

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4237786号  
(P4237786)

(45) 発行日 平成21年3月11日(2009.3.11)

(24) 登録日 平成20年12月26日(2008.12.26)

(51) Int. Cl.	F I		
<b>GO 1 R 33/36 (2006.01)</b>	GO 1 N	24/04	5 3 O Z
<b>GO 1 R 33/32 (2006.01)</b>	GO 1 N	24/04	5 1 O F
<b>GO 1 R 33/34 (2006.01)</b>	GO 1 N	24/04	5 2 O A

請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2006-262427 (P2006-262427)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成18年9月27日(2006.9.27)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2008-82847 (P2008-82847A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成20年4月10日(2008.4.10)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成20年4月25日(2008.4.25)		ポレール特許業務法人
(出願人による申告) 平成18年度、文部科学省、新方式NMR分析技術の開発(新方式NMRシステム技術の開発)委託研究、産業再生法第30条の適用を受けるもの		(72) 発明者	田中 秀樹 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
		(72) 発明者	土屋 貢俊 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
		審査官	田中 洋介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】核磁気共鳴信号用ソレノイドコイル及び核磁気共鳴用プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

核磁気共鳴信号測定における高周波送信、受信または送受信に用いるソレノイドコイルであって、

主ソレノイドコイルの軸方向外側に、前記主ソレノイドコイルの材料と同じ符号の磁化率を持つ絶縁体からなる静磁場補整用部材を、前記主ソレノイドコイルと接触するように配置し、前記静磁場補整用部材がリング状部材であることを特徴とする核磁気共鳴信号用ソレノイドコイル。

【請求項2】

核磁気共鳴信号測定における高周波送信、受信または送受信に用いるソレノイドコイルであって、

主ソレノイドコイルの軸方向外側に前記ソレノイドコイルと切り離して静磁場補整用部材を配置し、前記静磁場補整用部材がC文字状リングであることを特徴とする核磁気共鳴信号用ソレノイドコイル。

【請求項3】

前記C文字状リングの材料が前記ソレノイドコイルの材料と同じ材料よりなることを特徴とする請求項2記載の核磁気共鳴信号用ソレノイドコイル。

【請求項4】

核磁気共鳴信号測定における高周波送信、受信または送受信に用いるソレノイドコイルであって、

10

20

主ソレノイドコイルの軸方向外側に前記ソレノイドコイルと切り離して静磁場補整用部材を配置し、前記静磁場補整用部材が円周方向に複数個に分割されたリング状部材よりなることを特徴とする核磁気共鳴信号用ソレノイドコイル。

【請求項 5】

前記リング状部材の材料が前記主ソレノイドコイルの材料と同じ材料よりなることを特徴とする請求項 4 記載の核磁気共鳴信号用ソレノイドコイル。

【請求項 6】

ソレノイドコイルを搭載した核磁気共鳴用プローブにおいて、

前記ソレノイドコイルが主ソレノイドコイルを軸方向に延長する形で静磁場補整用部材を配置したものからなり、前記静磁場補整用部材は前記主ソレノイドコイルが発生する高周波磁場を打ち消す向きの高周波磁場を発生しないように構成され、前記静磁場補整用部材が前記主ソレノイドコイルの材料と同じ符号の磁化率を持つ絶縁体からなるリング状部材であり、前記主ソレノイドコイルと接触していることを特徴とすることを特徴とする核磁気共鳴用プローブ。

10

【請求項 7】

ソレノイドコイルを搭載した核磁気共鳴用プローブにおいて、

前記ソレノイドコイルが主ソレノイドコイルを軸方向に延長する形で静磁場補整用部材を配置したものからなり、前記静磁場補整用部材は前記主ソレノイドコイルが発生する高周波磁場を打ち消す向きの高周波磁場を発生しないように構成され、

前記静磁場補整用部材が C 文字状リングであり、前記主ソレノイドコイルと切り離して配置されていることを特徴とする核磁気共鳴用プローブ。

20

【請求項 8】

ソレノイドコイルを搭載した核磁気共鳴用プローブにおいて、

前記ソレノイドコイルが主ソレノイドコイルを軸方向に延長する形で静磁場補整用部材を配置したものからなり、前記静磁場補整用部材は前記主ソレノイドコイルが発生する高周波磁場を打ち消す向きの高周波磁場を発生しないように構成され、

前記静磁場補整用部材が円周方向に複数個に分割されたリング状部材よりなり、前記主ソレノイドコイルと切り離して配置されていることを特徴とする核磁気共鳴用プローブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は核磁気共鳴信号用ソレノイドコイル及びソレノイドコイルを搭載した核磁気共鳴用プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

