

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5072516号
(P5072516)

(45) 発行日 平成24年11月14日 (2012.11.14)

(24) 登録日 平成24年8月31日 (2012.8.31)

(51) Int.Cl.	F I
A 6 1 B 5/055 (2006.01)	A 6 1 B 5/05 3 4 0
G 0 1 R 33/385 (2006.01)	G 0 1 N 24/06 5 1 0 Y
H 0 1 F 5/00 (2006.01)	H 0 1 F 5/00 C

請求項の数 10 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2007-253093 (P2007-253093)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成19年9月28日 (2007.9.28)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2008-86766 (P2008-86766A)		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
(43) 公開日	平成20年4月17日 (2008.4.17)	(74) 代理人	100137545
審査請求日	平成22年9月22日 (2010.9.22)		弁理士 荒川 聡志
(31) 優先権主張番号	11/538,662	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成18年10月4日 (2006.10.4)		弁理士 小倉 博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	デレック・エイ・シーヴァー
			アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、フローレンス、ヴィンテージ・ドライブ、706番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MR I 画像のアーチファクトを低減させた傾斜コイル装置並びに傾斜コイルの製作方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気共鳴撮像システムの傾斜コイル (3 0 0 、 4 0 0) であって、
 第 1 の表面 (3 1 6 、 4 1 6) 及び第 2 の表面 (3 1 8 、 4 1 8) を有する銅からなる少なくとも 1 つの層 (3 0 2 、 4 0 2) と、
 前記銅層 (3 0 2 、 4 0 2) の第 1 の表面 (3 1 6 、 4 1 6) に付着させた第 1 の半導体層 (3 1 4 、 4 1 4) と、
 前記第 1 の半導体層 (3 1 4 、 4 1 4) に付着させた絶縁層 (4 0 4) と、
 を備える傾斜コイル (3 0 0 、 4 0 0) 。

【請求項 2】

前記銅 (3 0 2 、 4 0 2) は、シート、中実丸形導体、中空導体またはワイヤのうちの 1 つとして形成されている、請求項 1 に記載の傾斜コイル (3 0 0 、 4 0 0) 。

【請求項 3】

さらに、前記銅 (3 0 2) の第 2 の表面 (3 1 8) に付着させた第 2 の半導体層 (3 1 2) を備える請求項 1 に記載の傾斜コイル (3 0 0 、 4 0 0) 。

【請求項 4】

さらに、前記第 2 の半導体層 (3 1 2) に付着させた積層物層 (3 0 6) を備える請求項 3 に記載の傾斜コイル (3 0 0 、 4 0 0) 。

【請求項 5】

前記絶縁層 (4 0 4) はエポキシ樹脂である、請求項 1 に記載の傾斜コイル (3 0 0 、 4

10

20

00)。

【請求項6】

磁気共鳴撮像システムの傾斜コイル(300、400)を製作する方法であって、銅層(302、402)の第1の表面(316、416)に第1の半導体層(314、414)を付着させる工程(210)と、前記銅層(302、402)の第2の表面(318、418)に第2の半導体層(312)を付着させる工程(212)と、前記第2の半導体層(312)に積層物層(306)を付着させる工程(214)と、前記第1の半導体層(314、414)に絶縁層(404)を付着させる工程(216)と、を含む方法。

10

【請求項7】

銅層(302、402)の第1の表面(316、416)に第1の半導体層(314、414)を付着させる前記工程は、銅層(302、402)の第1の表面(316、416)に第1の半導体層(314、414)を積層させる工程を含む、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

銅層(302、402)の第2の表面(318、418)に第2の半導体層(312)を付着させる前記工程は、銅層(302、402)の第2の表面(318、418)に第2の半導体層(312)を積層させる工程を含む、請求項6に記載の方法。

