindurch von dem Punkt g zu einem Punkt h zu fließen, so dass das magnetisierende Magnetfeld auf die nötige Stärke des Magnetfelds erhöht wird, die zur Ma-

gnetisierung benötigt wird. Wenn der Wert des magnetisierenden Magnetfeldes den vorgegebenen Wert erreicht, wird die Magnetisierung von einem Punkt h über einen Punkt i von Fig. 51(X5), einem Punkt j, einem Punkt k von Fig. 51(X6) einem Punkt l, einem Punkt m von Fig. 51(X8), einem Punkt n, einem Punkt o von Fig. 51(X6), einem Punkt p von Fig. 51(X8), einem Punkt q von Fig. 51(X6) in dieser Reihenfolge durchgeführt. Daher ist die Magnetisierung vervollständigt.

[0373] Fig. 53 ist ein detailliertes Flussdiagramm des Magnetisierungsschrittes, nämlich des Schrittes 6. In Fig. 53 korrespondiert ein Schritt 6-1 zu einem Punkt g von Fig. 51(X8), wobei der Anstieg der Heizerströme ir1L, ir1R und ir4 vervollständigt ist. Dies ist ein Zeitpunkt, an dem das automatische Setzen der Magnetisierungsströme vervollständigt ist. Im Schritt 6-2 wird (1/n1) des Magnetisierungsstroms gesetzt und an einen Ausgabeschaltkreis der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 als eine ansteigende Ausgabe ausgegeben. Ferner wird ein Ausgabeanstiegs-Verwaltungszähler um 1 hinaufgezählt. Durch diesen Vorgang wird von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 (1/n1) des Magnetisierungsstromes in die Magnetisierungsspulen Cex1, Cex4 und C'ex4 eingeleitet. In den Schritten 6-3 und 6-4 wird der vorher genannte Vorgang n1-mal wiederholt durch Unterbrechen für eine Magnetisierungsmagnetfeldanstiegs-Wartezeit. Nach Vervollständigung von n1 Wiederholungen ist der Anstieg des magnetisierenden Magnetfelds vervollständigt (korrespondierend zu einem Punkt h von Fig. 51(X8)).

[0374] Als Nächstes werden im Schritt 6-5 die Heizerströme ir1L und ir1R auf solch eine Weise gesteuert, dass sie auf Null abgesenkt werden, mit der Absicht des Zurückführens der Zustände der Gruppe von Zylindern C1 bis C4, C1' bis C4' von dem Zustand, der zu N-Charakteristik korrespondiert, zu dem Zustand, der zu S-Charakteristik korrespondiert. Im Schritt 6-6 wartet die Vorrichtung für einen Moment (korrespondierend zu einem Punkt m von Fig. 51(X8)) bis S-Charakteristik gezeigt wird, nachdem die Temperatur der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' abgesenkt wurde. Dadurch ist die Vorbereitung für die Magnetisierung vervollständigt. Die Magnetisierung wird durch Einfangen der Magnetflüsse des magnetisierenden Magnetfeldes in dem Abschnitt des Zylinders durchgeführt, der durch die Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' ausgebildet wird. Daher wird in den Schritten 6-7, 6-8 und 6-9, während die Gruppe von Zylindern C1 bis C4, C1' bis C4' in dem Zustand gehalten werden, in dem S-Charakteristik gezeigt wird, das magnetisierende Magnetfeld, das durch die Magnetisierungsspulen verursacht wird, herabgesetzt. Die Steuerung des Magnetfeldes wird simultan mit der Anstiegszeit durchgeführt. Im Schritt 6-7 wird (1/n1) des Magnetisierungsstroms gesetzt und an dem Ausgabeschaltkreis der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 als eine Absenkungsausgabe ausgegeben. Ferner

wird ein Ausgabeabsenkungs-Regulierungszähler um Eins hinaufgezählt. Durch Betreiben dieses Vorgangs wird der Magnetisierungsstrom um $(1/n2)$ herabgesetzt. Danach wird es im Schritt **6-8** beurteilt, ob der Absenkungsvorgang vervollständigt ist, oder nicht. Falls nicht, schreitet der Prozess zum Schritt **6-9** voran, wobei die Vorrichtung für eine Zeitperiode wartet, während sich das magnetisierende Magnetfeldes absenkt. Dann ist der Vorgang der Absenkung des Magnetisierungsstromes durch $n2$ -maliges iteratives Durchführen einer Sequenz von Schritten **6-7**, **6-8** und **6-9** vervollständigt. Nach Vervollständigung der $n2$ -maligen Wiederholung des Vorgangs, wird die Vervollständigung der Magnetisierung im Schritt **6-10** angezeigt (korrespondierend zu einem Punkt q von Fig. 51(X6)). Wenn die Magnetisierung vervollständigt ist, schreitet der Prozess zum nächsten Prozess voran.

(II) Zylinder-Randbereich (C1 bis C4, C1' bis C4')-Regulierungsprozess

[0375] Die Notwendigkeit der Regulierung der Randbereiche wird automatisch auf der Basis der vorgegebenen Information beurteilt. Nur wenn nötig, wird ein Schritt-Start-Tastschalter an einem Punkt (2) von Fig. 51(X1) eingeschaltet (korrespondierend zu einem Punkt (3)). Wenn der Start-Tastschalter eingeschaltet ist, werden die Steuerströme für die Heizer Hc1L bis Hc4L und Hc1R bis Hc4R zum Regulieren der Randbereiche der Gruppe der Zylinder C1 bis C4, C1' bis C4' ab einem Punkt zwischen einem Punkt (4) und einem Punkt (5) von Fig. 51(X9) gesetzt. Wenn das Setzen der Steuerströme an dem Punkt (5) vervollständigt ist, werden die Steuerströme ir1L und ir1R für die Heizer Hc1L bis Hc4L und Hc1R und Hc4R ab einem Punkt (6) von Fig. 51(X9) gesteuert. Ferner wird, während die Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' in dem Bereich gehalten wird, in dem S-Charakteristik gezeigt wird, nur die Temperatur der Randbereiche erhöht (zu einem Punkt (8) von Fig. 51(X10) korrespondierend). Als ein Ergebnis kann der Dauerstrom, der in den Randbereichen der Gruppe der Zylinder C1 bis C4 und C1' bis C4' fließt, durch Heizen der Randbereiche für eine vorgegebene Zeitperiode von einem Punkt (8) zu einem Punkt (10) auf einen vorgegebenen Wert abgesenkt werden (korrespondierend zu dem Wechsel von einem Punkt (7) zu einem Punkt (11) über einen Punkt (9)). Danach werden die Steuerströme ir1L und ir1R für die Heizer von einem Punkt (10) zu einem Punkt (12) auf Null gesenkt. Das Setzen der Heizerströme in dem Randbereich-Regulierungsprozess ist fast der gleiche wie in Prozess (I), nämlich dem Initialisierungs-/Magnetisierungsprozess, außer, dass die Setzwerte für die Regulierung der Randbereiche vorläufig bestimmt sind. Daher ist ein Algorithmus der Sequenz von Vorgängen zum Setzen und Steuern der Heizerströme der gleiche, wie er im Prozess (I), nämlich dem Initialisierungs-/Magnetisierungspro-

zess verwendet wird.

(III) Linksseitiger-und-Rechtsseitiger-Ausgleichs-Regulierungsprozess

[0376] In dem Prozess der Ausgleichsregulierung zwischen den linksseitigen und den rechtsseitigen Magnetfeldern, mittels Eingebens von Messdaten, die den Magnetisierungswert repräsentieren, der an dem Führungspunkt gemessen wurde, in die Magnetisierungs-Energieversorgung PS1, und dann Berechnens des Unterschiedes im Magnetisierungswert zwischen den linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfeldern und Überprüfen, ob die berechnete Differenz innerhalb einer Toleranz ist, oder nicht. An einem Punkt (13) von Fig. 51(X11) wird der Unterschied zwischen den Magnetisierungswerten auf der Basis der vorher genannten gemessenen Werte berechnet, und ferner die Notwendigkeit der Regulierung des Ausgleichs dazwischen beurteilt. Falls nötig, schreitet der Prozess zu einem Punkt (15) von Fig. 51(X2) voran. Dann werden die Bedingungen berechnet, die zum Regulieren des Ausgleiches dazwischen nötig sind. Steuerströme für die Heizer Hc1 bis Hc4 und H'c1 und H'c4 werden gesetzt. Dies korrespondiert zu dem Schritt **15** von Fig. 50(D) und ist im Detail in Fig. 54 dargestellt.

[0377] Fig. 54 ist ein detailliertes Flussdiagramm eines Ausgleichsberechnungs-Setzschrittes des vorher genannten Schrittes **16**. Zuerst werden die gemessenen Daten des Magnetfeldes, das durch die supraleitende Magnetvorrichtung ausgebildet wird, im Schritt **16-1** gelesen. Im Allgemeinen werden die Daten von dem Messinstrument automatisch gelesen. Falls das unmöglich ist, können die Daten manuell gelesen werden. Im Schritt **16-2** wird der Unterschied zwischen den linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfeldern berechnet. Dann wird es überprüft, welche Stärke des Magnetfelds reguliert werden sollte, basierend auf dem berechneten Unterschied. Im Schritt **16-3** wird es überprüft, welche Stärke des linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfelds höher ist. Dann wird es aus einem Ergebnis dieser Überprüfung bestimmt, welche Gruppe von Heizern gesteuert werden soll. In den Schritten **16-4** und **16-5** werden Steuerungsbedingungen für die Heizer, die reguliert werden sollen, auf der Basis eines im Schritt **16-2** erlangten Ergebnisses gesetzt. Ferner werden die Setzwerte in den Ausführungsbereich eingegeben. Die Vorgänge, die in den Schritten **16-4** und **16-5** durchgeführt werden, sind ähnlich zu dem Schritt **3** des Initialisierungs/Magnetisierungsprozesses. Daher sind die Algorithmen, die im Schritt **16-4** und **16-5** verwendet werden, die gleichen, wie sie im Schritt **3** des Initialisierungs-/Magnetisierungsprozesses verwendet werden.

[0378] Nach Vervollständigung des Setzens der Steuerungsbedingungen für die Heizer, die in Punkt (16) von Fig. 51(X2) zu regulieren sind, schreitet der Prozess zu einem Punkt (17) von Fig. 51(X1) voran,

wobei der Start-Tastschalter eingeschaltet wird. Dann fließen Ströme i_{r1L} und i_{r1R} von einem Punkt (19) von Fig. 51(X5) durch die Heizer Hc1 bis Hc4 oder H'c1 bis H'c4, die zu regulieren sind. Die Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' wird dadurch geheizt. Dieser Steuervorgang an den Heizerströmen kann gemäß des gleichen Algorithmus durchgeführt werden, wie in den Vorgängen, die von einem Punkt e zu einem Punkt j in Fig. 51(X5) durchzuführen sind. Die Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' kann reguliert werden, während diese Zylinder in einem Zustand gehalten werden, in dem S-Charakteristik gezeigt wird. Diese Regulierung ist an einem Punkt (21) vervollständigt.

(IV) Gesamt-Regulierungsprozess

[0379] Der Endwert der Magnetisierung im Gesamt-Regulierungsschritt wird automatisch durch vorbereitende Bestimmung eines Standardwertes gesetzt. Jedoch ist es gelegentlich nötig, (einen Standardwert $+\alpha$ -Wert) zu setzen. In diesem Fall wird ein Betrag von $+\alpha$ manuell gesetzt. Nachdem dieser $+\alpha$ -Wert zu dem Standardwert von einem Punkt (23) zu einem Punkt (24) hinzugefügt wurde, wird überprüft, ob (der Standardwert $+\alpha$ -Wert) innerhalb des Maximalwertes des End-Magnetisierungswertes ist, oder nicht. Falls er innerhalb eines Führungswertes ist, wird der Unterschied zwischen dem gemessenen Wert des Magnetisierungswertes und (dem Standardwert $+\alpha$ -Wert) berechnet. Dann wird der Unterschied dazwischen in die Steuerströme i_{r1L} und i_{r1R} für diese Heizer, die in der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' montiert sind, konvertiert. Der Wert des Steuerstromes für die Heizer wird gemäß einem optimalen Steuermuster durch $n3$ dividiert und Ergebniswerte werden in dem Ausführungsbereich gespeichert. Falls der Setzwert ein anormaler Wert ist, wird dieses Setzen abgebrochen und das manuelle Setzen wird wieder durchgeführt. Fig. 55 ist ein Flussdiagramm dieses Vorgangs.

[0380] Wie in Fig. 55 gezeigt, wird im Schritt 20-1, der ein manueller Setzschrift ist, der $+\alpha$ -Wert manuell als Datum gesetzt. Danach wird im Schritt 20-2, der ein Setz-Vervollständigungsschritt ist, der $+\alpha$ -Wert zu einem Standardwert hinzugefügt. Danach wird ein Ergebniswert in einem temporären Speicherbereich gespeichert. Im Schritt 20-3, der ein Lese- und Speicherschrift ist, wird (der Standardwert $+\alpha$ -Wert) aus dem temporären Speicherbereich ausgelesen und zu einem Überprüfungsbereich bewegt. Im Schritt 20-4, der ein Maximalwert-Überprüfungsschritt ist, wird eine Berechnung zum Überprüfen des Maximalwertes des End-Magnetisierungswertes durchgeführt. Im Schritt 20-5 wird ein Vergleich zwischen dem Maximalwert des End-Magnetisierungswertes und (des Standardwert $+\alpha$ -Wert) gemacht und es wird dann überprüft, ob (der Standardwert $+\alpha$ -Wert) innerhalb des Maximalwertes des End-Magnetisierungswertes liegt, oder nicht. Falls normal, schreitet der Prozess

zu Schritt 20-9 voran. Im Gegensatz, falls anormal, schreitet der Prozess zu Schritt 20-6 voran. Falls der Setzwert ein anormaler Wert ist, wird es im Schritt 20-6 angezeigt, dass der Wert zurückgesetzt werden sollte. Dann wird der Setzwert im Schritt 20-7 widerrufen. Danach wird es im Schritt 20-8 bestätigt, dass der Setzwert widerrufen wurde. Dann kehrt der Prozess zu Schritt 20-1 zurück. Im Gegensatz dazu wird, falls der Setzwert ein normaler Wert ist, der Unterschied zwischen dem gemessenen Wert und dem Setzwert im Schritt 20-9 berechnet, der ein Setzdaten-Berechnungsschritt ist. Dann wird der Unterschied dazwischen in den Steuerstromwert für die Heizer konvertiert. Dieser Steuerstromwert wird gemäß dem Steuermuster durch $n3$ dividiert. Der Wert, der durch die Division erlangt wird, wird in dem Ausführungsbereich im Schritt 20-10 gespeichert.

[0381] Wenn das Setzen des Heizersteuerstromes an einem Punkt (24) vervollständigt ist, schreitet der Prozess zu einem Punkt (25) von Fig. 51(X1) voran, wonach der Start-Tastschalter eingeschaltet wird. Dann schreitet der Prozess von einem Punkt (26) zu einem Punkt (27) von Fig. 51(X5) voran. Dann werden die Heizer Hc1 bis Hc4 und H'c1 bis H'c4, die in der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 bzw. C1' bis C4' montiert sind, mit dem gleichen Heizerstromwert gesteuert. Während einer Zeitperiode von einem Punkt (27) zu einem Punkt (29) werden die Magnetisierungswerte der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' bis C4' für eine Zeitperiode von einem Punkt (28) zu einem Punkt (30) reguliert. Die Steuerung der Heizerströme wird gemäß des Algorithmus (fast der gleiche wie in Fig. 53) durchgeführt, durch den jedes Mal ($1/n3$) des Steuerstromwertes ausgegeben wird. Die Temperatur der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C1' und C4' wird innerhalb eines Bereiches gesteuert, in dem S-Charakteristik gezeigt wird.

(V) Magnetfeldverteilungs-Fixierschritt

[0382] Nach Vervollständigung der Gesamtregulierung des Magnetisierungswertes schreitet der Prozess von einem Punkt (29) von Fig. 51(X5) zu einem Punkt (31) von Fig. 51(X3) voran. An einem Punkt (31) wird der Steuerstrom für den Heizer, der in dem Zylinder ML4 montiert ist, auf solche Weise gesteuert, dass er auf Null absinkt. Mit dem Absinken des Steuerstromes in Fig. 51(X4), kehrt der Zylinder ML4 von dem Zustand, in dem N-Charakteristik gezeigt wird (ein Punkt (32)), zu dem Zustand, in dem S-Charakteristik gezeigt wird (einem Punkt (33)), zurück. Die Magnetfeldverteilung in dem Gleichform-Magnetfeldbereich ist durch diesen Zylinder ML4 fixiert. Dadurch wird die Abschwächung der Magnetfeldverteilung kompensiert. Der gesamte Magnetisierungs-Regulierungsvorgang wird durch diesen Prozess vervollständigt.

[0383] Fig. 56 ist ein Blockdiagramm, das eine Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 darstellt, die zum Durchführen des vorher genannten Algorithmus

verwendet wird. Wie in **Fig. 56** gezeigt, ist die Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 aus Dauerstrom-Ausgabeschaltkreisen 01 bis 07, Digital/Analogumwandlungsschaltkreisen D/A 1 bis D/A 7 (die manchmal unnötig sind), UND-Schaltkreisen zum Verwalten einer Steuerzeitperiode UND1 bis UND7, Aufwärts-/Abwärtszählern U/D1 bis U/D7, einem Rechnersystem, von dem der Hauptteil ein Operationsschaltkreis ist, einem Ausgabeschaltkreis, der zum Ausgeben von Daten des Rechnersystems dient, einem Anzeigeschaltkreis, einem Eingabeschaltkreis zum Eingeben von Daten oder dergleichen vom Magnetfeld-Messinstrument, einem Steuerschaltkreis zum Steuern eines Rechners, einem Speicherschaltkreis und einem Energieversorgungsschaltkreis zusammengesetzt. Als Eingabe für den Eingabeschaltkreis werden, zusätzlich zu den vorher genannten Daten, manuell eingegebene Daten und andersartig eingegebene Daten (zum Beispiel der Pegel des flüssigen Heliums in der supraleitenden Magnetvorrichtung) eingegeben. Ferner sind die vorher genannten Dauerstrom-Ausgabeschaltkreise 01 bis 07 mit den Magnetisierungsspulen Cex1, Cex4 und C'ex4, den Heizern Hc1 bis Hc4, H'c1 bis H'c4, Hc1L bis Hc4L, Hc1R bis Hc4R, H41, H42L und H42R in der Haupteinheit SCM des supraleitenden Magnetschaltkreises gekoppelt. Ferner sind Algorithmen der **Fig. 50** und **52 bis 55** in dem Speicherschaltkreis als Software gespeichert.

[0384] **Fig. 57** ist ein Blockdiagramm der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2. In dem Fall, dass aufgrund irgendeines Grundes ein Individuum zusammen mit magnetischen Substanzen in die supraleitende Magnetvorrichtung eingesaugt wird, werden magnetische Körper dorthinein eingesaugt und andere anormale Zustände treten in den gegenwärtigen Bedingungen auf, in denen die supraleitende Magnetvorrichtung verwendet wird, der anormale Zustand wird fortgeführt, falls das Magnetfeld präsent bleibt wie es ist. Daher wird die Auslöschung des Magnetfeldes notwendig. Zu diesem Zweck wird die Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2 verwendet. Zum Entmagnetisieren der Gruppe von Zylindern C1 bis C4 und C'1 bis C'4 und des Zylinders ML4 heizt diese Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2 diese Zylinder für eine gewisse Zeit (zum Beispiel ein bis zwei Minuten) und erreicht so ein Ziel. Die Heizer, die zum Heizen verwendet werden, sind Hc1 bis Hc4, H'c1 bis H'c4, H41, H42L und H42R. Ein elektrischer Strom zum Heizen wird simultan in diese Heizer eingeleitet. Zu diesem Zweck sind nach Vervollständigung der vorher genannte Sequenz des Magnetisierungs-Regulierungsvorgangs die Heizer Hc1 bis Hc4, H'c1 bis H'c4, H41, H42L und H42R in der Haupteinheit SCM der supraleitenden Magnetvorrichtung in Reihe gekoppelt und ist mit dem Ausgabeschaltkreis der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2 gekoppelt. Für diese Koppelung ist ein Reihenkopplungsteil an der Heizerschaltkreis-Seite bereitgestellt. Der Ausgabeschaltkreis der Not-Entmagnetisierungsvor-

richtung PS2 ist ein Dauerstromschaltkreis, der durch einen Tastschalter mit ein bis zwei Minuten Ausschaltverzögerungssicherung mit einer Gleichspannungs-Energieversorgung mit Batterieunterstützung (Hilfs-Energieversorgung in dem Fall der Stromunterbrechung) gekoppelt ist. Ferner ist eine Konstantspannungs-Energieversorgung, die Wechselspannung in Gleichspannung umwandelt, zum Erzeugen einer Gleichspannungs-Konstantspannung an die vorher genannte Gleichspannungs-Energieversorgung gekoppelt.

[0385] Die herkömmliche supraleitende Magnetvorrichtung, die eine supraleitende Spule aufweist, die mittels Winden eines supraleitenden Drahtes erlangt wurde, hat Vorteile, indem ein gewöhnlicher Ein-/Ausschalter als ein Betriebsschalter verwendet wird und dass eine Batterie, deren Kapazität eine Größenordnung kleiner ist als jene der Erfindung, als eine Hilfsbatterie verwendet wird. Jedoch hat so eine herkömmliche supraleitende Magnetvorrichtung insoweit Nachteile, dass die Windung eine große Induktivität hat und dass die innere Struktur davon aufgrund des Vorhandenseins eines Schutzwiderstandes, der zum Verhindern des lokalen Durchbrennen des Drahtes hinzugefügt ist, oder eines Schutzschaltkreises, der mittels eines Halbleiters ausgebildet ist, komplex ist. Im Gegensatz dazu hat die Vorrichtung der Erfindung insoweit einen tiefgreifenden Vorteil, dass die Heizer für Steuervorgänge gemeinsam als die Heizer zum Regulieren der Magnetisierung verwendet werden können und dass daher kein Schutzmittel für die Not-Entmagnetisierung gebraucht wird.

[0386] In der vorangegangenen Beschreibung wurde das Verfahren der Regulierung der Magnetisierung der supraleitenden Magnetvorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs und des Sicherheitssystems für den Gebrauch davon, nachdem die Magnetisierung reguliert wurde, beschrieben. Die Prozedur, die aus Schritten zum Initialisieren und Magnetisieren auf einen willkürlichen Wert, der ein Anderer ist als der vorgegebene Wert, und Anordnen solcher Vorgänge wie eine vorläufige Magnetisierung und dann Durchführen einer Hauptmagnetisierung durch Annahme und Berechnung eines End-Magnetisierungswertes, der auf diesem Magnetisierungswert basiert, besteht, wird als die Prozedur der Erfindung nach der Regulierung der Magnetisierung angewendet. Daher ist eine supraleitende Magnetvorrichtung geschaffen, die verwendet werden kann, auch wenn ein Regulierungsschritt ausgelassen ist. Der End-Magnetisierungswert in diesem Fall ist ein Wert, der erlangt wird, indem die Installationsumgebung in der vorläufigen Magnetisierung berücksichtigt wird.

[0387] **Fig. 58** zeigt ein Beispiel der Konfiguration der gegensätzlichen supraleitenden Magnetvorrichtung des Vertikal-Magnetfeld-Typs, an der Zylinder angebracht sind. Wie in **Fig. 58** gezeigt, sind ein oberer supraleitender Magnet SCM1 und ein unterer supraleitender Magnet SCM2 über den Gleichform-Magnetfeldbereich FOV auf solch eine Weise angeord-

net, dass sie sich gegenüberliegen. Der obere Magnet SCM1 ist annähernd symmetrisch mit dem unteren Magneten SCM2. Daher ist nur die innere Struktur des oberen Magneten SCM1 in der Zeichnung dargestellt. Der obere Magnet SCM1 ist aus Zylindern C1, C2, C3 und C4 und einer Scheibe ML4 zusammengesetzt, die angeordnet sind, um mit der Zentralachse koaxial zu sein. Ein Dauerstrom, der durch den Zylinder fließt, fließt in der Umfangsrichtung des Zylinders. Jedoch wird ein Dauerstrom durch einen Teil der Zylinder zum Fließen gebracht, in der Richtung, die zu der Richtung entgegengesetzt ist, in der ein Dauerstrom in den anderen Zylindern fließt. Dadurch wird die Größe der Vorrichtung reduziert (in **Fig. 58**, ein Dauerstrom, der durch den Zylinder C3 in der entgegengesetzten Richtung fließt).

[0388] Die Gruppe von Zylindern C1 bis C4 ist auf solch eine Weise angeordnet, um ein Gleichform-Hochmagnetfeld in dem Gleichform-Magnetfeldbereich FOV zu erzeugen. Die Scheibe ML4 ist auf solch eine Weise angeordnet, um die Magnetfeldverteilung in dem Gleichform-Magnetfeldbereich FOV zu fixieren. Die Funktionen der Zylinder und der Scheibe sind ähnlich zu jenen der Zylinder und der Scheibe der Vorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs. Ferner wird jeder der Zylinder C1, C2, C3 und C4 normalerweise mittels einer Kombination von einem oder mehreren zylinderförmigen Körpern ausgebildet. Die Magnetisierungsspule Cex ist in dem Gleichform-Magnetfeldbereich FOV angeordnet und führt die Magnetisierung ähnlich wie in dem Fall der vorher genannten Vorrichtung des Horizontal-Magnetfeld-Typs durch. Wenn magnetisiert wird, werden die Zylinder normalerweise in aufsteigender Reihenfolge der Durchmesser magnetisiert. Ferner ist die Konfiguration der Magnetisierungs-Energieversorgung und der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung die gleiche wie jeweils in **Fig. 56** und **57**. Flussdiagramm und Zeitdiagramm des Magnetisierungs-Regulierungsvorganges sind ähnlich zu jenen von **Fig. 50** bis **55**.

[0389] **Fig. 59** bis **62** stellen Beispiele der Konfiguration einer supraleitenden Magnetvorrichtung dar, indem eine Mehrzahl von gegensätzlichen kleinen Zylindern angeordnet ist, von denen jeder einen relativ kleinen Durchmesser hat. **Fig. 59** stellt die Anordnung von kleinen Zylinderproben, die Anordnung der Magnetisierungsspule Cex und der Messposition, wenn ein Magnetisierungs-Experiment durchgeführt wird, dar. **Fig. 59(A)** zeigt die Anordnung in der X-Y-Koordinatenebene von einer der Gruppen von kleinen Zylindern, die auf solch eine Weise angeordnet sind, dass sie sich gegenüberliegen. Zehn kleine Zylinder, die 20 mm im Durchmesser und 40 mm in der Länge sind, sind auf solch eine Weise angeordnet, dass sie in Kontakt mit einem Kreis stehen, dessen Innendurchmesser 50 mm ist. Die Mitte von jedem der kleinen Zylinder ist auf der X-Achse angeordnet; und ein Umfangspunkt von jedem der kleinen Zylinder ist auf der Y-Achse angeordnet. **Fig. 59(B)**

ist eine Seitenansicht von einer der Gruppen der kleinen Zylinder, die auf solch eine Weise angeordnet sind, dass sie sich gegenüberliegen und eines Abschnittes der Magnetisierungsspule Cex, die darum herum angeordnet ist. Die Gruppe von kleinen Zylindern ist um den Punkt A0 auf solch eine Weise angeordnet, dass sie symmetrisch im Bezug zur Z-Achse ist, die als Zentralachse dient. Die **Fig. 59(A)** und **(B)** zeigen die Koordinaten X1 bis X5, Y1 bis Y3 und Z1 bis Z3 die Koordinaten der Magnetfeld-Messpunkte an.

[0390] **Fig. 60** zeigt die gemessenen Werte des Magnetfelds in dem Magnetisierungsexperiment. Diese Messwerte wurden erlangt, indem die Stärke des Magnetfelds an den Messpunkten gemessen wird, nachdem die Gruppe der kleinen Zylinder mittels Hineinlassens des vorgegebenen Magnetisierungsstromes in die Magnetisierungsspule Cex magnetisiert wurde. **Fig. 60(A)** zeigt Werte, die auf der X-Achse gemessen wurden; **Fig. 60(B)** Werte, die auf der Y-Achse gemessen wurden; und **Fig. 60(C)** zeigt Werte, die auf der Z-Achse gemessen wurden. Ergebnisse der Messung sind grob in Übereinstimmung mit einem Ergebnis der getrennt durchgeführten Berechnung. Wie in **Fig. 60(A)** bis **60 (C)** gezeigt, gibt es scharfe Spitzen in einem Abstand von ungefähr 35 mm vom Mittelpunkt A0 auf den X- und Y-Achsen. Im Gegensatz dazu sind die gemessenen Werte klein und variieren leicht auf der Z-Achse. Ferner werden in der Umgebung des Mittelpunktes A0 die gemessenen Werte negativ. Ferner werden die gemessenen Wert in dem Fall positiv, dass die Distanz vom Mittelpunkt A0 ungefähr 30 mm überschreitet. Das ist aufgrund der Tatsache, wie aus **Fig. 59(A)** gesehen werden kann, dass die Richtung des elektrischen Stromes, der durch einen Teil, dessen Querschnitt mit dem Innenkreis, der einen Durchmesser von 50 mm hat, in Kontakt ist, von jedem der kleinen Zylinder fließt, entgegengesetzt zu der des elektrischen Stromes ist, der durch einen anderen Teil, dessen Querschnitt mit dem Außenkreis, der einen Durchmesser von 90 mm (50 mm + 220 mm) hat, in Kontakt ist, von jedem der kleinen Zylinder fließt. Ferner sind an einem Teil (zum Beispiel einem Punkt auf der Y-Achse), an dem zwei kleine Zylinder in Kontakt miteinander sind, die Richtungen der Ströme, die durch die zwei kleinen Zylinder fließen, zueinander entgegengesetzt. Daher werden die Magnetfelder, die jeweils dazu korrespondieren, ausgelöscht, so dass die Stärke des Magnetfelds gering ist.

[0391] **Fig. 61** zeigt ein anderes Beispiel der Anordnung der Gruppen der kleinen Zylinder. **Fig. 61(A)** ist eine Draufsicht davon; und **Fig. 61(B)** ist eine Seitenansicht davon. Wie in

[0392] **Fig. 61(B)** dargestellt, sind der obere Magnet SCM1 und der untere Magnet SCM2 über den Mittelpunkt A0 in dem Gleichform-Magnetfeldbereich FOV auf solch eine Weise angeordnet, dass sie einander gegenüber sind. Jeder der Magneten ist aus der Gruppe von kleinen Zylindern und der Scheibe ML4

von **Fig. 61(A)** zusammengesetzt. Ferner besteht die Gruppe der kleinen Zylinder aus kleinen Zylindern C1 bis C5 mit großem Durchmesser und der Gruppe von kleinen Zylindern C1' bis C5' mit kleinem Durchmesser. Jede Gruppe der Zylinder ist auf solch eine Weise angeordnet, um auf die Zentralachse hin und gegen den Mittelpunkt A0 in dem Gleichform-Magnetfeldbereich FOV inkliniert zu sein. In dem Fall dieses Ausführungsbeispiels, hat das Magnetfeld, das durch die kleinen Zylinder gebildet wird, eine Richtcharakteristik. Daher sind die kleinen Zylinder auf solch eine Weise inkliniert, dass sie auf den Gleichform-Magnetfeldbereich gerichtet sind. Ferner sind zum Vermeiden der Absenkung in der Magnetfeldverteilung zwischen den kleinen Zylindern mit großem Durchmesser kleine Zylinder mit kleinem Durchmesser C1' bis C5' angeordnet.

[0393] In der supraleitenden Magnetvorrichtung dieses Ausführungsbeispiels kann die Magnetisierung durch Anordnen der extern angeordneten Magnetisierungsspule Cex in dem Gleichform-Magnetfeldbereich FOV erreicht werden. Jedoch ist es ein anderes wirksames Magnetisierungsverfahren, die Magnetisierungsspule Cex in jedem der kleinen Zylinder zu montieren. In dem Fall dieses Magnetisierungsverfahrens, sind die Magnetisierungsspulen Cex1 bis Cex5 und Cex1' bis Cex5' auf den Innenumfangsseiten der kleinen Zylindern C1 bis C5 und C1' bis C5' montiert. Die Magnetisierungsspulen sind in Reihe gekoppelt und elektrische Ströme sind dazu von der Magnetisierungs-Energieversorgung eingeführt. Das stärkste Merkmal dieses Ausführungsbeispiels liegt darin, dass die supraleitende Magnetvorrichtung der Erfindung die folgenden Vorteile hat. Der Querschnitt, der jedem der kleinen Zylinder C1 bis C5 und C1' bis C5' zuzuweisen ist, ist nämlich klein. Die Menge des Magnetflusses, die durch einen einzelnen kleinen Zylinder zu der Zeit der Ausbildung des magnetisierenden Magnetfeldes ausgebildet wird, ist klein. Daher sind die Magnetisierungsspulen des Typs, der in den Magneten eingebaut ist, vorteilhafter. Ferner kann das Verhältnis der Länge zu dem Durchmesser der kleinen Zylinder auf einen relativ großen Wert gesetzt werden, so dass die Abschwächung des Magnetfeldes klein gemacht werden kann, und dass das Verhältnis der effektiv genutzten Materialien in dem Fall des Herstellens des Zylinders, mittels Verwendens supraleitender Verbundstrukturplatten hoch ist.

