



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101158714 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 08

(21) 申请号 200710162231. 2

CN 1179543 A, 1998. 04. 22, 全文.

(22) 申请日 2007. 10. 08

US 5349744 A, 1994. 09. 27, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 耿中泽

11/538662 2006. 10. 04 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 D·A·西伯 尹卫军

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 张雪梅 陈景峻

(51) Int. Cl.

G01R 33/20(2006. 01)

G01R 33/385(2006. 01)

(56) 对比文件

US 20050032353 A1, 2005. 02. 10, 全文.

CN 1637428 A, 2005. 07. 13, 全文.

US 6311389 B1, 2001. 11. 06, 全文.

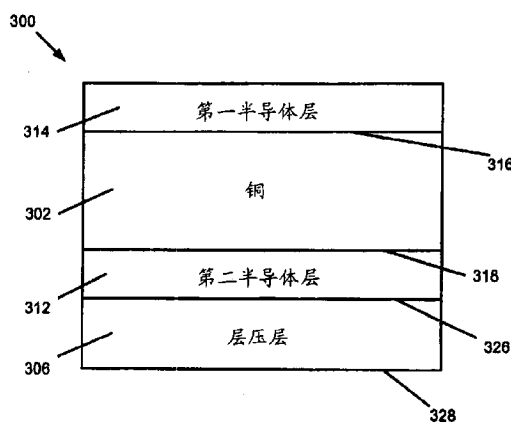
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

减少 MRI 图像内伪影的梯度线圈和梯度线圈的制造方法

(57) 摘要

磁共振成像系统的梯度线圈 (300) 或其它元件包括:至少一个由具有第一表面 (316, 416) 和第二表面 (318) 的铜构成的层 (302, 402)。第一半导体层 (314) 施加到铜 (302) 的第一表面 (316) 上, 并且绝缘层施加到第一半导体层 (314) 上。在一个实施例中, 第二半导体层 (312) 施加到铜 (302) 的第二表面 (318) 上。第一和第二半导体层 (314, 312) 包覆在铜 (302) 和半导体层 (314, 312) 之间形成的任何空隙, 使空隙周围的电势相等, 从而防止局部放电的形成。



1. 一种用于磁共振成像系统的梯度线圈 (300,400),该梯度线圈 (300,400) 包括 :  
至少一个由具有第一表面 (316,416) 和第二表面 (318,418) 的铜构成的层 (302,402) ;  
施加到铜层 (302,402) 的第一表面 (316,416) 的第一半导体层 (314,414) ;和  
施加到第一半导体层 (314,414) 的绝缘层 (404)。
2. 根据权利要求 1 所述的梯度线圈 (300,400),其中铜 (302,402) 形成为片、实心圆形导体、中空导体或导线中的一种。
3. 根据权利要求 1 所述梯度线圈 (300,400),还包括 :  
施加到铜 (302) 的第二表面 (318) 的第二半导体层 (312)。
4. 根据权利要求 3 所述的梯度线圈 (300,400),还包括 :  
施加到第二半导体层 (312) 的层压层 (306)。
5. 根据权利要求 1 所述的梯度线圈 (300,400),其中绝缘层 (404) 是环氧树脂。
6. 一种制造用于磁共振成像系统的梯度线圈的方法,该方法包括 :  
将第一半导体层 (314,414) 施加 (210) 到铜层 (302,402) 的第一表面 (316,416) ;  
将第二半导体层 (312) 施加 (212) 到铜层 (302,402) 的第二表面 (318,418) ;  
将层压层 (306) 施加 (214) 到第二半导体层 (312) ;和  
将绝缘层 (404) 施加 (216) 到第一半导体层 (314,414)。
7. 根据权利要求 6 所述的方法,其中将第一半导体层 (314,414) 施加到铜层 (302,402) 的第一表面 (316,416) 包括将第一半导体层 (314,414) 层压到铜层 (302,402) 的第一表面 (316,416)。
8. 根据权利要求 6 所述的方法,其中将第二半导体层 (312) 施加到铜层 (302,402) 的第二表面 (318,418) 包括将第二半导体层 (312) 层压到铜层 (302,402) 的第二表面 (318,418)。
9. 根据权利要求 6 所述的方法,其中将层压层 (306) 施加到第二半导体层 (312) 包括将层压层 (306) 层压到第二半导体层 (312)。
10. 根据权利要求 6 所述的方法,其中将绝缘层 (404) 施加到第一半导体层 (314,414) 包括真空压力浸渍所述绝缘层 (404)。

