

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 675/2012  
(22) Anmeldetag: 12.06.2012  
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2015

(51) Int. Cl.: **H01F 6/04** (2006.01)  
**F17C 3/04** (2006.01)  
**F17C 3/08** (2006.01)  
**F17C 13/00** (2006.01)

(30) Priorität:  
13.06.2011 VEREINIGTE STAATEN VON  
AMERIKA 159253 beansprucht.

(73) Patentinhaber:  
GENERAL ELECTRIC COMPANY  
12345 Schenectady (VEREINIGTE STAATEN  
VON AMERIKA)

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 1039211 A2  
EP 1231426 A1  
JP 2009259520 A  
DE 19725818 A1

(74) Vertreter:  
Schober Elisabeth Dipl.Ing. Dr.techn., Fox  
Tobias Dipl.-Phys. Dr.phil., Noske Wolfgang  
Dipl.Ing.  
Wien

### (54) Vorrichtung und Verfahren zum Isolieren eines kälteerzeugenden Behälters

(57) Es werden Systeme und Verfahren zur Isolierung supraleitender Magnete, wie etwa eines kälteerzeugenden Behälters eines Bildgebungssystems mit magnetischer Resonanz (Magnetic Resonance Imaging, MRI), geschaffen, die darin einen oder mehrere supraleitende Magneten aufweisen. Ein System enthält eine thermische Isolierung (50), die eine erste Vielzahl von Reflektorschichten (60) und eine nicht verformte Beabstandungsschicht (62) zwischen benachbarten Schichten in der ersten Vielzahl von Reflektorschichten (60) aufweist. Die thermische Isolierung enthält weiters eine zweite Vielzahl von Reflektorschichten und eine verformte Beabstandungsschicht (62) zwischen benachbarten Schichten in der zweiten Vielzahl von Reflektorschichten.

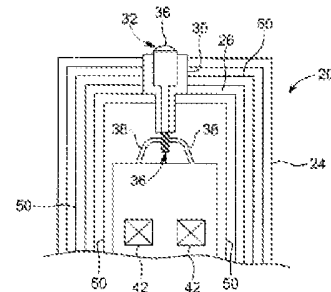


FIG. 2

## Beschreibung

### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen kälteerzeugend gekühlte supraleitende Magneten, wie etwa für Systeme der Bildgebung mit magnetischer Resonanz (Magnetic Resonance Imaging, MRI), und insbesondere Vorrichtungen und Verfahren zum Isolieren eines kälteerzeugenden Behälters oder einer thermischen Abschirmung für supraleitende Magneten.

**[0002]** Bei MRI-Systemen mit supraleitenden Spulen werden die Spulen, die die supraleitenden Magneten bilden, kälteerzeugend unter Verwendung eines kälteerzeugenden Behälters, der typischerweise ein Heliumbehälter ist (ebenso bezeichnet als Kryostat), gekühlt. Während bestimmter Betriebsbedingungen oder während eines Transfers des MRI-Systems kann erzeugte Hitze einen örtlichen Bereich der Spule überhitzen und eine normale Zone schaffen, in welcher der Leiter die supraleitende Eigenschaft verliert und in einen Zustand des normalen Widerstandes übergeht. Die normale Zone wird sich durch die Spule hindurch aufgrund der Joule Hitze und thermischer Leitung ausbreiten, was zu einem Lösungsereignis führt. Die Löschung wird von einem schnellen Auskochen des Heliums begleitet, das aus dem kälteerzeugenden Bad, in dem die Magnetspulen eingetaucht sind, entflucht. Jede Löschung, gefolgt von der Wiederbefüllung und dem Wiederhochfahren des Magnetes, ist ein teures und zeitaufwendiges Ereignis. Dementsprechend werden Kühlungs- und Isoliersysteme für MRI-Systeme verwendet, um die Wahrscheinlichkeit eines Überhitzens der supraleitenden Magnetspulen zu minimieren.

**[0003]** Zum Beispiel enthält das kälteerzeugende Kühlsystem einiger dieser MRI-Systeme eine Kältemaschine, wie etwa einen Kühkopf innerhalb einer Kühkopfkrugung, die betrieben wird, um verdampftes Kühlmittel zurückzukondensieren, um supraleitende Magnetspulen während des Systembetriebes kontinuierlich zu kühlen. Zusätzlich kann eine thermische Isolierung um den Heliumbehälter herum geschaffen sein, um das Helium etwa von externer thermischer Strahlung oder anderen Formen von thermischen Transfer in oder aus dem Heliumbehälter heraus zu isolieren. Um jedoch die Isolierung zu schaffen oder die Eigenschaften zur thermischen Isolierung dieser herkömmlichen thermischen Isolierungen zu verbessern, sind zusätzliche thermische Schichten oder teure Modifikationen erforderlich.

### KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0004]** In Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen wird eine thermische Isolierung für einen supraleitenden Magneten geschaffen, der eine erste Vielzahl von Reflektorschichten und eine nicht verformte Beabstandungsschicht zwischen benachbarten Schichten der ersten Vielzahl von Reflektorschichten enthält. Die thermische Isolierung enthält weiterhin eine zweite Vielzahl von Reflektorschichten und eine verformte Beabstandungsschicht zwischen benachbarten Schichten der zweiten Vielzahl von Reflektorschichten.

**[0005]** In Übereinstimmung mit anderen Ausführungsformen wird eine (MRI-)Magnetvorrichtung geschaffen, die einen Behälter enthält, der darin Flüssighelium und einen supraleitenden Magneten in dem Behälter aufweist. Die MRI-Magnetvorrichtung enthält ebenso eine thermische Abschirmung, die den Heliumbehälter umgibt. Die MRI-Magnetvorrichtung enthält ebenso eine thermische Isolierung, die zumindest einen Teil zumindest eines des Behälters oder der thermischen Abschirmung umgibt, wobei die thermische Isolierung eine Vielzahl von Reflektorschichten umfaßt, die eine nicht verformte Beabstandungsschicht zwischen benachbarten Reflektorschichten und eine Vielzahl von Reflektorschichten aufweist, die eine verformte Beabstandungsschicht zwischen benachbarten Reflektorschichten aufweist.

**[0006]** In Übereinstimmung mit weiteren Ausführungsformen wird ein Verfahren zum Ausbilden einer thermischen Isolierung für ein Bildgebungssystem mit magnetischer Resonanz (Magnetic Resonance Imaging, MRI) angegeben. Das Verfahren enthält das Verformen einer Vielzahl von Beabstandungsschichten und Stapeln einer ersten Vielzahl von Reflektorschichten mit nicht verformten Beabstandungsschichten dazwischen. Das Verfahren enthält ebenso das Stapeln

einer zweiten Vielzahl von Reflektorschichten mit verformten Beabstandungsschichten dazwischen.

**[0007]** Das Verfahren enthält weiters das Bilden einer mehrschichtigen thermischen Isolierung mit der ersten und der zweiten Vielzahl von Reflektorschichten.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

- [0008]** Fig. 1 ist ein vereinfachtes Blockdiagramm eines Magnetsystems der Bildgebung mit magnetischer Resonanz (Magnetic Resonance Imaging, MRI), das eine thermische Isolierung darstellt, die in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen gebildet ist.
- [0009]** Fig. 2 ist ein Diagramm, das eine Anordnung einer thermischen Isolierung für einen kälteerzeugenden Behälter darstellt, die in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen gebildet ist.
- [0010]** Fig. 3 ist ein vereinfachtes Diagramm, das eine Anordnung einer thermischen Isolierung darstellt, die in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform gebildet ist.
- [0011]** Fig. 4 ist ein Blockdiagramm eines Abschnittes einer thermischen Isolierung, die in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen gebildet ist.
- [0012]** Fig. 5 ist ein Aufriß einer Beabstandungsschicht, die in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform gebildet ist.
- [0013]** Fig. 6 ist eine Perspektivansicht der Beabstandungsschicht aus Fig. 5.
- [0014]** Fig. 7 ist ein Aufriß einer Beabstandungsschicht, die in Übereinstimmung mit einer anderen Ausführungsform gebildet ist.
- [0015]** Fig. 8 ist eine Perspektivansicht der Beabstandungsschicht aus Fig. 7.
- [0016]** Fig. 9 ist ein Aufriß einer Beabstandungsschicht, die in Übereinstimmung mit einer anderen Ausführungsform gebildet ist.
- [0017]** Fig. 10 ist eine Perspektivansicht der Beabstandungsschicht aus Fig. 9.
- [0018]** Fig. 11 ist eine diagrammartige Darstellung einer mehrschichtigen thermischen Isolierung, die in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform gebildet ist.
- [0019]** Fig. 12 ist eine diagrammartige Darstellung einer mehrschichtigen thermischen Isolierung, die in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform innerhalb eines MRI-Systems gebildet ist.
- [0020]** Fig. 13 ist ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Bildung einer thermischen Isolierung in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen.
- [0021]** Fig. 14 ist ein Blockdiagramm eines MRI-Systems, in welchem die thermische Isolierung, die in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen gebildet ist, umgesetzt werden kann.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0022]** Die voranstehende Zusammenfassung wie auch die folgende detaillierte Beschreibung von bestimmten Ausführungsformen werden verständlicher, wenn sie in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gelesen werden. Betreffend des Umfanges der Zeichnungen, die Diagramme funktionaler Blöcke verschiedener Ausführungsformen darstellen, weisen funktionale Blöcke nicht notwendigerweise auf Unterteilungen zwischen der Hardware hin. Folglich können ein oder mehrere funktionale Blöcke zum Beispiel in einem einzigen Stück der Hardware oder in vielen Stücken der Hardware umgesetzt sein. Es versteht sich, daß verschiedene Ausführungsformen nicht auf die Anordnungen und die in den Zeichnungen gezeigten Instrumente begrenzt sind.