[0394] **Fig. 62** zeigt ein drittes Beispiel der Gruppen der kleinen Zylinder. Diese Figur ist eine Seitenansicht der supraleitenden Magnetvorrichtung dieses Ausführungsbeispiels. Die Hauptteile des oberen Magneten SCM1 und des unteren Magneten SCM2 sind aus Gruppen von Zylindern, die aus supraleitenden Spulen oder supraleitenden Verbundstrukturplatten hergestellt sind, und einer Scheibe ML4 zusammengesetzt. Ferner wird eine Gruppe von kleinen Zylindern als Hilfsmittel verwendet. Die Gruppe der kleinen Zylinder ist um den Hauptmagneten an-

geordnet. Das Magnetfeld in dem Peripherieabschnitt des Gleichform-Magnetfeldbereichs FOV wird verstärkt, indem die hohe Richtcharakteristik davon genutzt wird. Mit solch einer Konfiguration kann der Durchmesser von jedem des oberen Magneten SCM1 und des unteren Magneten SCM2 verringert werden.

[0395] Ferner kann ein kleiner Zylinder, der aus einem Oxid-Hochtemperatursupraleiter hergestellt ist, als der oben genannte kleine Zylinder verwendet werden. Wie mit den Fällen von **Fig. 47** (des Horizontal-Magnetfeld-Typs) und **Fig. 58** (des Vertikal-Magnetfeld-Typs) verglichen, kann die Freiheit in der Auswahl der Materialien der supraleitenden Verbindung weiter erhöht werden. Ferner kann in dem Fall der Konfiguration von **Fig. 61** und **62**, eine supraleitende Magnetvorrichtung durch Kombination eines Hochtemperatursupraleiters, mittels dessen ein kleiner Zylinder leicht hergestellt werden kann, mit einem metallischen (oder Legierungs-) Supraleiter, mittels dessen ein Zylinder mit großem Durchmesser leicht hergestellt werden kann, leicht aufgebaut werden.

[0396] **Fig. 63** bis **65** zeigen Beispiele der detaillierten Konfiguration eines Zylinders. **Fig. 63** ist ein Beispiel der Konfiguration, in der die elektromagnetische Kraft von der äußeren Peripherie des Zylinders von einem Körper empfangen wird, der auf dem Innenumfang des Zylinders angeordnet ist. **Fig. 63(A)** ist ein Querschnitt davon; und **Fig. 63(B)** eine Seitenansicht davon. Wie in **Fig. 63(B)** gezeigt, ist eine Temperatur-Justiervorrichtung zwischen die Zylinder ML1 und ML2 auf solch eine Weise eingebettet, dass sie dazwischen gelegt ist und durch Verwenden eines Epoxiharzes (1) fixiert ist. Ein Zylinder, der aus Aluminium oder Kupfer hergestellt ist, wird in die Innenumfangsseite der Zylinder durch elektrisch isolierende Materialien mittels Presspassen eingeführt und ist mit den Zylindern ML1 und ML2 einstückig. Temperatur-Justiervorrichtungen sind an vier Plätzen auf solch eine Weise eingebettet, dass sie in 90°-Intervallen in der Umfangsrichtung angeordnet sind. Dieses Einbettungsloch ist normalerweise wie ein Kreis geformt.

[0397] **Fig. 64** stellt ein Beispiel der Konfiguration dar, in der die elektromagnetische Kraft, die auf einen Zylinder ausgeübt wird, durch Körper empfangen wird, die an den Innen- und Außenumfang eines Zylinders angeordnet sind. **Fig. 64(A)** ist ein transversaler Querschnitt davon; und **Fig. 64(B)** ist ein seitlicher Querschnitt davon. Die Platzierung von Temperatur-Justiervorrichtungen in einem Zylinder und das Einfügen eines Zylinders, der aus Aluminium oder Kupfer hergestellt ist, in die Innenumfangsseite des Zylinders mittels Presspassung sind ähnlich zu jenem wie in dem Fall von **Fig. 63**. In dem Fall dieses Ausführungsbeispiels wird ein Zylinder, der aus rostfreiem Stahl oder Aluminium oder Kupfer hergestellt ist, der auf solch eine Weise genügend dick ist, dass er eine elektromagnetische Kraft übersteht und dass er nicht mittels einer elektromagnetischen Kraft de-

formiert wird, in die Außenumfangsseite der Zylinder ML1 und ML2 mittels Presspassung eingeführt und ist mit den Zylindern einstückig. **Fig. 64(C)** zeigt die Form eines Loches, in dem die Temperatur-Justier-
 vorrichtung eingebettet ist und dieses Beispiel des Loches hat eine flache und elliptische Form und ist wirkungsvoll in dem Fall, dass der Zylinder dünn ist. [0398] **Fig. 65** stellt den Fall dar, dass ein zusätzlicher Zylinder auf dem Außenumfang des Zylinders von **Fig. 65** angeordnet ist und ein Zylinder, der aus rostfreiem Stahl oder Aluminium oder Kupfer hergestellt ist, auf dem Außenumfang des zusätzlichen Zylinders, ähnlich wie in dem Fall von **Fig. 64**, angeordnet ist. Die Kombination der Zylinder ML1 und ML2 in der Innenumfangsseite und des Zylinders, der aus Aluminium oder Kupfer hergestellt ist, ist ähnlich zu jener in **Fig. 63**. Ein Zylinder, der aus Aluminium oder Kupfer hergestellt ist, der als ein Abstandhalter dient, ist an dem Außenumfang der Kombination bereitgestellt. Ferner ist ein wärmeisolierendes Material, das aus Fiberglas usw. hergestellt ist, nur an den Außenumfang eines Teils angeordnet, in dem die Temperatur-Justier-
 vorrichtung eingebettet ist und wird durch ein Epoxidharz fixiert. Andere Zylinder ML3 und ML4 sind an dem Außenumfang des Abstandhalters angeordnet. Ferner ist ein Zylinder, der aus rostfreiem Stahl oder Aluminium oder Kupfer hergestellt ist, auf dem Außenumfang der Zylinder ML3 und ML4 angeordnet. Temperatur-Justier-
 vorrichtungen, die in die Innenumfangsseite der Zylinder ML1 und ML2 eingebettet sind, und die Temperatur-Justier-
 vorrichtungen, die in die Außenumfangsseite der Zylinder ML3 und ML4 eingebettet sind, sind jeweils auf der gleichen Winkelposition mit Bezug zu der Umfangsrichtung des Zylinders angeordnet und sind mit einem wärmeisolierendem Material thermisch isoliert. [0399] **Fig. 66** zeigt ein Beispiel einer Struktur, in der ein Zylinder, der in **Fig. 63 bis 65** dargestellt, an der Zylinder-Abstützbasis montiert ist. Die Struktur dieses Ausführungsbeispiels wird erlangt, indem angenommen wird, dass die supraleitende Magnet-
 vorrichtung in der Längsrichtung zweiseitig symmetrisch mit Bezug zu der Zentrallinie ist. Daher zeigt **Fig. 66** eine rechte Hälfte der Struktur, wie in dieser Figur gezeigt wird. Die Zylinder-Abstützbasis hat zylinderförmige Löcher, die entlang der Zentralachse im Inneren davon gebildet sind. Ferner ist die nach außen gerichtete Form dieser Struktur wie Stufen geformt, so dass der Außendurchmesser mit Verringerung des Abstand von dem Rand davon abnimmt. Die Zylinder-Abstützbasis ist aus Aluminium hergestellt. Von jeder Stufe der Zylinder-Abstützbasis ist die Fläche, die parallel zu der Zentrallinie in der Längsrichtung ist, elektrisch isoliert. Ferner sind Zylinder, die im Innendurchmesser voneinander verschieden sind, in der Reihenfolge an jede Stufe der Zylinder-Abstützbasis in der abnehmenden Reihenfolge des Innendurchmessers mittels Presspassens angepasst. Mit solch einer Konfiguration wirkt die elektromagnetische Kraft in der Richtung von Pfeilen gerichtet. Da-

durch können Zylinder an der Zylinder-Abstützbasis stabil gegen die elektromagnetische Kraft fixiert werden. Diese stufenähnliche Struktur schafft eine gute Verteilung für den Gleichform-Magnetfeldbereich FOV. Die Struktur von **Fig. 66** ist zweiseitig symmetrisch. Dadurch können die Zylinder und die Basis auf solch einer Weise ausgebildet werden, dass sie miteinander einstückig sind. Alternativ können der linksseitige Teil der Zylinder-Abstützbasis und der rechtsseitige Teil davon getrennt hergestellt werden und dann mittels Schweißens an einem Zentralabschnitt in der Längsrichtung gekoppelt werden.

[0400] **Fig. 67(A)** zeigt ein Beispiel einer Struktur, in der die Kombination der Zylinder und der Zylinder-Abstützbasis aus **Fig. 66** in einer supraleitenden Magnetvorrichtung enthalten ist. Die Kombination der Zylinder und der Zylinder-Abstützbasis ist in den Kühlmittelbehälter eingeschlossen und wird mittels eines Kühlmittels gekühlt, das von einem Flüssigkeitseinlass eingespritzt wird. Das Kühlmittel wird mittels eines Kühlers gekühlt. Der Kühlmittelbehälter wird in einem Kühlbehälter über eine wärmeisolierende Schicht gestützt. Ein Steuerstrom wird von der Magnetisierungs-Energieversorgung PS1 durch einen Verdrahtungsanschluss in die Temperatur-Justier-
 vorrichtungen, die in dem Zylinder eingebettet sind, eingeleitet. Ferner wird die Temperatur-Justier-
 vorrichtung, nachdem sie magnetisiert ist, mit der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung PS2 gekoppelt. [0401] Die Magnetisierungsspule Cex ist in der Nachbarschaft des Gleichform-Magnetfeldbereichs FOV der supraleitenden Magnetvorrichtung SCM fixiert, indem die Zentralachse mit dem Mittelpunkt der Magnetisierungsspule Cex in Übereinstimmung gebracht wird. Eine Führungsschiene, in die die Magnetisierungsspule Cex eingelegt ist, ist in der Bohrung der supraleitenden Magnetvorrichtung SCM angebracht, wie in **Fig. 67(B)** dargestellt. Konvexe Abschnitte zum Fixieren der Magnetisierungsspule Cex sind an beiden Endflächen der Bohrung der supraleitenden Magnetvorrichtung SCM angebracht. Die Magnetisierungsspule Cex wird von einem Ende der Bohrung der supraleitenden Magnetvorrichtung SCM eingeführt, während die Magnetisierungsspulenfixierung gelöst ist. Nach dem Einführen, wird die Magnetisierungsspulenfixierung damit gekuppelt und daher ist die Magnetisierungsspule Cex in der supraleitenden Magnetvorrichtung SCM fixiert. Daher deckt die Magnetisierungsspule Cex den Gleichform-Magnetfeldbereich FOV ab. Daher wird das Magnetfeld-Messelement (zum Beispiel ein Hall-Element) an der Position montiert, die zu dem Magnetfeld-Führungspunkt der magnetischen Spule Cex korrespondiert. Daher kann das Magnetfeld während der Magnetisierung überprüft werden, ohne die Magnetisierungsspule Cex zu lösen. Es ist unnötig zu sagen, dass die End-Regulierung des Magnetfeldes durchgeführt wird, indem die Magnetisierungsspule Cex nach der Magnetisierung gelöst wird und ein Präzisionsmessungs-Magnetfeldsensor installiert wird.

[0402] Wie oben beschrieben sind die grundsätzlichen Charakteristiken eines Zylinders mittels eines Experiments überprüft. Ferner wurde das Verfahren der Regulierung der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung, an der dieser Zylinder angewendet ist, systematisch beschrieben. In der vorangegangenen Beschreibung wurde das Beispiel der Anwendung eines supraleitenden Verbundstruktur-Plattenmaterials beschrieben. Die Erfindung kann jedoch auf supraleitende Plattenmaterialien oder Zylinder im Allgemeinen angewendet werden. Daher kann die Erfindung auf den Fall angewendet werden, dass die Materialien mit Hochtemperatursupraleitern ersetzt werden.

Industrielle Anwendbarkeit

[0403] Gemäß der Erfindung sind Zylinder, an die supraleitende Verbundstruktur-Plattenmaterialien angelegt, wirksam zum Erreichen eines Ziel-Gleichform-Magnetfeldbereich angeordnet. Ferner wird Induktions-Magnetisierung durchgeführt, um diese Zylinder als eine Magnetfeld-Erzeugungsmittel zu verwenden. Die Temperatur der Zylinder wird gesteuert, indem die Temperatur-Justiervorrichtungen darin montiert werden. Dieses ermöglicht der supraleitenden Magnetvorrichtung, den Magnetisierungswert davon nach der Magnetisierung davon zu regulieren. Folglich ist eine Verlagerung von einer herkömmlichen supraleitenden Magnetvorrichtung, die Spulen verwendet, die aus supraleitenden Drähten hergestellt sind, zu einer neuen supraleitenden Magnetvorrichtung, die Zylinder als Magnetfeld-Erzeugungsmittel verwendet, erreicht. Das Verwenden der oben genannten Zylinder befreit von Windungsvorgängen und ermöglicht das Herstellen von Magnetfeld-Erzeugungsmitteln, mittels Verwendens gewöhnlicher Herstellungsarbeiten, wie zum Beispiel einen Formungsvorgang, der eine Modellform verwendet, einen maschinellen Bearbeitungsvorgang und einen Zusammenfügvorgang. Folglich kann ohne Facharbeiter eine supraleitende Magnetvorrichtung mit hoher Herstellungspräzision produziert werden.

[0404] Ferner kann die supraleitende Magnetvorrichtung der Erfindung einem Quench-Phänomen vorbeugen, indem die Temperatur-Justiereinrichtung in dem Zylinder montiert ist und diese Einrichtung mit der Not-Entmagnetisierungsvorrichtung gekoppelt ist und die Magnetisierung mittels der Induktions-Magnetisierung durchgeführt wird und eine Struktur zum Verhindern eines Auftretens einer Deformation aufgrund der elektromagnetischen Kraft des Zylinders eingeführt ist.

[0405] Ferner kann die Variation in dem Magnetfeld und in der magnetischen Feldverteilung kompensiert werden, indem Zylinder oder Scheiben zwischen dem Gleichform-Magnetfeldbereich und dem Magnetfeld-Erzeugungsmittel platziert werden und den Magnetisierungswert fixieren.

Patentansprüche

1. Eine supraleitende Magnetvorrichtung, aufweisend: einen Kühlbehälter zum Kühlen von Inhalten davon zu einem supraleitenden Zustand; Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel, angeordnet in dem Kühlbehälter und aufweisend eine oder mehrere supraleitende Verbundelemente (ML) mit einer supraleitenden Verbundstruktur, dienend als ein Haltemedium zum Halten eines elektrischen Stroms darin, zum Erzeugen eines magnetischen Flusses in einem vorbestimmten Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) entlang einer zentralen Achse davon; und Haltemittel zum Halten der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel in dem Kühlbehälter; wobei die supraleitenden Verbundelemente (ML) mit einer Temperatur-Justiereinrichtung versehen sind und ein Magnetisierungswert (B) der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel mittels Steuern der Temperatur der supraleitenden Verbundelemente (ML) mittels der Temperatur-Justiereinrichtung eingestellt wird, wobei die supraleitenden Verbundelemente (ML) mittels erster Zylinder gebildet sind, die aus supraleitenden Verbundplatten-Materialien gebildet sind, wobei die Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel mittels einer Mehrzahl der ersten Zylinder gebildet sind, und ein Statikmagnetfeld ist mittels Induktions-Magnetisierung der Mehrzahl von ersten Zylindern erzeugt; wobei die ersten Zylinder an einem Kreis angeordnet sind, welcher konzentrisch mit der zentralen Achse der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel ist, um so in einem vorbestimmten Abstand voneinander angeordnet zu sein.

2. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die zentrale Achse von jedem der ersten Zylinder, mit einem vorbestimmten Winkel, zu jener der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel geneigt ist, um so zu dem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) gerichtet zu sein.

3. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei zweite Zylinder mit Durchmessern, die kleiner als die Durchmesser der ersten Zylinder sind, an einem Kreis angeordnet sind, welcher konzentrisch mit aber im Durchmesser unterschiedlich von dem Kreis ist, an dem die ersten Zylinder angeordnet sind, um so in einem vorbestimmten Abstand voneinander angeordnet zu sein.

4. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei die zentrale Achse von jedem der zweiten Zylinder, mit einem vorbestimmten Winkel, zu jener der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel geneigt ist, um so zu dem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) gerichtet zu sein.

5. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 3, ferner aufweisend eine Temperatur-Justiereinrichtung, die an einer Stelle vorgesehen

ist, welche in einem Abstand von dem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) angeordnet ist, an einer einer Oberfläche der ersten Zylinder gegenüberliegenden Seite, wobei einer oder mehrere dritte Zylinder oder eine oder mehrere erste Scheiben, gebildet aus supraleitenden Verbundplatten-Materialien, konzentrisch mit den ersten Zylindern angeordnet sind, und wobei die Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel Induktions-Magnetisierung der dritten Zylinder auf eine solche Weise bewirken, dass magnetische Flüsse in einer Richtung erzeugt werden, in welcher die mittels der ersten oder zweiten Zylinder erzeugten magnetischen Flüsse aufgehoben sind.

6. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei eine oder mehrere zweite Scheiben, gebildet aus einem supraleitenden Verbundplatten (ML) Material, und aufweisend einen Außendurchmesser, der nahezu gleich zu dem der ersten Zylinder ist, und mit denen Temperatur-Justiereinrichtungen bereitgestellt sind, in einem Oberflächen-seite-Randbereich der ersten Zylinder angeordnet sind, so dass sie koaxial mit der zentralen Achse der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel sind, wobei die zweiten Scheiben aus dem supraleitenden Zustand entlassen werden, indem sie von dem Anfang von Magnetisierung von Statikmagnetfeld-Erzeugungsmitteln zu der Vervollständigung von Regulierung von Magnetisierung davon mittels der Temperatur-Justiereinrichtungen geheizt werden, und wobei, nach Vervollständigung der Regulierung von Magnetisierung davon, Heizen der zweiten Scheiben gestoppt wird und die zweiten Scheiben mittels Kühlens in einen supraleitenden Zustand zurückgeführt werden.

7. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 3, 5 oder 6, wobei einer oder mehrere vierte Zylinder, gebildet aus supraleitenden Verbund-Materialien (ML), mit welchen Temperatur-Justiereinrichtungen bereitgestellt sind, an dem äußeren Rand von jedem der ersten, zweiten und dritten Zylinder angeordnet werden, wobei die vierten Zylinder Innendurchmesser aufweisen, die größer als die Außendurchmesser der ersten, zweiten und dritten Zylinder sind, und wobei die ersten, zweiten und dritten Zylinder mittels der zweiten Scheiben und der vierten Zylinder umgeben sind, wobei die zweiten Scheiben und die vierten Zylinder von dem supraleitenden Zustand mittels Heizens vom Anfang der Magnetisierung von Statikmagnetfeld-Erzeugungsmitteln zum Vervollständigen der Regulierung von Magnetisierung davon mittels der Temperatur-Justiereinrichtungen entlassen werden, und wobei Heizen der zweiten Scheiben und der vierten Zylinder mittels der Temperatur-Justiereinrichtungen nach dem Vervollständigen der Regulierung der Magnetisierung davon gestoppt wird; und wobei die zweiten Scheiben und die vierten Zylinder gekühlt und in einen supraleitenden Zustand zurückgebracht werden.

8. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei eine Magnetisierungsspule (Cex) in der Nähe des ersten Zylinders in dem Kühlbehälter angeordnet ist.

9. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei die Temperatur-Justiereinrichtungen von jeder Gruppe eines Paares von den ersten, zweiten und dritten Zylindern, in jeder Gruppeneinheit, in Reihe geschaltet sind, wobei eine Temperatur-Justiereinrichtung zum Justieren der Temperatur des Randbereichs zu jedem der Zylinder angefügt ist, wobei die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtungen kollektiv in Reihe geschaltet sind, wobei ein Satz der zweiten Scheiben und/oder der vierten Zylinder mit Temperatur-Justiereinrichtungen versehen sind, welche kollektiv in Reihe geschaltet sind, wobei Leitungen davon aus den Statikmagnetfeld-Erzeugungsmitteln herausgeführt sind.

10. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 9, wobei alle Leiter zum Einführen von Gleichströmen zu den Temperatur-Justiereinrichtungen der Zylinder oder Scheiben, von einer zum Versorgen der inneren Verdrahtung von Statikmagnetfeld-Erzeugungsmitteln mit einem Gleichstrom betriebenen Magnetisierungs-Energieversorgung (PS1), miteinander als Hin-und-her-Gleichstrom-Leiter verseilt sind, und wobei zwei Heiz-Zuleitungen oder Leitungen parallel oder miteinander verseilt als Leiter bereitgestellt sind, bereitgestellt in einer Temperatur-Justiereinrichtung auf eine solche Weise, dass Hin-und-her-Gleichströme nahe beieinander hindurchgeleitet werden.

11. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 10, wobei die Temperatur-Justiereinrichtungen in Gruppeneinheiten von Temperatur-Justiereinrichtungen aufgeteilt sind, um so jeweils durch diese fließende Ströme zu steuern, wobei die Temperatur-Justiereinrichtungen von jeder Gruppeneinheit kollektiv in Reihe geschaltet sind, und wobei Leitungen davon aus Statikmagnetfeld-Erzeugungsmitteln herausgeleitet sind.

12. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 9 oder 11, wobei Drähte aus rostfreiem Stahl oder Hochtemperatursupraleiter-Drähte als Leitungen der Temperatur-Justiereinrichtungen verwendet werden, welche aus den Statikmagnetfeld-Erzeugungsmitteln herausgeleitet werden.

13. Eine supraleitende Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 6, wobei der erste Zylinder oder die erste Scheibe aus Hochtemperatursupraleiter-Materialien gebildet ist.

14. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das Verfahren die Schritte

aufweist: Magnetisieren der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel mittels Durchführens von Induktions-Magnetisierung; und danach Einstellen der Temperatur der supraleitenden Verbundelemente (ML) mittels Steuern des Werts des Stromflusses der Temperatur-Justiereinrichtung, um so einen Magnetisierungswert (B) der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel so einzustellen, dass er innerhalb eines vorbestimmten Wertebereichs ist.

15. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 14, wobei das Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel mittels Induktions-Magnetisierung unter Verwendung einer Magnetisierungsspule (Cex) magnetisiert wird, wobei eine Magnetisierungs-Energieversorgung (PS1) für die Magnetisierungsspule (Cex) bereitgestellt ist, und wobei der Magnetisierungswert (B) der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel derart justiert wird, dass er innerhalb eines vorbestimmten Wertebereichs ist, mittels Justierens der Temperatur des mindestens einen supraleitenden Verbundelements (ML) mittels Steuern des Werts des Stromflusses der Temperatur-Justiereinrichtung, wobei das mindestens eine supraleitende Verbundelement (ML) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels die ersten Zylinder aufweist, die aus einem supraleitenden Plattenmaterial hergestellt sind und in dem Kühlbehälter derart angeordnet sind, dass die zentralen Längsachsen davon miteinander übereinstimmen, und wobei ein Statikmagnetfeld (B0) von gewünschter Stärke und Richtung eines magnetischen Flusses in einem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) mittels Magnetisierens der ersten Zylinder erhalten wird, wobei mindestens ein zweiter Zylinder eines größeren Durchmessers oder mindestens eine ringartige Scheibe eines größeren Durchmessers, jeweils mit einer zentralen Bohrung, entlang des Randes der ersten Zylinder angeordnet sind, wobei die zentrale Längsachse des mindestens einen zweiten Zylinders mit der zentralen Längsachse der ersten Zylinder übereinstimmt, wobei eine Temperatur-Justiereinrichtung für den mindestens einen zweiten Zylinder bereitgestellt ist, und wobei Induktions-Magnetisierung des mindestens einen zweiten Zylinders mittels der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel auf eine solche Weise durchgeführt wird, dass ein magnetischer Fluss erzeugt wird, der eine Richtung hat, wodurch ein mittels der ersten Zylinder erzeugter magnetischer Fluss aufgehoben wird, wodurch Streufluss reduziert wird, wobei vorläufige Induktions-Magnetisierung vorläufig durchgeführt wird, und dann wird ein Magnetfeld-Sollwert für die Induktions-Magnetisierung auf einen veränderten Sollwert gemäß einem Ergebnis der Magnetisierung verändert, und nachfolgend wird endgültige Induktions-Magnetisierung gemäß dem veränderten Sollwert durchgeführt, wobei die Regulierung der Magnetisierung nach der Induktions-Magnetisierung weggelassen wird.

16. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 14 oder 15, wobei ein Magnetfeld-Sollwert für eine anfängliche Induktions-Magnetisierung auf einen Wert gesetzt wird, welcher höher als ein gewünschter Magnetisierungswert (B) ist, wobei nach der Magnetisierung die supraleitenden Verbundelemente (ML) in Übereinstimmung mit Temperatur-kritische-Stromdichte-Charakteristik erwärmt werden, und wobei ferner mittels Justierens der Heiztemperatur, der Magnetisierungswert (B) verringert wird, so dass ein gewünschter Magnetisierungswert (B) erreicht wird.

17. Ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 14 oder 15, wobei das mindestens eine supraleitende Verbundelement (ML) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels die ersten Zylinder aufweist, die aus einem supraleitenden Plattenmaterial hergestellt sind und in dem Kühlbehälter derart angeordnet sind, dass die zentralen Längsachsen davon miteinander übereinstimmen, und wobei ein Statikmagnetfeld (B0) von gewünschter Stärke und Richtung eines Magnetflusses in einem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) mittels Magnetisierens der ersten Zylinder erhalten wird, wobei die supraleitende Magnetvorrichtung ferner mindestens einen zweiten Zylinder eines größeren Durchmessers oder mindestens eine ringartige Scheibe eines größeren Durchmessers aufweist, mit jeweils einer zentralen Bohrung, angeordnet um den Rand der ersten Zylinder, wobei die zentrale Längsachse des mindestens einen zweiten Zylinders mit der zentralen Längsachse der ersten Zylinder übereinstimmt, wobei eine Temperatur-Justiereinrichtung für den mindestens einen zweiten Zylinder vorgesehen ist, und wobei Induktions-Magnetisierung des mindestens einen zweiten Zylinders mittels des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels auf eine solche Weise durchgeführt wird, dass ein magnetischer Fluss erzeugt wird, der eine Richtung hat, wodurch ein mittels der ersten Zylinder erzeugter Magnetfluss aufgehoben wird, wodurch Streufluss reduziert wird, wobei eine extern angeordnete Magnetisierungsspule (Cex) in der supraleitenden Magnetvorrichtung enthalten ist, wobei das Verfahren des Regulierens von Magnetisierung der supraleitenden Magnetvorrichtung die Schritte aufweist: Befestigen der extern angeordneten Magnetisierungsspule (Cex) an der supraleitenden Magnetvorrichtung, um konzentrisch mit dem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) darin zu sein, Anschließen der externen Magnetisierungsspule (Cex) an eine Magnetisierungs-Energieversorgung (PS1), Magnetisieren der ersten und zweiten Zylinder, und zunächst mittels kollektiven Magnetisierens der zweiten Zylinder, und dann Umkehrens der Polarität der extern angeordneten Magnetisierungsspule (Cex), wodurch die ersten Zylinder kollektiv magnetisiert werden, wobei Magnetisierung derart durchgeführt

wird, dass Randbereiche, in welchen anhaltend Ströme fließen, konzentriert an der Innendurchmesserseite der Zylinder bereitgestellt sind.

18. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 15 oder 17, wobei, wenn die ersten und zweiten Zylinder magnetisiert werden, die Magnetisierung an den Zylindern in ansteigender Ordnung des Durchmessers durchgeführt wird, um so eine erforderliche Stärke des Magnetfelds an einer vorbestimmten Position davon zu haben.

19. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 15 oder 17, wobei, wenn die zweiten Zylinder magnetisiert werden, die Magnetisierung daran auf eine solche Weise durchgeführt wird, dass die Magnetisierungspolarität der zweiten Zylinder entgegengesetzt zu der Magnetisierungspolarität der ersten Zylinder ist.

20. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 15 oder 17, wobei, wenn die ersten Zylinder magnetisiert werden, die Magnetisierung in ansteigender Ordnung des Durchmessers auf eine solche Weise durchgeführt wird, dass die Magnetisierungspolarität von einigen der ersten Zylinder entgegengesetzt zu der Magnetisierungspolarität des anderen Zylinders ist.

21. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 15 oder 17, wobei jeder der Zylinder in Richtung der Dicke davon in eine Mehrzahl von Schichten aufgeteilt ist, wobei die Temperatur-Justiereinrichtung zu jeder der Mehrzahl von aufgrund der Aufteilung erhaltenen Schichten hinzugefügt wird, wobei, wenn die Zylinder magnetisiert werden, die Schichten als individuelle Zylinder angesehen werden, wobei ferner die Magnetisierung davon in ansteigender Ordnung des Durchmessers davon durchgeführt wird, und wobei jede der Schichten der Zylinder unabhängig auf eine solche Weise magnetisiert wird, dass eine erforderliche Stärke des Magnetfelds an einer vorbestimmten Position davon erreicht wird.

22. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 15 oder 17, wobei die extern angeordnete Magnetisierungsspule (Cex) als eine Spule für die Magnetisierung der ersten Zylinder betrieben wird, wobei ferner eine Magnetisierungszusatzspule (Cex), die in der supraleitenden Magnetvorrichtung enthalten ist, als eine Spule für die Magnetisierung der zweiten Zylinder betrieben wird, und wobei die Magnetisierung mittels Einstellens der Magnetisierungspolarität der Magnetisierungszusatzspule (Cex)

derart durchgeführt wird, dass sie entgegengesetzt zu der Magnetisierungspolarität der extern angeordneten Magnetisierungsspule (Cex) ist, und mittels simultanen Steuern von sowohl der Magnetisierungszusatzspule (Cex) als auch der extern angeordneten Magnetisierungsspule (Cex).

23. Ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 15 oder 17, wobei jeder der ersten und zweiten Zylinder in der Richtung der Dicke davon in zwei Zylinder aufgeteilt ist, wobei eine Temperatur-Justiereinrichtung zu jedem der Zylinder hinzugefügt ist, wobei zunächst von den zwei Zylindern der Zylinder mit dem größeren Durchmesser mittels der Magnetisierungsspule (Cex) auf eine solche Weise magnetisiert wird, dass er einen Magnetisierungswert hat, welcher $(1/n)$ des endgültigen Magnetisierungswerts ist, wobei nachfolgend der Zylinder eines kleineren Durchmessers mittels eines magnetisierenden Magnetfelds magnetisiert wird, erhalten mittels Hinzufügens des magnetisierenden Magnetfelds, welches von der Magnetisierungsspule (Cex) bewirkt wird und einen Magnetisierungswert gleich $(1/n)$ des endgültigen Magnetisierungswerts hat, zu dem magnetisierenden Magnetfeld, welches mittels des Zylinders eines großen Durchmessers verursacht ist, aufweisend einem Magnetisierungswert gleich $(1/n)$ des endgültigen Magnetisierungswerts, auf eine solche Weise, um einen Magnetisierungswert zu haben, welcher $(2/n)$ des endgültigen Magnetisierungswerts ist, wobei daher der Zylinder auf eine solche Weise magnetisiert wird, dass er einen Magnetisierungswert hat, welcher $(2/n)$ des endgültigen Magnetisierungswerts ist, wobei dieser Betrieb sequentiell n Mal wiederholt wird, und wobei jeder der Zylinder mittels Verwendens der Magnetisierungsspule (Cex) auf einen Magnetisierungswert magnetisiert wird, welcher $(1/n)$ des endgültigen Magnetisierungswerts ist, auf eine solche Weise, um einen endgültigen Magnetisierungswert zu erhalten.

24. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 14, wobei das Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel mittels Induktions-Magnetisierung unter Verwendung einer Magnetisierungsspule (Cex) magnetisiert wird, wobei eine Magnetisierungs-Energieversorgung (PS1) für die Magnetisierungsspule (Cex) bereitgestellt ist, und wobei der Magnetisierungswert (B) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels derart justiert wird, dass er innerhalb eines vorbestimmten Wertebereichs ist, mittels Justierens der Temperatur des mindestens einen supraleitenden Verbundelements (ML) mittels Steuerns des Werts des Stromflusses der Temperatur-Justiereinrichtung, wobei ein Paar der supraleitenden Magnetvorrichtungen derart angeordnet ist, dass sie einander gegenüberliegen, wobei die zentralen Längsachsen davon miteinander übereinstimmen, wobei ein Gleich-

form-Magnetfeldbereich (FOV) in der Nähe des Mittelpunktes zwischen dem Paar von einander gegenüberliegenden supraleitenden Magnetvorrichtungen bereitgestellt ist, wobei die supraleitenden Elemente (ML) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels in jeder supraleitenden Magnetvorrichtung einen oder mehrere erste kleine Zylinder aufweisen, von denen jeder aus supraleitendem Verbundplatten-Material gebildet ist und einen Durchmesser hat, der nicht mehr als (1/3) des Außendurchmessers des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels ist, und mit einer Temperatur-Justiereinrichtung in der Nähe davon versehen ist, zum Heizen der supraleitenden Verbundelemente (ML) zum Steuern der Temperatur davon, wobei die ersten kleinen Zylinder an dem Umfang eines Kreises angeordnet und gleichförmig beabstandet sind, welcher konzentrisch mit den zentralen Längsachsen ist, wobei die zentrale Achse von jedem der ersten kleinen Zylinder zu den zentralen Längsachsen der supraleitenden Magnetvorrichtungen mittels einer vorbestimmten Größe auf eine solche Weise geneigt ist, um sich hin zu dem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) zu erstrecken, wobei die ersten kleinen Zylinder mittels der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel magnetisiert sind, wobei ein Statikmagnetfeld (B_0) von gewünschter Stärke und gewünschter Richtung von magnetischem Fluss im Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) erhalten wird, wobei die supraleitende Magnetvorrichtung ferner eine Temperatur-Justiereinrichtung aufweist, die an einer Stelle angeordnet ist, welche in einem Abstand von dem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) an einer Seite gegenüberliegend zu einer Oberfläche der ersten kleinen Zylinder angeordnet ist, wobei einer oder mehrere zweite kleine Zylinder oder eine oder mehrere Scheiben, gebildet aus supraleitenden Verbundplatten-Materialien (ML), angeordnet sind, um konzentrisch mit den ersten kleinen Zylindern zu sein, wobei die Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel Induktions-Magnetisierung der zweiten kleinen Zylinder oder Scheiben auf eine solche Weise bewirken, dass in einer Richtung, in welcher die mittels der ersten kleinen Zylinder erzeugten Magnetflüsse aufgehoben sind, Magnetflüsse erzeugt sind, wodurch Streuflüsse verringert werden, wobei Magnetisierungszusatzspulen (Cex) in den ersten und zweiten kleinen Zylindern enthalten sind, und wobei ferner die Magnetisierung der Vorrichtung durchgeführt wird mittels Überlagerns der Stärke eines magnetisierenden Magnetfelds, welches mittels einer Magnetisierungszusatzspule (Cex) bewirkt wird, mit der Stärke eines magnetisierenden Magnetfelds, welches mittels einer extern angeordneten Magnetisierungsspule (Cex) bewirkt wird.

25. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 14, wobei das Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel mittels Induktions-Magnetisierung unter Verwendung einer Magnetisierungsspule (Cex)

magnetisiert wird, wobei eine Magnetisierungs-Energieversorgung (PS1) für die Magnetisierungsspule (Cex) bereitgestellt ist, und wobei der Magnetisierungswert (B) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels derart justiert wird, dass er innerhalb eines vorbestimmten Wertebereichs ist, mittels Justierens der Temperatur des mindestens einen supraleitenden Verbundelements (ML) mittels Steuerns des Werts des Stromflusses der Temperatur-Justiereinrichtung, wobei das mindestens eine supraleitende Verbundelement (ML) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels die ersten Zylinder aufweist, die aus einem supraleitenden Plattenmaterial hergestellt sind und in dem Kühlbehälter angeordnet sind, wobei die zentralen Längsachsen davon miteinander übereinstimmen, und wobei ein Statikmagnetfeld (B_0) von gewünschter Stärke und Richtung eines magnetischen Flusses in einem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) mittels Magnetisierens der ersten Zylinder erreicht wird, wobei mindestens ein zweiter Zylinder eines größeren Durchmessers oder mindestens eine ringartige Scheibe eines größeren Durchmessers, jeweils mit einer zentralen Bohrung, um den Rand des ersten Zylinders angeordnet ist, wobei die zentrale Längsachse des mindestens einen zweiten Zylinders mit der zentralen Längsachse der ersten Zylinder übereinstimmt, wobei eine Temperatur-Justiereinrichtung für den mindestens einen zweiten Zylinder bereitgestellt ist, und wobei Induktions-Magnetisierung des mindestens einen zweiten Zylinder mittels des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels auf eine solche Weise durchgeführt wird, dass ein magnetischer Fluss mit einer Richtung erzeugt wird, mittels welchem ein mittels der ersten Zylinder erzeugter Magnetfluss aufgehoben wird, wodurch Streufluss verringert wird, wobei mindestens ein zusätzlicher Zylinder, welcher eine Länge hat, die länger als die Länge der ersten Zylinder ist, aber einen Außendurchmesser hat, welcher kürzer als die Innendurchmesser der ersten Zylinder ist, und ferner mit einer Temperatur-Justiereinrichtung versehen ist, im Inneren der inneren Umfänge der ersten Zylinder angeordnet ist, wobei der zusätzliche Zylinder aus einem supraleitenden Zustand entlassen wird, indem er von dem Beginn der Magnetisierung zu der Vervollständigung der Regulierung von Magnetisierung mittels der Temperatur-Justiereinrichtung geheizt wird, und wobei der zusätzliche Zylinder gekühlt und in den supraleitenden Zustand zurückgebracht wird, mittels Stoppens des Heizens davon nach Vervollständigung der Regulierung der Magnetisierung, wobei die Temperatur der Zylinder oder Scheiben der ersten und zweiten Zylinder und des zusätzlichen Zylinders mittels der Temperatur-Justiereinrichtungen vor der Magnetisierung davon angehoben wird, wobei der Zustand davon von dem supraleitenden Zustand in den normalleitenden Zustand verändert wird, und wobei danach ein Initialisierungsschritt des Eliminierens eines vergangenen Restmagnetfelds mittels Stoppens des Heizens davon durchgeführt wird, und dann mittels

Durchführens von Kühlung, um den Zustand davon wieder in den supraleitenden Zustand zu wechseln.

26. Ein Verfahren des Regulierens von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 24 oder 25, wobei die Magnetisierung derart gesteuert wird, dass die Zylinder oder Scheiben von einem Initialisierungsschritt zu der Vervollständigung der Regulierung von Magnetisierung in einem Zustand gehalten werden, in dem sie normalleitende Charakteristik aufweisen, und nach dem Vervollständigen der Regulierung der Magnetisierung werden die Zylinder oder Scheiben in einen Zustand zurückgebracht, in dem sie supraleitende Charakteristik aufweisen.

27. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 24 oder 25, wobei ein Schritt des Übermitteln eines gewünschten Magnetisierungswerts (B) an die Zylinder durchgeführt wird mittels Ausführens einer Steuer-Operation des graduellen Verringerns eines Anregungsstroms für die Magnetisierungsspule (Cex) auf Null nach dem Vollenden einer Steuer-Operation des Anhebens eines existierenden Stroms für die Magnetisierungsspule (Cex) und mittels Bringens der Stärke des magnetisierenden Magnetfelds auf einen gewünschten Wert, und nachfolgend Halten dieses Zustands und Stoppen des Heizens mittels der Temperatur-Reguliereinrichtungen, um dadurch die Zylinder zu kühlen und den Zustand davon von dem normalleitenden Zustand zu dem supraleitenden Zustand zu verändern, zusätzlich zu einer Steuer-Operation des Erhöhens der Temperatur der Zylinder und Scheiben und des Wechselns des Zustands davon von dem supraleitenden Zustand zu dem normalleitenden Zustand mittels Verwendens der Temperatur-Reguliereinrichtungen nach dem Durchführen eines Initialisierungsschritts.

28. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 24 oder 25, wobei eine Operation des Steuerns der Temperatur der Zylinder und Scheiben mittels der Temperatur-Reguliereinrichtungen gemäß einem Sollwert durchgeführt wird, wodurch die Zylinder und Scheiben in einem normalleitenden Zustand bei einer Temperatur nahe einer Temperatur in einem supraleitenden Zustand gehalten werden, wodurch eine verbrauchte Menge von Kältemischung und Kühlenergie minimiert wird.

29. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 24 oder 25, wobei eine gesteuerte Menge von anregendem elektrischen Strom für eine Magnetisierungsspule (Cex) pro Zeiteinheit kleiner als ein zulässiger Wert ist, der auf der Charakteristik der supraleitenden Verbundplatte (ML) basiert, aus

welcher die Zylinder gebildet sind, und in einem Bereich eingestellt wird, in welchem eine Magnetisierungs-Regulierzeit minimiert wird, wodurch eine Menge von Kältemischung und Kühlenergie minimiert wird.

30. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Ansprüchen 24 oder 25, wobei ein Magnetisierungswert (B) von jedem Zylinder individuell mittels Durchführens eines Initialisierungsschritts des Anhebens der Temperatur von jedem Zylinder durchgeführt wird, welche zu magnetisieren sind, mittels Betreibens der Temperatur-Reguliereinrichtung bevor Magnetisierung durchgeführt wird, dadurch Verändern des Zustands davon von einem supraleitenden Zustand zu einem normalleitenden Zustand, und danach Stoppen des Anhebens der Temperatur und Durchführen von Kühlung, um dadurch den Zustand davon zu einem supraleitenden Zustand zurückzubringen; und ein Magnetisierungsschritt des Verändern des Zustands des Zylinders mittels Betreibens der Temperatur-Reguliereinrichtung von einem supraleitenden Zustand zu dem normalleitenden Zustand und Erhöhens eines anregenden elektrischen Stroms für die Magnetisierungsspule (Cex), um dadurch eine gewünschte Stärke eines magnetischen Felds zu erreichen, und nachfolgend Halten dieses Zustands und Kühlen der Zylinder mittels Veranlassens, dass die Temperatur-Reguliereinrichtung das Heizens der Zylinder stoppt, und dann Zurückbringen des Zustands des Zylinders von einem normalleitenden Zustand wieder zu einem supraleitenden Zustand, und danach graduellen Verringern eines anregenden Stroms für die Magnetisierungsspule (Cex), um dadurch dem Zylinder einen gewünschten Magnetisierungswert (B) zu übermitteln; und wiederholt Durchführen eines Verfahrens bestehend aus dem Initialisierungsschritt und dem Magnetisierungsschritt an den Zylindern, dadurch individuelles Steuern des Magnetisierungswerts (B) von jedem der Zylinder.

31. Ein Verfahren des Regulierens von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 24 oder 25, ferner aufweisend in dem Fall eines Magnetisierungs-Regulierungsverfahrens, bei dem eine extrem hohe Dichte von Strom in Randbereichen der Zylinder und Scheiben auftritt, welche die ersten und zweiten Zylinder bilden, einen Schritt des Verringerns der extrem hohen Dichte von Strom mittels Durchführens einer Temperatursteuerung nur von Randbereichen des Zylinders mittels Verwendens der Temperatur-Reguliereinrichtungen zum Regulieren der Randbereiche nachdem der Magnetisierungsschritt durchgeführt ist.

32. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 24 oder 25, wobei eine Temperatursteuerung nur von Zusatzzylindern mittels Ausbil-

dens von jedem der Zylinder auf eine solche Weise ermöglicht ist, dass ein zylindrischer Zentralbereich und jeweils an beiden Enden davon vorgesehene Zusatzzylinder erhalten sind, bzw. mittels Hinzufügens von Temperatur-Reguliereinrichtungen zum Regulieren der Randbereiche der Zusatzzylinder.

33. Ein Verfahren zum Regulieren der Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 31, wobei nach dem Vervollständigen des Magnetisierungsschritts oder des Randbereich-Regulierungsschritts, in dem Fall, dass ein Unterschied zwischen den Magnetisierungswerten von linksseitigen und rechtsseitigen Magnetfeldern außerhalb eines vorbestimmten Bereichs ist, welche Magnetisierungswerte mittels der ersten und zweiten Zylinder bewirkt sind, die in der Längsrichtung der supraleitenden Magnetvorrichtung an der linken Seite und der rechten Seite der Zentrallinie in der Längsrichtung davon angeordnet sind, ferner ein Schritt des Anhebens der Temperatur der Temperatur-Justiereinrichtungen durchgeführt wird, die den Zylindern an einer Seite hinzugefügt sind, welche ein höheren Magnetisierungswert verursachendes Magnetfeld erzeugen, um dadurch die Zylinder zu heizen und den Magnetisierungswert (B) davon auf eine solche Weise zu verringern, dass dadurch der Magnetisierungswert (B) davon mit dem Magnetisierungswert (B) der Zylinder an der anderen Seite ausgeglichen wird.

34. Ein Verfahren des Regulierens von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 32, wobei nach dem Vervollständigen des Magnetisierungsschritts oder des Randbereich-Regulierschritts oder des Ausgleichs-Regulierschritts ein Schritt des Erhaltens eines vorbestimmten Magnetisierungswerts (B) aufgrund eines Magnetfelds durchgeführt wird, mittels Anhebens der Temperatur der Gesamtheit von jedem der Zylinder und Scheiben, welche die ersten zweiten Zylinder bilden, mittels der daran angefügten Temperatur-Justiereinrichtungen, und Regulierens der Temperatur davon.

35. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 33, wobei ein oberer Grenzwert eines Bereichs von Soll-Temperaturen der Zylinder oder der Randbereiche der Zylinder auf einen minimalen Wert in einem Bereich davon eingestellt wird, bei dem die Zylinder supraleitende Eigenschaften nicht verlieren, wodurch verhindert wird, dass das magnetisierende Magnetfeld bei dem Regulieren von Magnetisierung eliminiert wird.

36. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 24 oder 25, wobei das mindestens eine supraleitende Verbundelement (ML) der Statik-

magnetfeld-Erzeugungsmittel die ersten Zylinder aufweist, die aus einem supraleitenden Plattenmaterial hergestellt sind und in dem Kühlbehälter derart angeordnet sind, dass die zentralen Längsachsen davon miteinander übereinstimmen, und womit ein Statikmagnetfeld (B0) einer gewünschten Stärke und Richtung eines magnetischen Flusses in einem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) mittels Magnetisierens der ersten Zylinder erreicht wird, wobei mindestens ein zweiter Zylinder eines größeren Durchmessers oder mindestens eine ringartige Scheibe eines größeren Durchmessers, jeweils mit einer zentralen Bohrung, um den Rand der ersten Zylinder angeordnet sind, wobei die zentralen Längsachsen des mindestens einen zweiten Zylinders mit der zentralen Längsachse der ersten Zylinder übereinstimmt, wobei eine Temperatur-Justiereinrichtung für den mindestens einen zweiten Zylinder bereitgestellt ist, und wobei Induktions-Magnetisierung des mindestens einen zweiten Zylinders mittels des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels auf eine solche Weise durchgeführt wird, dass ein magnetischer Fluss erzeugt wird, der eine Richtung hat, mittels welcher ein mittels der ersten Zylinder erzeugter magnetischer Fluss aufgehoben wird, wodurch Streufluss verringert wird, wobei mindestens ein zusätzlicher Zylinder, welcher eine Länge hat, welche länger als die Längen der ersten Zylinder ist, aber einen Außendurchmesser hat, welcher kürzer als die Innendurchmesser der ersten Zylinder ist, und der ferner mit einer Temperatur-Justiereinrichtung versehen ist, im Inneren der inneren Umfänge der ersten Zylinder angeordnet ist, wobei der zusätzliche Zylinder aus einem supraleitenden Zustand entlassen wird, indem er von dem Anfang der Magnetisierung zu der Vervollständigung der Regulierung von Magnetisierung mittels der Temperatur-Justiereinrichtung geheizt wird, und wobei der zusätzliche Zylinder gekühlt und mittels Stoppens des Heizens davon nach dem Vervollständigen der Regulierung von Magnetisierung in den supraleitenden Zustand zurückgebracht wird, wobei eine oder mehrere Scheiben, zu welchen Temperatur-Justiereinrichtungen hinzugefügt sind, an jeweiligen Randbereichen des zusätzlichen Zylinders angeordnet sind, wobei die Scheiben zentrale Bohrungen aufweisen, die einen größeren Durchmesser haben als der Außendurchmesser des zusätzlichen Zylinders, und die aus einem supraleitenden Verbundplatten-Material (ML) hergestellt sind, und wobei der Hauptmagnetfluss der das Magnetfeld in dem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) bildenden Magnetflüsse, erzeugt mittels der ersten Zylinder, mittels der Scheiben und des zusätzlichen Zylinders gefangen werden, wobei die ersten und zweiten Zylinder und Temperatur-Justiereinrichtungen, die jeweils für die ersten und zweiten Zylinder vorgesehen sind, in linksseitige und rechtsseitige Gruppen entlang einer Zentrallinie der Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittel aufgeteilt sind, welche sich in der Längsrichtung davon erstreckt und als eine Grenze dazwischen dient, wobei die Tempera-

tur-Justiereinrichtungen von jeder der linksseitigen und rechtsseitigen Gruppen in Reihe geschaltet sind, unabhängig von den Temperatur-Justiereinrichtungen von anderen der linksseitigen und rechtsseitigen Gruppen, wobei Randbereich-Temperaturjustierungseinrichtungen kollektiv in Reihe geschaltet sind, wobei die zusätzlichen Zylinder ferner darin angeordnet sind, Temperatur-Justiereinrichtungen für die zusätzlichen Zylinder bereitgestellt sind und kollektiv in Reihe geschaltet sind, wobei Leitungen davon zu dem Äußeren herausgeleitet sind, wobei das Verfahren mittels Kombinierens einer extern angeordneten Magnetisierungsspule (Cex) und einer Magnetisierungszusatzspule (Cex) mit der Magnetisierungs-Energieversorgung (PS1) durchgeführt wird, und Durchführung eines Betriebsverfahrens, welches aus einem Magnetisierungsschritt I, einem Randbereich-Regulierungsschritt II, einem Ausgleichs-Regulierungsschritt III, einem Gesamt-Regulierungsverfahren IV und einem Magnetfeldverteilungsfixier-Schritt V besteht, wobei, in dem Magnetisierungsschritt I, die Temperatur-Justiereinrichtungen für die Gruppen von Zylindern und die Gruppen von Scheiben der supraleitenden Magnetvorrichtung, ein Magnetfeld-Messinstrument und die Magnetisierungsspulen (Cex) an eine Magnetisierungs-Energieversorgung (PS1) angeschlossen werden, wobei dann die Energieversorgung der Magnetisierungs-Energieversorgung (PS1) eingeschaltet wird, wobei nachfolgend nach Ablauf einer Zeitperiode einer vorbestimmten Länge die Regulierung von Magnetisierung begonnen wird, wobei ferner Stromausgabewerte der Magnetisierungsspulen (Cex) und der Temperatur-Justiereinrichtungen, andere als die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtungen, jeweils auf zuvor eingestellte Werte eingestellt werden, wobei durch die Temperatur-Justiereinrichtungen, außer die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtungen, fließende Ströme derart gesteuert werden, dass die Temperatur von jedem der Zylinder und der Scheiben der supraleitenden Magnetvorrichtung angehoben wird und die Zustände davon von einem supraleitenden Zustand zu einem normalleitenden Zustand verändert werden, wobei danach ein zuvor eingestellter Magnetisierungswert nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit eingestellt wird, wobei dann ein Gleichstrom in jede der Magnetisierungsspulen (Cex) eingeführt wird und graduell erhöht wird, wobei nachdem der Gleichstrom einen vorbestimmten Wert erreicht, jeweils in den Temperatur-Justiereinrichtungen, andere als die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtungen, fließende elektrische Ströme auf eine solche Weise gesteuert werden, dass sie graduell auf Null verringert werden, wobei daher die Eigenschaften der Zylinder und der Scheiben von dem normalleitenden Zustand zu dem supraleitenden Zustand zurückgebracht werden, wobei dann die durch die Magnetisierungsspulen (Cex) fließenden Gleichströme, auf eine solche Weise gesteuert werden, dass sie graduell auf Null verringert werden, wobei daher

ein anhaltender Strom in der umfänglichen Richtung der Zylinder und der Scheiben erzeugt wird und darin gehalten wird, wobei daher der Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) auf eine Stärke magnetisiert wird, welche nicht weniger als ein gewünschter Wert ist, wobei danach die Stärke eines magnetischen Feldes an einem gesteuerten Punkt in dem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) gemessen wird, wobei dann in der Magnetisierungs-Energieversorgung (PS1) entschieden wird, ob oder ob nicht die gemessene Stärke des magnetischen Feldes einen vorbestimmten Wert erreicht, wobei, falls das Ergebnis dieser Entscheidung zeigt, dass die gemessene Stärke noch nicht den vorbestimmten Wert erreicht hat, der Magnetisierungswert wieder eingestellt wird, und dann wird die Magnetisierung wiederholt, wobei, wenn sie den vorbestimmten Wert erreicht hat, der Betrieb mit dem nächsten Schritt fortgesetzt wird, wobei in dem Randbereich-Regulierschritt II zunächst in jeder supraleitenden Magnetvorrichtung bestimmt wird, ob oder ob nicht die Regulierung des Randbereichs nötig ist, wobei falls Regulierung nicht nötig ist, bestimmt wird, dass die Regulierung der Randbereiche nicht nötig ist, wobei falls Regulierung nötig ist, der Wert eines Gleichstroms eingestellt wird, welcher durch die Randbereich-Temperatur-Reguliereinrichtung fließen soll, wobei dann die Randbereiche des Zylinders geheizt werden, indem bewirkt wird, dass der elektrische Strom, welcher den eingestellten Wert hat, durch die Randbereich-Temperatur-Justiereinrichtung fließt, wobei daher ein anhaltender Stromfluss durch die Randbereiche reguliert wird, wobei in dem Ausgleich-Regulierschritt III zuerst von einem Wert, welcher an einem gesteuerten Punkt in dem Gleichform-Magnetfeldbereich (FOV) gemessen und zuvor abgerufen ist, beurteilt wird, ob oder ob nicht ein Ausgleich zwischen Magnetisierungswerten, die den linksseitigen beziehungsweise rechtsseitigen Gruppen der zwei gegenüberliegenden Gruppen von Zylindern zugehörig sind, erreicht ist, wobei dann ermittelt wird ob oder ob nicht Ausgleichs-Regulierung notwendig ist, wobei falls Ausgleichs-Regulierung nicht notwendig ist, bestimmt wird, dass die Ausgleichs-Regulierung nicht notwendig ist, wobei falls Ausgleichs-Regulierung notwendig ist, der Wert eines Gleichstroms, der durch die Temperatur-Justiereinrichtung der Gruppe oder des Satzes von Zylindern oder Scheiben mit einer höheren Magnetfeldstärke fließen soll, aus gemessenen Werten von Magnetfeldstärke berechnet wird, und ein berechneter Wert wird eingestellt, wobei dann elektrische Ströme, die zum Fließen durch die Temperatur-Justiereinrichtungen gebracht werden, gesteuert werden, so dass anhaltende durch die Zylinder und Scheiben fließende Ströme reguliert werden; wobei in dem Gesamt-Regulierschritt IV zunächst ein Zielwert, auf welchen ein Magnetisierungswert reduziert werden soll, eingestellt wird, wobei dann der Unterschied zwischen dem eingestellten Wert und einem gegenwärtigen Magnetisierungswert berechnet wird, wobei

Gleichströme, die zum Fließen durch die Temperatur-Justiereinrichtungen der Zylinder und Scheiben gebracht werden sollen, gemäß einem Ergebnis der Berechnung eingestellt werden, wobei ferner die elektrischen Ströme, die durch die Temperatur-Justiereinrichtungen fließen, gesteuert werden, wobei anhaltende durch die Zylinder und die Scheiben fließende Ströme gesteuert werden, wobei als ein Ergebnis der Magnetisierungswert verändert wird, wobei danach der Magnetisierungswert gemessen wird, wobei ferner überprüft wird, ob oder ob nicht ein nach einer Veränderung gemessener Wert einen vorbestimmten Wert erreicht, wobei falls der vorbestimmte Wert nicht erreicht ist, derselbe Schritt wiederholt durchgeführt wird, wobei im Gegensatz dazu, falls der vorbestimmte Wert erreicht ist, der Betrieb mit dem nächsten Schritt fortgesetzt wird, und wobei in dem Magnetfeldverteilungsfixier-Schritt V, die durch die Temperatur-Justiereinrichtung der Zylinder und der Scheiben zum Kompensieren von Magnetfeldverteilung fließenden elektrischen Ströme gestoppt werden, wobei ferner ein Heizen der Zylinder und der Scheiben zum Kompensieren der Magnetfeldverteilung gestoppt wird, und wobei stattdessen ein Zustand der Zylinder und der Scheiben zum Kompensieren von Magnetfeldverteilung von einem normalleitenden Zustand zu einem supraleitenden Zustand mittels Durchführens von Kühlung davon zurückgebracht wird.

37. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 36, wobei, wenn jeder elektrische Stromwert eingestellt wird, jeweils entsprechend aller Einstellwerte Grenzwerte bestimmt werden, und wobei ferner dieses Verfahren ferner einen Schritt des Überprüfens aufweist, ob oder ob nicht ein Einstellwert entsprechend jeden elektrischen Stroms den Grenzwert überschreitet.

38. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 36, wobei Einstellwerte eines elektrischen Steuergleichstroms für jede Temperatur-Justiereinrichtung und eines elektrischen Gleichstroms für die Magnetisierungsspule (Cex) durch n geteilt werden, und wobei ferner, wenn eine Steuer-Operation des Steuerns der elektrischen Ströme durchgeführt wird, eine Steuer-Operation mittels wiederholten Durchführens eines Verfahrens des Erhöhen von jedem der elektrischen Ströme um $(1/n)$ des zugehörigen Einstellwertes davon bei geeigneten Zeitintervallen nach dem Erreichen eines entsprechenden Einstellwertes durchgeführt wird.

39. Ein Verfahren zum Regulieren von Magnetisierung einer supraleitenden Magnetvorrichtung gemäß Anspruch 24 oder 25, wobei das Steuern der Temperatur der supraleitenden Verbundelemente (ML) mittels Steuerns der Temperatur-Justiereinrich-

tung das Steuern eines Stromflusses durch die Temperatur-Justiereinrichtung aufweist, wodurch ein induzierter Magnetisierungswert (B) des Statikmagnetfeld-Erzeugungsmittels auf eine solche Weise eingestellt wird, dass er innerhalb eines gewünschten Bereichs ist.

