

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-65714

(P2004-65714A)

(43) 公開日 平成16年3月4日(2004.3.4)

(51) Int. Cl.⁷

A61B 5/055
G01R 33/383

F I

A61B 5/05 331
G01N 24/06 510Q

テーマコード(参考)

4C096

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-230890(P2002-230890)
(22) 出願日 平成14年8月8日(2002.8.8)

(71) 出願人 000183417
住友特殊金属株式会社
大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号
(74) 代理人 100101351
弁理士 辰巳 忠宏
(72) 発明者 青木 雅昭
大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号 住友特殊金属株式会社山崎製作所内
(72) 発明者 河瀬 順洋
岐阜県岐阜市柳戸1番1号 岐阜大学工学部内
Fターム(参考) 4C096 AB06 AB33 AB42 AD08 CA07

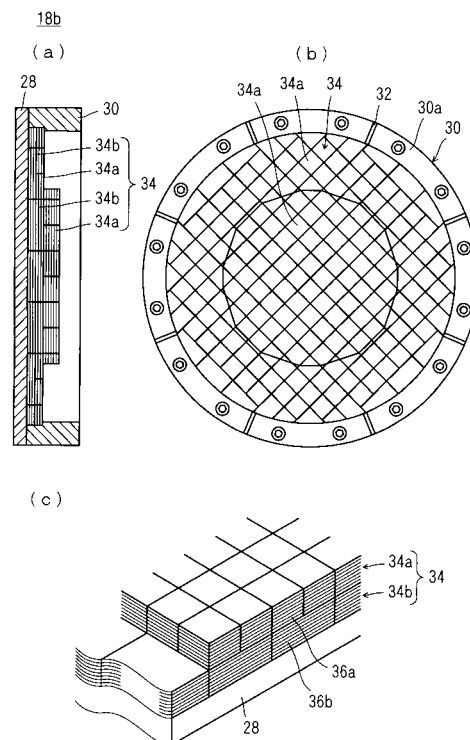
(54) 【発明の名称】MRI用磁界発生装置

(57) 【要約】

【課題】製造コストの増大を招くことなく、磁極片に発生する渦電流を低減でき、傾斜磁界の立ち上がり特性を向上できる、MRI用磁界発生装置を提供する。

【解決手段】MRI用磁界発生装置10は、空隙12を形成して対向する一対の磁極片18a, 18bを有し、空隙12に磁界を発生させる。磁極片18a, 18bは、空隙12側から表層部34aと深層部34bとを有する積層体34を含む。表層部34a, 深層部34bはそれぞれ複数の珪素鋼板38a, 38bを含み、表層部34aの珪素鋼板38aの大きさは、深層部34bの珪素鋼板38bの大きさより小さく設定される。好ましくは、表層部34aは各辺略50mm以下の角形状の珪素鋼板38aを含み、表層部34aの厚みが積層体34の厚みの10%以上50%以下に設定される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

空隙を形成して対向する一対の磁極片を有し、前記空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置であって、

前記磁極片は前記空隙側から表層部と深層部とを有する積層体を含み、

前記表層部および前記深層部はそれぞれ複数の珪素鋼板を含み、前記表層部の珪素鋼板の大きさは前記深層部の珪素鋼板の大きさより小さく設定される、MRI用磁界発生装置。

【請求項 2】

前記表層部は各辺略50mm以下の角形状の珪素鋼板を含む、請求項1に記載のMRI用磁界発生装置。

10

【請求項 3】

空隙を形成して対向する一対の磁極片を有し、前記空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置であって、

前記磁極片は前記空隙側から表層部と深層部とを有する積層体を含み、

前記表層部の電気抵抗が前記深層部の電気抵抗より大きく設定され、かつ前記表層部および前記深層部の飽和磁化が1.0T以上に設定される、MRI用磁界発生装置。

【請求項 4】

前記表層部の厚みが前記積層体の厚みの10%以上50%以下に設定される、請求項1から3のいずれかに記載のMRI用磁界発生装置。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明はMRI用磁界発生装置に関し、より特定的には、複数層からなる磁極片が用いられるMRI用磁界発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

