

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4559176号
(P4559176)

(45) 発行日 平成22年10月6日(2010.10.6)

(24) 登録日 平成22年7月30日(2010.7.30)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 5/055 (2006.01)
G 0 1 R 33/383 (2006.01)
H 0 1 F 13/00 (2006.01)A 6 1 B 5/05 3 3 1
G 0 1 N 24/06 5 1 O P
H 0 1 F 13/00 B
H 0 1 F 13/00 D

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2004-285613 (P2004-285613)
 (22) 出願日 平成16年9月30日 (2004.9.30)
 (65) 公開番号 特開2005-111264 (P2005-111264A)
 (43) 公開日 平成17年4月28日 (2005.4.28)
 審査請求日 平成19年9月27日 (2007.9.27)
 (31) 優先権主張番号 10/674,495
 (32) 優先日 平成15年10月1日 (2003.10.1)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 G E N E R A L E L E C T R I C C O
 M P A N Y
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタディ、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聰志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100108541
 弁理士 伊藤 信和
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石を磁化するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

その各々がコイル状の銅製シート(3)をハウジング(11)内に配置させて備える複数の励磁コイル・ユニット(100)を備えた励磁アセンブリ(200)であって、前記ハウジング(11)は、該ハウジングの底部内の冷却剤入力ポート(19)と、前記冷却剤入力ポート内の複数の微小チャンネル(21)と、該ハウジングの上部内に配置させた冷却剤出力ポート(26)と、前記冷却剤出力ポート内の複数の微小チャンネルと、を含み、

前記複数の励磁コイル・ユニット(100)は互いの上に重ね合わせられており、

前記ハウジング(11)の上部(27)又は底部(23)は開口(33)又は突起部(31)を含み、

前記開口(33)は溝(35)を含み、前記突起部(31)は舌部を含み、

あるコイル・ユニット(100)の前記ハウジング(11)の前記突起部(31)は、前記アセンブリ(200)の他のコイル・ユニット(100)の前記ハウジング(11)の前記開口(33)に適合する励磁アセンブリ(200)。

【請求項 2】

前記励磁コイル・ユニット(100)が永久磁石前駆体(37)を磁化するように適合させたコイル状の金属シート(3)ソレノイド(1)を備える請求項1に記載の励磁アセンブリ(200)。

【請求項 3】

10

20

前記コイル状金属シート(3)が銅を含むこと、
 前記コイル状銅製シート(3)の幅が前記ソレノイド(1)の高さと実質的に等しいこと、
 前記コイル状銅製シートはジョイントを全く含まないこと、
 前記コイル状銅製シートはパンケーキ形に巻き付けられていること、
 を特徴とする請求項2に記載の励磁アセンブリ(200)。

【請求項4】

前記コイル状銅製シート(3)の連続した銅層の間に巻き付けた絶縁層(5)をさらに備える請求項3に記載の励磁アセンブリ(200)。

【請求項5】

前記コイル状銅製シート(3)の巻き付け間の空間と前記銅コイル状シート(3)の巻き付け間に配置した多孔性の絶縁層(5)とのうちの少なくとも一方を通過して入力ポート(19)から出力ポート(26)まで冷却剤を移動させるように適合させている請求項4に記載の励磁アセンブリ(200)。

【請求項6】

前記励磁コイル・ユニット(100)の外部に配置された冷却剤リザーバをさらに含む請求項1乃至5のいずれかに記載の励磁アセンブリ(200)。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、全般的には永久磁石を磁化するための方法及び装置に関し、また具体的には、磁気共鳴イメージング(MRI)システムで使用される磁石の磁化に関する。

【背景技術】

【0002】

永久磁石を利用する磁気イメージング・システムには様々なものがある。これらのシステムには、磁気共鳴イメージング(MRI)システム、磁気共鳴治療(MRT)システム、及び核磁気共鳴(NMR)システムが含まれる。MRIシステムは、患者の身体の一部分の撮像に使用される。MRTシステムは概してこれより小さく、患者の身体の内部における外科用器具の配置のモニタリングのために使用される。NMRシステムは、撮像対象の材料の組成を決定するために該材料から信号を検出するために使用される。