**[0023]** Wie hier verwendet, soll ein Element oder ein Schritt, welcher im Singular erwähnt wird und dem das Wort „ein“ oder „einer“ vorangestellt ist, nicht als den Plural dieser Elemente oder Schritte ausschließend verstanden werden, es sei denn, der Ausschluß ist explizit erwähnt. Weiters sind Bezugnahmen auf „eine Ausführungsform“ nicht zu interpretieren als Ausschluß des Bestehens zusätzlicher Ausführungsformen, die ebenso die genannten Merkmale enthalten. Vielmehr können, sofern nicht explizit das Gegenteil gesagt ist, Ausführungsformen, die ein Element oder eine Vielzahl von Elementen „aufweisen“ oder „umfassen“, die eine besondere Eigenschaft haben, zusätzliche solche Elemente enthalten, die nicht diese Eigenschaft haben.

**[0024]** Verschiedene Ausführungsformen schaffen Systeme und Verfahren zur thermischen Isolierung eines Bildgebungssystems mit magnetischer Resonanz (MRI) und insbesondere eine thermische Isolierung des kälteerzeugenden Behälters des MRI- Systems. Insbesondere kann eine mehrschichtige Isolierung (Multi-Layered Insulation, MLI) für einen kälteerzeugenden Behälter, der Reflektorschichten und Beabstandungsschichten aufweist, zur Isolierung eines MRI-Magneten innerhalb des kälteerzeugenden Behälters geschaffen werden. In verschiedenen Ausführungsformen sind eine oder mehrere der Beabstandungsschichten verformt (z.B. gefaltet, gestanzt oder geknittert), wie etwa von einer im allgemeinen gleichmäßigen oder ebenen Plattform. Wie hier verwendet, bezieht sich das Verformen der Beabstandungsschichten auf jede Art der Verformung, wie etwa die Veränderung der Form, der Struktur etc., der Beabstandungsschichten.

**[0025]** Durch Anwenden zumindest einer Ausführungsform wird die Boden- oder Leitungsstrecke zwischen benachbarten Schichten der MRI-Struktur erhöht und der Kontaktflächenbereich zwischen der Beabstandungs- und Reflektorschicht ebenso vermindert, was den Wärmeleitungsverlust herabsenkt. Zusätzlich kann eine verminderte Zahl von Schichten auch verwendet werden, um das gleiche Niveau von Wärmeverlustleistung zu schaffen.

**[0026]** Die Fig. 1 und 2 stellen Ausführungsformen dar, die eine in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen gebildete MLI aufweisen. Insbesondere sind die Fig. 1 und 2 vereinfachte Blockdiagramme, die ein supraleitendes Magnetsystem darstellen, wie etwa ein MRI-Magnetsystem 20, das einen oder mehrere supraleitende Magneten enthält. Es sei bemerkt, daß ähnliche Bezugszeichen ähnliche Teile in allen Figuren wiedergeben. Es sei weiters bemerkt, daß die relativen Anordnungen von verschiedenen Ausführungsformen zum Zwecke der einfachen Darstellung gezeigt sind und nicht notwendigerweise den Ort oder die Ausrichtung verschiedener Komponenten in verschiedenen Ausführungsformen wiedergeben.

**[0027]** Das MRI-Magnetsystem 20 enthält einen Behälter 22, der ein flüssiges Kältemittel, wie etwa Flüssighelium, hält. Der Behälter 22 ist daher in dieser Ausführungsform ein Heliumbehälter, der ebenso als Heliumdruckbehälter bezeichnet werden kann. Der Behälter 22 ist von einem Vakuumbehälter 24 umgeben und enthält darin und/oder dazwischen einen thermischen Schild 26. Der thermische Schild 26 kann zum Beispiel ein thermisch isolierender Strahlungsschild sein. Ein Kühlkopf 28, der in verschiedenen Ausführungsformen ein Kryokühler ist, erstreckt sich durch den Vakuumbehälter 24 innerhalb eines Kühlkopfkragens 30 (z.B. einem Gehäuse). Das kalte Ende des Kühlkopfes 28 kann also innerhalb des Kühlkopfkragens 30 angeordnet werden, ohne das Vakuum innerhalb des Vakuumbehälters 24 zu beeinflussen. Der Kühlkopf 28 ist innerhalb des Kühlkopfkragens 30 unter Verwendung jeder geeigneter Mittel, wie etwa einem oder mehrerer Flansche und Bolzen, oder anderer im Stand der Technik bekannter Mittel, eingelegt (oder empfangen) und gesichert. Zudem ist ein Motor 32 des Kühlkopfes 28 außerhalb des Vakuumbehälters 24 gegeben.

**[0028]** Wie in Fig. 2 dargestellt, enthält der Kühlkopfkragen 30 in verschiedenen Ausführungsformen einen Kondensator 36 an einem unteren Ende des Kühlkopfkragens 30, der einen Abschnitt aufweist, der sich in den Heliumbehälter 22 erstrecken kann. Der Kondensierer 36 kondensiert verdampftes Heliumgas aus dem Heliumbehälter 22. Der Kondensierer 36 ist ebenso mit dem Heliumbehälter 22 über eine oder mehrere Brücken 38 gekuppelt. Zum Beispiel können die Brücken 38 von dem Heliumbehälter 22 zu dem Kondensierer 36 zum Übertragen verdampften Heliumgases aus dem Heliumbehälter 22 zum Kondensierer 36 geschaffen sein,

welcher dann kondensiertes Flüssighelium zu dem Heliumbehälter 22 an dem offenen Ende 34 zurückleitet.

**[0029]** Ein Magnet 46, der in verschiedenen Ausführungsformen ein supraleitender Magnet ist, ist innerhalb des Heliumbehälters 22 gegeben und wird während des Betriebes des MRI- Bildsystems gesteuert, wie hier detaillierter beschrieben, um MRI-Bilddaten zu erhalten. Zusätzlich kühlt während des Betriebes des MRI-Systems Flüssighelium innerhalb des Heliumbehälters 22 des MRI-Magnetsystems 20 den supraleitenden Magneten 46, der als eine Spulenanordnung, wie bekannt, ausgelegt sein kann. Der supraleitende Magnet 46 kann auf zum Beispiel eine supraleitende Temperatur, wie etwa 4,2 Kelvin (K), gekühlt werden. Der Kühlvorgang kann das Kondensieren von verdampftem Heliumgas zu Flüssigkeit durch den Kondensierer 36 enthalten und das Zurückgeben an den Heliumbehälter 22. Es sei bemerkt, daß das verdampfte Helium auch durch eine oder mehrere optionale Gasbrücken (nicht gezeigt) strömen kann, die den Heliumbehälter 22 mit dem thermischen Schild 26 verbinden.

**[0030]** In verschiedenen Ausführungsformen ist eine thermische Isolierung 50 um den Heliumbehälter 22 gegeben, welche bei einer Ausführungsform als MLI-Struktur ausgebildet ist. Zum Beispiel kann die MLI-Struktur eine Vielzahl von Reflektorschichten und eine Vielzahl von Beabstandungsschichten, wie unten beschrieben, enthalten.