Es folgen 58 Blatt Zeichnungen

FIG.1

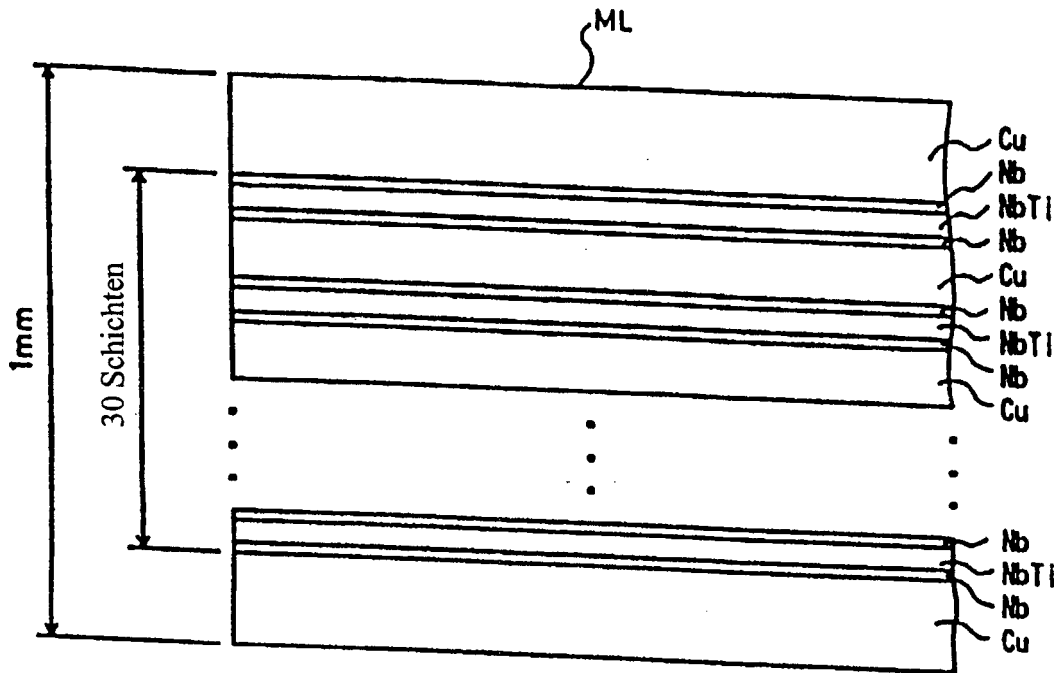


FIG.2

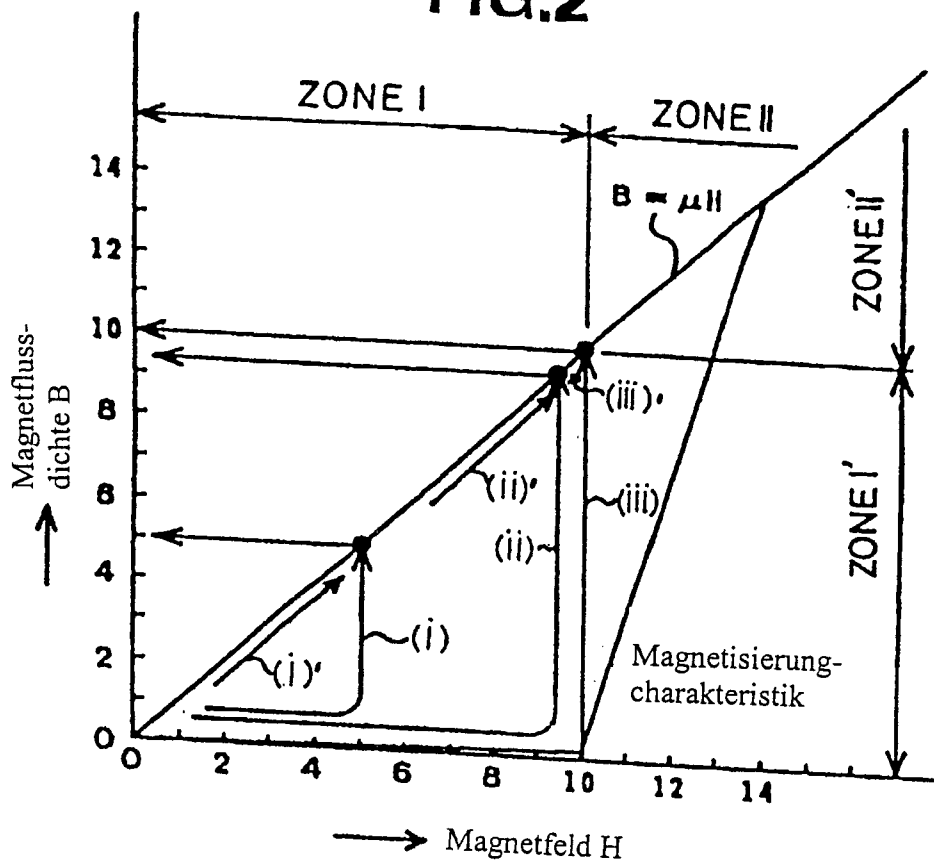


FIG.3

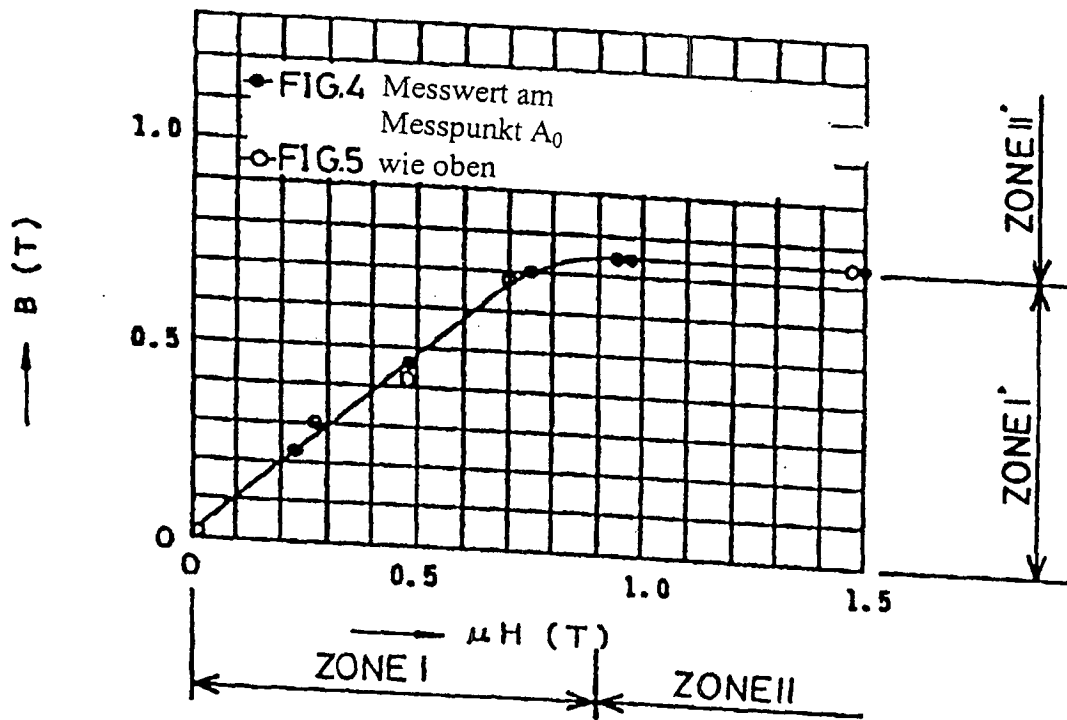


FIG.4

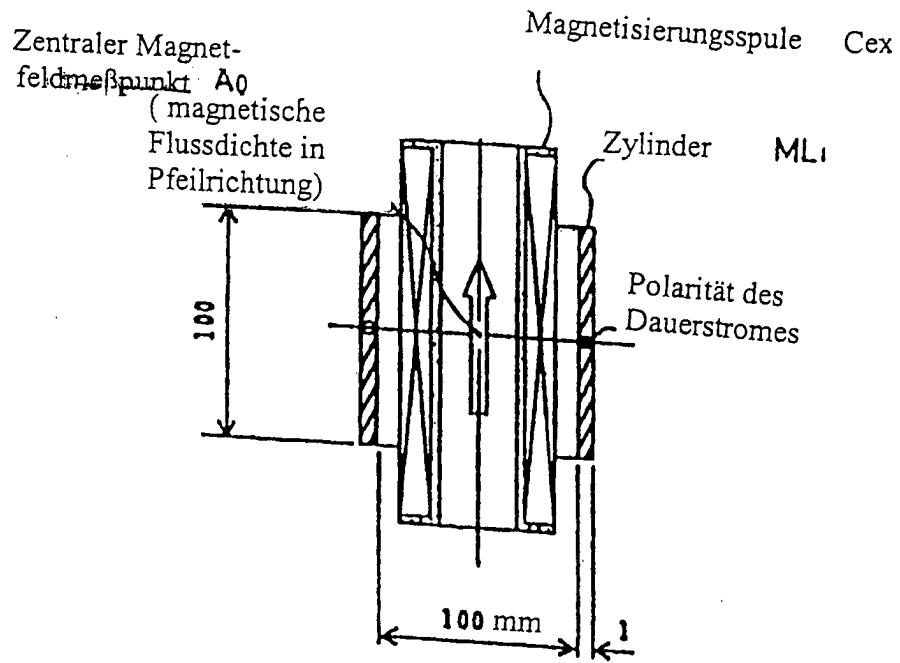


FIG.5

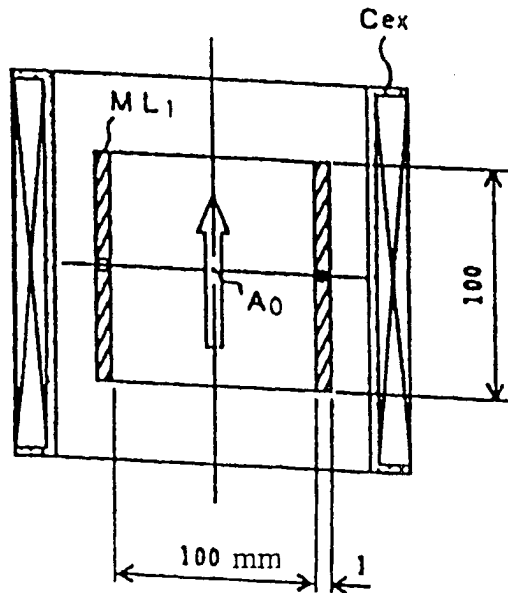


FIG.6

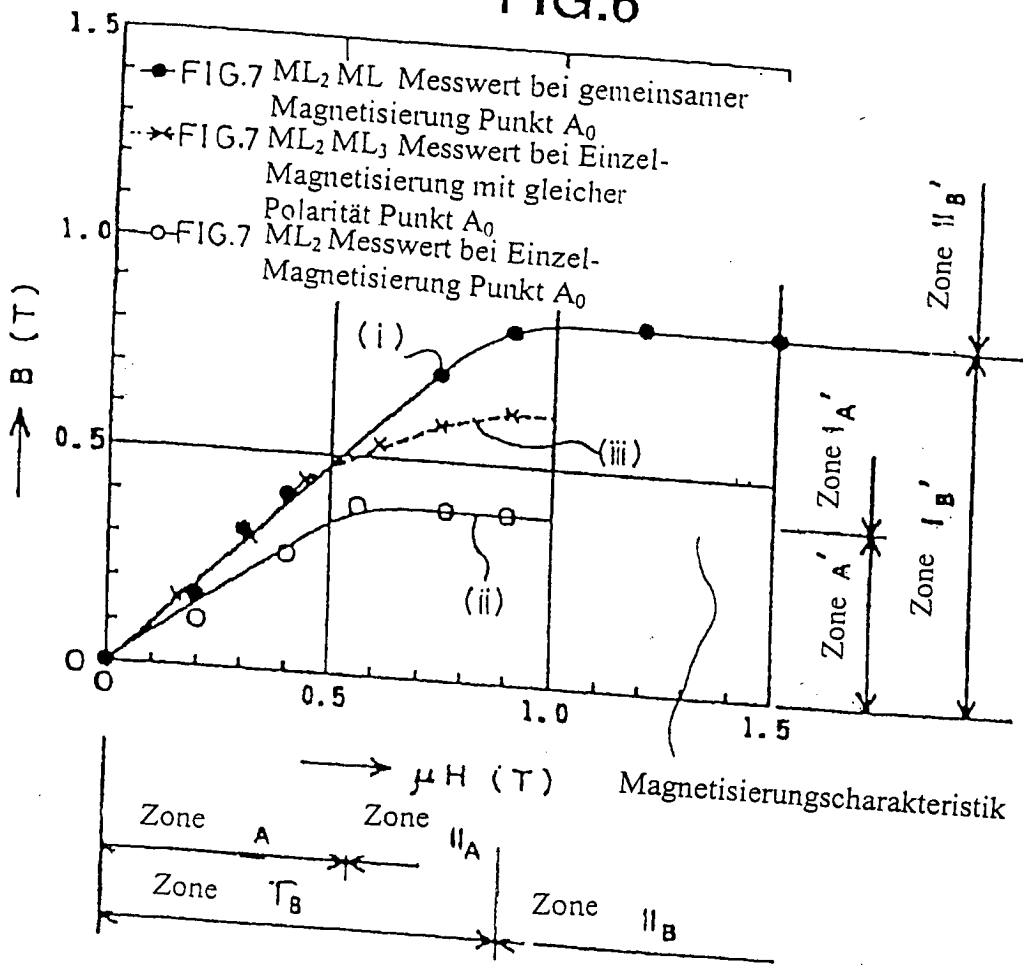


FIG.7

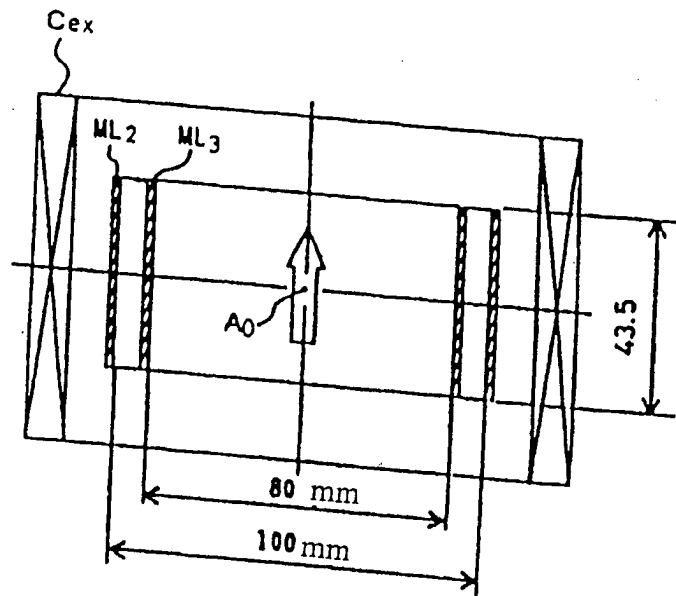


FIG.8

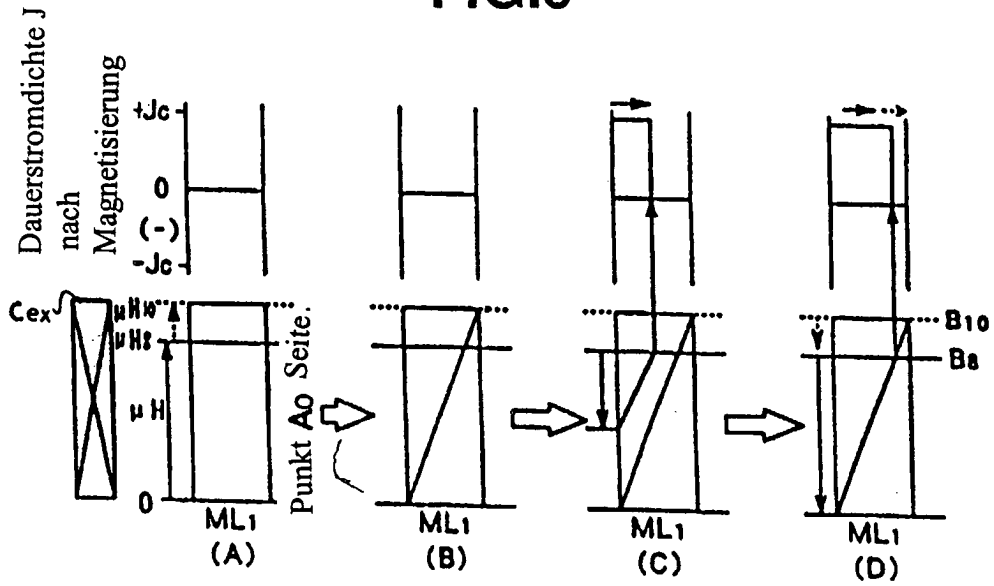


FIG.9

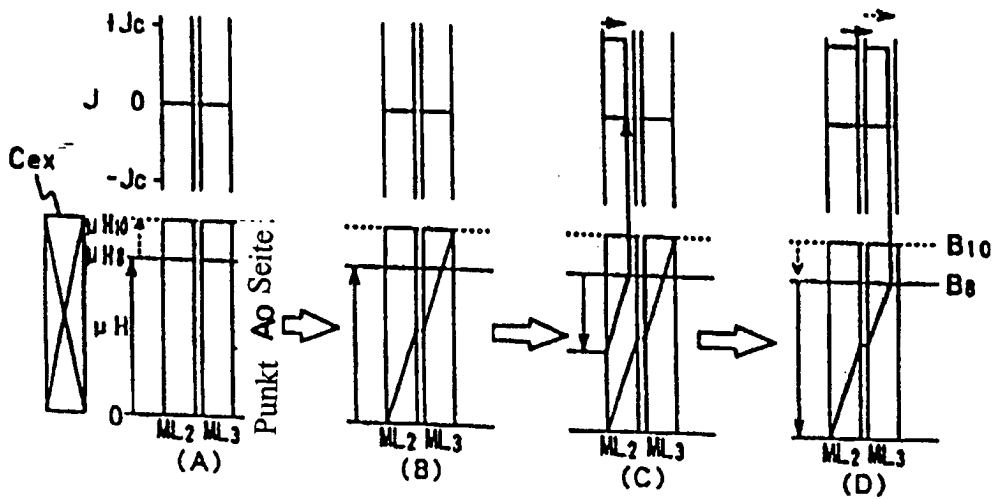


FIG.10

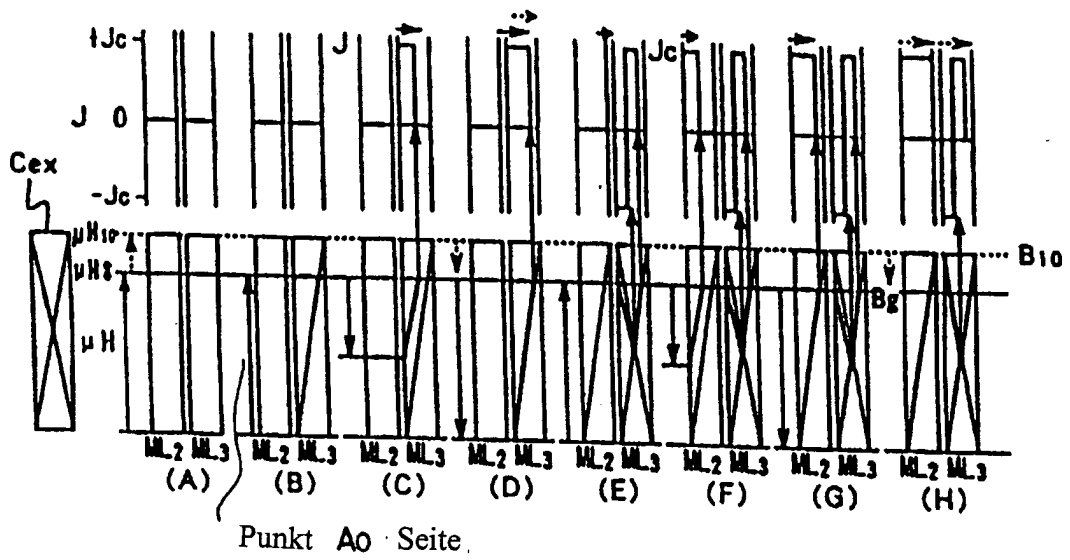


FIG.12 ML₃
Messwert bei Einzel-
Magnetisierung Punkt

FIG.11

FIG.12 ML₂
Messwert bei
Magnetisierung mit
mit umgekehrter Polarität

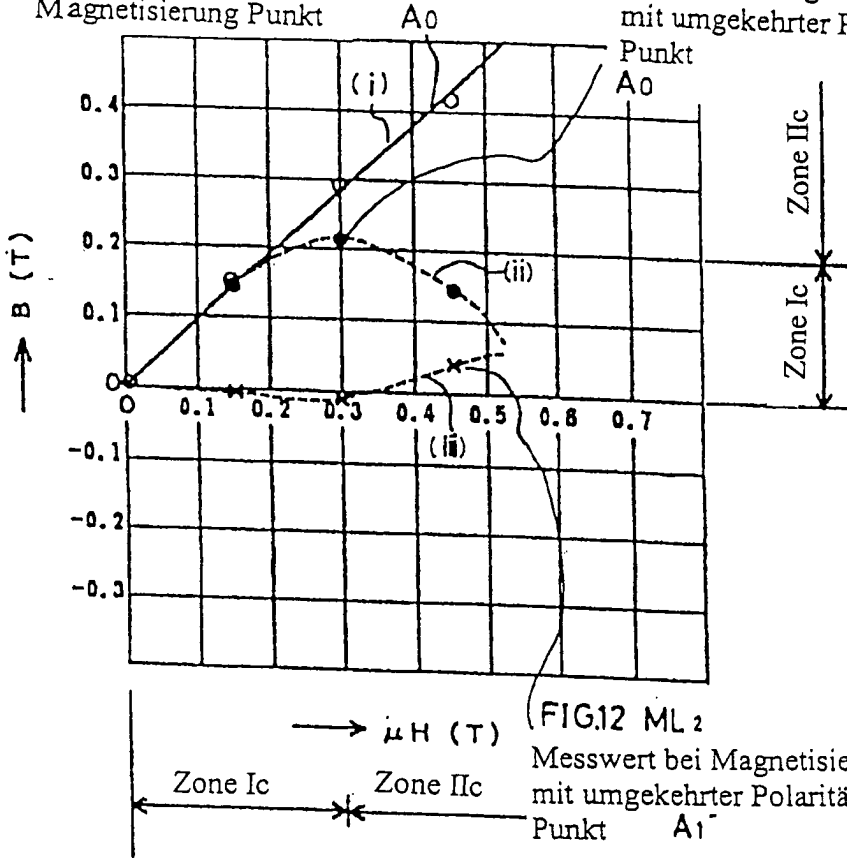


FIG.12 ML₂
Messwert bei Magnetisierung
mit umgekehrter Polarität
Punkt A₁

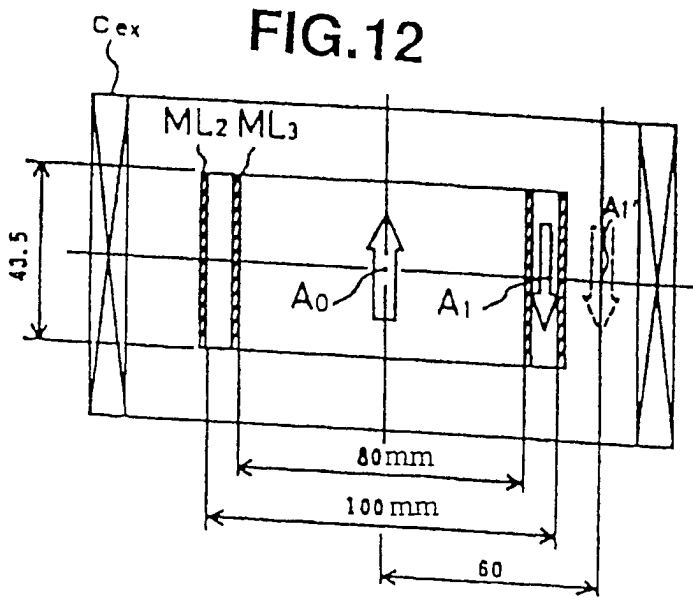


FIG.13

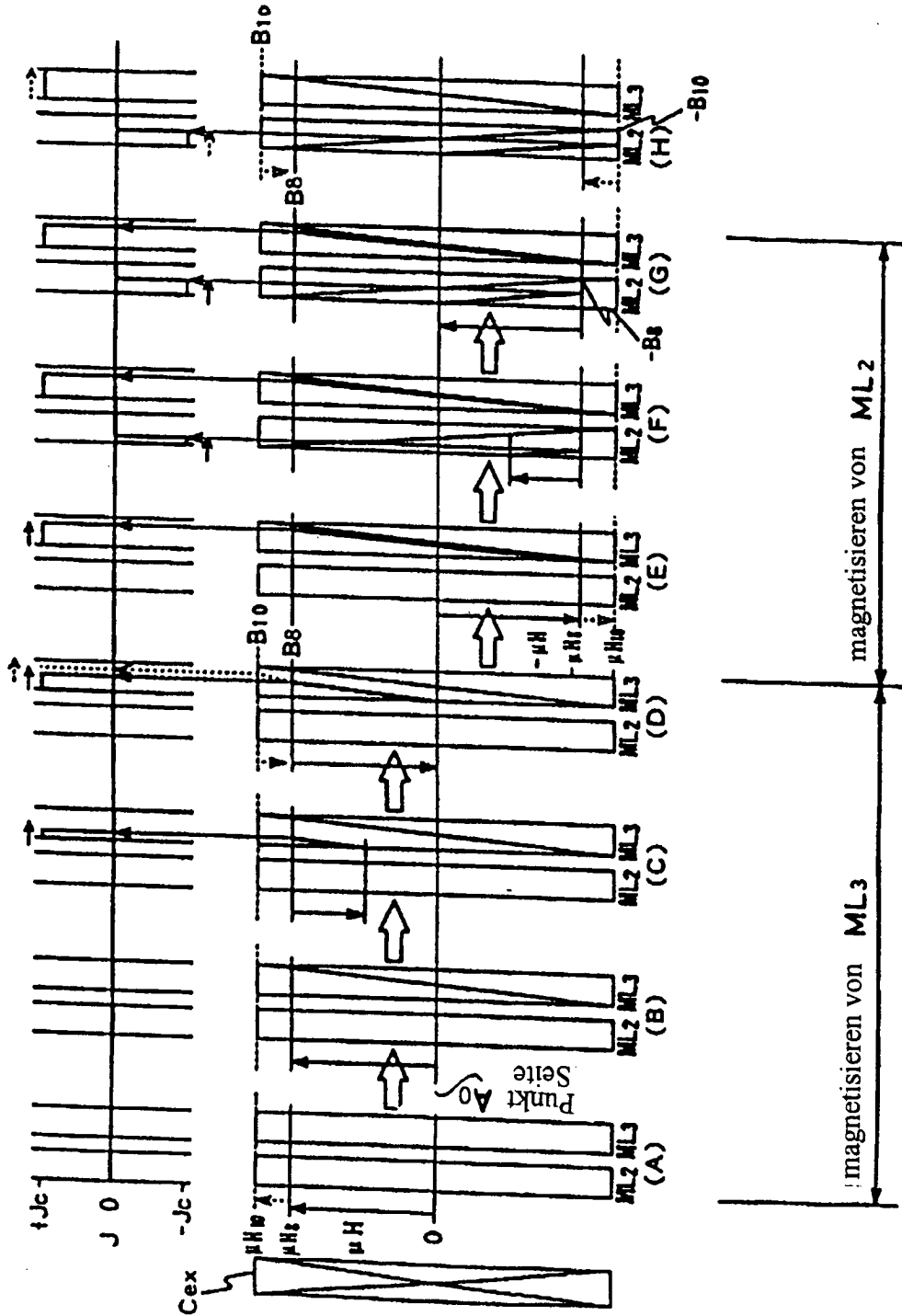


FIG.14

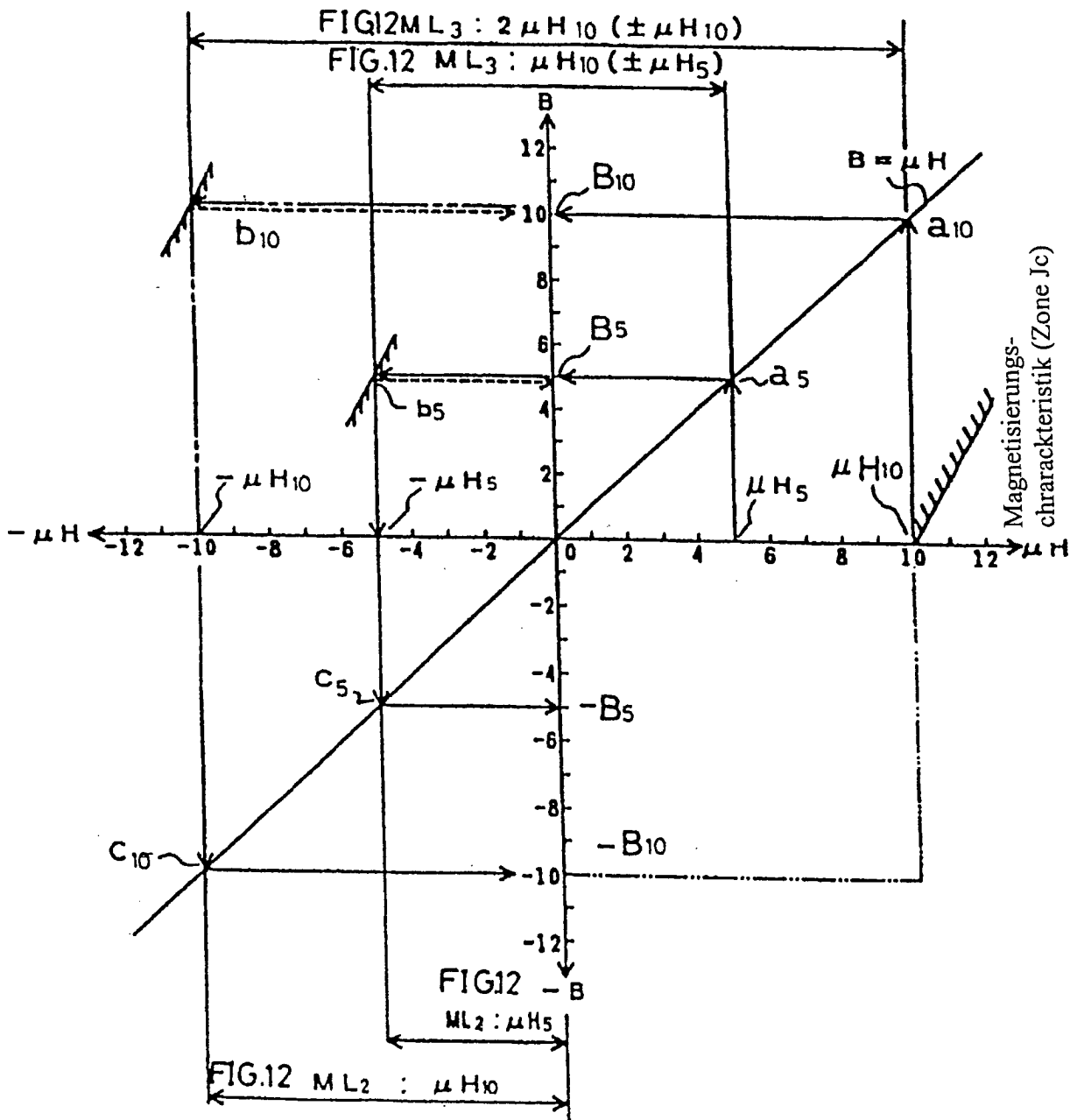


FIG.15

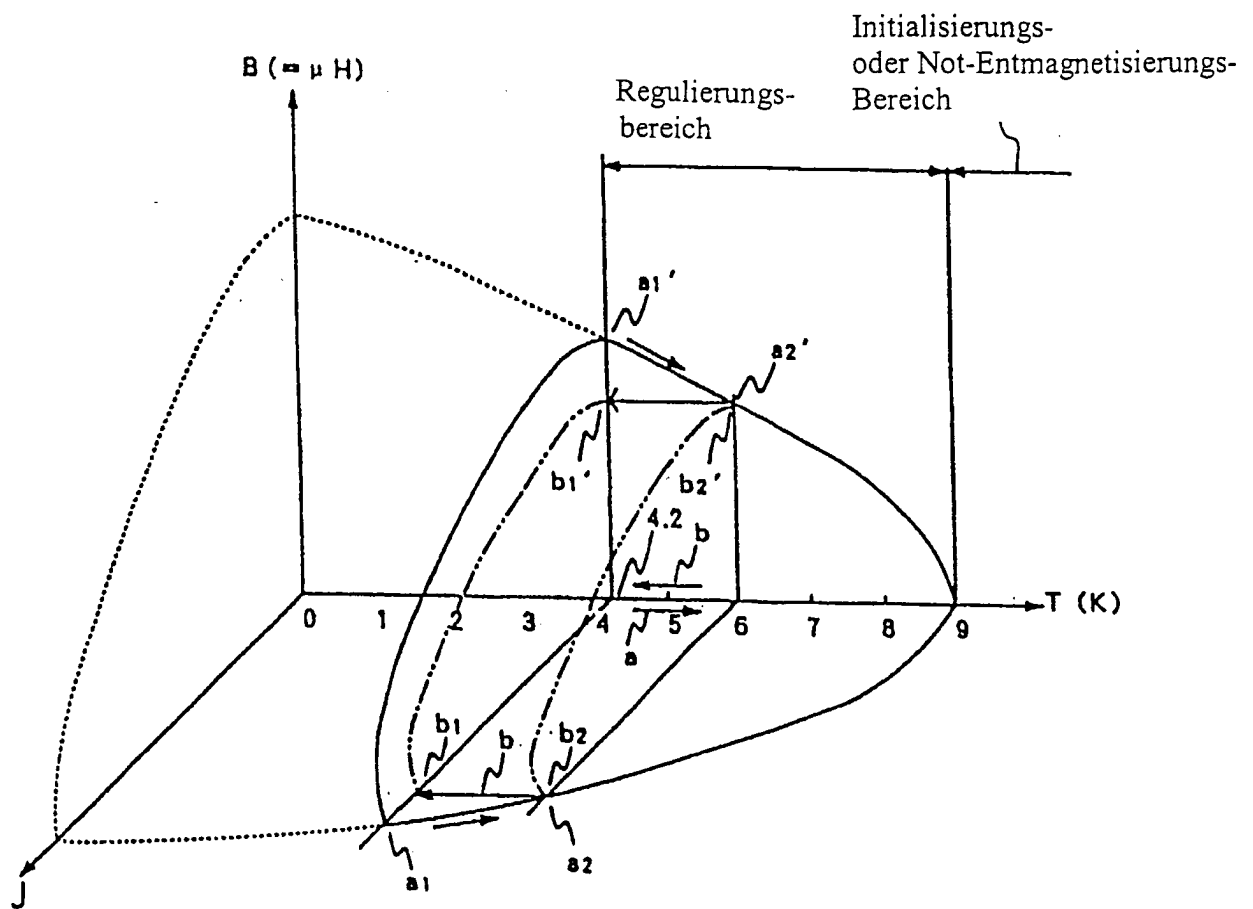


FIG.16

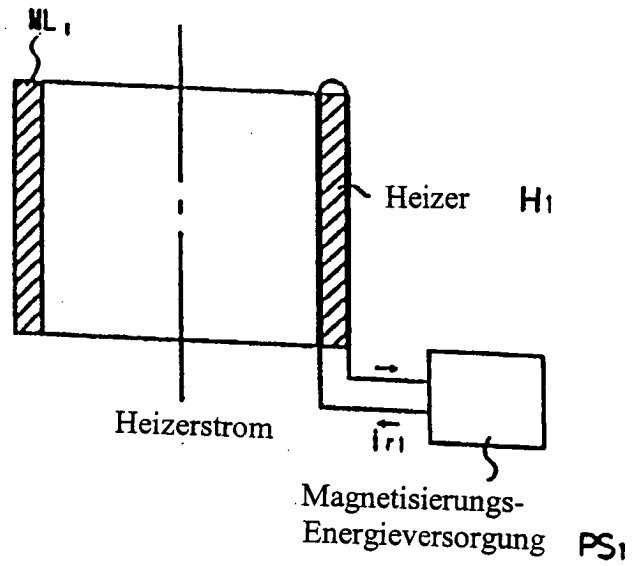


FIG.17

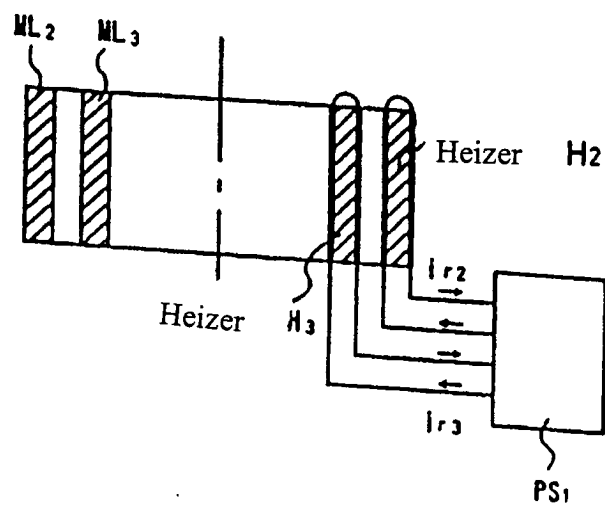


FIG.18

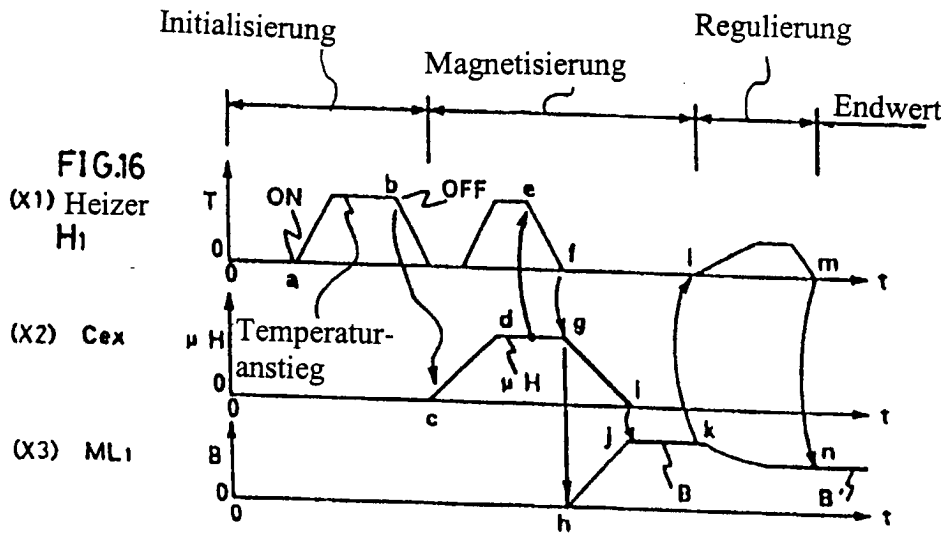


FIG.19

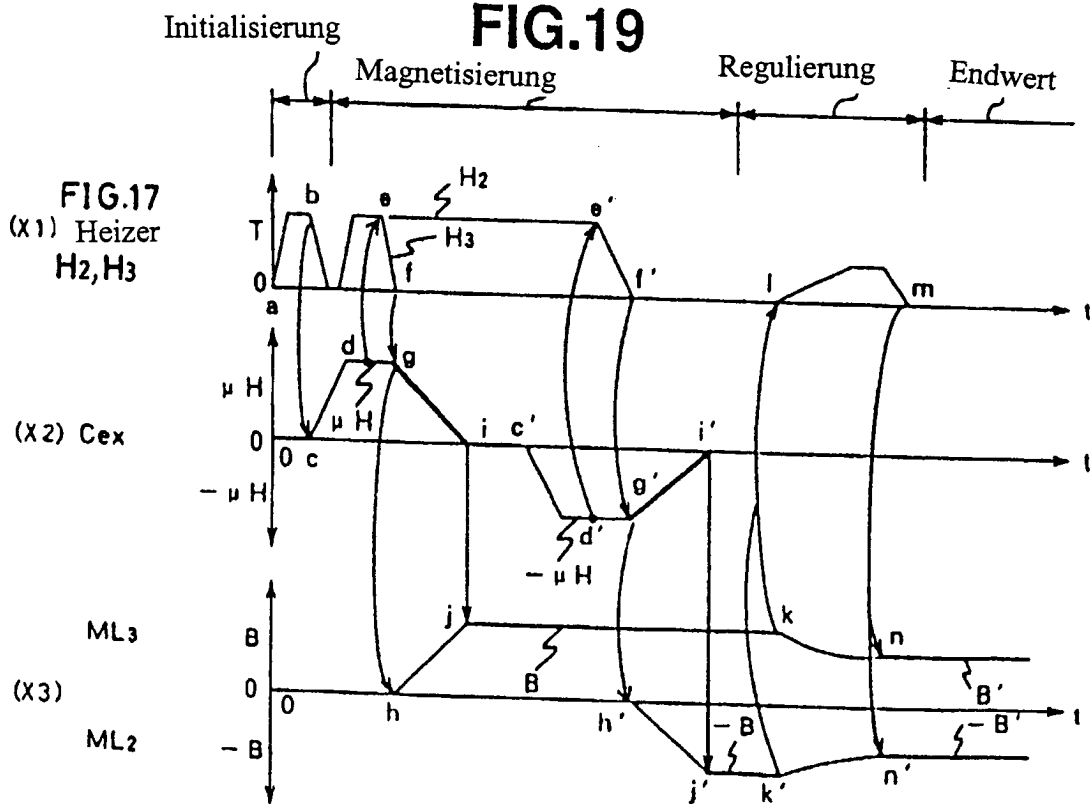