30

【0003】

これらのシステムは多くの場合、支持体(継鉄と呼ぶことが多い)に直接取り付けられた2つ以上の永久磁石を利用している。撮像ボリュームは、これらの磁石の間に設けられている。ヒトや材料は撮像ボリュームの内部に配置し、画像または信号を検出し次いでコンピュータなどの処理装置によってこれを処理している。

40

【0004】

従来技術のイメージング・システムはさらに、撮像ボリュームと対面する永久磁石の撮像表面の近傍に極片及び傾斜コイルを含んでいる。この極片は、磁場を成形するため、並びに継鉄及び永久磁石の撮像表面内に生成される不用なうず電流を減少または排除するために必要となる。

【0005】

従来技術のイメージング・システムで使用される永久磁石は、より小さい永久磁石ブロックを接着剤で互いに取り付けて成るような磁石アセンブリまたは磁石本体であることが多い。例えば、これらのブロックはその形状が、正方形、矩形または台形であることが多い。永久磁石本体は、あらかじめ磁化したブロックを接着剤で互いに取り付け合わせるこ

50

とによって組み上げられている。磁化されているブロックを取り扱う際にはこれらの消磁を防止するために十分な注意を払う必要がある。次いで、組み上げられた永久磁石ブロックを備える永久磁石本体をイメージング・システム内に配置させている。例えば、永久磁石本体はM R Iシステムの継鉄に取り付けられている。

【特許文献1】米国特許第6,120,620号

【特許文献2】米国特許第6,525,634号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

永久磁石は鉄に強く引きつけられるため、永久磁石本体は、特殊なロボットによるか、あるいはクランクを用いて継鉄の各部分に沿って永久磁石を摺動させることによってM R Iシステムの継鉄に取り付けられる。永久磁石は、取り付けておかないと、近くに位置する鉄製の物体の方に向かう飛翔体となる。したがって、こうしたイメージング・システムの標準的な製造方法は、特殊なロボット及び／または最大限の予防措置が必要となるため、複雑でありかつ高価となる。

【0007】

従来技術で永久磁石を磁化するためには、パルス式磁場を使用している。このパルス式磁場は、矩形のワイヤを層状に巻き付けることによって従来式で製作されたコイル内で発生させている。断面の大きい矩形ワイヤを長い亘長にわたって製作することは困難であるため、短い亘長の多数のワイヤを互いに結合させてそのコイルを製作している。こうした結合は機械的並びに電気的に脆弱であることが多い。さらに、厚手のワイヤの巻き付けでは、層同士の間での移行が困難である。これらの移行のために、絶縁を損傷せることがあるようなコーナー同士の接触を生じることや、操作中にショートを起こすことが多い。さらに、こうした移行では充填率が低くなり、これによって、各層の端部において1/4周回以上のロスが生じることになる。

【0008】

従来のパルス式磁気コイルに関する別の問題点はこのパルスによるジュール熱発生である。典型的には、従来のパルス式コイルは銅コイルの抵抗率を低下させるためにパルスを印加する前に液体窒素内で冷却されている。77K以下の温度では、銅の抵抗率は概ね8分の1に低下する。しかし、パルス動作の間での電流の通過によって、コイルは、典型的には77Kを超えて加熱され、このため抵抗率が著しく上昇することになる。したがって、第2のパルスを印加するためには、コイルを前駆体から取り外して冷却し直さなければならない。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の好ましい一態様では、永久磁石前駆体を磁化するように適合させたコイル状の金属シート・ソレノイドを備えた励磁コイル・ユニットを提供する。

【0010】

本発明の別の好ましい態様では、その各々がハウジング内に配置させたコイル状銅製シートを備えるような複数の励磁コイル・ユニットを備えた励磁アセンブリであって、該ハウジングは、ハウジングの底部にある冷却剤入力ポートと、該冷却剤入力ポートにある複数の微小チャンネルと、ハウジングの上部に配置させた冷却剤出力ポートと、を含んでいる励磁アセンブリを提供する。