## 减少 MRI 图像内伪影的梯度线圈和梯度线圈的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明一般涉及磁共振成像 (MRI) 系统,尤其涉及减少 MRI 图像内伪影的梯度线圈和梯度线圈的制造方法。

### 背景技术

[0002] 磁共振成像 (MRI) 是一种能够在不采用 X 线或其它离子化射线的情况下形成人体内部图像的医疗成像模式。MRI 采用强大的磁体形成均匀、静态的强磁场 (即,“主磁场”)。当人体或部分人体放置到主磁场内时,与组织液内氢核相关的核自旋变得极化。这意味着与这些自旋相关的磁力距变得优选沿主磁场方向排列,导致沿该轴线 (按惯例为“z 轴”) 形成小的网状组织磁化。MRI 系统还包括被称为梯度线圈的部件,当向它们施加电流时,其产生较小幅度的空间变化磁场。典型地,梯度线圈设计成产生沿 z 轴对准的磁场分量,而且其幅度沿 x、y 或 z 轴中的一个随位置线性变化。梯度线圈的作用是沿单轴形成磁场强度的小斜坡,伴随着在核自旋的共振频率上形成小斜坡。轴相互垂直的三个梯度线圈用于,通过在体内每个位置处形成信号共振频率而对 MR 信号进行“空间编码”。射频 (RF) 线圈用于在氢核共振频率处或附近形成 RF 能量脉冲。RF 线圈用于以受控方式向核自旋系统添加能量。当核自旋随后弛豫回其静止能量状态时,它们以 RF 信号形式放出能量。该信号由 MRI 系统检测并利用计算机和已知的重建算法转换成图像。

[0003] MRI 系统内采用的每个梯度线圈,或 MRI 系统内的其它元件,可由包括导电铜片或板和绝缘层 (例如,环氧树脂) 的多个层组成。图 1 是示范性现有技术的梯度线圈层压叠层。梯度线圈叠层 100 包括铜片或板 102,用作铜 102 的背衬的层压层 106 (例如,玻璃纤维基板),和绝缘涂层,如环氧树脂 104。铜片 102 可蚀刻有图案或轨迹 (例如,“指纹图案”)。可在梯度线圈 100 的生产或制造期间采用各种工艺,如层压或真空压力浸渍 (VPI)。例如,在一个制造工艺中,铜片 102 直接层压到层压层 106 上。而后可采用 VPI 处理使整个板浸透环氧树脂 104。

[0004] 例如,树脂 104 可以注入形成梯度线圈形状的模具 (这期间模具处于真空环境下) 中。

[0005] 在梯度线圈制造期间,可能在铜 102 和树脂 104 之间的界面 120 处、铜 102 和层压层 106 之间的界面 122 处、在树脂 104 内,或者是在层压层 106 内形成空隙。例如,在图 1 中示出空隙 108 在树脂 104 内,位于铜 102 和树脂 104 之间的界面处。在梯度线圈中空隙形成的原因有几种。空隙形成的一个原因是铜 102 和环氧树脂 104 之间或者铜 102 和层压层 106 之间的不良结合 / 结合强度。例如,环氧树脂 104 通常不会良好地结合到无机金属上。空隙形成的另一个原因是用于环氧树脂 104 的真空压力浸渍的模具中的泄漏。模具中的泄漏可能在 VPI 环氧树脂内形成气泡。此外,在铜 102 和层压层 106 挤压期间的不完全覆盖是形成空隙的另一个可能的原因。

[0006] 在梯度线圈中形成的任何空隙,例如图 1 中所示的空隙 108,易于产生局部放电。在空隙内并在局部放电开始电压 (PDIV) 下形成电场,跨越空隙的电压差导致小的火花 (或