FIG.20

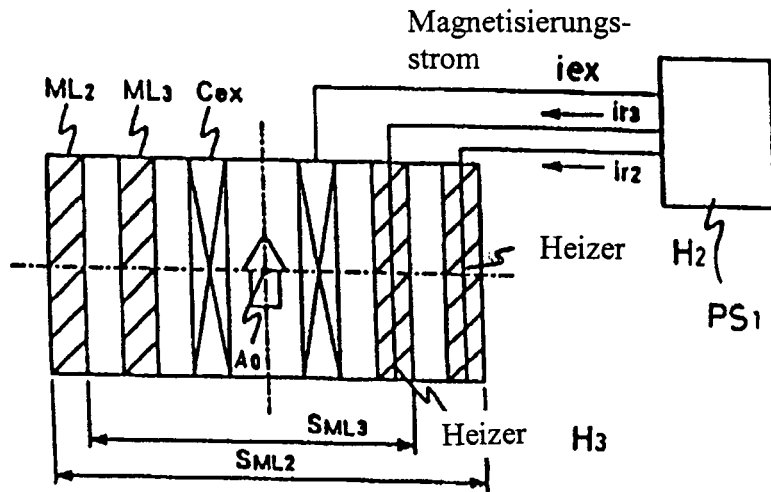


FIG.21

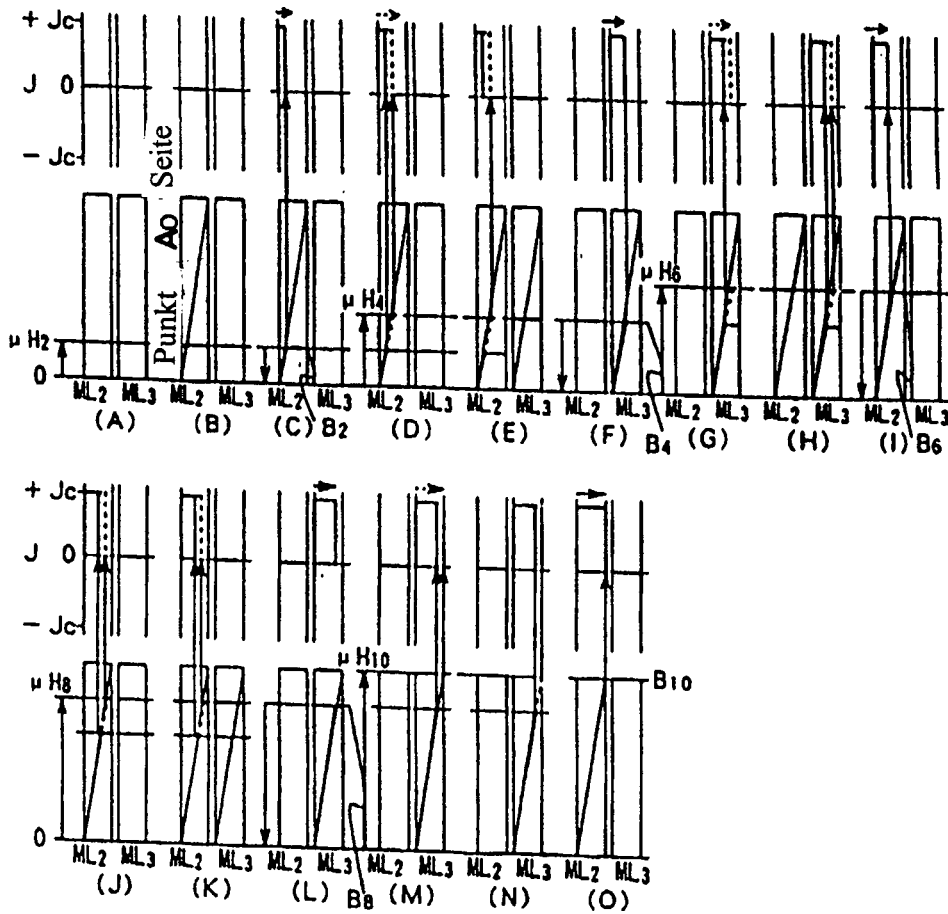


FIG.22

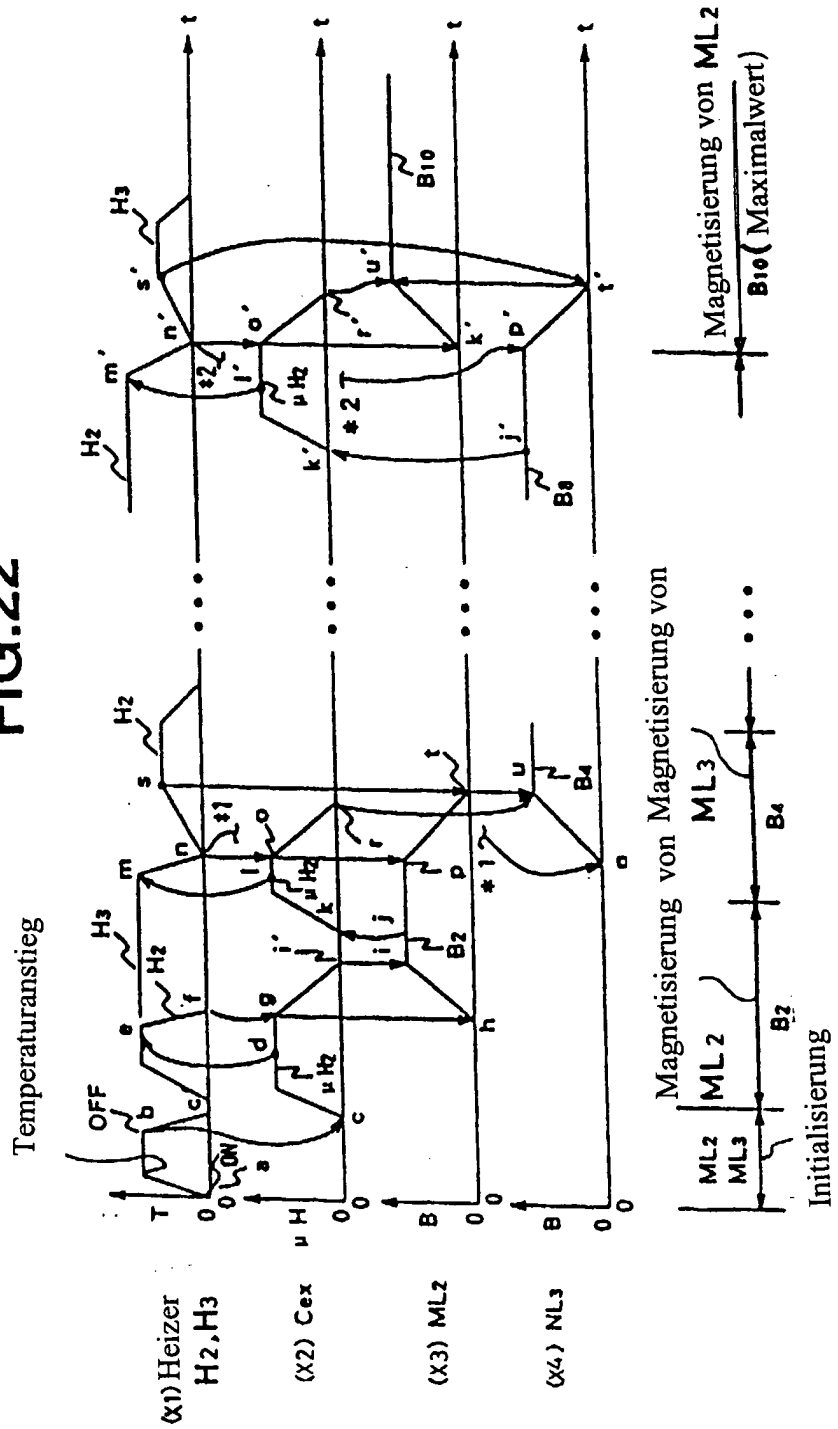


FIG.23

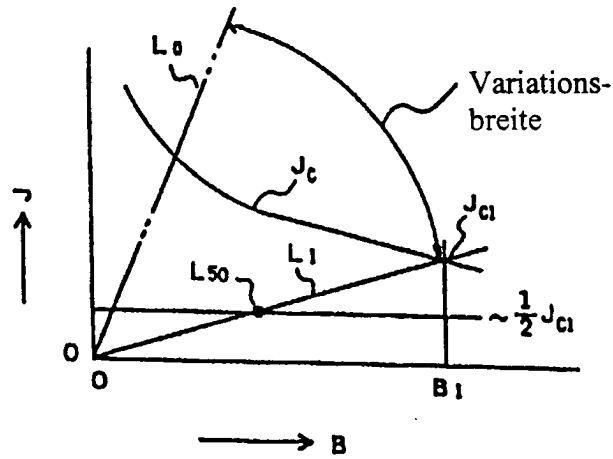


FIG.24

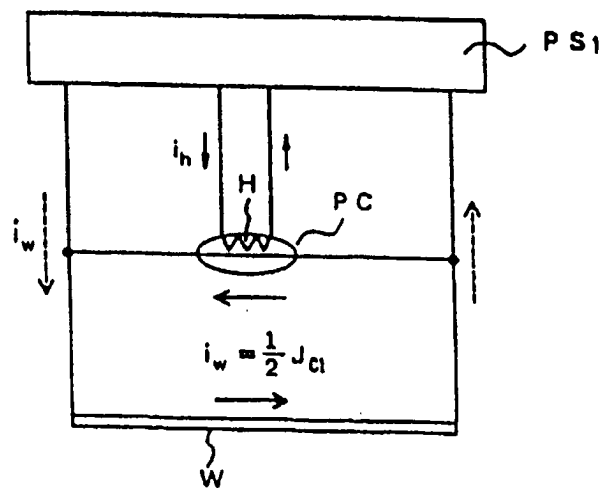


FIG.25

Initialisierungs-
oder Not-Entmagnetisierungs-
Bereich

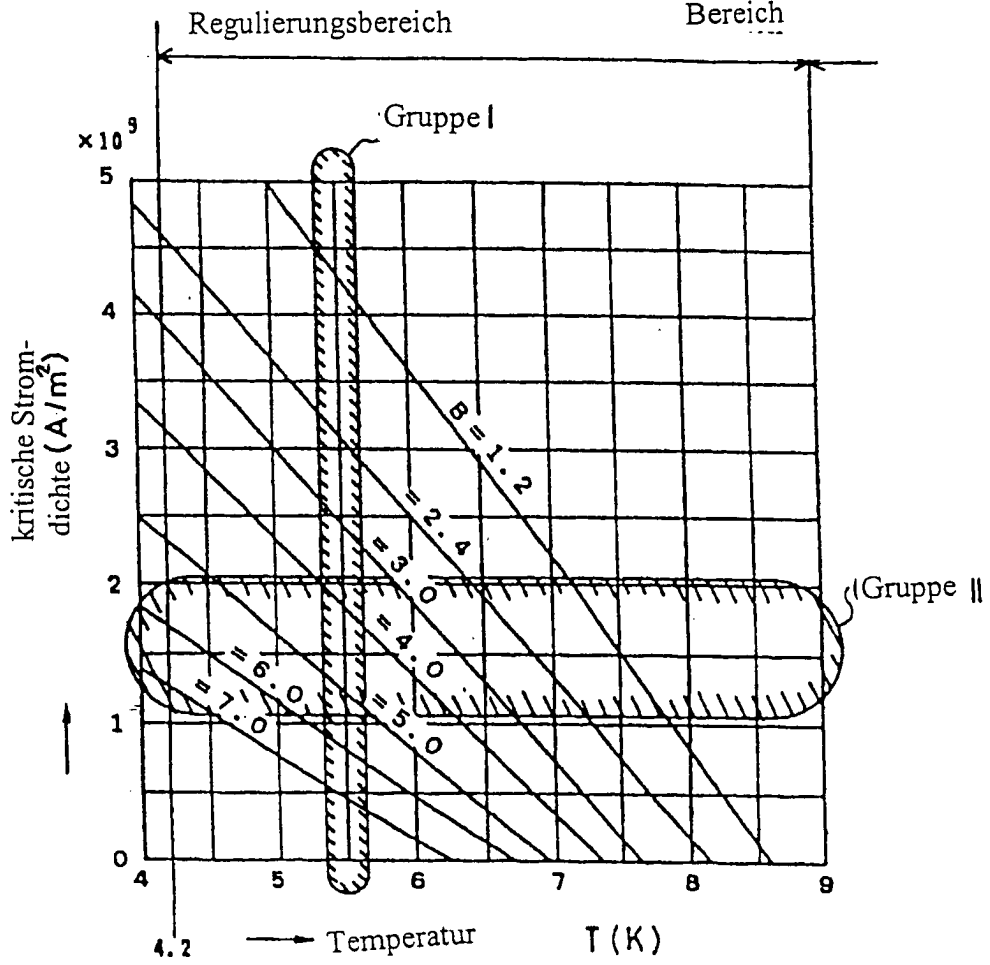


FIG.26

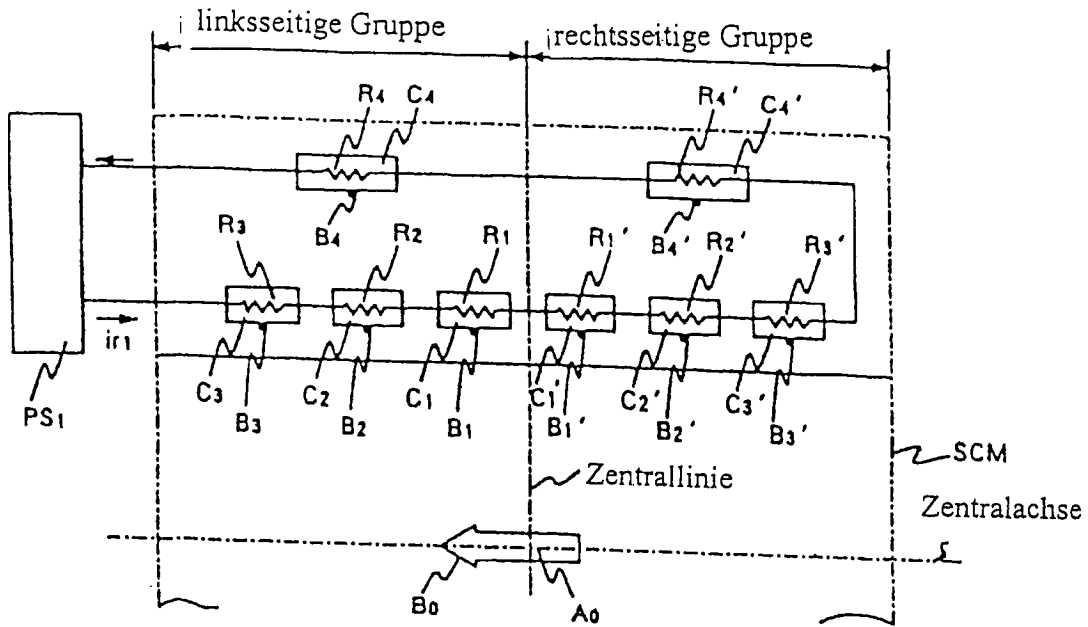
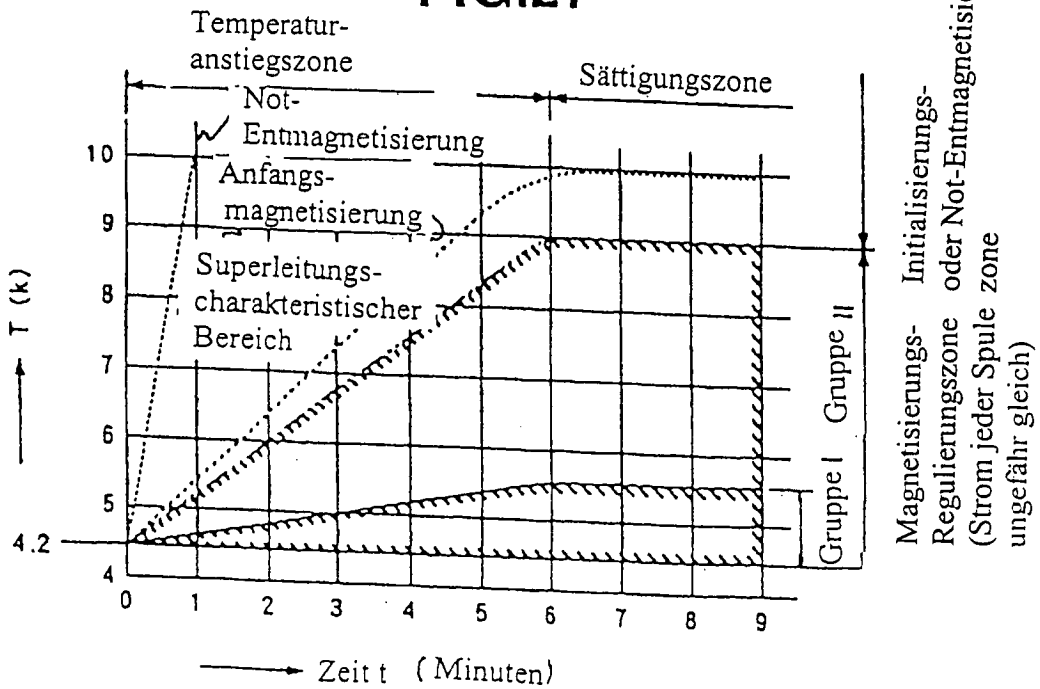


FIG.27



Magnetisierungs-
Regulierungszone
oder Not-Entmagnetisierungs-
zone
(Strom jeder Spule
ungefähr gleich)

FIG.28

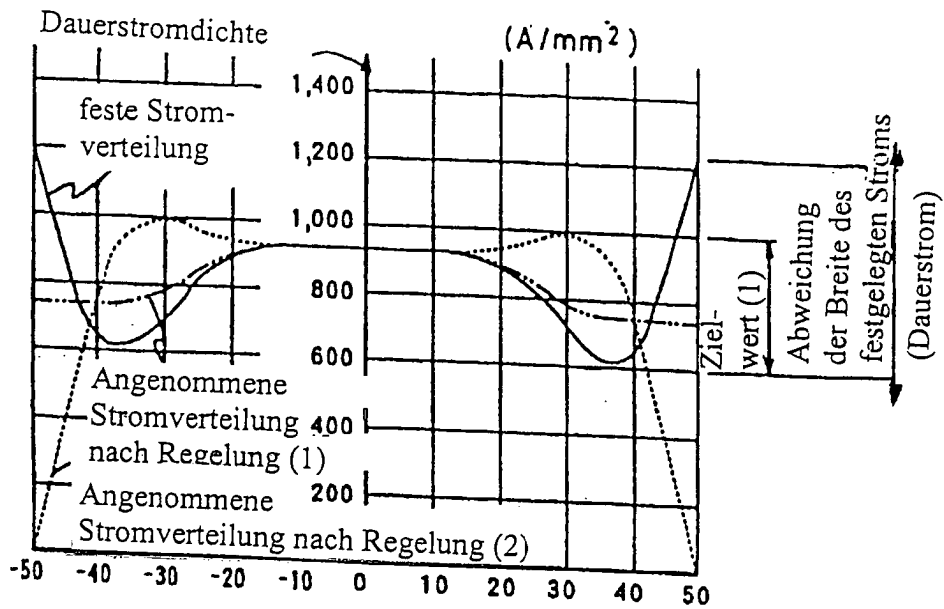


FIG.29

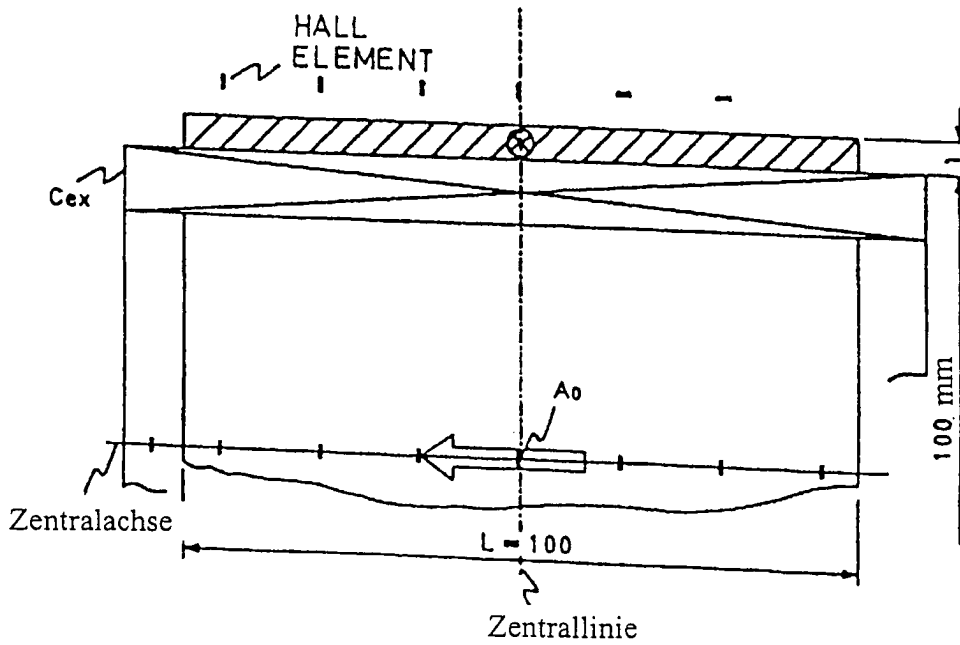


FIG.30

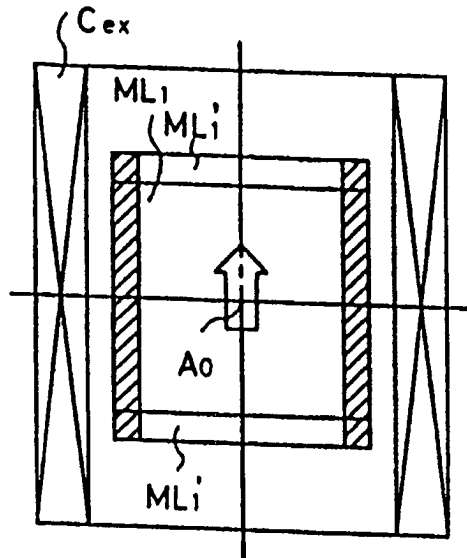


FIG.31

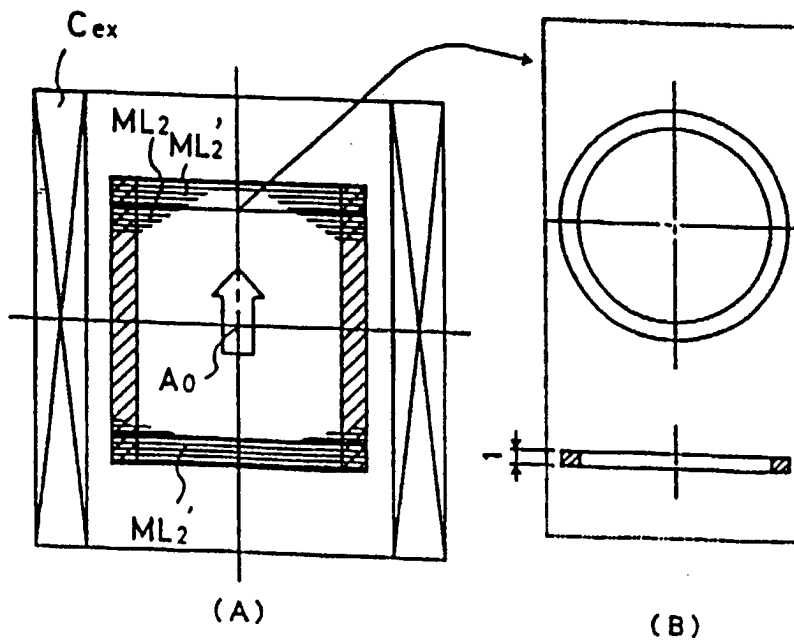
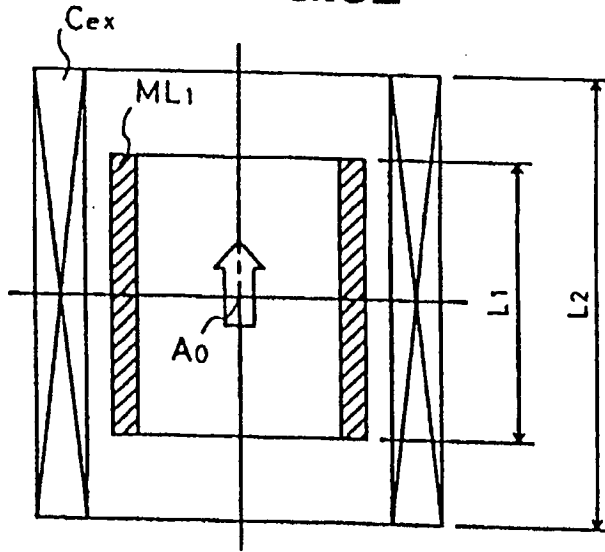
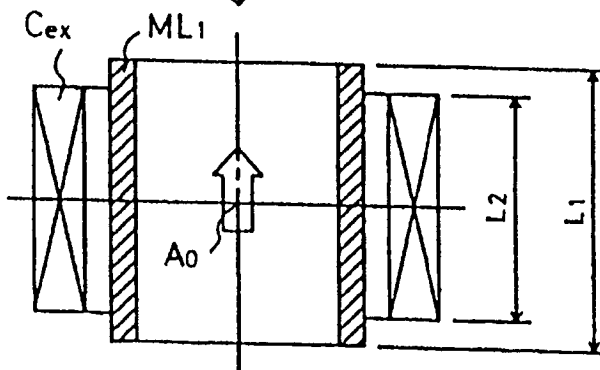


FIG.32



(A) $L_1 < L_2$



(B) $L_1 > L_2$

FIG.33

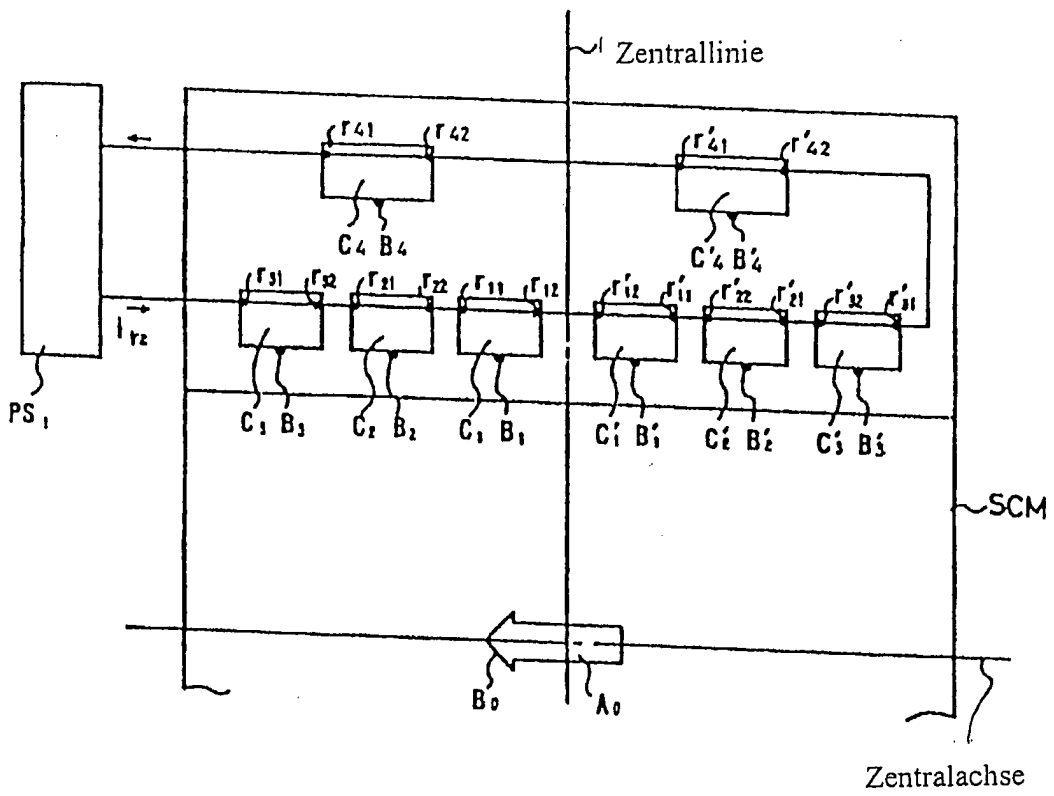


FIG.34

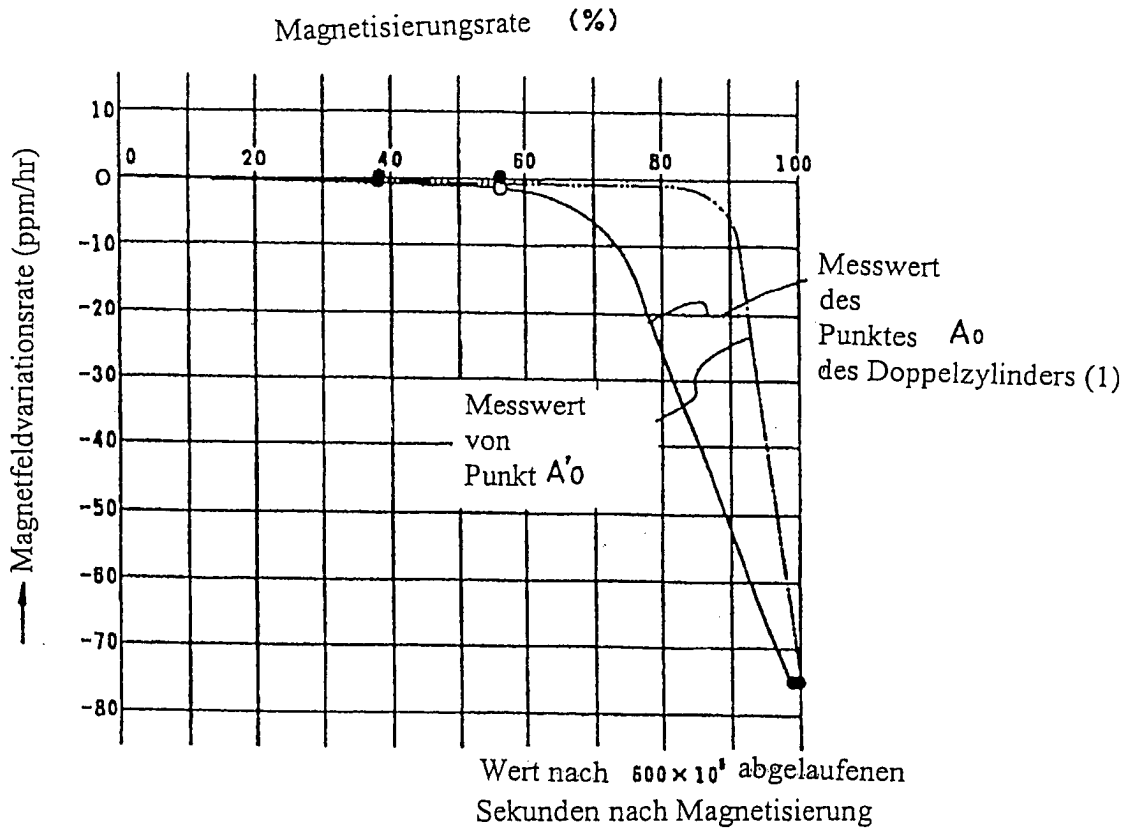


FIG.35

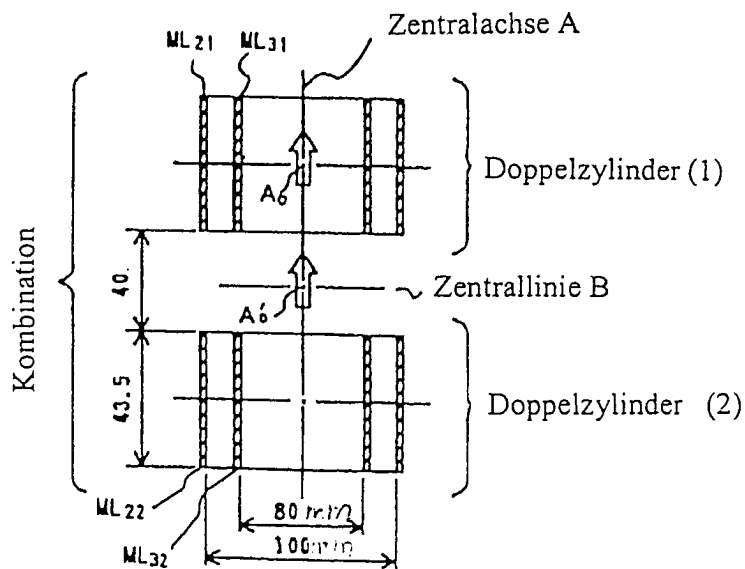


FIG.36

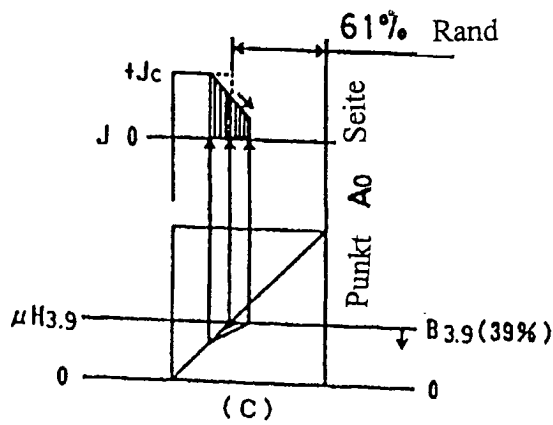
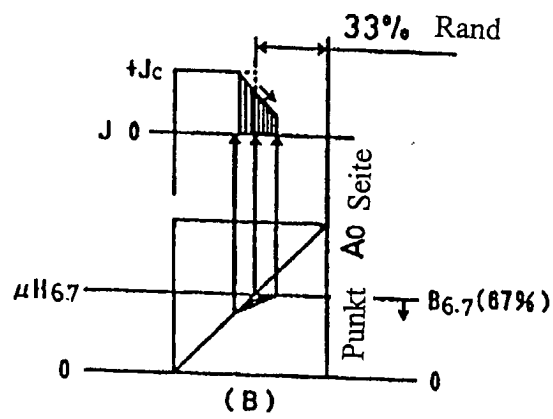
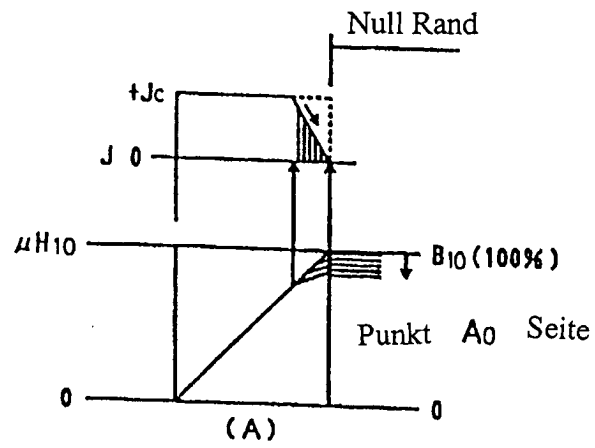