図6に、従来のMRI用磁界発生装置に用いられる磁極片1を示す。

磁極片1はベースプレート2を含む。ベースプレート2の一主面には、環状突起3および珪素鋼板の積層体4が形成され、磁極片1の積層体4の近傍には、位置情報を得るための傾斜磁界コイル(図示せず)が配置される。傾斜磁界コイルにパルス電流を通電して所望方向のパルス状傾斜磁界を発生させると、この傾斜磁界の影響によって磁極片1内に渦電流が発生する。

30

この磁極片1における渦電流を低減させる技術が、たとえば国際出願の国際公開WO99-52427号や特許第2561591号において提案されている。

【0003】

国際公開WO99-52427号には、珪素鋼板の積層体からなる本体部と本体部の空隙対向面側に配置する磁性環状突起部とを効果的に組み合わせた磁極片を使用することにより、傾斜磁界コイルに流れるパルス電流の影響にて発生する磁極片内の渦電流を低減させる技術が開示されている。

特許第2561591号には、空隙側からソフトフェライト、積層珪素鋼板を積層させた磁極片を用いることによって、傾斜磁界コイルによる渦電流を低減させる技術が開示されている。

40

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

国際公開WO99-52427号に示すように、本体部を構成する珪素鋼板個々の大きさを全体的に小さくすれば、渦電流の電流路が細分化され、見かけ上の電気抵抗が増加し全体として渦電流が小さくなる。しかし、実際には、珪素鋼板を小さくする分、部品点数が増加し製造上のコストが増大するという問題がある。また、珪素鋼板の大きさを小さくすれば、接着剤の使用量が増えるために本体部における珪素鋼板の占積率が低下し、珪素鋼板の積層方向に直交する方向への透磁率が減少するため、傾斜磁界コイルによって発生し

50

た磁束がベースプレートにまで到達し易くなり、そのベースプレートにおいて渦電流が発生する。その結果、傾斜磁界の立ち上がり特性が悪化し、良好な画像が得られなくなる。そのため、渦電流を低減させようとして珪素鋼板を単純に細分化することは必ずしも得策ではない。

【0005】

一方、特許第2561591号の技術では、ソフトフェライトの飽和磁化は相対的に（珪素鋼板より）低く、ソフトフェライトにおいて磁束が飽和しやすい。したがって、ソフトフェライトおよび積層珪素鋼板の積層部分における実質的な飽和磁化は小さくなり、その結果、傾斜磁界コイルによって発生した磁束が飽和しやすくなり、磁性体ベース（図6に示すベースプレート2に相当）をさらに設けた場合には当該磁束が磁性体ベースに達し渦電流が発生する。したがって、ソフトフェライトを設けてもあまり効果的ではない。

10

【0006】

それゆえに、この発明の主たる目的は、製造コストの増大を招くことなく、磁極片に発生する渦電流を低減でき、傾斜磁界の立ち上がり特性を向上できる、MRI用磁界発生装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、請求項1に記載のMRI用磁界発生装置は、空隙を形成して対向する一对の磁極片を有し、空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置であって、磁極片は空隙側から表層部と深層部とを有する積層体を含み、表層部および深層部はそれぞれ複数の珪素鋼板を含み、表層部の珪素鋼板の大きさは深層部の珪素鋼板の大きさより小さく設定されることを特徴とする。

20

請求項2に記載のMRI用磁界発生装置は、請求項1に記載のMRI用磁界発生装置において、表層部は各辺略50mm以下の角形状の珪素鋼板を含むことを特徴とする。

【0008】

請求項3に記載のMRI用磁界発生装置は、空隙を形成して対向する一对の磁極片を有し、空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置であって、磁極片は空隙側から表層部と深層部とを有する積層体を含み、表層部の電気抵抗が深層部の電気抵抗より大きく設定され、かつ表層部および深層部の飽和磁化が1.0T以上に設定されることを特徴とする。

請求項4に記載のMRI用磁界発生装置は、請求項1から3のいずれかに記載のMRI用磁界発生装置において、表層部の厚みが積層体の厚みの10%以上50%以下に設定されることを特徴とする。

30

【0009】

請求項1に記載のMRI用磁界発生装置では、積層体のうち空隙側に設けられる表層部を構成する珪素鋼板を小さくすることによって、渦電流の電流路が細分化され、見かけ上の電気抵抗が増加し、磁極片の空隙側表面付近の渦電流が小さくなる。一方、深層部を構成する珪素鋼板は比較的大きいので磁束が通過しやすい。したがって、傾斜磁界がベースプレートに到達するのを抑制でき、ベースプレートでの渦電流を抑制できる。このように表層部の珪素鋼板のみを小さくし、磁極片に使用する珪素鋼板の大きさを部分的に小さくすることによって、全体として渦電流を低減できるとともに、部品点数がさほど増加しないので製造コストを抑制でき、また、傾斜磁界の立ち上がり特性を向上できる。