【0011】

本発明の別の好ましい態様では、コイルになるように銅製シートを巻き付けてソレノイド・コイルを形成させる工程であって、銅製シートの幅が該ソレノイド・コイルの高さと等しいような形成工程を含む励磁コイルの製造方法を提供する。

【0012】

本発明の別の好ましい態様では、コイル状の金属シート・ソレノイドを備えた少なくとも1つの励磁コイル・ユニットによって非磁化のまたは不完全に磁化された（part i

10

20

30

40

50

ally magnetized) 前駆体を囲繞する工程と、該前駆体にパルス式磁場を提供して永久磁石本体を形成させる工程と、を含む永久磁石の製作方法を提供する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明者らは、永久磁石前駆体材料からなる非磁化のブロックを先ず組み上げて前駆体を形成させ、次いでこの前駆体を磁化させて永久磁石本体を形成させる場合に、永久磁石の製造方法が簡略化され得ることを認識している。非磁化のブロックは組み上げ中の取扱いがより容易であるため、非磁化のブロックを組み上げ合わせた後でその前駆体合金本体を磁化することによって組み上げ過程が簡略化される。非磁化の材料（あるいは、不完全に磁化された材料であってもよい）からなるブロックを組み上げる場合、そのブロックが消磁されるのを防止するために特殊な予防措置を取る必要がない。さらに、前駆体を磁化する前に前駆体をイメージング・システムで使用するための所望の形状に機械加工することによって、磁場均一性の改善及びシム調整時間の短縮を達成することができる。前駆体が磁化されていないため、機械加工の間に消磁されることになるという懸念を抱くことなく、前駆体を所望の形状に機械加工することができる。

【0014】

前駆体は、イメージング・システムの支持体または継鉄に取り付けた後で磁化させることが好ましい。さらに、永久磁石前駆体は、非磁化の前駆体の周りに一時的に励磁コイルを設け、次いでコイルからのパルス式磁場を前駆体に印加して前駆体を永久磁石本体に変換することによって磁化させることが好ましい。前駆体合金本体をイメージング・システム内に装着した後にこれを磁化すると、非磁化の本体は近傍の鉄製物体に引き寄せられることがないために、その装着過程が大幅に簡略化されると共に、該過程の安全性も増大する。したがって、取り付けられていない本体が近傍の鉄製物体を目標とする飛翔体となるような恐れがない。さらに、取り付けられていない非磁化の本体は、磁化されていないために鉄製の継鉄上で間違った位置に張り付くことがない。したがって、特殊なロボット及び／またはクランクの使用が回避され、これによってコストを低減させると共に製造過程の簡略性を増大させることができる。

【0015】

本発明者らは、励磁コイルをワイヤの巻き付けではなく銅製のシートをパンケーキ形に巻き付けることにより製作すると、励磁コイルの製造方法が簡略化される能够性を認識している。このシートはその厚さと比べて少なくとも10倍大きい幅を有することが好ましい。ワイヤではなく銅製のシートを使用することによって、有する結合部の数がより少ないか全くないようにしてコイルを製作することができる。さらに、パンケーキ形の巻き付けはより簡単であり、また典型的にはより高い充填率が得られる。さらに、銅製シートと一緒に絶縁体を巻き付けることによって製造を簡略化させることができる。

【0016】

ここで、本発明の好ましい一実施形態に従って励磁コイル・ユニットを製作する方法について記載することにする。この実施形態では、その励磁コイル・ユニットは、銅製シートなどの金属シートをパンケーキ形に巻き付けてソレノイド・コイルを形成させることによって形成されている。各層ごとにワイヤを多数回ループにして備えるような従来の励磁コイル・ユニットと異なり、各層ごとに単一の銅製シートのみを巻き付けることが好ましい。すなわち、銅製シートの幅はソレノイド・コイルの高さと等しくすることが好ましい。このソレノイド・コイル向けの金属としては、むき出しのまたはフィルムで絶縁した銅を用いることが好ましい。しかし、適当な別の金属を使用することもできる。