FIG.37

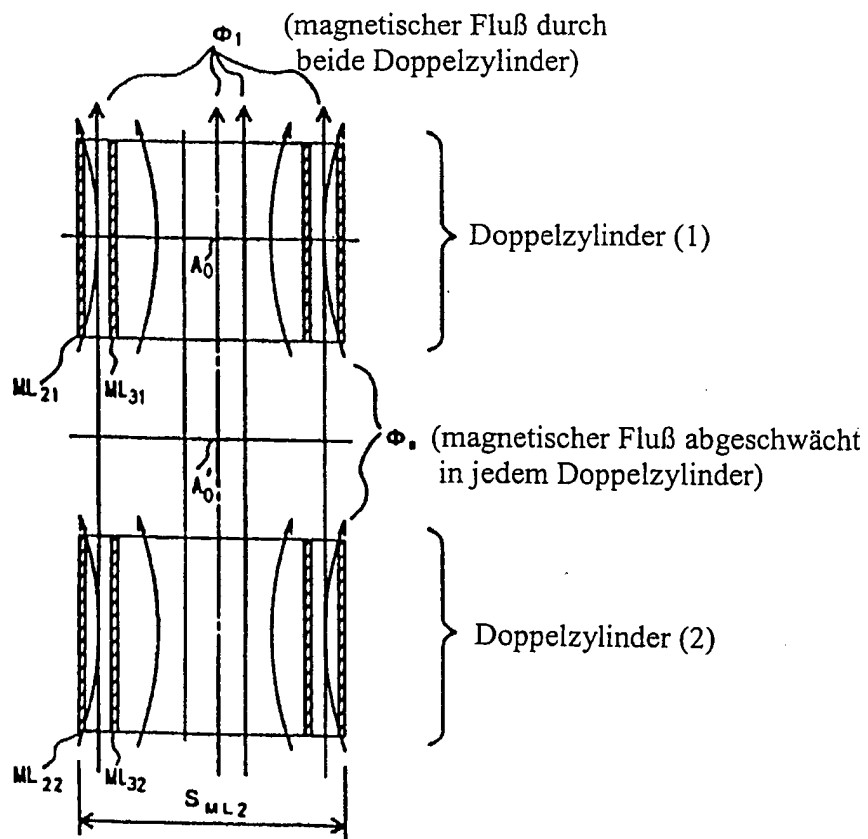


FIG.38

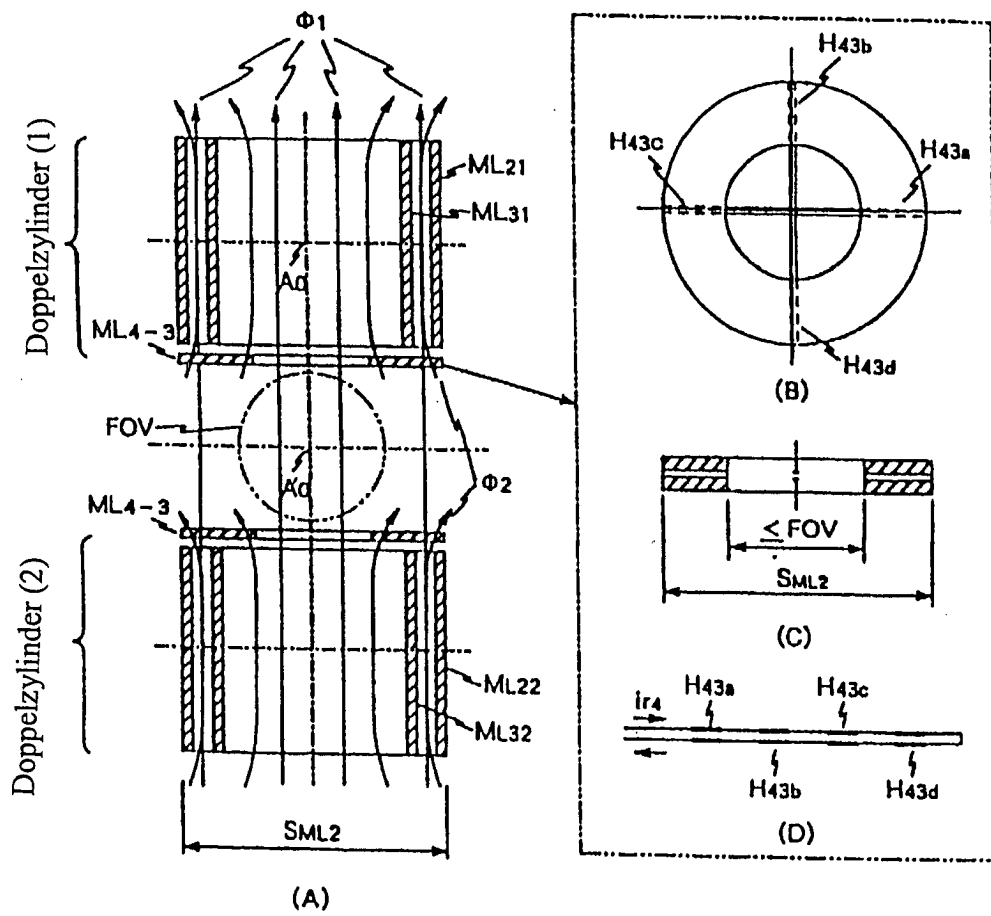


FIG.39

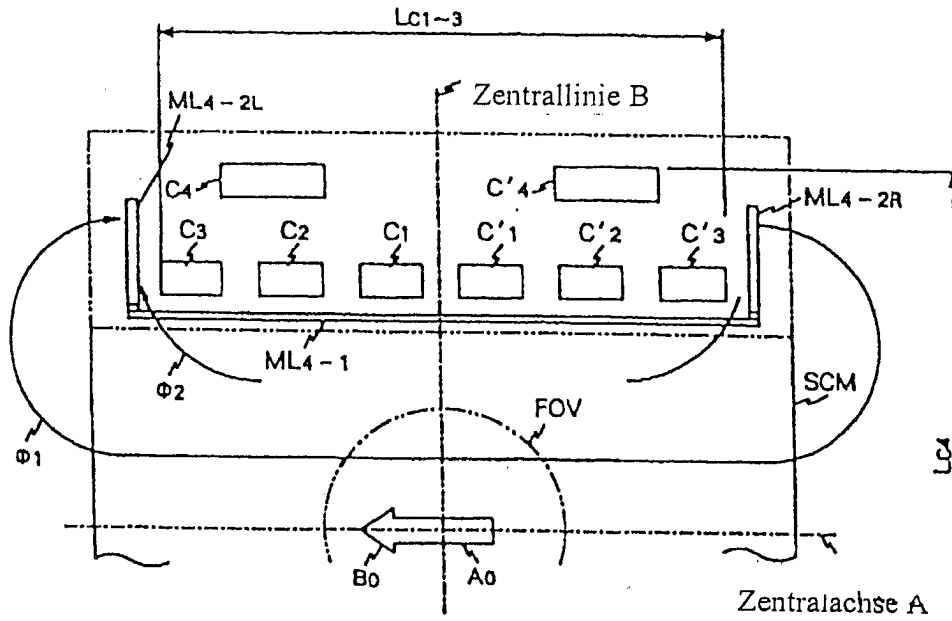


FIG.40

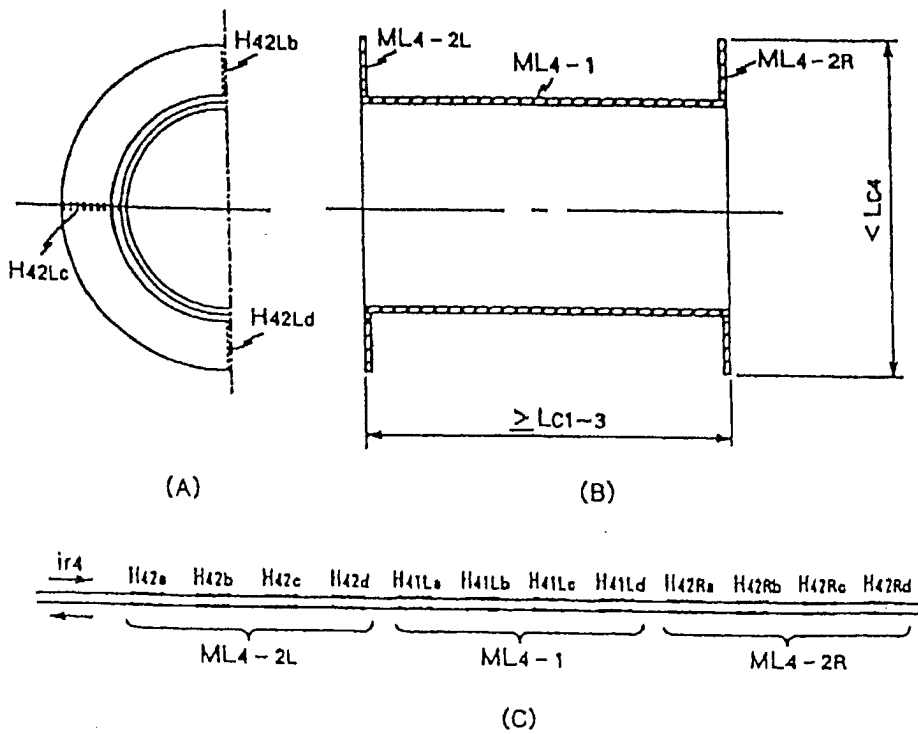


FIG.41

ML4-1~4-2
normalleitende Charakteristik

ML4-1~4-2
supraleitende Charakteristik

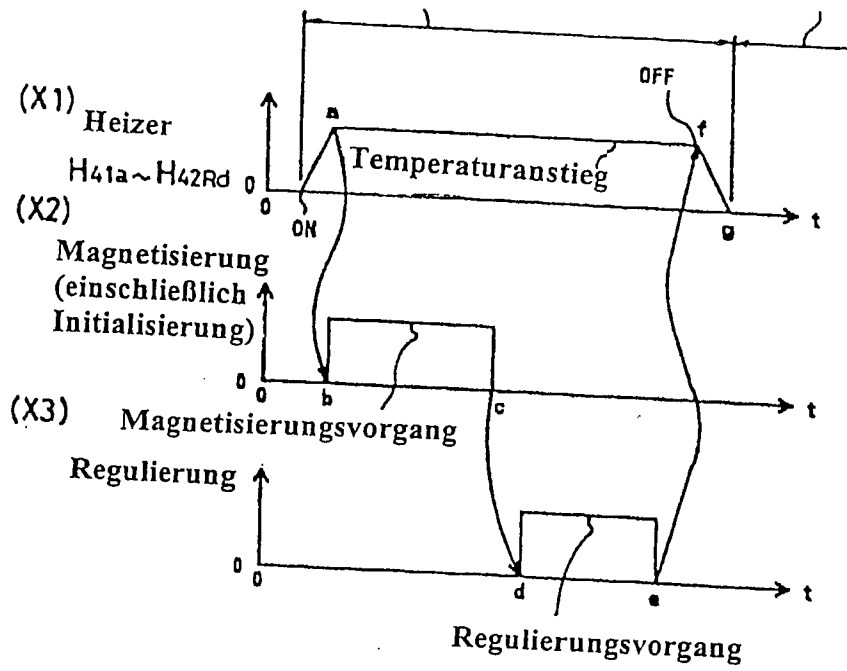


FIG.42

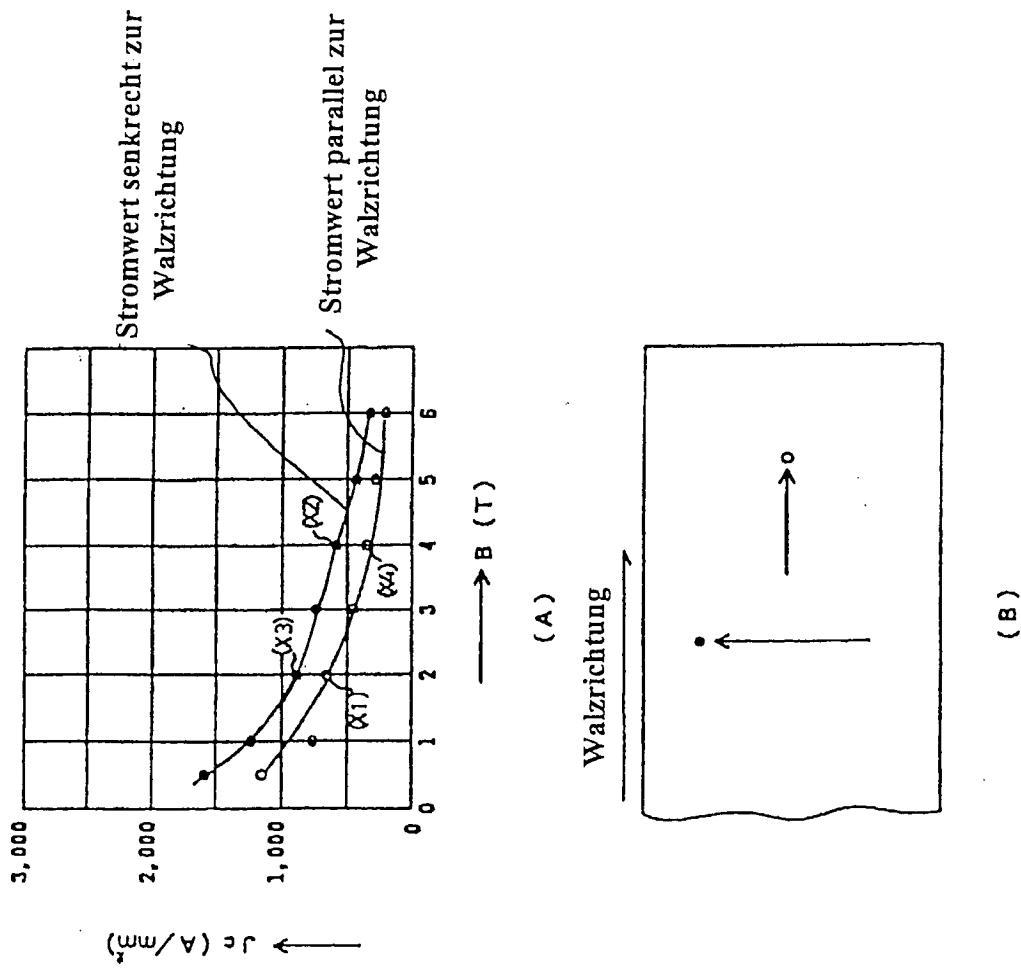


FIG.43

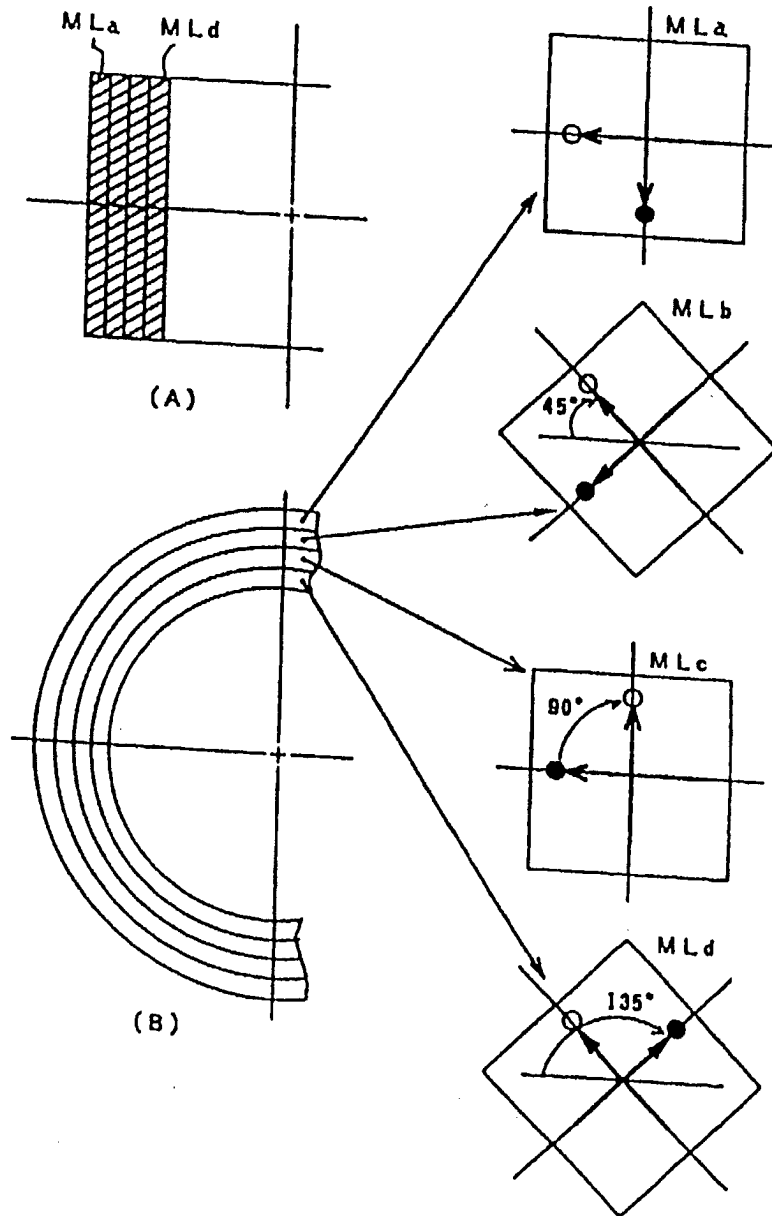


FIG.44

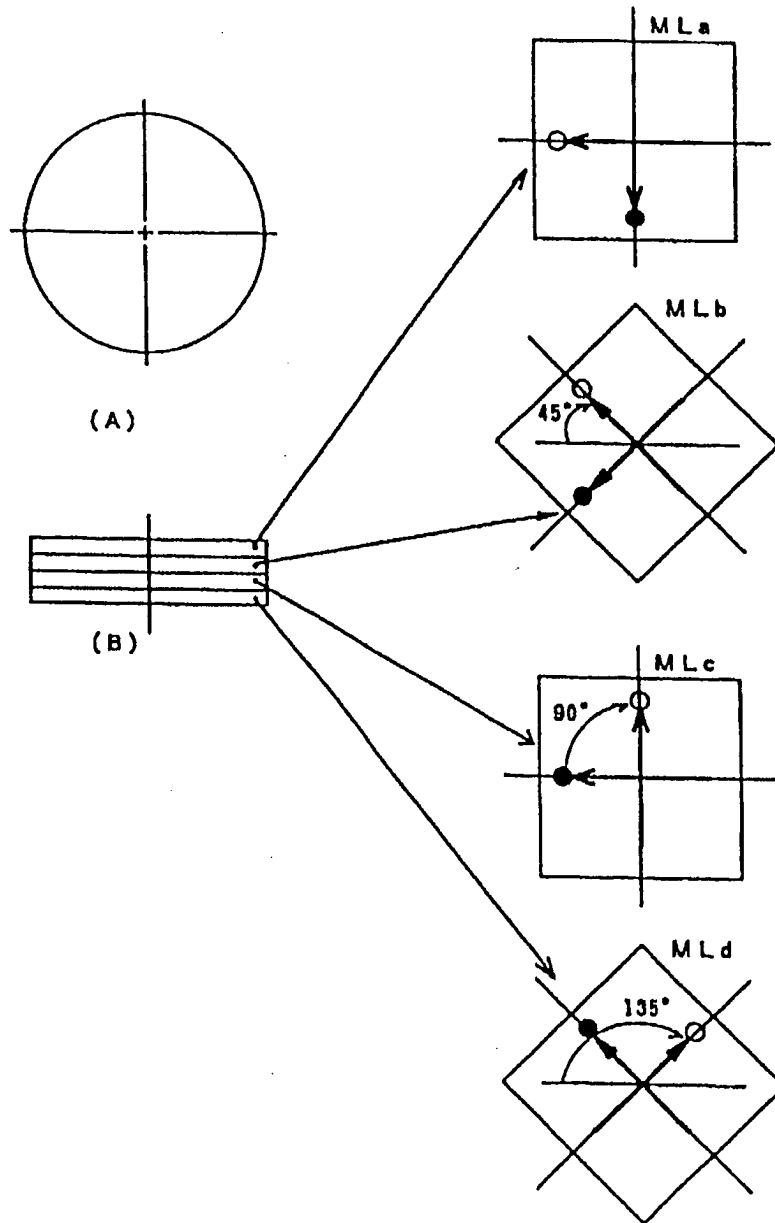


FIG.45

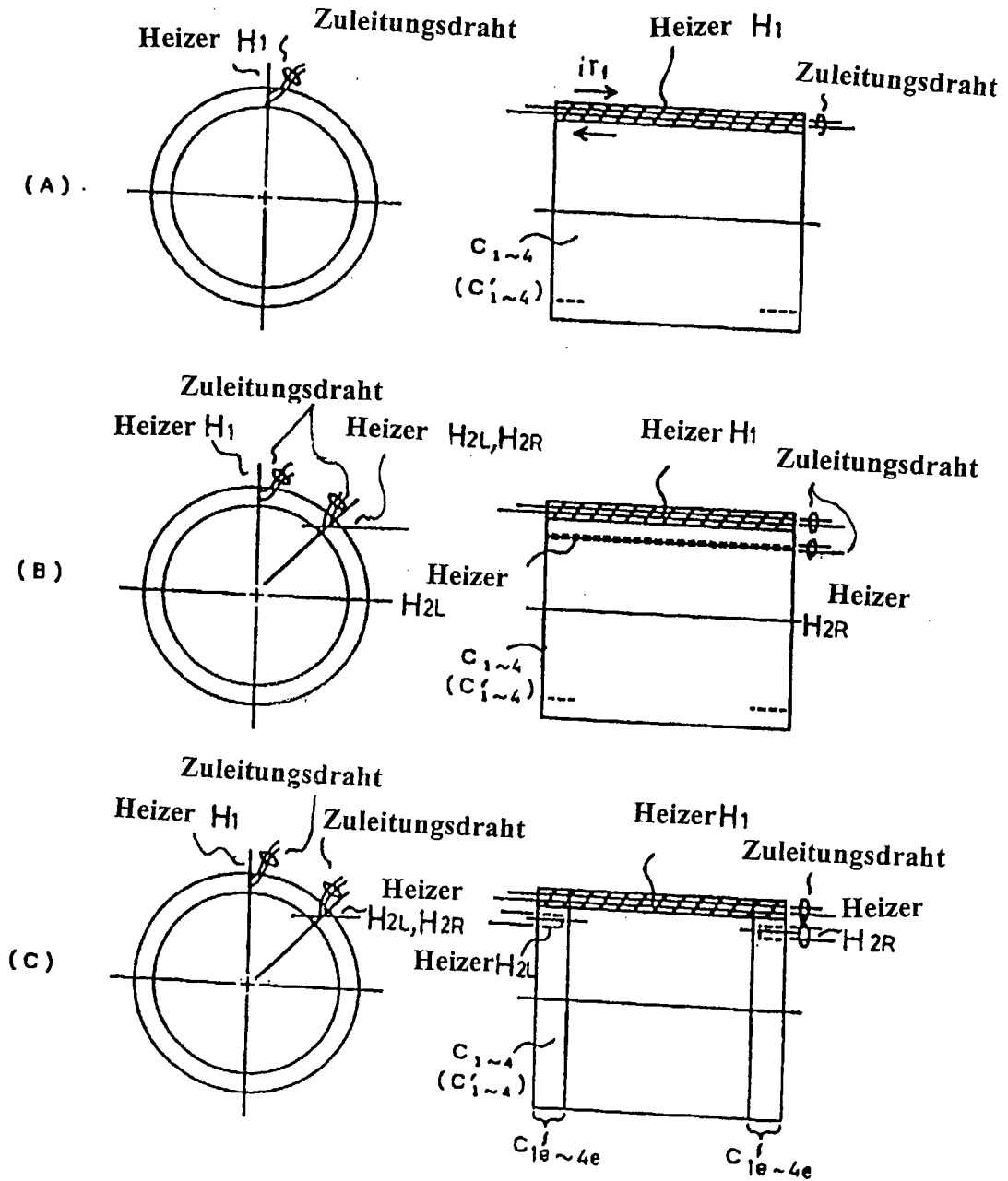


FIG.46

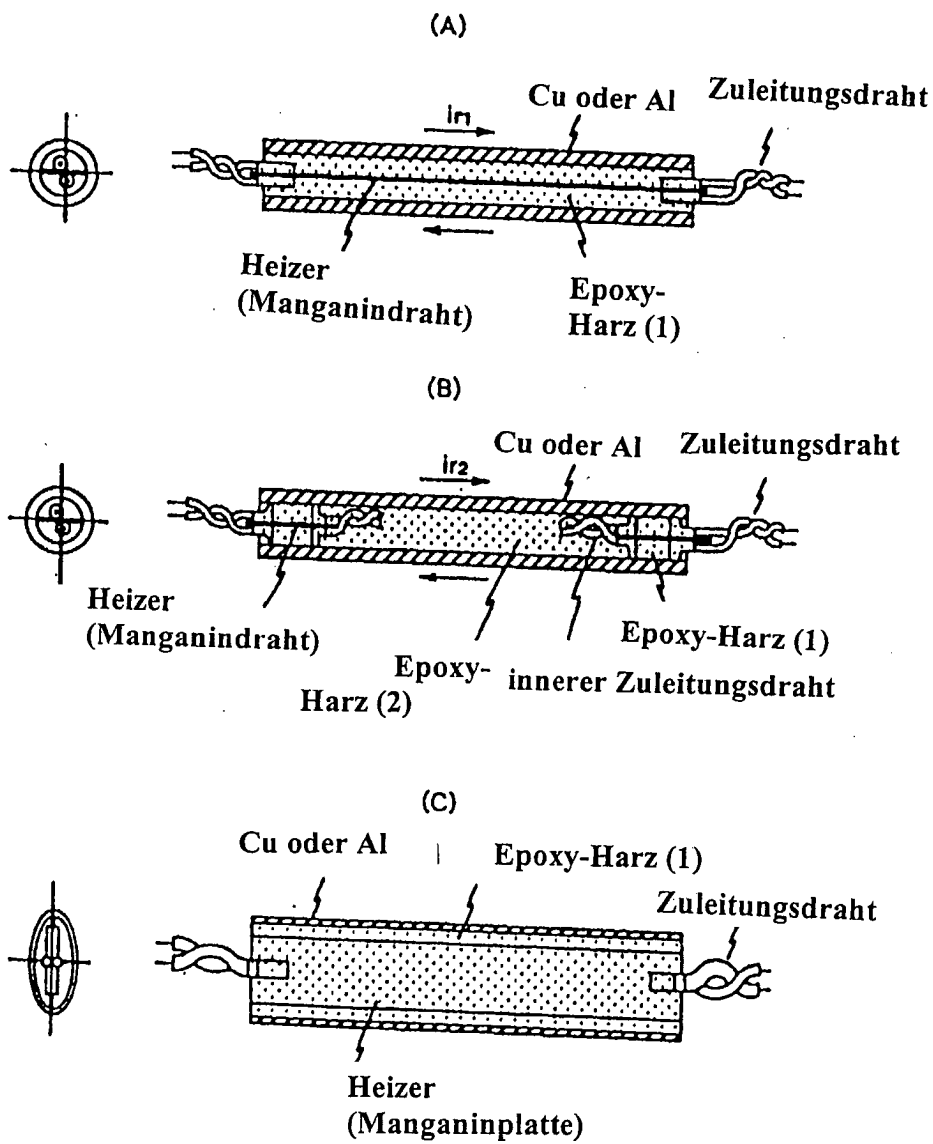


FIG.47

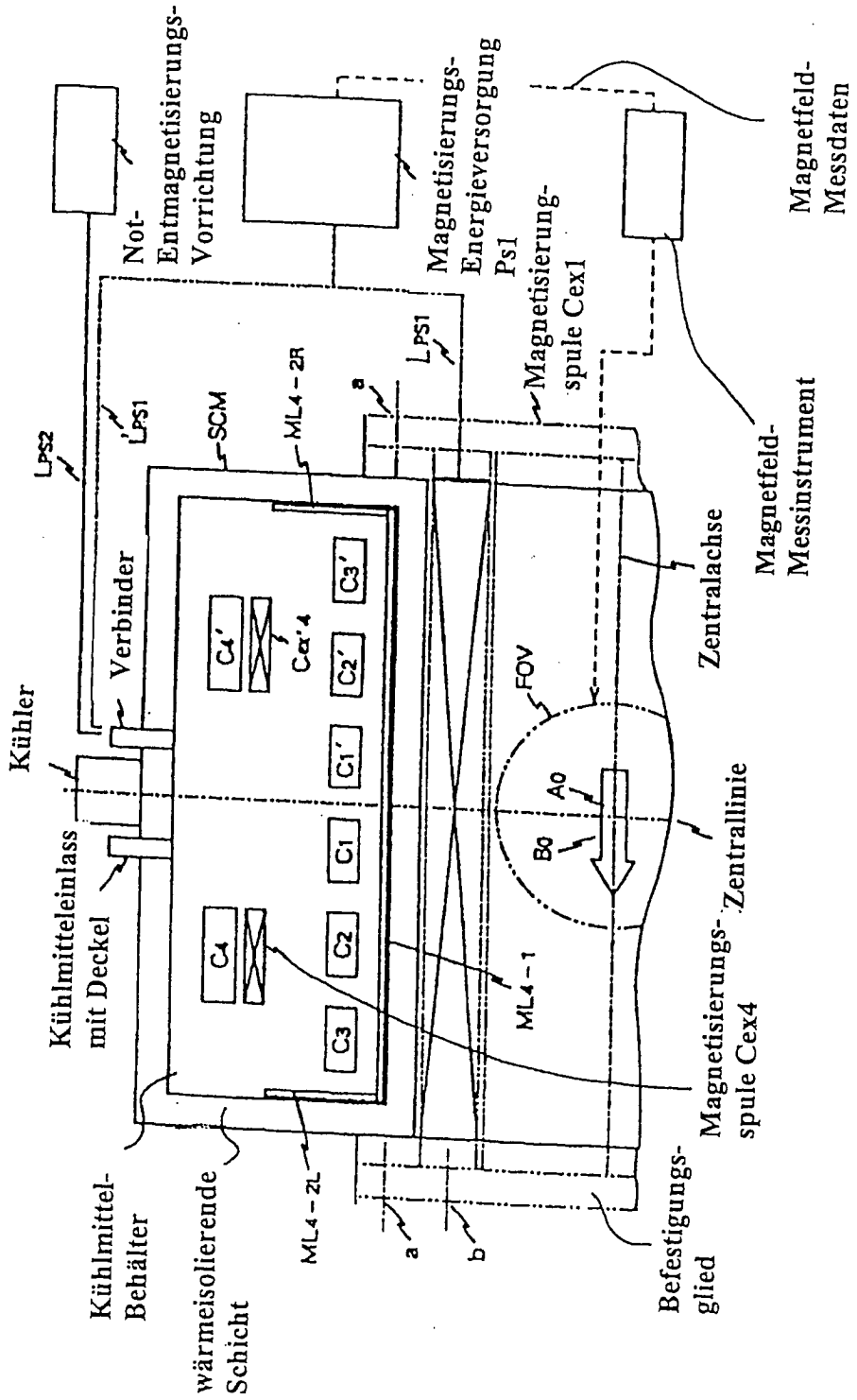


FIG.48