40

【0010】

請求項2に記載のMRI用磁界発生装置では、製造・入手が容易な各辺略50mm以下の角形状の珪素鋼板を用いることによって、積層体の表層部を容易に製造できる。

【0011】

請求項3に記載のMRI用磁界発生装置では、表層部の電気抵抗を深層部の電気抵抗より大きく設定することによって、磁極片の空隙側表面付近の渦電流が小さくなる。また、表層部および深層部の飽和磁化が1.0T以上であるので、積層体全体の磁気飽和を防止することができる。したがって、傾斜磁界がベースプレートに到達するのを抑制でき、ベースプレートでの渦電流を抑制できる。また、部品点数を増やさなくてもよいので製造コス

50

トを抑制でき、さらに、傾斜磁界の立ち上がり特性を向上できる。

【0012】

請求項4に記載するように、表層部の厚みを積層体の厚みの10%以上50%以下に設定することによって、磁極片の特に表面付近における渦電流をより効果的に抑制できるとともに、磁束が積層体を通過しやすくベースプレートにおける渦電流をさらに効果的に抑制できる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、この発明の実施形態について説明する。

【0014】

図1に、この発明の一実施形態のMRI用磁界発生装置10を示す。

MRI用磁界発生装置10は、開放型のMRI用磁界発生装置であり、空隙12を形成できるように対向配置される一对の板状継鉄14aおよび14bを含む。板状継鉄14aおよび14bのそれぞれの対向面側にはたとえばR-Fe-B系磁石等の永久磁石16aおよび16bが配置され、永久磁石16aおよび16bのそれぞれの対向面側には、磁極片18aおよび18bが固着される。磁極片18aおよび18bのそれぞれの空隙12側(対向面側)近傍には、画像信号に対して空隙12内の位置情報を与えるための傾斜磁界コイル20aおよび20bが配置される。傾斜磁界コイル20aおよび20bは、通常、空隙12内のX、Y、Zの3方向に対応する3組のコイル群からなるが、図示は簡略化する。傾斜磁界コイル20aおよび20bにパルス電流を通電することによって、台形波状に時間変化する所望方向の傾斜磁界が発生する。発生する傾斜磁界の強さ(傾斜度合い)は、通常、5mT/m以上20mT/m以下に設定されるが、高速撮像するためには10mT/m以上に設定されることが好ましい。傾斜磁界の強度が大きいほど渦電流は発生し易くなる。

【0015】

板状継鉄14aおよび14bは一枚の板状の支持継鉄22によって磁氣的に結合される。すなわち、支持継鉄22の上端面に板状継鉄14aの一端縁側下面が、支持継鉄22の下端面に板状継鉄14bの一端縁側上面にそれぞれ位置するように、支持継鉄22が板状継鉄14aおよび14bに接続される。したがって、板状継鉄14aおよび14bと支持継鉄22とはその接続部が略90度の角度を有し側面視コ字状になるように接続される。

【0016】

そして、板状継鉄14bと支持継鉄22との接続部内面側の両端にそれぞれ補強部材24が形成される。同様に、板状継鉄14aと支持継鉄22との接続部内面側の両端にそれぞれ補強部材24が形成される。したがって、この実施の形態では、合計4個の補強部材24が用いられ、板状継鉄14aと支持継鉄22とが、板状継鉄14bと支持継鉄22とがそれぞれより強く固定される。

また、板状継鉄14bの下面には、4つの脚部26が取り付けられる。

【0017】

図2を参照して、磁極片18bについて説明する。

磁極片18bは、純鉄や炭素鋼などのバルク材からなり磁性を有するベースプレート28を含む。ベースプレート28の対向面側には、磁極片18aおよび18b間で発生する磁界の均一化を図るために環状突起30が形成される。環状突起30は、断面矩形状の軟鉄からなる複数の環状突起片30aから構成される。各環状突起片30a間に直径方向の間隙32を形成することによって、環状突起30に発生する渦電流を低減できる。