【0017】

銅製シートの層間で電流がショートしないようにするためには、これらの層間に絶縁体を設けることが好ましい。図1は、この絶縁体を設ける一方法を表している。この実施形態では、絶縁シート5を銅製シート3とそれぞれのスプールから一緒に巻き付けて、ソレノイド・コイル1を形成させている。巻き付けの間にこの銅製シート3をボビン上に導くために、任意選択のローラ2を使用することがある。絶縁シート5は、銅製シート3の各

10

20

30

40

50

層間に冷却剤が浸透できるように多孔性とすることが好ましい。しかし、絶縁シートは中実とすることもある。絶縁シート5は多孔性のガラス繊維シートであることが好ましい。

【0018】

本発明の別の実施形態では、絶縁体は、巻き付ける前にフィルムとして銅製シート3に付着されている。本発明のさらに別の実施形態では、その絶縁体は、むき出しのまたはフィルムで絶縁した銅製シートの周りにテープとしてらせん状に巻き付けられることがある。このらせん状の巻き付けは、銅製シート3の表面の20~50%をカバーすることが好ましい。しかし100%までの任意のカバー量とすることができます。

【0019】

図2は、本発明の好ましい一実施形態による励磁コイル・ユニット100の断面を表している。励磁ユニット100は、ソレノイド・コイル1及びハウジング11を含んでいる。ソレノイド・コイル1は銅製シート3のコイルの内部に開始リード7を有し、かつ銅製シート3のコイル1の外部に終点リード9を有している。ソレノイド・コイル1は、ハウジング11にある空洞13内に配置させている。このハウジング11は、ハウジング11の冷却剤入力リザーバ部分17に冷却剤をその内部を通過させて追加することが可能なギャップ15を含んでいる。この冷却剤は液体であることが好ましい。この冷却剤は液体窒素であることがさらに好ましい。

【0020】

この実施形態では、ハウジング11の冷却剤入力リザーバ部分17に追加する液体冷却剤は、ハウジングの底部またはハウジングの壁23の近傍にある冷却剤入力ポート19内に流れ込む。この冷却剤入力ポート19は、複数の微小チャンネル21を含んだコンジットとすることがある。したがって、入力ポート19に進入する冷却剤は、微小チャンネル21を通過して空洞13内に流入する。微小チャンネル21の数はソレノイド・コイル1にある銅製シート3の層数または絶縁体5の層数に対応させること、並びに銅製シート3の層の各々の間で冷却剤が多孔性の絶縁シート5を通過して上向きに流れることができるようにするために微小チャンネル21は多孔性の絶縁層5と整列させるか多孔性の絶縁層5と直交させること、が好ましい。絶縁体5を省略する場合には、この多孔性の絶縁体5内及び/または銅製シート巻き付け3の間に、そのコイル軸と概ね平行に軸方向の冷却チャンネルを形成させることが好ましい。

【0021】

ソレノイド・コイル1のパルス状動作の間に、ソレノイド・コイル1内にパルス熱が発生する。本発明のこの好ましい実施形態では、コイル状の銅製シート3に隣接する液体窒素によってこの熱を吸収する。典型的には、液体窒素の一部は気化する程に多くの熱を吸収し、このため浸漬沸騰冷却(pool boiling cooling)によってソレノイド・コイル1が冷却される。気体の窒素はハウジング11の上部にある出力ポート26を通ってハウジング11から出ることができる。次いで、気化した窒素に置き換わるように追加の窒素がリザーバ(図示せず)からハウジング11内に加えられる。この方式により、励磁コイル・ユニット100は、磁化している材料の周りから除去することを要することなく数回のパルス動作をさせることができる。