20

【請求項9】

第2の半導体層(312)に積層物層(306)を付着させる前記工程は、第2の半導体層(312)に積層物層(306)を積層させる工程を含む、請求項6に記載の方法。

【請求項10】

第1の半導体層(314、414)に絶縁層(404)を付着させる前記工程は、絶縁層(404)を真空圧含浸する工程を含む、請求項6に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、全般的には磁気共鳴撮像(MRI)システムに関し、また詳細には、MRI画像のアーチファクトを低減させた傾斜コイル並びにこうした傾斜コイルの製作方法に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気共鳴撮像(MRI)は、X線やその他の電離放射線を用いずに人体の内部の像を作成することが可能な医用撮像様式の1つである。MRIは強力なマグネットを用いて強力に均一な静磁場(すなわち、「主磁場」)を発生させている。人体(あるいは、人体の一部)が主磁場内に置かれると、組織の水の水素原子核に関連する核スピンの偏向を受ける。このことは、これらのスピンに関連する磁気モーメントが主磁場の方向に特異的に整列することになり、これによって当該軸(慣例では、「z軸」)の方向に小さな正味の組織磁化が得られることを意味する。MRIシステムはさらに、電流を加えたときにより振幅が小さく空間変動する磁場を発生させる傾斜コイルと呼ばれる構成要素をさらに備える。典型的には傾斜コイルは、z軸に沿って整列すると共に、x軸、y軸またはz軸のうちの1つの方向で位置に応じて振幅が直線的に変動するような磁場成分を発生させるように設計されている。傾斜コイルの効果は単一の軸に沿って、その磁場強度に対してまた同時に核スピンの共鳴周波数に対してわずかな傾斜を生成させることにある。その軸が直交した3つの傾斜コイルを使用すれば、身体内の各箇所においてシグナチャ(signature)共鳴周波数を生成することによってMR信号が「空間エンコード」される。水素原子核の共鳴周波数、あるいはその近傍の周波数にあるRFエネルギーのパルスが発生させ

40

50

るためには無線周波数（ＲＦ）コイルが使用される。ＲＦコイルを使用すると核スピン系に対して制御された方式でエネルギーが追加される。次いで核スピンの静止エネルギー状態まで緩和して戻ると、ＲＦ信号の形でエネルギーが放たれる。この信号はＭＲＩシステムによって検出されて、コンピュータ及び周知の再構成アルゴリズムを用いて画像になるように変換される。

【０００３】

ＭＲＩシステム内に使用されている各傾斜コイルやＭＲＩシステム内のその他の素子は、導電性銅シートまたはボード及び絶縁層（例えば、エポキシ樹脂）を含む複数の層からなることがある。図１は傾斜コイル向けの例示的な従来技術の積層物スタックである。傾斜コイルスタック１００は、銅シートまたはボード１０２と、銅１０２のための裏当てとして使用される積層物１０６（例えば、ガラス繊維サブストレート）と、エポキシ樹脂１０４などの絶縁コーティングと、を含む。銅シート１０２には、パターンまたはトレース（例えば、「指紋」パターン）をエッチングすることがある。傾斜コイル１００の製造または製作の間には、積層化（*laminat ion*）や真空圧含浸（*vacuum pressure impregnation: VPI*）などの様々な処理が用いられることがある。例えばある製作処理では、銅シート１０２を直接に積層物１０６に積層させている。次いでボード全体をＶＰＩ処理を用いてエポキシ樹脂１０４に含浸させることがある。例えば、樹脂１０４を傾斜コイルの形状を形成させるためのモールド内に（モールドは真空下においた状態で）射出させることがある。