**[0031]** In verschiedenen Ausführungsformen definiert die thermische Isolierung 50 eine thermische Isolierungsdecke, die einen oder alle Abschnitte des Heliumbehälters und/oder den thermischen Schild 26 umgibt (gezeigt als sowohl den Heliumbehälter 22 als auch den thermischen Schild 26 umgebend nur zur Darstellung in den Fig. 1 und 2). Zum Beispiel kann sich die thermische Isolierung 50 umlaufend um den Heliumbehälter 22 (der Flüssighelium 56 darin enthält) erstrecken, was das Umgeben einer inneren Durchmesseroberfläche 52 und eine äußere Durchmesseroberfläche 54 enthält, wie in Fig. 3 dargestellt, die eine vereinfachtes Diagramm der Anordnung zeigt. Die thermische Isolierung 50 kann sich aber nur entlang der Abschnitte der Oberfläche des Heliumbehälters 22, zum Beispiel entlang der Seiten, aber nicht zu den Enden derselben erstrecken. In anderen Ausführungsformen definiert die thermische Isolierung 50 eine thermische Isolierungsdecke, die nur einen Abschnitt des thermischen Schildes 26 oder nur den thermischen Schild 26 umgibt. In weiteren Ausführungsformen definiert die thermische Isolierung 50 eine thermische Isolierungsdecke, die sowohl den Heliumbehälter 22 als auch den thermischen Schild 26 umgibt (der zum Beispiel eine Struktur aus zwei Decken oder einer einzelnen Decke sein kann). Die thermische Isolierung 50 kann den Heliumbehälter 22, den thermischen Schild 26 oder beide umgebend in jeder angemessenen Weise gegeben oder angeordnet sein.

**[0032]** Die thermische Isolierung 50 enthält eine Vielzahl von Schichten, wie in Fig. 4 gezeigt, wobei ein Abschnitt der thermischen Isolierung 50 zumindest eine verformte Beabstandungsschicht 62 enthält, die zwischen zumindest einer Reflektorschicht 60 auf jeder Seite gegeben ist. Die Beabstandungsschicht(en) 62 ist bzw. sind zwischen zwei Reflektorschichten, wie etwa benachbarten Schichten, eingelegt oder angeordnet. Es sei bemerkt, daß benachbarte Schichten nicht notwendigerweise aneinanderstoßende Schichten sind. Die Beabstandungsschicht 62 kann daher zwischen zwei Reflektorschichten 60 abgelegt werden und sich dazwischen von einer Reflektorschicht 60 zu der nächsten Reflektorschicht 60 erstrecken (oder weniger als die Strecke zwischen den beiden Reflektorschichten 60). Die Reflektorschichten 60 und die Beabstandungsschichten 62 können aus jedem geeigneten Material zur Isolierung des Heliumbehälters 22 und/oder des thermischen Schildes 26 gebildet sein, was die Reduzierung des Wärmeübertrages sowohl in als auch aus dem Heliumbehälter 22 und/oder dem thermischen Schild 26 heraus enthalten kann. Wie detaillierter weiter unten beschrieben ist, ist die Anordnung und Auslegung der Schichten in verschiedenen Ausführungsformen bei einem kalten Ende der thermischen Isolierung 50 unterschiedlich gegeben, nämlich dem Ende, das der Oberfläche des Heliumbehälters 22 und/oder dem thermischen Schild 26 näher ist, und einem warmen Ende der thermischen Isolierung 50, nämlich dem Ende, das weiter weg von der Oberfläche des Heliumbehälters 22 und/oder des thermischen Schildes 26 ist.

**[0033]** Eher für beispielhafte Zwecke können die Reflektorschichten 60 aus einem doppelt aluminisierten Mylarmaterial (Double-Aluminized Mylar, DAM) gebildet sein. Die Reflektorschichten 60 können jedoch zum Beispiel aus verschiedenen Polymeren gebildet sein, die reflektive, wie etwa auf beiden Seiten mit reflektivem Material beschichtete Oberflächen aufweisen. Die Beabstandungsschichten 62 können zum Beispiel aus jeder Art nicht leitender Polymerschichten, wie unter anderem etwa gewebtem Tuchmaterial, Seide oder Viskosenetz oder -maschen, gesponnenem Polyester, gebildet sein. Die Beabstandungsschichten 62 können aus einem Material gebildet sein, das eine thermische Leitfähigkeit aufweist, die es erlaubt, Hitze von einer Reflektorschicht 60 zu der nächsten Reflektorschicht 60 zu leiten. Die Beabstandungsschichten 62 definieren im allgemeinen einen Raum zwischen benachbarten Reflektorschichten 60 und halten den Abstand zwischen benachbarten Beabstandungsschichten 62 aufrecht.

**[0034]** Die Beabstandungsschichten 62 sind derart verformt, daß die Schichten aus Blättern eines Materials gebildet sind, die derart verformt werden, daß die Blätter nicht eben sind. Zum Beispiel werden die Beabstandungsschichten 62 derart verformt, daß, wenn die Beabstandungsschichten 62 den Heliumbehälter 22 und/oder den thermischen Schild 26 umgeben, die Beabstandungsschichten 62 keinen konstanten Durchmesser oder eine konstante Stärke aufweisen, wenn sich die Beabstandungsschichten 62 um den Heliumbehälter 22 und/oder den thermischen Schild 26 herum erstrecken. Die Beabstandungsschichten 62 sind folglich entlang ihrer Oberfläche nicht gleichmäßig, sondern haben eine wechselnde Höhe oder Stärke.

**[0035]** Die Beabstandungsschichten 62 können jede Form oder Gestalt annehmen. Die Fig. 5 bis 10 stellen verschiedene Ausführungsformen der Beabstandungsschichten 62 dar, die gegeben sein können. Jedoch sind Variationen vertieft und die Beabstandungsschichten 62 können jeder Typ einer verformten Schicht sein. Zum Beispiel können, wie in den Fig. 5 und 6 gezeigt, die Beabstandungsschichten 62 aus einer im allgemeinen gefalteten oder gekräuselten Struktur 70 gebildet werden. Es sei bemerkt, daß, obwohl die Falten 72 mit einem im allgemeinen dreieckigen Querschnitt gezeigt sind, die Falten 72 verschiedene Formen und Gestalten annehmen können. Zum Beispiel können die Falten 72 runde Enden oder andere polygonale Konfigurationen aufweisen. Zusätzlich können die Weite und die Höhe der Falten 72 verändert werden, zum Beispiel gegründet auf einen gewünschten oder erforderlichen Abstand zwischen benachbarten Reflektorschichten 60. Es sei bemerkt, daß die Falten 72 mit unterschiedlichen Graden (wie durch die Pfeile P gezeigt) aufeinander zurückgefaltet werden können oder überhaupt nicht. Zudem können sich die Falten 72 entlang der gesamten oder eines Abschnittes der Beabstandungsschicht 62 erstrecken, wie sie sich auch in einer Richtung oder in vielen verschiedenen Richtungen erstrecken können. Das Falten der gefalteten Struktur 70 kann unter Verwendung jedes geeigneten Faltverfahrens, wie etwa unter anderem durch ein Haftverfahren, ein Druckverfahren oder ein Klebverfahren, ausgeführt werden.

**[0036]** Als ein anderes Beispiel einer Variation der Beabstandungsschichten 62, wie in den Fig. 7 und 8 gezeigt, kann eine geprägte Struktur 80 gegeben sein. Die geprägte Struktur 80 enthält erhabene Abschnitte 82. Es sei bemerkt, daß die erhabenen Abschnitte 82 unterschiedlich bemessen und geformt sein können und nicht auf die kreisförmigen Formen und Abstände, wie in den Fig. 7 und 8 gezeigt, begrenzt sind. Zum Beispiel kann die Prägung das Bilden erhabener Abschnitte 82 enthalten, die quadratische, rechteckig, dreieckige, polygonale oder andere Formen aufweisen. Zusätzlich kann die Beabstandung zwischen den erhabenen Abschnitten 82 gleich oder verschieden sein und die Anzahl der erhabenen Abschnitte 82 kann, wie gewünscht oder benötigt, verändert werden, wie auch entlang der gesamten oder nur eines Abschnittes der geprägten Struktur 80 geschaffen sein. Weiters kann die Höhe und die Weite der erhabenen Abschnitte 82, zum Beispiel gegründet auf den gewünschten oder erforderlichen Abstand zwischen benachbarten Reflektorschichten 60, verändert werden.