【0018】

また、ベースプレート28の対向面側には、積層体34が設けられる。積層体34は、空隙12側から表層部34aおよび深層部34bを有する。この実施形態では、積層体34は、磁界分布の均一度向上を図るために中央部に凸状突起部を有する。

【0019】

図3をも参照して、表層部34aは複数の珪素鋼板ブロック36aを絶縁性接着剤によっ

10

20

30

40

50

て一体化して形成され、同様に、深層部 3 4 b は複数の珪素鋼板ブロック 3 6 b を絶縁性接着剤によって一体化して形成される。表層部 3 4 a を構成する珪素鋼板ブロック 3 6 a の大きさは、深層部 3 4 b を構成する珪素鋼板ブロック 3 6 b の大きさより小さく設定され、この実施形態では、珪素鋼板ブロック 3 6 a の典型的な大きさは、珪素鋼板ブロック 3 6 b を 4 分割した大きさとなる。

【0020】

珪素鋼板ブロック 3 6 a は複数の珪素鋼板 3 8 a を磁極片 1 8 a , 1 8 b の対向方向（空隙 1 2 における磁界発生方向）に積層して絶縁性接着剤によって一体化して形成され、同様に、珪素鋼板ブロック 3 6 b は複数の珪素鋼板 3 8 b を磁極片 1 8 a , 1 8 b の対向方向（空隙 1 2 における磁界発生方向）に積層して絶縁性接着剤によって一体化して形成される。珪素鋼板ブロック 3 6 a を構成する珪素鋼板 3 8 a の大きさは、珪素鋼板ブロック 3 6 b を構成する珪素鋼板 3 8 b の大きさより小さく設定され、この実施形態において典型的には、珪素鋼板 3 8 a の大きさは珪素鋼板 3 8 b を 4 分割した大きさとなり、珪素鋼板 3 8 a および 3 8 b は正方形に形成される。珪素鋼板 3 8 a は各辺略 5 0 m m 以下の角形状に形成されることが好ましい。珪素鋼板 3 8 a の大きさは珪素鋼板 3 8 b の大きさの 1 0 % 以上 5 0 % 以下に設定される。

10

【0021】

表層部 3 4 a の厚みは積層体 3 4 の厚みの 1 0 % 以上 5 0 % 以下に設定することが好ましく、この場合、磁極片 1 8 a , 1 8 b の特に表面付近における渦電流を効果的に抑制できる。また、磁束が積層体 3 4 を通過し易くベースプレート 2 8 における渦電流を効果的に抑制できる。たとえば、積層体 3 4 の厚みを 2 0 m m とすると表層部 3 4 a の厚みは 2 m m 以上 1 0 m m 以下に設定される。なお、珪素鋼板 3 8 a と 3 8 b との間に、珪素鋼板 3 8 a より大きく珪素鋼板 3 8 b より小さい面積を有する珪素鋼板を設けてもよい。磁極片 1 8 a についても磁極片 1 8 b と同様に構成される。

20

【0022】

M R I 用磁界発生装置 1 0 によれば、傾斜磁界コイル 2 0 a , 2 0 b に近い側の珪素鋼板すなわち表層部 3 4 a を構成する珪素鋼板 3 8 a の大きさを小さくすることによって、渦電流の電流路が細分化され、見かけ上の電気抵抗が増加し、磁極片 1 8 a , 1 8 b の空隙 1 2 側表面付近の渦電流が小さくなる。

一方、珪素鋼板 3 8 b は比較的大きいので磁束は深層部 3 4 b を通過しやすく、積層体 3 4 全体の透磁率を高く保つことができる。

30

【0023】

したがって、磁極片 1 8 b 側では図 4 (a) に示すように、傾斜磁界コイル 2 0 b による磁束はベースプレート 2 8 には流れず、あるいは流れたとしても少量にとどめることができる。磁極片 1 8 a 側においても同様に、傾斜磁界コイル 2 0 a による磁束はベースプレート 2 8 には流れず、あるいは流れたとしても少量にとどめることができる。

【0024】

一方、図 4 (b) に示すように、積層体 4 を構成する珪素鋼板を全体にわたって小さくすると、傾斜磁界コイルによって発生された磁束がベースプレート 2 にまで到達し易くなるので、ベースプレート 2 においてより大きな渦電流が発生する。