ソレノイドコイルは、コイル端から外側で静磁場の均一性が低下する。ソレノイドコイルの静磁場均一性を高めるために、主ソレノイドコイルの軸方向外側にキャンセルコイルを配置して、主ソレノイドコイルと逆相の電流が流すこと、或いは、主ソレノイドコイルと逆向きの磁界を発生させることが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

40

【特許文献 1】特開平 7 - 23923 号公報（要約）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 では、キャンセルコイルを配置して、主ソレノイドコイルと逆相の電流を流すこと、或いは、主ソレノイドコイルと逆向きの磁界を発生させることにより、感度領域を狭めて、静磁場均一度が低い空間からの信号の混入を防いでいる。しかし、この方法では、ソレノイドコイルの感度領域が狭くなってしまう。

【0005】

本発明の目的は、ソレノイドコイル端から外側の静磁場均一度を高め、コイル端から外

50

側の空間からの信号も受信できるようにして、感度領域を広くしたソレノイドコイル及びソレノイドコイルを搭載した核磁気共鳴用プローブを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、核磁気共鳴信号測定における高周波送信、受信または送受信に用いるソレノイドコイルであって、主ソレノイドコイルを軸方向に延長する形で静磁場補整用部材を配置し、その静磁場補整用部材は前記主ソレノイドコイルが発生する高周波磁場を打ち消す向きの高周波磁場を発生しないようにしたことを特徴とする。

【0007】

また、本発明は、ソレノイドコイルを搭載した核磁気共鳴用プローブにおいて、前記ソレノイドコイルが主ソレノイドコイルを軸方向に延長する形で静磁場補整用部材を配置したものからなり、前記静磁場補整用部材は前記主ソレノイドコイルが発生する高周波磁場を打ち消す向きの高周波磁場を発生しないように構成されていることを特徴とする。

10

【0008】

本発明において、静磁場補整用部材は、例えば主ソレノイドコイルの材料と同じ符号の磁化率を持つ絶縁体で形成されたリング状の部材からなり、主ソレノイドコイルと接触するように配置される。

【0009】

また、本発明において、静磁場補整用部材は、例えばC文字状のリングからなり、主ソレノイドコイルと接触しないように切り離して配置される。

20

【0010】

また、本発明において、静磁場補整用部材は、例えば円周方向に複数個に分割されたリング状部材よりなり、主ソレノイドコイルと接触しないように切り離して配置される。

【発明の効果】

【0011】

試料空間の静磁場均一度を高めることで、試料全体の核磁気共鳴周波数が一定値となり、核磁気共鳴信号のフーリエ変換で得られるスペクトルの裾野が細くなり、スペクトルピークが高くなる。本発明により、核磁気共鳴信号の測定対象領域を拡大することになるため、核磁気共鳴信号の感度を上げることが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0012】

ソレノイドコイルは、或る磁化率を持つ線または箔で構成され、試料空間にできるだけ近接して配置され、その形状は通常、円筒型になっている。試料空間の静磁場強度が急激に変化する現象は、この円筒が軸方向に途切れる箇所では磁化率の差が生じることに起因している。

【0013】

磁化率の差を小さくする手段としては、ソレノイドコイルを構成する線または箔の磁化率を限りなく小さくすることが挙げられる。実際、磁化率符号の異なる二種類以上の材料を複合させたクラッド線または箔（アルミニウム - 銅クラッド線など）が市販されている。

40

【0014】

本発明は、磁化率がゼロではない線または箔で構成されたソレノイドコイルに対しても有効である、試料空間の静磁場を調整する手法を提案する。

【0015】

第一手段は、ソレノイドコイルの磁化率と同じ符号を持つ絶縁体からなるリング状部材を、ソレノイドコイル軸方向外側に、ソレノイドコイルと接触させて配置することである。

【0016】

第二手段は、C文字状の部材を、ソレノイドコイルの軸方向外側に、ソレノイドコイルと接触しないように切り離して配置することである。

50

## 【 0 0 1 7 】

第三手段は、円周方向に複数個に切断されたリング状部材を、ソレノイドコイル軸方向外側に、ソレノイドコイルと接触しないように切り離して配置することである。

## 【 0 0 1 8 】

上記のリング状部材およびC文字状部材を合わせて、以下では静磁場補整用リングと称する。上記第一手段から第三手段のいずれかの静磁場補整用リングが静磁場により磁化されることで、ソレノイドコイル感度領域の静磁場を補整する。この静磁場とは、核磁気共鳴信号の取得にとって必要不可欠な磁場のことである。よって、静磁場補整用リングに、改めて第二の静磁場を印加する必要はなく、静磁場補整用リングはその場に配置され、必然的に静磁場を印加されることにより効果を発揮する。