【０００４】

傾斜コイルの製作中に、樹脂１０４内あるいは積層物１０６内において銅１０２と樹脂１０４の間の界面１２０、銅１０２と積層物１０６の間の界面１２２に空隙が形成されることがある。例えば図１では、銅１０２と樹脂１０４の間の界面位置の樹脂１０４内に空隙１０８を表している。傾斜コイル内に起こり得る空隙形成源は幾つかある。空隙形成源の１つは、銅１０２とエポキシ樹脂１０４の間、あるいは銅１０２と積層物１０６の間における結合不良／結合強度低下である。例えば典型的には、エポキシ樹脂は無機金属に対して良好に結合しない。別の空隙形成源は、エポキシ樹脂１０４の真空圧含浸に使用されるモールド内のリークである。モールド内にリークがあると、ＶＰＩエポキシ樹脂内部にバブルが形成されることがある。さらに、銅１０２と積層物１０６のプレスの間における被覆不完全（例えば、脱積層化）が起こり得る別の空隙源である。

【０００５】

傾斜コイル内に形成される空隙（例えば、図１に示す空隙１０８）があると部分放電を生じやすくなる。空隙内に電場が誘導されると共に、部分放電開始電圧（*PDI V*）において空隙を横断する電位差は空隙をブリッジさせるような小さなスパーク（すなわち、部分放電）を生じさせる。このスパークすなわち部分放電は、無線周波数（ＲＦ）ノイズバーストを放出させる。ＭＲＩシステムは、ＭＲＩシステムが作成するＭＲＩ画像内にアーチファクトを生じさせるようなこのＲＦノイズバーストを検出することが可能である。例えば、傾斜コイル内に部分放電があると、*k*空間内に「白画素（*white pixel*）」と呼ぶ影響が出ることがある。この「白画素」は再構成したＭＲ画像内にアーチファクトを生じさせ、これによって望ましくない画像となり解釈が困難となる。

【特許文献１】米国特許第６３１１３８９号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

したがって、空隙の数を減少させると共に、傾斜コイル内に形成された空隙内の部分放電を低減または排除するような傾斜コイル並びにこうした傾斜コイルの製作方法に対する要求が存在する。さらに、銅の絶縁層に対する結合並びに銅のガラス繊維サブストレートに対する結合を向上させているような傾斜コイル並びにこうした傾斜コイルの製作方法を提供できることが望ましい。さらに、空隙を横断する電位差を等しくすることによってＭＲＩシステム内での空隙を横断する磁場形成を排除する方法を提供できると有利である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

一実施形態では、磁気共鳴撮像システム向けの傾斜コイルは、第1の表面及び第2の表面を有する銅シートからなる少なくとも1つの層と、この銅シートの第1の表面に付着させた第1の半導体層と、この第1の半導体層に付着させた絶縁層と、を含む。

【0008】

別の実施形態は、磁気共鳴撮像システム向けの傾斜コイルを製作する方法であって該方法は、銅シートの第1の表面に第1の半導体層を付着させる工程と、銅シートの第2の表面に第2の半導体層を付着させる工程と、第2の半導体層にガラス繊維サブストレート層を付着させる工程と、第1の半導体層に絶縁層を付着させる工程と、を含む。

10

【0009】

別の実施形態では、磁気共鳴撮像システムは、少なくとも1つの銅表面と、該少なくとも1つの銅表面に付着させた少なくとも1つの半導体層と、該少なくとも1つの半導体層に付着させた絶縁層と、を含む。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明は、添付の図面に関連して取り上げた以下の詳細な説明によりさらに完全に理解できよう。