【0022】

ハウジング11の内側壁25及び底部フランジ24は、304Lステンレス鋼などのステンレス鋼から製作することが好ましい。しかし、適当な別の任意の材料を使用することもできる。内側壁25の内側表面をカバーしているのは薄い絶縁層(図示せず)である。この薄い絶縁層はNomexペーパー、あるいは適当な別の任意の絶縁材料とすることがある。ハウジング11の底部壁23及び上部壁27、並びにポート19、26は、微小チャンネルの形成が容易であるようなG-10またはTextoliteから製作することが好ましい。しかし、適当な任意の材料を使用することがある。外側壁29、底部フランジ24、及び内側壁25は、304Lステンレス鋼から製作することが好ましい。ガラス繊維上包み材料などの絶縁材料30は終点リード9と冷却剤入力リザーバ部分17の間に設けることが好ましい。ソレノイド1、並びに対応する銅製シートの幅は、適当な任意の

10

20

30

40

50

寸法を有することがある。例えば、ソレノイドの高さは、磁化させようとする前駆体の高さと同様とすることがある。典型的には、ソレノイドの高さと銅製シートの幅は、10から25cmの間、好ましくは18～22cmの範囲とすることがある。銅製シート3は、0.1mm～2mm、好ましくは0.7～1mmなど適当な任意の厚さを有することがある。絶縁層5は、0.05～0.5mm、好ましくは0.1～0.3mmなど適当な任意の厚さを有することがある。ソレノイド・コイル1は、50～500周回、好ましくは100～250周回など適当な任意の周回数を有することがある。

【0023】

図3は本発明の別の実施形態を表している。この実施形態は、複数の励磁コイル・ユニット100を含んだ励磁アセンブリ200である。この図は、4つの励磁コイル・ユニット100を備えた励磁アセンブリ200を表している。しかし、任意の数のユニット100を積み重ねることがある。本発明の一実施形態では、その励磁コイル・ユニット100は、単に互いの上部を接触させて積み重ねられている。本発明の好ましい実施の一形態では、その励磁コイル・ユニット100には、励磁コイル・ユニット100を一体に保つのに役立つロック機構を設けている。

【0024】

好ましいロック機構の1つを図2に表している。この機構は、底部壁23内に突起部31を含み、かつハウジング11の上部壁27内に開口33を含んでいる。開口33は上部壁27の周辺を巡る1つの連続した溝とすることがあり、一方突起部31は底部壁23の周辺を巡る1つの連続した舌部とすることがある。任意選択では、開口33内にはOリング用に溝35を含むことがある。

【0025】

本発明の別の実施形態では、その開口33は1つまたは複数の穴とすることがあり、またその突起部31は1つまたは複数の支柱とすることがある。さらに、開口33と突起部31の位置は反対側とすることがある。すなわち、開口33を底部壁23上に配置させ、一方突起部を上部壁27上に配置させことがある。

【0026】

本発明の好ましい一態様では、その励磁アセンブリ200は、MRI、MRTまたはNMRシステムなどのイメージング・システムで使用するための永久磁石を磁化するために使用される。この実施形態を図3及び4に表している。非磁化のまたは不完全に磁化された前駆体37を組み上げ、継鉄39に取り付けている。次いで、励磁アセンブリ200を形成させるように、個々の励磁コイル・ユニット100を非磁化のまたは不完全に磁化された前駆体37の周りに適合させている。冷却剤リザーバ(図示せず)を、アセンブリ200の個々の各励磁コイル・ユニット100に接続し、この励磁コイル・ユニットを概ね77Kまで冷却している。銅製シート3の抵抗率を低下させるようにコイルを十分に冷却させたら、電流をパルス動作させて、非磁化のまたは不完全に磁化された前駆体37を磁化するようなパルス式磁場を提供することができる。

【0027】

MRIシステムなどのイメージング・システムが複数の永久磁石を含む場合、こうした磁石は同時に磁化することや、順次式に磁化することができる。例えば、図3及び4に示すように、相対する継鉄39の部分に取り付けられた2つの前駆体37を同時に磁化するために4つの励磁コイル・ユニット100を使用することができる。別法として、1つの励磁コイル・ユニット100をイメージング・システムの各前駆体37の周りに順次配置させて、各前駆体を順次磁化せることができる。前駆体37は、MRIシステム内への任意選択の極片の配置前または配置後に磁化せることができる。

