

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4004038号
(P4004038)

(45) 発行日 平成19年11月7日(2007. 11. 7)

(24) 登録日 平成19年8月31日(2007. 8. 31)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 5/055 (2006. 01)

A 6 1 B 5/05 3 4 O

G O 1 R 33/385 (2006. 01)

G O 1 N 24/06 5 1 O Y

H O 1 F 5/00 (2006. 01)

H O 1 F 5/00 C

H O 1 F 5/06 (2006. 01)

H O 1 F 5/06 N

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-234324 (P2002-234324)

(22) 出願日 平成14年8月12日(2002. 8. 12)

(65) 公開番号 特開2004-73288 (P2004-73288A)

(43) 公開日 平成16年3月11日(2004. 3. 11)

審査請求日 平成17年7月22日(2005. 7. 22)

(73) 特許権者 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(74) 代理人 100109900

弁理士 堀口 浩

(72) 発明者 坂倉 良知

栃木県大田原市下石上字東山1385番の

1 株式会社東芝 那須工場内

審査官 右▲高▼ 孝幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コイル装置及び磁気共鳴イメージング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

螺旋状の巻線パターンを平面的に形成したコイルを、絶縁シートを介して複数層重ねたものに、樹脂を含浸させて成るコイル装置において、

前記巻線パターンに、このパターンを横切るように溝を形成したことを特徴とするコイル装置。

【請求項 2】

前記溝は、前記巻線パターンの少なくとも一方の面に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のコイル装置。

【請求項 3】

前記溝は、前記螺旋状の巻線パターンの外縁側と内縁側とを仮想的に結ぶように、直線状に形成されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 のいずれか 1 項に記載のコイル装置。

【請求項 4】

前記直線状に形成された溝は、前記螺旋状の巻線パターンに角度を変えて少なくとも 2 列形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載のコイル装置。

【請求項 5】

前記螺旋状の巻線パターンに直線状に形成された 2 列の溝は、前記巻線パターン上において平面的に略 V 字形を為していることを特徴とする請求項 4 に記載のコイル装置。

【請求項 6】

10

20

請求項 1 乃至 5 いずれか 1 項記載のコイル装置を用いた磁気共鳴イメージング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば磁気共鳴イメージング (magnetic resonance imaging: MRI) 装置の傾斜磁場コイル等として使用するのに好適なコイル装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

磁気共鳴イメージング装置は、静磁場中に置かれた被検体の原子核スピンを高周波信号で磁氣的に励起し、この励起に伴って発生する MR 信号に基づいて画像を再構成したり、スペクトルデータを得たりする装置であり、医療用の診断装置として多用されている。

この磁気共鳴イメージング装置では、超伝導コイルや常伝導コイルあるいは永久磁石などによって静磁場が形成される。そして、この静磁場を作るコイルや磁石の内側に傾斜磁場コイルが配置されている。傾斜磁場コイルは通常、 G_x コイル、 G_y コイル、 G_z コイルと呼ばれる 3 組のコイルで構成され、直交する x 軸、 y 軸、 z 軸の各方向で強度が線形に異なる傾斜磁場を作る。なお通常、被検体の体軸方向を z 軸方向とし、被検体の幅方向 (左右方向) を x 軸方向、被検体の厚さ方向 (前後方向) を y 軸方向としている。

傾斜磁場は、任意に撮影断面を決めたり、被検体からの RF 信号に位置信号を付加したりすることを目的として、静磁場に線形の傾斜をもたせるために設けられる。傾斜磁場コイルの性能としては、正確な位置情報を与えるための傾斜磁場の線形性が要求される。傾斜磁場コイルの形状は、静磁場の方向およびどの方向へ傾斜させるかにより異なるが、一般的には、 G_z コイルとしては一对のソレノイド型コイルが用いられ、 G_x コイル、 G_y コイルとしては夫々 4 枚のサドル型コイルの組が用いられる。

【0003】

このような傾斜磁場コイルの製造方法が、例えば特開 2000-82627 号公報に開示されている。

すなわち、サドル型コイルとしては、図 3 に示すように、厚みのある湾曲した治具 14 の表面に、同形状に予め曲げ加工された平板状の銅板 12 を固定し、これを例えば図示しない数値制御されるミリング加工機に取り付けて切削加工する。ミリング加工機では、所定の螺旋状コイル巻線の輪郭に沿って銅板 12 を切削することにより、螺旋状の巻線パターンを切り出す。この巻線パターンがコイル巻線 12A となる。その後銅板 12 を治具 14 とともにミリング加工機から取り外し、銅板 12 の内コイル巻線 12A を除く不要な金属部分 12B を取り除き、巻線パターンすなわちコイル巻線 12A のみを治具 14 上に残す。