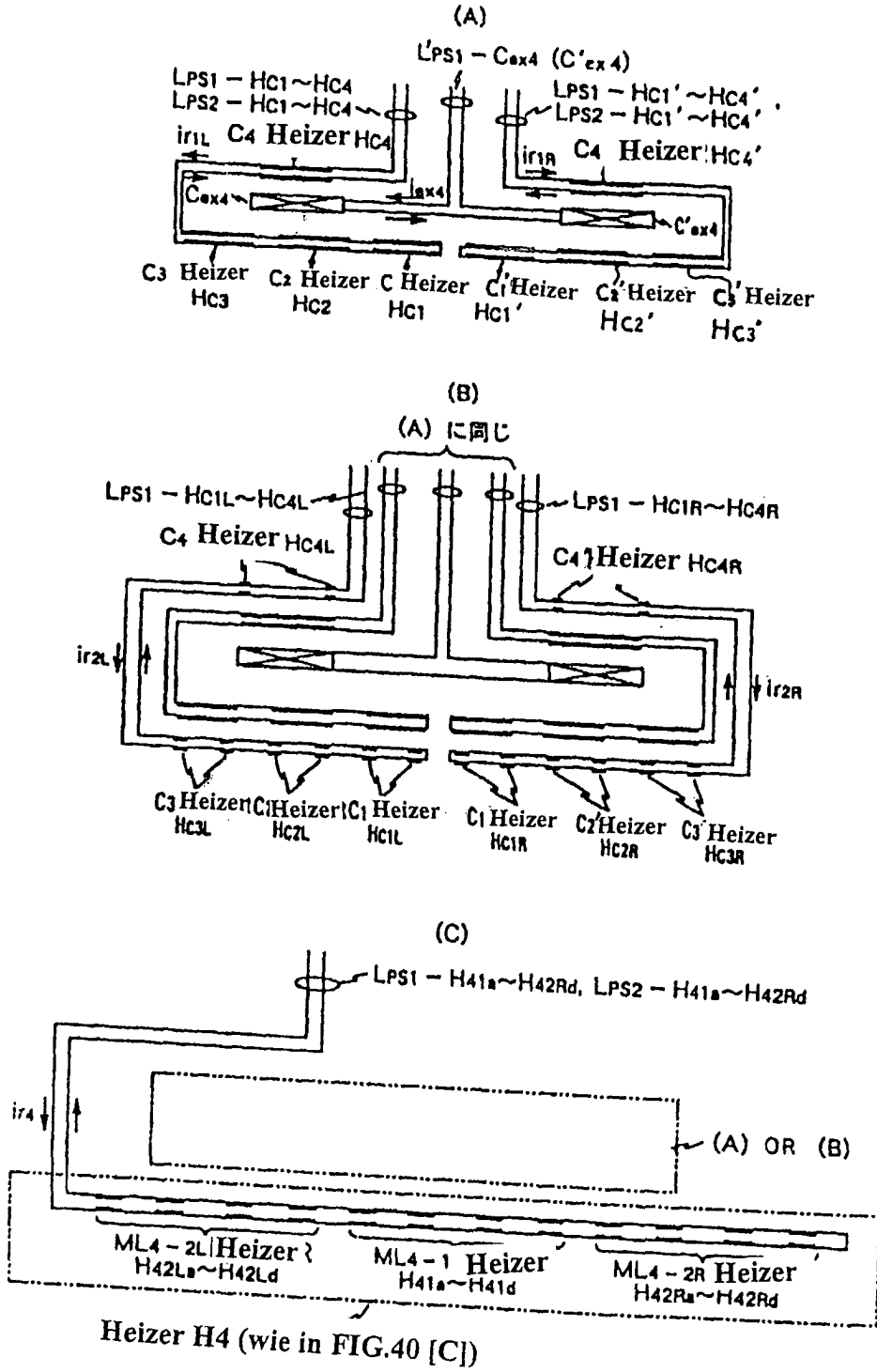


FIG.49

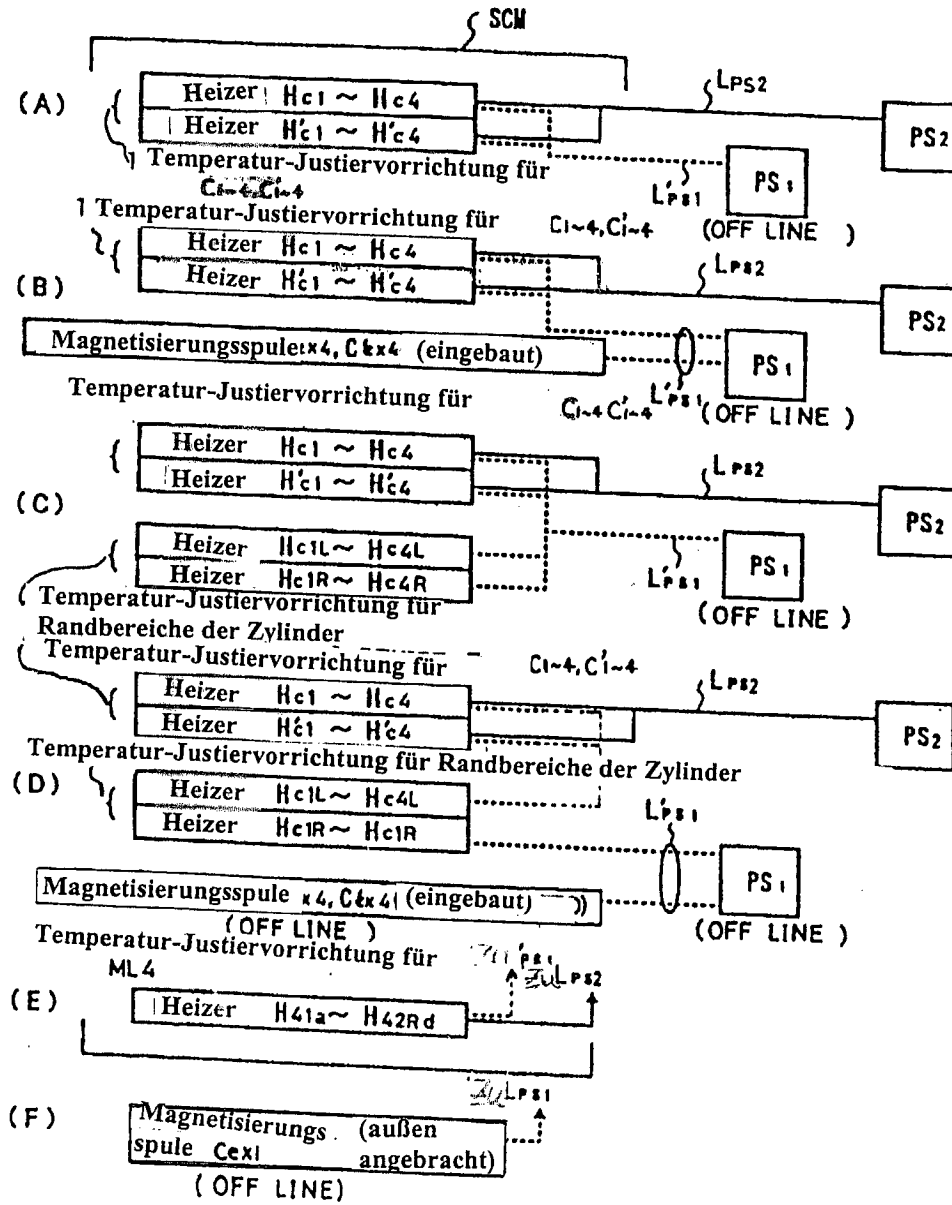


FIG.50A

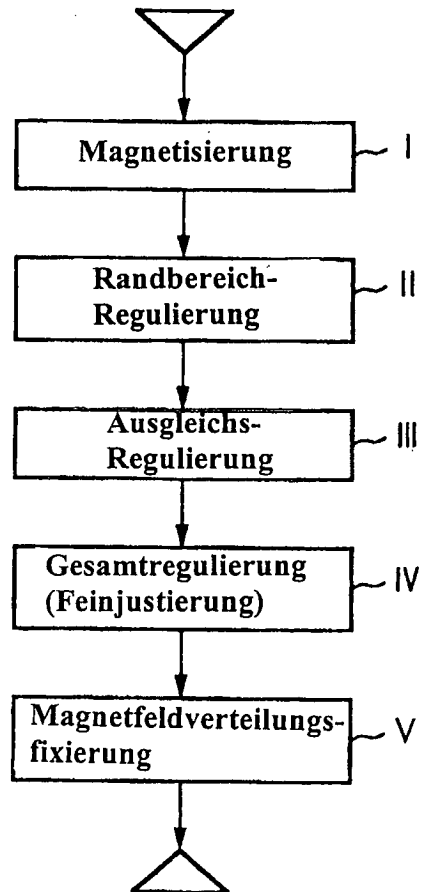


FIG.50B

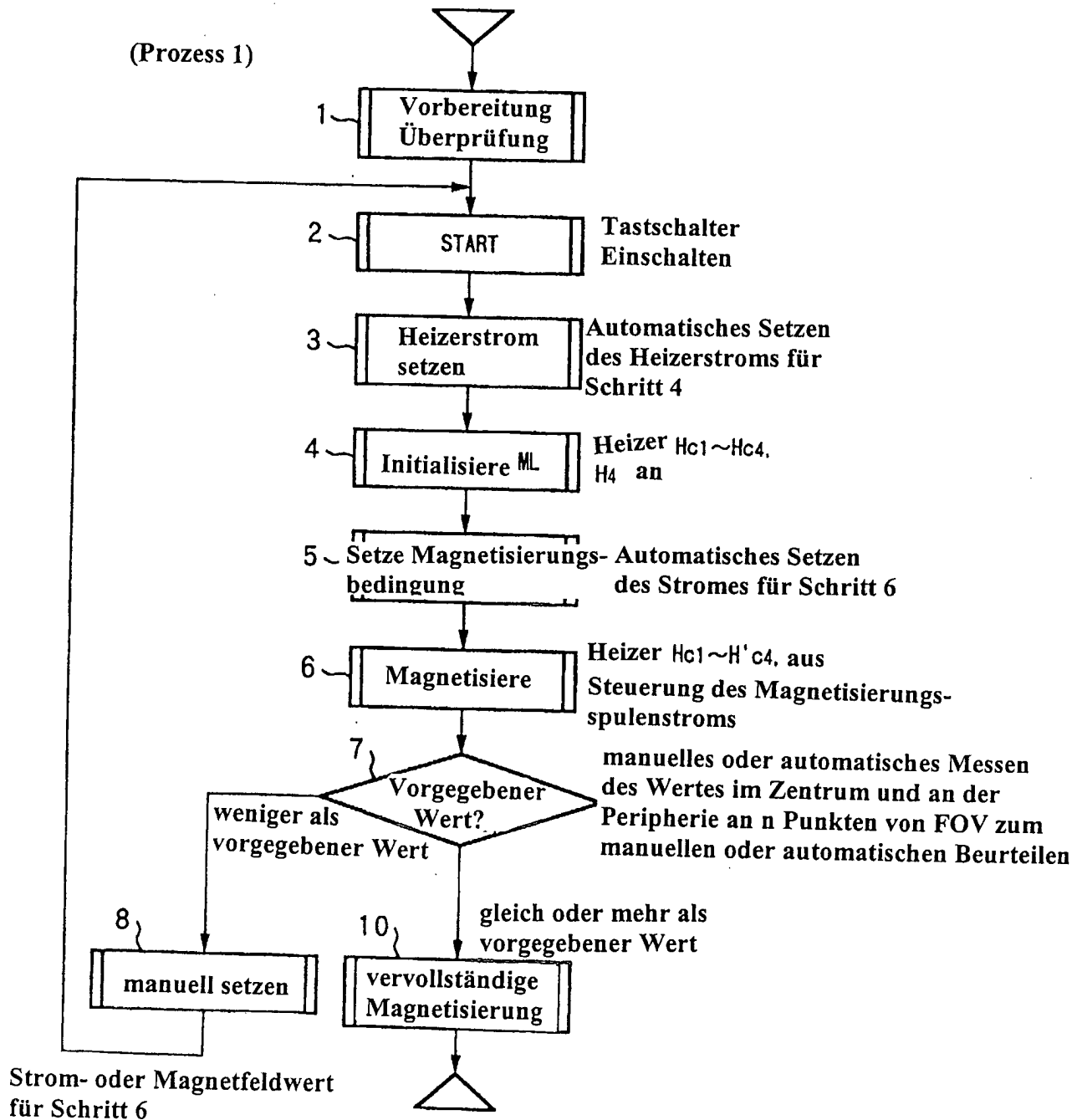


FIG.50C

(Prozess 2)

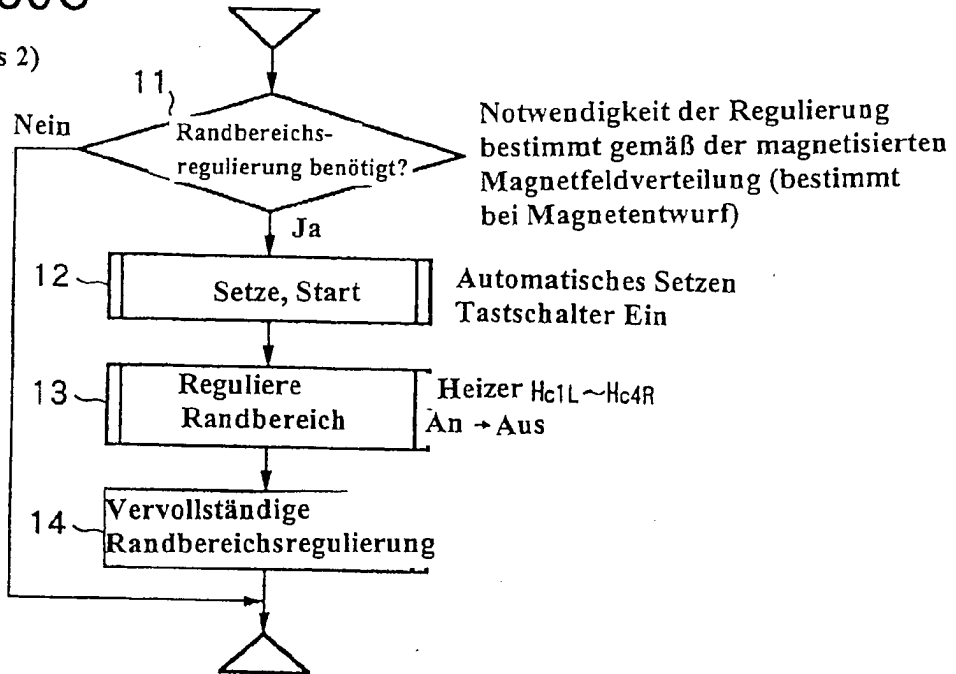


FIG.50D

(Prozess 3)

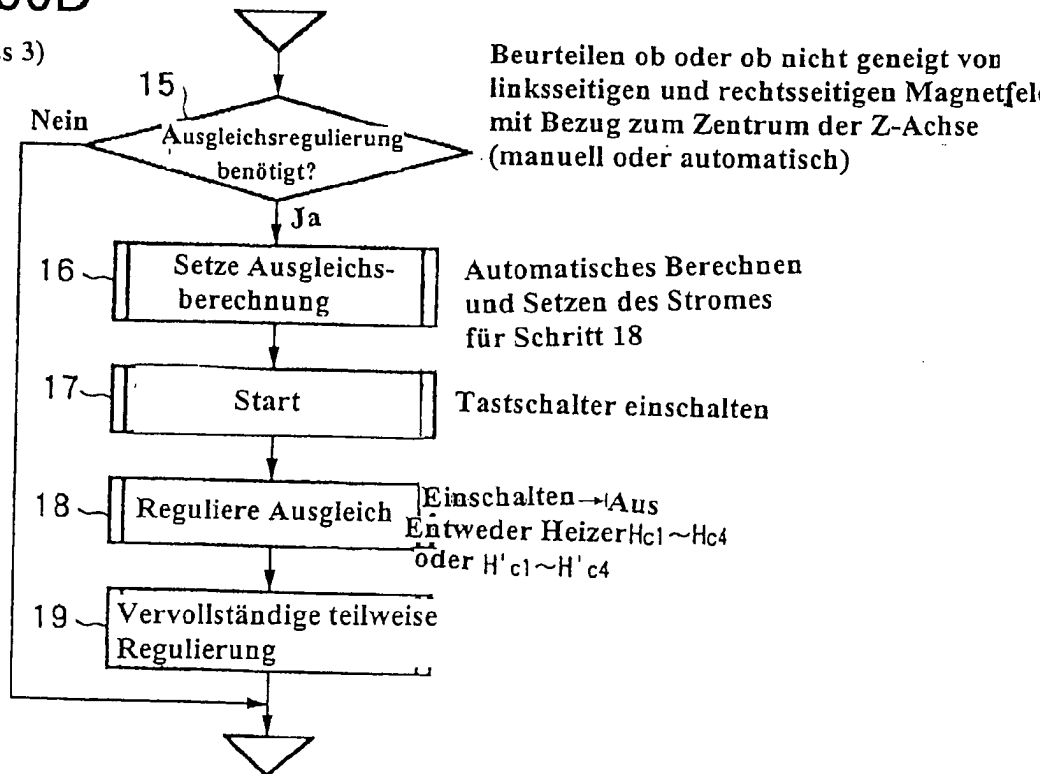


FIG.50E

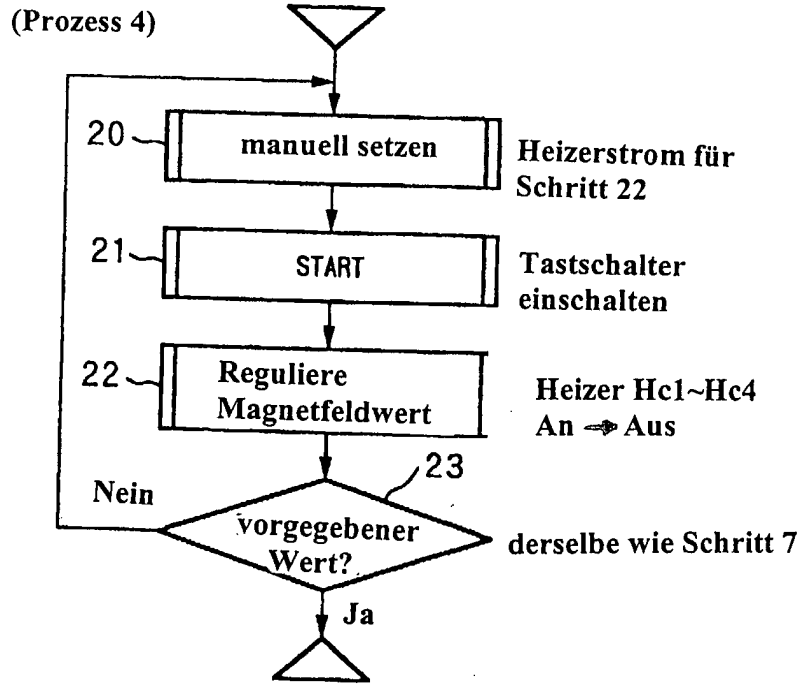


FIG.50F

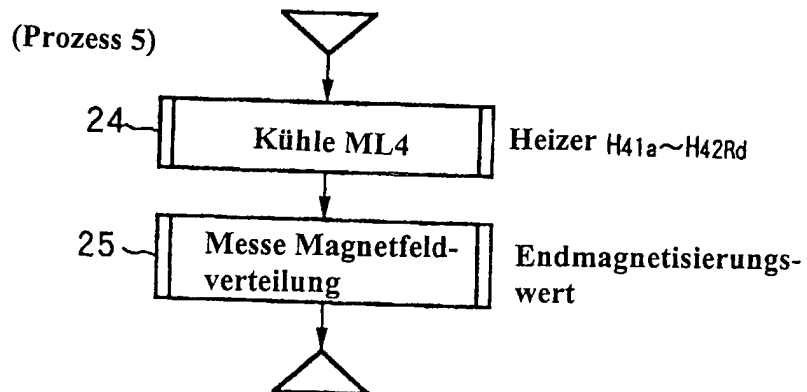


FIG.52

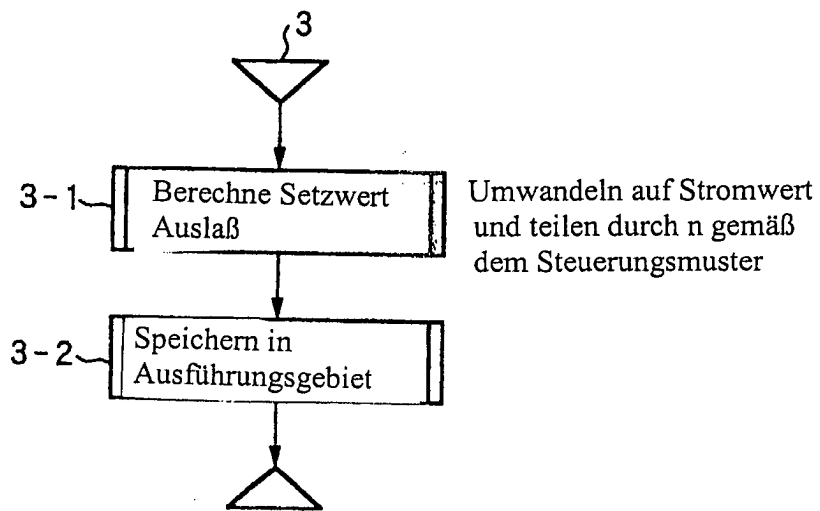


FIG.53

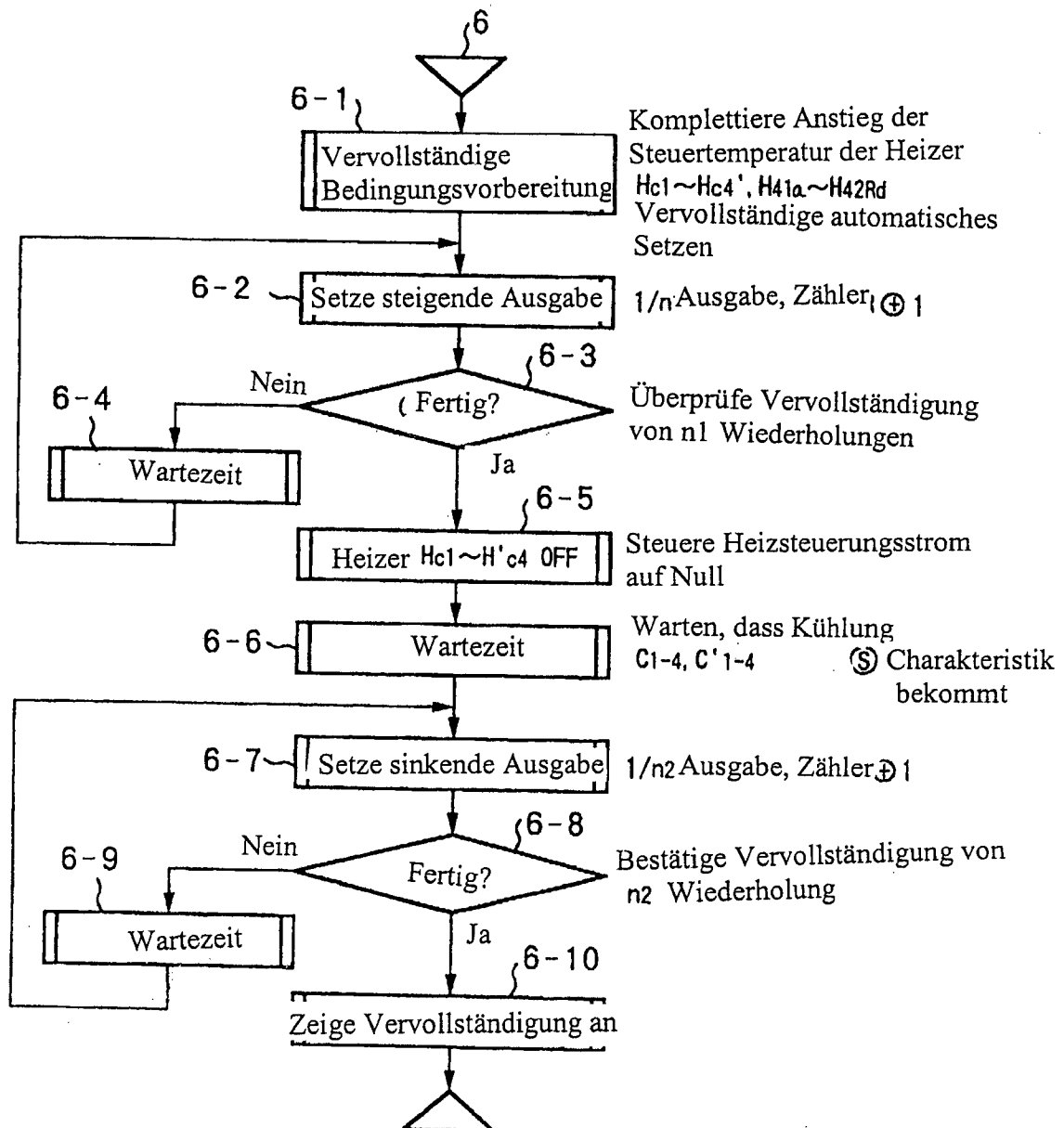


FIG.54

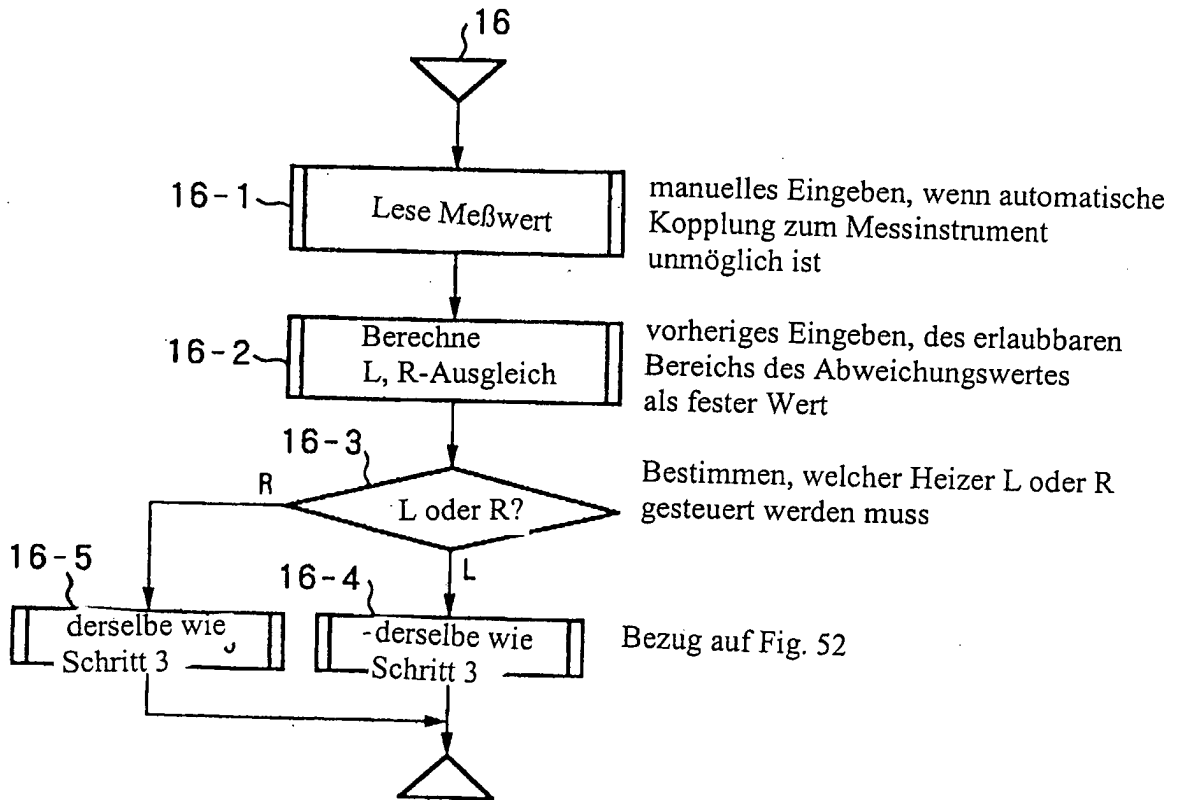


FIG.55

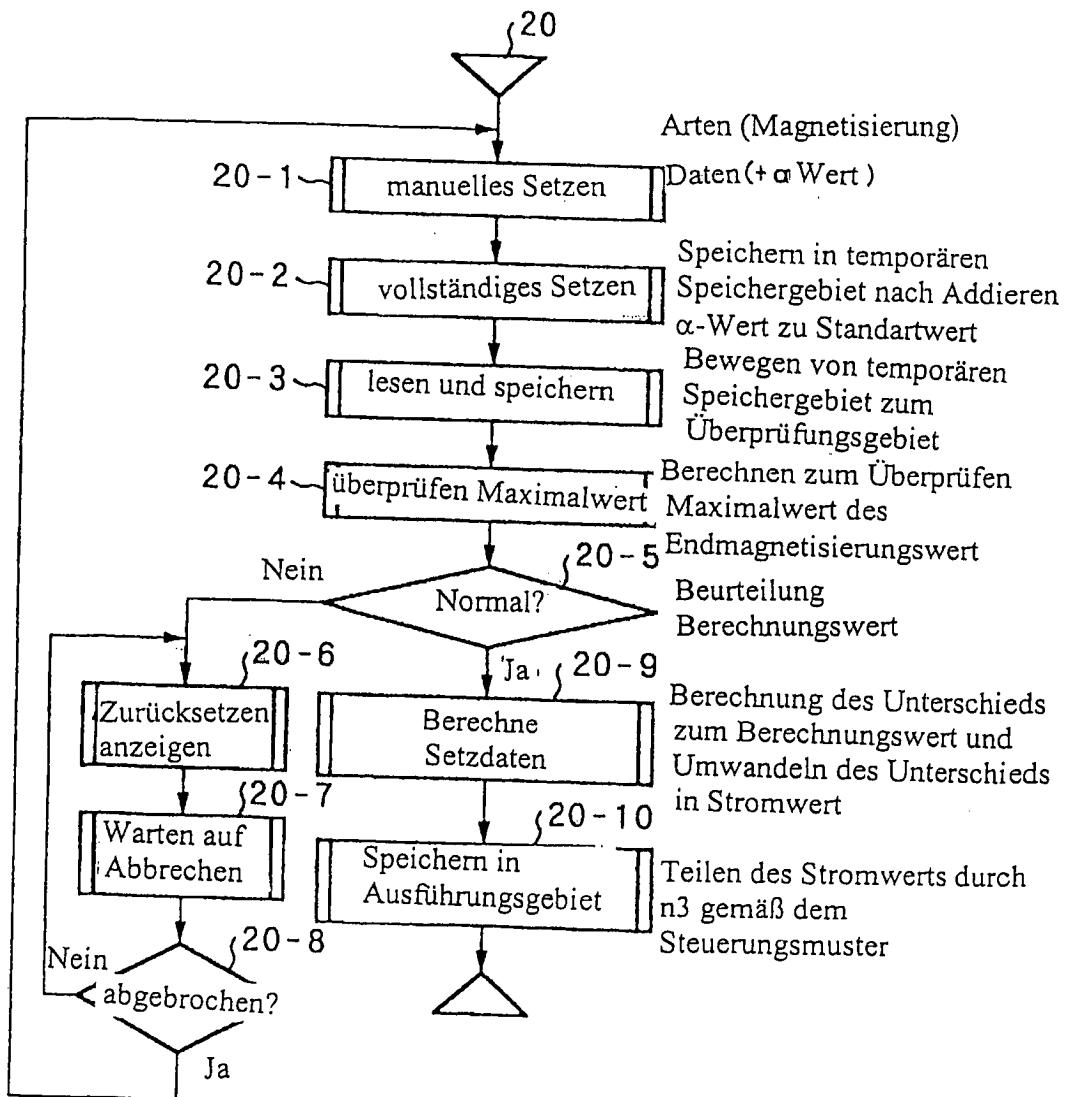
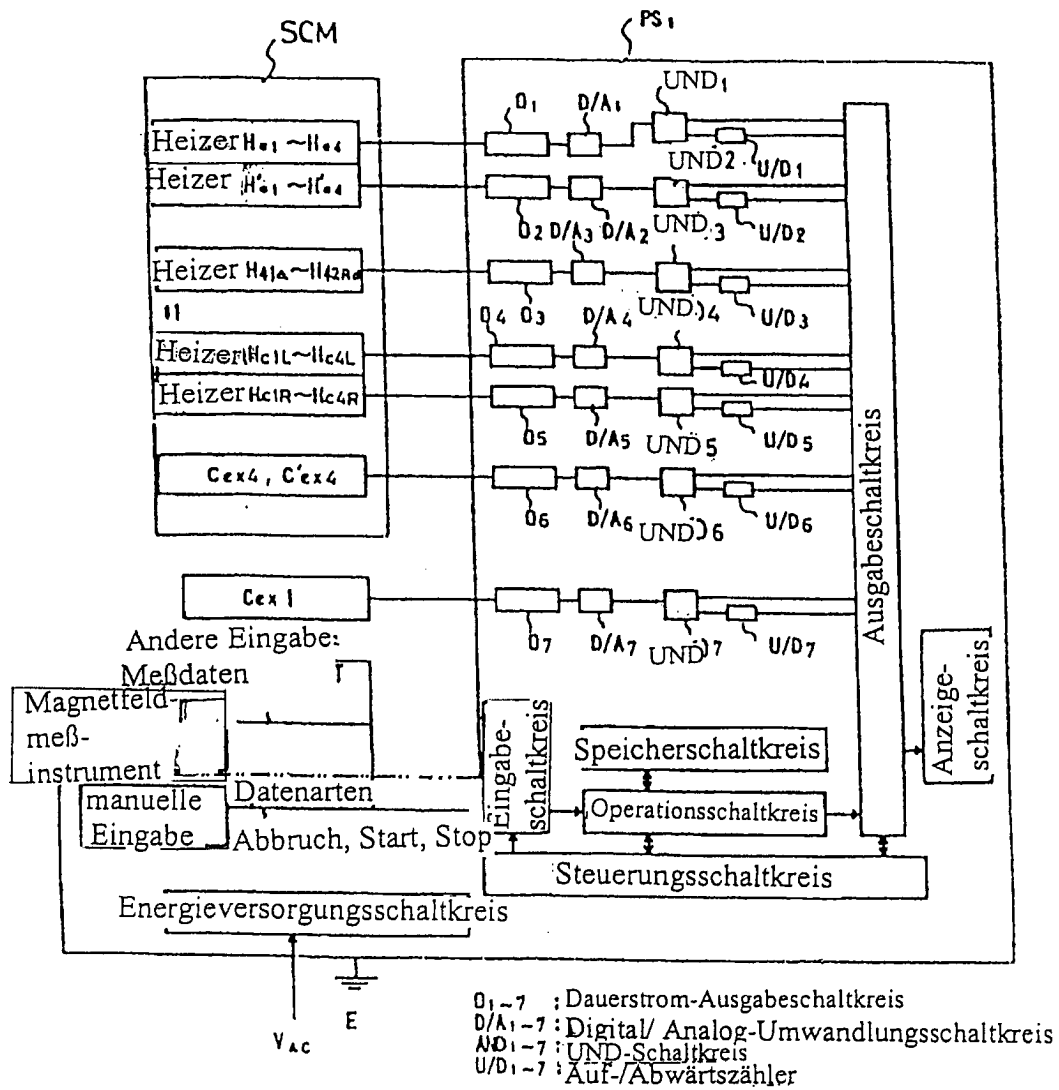