【0028】

図5は、本発明の別の態様による励磁アセンブリ200の回路図を表している。しかし、励磁アセンブリ200のためには、所望により適当な別の任意の回路を使用することができる。この回路では、電源49が充電式バッテリのバンクまたはコンデンサ45にパワーを供給している。バッテリまたはコンデンサ45は、直列式または並列式、あるいは直

10

20

30

40

50

列式と並列式の両者の組み合わせにより配列させることがある。

【0029】

励磁アセンブリは、切り替え機構51を介して操作されている。この切り替え機構は、サイリスタまたは磁気作動式スイッチを含むことがある。任意選択では、パルスの終端部において電源が回路から切断されたときにパルスコイルからの電流を放電させるために、ダイオード47が並列に含まれている。スイッチが閉じているときは、インピーダンス42及び抵抗器41として図示している励磁コイル100を通って電流が流れる。任意選択では、回路を通る電流を監視するために電流計43を設けている。パルスの終端部において、このスイッチを開放し、電源を切断すると共にダイオードを通してコイルの電流を放電させている。

10

【0030】

図6は、本発明の好ましい一態様による励磁パルスを表している。パルスは約20秒すると概ね5kAの最大電流に到達する。この最大電流は、約5秒間概ね一定に保たれ、次いで概ね35秒後にゼロまで減衰する。前駆体37の磁化のためには1つまたは複数のパルスを使用することがある。

【0031】

本発明の好ましい一態様では、前駆体37及び永久磁石材料は、CoSm、NdFeまたはRMB（ここで、Rは少なくとも1種の希土類元素を含み、かつMは少なくとも1種の遷移金属、例えばFe、Co、またはFeとCo、を含む）など任意の永久磁石材料または合金を含むことがある。永久磁石は、参照によりその全体を本明細書に組み込むものとする米国特許第6,120,620号に開示されているようなプラセオジム（Pr）に富んだRMB合金を含むことが最も好ましい。プラセオジム（Pr）に富んだRMB合金は、その希土類含有量が50原子百分率を超えるプラセオジムと、セリウム、ランタン、イットリウム及びこれらの混合物からなる群より選択されたある有効量の軽希土類元素と、残りのネオジムとからなるような約13～約19原子百分率（好ましくは約15～約17原子百分率）の希土類元素；約4～約20原子百分率のホウ素；並びに不純物を伴つたり伴わなかつたりする残部の鉄を含む。本明細書で使用する場合、「プラセオジムに富んだ（praseodymium-rich）」という言い回しは、その鉄／ホウ素／希土類合金の希土類含有量がプラセオジムを50%を超えて含むことを意味している。本発明の別の好ましい態様では、希土類含有量のうちのプラセオジム百分率は、少なくとも70%であり、かつ総希土類含有量内に存在する軽希土類元素の有効量に応じて100%まで高めることができる。軽希土類元素の有効量とは、29MGOe（BH）_{max}及び6kOe固有保磁度（Hci）に等しいかこれらを超えるような磁気特性で動作可能とさせるために磁化させた鉄／ホウ素／希土類合金の総希土類含有量内に存在させる量である。Mは、鉄以外に、チタン、ニッケル、ビスマス、コバルト、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、モリブデン、タングステン、マンガン、アルミニウム、ゲルマニウム、すず、ジルコニウム、ハフニウム、及びこれらの混合物（ただし、これらに限らない）などの別の元素を含むことがある。したがって、この永久磁石材料は、13～19原子百分率のR、4～20原子百分率のB、並びに残部M（ここで、Rは、Prを50原子百分率以上、Ce、Y及びLaの少なくとも1種を0.1～10原子百分率、及び残部のNdを含む）を含むことが最も好ましい。前駆体37及び永久磁石本体は、参照により本明細書に組み込むものとする米国特許第6,525,634号に記載されているような階段状の撮像表面を形成している複数のブロックを備えることが好ましい。