次に、このコイル巻線 12A 上に接着剤を塗布した後、図 4 (a) に示すように、治具 14 上に絶縁シート 20 を被せて、コイル巻線 12A に絶縁シート 20 を接着させる。そしてコイル巻線 12A と絶縁シート 20 とが良く接着したら、絶縁シート 20 を治具 14 から剥がす。そうすると、コイル巻線 12A が治具 14 から離脱して、図 4 (b) に示すような、コイル巻線 12A の表面に絶縁シート 20 が接着されて一体となったサドル型コイルが形成される。図 4 (c) は、残った治具 14 を示している。なお、絶縁シート 20 の四隅には、対角線方向にかつコイル巻線 12A に重ならないように、すなわちコイル巻線 12A のパターンの間隙 (すなわち、巻線間の隙間) に合わせて小さい孔 22 が形成されているが、これは後述する樹脂を含浸するときのためのものである。

【0004】

このように形成されたサドル型コイルは、軸方向に 2 つ配列したものを周方向に対向配置することにより、4 つのサドル型コイルを組み合わせて夫々実際の G_x コイル、 G_y コイルを構成する。すなわち、これら G_x コイル、 G_y コイルは、円筒型のポビン上に周方向に 90 度ずれた向きに積層される。さらに、ソレノイド型のコイルである G_z コイルがその上に重ねられる (ただし、積層順序はこれに限ることはない)。これらは傾斜磁場コイルの主コイルを形成するが、さらにその上に、静磁場を補正するための磁性体を搭載する

構造体と、主コイルに対応するシールドコイルなどが配置され、最も外側に静磁場の均一性を補正するためのシムコイルが設けられてコイル構造体ができる。

その後このコイル構造体は、図示しない密封された樹脂含浸槽内に置かれ、全体を例えばエポキシ樹脂のような絶縁体を、コイル巻線の巻線間および主コイルとシールドコイルの間などに真空含浸することによって、コイル装置を完成させる。この場合、絶縁シート 20 にあけた小さい孔 22 を通して、コイル巻線 12A の巻線間に絶縁体が充填されていく。

【0005】

なお、上記のコイル構造体は、円筒状の超伝導コイルや常伝導コイルで静磁場を形成するタイプの磁気共鳴イメージング装置に用いられる傾斜磁場コイルの例であるが、磁気共鳴イメージング装置には、N 極用と S 極用の一対の平面状をした静磁場磁石（超伝導コイル、常伝導コイル、永久磁石などが適宜使用される）を対向配置して静磁場を形成するタイプの、いわゆるオープン型 MRI 装置も知られている。

このようなオープン型 MRI 装置に使われる傾斜磁場コイルは、円筒状ではなく平面状をしたものとなり、対向配置された一対の静磁場磁石と平行に夫々配置されることになる。従って、この場合の傾斜磁場コイルは、湾曲した治具 14 の表面に予め曲げ加工された平板状の銅板 12 を固定して作成する必要はなく、銅板 12 を平板状のままミリング加工機で切削加工して、平板状のコイル巻線 12A を形成すればよい。

図 5 はその一例として、平板状の銅板 12 を切削加工して形成したコイル巻線 12A を示したものであり、この例では、軸方向に 2 組の螺旋状のコイル巻線 12A を一体に切り出したものが示されている。そして、このような平板状のコイル巻線 12A を夫々 Gx コイル、Gy コイル、Gz コイル用として、小さい孔 22 を有する絶縁シート 20 を間に挟んで積層し、樹脂を含浸させて平面状のコイル構造体が形成される。よって、このコイル構造体を一対静磁場磁石と平行に配置することにより、傾斜磁場コイルとして使用される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、コイル構造体に絶縁体を真空含浸させる場合、上記のように、従来の絶縁シート 20 に小さい孔 22 をあけたものでは、絶縁体（例えばエポキシ樹脂）の通りが思わしくなく、コイル巻線 12A のパターン間に絶縁体が十分含浸されず、絶縁が不充分となるという問題があった。また、コイル巻線 12A の巻線間隔が狭いと、絶縁シート 20 にあける孔 22 もより小さくしなければならないので、真空含浸中、絶縁シート 20 の小さい孔 22 を通る樹脂の流れが悪くなり、コイル巻線 12A の巻線間に含浸される樹脂中或いは小さい孔 22 の部分に、真空状態のボイドができてしまい、このボイドが層間絶縁を劣化させ、時として絶縁破壊を生じさせる原因となっていた。

本発明は、このような問題を解決するためになされたものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上述の課題を解決するため、請求項 1 に記載の発明は、螺旋状の巻線パターンを平面的に形成したコイルを、絶縁シートを介して複数層重ねたものに、樹脂を含浸させて成るコイル装置において、前記巻線パターンに、このパターンを横切るように溝を形成したことを特徴とする。