FIG.56



$D_1 \sim 7$: Dauerstrom-Ausgabeschaltkreis
 $D/A_1 \sim 7$: Digital/ Analog-Umwandlungsschaltkreis
 $UND_1 \sim 7$: UND-Schaltkreis
 $U/D_1 \sim 7$: Auf-/Abwärtszähler

!! Heizer können gemeinsam
 in Reihe gekoppelt sein

FIG.57

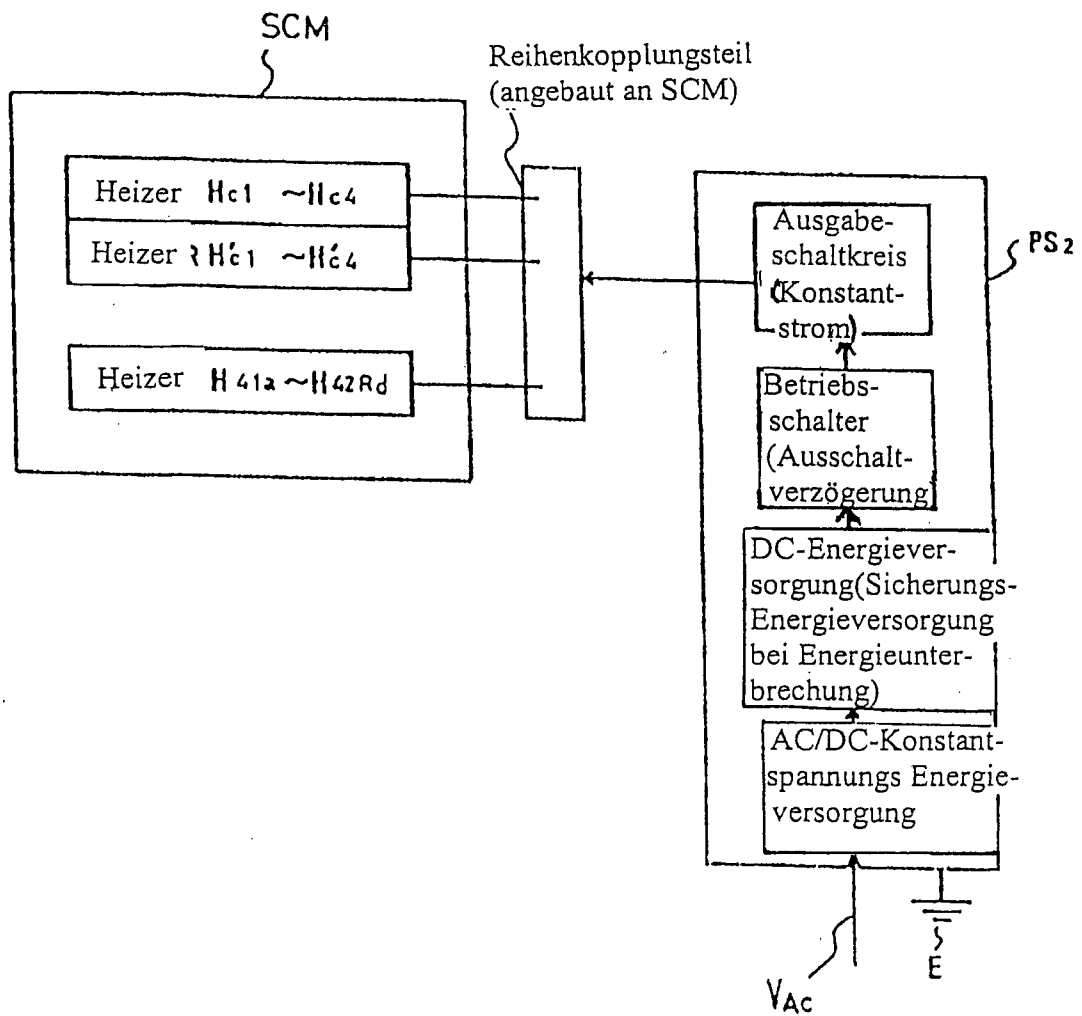


FIG.58

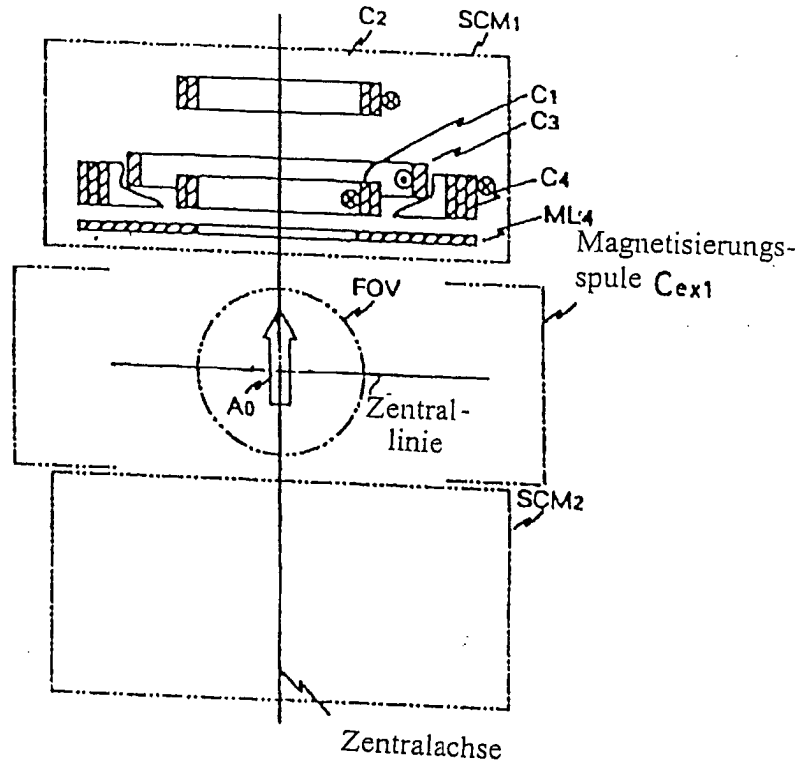


FIG.59

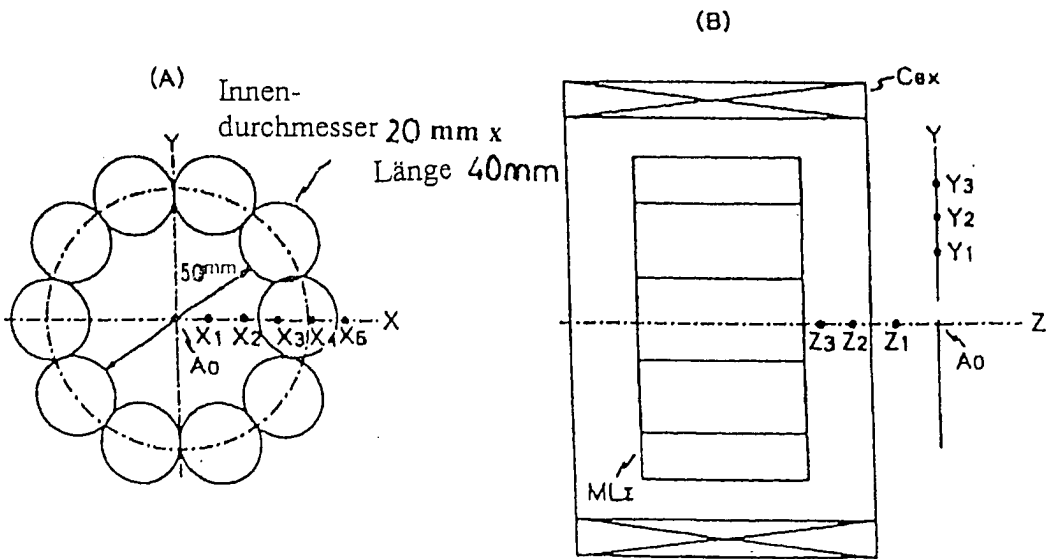


FIG.60

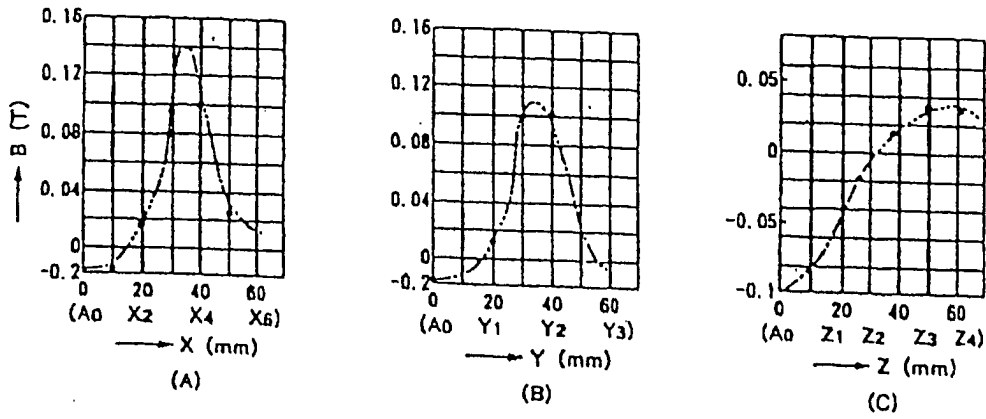


FIG.61

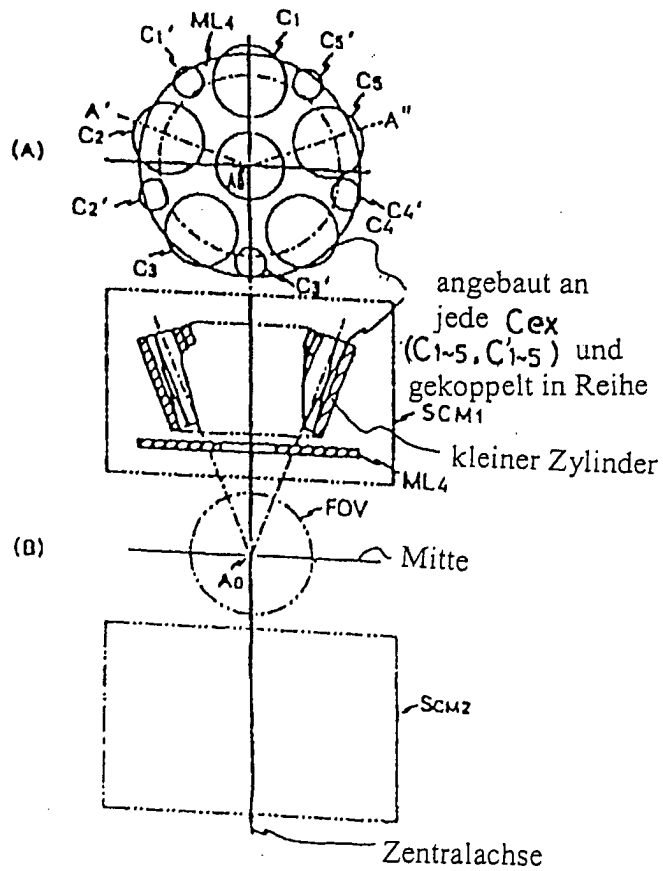


FIG.62

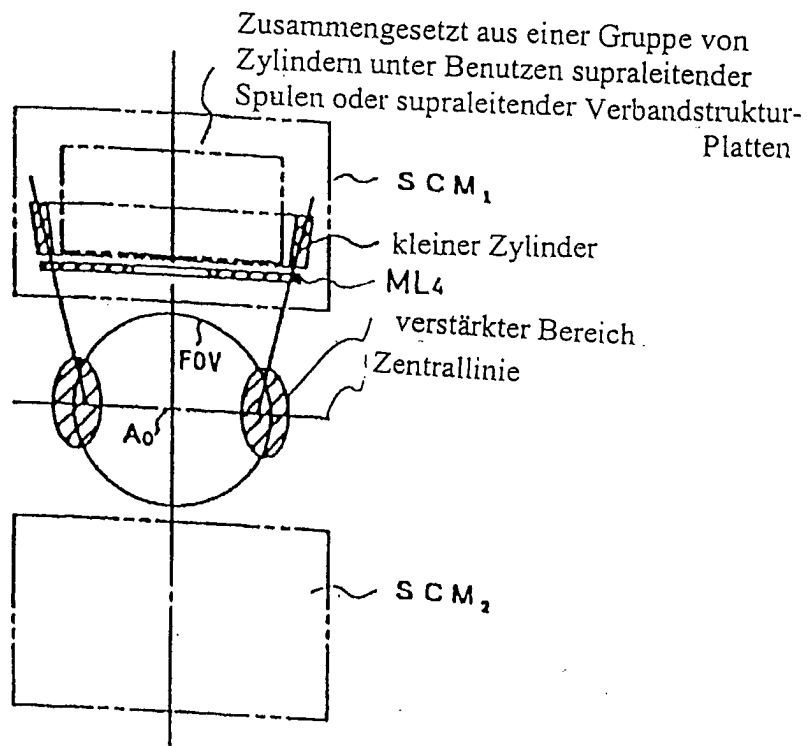


FIG.63

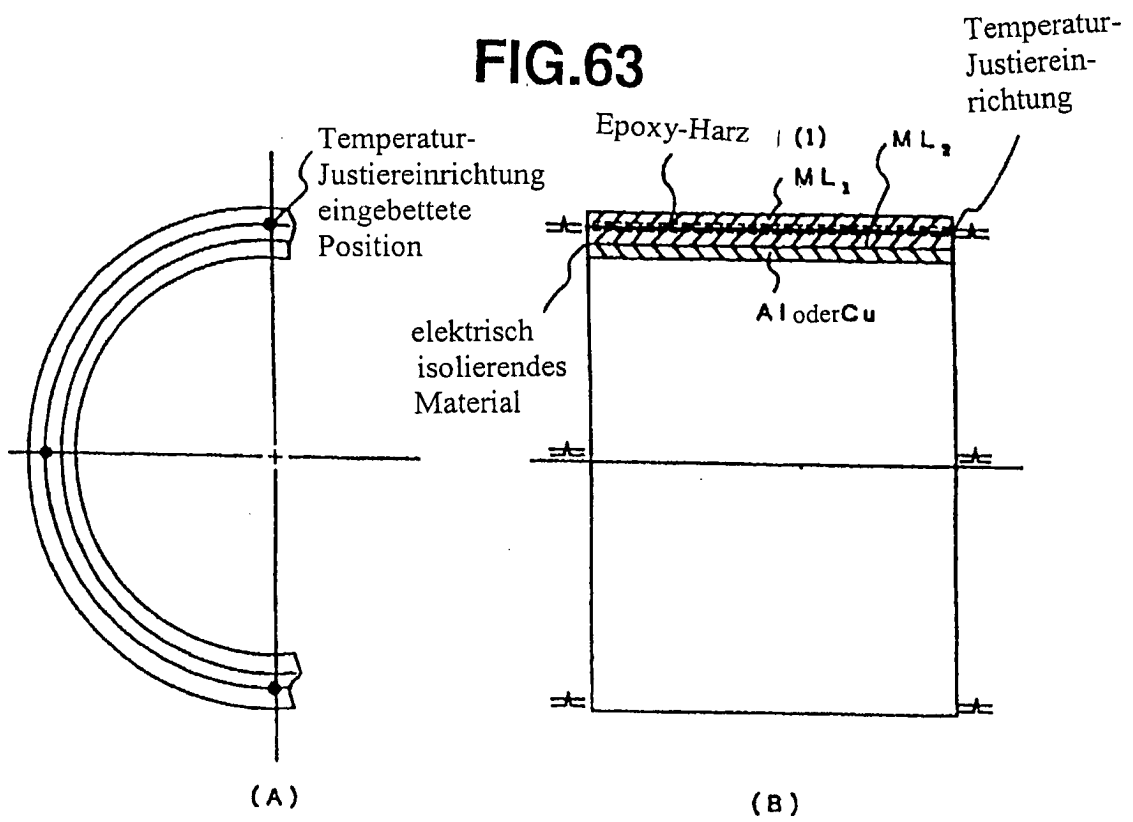


FIG.64

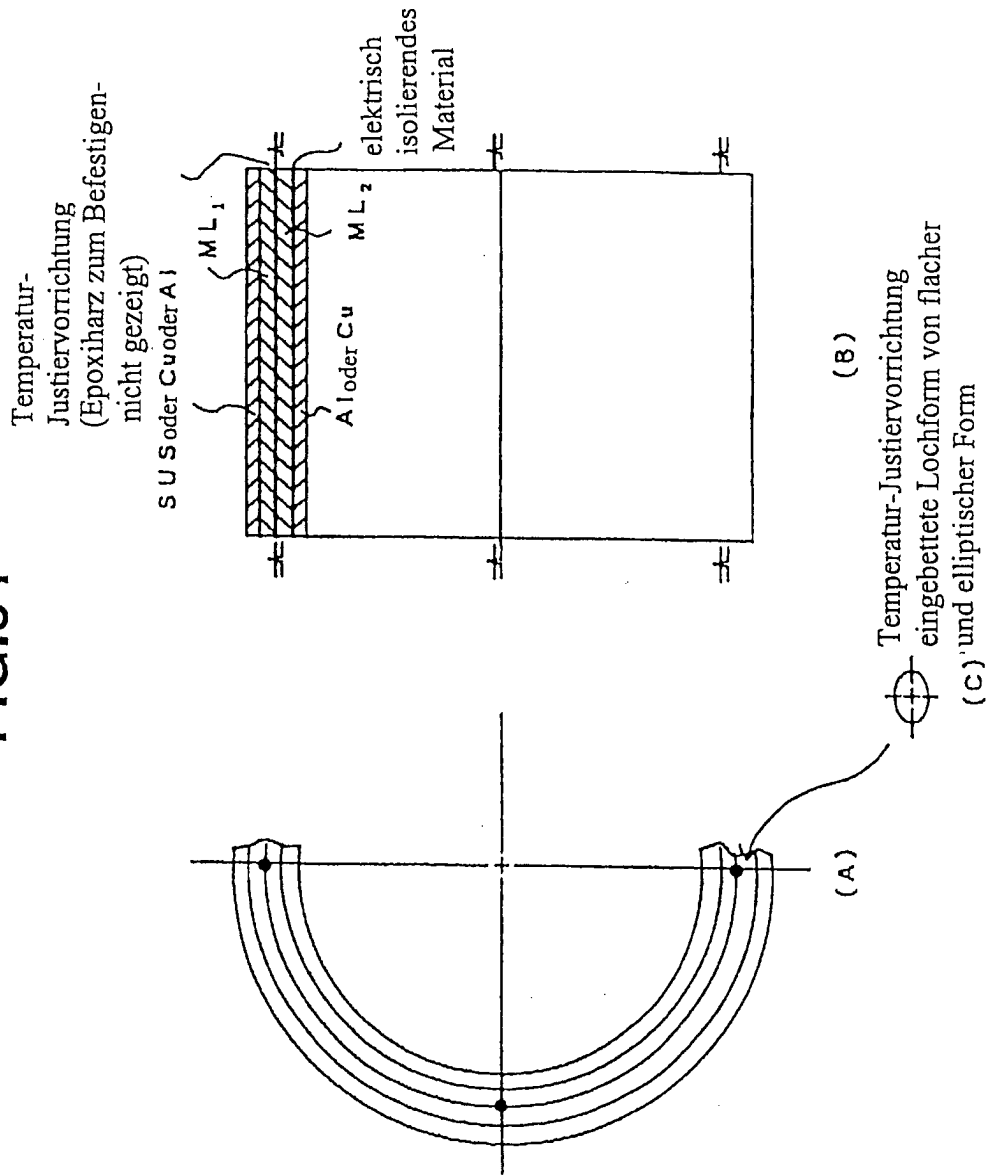


FIG.65

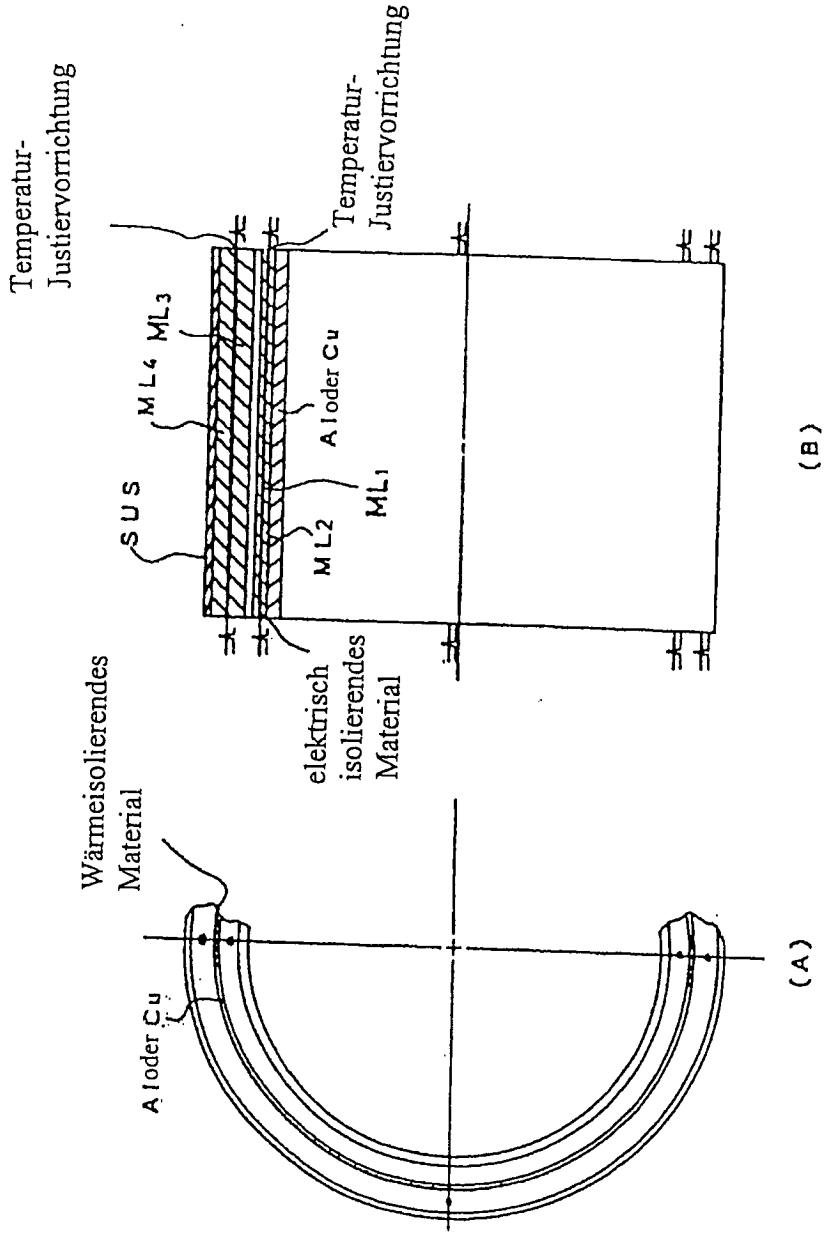
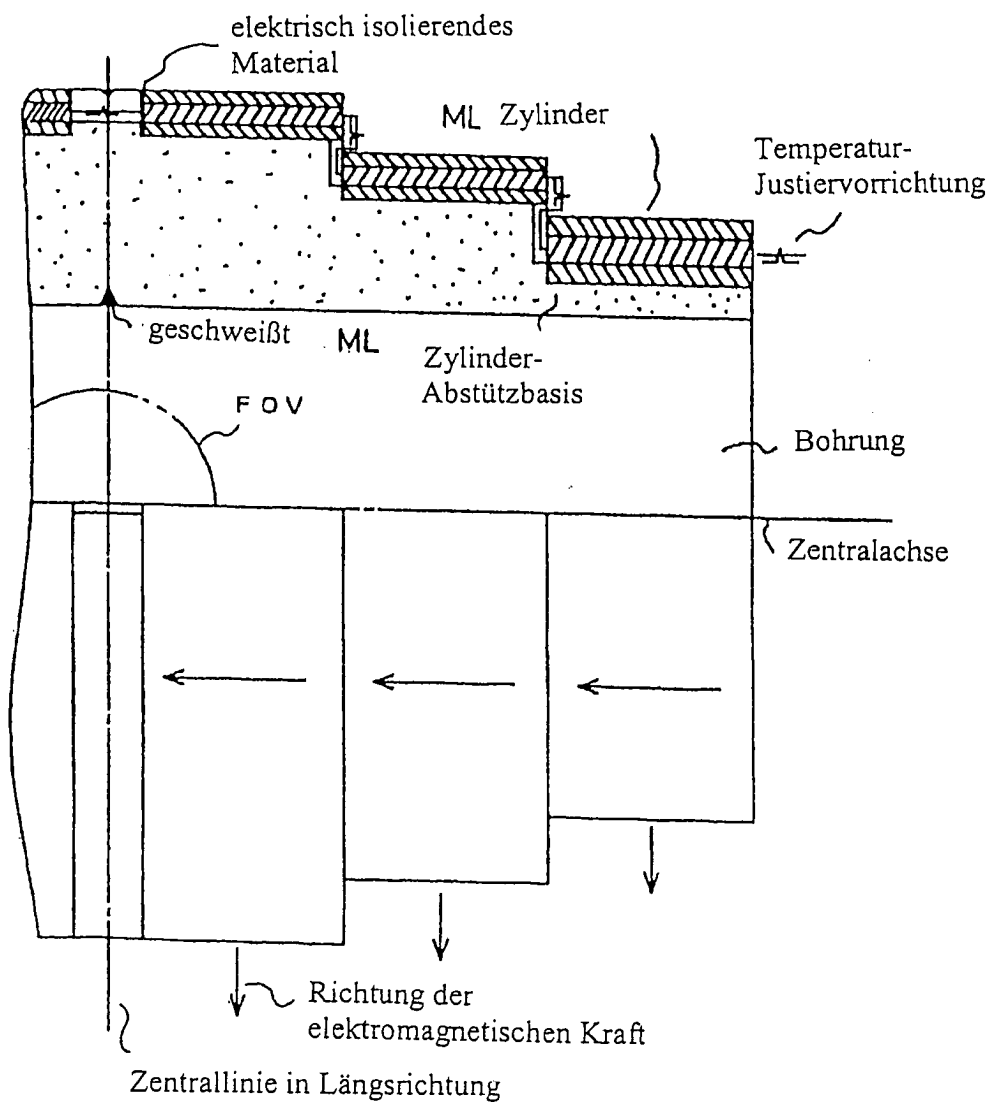


FIG.66



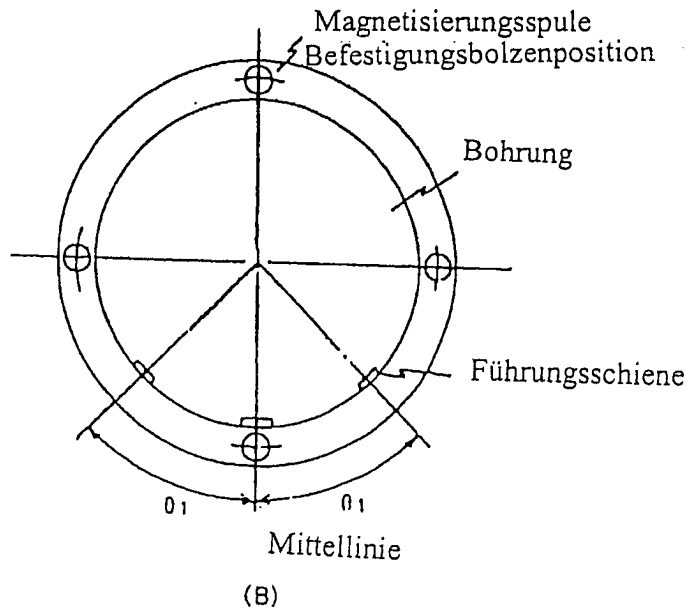
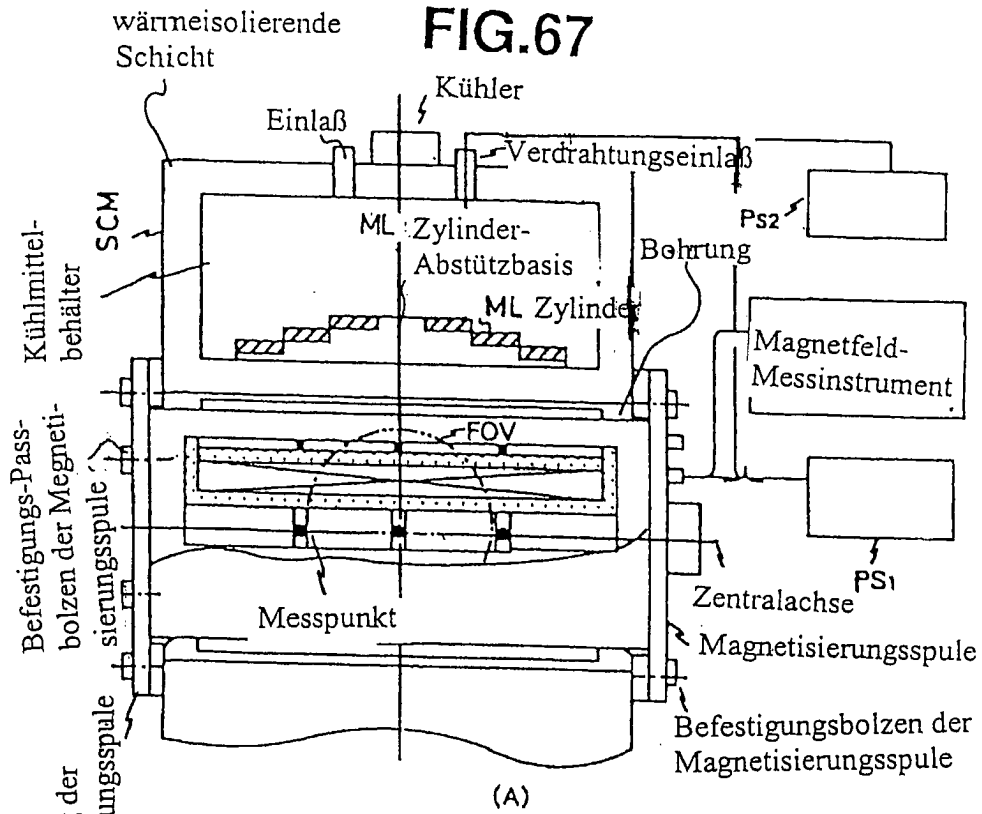


FIG.68

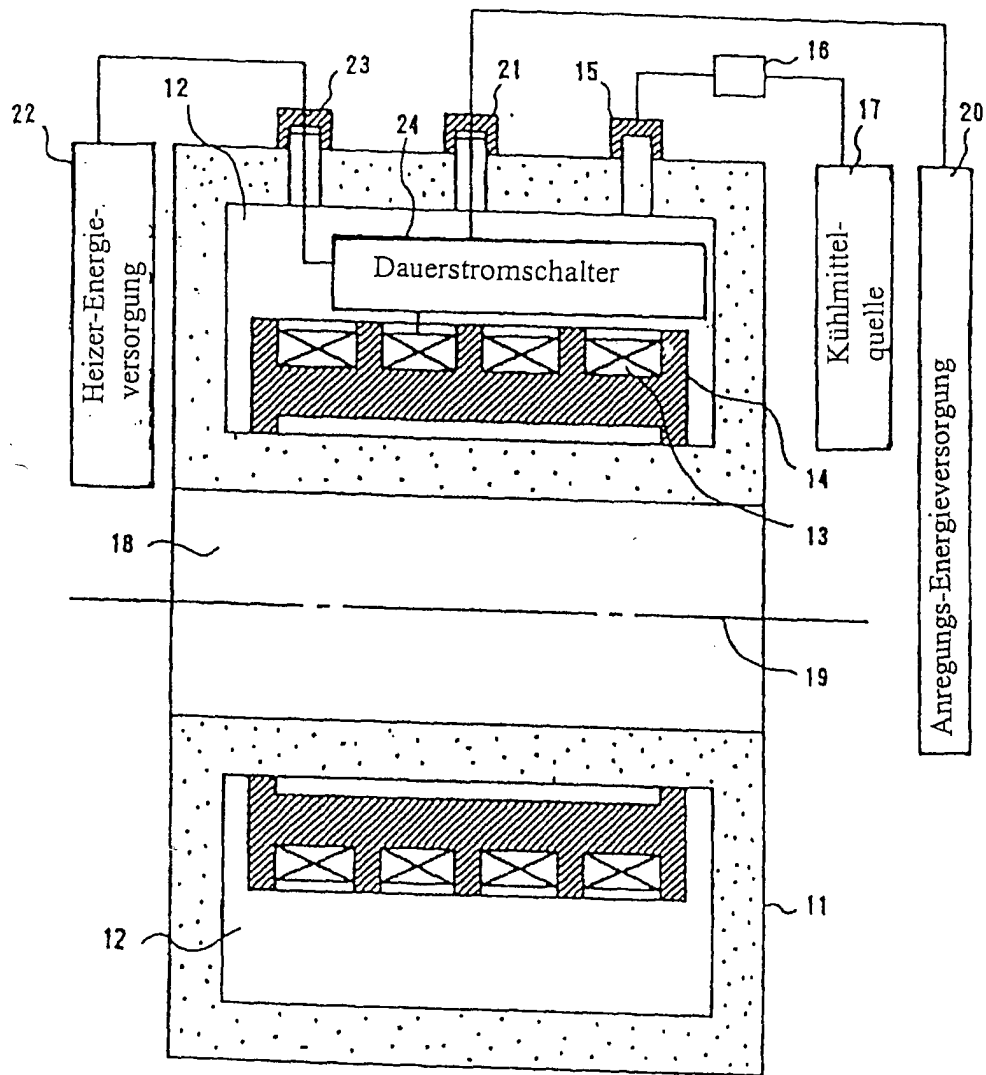


FIG.69