【0011】

図2は一実施形態による傾斜コイルの製作方法を表している。ブロック202では、製作過程が開始される。ブロック204では、銅シートまたはボードが機械加工される。機械加工の間に、銅シートはパターンまたはトレース（例えば、「指紋」トレース）を含むようにエッチングを受けることがある。ブロック206では、銅の表面を凸凹にし接着を促進するために銅をヤスリ掛けすることがある。ブロック208では、例えばグリズや塵埃を除去するために銅を清浄させることがある。ブロック210では、銅シートまたはボードの第1の表面に半導体材料の第1の層を付着させる。例えば、銅シートの上面に半導体を付着させることがある。代替的实施形態ではその銅は、中実丸形銅導体、中空導体またはワイヤ（複数のこともある）の形態とすることがある。こうした実施形態では、その半導体材料はコーティングとしてあるいは銅導体の周りを取り囲むテープとして付着させることがある。ブロック212では、銅シートまたはボードの第2の表面に半導体材料の層を付着させる。例えばその半導体を銅シートの底面に付着させることがある。この半導体は例えば、導電性エポキシブラックやその他の半導体材料とすることがある。別法として、半導体の代わりに導電性エポキシ、金属充填樹脂（例えば、金属充填ポリマー樹脂）あるいはその他の不良導体材料を用いることがある。一実施形態では、銅シートの第1及び第2の表面に半導体を積層させることがある。半導体層を付着するには、当技術分野で一般に知られている積層化方法を使用することができる。別法として、例えば巻き付けテープ（溶液コーティングによる）として、あるいは粘着テープとして半導体が付着されることがある。

20

30

【0012】

ブロック214では、半導体層に対して（例えば、銅シートの底面に付着させた半導体層に対して）積層物裏当てを積層させる。この積層物と半導体層は、第1の積層物表面（例えば、積層物の上面）において結合させる。この積層物は例えば、FR4ガラス繊維サブストレート、プラスチック、Teflon、その他とすることがある。別の実施形態では、第2の積層物表面（例えば、積層物の底面）に対して第3の半導体層を付着させる（例えば、積層させる）ことがある。積層物を付着するには、当技術分野で一般に知られている積層化方法を使用することができる。

40

【0013】

図3は、一実施形態による傾斜コイル積層物スタックのブロック概要図である。図3では、第1の半導体層314は銅シート302の第1の表面316に付着させており、また第2の半導体層312は銅シート302の第2の表面318に付着させている。積層物3

50

06 (例えば、ガラス繊維サブストレート)は、例えば第2の半導体層312の第1の積層物表面326に積層させている。第1及び第2の半導体層312、314はエポキシドーピングまたは有機性コーティングとし、傾斜コイル積層物ボード300を封入するために使用されるエポキシ樹脂に対して良好に結合するようにすることが好ましい(これについては以下でさらに記載することにする)。結合が改善されることによって空隙の形成が防止される。さらに、銅表面と半導体の間に形成される空隙はすべて半導体層の内部に包含されることになる。別の実施形態では、第2の積層物表面328に対して第3の半導体層(図示せず)を付着させる(例えば、積層させる)ことがある。第3の半導体層(図示せず)は銅302と電氣的に結合させている、例えば第3の半導体層をその端部位置で巻き付けて銅に対して結合させることがある。半導体と積層物の間または積層物内に形成された空隙は半導体により封入される。

10

【0014】

上で検討したように代替的实施形態では、その銅導体302を中実丸形銅導体、中空導体、またはワイヤ(複数のこともある)とすることがある。半導体層はコーティングとして、あるいは銅導体の周りに巻き付けた半導体テープとして付着させることがある。さらに、半導体材料の代わりに導電性エポキシまたは金属充填樹脂を用いることがある。

【0015】

図2に戻り工程216では、傾斜コイル積層物スタックに対して絶縁層(例えば、エポキシ樹脂)を付着させる。一実施形態ではそのエポキシ樹脂は真空圧含浸(VPI)を用いて付着させることがある。エポキシ樹脂を付着させるには当技術分野で一般に知られているVPI方法を使用することがある。代替的实施形態ではそのエポキシ樹脂は、樹脂注入成形、樹脂トランスファ成形、真空支援式樹脂トランスファ成形または積層化を用いて付着させることがある。エポキシ樹脂を含んだ積層物スタックを図4に表している。