**[0037]** Das Prägen zum Bilden der erhabenen Abschnitte 82 kann unter Verwendung aller geeigneter Prägeverfahren erfolgen, wie etwa durch Aufbringen von Hitze und/oder Druck durch Ausformwerkzeuge (z.B. männliche oder weibliche Kupfer- oder Messingausformwerkzeuge), die zusammenpassen und die geprägte Struktur 80 verformen (z.B. quetschen), wie etwa Fa-

sen des Substrates der geprägten Struktur 80.

**[0038]** Als anderes Beispiel einer Variation der Beabstandungsschichten 62, wie in den Fig. 9 und 10 gezeigt, kann eine geknitterte Struktur 90 gegeben sein. Die geknitterte Struktur 90 enthält Kniffe 92 innerhalb des Substrates, das die Beabstandungsschichten 62 bildet. Es sei bemerkt, daß die Kniffe 92 zum Beispiel jede Art von Runzeln, Kräuseln oder Wellen des Substrates sein kann, derart, daß die Höhe oder Stärke des Substrates variiert. Die Weite und Höhe der Kniffe 92 kann variiert werden, zum Beispiel gegründet auf den gewünschten oder erforderlichen Abstand zwischen benachbarten Reflektorschichten 60. Es sei bemerkt, daß die Kniffe 92 zufällig gebildet werden können, wie in den Fig. 9 und 10 gezeigt, wobei sie unterschiedliche Höhen und Tiefen aufweisen, oder sie können alternativ gleichmäßig gebildet werden. Die Kniffe 92 können sich in der gleichen Richtung oder in verschiedene Richtungen erstrecken, wie sie sich auch entlang der gesamten oder eines Abschnittes der geknitterten Struktur 90 erstrecken können.

**[0039]** Das Knittern, um die Kniffe 92 zu bilden, kann unter Verwendung jedes geeigneten Verfahrens erfolgen, wie etwa durch Behandeln des Substrates, was die geknitterte Struktur 90 bildet, um die Kniffe oder Falten unter anderen Veränderungen der Oberfläche der Struktur zu bilden.

**[0040]** In verschiedenen Ausführungsformen sind die verformten Beabstandungsschichten 62 zwischen Reflektorschichten 60 in einem Abschnitt der thermischen Isolierung 50 geschaffen. Zusätzlich sind nicht verformte Beabstandungsschichten 100 zwischen anderen Reflektorschichten 60 in einem Abschnitt der thermischen Isolierung 50 geschaffen, was diagrammartig in Fig. 11 gezeigt ist. Die Beabstandungsschichten 100 können von im allgemeinen ebenen Blättern des Materials (z.B. einem nicht leitenden Polymermaterial) gebildet sein, die nicht verformt sind, derart, daß die Beabstandungsschichten 100 einen konstanten Durchmesser oder eine konstante Stärke aufweisen, wenn sich die Beabstandungsschichten 100 umlaufend um den Heliumbehälter 22 und/oder den thermischen Schild 26 erstrecken. Daher sind die Beabstandungsschichten 100 im allgemeinen gleichmäßig entlang der Oberfläche mit einer konstanten Höhe oder Stärke.

**[0041]** Bei einer Ausführungsform, wie in Fig. 11 gezeigt, wird eine Vielzahl von Beabstandungsschichten 100 zwischen benachbarten Reflektorschichten 60 an einem warmen Ende 102 der thermischen Isolierung 50 geschaffen, welches das weitere (entferntere) Ende zum Heliumbehälter 22 (wie in Fig. 12 gezeigt) oder dem thermischen Schild 26 ist. Die Anordnung einer oder mehrerer Beabstandungsschichten 100 zwischen benachbarten Reflektorschichten 60 wird zum Beispiel dreißigmal wiederholt, um einen Abschnitt der thermischen Isolierung 50 zu bilden. Anschließend wird eine Vielzahl von Beabstandungsschichten 62 zwischen benachbarten Reflektorschichten 60 an einem kalten Ende 104 der thermischen Isolierung 50 geschaffen, welches das nähere (dichtere) Ende zum Heliumbehälter 22 (wie in Fig. 12 gezeigt) oder dem thermischen Schild 26 ist. Die Anordnung einer oder mehrerer Beabstandungsschichten 62 zwischen benachbarten Reflektorschichten 60 wird zum Beispiel fünfmal wiederholt, um einen Abschnitt der thermischen Isolierung 50 zu bilden. Es sei bemerkt, daß die Anzahl der Wiederholungen, mit denen die verschiedenen Anordnungen wiederholt werden, verändert werden kann und ebenso an verschiedenen Abschnitten entlang der thermischen Isolierung 50 und nicht nur an zwei verschiedenen Abschnitten geschaffen sein kann. Zum Beispiel kann bei manchen Ausführungsformen die wiederholte Anordnung einer oder mehrerer Beabstandungsschichten 62 zwischen benachbarten Reflektorschichten 60 zwischen zwei- und fünfmal geschaffen sein. Die verschiedenen Schichten können unter Verwendung aller geeigneter Befestigungs- oder Haftungsmittel verbunden oder gekuppelt sein. Es sei bemerkt, daß die thermische Isolierung 50 anschließend den Heliumbehälter umgebend geschaffen werden kann und in thermischem Kontakt mit ihm steht, oder an einem anderen Ort innerhalb des Vakuumbehälters 24 des MRI-Systems, wie etwa den thermischen Schild 26 umgebend.

**[0042]** Es sei bemerkt, daß die Reflektorschichten 60 bei verschiedenen Ausführungsformen nicht verformt sind, zum Beispiel geformt durch ebene Bögen des Reflektormaterials. Eine oder

mehrere der Reflektorschichten 60 können jedoch optional ähnlich zu der Verformung der Beabstandungsschichten 62 verformt werden. Es sei bemerkt, daß die Stärke der Schichten gleich oder verschieden und veränderlich oder konstant über der thermischen Isolierung 50 sein kann.

**[0043]** Gemäß verschiedener Ausführungsformen ist ein Verfahren 110 in Fig. 13 gezeigt, das ebenso geschaffen ist, um eine thermische Isolierung, wie etwa eine thermische Isolierung 50, zu schaffen, welche zum Beispiel eine MLI-Decke definieren kann. Das Verfahren 110 beinhaltet das Verformen einer Vielzahl von Beabstandungsschichten bei 112, wie etwa das Bilden von Beabstandungsschichten, die im Querschnitt eine variierende Stärke aufweisen. Anschließend, bei 114, wird eine Vielzahl von Reflektorschichten mit nicht verformten Beabstandungsschichten (z.B. Beabstandungsschichten konstanter Stärke) zwischen die Reflektorschichten gestapelt, um ein warmes Ende einer MLI-Decke zu bilden, wobei das Stapeln in Richtung eines kalten Endes der MLI-Decke bei 116 fortgesetzt wird. Das Stapeln wird dann bei 118 mit einer Vielzahl von Reflektorschichten fortgesetzt, die mit verformten Beabstandungsschichten zwischen den Reflektorschichten gestapelt sind, um ein kaltes Ende der MLI-Decke zu bilden. Wenn einmal eine gewünschte oder erforderliche Anzahl von Schichten gestapelt worden sind (z.B. dreißig ineinandergelegte Schichten bei den Schritten 114 und 116 sowie fünf ineinandergelegte Schichten bei Schritt 118), werden die Schichten bei 120 miteinander gekuppelt. Es sei bemerkt, daß die Schichten miteinander gekuppelt werden können, während sie gestapelt werden oder nachdem der Stapel vollständig ist. Zusätzlich können Nachformungsverfahren durchgeführt werden, wie etwa die MLI-Decke zu versiegeln.

**[0044]** Es wird also in Übereinstimmung mit verschiedenen Ausführungsformen eine thermische Isolierung für ein MRI-System geschaffen. Zum Beispiel kann eine MLI-Decke für einen Heliumbehälter oder einen thermischen Schild oder beides für das MRI-System gebildet werden, was eine MRI-Decke mit variabler Dichte sein kann.

**[0045]** Es sei bemerkt, daß, obwohl einige Ausführungsformen in Verbindung mit supraleitenden Magneten für das MRI-System beschrieben werden, verschiedene Ausführungsformen in Verbindung mit jeder Art von System, das supraleitende Magneten aufweist, ausgeführt werden kann. Die supraleitenden Magneten können in anderen Typen von medizinischen Bildgebungsvorrichtungen wie auch in nicht medizinischen Bildgebungsvorrichtungen verwendet werden.