また、請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載のコイル装置において、前記溝は、前記巻線パターンの少なくとも一方の面に形成されていることを特徴とし、請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または請求項 2 のいずれか 1 項に記載のコイル装置において、前記溝は、前記螺旋状の巻線パターンの外縁側と内縁側とを仮想的に結ぶように、直線状に形成されていることを特徴とする。

さらに、請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載のコイル装置において、前記直線状に形成された溝は、前記螺旋状の巻線パターンに角度を変えて少なくとも 2 列形成されていることを特徴とし、請求項 5 に記載の発明は、請求項 4 に記載のコイル装置において、前記螺旋状の巻線パターンに直線状に形成された 2 列の溝は、前記巻線パターン上におい

10

20

30

40

50

て平面的に略V字形を為していることを特徴とする。

さらに、請求項6に記載の発明は、請求項1乃至5いずれか1項記載のコイル装置を用いた磁気共鳴イメージング装置である。

これにより、コイル巻線に絶縁体を含浸させる際、溝が絶縁体の通路となって、この溝を通してコイル巻線の巻線間に絶縁体をスムーズに流すことができる。よって、絶縁体を確実に含浸させることができ、コイル巻線の巻線間に含浸される樹脂中に、真空状態のボイドができることもなく、コイル装置の絶縁性を極めて向上することができる。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るコイル装置の一実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する 10

。図1は、本発明に係るコイル装置における、コイル巻線の一実施の形態を示した平面図である。

この実施の形態におけるコイル巻線120Aは、例えば図5に示したものと同様に、平板状の銅板12を数値制御されるミリング加工機などによって、2組の巻線パターンを一体に切り出したものである。ただし、図5に示したものと異なる本発明としての大きな特徴は、螺旋状の巻線パターンを有するコイル巻線120Aの、外縁側120aoと内縁側120aiとを仮想的に結ぶように、直線状に溝120Bが形成されていることである。すなわち溝120Bは、コイル巻線120Aの各パターンを横切るように形成されている。この溝120Bは、銅板12に対してコイル巻線120Aを切り出す前に切削しておき、その後コイル巻線120Aの輪郭に沿ってパターンを切り出すのが良い。何故なら、コイル巻線120Aを切り出した後に溝120Bを切削すると、コイル巻線120Aを変形させるおそれがあるためである。このようにして溝120Bを切削し、コイル巻線120Aが切り出されると、溝120Bを避けてコイル巻線120A上に接着剤を塗布して、コイル巻線120A上に絶縁シートを接着させる。そしてコイル巻線120Aと絶縁シートとが良く接着したら、絶縁シートを銅板12から剥がすようにすることにより、絶縁シートを接着したコイル巻線120Aと銅板12の内不要になった金属部分とが分離される。このような分離の仕方は従来と同様である。 20

【0009】

なお、このコイル巻線120Aの外縁側120aoと内縁側120aiとを仮想的に結ぶように直線状に形成される溝120Bは、1組のコイル巻線120Aについて1本ないし4本程度で良く、好ましくは2本形成されれば良い。また、溝120Bは、コイル巻線120Aの一方の面に形成されていれば良いが、両方の面に形成されていても良い。 30

この溝120Bは、詳細は後述するが、コイル構造体にエポキシ樹脂のような絶縁体を真空含浸させる場合の、絶縁体の通り路となるものである。そのため、絶縁体の通路としては溝120Bの数が多いことが好ましいが、他方、コイル巻線120Aを磁気共鳴イメージング装置の傾斜磁場コイルとして使用する際には、数百アンペアの電流が流れるので、溝120Bが多いと許容電流容量を減じる結果となり、その分コイル巻線120Aの厚み（すなわち、銅板12の厚み）を厚くしなければならなくなる。

一例として1組のコイル巻線120Aに2本の溝120Bを形成するものとして、コイル巻線120Aの厚み（すなわち、銅板12の厚み）が約6mmある場合、溝120Bは深さ約1mm、幅約5mmに形成される。なお、コイル巻線120Aに形成された溝120Bを、隣接する2本について平面的に見ると、略V字型を為している。 40

【0010】

このように、溝120Bの形成されたコイル巻線120Aを、夫々Gxコイル、Gyコイル、Gzコイル用として平らな基板上に積層し、傾斜磁場コイルの主コイルを形成した場合、その断面構造の一例を示すと図2のようになる。

すなわち、図2において、FRP製の基板110上にGy用コイル120Yが置かれ、その上にGz用コイル120Zが置かれ、さらにその上にGx用コイル120Xが置かれるごとく順次これらが積層される。勿論各コイルには絶縁シート200が接着されていて、 50

各コイル１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚ間の絶縁が保たれている。この絶縁シート２００の厚みは例えば約０．６ｍｍである。