10

## 【 0 0 1 9 】

上記第一手段では、ソレノイドコイルの軸方向外側に配置する静磁場補整用リングは絶縁体で構成されるため、ソレノイドコイルの感度領域を狭めるように働く電流は流れない。

## 【 0 0 2 0 】

また、第二手段では、静磁場補整用リングは導電体または絶縁体で形成されるが、C文字の開いている部分に共振用のコンデンサを設置しないため、導電体で形成してもソレノイドコイルの感度領域を狭めるように働く電流は流れない。導電体で形成した場合には、静磁場補整用リングは一定の距離をあけて設置されるため、C文字の開いている部分には少量の容量成分（浮遊容量）が存在する。よって、わずかながらソレノイドコイルの感度領域を狭めるように働く電流が流れ得る。しかし、積極的にコンデンサを配置することはない。この点は、特許文献1とは明らかに異なる。

20

## 【 0 0 2 1 】

上記第三手段は、第二手段において流れ得る電流を低減するために、リング状部材を円周方向で複数個に切断したものである。

## 【 0 0 2 2 】

以下に実施例を示すが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

## 【 実施例 1 】

## 【 0 0 2 3 】

図1の(a)、(b)は、核磁気共鳴信号取得装置におけるプローブとソレノイドコイルの位置関係の例を示した説明図である。(a)と(b)では静磁場方向の向きが異なる。超電導磁石等の静磁場発生装置により静磁場方向3の静磁場が作られる。本発明が対象としているソレノイドコイル100は、ここでは図示しないが主ソレノイドコイルと静磁場補整用部材から構成されており、プローブ11に搭載され、静磁場の中心付近にコイル軸が静磁場方向3に対して直行するように配置される。プローブ内に配置された共振回路12により、主ソレノイドコイルは所定の周波数で共振するように調整される。ソレノイドコイルとプローブ外の装置とは、共振回路を経由し、同軸ケーブルなどを介して高周波信号をやり取りする。図1に示すように、静磁場方向3の向きにより、プローブ長手方向は水平方向や鉛直方向になり得る。

30

## 【 0 0 2 4 】

図2は、核磁気共鳴信号取得装置における試料管4とソレノイドコイルの位置関係例を示した説明図である。ここでは、主ソレノイドコイル1のみを示し、静磁場補整用部材は省略している。NMRシステムにおいては、静磁場の方向をz、試料管の軸方向をyと表すことが多いため、図2の座標軸もこれに準じている。主ソレノイドコイル1の感度領域2は図2のように主ソレノイドコイルの両端よりもコイル軸方向にはみ出て広がっている。

40

## 【 0 0 2 5 】

図3と図4は本発明の効果を比較した図である。図3は静磁場補整用部材を配置しない場合である。静磁場補整用部材を配置しない、主ソレノイドコイルのみからなる場合には、図3に示すように静磁場強度は主ソレノイドコイル1の中心付近では一定値であるが、

50

両端に近づくとつれて一定では無くなる。これは静磁場中に置かれた無限円筒内の磁場強度は一定であるが、有限長の円筒内では端部に近づくと磁場強度が一定ではなくなるという電磁気学の知見に基づいている。

#### 【0026】

図4は、主ソレノイドコイル1の軸方向外側に静磁場補整用リング21を設けた場合である。主ソレノイドコイルと静磁場補整用部材を合わせたものがソレノイドコイル100である。主ソレノイドコイル1の軸方向外側に静磁場補整用リング21を配置することは、有限長であった円筒の長さをコイル軸方向へ伸ばすことに値するため、磁場強度が変化し始める点がコイル軸方向外側に移動する。その結果、主ソレノイドコイル1の感度領域における静磁場均一度が向上する。静磁場補整用リング21が磁化されることで発生する磁場分布は、静磁場補整用リング21を構成する材料の磁化率と体積の積に比例する。よって、静磁場補整用リング21を構成する材料の磁化率とソレノイドコイルの磁化率は必ずしも同一である必要はなく、同じ符号であれば良い。