**[0046]** Daher können verschiedene Ausführungsformen in Verbindung mit verschiedenen Typen von supraleitenden Spulen, wie etwa supraleitenden Spulen für ein MRI-System, ausgeführt werden. Zum Beispiel können verschiedene Ausführungsformen mit supraleitenden Spulen zur Verwendung mit einem MRI-System 140, das in Fig. 14 gezeigt ist, ausgeführt werden. Es sei bemerkt, daß, obwohl das System 140 als ein einzelmodales Bildgebungssystem dargestellt ist, verschiedene Ausführungsformen in oder mit vielmodalen Bildgebungssystem ausgeführt werden können. Das System 140 ist als MRI-Bildgebungssystem dargestellt und kann mit verschiedenen Typen von medizinischen Bildgebungssystemen kombiniert werden, wie etwa Computertomographie (Computed Tomography, T), Positronenemissionstomographie (Positron Emission Tomography, PET), einer Einzelphotonenemissionstomographie (Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT) sowie einem Ultraschallsystem oder jedem anderen System, das dazu fähig ist, Bilder, insbesondere eines Menschen, zu erzeugen. Weiterhin sind die verschiedenen Ausführungsformen nicht auf medizinische Bildgebungssysteme zum Abbilden von Menschen begrenzt, sondern können veterinäre oder nicht medizinische Systeme zum Abbilden nicht menschlicher Objekte, von Gepäck etc. einschließen.

**[0047]** Bezugnehmend auf Fig. 14 enthält das MRI-System 140 im allgemeinen einen bildgebenden Abschnitt 142 und einen verarbeitenden Abschnitt 144, der einen Prozessor oder eine andere Berechnungs- oder Steuerungsvorrichtung enthält. Das MRI-System 140 enthält innerhalb eines Kryostaten 146 einen supraleitenden Magneten 46, der aus Spulen gebildet ist, welche auf einer Magnetspulen-Stützstruktur gestützt sein können. Der Heliumbehälter 22 umgibt den supraleitenden Magneten 46 und ist mit Flüssighelium gefüllt.

**[0048]** Die thermische Isolierung 152 ist dem gesamten oder einem Abschnitt der äußeren Oberfläche des Heliumbehälters 22 und/oder dem thermischen Schild 26 (in den Fig. 1 und 2

gezeigt) umgebend geschaffen. Die thermische Isolierung 152 kann die Form der thermischen Isolierung 50, wie hier beschrieben, annehmen. Eine Vielzahl von Magnetgradientenspulen 154 ist innerhalb des supraleitenden Magneten 46 und eine RF-Sendespule 156 ist innerhalb der Vielzahl von Magnetgradientenspulen 154 geschaffen. Bei einigen Ausführungsformen kann die RF-Sendespule 156 mit einer Sende- und Empfangsspule ersetzt werden. Die Komponenten innerhalb des Gerüsts 146 bilden im allgemeinen den Abbildungsabschnitt 142. Es sei bemerkt, daß, obwohl der supraleitende Magnet 46 eine zylindrische Gestalt ist, andere Gestalten von Magneten verwendet werden können.

**[0049]** Der Verarbeitungsabschnitt 154 enthält im allgemeinen eine Steuerung 158, eine Hauptmagnetfeldsteuerung 160, eine Feldgradientensteuerung 162, einen Speicher 164, eine Anzeigevorrichtung 166, eine Sende-/Empfänger (Transmit-Receive T-R)-Schalter 168, einen RF-Sender 170 und einen Empfänger 172.

**[0050]** Während des Betriebes wird der Körper eines Objektes, wie etwa ein Patient oder eine abzubildende Gestalt, in einem Loch 174 auf einer geeigneten Ablage, zum Beispiel einem Patiententisch, angeordnet. Der supraleitende Magnet 46 stellt ein gleichförmiges und statisches Hauptmagnetfeld  $B_0$  über dem Loch 174 her. Die Stärke des elektromagnetischen Feldes in dem Loch 174 und entsprechend in dem Patienten wird durch die Steuerung 158 über die Hauptmagnetfeldsteuerung 160 gesteuert, welche ebenso die Versorgung mit Strom an den supraleitenden Magneten 46 steuert.

**[0051]** Die Magnetgradientenspulen 154, die ein oder mehrere Gradientenspulenelemente enthalten, sind derart geschaffen, daß ein Magnetgradient dem magnetischen Feld  $B_0$  in dem Loch 174 innerhalb des supraleitenden Magneten 46 in einer oder mehrerer der drei orthogonalen Richtungen  $x$ ,  $y$  und  $z$  auferlegt wird. Die Magnetgradientenspulen 154 werden durch die Feldgradientensteuerung 162 betrieben und ebenso durch die Steuerung 158 gesteuert.

**[0052]** Die RF-Sendespule 156, die eine Vielzahl von Spulen enthalten kann, ist ausgelegt, um magnetische Pulse zu senden und/oder optional gleichzeitig MR-Signale aus dem Patienten zu erfassen, wenn Empfangsspulenelemente ebenso vorhanden sind, wie etwa eine Oberflächenspule, die als RF-Empfangsspule ausgelegt ist. Die RF-Empfangsspule kann von jedem Typ oder jeder Konfiguration, zum Beispiel eine getrennte Empfangsoberflächenspule, sein. Die Empfangsoberflächenspule kann ein Feld von RF-Spulen, die innerhalb der RF-Sendespule 156 geschaffen sind, sein.

**[0053]** Die RF-Sendespule 156 und die Empfangsoberflächenspule sind wahlweise mit dem RF-Sender 170 oder entsprechend dem Empfänger 172 über den T-R-Schalter 168 zusammengeschlossen. Der RF-Sender 170 und der T-R-Schalter 168 sind derart durch die Steuerung 158 gesteuert, daß RF-Feldpulse oder -signale durch den RF-Sender 170 erzeugt werden und ausgewählt auf den Patienten angewendet werden, um magnetische Resonanz in dem Patienten anzuregen. Während die RF-Anregungspulse auf den Patienten angewendet werden, wird der T-R-Schalter 168 ebenso angeleitet, um die Empfangsoberflächenspule von dem Empfänger 172 zu trennen.

**[0054]** Folgend auf die Anwendung der RF-Pulse wird der T-R-Schalter 168 wiederum angeleitet, die RF-Sendespule 156 von dem RF-Sender 170 zu trennen und die Empfangsoberflächenspule mit dem Empfänger 172 zu verbinden. Die Empfangsoberflächenspule wird betrieben, um MR-Signale zu erfassen oder aufzuspüren, die vom angeregten Nuklei in dem Patienten stammen, und kommuniziert die MR-Signale an den Empfänger 172. Die Steuerung 158 enthält zum Beispiel einen Prozessor (z.B. einen Bildrekonstruktionsprozessor), der die Berechnung der MR-Signale steuert, um Signale herzustellen, die ein Bild des Patienten darstellen.

**[0055]** Die für das Bild repräsentativen berechneten Signale werden auch an die Anzeigevorrichtung 166 übertragen, um eine visuelle Ansicht des Bildes zu schaffen. Insbesondere erfüllen oder bilden die MR-Signale einen  $k$ -Raum, der Fourier transformiert ist, um ein sichtbares Bild zu erhalten. Die für das Bild repräsentativen berechneten Signale werden dann an die Anzeige-

vorrichtung 166 übertragen.

**[0056]** Die verschiedenen Ausführungsformen und/oder Komponenten, zum Beispiel die Module oder Komponenten und Steuerungen darin, wie etwa das MRI-System 140, können auch als Teil eines oder mehrerer Computer oder Prozessoren ausgeführt sein. Der Computer oder Prozessor kann eine Computervorrichtung, eine Eingabevorrichtung, eine Anzeigeeinheit und eine Schnittstelle, zum Beispiel als Internetzugang, enthalten. Der Computer oder Prozessor kann einen Mikroprozessor enthalten. Der Mikroprozessor kann mit einem Kommunikationsbus verbunden sein. Der Computer oder Prozessor kann ebenso einen Speicher enthalten. Der Speicher kann ein RAM (Random Access Memory) und ein ROM (Read Only Memory) sein. Zudem kann der Computer oder Prozessor eine Speichervorrichtung enthalten, die eine Festplatte oder ein entnehmbares Speicherlaufwerk, wie etwa ein Floppy-Laufwerk, ein optisches Laufwerk und ähnliches, sein kann. Die Speichervorrichtung kann ebenso andere ähnliche Mittel zum Laden von Computerprogrammen oder anderen Anweisungen in einen Computer oder Prozessor sein.