40

【0025】

上述のように、一部分の珪素鋼板のみを小さくすることによって、製造コストを増大させることなく、磁極片 1 8 a および 1 8 b における渦電流を低減でき、傾斜磁界の立ち上がりを速くでき、さらに、空隙 1 2 における磁界均一性の悪化を抑えることができる。

【0026】

特に、高速撮影と精細画像の取得とを目的として空隙に 0 . 2 5 T 以上の静磁界を発生させる M R I 用磁界発生装置では、傾斜磁界も大きくなる（たとえば、1 0 m T / m 以上になる）ので、傾斜磁界コイルを環状突起の内側でかつベースプレートに近接して配置すると、渦電流がより発生しやすくなる。しかし、この発明によれば、このように構成され強い傾斜磁界を発生させる M R I 用磁界発生装置であっても渦電流を抑制でき、効果的であ

50

る。

【0027】

また、製造・入手が容易な各辺略50mm以下の角形状の珪素鋼板38aを用いることによって、積層体34の表層部34aを容易に形成することができる。

【0028】

ついで、他の実施形態において、表層部34aと深層部34bとは別材料によって構成されてもよい。この場合、表層部34aを構成する材料の電気抵抗は深層部34bを構成する材料の電気抵抗より大きく設定され、かつ表層部34aおよび深層部34bの飽和磁化が1.0T以上に設定される。

【0029】

たとえば、図5に示す材料のうち、鉄粉と樹脂との焼結体等からなる磁性複合材（比抵抗 1×10^{-6} ・m、飽和磁化1.4T）を表層部34aに用いる場合には、珪素鋼板（比抵抗 5.6×10^{-7} ・m、飽和磁化1.97T）や純鉄（比抵抗 1×10^{-7} ・m、飽和磁化2.15T）を深層部34bに用いることができる。また、珪素鋼板を表層部34aに用いる場合には、純鉄を深層部34bに用いることができる。

【0030】

表層部34aおよび深層部34bにこのような材料を用い、表層部34aの電気抵抗を深層部34bの電気抵抗より大きく設定することによって、磁極片18aおよび18bの空隙12側表面付近の渦電流が小さくなる。

【0031】

また、表層部34aおよび深層部34bの飽和磁化を1.0T以上とし、表層部34aとして飽和磁化がソフトフェライトより大きい材料を用いることによって、積層体34全体の磁気飽和を防止することができる。したがって、傾斜磁界がベースプレート28に到達するのを抑制でき、ベースプレート28での渦電流を抑制できる。さらに、部品点数が増えないので製造コストを抑制でき、空隙12における磁界均一性の悪化を抑制できる。

【0032】

【発明の効果】

この発明によれば、MRI用磁界発生装置において全体として渦電流を低減できるとともに、製造コストを抑制でき、また、傾斜磁界の立ち上がり特性を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態を示す図解図であり、(a)は正面図、(b)は横断面図である。

【図2】この発明に用いられる磁極片の一例を示す図解図であり、(a)は断面図、(b)は平面図、(c)は要部拡大図解図である。

【図3】珪素鋼板ブロックの一例を示す斜視図である。

【図4】磁極片を通過する磁束を示す図解図であり、(a)は当該実施形態における磁束、(b)は従来技術における磁束を示す。

【図5】各種材料の比抵抗および飽和磁化を示すテーブルである。

【図6】従来の磁極片を示す図解図であり、(a)は断面図、(b)は平面図、(c)は要部拡大図解図である。

【符号の説明】

- 10 MRI用磁界発生装置
- 12 空隙
- 18a, 18b 磁極片
- 20a, 20b 傾斜磁界コイル
- 28 ベースプレート
- 34 積層体
- 34a 表層部
- 34b 深層部
- 36a, 36b 珪素鋼板ブロック

10

20

30

40

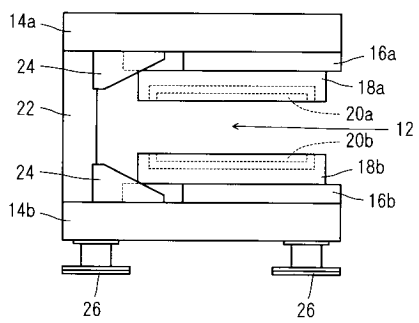
50

3 8 a , 3 8 b 珪素鋼板

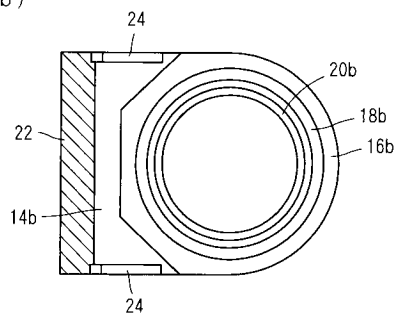
【 図 1 】

10

(a)