局部放电)以桥接空隙。火花或局部放电导致发射射频(RF)噪声脉冲(burst)。MRI系统可检测RF噪声脉冲,这种RF噪声脉冲将导致由MRI系统生成的MRI图像中的伪影。例如,梯度线圈内的局部放电可在k-空间内造成称为“白像素”的影响。“白像素”在重建的MR图像中产生伪影,使图像变得不理想和难于读懂。因此,需要一种梯度线圈和制造梯度线圈的方法,其减少空隙的数量并且减少或消除在梯度线圈内形成的空隙内的局部放电。此外,需要提供一种梯度线圈和制造梯度线圈的方法,其改进铜与绝缘层的结合以及铜与玻璃纤维基板的结合。还有利的是,提供一种通过平衡跨过空隙的电势差来消除MRI系统内跨过空隙生成的电场。

### 发明内容

[0007] 根据一个实施例,用于磁共振成像系统的梯度线圈包括至少一个由具有第一表面和第二表面的铜片组成的层,施加到铜片第一表面的第一半导体层,和施加到第一半导体层的绝缘层。根据另一实施例,一种磁共振成像系统的梯度线圈的制造方法,该方法包括将第一半导体层施加到铜片的第一表面,将第二半导体层施加到铜片的第二表面,将玻璃纤维基板层施加到第二半导体层,和将绝缘层施加于第一半导体层。

[0008] 根据另一实施例,磁共振成像系统包括至少一个铜表面,施加到该至少一个铜表面的至少一个半导体层和施加到该至少一个半导体层的绝缘层。

### 附图说明

[0009] 本发明将从下面结合附图的详细描述得到更完全的理解,附图中:

[0010] 图1是示范性现有技术的梯度线圈层压叠层。

[0011] 图2示出根据一实施例的梯度线圈的制造方法。

[0012] 图3是根据一实施例的梯度线圈层压叠层的示意性框图。

[0013] 图4是根据一实施例的包括空隙的梯度线圈层压叠层的示意性框图。

### 具体实施方式

[0014] 图2示出根据一实施例的梯度线圈制造方法。在方框202,制造过程开始。在方框204,对铜片或板进行机械加工。在机械加工期间,铜片可蚀刻成包含图案或轨迹,例如,“指纹”轨迹。在方框206,可对铜进行打磨以使铜表面变糙,从而促进附着。在方框208,清洗铜以去除,例如,油脂和灰尘。在方框210,将第一层半导体材料施加到铜片或板的第一表面。例如,该半导体可以施加到铜片的顶表面。在可选择实施例中,铜的形式可以是实心圆铜导体、中空导体,或导线。在这类实施例中,可以以涂层或缠绕铜导体的带的形式施加半导体材料。在方框212,半导体材料层施加到铜片或板的第二表面。例如,半导体可以施加到铜片的底表面。所述半导体可以是,例如,导电环氧黑色(epoxy black)或者其它半导体材料。或者,导电环氧树脂、金属填充树脂(例如,金属填充的聚合树脂),或者可采用为不良导体的其它材料代替该半导体。在一个实施例中,半导体可以层压到铜片的第一和第二表面上。可采用在本领域中通常公知的层压方法来施加半导体层。可选择地,半导体可以通过溶液涂覆以缠绕带的形式,或者以粘性带的形式施加。

[0015] 在方框214,将层压背衬层压到半导体层上,例如层压到施加于铜片底表面的半导

体层上。层压层和半导体层在第一层压表面处，例如层压层的顶表面处结合。层压层可以是，例如，FR4 玻璃纤维基板、塑料、特氟隆等。在另一实施例中，第三半导体层可以施加（例如层压）到第二层压层表面，例如层压层的底表面。可采用本领域中通常公知的层压方法施加层压层。