**[0057]** Der Begriff „Computer“ oder „Modul“, wie hier verwendet, kann jedes prozessorbasierte oder mikroprozessorbasierte System, inklusive Systeme, die Mikrosteuerungen verwenden, enthalten, RISCs (Reduced Instruction Set Computers), ASICs (Application Specific Integrated Circuits), logische Schaltkreise und jeden anderen Schaltkreis oder Prozessor, der dazu in der Lage ist, die hier beschriebenen Funktionen auszuführen. Die oben beschriebenen Beispiele sind nur beispielhaft und sind folglich nicht gemeint, die Definition und/oder die Bedeutung des Begriffes „Computer“ in irgendeiner Weise zu begrenzen.

**[0058]** Der Computer oder Prozessor führt eine Menge von Anweisungen aus, die in einem oder mehreren Speicherelementen gespeichert sind, um die eingegebenen Daten zu verarbeiten. Die Speicherelemente können auch Daten oder andere Informationen je nach Wunsch oder Bedarf speichern. Das Speicherelement kann in Form einer Informationsquelle oder eines physikalischen Speicherelementes innerhalb einer Rechenmaschine sein.

**[0059]** Die Menge an Anweisungen kann verschiedene Kommandos enthalten, die den Computer oder Prozessor als eine Rechenmaschine anweisen, um besondere Operationen, wie Verfahren und Prozesse verschiedener Ausführungsformen der Erfindung, durchzuführen. Die Menge an Anweisungen kann in Form eines Software-Programmes vorliegen, welches Teil eines dinghaften, nicht vergänglichen computerlesbaren Mediums oder von Medien sein kann. Die Software kann in verschiedenen Formen, wie etwa als Systemsoftware oder als Anwendungssoftware, vorliegen. Weiters kann die Software in Form einer Sammlung von verschiedenen Programmen oder Modulen, ein Programmmodul innerhalb eines größeren Programmes oder eines Abschnittes eines Programmmoduls sein. Die Software kann zudem eine modulare Programmierung in Form einer objektorientierten Programmierung enthalten. Das Verarbeiten der eingegebenen Daten durch die Rechenmaschine kann in Antwort auf Betriebskommandos oder in Antwort auf die Resultate vorangegangener Prozesse oder in Antwort auf eine Anfrage erfolgen, die durch eine andere Rechenmaschine gemacht wurde.

**[0060]** Die Begriffe „Software“ und „Firmware“, wie hier verwendet, können jedes in einem Speicher zur Ausführung durch einen Computer gespeicherte Computerprogramm enthalten, inklusive RAM-Speicher, ROM-Speicher, EPROM-Speicher, EEPROM-Speicher und NVRAM-Speicher (Non-Volatile RAM). Die zuvor genannten Speichertypen sind nur exemplarisch und daher nicht hinsichtlich der Speichertypen, die zum Speichern eines Computerprogrammes verwendbar sind, begrenzend.

**[0061]** Es versteht sich, daß die voranstehende Beschreibung als darstellend und nicht als einschränkend gemeint ist. Zum Beispiel können die oben beschriebenen Ausführungsformen (und/oder Aspekte von ihnen) in Kombination miteinander verwendet werden. Zusätzlich können viele Modifikationen an die Lehren der verschiedenen Ausführungsformen gemacht werden, um sich an eine besondere Situation oder ein Material anzupassen, ohne von ihrem Umfang abzuweichen. Während die hier beschriebenen Dimensionierungen und Materialtypen gemeint sind, um die Parameter verschiedener Ausführungsformen zu definieren, sind sie in

keiner Weise begrenzend, sondern vielmehr exemplarisch. Viele andere Ausführungsformen liegen dem Fachmann beim Lesen der Beschreibung nahe. Der Umfang verschiedener Ausführungsformen sollte also mit Bezugnahme auf die beigefügten Ansprüche zusammen mit dem vollen Umfang von Äquivalenten determiniert werden, auf welche sich die Ansprüche beziehen. In den beigefügten Ansprüchen sind die Begriffe „enthalten“ und „in welchem“ als hochdeutsche Äquivalente der entsprechenden Begriffe „umfassend“ und „wobei“ verwendet. Weiterhin sind in den folgenden Ansprüchen die Begriffe „erster“, „zweiter“ und „dritter“ etc. hauptsächlich als Etikette verwendet und nicht als numerische Erfordernisse ihrer Objekte gemeint. Weiters sind die Begrenzungen der folgenden Ansprüche nicht im Format von Mitteln zusammen mit seiner Funktion verfaßt, und sie sind nicht gemeint, auf der Basis von § 112 (6) 35 U.S.C. interpretiert zu werden, bis und sofern solche Anspruchsbegrenzungen ausdrücklich die Wörter „Mittel zum“, gefolgt durch eine Aussage über die Funktion, die eine andere Struktur ausschließt, verwendet werden.

**[0062]** Diese geschriebene Beschreibung verwendet Beispiele, um verschiedene Ausführungsformen zu offenbaren, inklusive der besten Art, und auch, um es dem Fachmann zu ermöglichen, verschiedene Ausführungsformen umzusetzen, inklusive das Herstellen und Verwenden aller Vorrichtungen oder Systeme und Durchführen aller beinhaltenden Verfahren. Der patentierbare Umfang der verschiedenen Ausführungsformen ist durch die Ansprüche definiert und kann andere Beispiele, die dem Fachmann dabei gegenwärtig werden, inkludieren. Solche anderen Beispiele sind als innerhalb des Umfangs der Ansprüche gemeint, wenn die Beispiele strukturelle Elemente haben, die nicht von der buchstäblichen Sprache der Ansprüche abweichen, oder die Beispiele strukturelle Elemente mit nicht wesentlichen Unterschieden zur buchstäblichen Sprache der Ansprüche enthalten.

## Patentansprüche

1. Thermische Isolierung (50) für einen supraleitenden Magneten, wobei die thermische Isolierung umfaßt:  
eine erste Vielzahl von Reflektorschichten (60);  
eine nicht verformte Beabstandungsschicht (100) zwischen benachbarten Schichten in der ersten Vielzahl von Reflektorschichten;  
eine zweite Vielzahl von Reflektorschichten (60); und  
eine deformierte Beabstandungsschicht (62) zwischen benachbarten Schichten in der zweiten Vielzahl von Reflektorschichten.
2. Thermische Isolierung (50) nach Anspruch 1, wobei die erste Vielzahl von Reflektorschichten (60) ein warmes Ende (102) einer mehrschichtigen Isolierungsdecke (Multi-Layered Insulation, MLI) definiert, die dazu ausgelegt ist, entfernt zu einem Heliumbehälter (22) oder einem thermischen Schild (26) oder beidem angeordnet zu sein.
3. Thermische Isolierung (50) nach Anspruch 1, wobei die zweite Vielzahl von Reflektorschichten (60) ein kaltes Ende (104) einer mehrschichtigen Isolierungsdecke (Multi-Layered Insulation, MLI) definiert, die dazu ausgelegt ist, am nahen Ende eines Heliumbehälters (22) oder eines thermischen Schildes (24) oder beidem angeordnet zu sein.
4. Thermische Isolierung (50) nach Anspruch 1, wobei die verformte Beabstandungsschicht (62) eine gefaltete Struktur (70) umfaßt.
5. Thermische Isolierung (50) nach Anspruch 1, wobei die verformte Beabstandungsschicht (62) eine geprägte Struktur (80) umfaßt.
6. Thermische Isolierung (50) nach Anspruch 1, wobei die verformte Beabstandungsschicht (62) eine geknitterte Struktur (90) umfaßt.
7. Thermische Isolierung (50) nach Anspruch 1, wobei die verformte Beabstandungsschicht (62) eine veränderliche Stärke aufweist.
8. Thermische Isolierung (50) nach Anspruch 1, wobei eine Zahl der ersten Vielzahl von Reflektorschichten (60) größer als die Zahl der zweiten Vielzahl von Reflektorschichten (60) ist.
9. Thermische Isolierung (50) nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite Vielzahl von Reflektorschichten (60) aus im allgemeinen ebenen Materialblättern gebildet sind.
10. Verfahren (110) zum Bilden einer thermischen Isolierung für ein Bildgebungssystem mit magnetischer Resonanz (Magnetic Resonance Imaging, MRI), wobei das Verfahren umfaßt:  
Verformen (112) einer Vielzahl von Beabstandungsschichten;  
Stapeln (114) einer ersten Vielzahl von Reflektorschichten mit nicht verformten Beabstandungsschichten dazwischen;  
Stapeln (118) einer zweiten Vielzahl von Reflektorschichten mit verformten Beabstandungsschichten dazwischen; und  
Bilden (120) einer mehrschichtigen thermischen Isolierung mit der ersten und der zweiten Vielzahl von Reflektorschichten.