10

#### 【0027】

図5は、第一手段の一例であり、ステップ状に2ターン巻いた主ソレノイドコイル1の両端に静磁場補整用リング21を1ターンずつ置いた場合の簡略図(A)と立体図(b)を示している。立体図(b)では斜線部が静磁場補整用リング21である。以下にこの作製例を示す。前述の銅アルミニウム複合材料を用いて主ソレノイドコイル1を作製するにあたり、その材料が小さいながらも負の磁化率を持っている場合は、同じく負の磁化率を持つ材料、例えばポリイミドワニスなどをポピン31に塗布することで静磁場補整用リング21を作製すればよい。逆に、主ソレノイドコイルを構成する材料が正の磁化率を持っている場合は、ポリイミドワニスに正の磁化率を持つ材料、例えば窒化アルミニウムなどの粉末をまぜて塗布することで静磁場補整用リング21を作製できる。塗布量は主ソレノイドコイル1を構成する材料の磁化率と塗布物の磁化率から算出できる。不明な場合は少量ずつ塗布し、実際に核磁気共鳴信号を取得して得られる静磁場補整の効果を見ながら塗布量を調整すればよい。

20

#### 【実施例2】

#### 【0028】

図6は第二手段の一例であり、らせん状に2ターン巻いた主ソレノイドコイル1の両端に、その延長線上に同じ材料で静磁場補整用リング21を1ターンずつ置いた場合の簡略図(a)と立体図(b)を示している。立体図(b)では斜線部が静磁場補整用リング21である。第二手段の場合、静磁場補整用リング21を導電体または絶縁体で形成することができるが、主ソレノイドコイルと同じ材料にすると、磁化率の調整が必要無いため、作製が容易になるというメリットがある。

30

#### 【実施例3】

#### 【0029】

図7は第三手段の一例であり、ステップ状に2ターン巻いた主ソレノイドコイル1の両端に、同じ材料であるが円周方向に分割した静磁場補整用リング21を1ターンずつ、主ソレノイドコイルの端部から主ソレノイドコイル1の巻き線間隔と同じ距離を隔てて配置した場合の簡略図を示している。

40

#### 【実施例4】

#### 【0030】

図8は本発明の効果を表した計算結果の一例である。横軸にコイル軸方向長さを、縦軸にコイル中心の静磁場強度からのずれを表している。左半分が静磁場補整用部材を有しない場合であり、線幅1.4mmのテープ状線材を6.4mmでピッチ1.4mmのらせん状に5ターン巻いたソレノイドコイルにおける4.2mm上の静磁場分布を示している。右半分が本発明を適用した場合であり、同じ主ソレノイドコイルの両端に同じ材料で静磁場補整用リングを1ターン追加した場合における同静磁場分布を示している。yが±4mmの位置が大体、主ソレノイドコイルの両端であるが、静磁場補整用リングにより主ソレノイドコイル両端付近の静磁場強度分布が半分程度に抑制されているのが分かる。

50

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】ソレノイドコイルを備えた核磁気共鳴信号用プローブの概略構成図。