なお、図２には主コイルのみしか示されていないが、主コイルの上に静磁場を補正するための磁性体を搭載する構造体や主コイルに対応するシールドコイル、さらにシムコイルなども積層されて平面状のコイル構造体が出来上がる。また、このシールドコイルなども溝１２０Ｂの形成されたコイル巻線１２０Ａとする。

このようにして構成されたコイル構造体を、図示しない密封された樹脂含浸槽内にやや斜めにして置き、樹脂含浸槽の下方から絶縁体としての例えばエポキシ樹脂を注入しつつ樹脂含浸槽の上方から排気して、樹脂含浸槽内を真空状態に近づける。従って、エポキシ樹脂は、各コイル巻線１２０Ａに切削された溝１２０Ｂを通してコイル巻線１２０Ａの巻線間１２０Ｃに確実に含浸される。また、溝１２０Ｂにもエポキシ樹脂が充填されることは勿論であり、コイル構造体の内部にボイドを生じないように確実に絶縁体が含浸されるとともに、コイル構造体の周囲を絶縁体で固めたコイル装置が完成する。

10

【００１１】

なお、本発明を平面状のコイル構造体を作成する場合について説明したが、本発明は円筒状のコイル構造体は勿論、コイル構造体の形状に係わりなく適用されることは言うまでもない。

【００１２】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、各コイル巻線１２０Ａ自体に溝１２０Ｂを切削して形成したことにより、絶縁体を含浸させる際、溝１２０Ｂが絶縁体の通路となつて、この溝１２０Ｂを通してコイル巻線１２０Ａの巻線間１２０Ｃに絶縁体をスムーズに流すことができる。よって、絶縁体を確実に含浸させることができ、コイル巻線１２０Ａの巻線間１２０Ｃに含浸される樹脂中に、真空状態のボイドができることもなく、絶縁性を極めて向上することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明に係るコイル装置における、コイル巻線の一実施の形態を示した平面図である。

【図２】本発明に係るコイル装置の一部を断面で示した説明図である。

【図３】サドル型コイルの製造方法を説明するために示した説明図である。

30

【図４】サドル型コイルの従来の製造工程を説明するために示した説明図である。

【図５】平板状の銅板を切削加工して形成したコイル巻線の一例を示した平面図である。

【符号の説明】

１１０ 基板

１２０Ａ コイル巻線

１２０ａｉ コイル巻線の内縁側

１２０ａｏ コイル巻線の外縁側

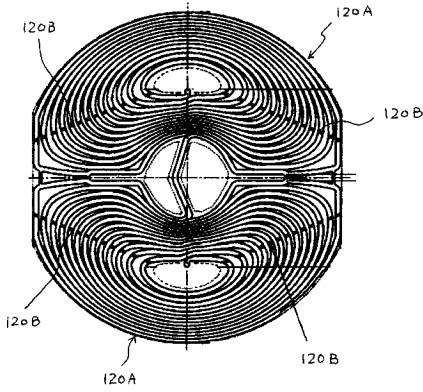
１２０Ｂ 溝

１２０Ｃ 巻線間

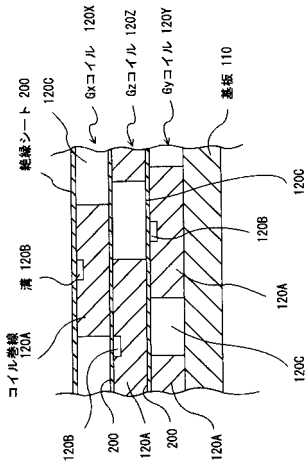
２００ 絶縁シート

40

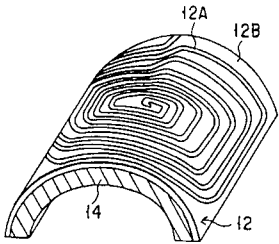
【 図 1 】



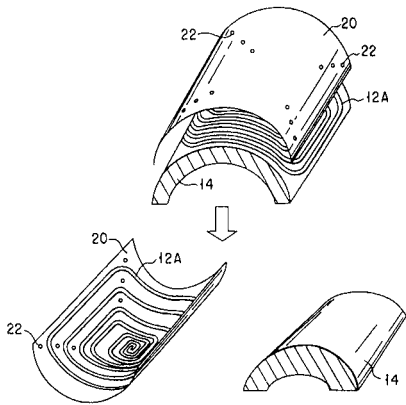
【 図 2 】



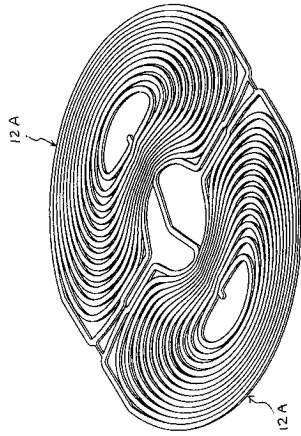
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-212107(JP,A)
特開平6-38942(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0079897(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 5/055