20

【0032】

本発明の別の好ましい態様において、本発明者らはイメージング・システム内にある永久磁石の磁化は磁化させた後に永久磁石に反跳パルスを印加することによって安定化させることができることを発見した。すなわち、最初のパルスの後で、大きさがより小さくかつ方向が反対の第2のパルスを前駆体に印加している。

30

【0033】

本発明の別の好ましい態様において、本発明者らは室温を超える温度で前駆体を磁化す

40

50

ることによって、磁化に必要なエネルギーを低減させることができることを発見した。前駆体37は、40～200など室温を超えておりかつ永久磁石材料のキュリー温度未満であるような温度に加熱することが好ましい。

【0034】

本明細書では、好ましい実施形態は例示を目的として列挙している。しかし、この記述は本発明の範囲に対する限定と見なすべきではない。したがって、当業者であれば特許請求した発明の構想の趣旨を逸脱することなく、様々な修正形態、適応形態、及び代替形態を生じさせることができる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の第1の好ましい実施形態による励磁コイル・ユニットを製作する方法の模式図である。

10

【図2】本発明の第2の好ましい実施形態による励磁コイル・ユニットの模式図である。

【図3】本発明の第3の好ましい実施形態による励磁コイル・ユニットのアセンブリの模式図である。

【図4】本発明の第3の好ましい実施形態による励磁コイル・ユニットのアセンブリの斜視図である。

【図5】図3のパルス式磁石アセンブリの回路図である。

【図6】本発明の好ましい一実施形態を電流対時間でプロットした図である。

【符号の説明】

【0036】

1 ソレノイド・コイル

2 ローラ

3 銅製シート

5 絶縁シート

7 開始リード

9 終点リード

11 ハウジング

13 空洞

15 ギャップ

17 冷却剤入力リザーバ部分

19 冷却剤入力ポート

21 微小チャンネル

23 ハウジングの底部壁

24 底部フランジ

25 内側壁

26 出力ポート

27 ハウジングの上部壁

29 外側壁

30 絶縁材料

20

33 開口

35 溝

37 前駆体

39 繰鉄

41 抵抗器

42 インピーダンス

43 電流計

45 コンデンサ

47 ダイオード

49 電源

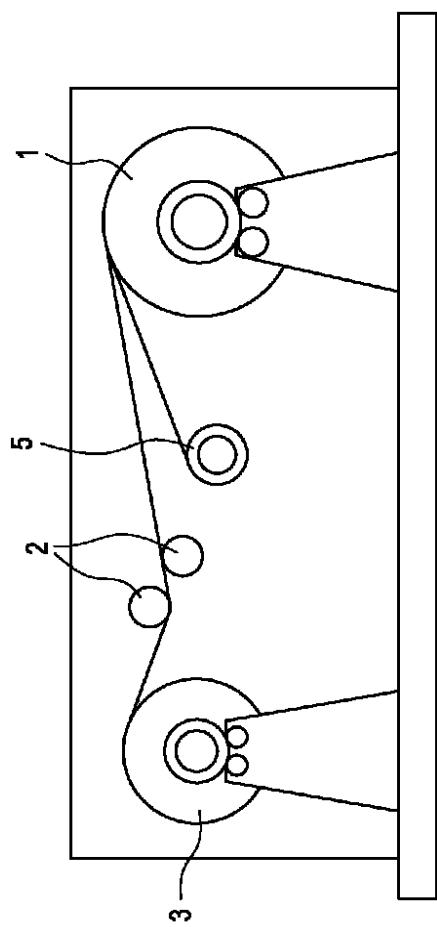
30

40