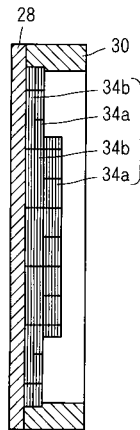
(b)



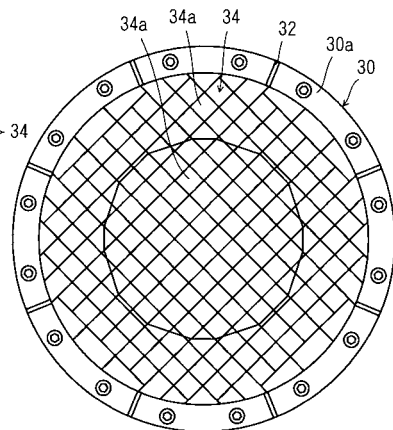
【 図 2 】

18b

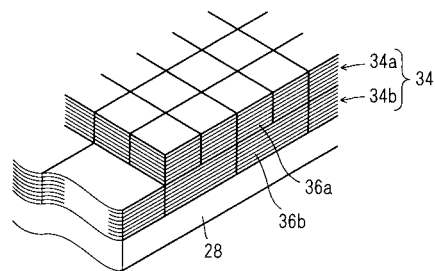
(a)



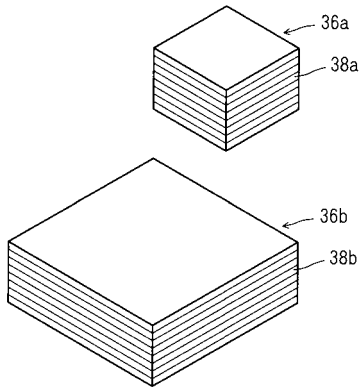
(b)



(c)

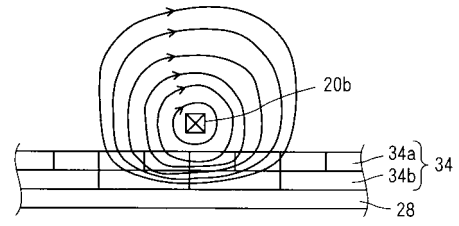


【 図 3 】

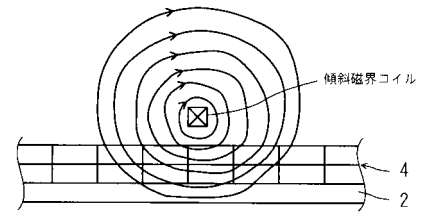


【 図 4 】

(a)



(b)



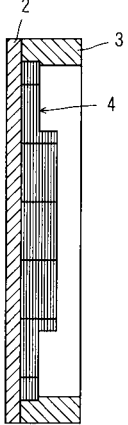
【 図 5 】

| 材料 | 比抵抗 ($\Omega \cdot m$) | 飽和磁化(T) |
|----------|--------------------------|---------|
| 珪素鋼板 | 5.6×10^{-7} | 1.97 |
| 純鉄 | 1×10^{-7} | 2.15 |
| 磁性複合材 | 1×10^{-6} | 1.4 |
| ソフトフェライト | 0.2 | 0.54 |

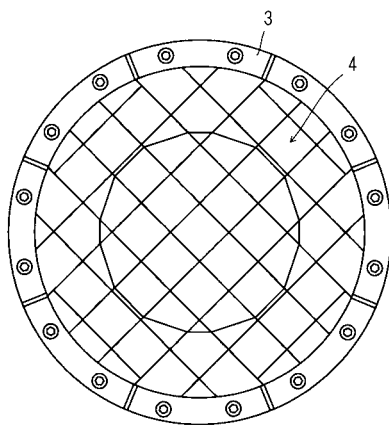
【 図 6 】

1

(a)



(b)



(c)