【図2】試料管とソレノイドコイルの位置関係例を示した図。

【図3】静磁場補整用部材を有しない場合の静磁場強度分布を示した図。

【図4】本発明を適用した場合の静磁場強度分布を示す図。

【図5】実施例1におけるソレノイドコイルの簡略図と立体図。

【図6】実施例2におけるソレノイドコイルの簡略図と立体図。

【図7】実施例3におけるソレノイドコイルの簡略図。

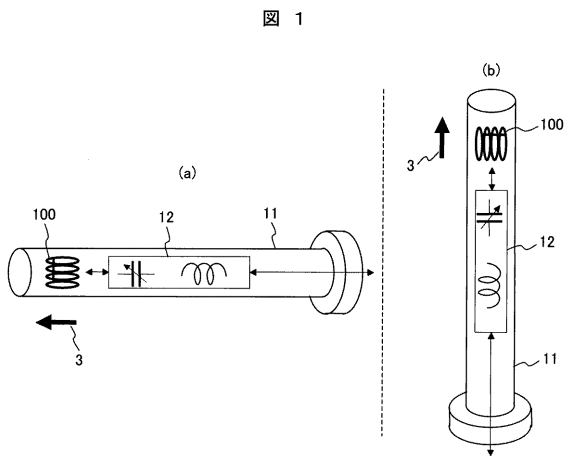
【図8】計算で求めた本発明の効果を表す図。

【符号の説明】

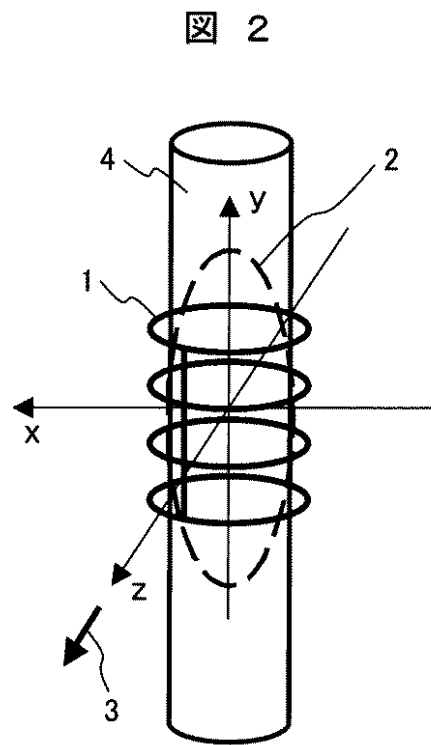
【0032】

1 ...主ソレノイドコイル、2 ...ソレノイドコイルの感度領域、3 ...静磁場方向、4 ...試料管、11 ...プローブ、12 ...共振回路、21 ...静磁場補整用リング、31 ...ポピン、100 ...ソレノイドコイル。

【図1】

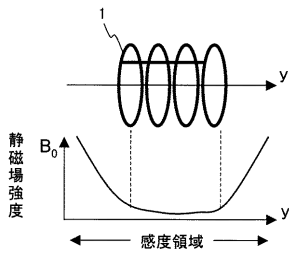


【図2】



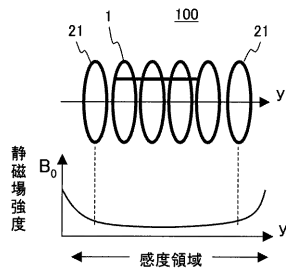
【 図 3 】

図 3



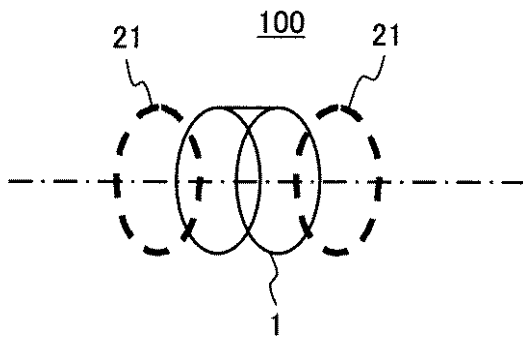
【 図 4 】

図 4



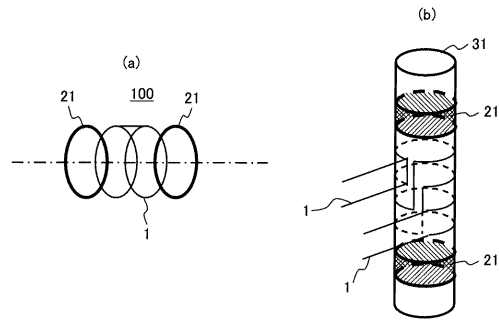
【 図 7 】

図 7



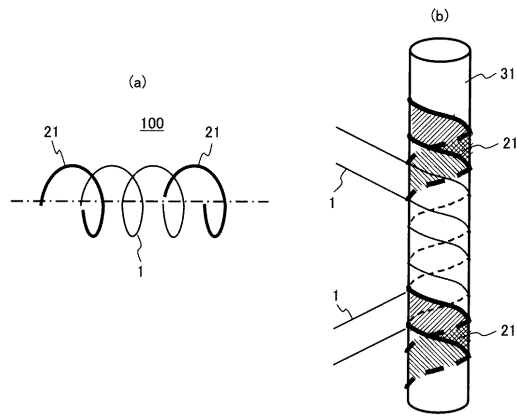
【 図 5 】

図 5



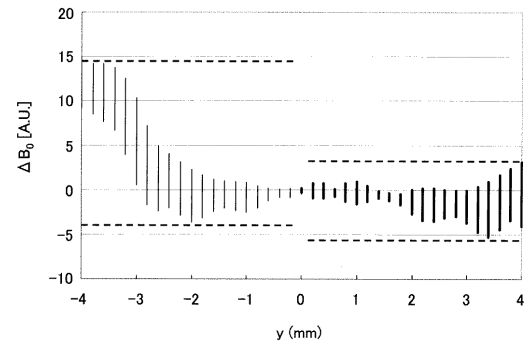
【 図 6 】

図 6



【 図 8 】

図 8



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-088863(JP,A)  
特開2003-302453(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 24/00 - 24/14

G01R 33/20 - 33/64

A61B 5/055