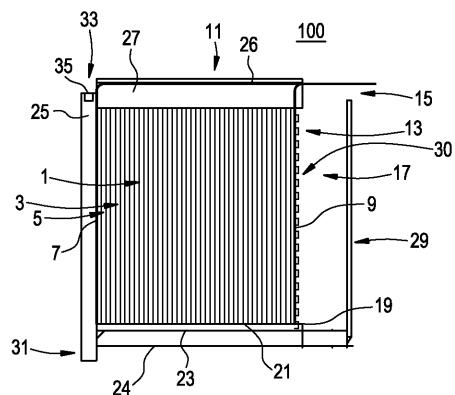
50

5 1 切り替え機構
 1 0 0 励磁コイル・ユニット
 2 0 0 励磁アセンブリ

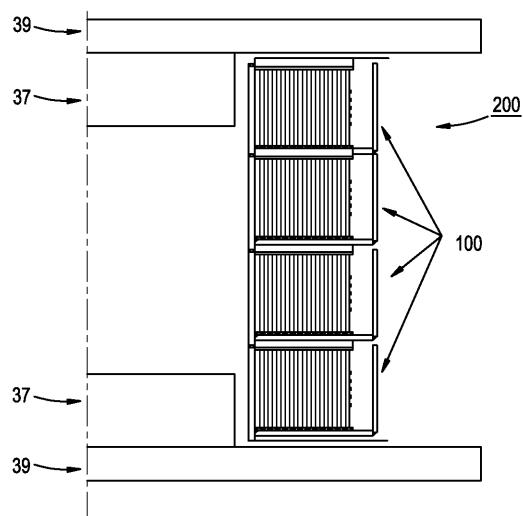
【図 1】



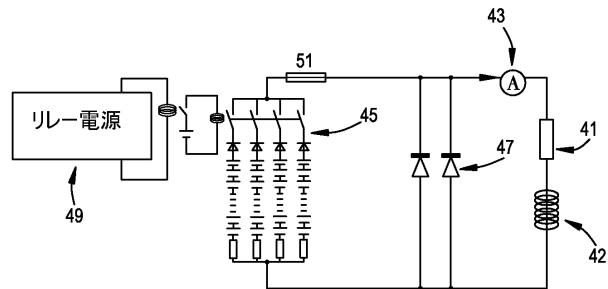
【図 2】



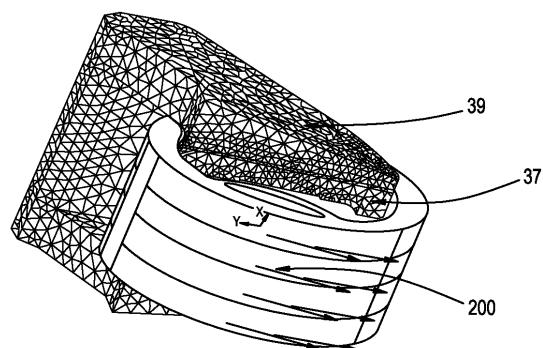
【図3】



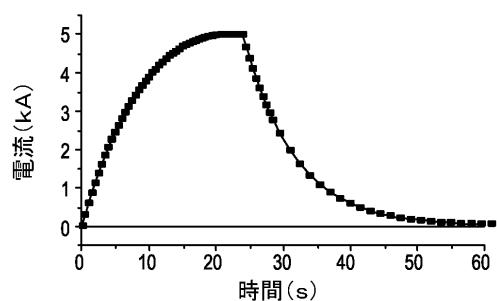
【図5】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 エバンゲロス・トリフォン・ラスカリス
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、クリムゾン・オーク・コート、15番
(72)発明者 ポール・シャドフォース・トンプソン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スティーヴンタウン、ティンリー・ロード、62番
(72)発明者 リアン・リー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、レッドフィールド・パーク、6番
(72)発明者 キャスリーン・メラニー・アン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ビニヤード・サークル、7番
(72)発明者 ブレント・アクセル
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ラファエル・コート、7番
(72)発明者 マイケル・アンソニー・パルモ、ジュニア
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ボルストン・スパ、ディビジョン・ストリート、4番

審査官 右 高 孝幸

(56)参考文献 特開昭63-274121(J P , A)
特開平10-326710(J P , A)
米国特許第3056071(U S , A)
米国特許第4896130(U S , A)
米国特許第6525634(U S , B 2)

(58)調査した分野(Int.CI. , D B 名)

A 6 1 B 5 / 0 5 5
G 0 1 R 3 3 / 3 8 3
H 0 1 F 1 3 / 0 0