20

【0016】

図4は、一実施形態による空隙を含んだ傾斜コイル積層物スタックのブロック概要図である。言及したように、半導体層414は、エポキシ樹脂404やその他の絶縁層の(例えば、VPIによる)付着前に銅402の第1の表面416に付着させている。半導体層414は銅402と樹脂404の間に配置させている。図2に関連して上で検討したように、銅402の第2の表面418に第2の半導体層(図示せず)を付着させることがある。製作中(例えば、積層過程中)に銅402と半導体414の間に形成された空隙(例えば、空隙408)はすべて半導体層414の内部に包含されている。半導体414は空隙408を封入していると共に、等電位表面の役割をする。半導体の導電率が小さいために半導体414により、空隙が同じ電位に保持されることになる(すなわち、この半導体は銅402と半導体414の間の任意の空隙(例えば、空隙408)の周りの電位を等しくする)。したがって、空隙408を横断して電場が形成されず、これにより空隙408内での部分放電の発生が防止される。銅シートの表面(複数のこともある)に半導体層(複数のこともある)を付着させることによって、銅と半導体の間に形成される空隙が等電位の体積内に封入され、これにより空隙を横断する電位差が排除または低減されると共に、部分放電形成が防止される。さらに、例えばガラス繊維サブストレートなどの積層物(図示せず)の表面(複数のこともある)に半導体層(複数のこともある)を付着させること

30

40

【0017】

別の実施形態では、部分放電形成を低減または防止するようにエポキシ樹脂などの材料で絶縁させたMRIシステムの別の銅表面に半導体層(複数のこともある)を付着させることがある。一方部分放電が低減または排除されると、MRI画像内のアーチファクト生成が防止されることになる。

【0018】

この記載では、本発明(最適の形態を含む)を開示するため、並びに当業者による本発

50

明の製作及び使用を可能にするために例を使用している。本発明の特許性のある範囲は添付の特許請求の範囲によって規定していると共に、当業者により行われる別の例を含むことができる。こうした別の例は、特許請求の範囲の文字表記と異なる構造要素を有する場合や、特許請求の範囲の文字表記とほとんど差がない等価的な構造要素を有する場合があるが、特許請求の範囲の域内にあるように意図したものである。任意の処理法や方法の各工程の順序及びシーケンスは、代替的な実施形態に応じて変更されるまたはシーケンス構成し直されることがある。

【 0 0 1 9 】

本発明に対してその精神を逸脱することなく別の多くの変更形態や修正形態が実施されることがある。こうした趣旨及び別の変更形態は添付の特許請求の範囲から明らかとなる。また、図面の符号に対応する特許請求の範囲中の符号は、単に本願発明の理解をより容易にするために用いられているものであり、本願発明の範囲を狭める意図で用いられたものではない。そして、本願の特許請求の範囲に記載した事項は、明細書に組み込まれ、明細書の記載事項の一部となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】 傾斜コイル向けの例示的な従来技術積層物スタックの図である。

【図 2】 一実施形態による傾斜コイルの製作方法を表した図である。

【図 3】 一実施形態による傾斜コイル積層物スタックのブロック概要図である。

【図 4】 一実施形態による空隙を含んだ傾斜コイル積層物スタックのブロック概要図である。

【符号の説明】

【 0 0 2 1 】

- 1 0 0 傾斜コイルスタック
- 1 0 2 銅シート / ボード
- 1 0 4 エポキシ樹脂
- 1 0 6 積層物
- 1 0 8 空隙
- 1 2 0 銅と樹脂の間の界面
- 1 2 2 銅と積層物の間の界面
- 2 0 2 製作過程の開始
- 2 0 4 銅を機械加工する
- 2 0 6 銅をヤスリ掛けする
- 2 0 8 銅を清浄する
- 2 1 0 銅の第 1 の表面に半導体を付着させる
- 2 1 2 銅の第 2 の表面に半導体を付着させる
- 2 1 4 半導体層に積層物を付着させる
- 2 1 6 エポキシ樹脂を付着する
- 3 0 0 傾斜コイル積層物ボード
- 3 0 2 銅シート
- 3 0 6 積層物
- 3 1 2 第 2 の半導体層
- 3 1 4 第 1 の半導体層
- 3 1 6 第 1 の表面
- 3 1 8 第 2 の表面
- 3 2 6 第 1 の積層物表面
- 3 2 8 第 2 の積層物表面
- 4 0 0 傾斜コイル積層物スタック
- 4 0 2 銅
- 4 0 4 エポキシ樹脂