[0016] 图 3 是根据一实施例的梯度线圈层压叠层的示意性框图。在图 3 中，第一半导体层 314 施加到铜片 302 的第一表面 316，而第一半导体层 312 施加到铜片 302 的第二表面 318。层压层 306（例如，玻璃纤维基板）将第一层压层表面 326 层压到第二半导体层 312。第一和第二半导体层 312、314 优选为环氧掺杂的或有机的涂层，从而其将良好地结合到用于密封梯度线圈层压板 300 的环氧树脂上，如下面进一步描述的。改进的结合将防止空隙的形成。此外，确实在铜表面和半导体之间形成的任何空隙将包含在半导体层内。在另一实施例中，第三半导体层（未示出）可以施加（例如层压）到第二层压层表面 328。第三半导体层（未示出）电耦合到铜 302，例如，第三半导体层可以在端部被缠绕以耦合到铜。在半导体和层压层之间或者在层压层内形成的空隙由半导体密封。

[0017] 如上所述，在可选择实施例中，铜导体 302 可以是实心圆形铜导体、中空导体、或导线。半导体层可以施加为涂层或者施加为缠绕铜导体的半导体带。此外，可采用导电环氧树脂或金属填充树脂代替半导体材料。

[0018] 返回到图 2，在步骤 216，绝缘层，例如，环氧树脂施加到梯度线圈层压叠层上。在一个实施例中，环氧树脂可以采用真空压力浸渍（VPI）施加。在本领域中通常公知的 VPI 方法可用于施加环氧树脂。在可选择实施例中，环氧树脂可以采用树脂灌注模制、树脂传递模制、真空辅助树脂传递模制或层压进行施加。包括环氧树脂的层压叠层在图 4 中示出。

[0019] 图 4 是根据一实施例的包括空隙的梯度线圈层压叠层的示意性框图。如上所述，在施加环氧树脂 404 或其它绝缘层（例如通过 VPI）前，半导体层 414 施加到铜 402 的第一表面 416。半导体层 414 位于铜 402 和树脂 404 之间。如上面参照图 2 的讨论的，第二半导体层（未示出）可施加到铜 402 的第二表面 418。在制造期间（例如在层压处理期间）在铜 402 和半导体 414 之间形成的任何空隙，例如空隙 408，包含在半导体层 414 内。半导体 414 包覆空隙 408 并起到等电位表面的作用。由于半导体的较小导电性，半导体 414 将空隙 414 保持在同一电位（即，半导体将使铜 402 和半导体 414 之间的任何空隙，例如空隙 408 周围的电势相等）。因此，不会跨过空隙 408 形成电场，防止了在空隙 408 内出现局部放电。通过向铜片的（多个）表面施加半导体层或多个半导体层，在铜和半导体之间形成的任何空隙将被封闭在等势体内，这将消除或减小跨过空隙的电势差，从而防止局部放电形成。此外，通过向层压层（未示出）（例如玻璃纤维基板）的（多个）表面，施加半导体层或多个半导体层，在层压层和半导体之间形成的任何空隙将被封闭在等势体内，这将消除或减小跨过空隙的电势差，从而防止局部放电的形成。

[0020] 在其它实施例中，半导体层或多个半导体层可以施加到 MRI 系统中使用诸如环氧树脂的材料绝缘的其它铜表面，以减少或防止局部放电形成。局部放电的减少或消除将进而减少或防止伪影在 MRI 图像中生成。

[0021] 本书面说明书采用实例来公开本发明，包括最佳模式，而且使任何本领域技术人员制造和使用本发明。本发明的专利性范围由权利要求书限定，且可包括其它本领域技术人员想到的实例。这些其它实例如果具有不与权利要求书的文字语言不同的结构元件，或

者如果它们包括与本权利要求书的文字语言无实质区别的等同结构元件,则都落入本权利要求书的范围内。任何处理或方法步骤的顺序和排序可根据可选择实例进行改变或重新排序。

[0022] 在不背离本发明的精神的情况下可对本发明进行许多其它改变和修改。这些和其它改变的范围将从附带的权利要求书中变得显而易见。

[0023] 部件列表

[0024] 图 1 :

[0025] 100 梯度线圈叠层

[0026] 102 铜片 / 板

[0027] 104 环氧树脂

[0028] 106 层压层

[0029] 108 空隙

[0030] 120 铜和树脂之间的界面

[0031] 122 铜和层压层之间的界面

[0032] 图 2 :