**Hierzu 6 Blatt Zeichnungen**

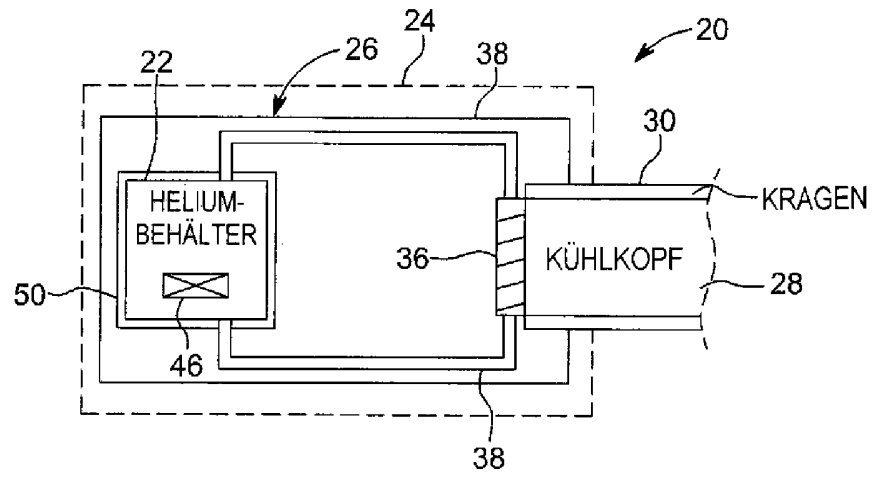


FIG. 1

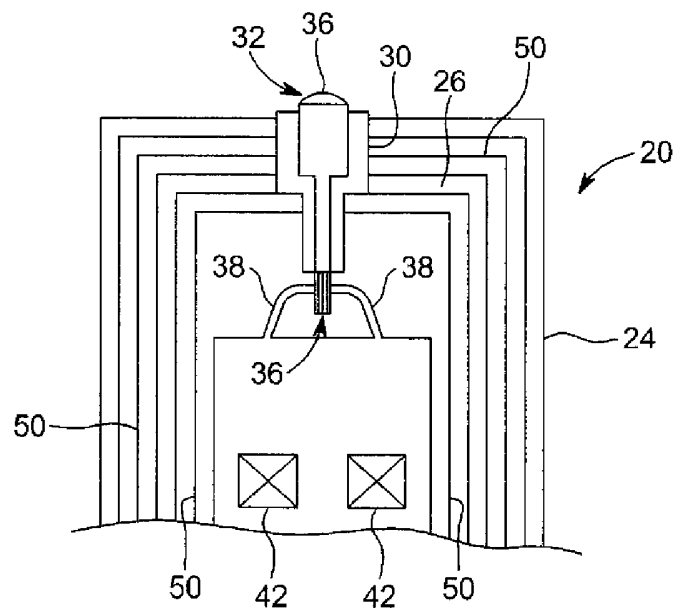


FIG. 2

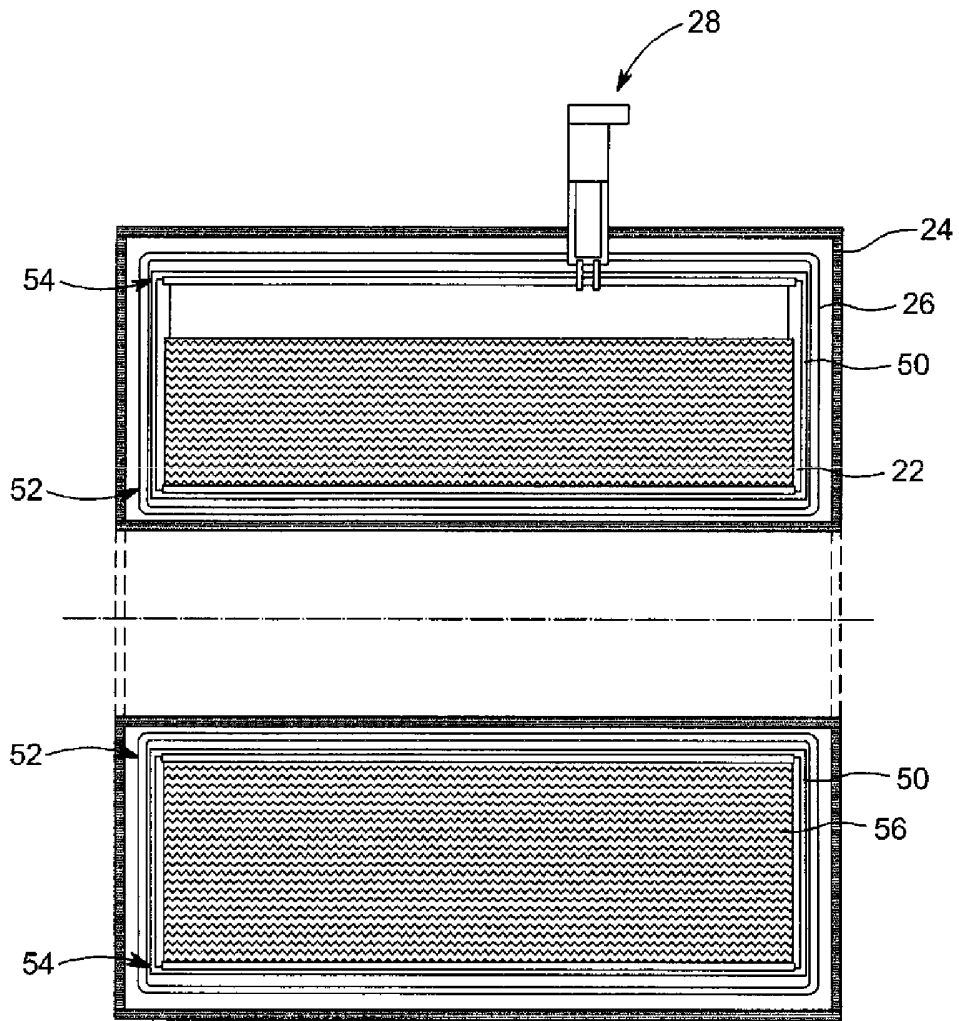


FIG. 3

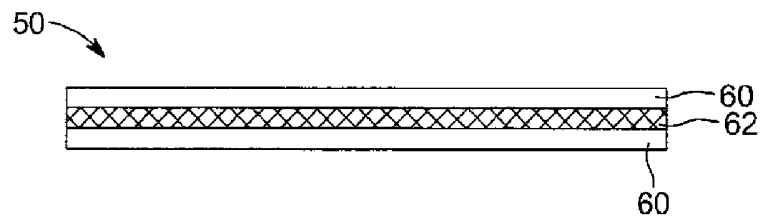


FIG. 4

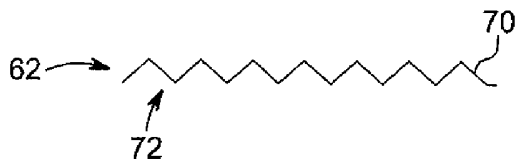


FIG. 5

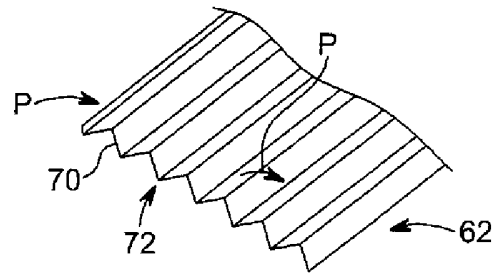


FIG. 6

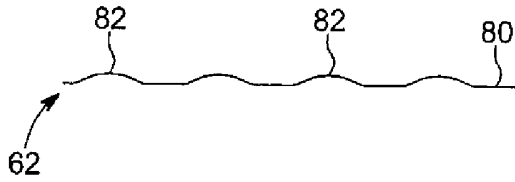