10

20

30

40

50

- 4 0 8 空隙
- 4 1 4 半 導 体 層
- 4 1 6 第 1 の 表 面
- 4 1 8 第 2 の 表 面

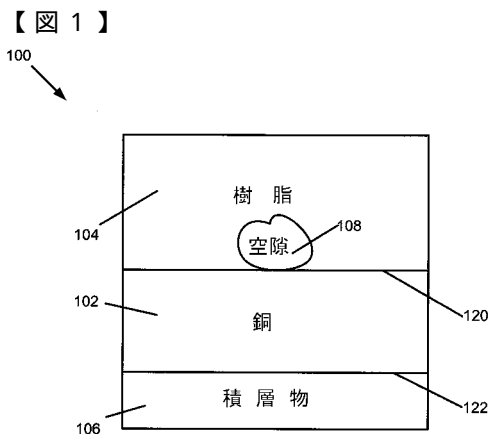


FIG. 1
従来技術

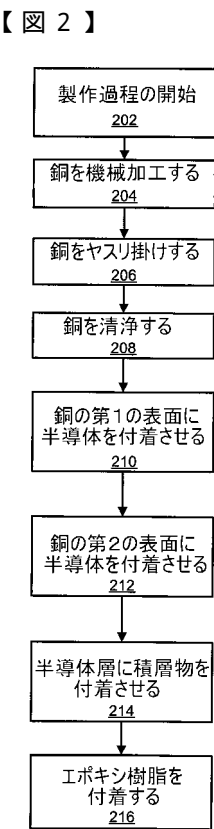


FIG. 2

【図 3】

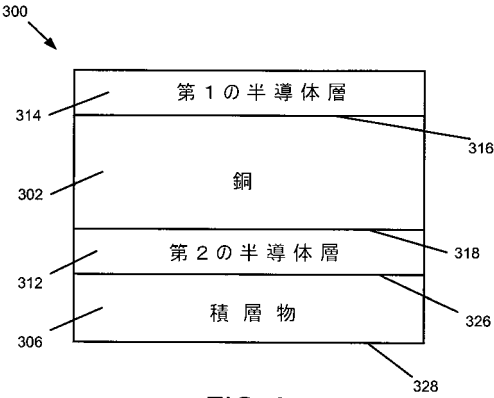


FIG. 3

【図 4】

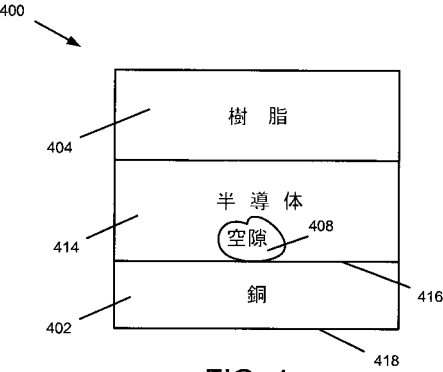


FIG. 4

フロントページの続き

(72)発明者 ウェイジュン・イン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、アントニア・ドライブ、2489番

審査官 伊藤 幸仙

(56)参考文献 特開2004-73288(JP,A)

特開2007-312959(JP,A)

特開平2-67752(JP,A)

D.A.Seeber et al., "Semiconductive Coated Transverse Gradient Board Increases Partial Discharge Inception Voltage", Proc.Intl.Soc.Mag.Reson.Med.15, 2007年 5月, #927

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/055

H01F 5/00