[0033] 202 开始制造工艺

[0034] 204 机械加工铜

[0035] 206 打磨铜

[0036] 208 清洁铜

[0037] 210 施加半导体到铜的第一表面

[0038] 212 施加半导体到铜的第二表面

[0039] 214 施加强压层到半导体层

[0040] 216 施加环氧树脂

[0041] 图 3

[0042] 300 梯度线圈层压板

[0043] 302 铜片

[0044] 306 层压层

[0045] 312 第二半导体层

[0046] 314 第一半导体层

[0047] 316 第一表面

[0048] 318 第二表面

[0049] 326 第一层压层表面

[0050] 328 第二层压层表面

[0051] 图 4

[0052] 400 梯度线圈层压板

[0053] 402 铜

[0054] 404 环氧树脂

[0055] 408 空隙

[0056] 414 半导体层

[0057] 416 第一表面

[0058] 418 第二表面

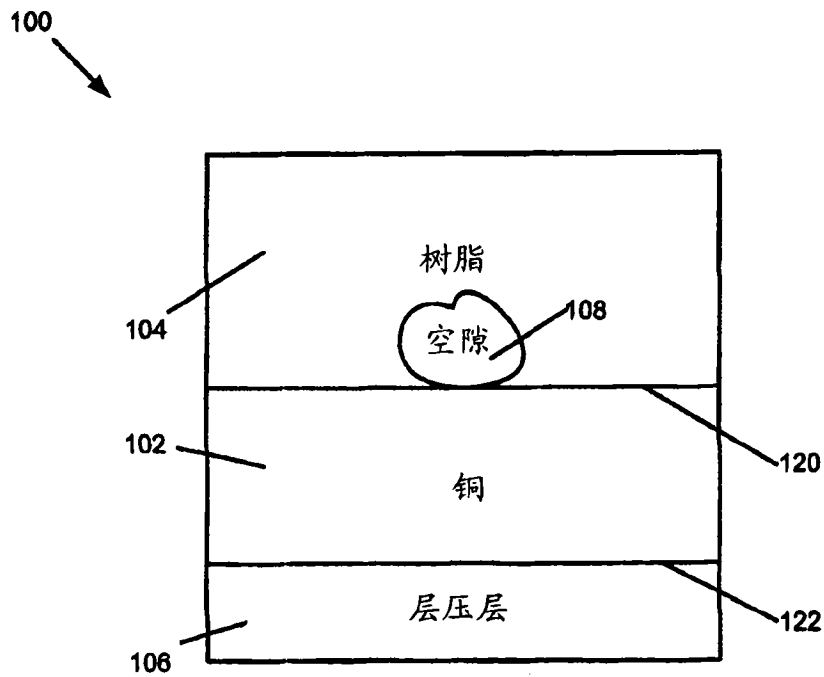


图 1  
现有技术

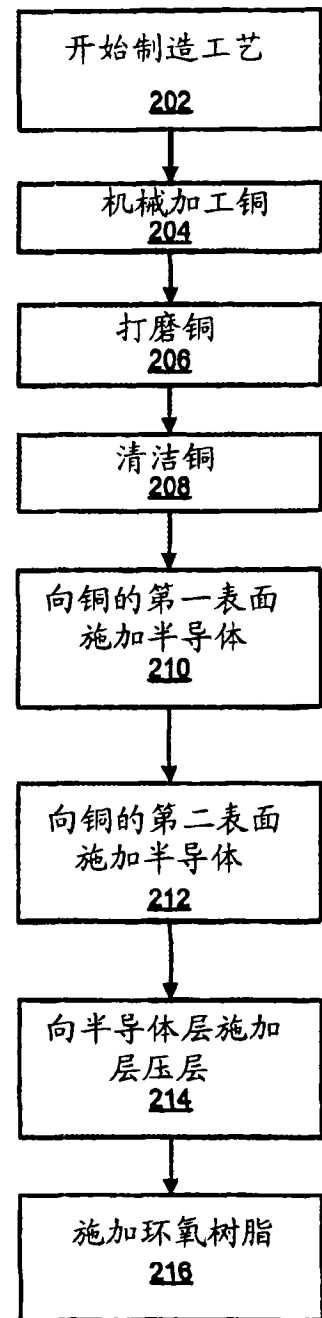


图 2



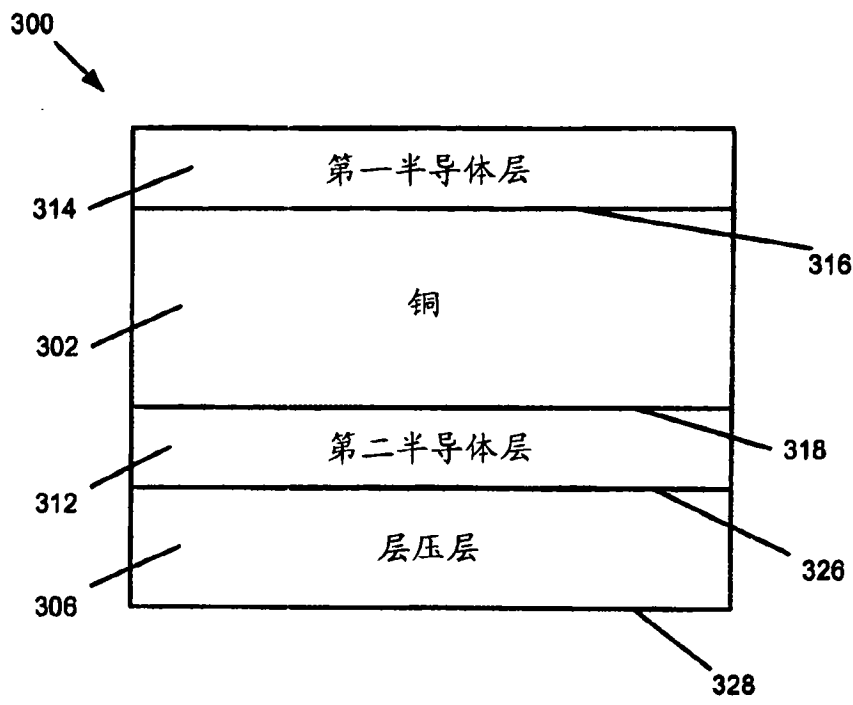


图 3

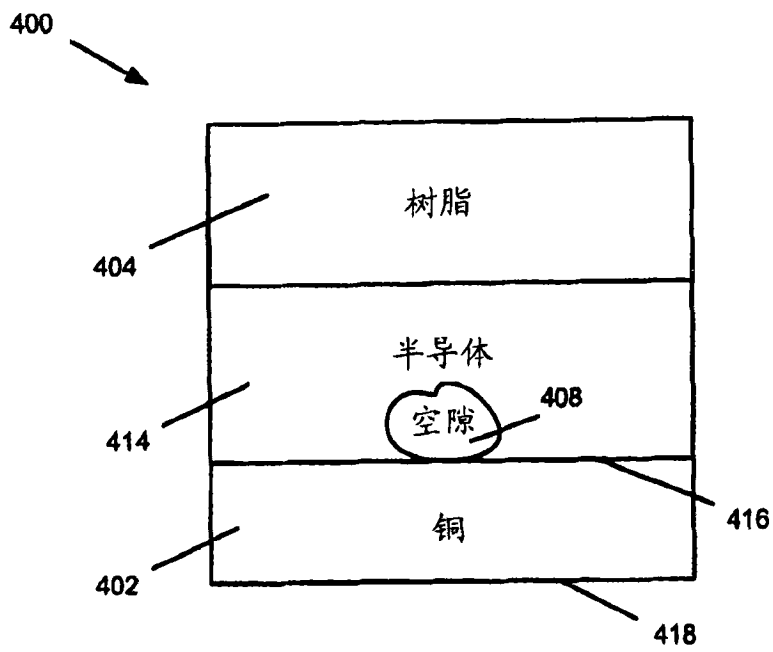


图 4