FIG. 7

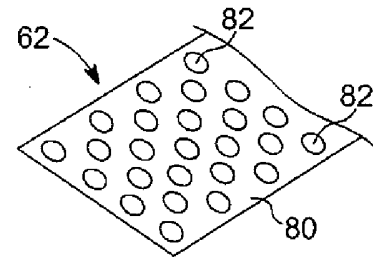


FIG. 8

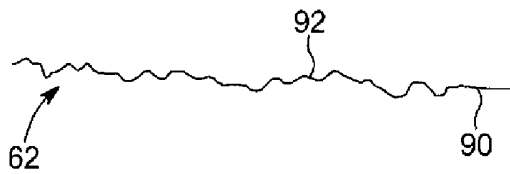


FIG. 9

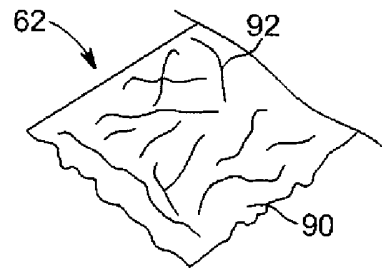


FIG. 10

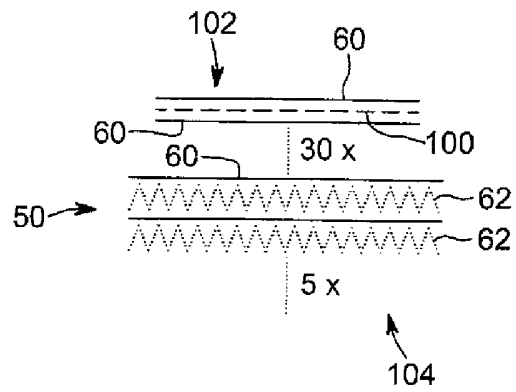


FIG. 11

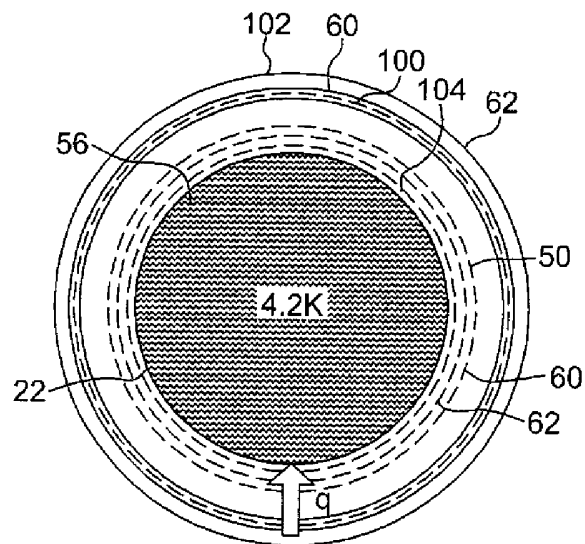


FIG. 12

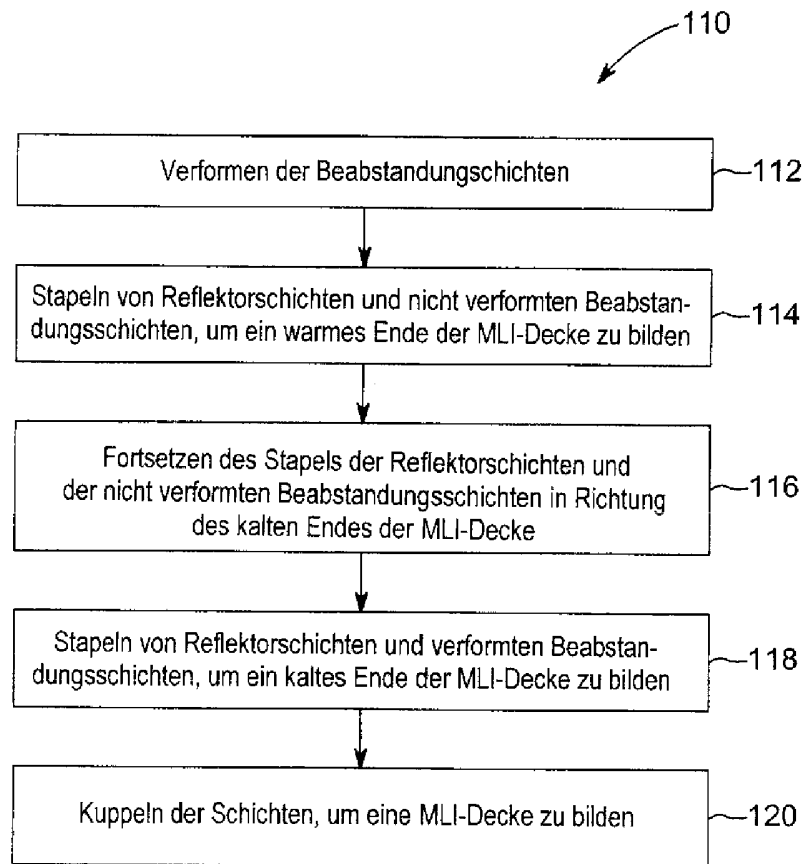


FIG. 13

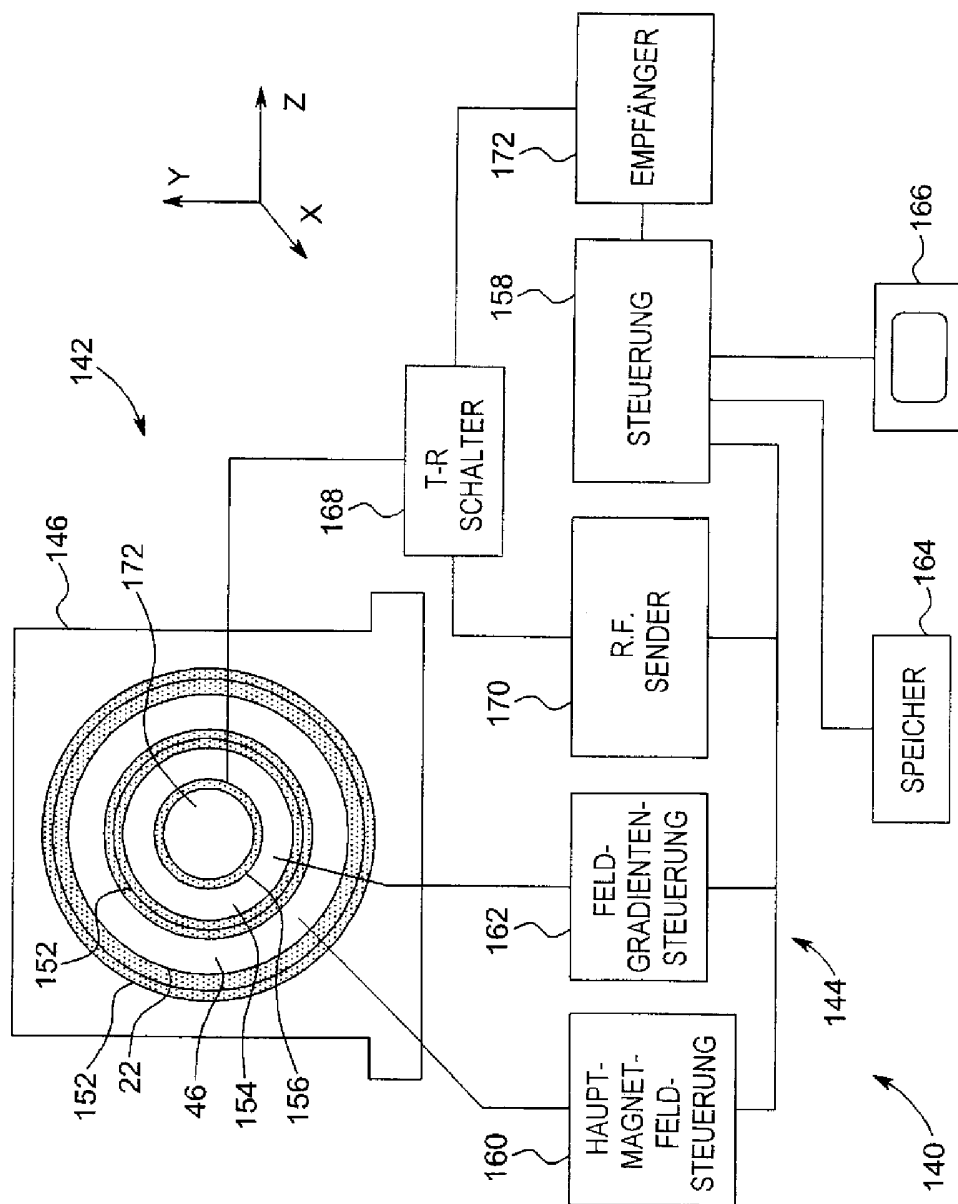


FIG. 14