

(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2005-121573

(P2005-121573A)

(43) 公開日 平成17年5月12日(2005.5.12)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 7/00	GO 1 B 7/00 R	2 F 0 6 3
A 6 1 B 1/00	A 6 1 B 1/00 3 0 0 D	4 C 0 6 1
A 6 1 B 5/06	A 6 1 B 5/06	
A 6 1 B 19/00	A 6 1 B 19/00 5 0 2	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-358983 (P2003-358983)	(71) 出願人	503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(22) 出願日	平成15年10月20日(2003.10.20)	(74) 代理人	100089635 弁理士 清水 守
		(72) 発明者	藪上 信 宮城県仙台市宮城野区五輪1-4-21-505
		(72) 発明者	荒井 賢一 宮城県塩竈市南町6-14
		(72) 発明者	石山 和志 宮城県仙台市青葉区上杉3-7-5
		(72) 発明者	岡崎 靖雄 岐阜県岐阜市萱場南1-5-18-10FW

最終頁に続く

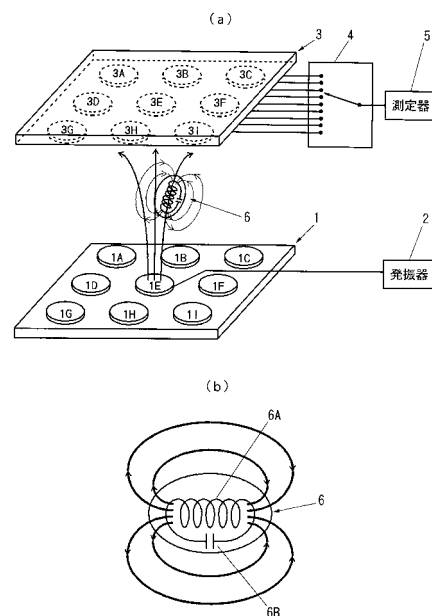
(54) 【発明の名称】 ワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法およびそのシステム

(57) 【要約】

【課題】 あらかじめ与えた外部磁界がワイヤレス磁気マーカの存在により変化して、位置および方向を計測することができるワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法およびそのシステムを提供する。

【解決手段】 励磁コイルアレイ1と、この励磁コイルアレイ1に対向して配置される磁界検出コイルアレイ3と、前記励磁コイルアレイ1と磁界検出コイルアレイ3間に配置するLC共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカ6とを備え、前記励磁コイルアレイ1の励磁コイルによる印加磁界の、前記磁気マーカ6のLC共振回路の誘導磁界による変化を、前記磁界検出コイルアレイ3の磁界検出コイル3A~3Iで検出することにより、マーカの位置および方向を計測する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

励磁コイルにより印加磁界を発生させ、該印加磁界により LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカで誘導磁界を発生させ、該誘導磁界による前記印加磁界の変化を 6 成分以上の磁界を検出することにより、前記ワイヤレス磁気マーカの位置および方向を計測することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記励磁コイルと 6 成分以上の磁界を検出可能な個数のコイルを同一部材上に配置するアレイを有することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法。

10

【請求項 3】

請求項 1 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記励磁コイルを有する部材と、これに対向あるいは隣接する 6 成分以上の磁界を検出可能な個数の検出コイルを有するアレイを配置することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法。

【請求項 4】

請求項 1 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記 6 成分以上の磁界の検出情報に基づいて x , y , z , θ , ϕ , M を求めることを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法。

ただし、 x , y , z はワイヤレス磁気マーカの各軸方向の位置、 θ は磁気マーカ方向ベクトルを XY 座標系へ射影し、その射影したベクトルと x 軸とのなす角、 ϕ はワイヤレス磁気マーカ方向ベクトルと z 軸とのなす角、 M はワイヤレス磁気マーカの磁気モーメントである。

20

【請求項 5】

請求項 1 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記 6 成分以上の磁界検出は、その出力電圧の振幅又は位相の検出により行うことを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法。

【請求項 6】

請求項 5 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記出力電圧のサンプリング値の平均値あるいは平滑化処理を施した値を検出値とすることを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法。

30

【請求項 7】

(a) 励磁コイルおよび磁界検出コイルを有するアレイと、
 (b) 該アレイに対応して配置される LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカとを備え、
 (c) 前記励磁コイルにより発生する印加磁界の前記ワイヤレス磁気マーカの LC 共振回路による誘導磁界による変化を、前記磁界検出コイルで検出することにより、ワイヤレス磁気マーカの位置および方向を計測することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システム。

【請求項 8】

請求項 7 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記励磁コイルおよび磁界検出コイルを有するアレイを生体の測定部位に配置し、該生体内部に前記 LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカを挿入することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システム。

40

【請求項 9】

(a) 励磁コイルアレイと、
 (b) 該励磁コイルアレイに対向して配置される磁界検出コイルアレイと、
 (c) 前記励磁コイルアレイと磁界検出コイルアレイ間に配置する LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカとを備え、
 (d) 前記励磁コイルアレイの励磁コイルによる印加磁界の、前記ワイヤレス磁気マーカ

50

の LC 共振回路の誘導磁界による変化を、前記磁界検出コイルアレイの磁界検出コイルで検出することにより、ワイヤレス磁気マーカの位置および方向を計測することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システム。

【請求項 10】

請求項 9 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記励磁コイルアレイと磁界検出コイルアレイとを生体の測定部位に配置し、該生体内部に前記 LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカを挿入し、生体中におけるワイヤレス磁気マーカの位置および方向を検出することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システム。

【請求項 11】

請求項 7 又は 8 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記ワイヤレス磁気マーカの位置をモニターしながら疾患部位の治療を行うため、前記ワイヤレス磁気マーカに対応した医療器具をセットすることを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システム。

【請求項 12】

請求項 11 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記医療器具がカテーテルであることを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システム。

【請求項 13】

請求項 11 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記医療器具が治療薬の投与器具であることを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システム。

【請求項 14】

請求項 1 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、複数のワイヤレス磁気マーカを配置し、該複数のワイヤレス磁気マーカを異なる共振周波数にセットし、各マーカの共振周波数において、誘導磁界を計測することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法。

【請求項 15】

請求項 14 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記複数のワイヤレス磁気マーカを生体の異なる部位に配置することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法。

【請求項 16】

請求項 7 又は 9 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記ワイヤレス磁気マーカを複数配置し、該複数のワイヤレス磁気マーカを異なる共振周波数にセットし、各マーカの共振周波数において、誘導磁界を計測することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システム。

【請求項 17】

請求項 16 記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記複数のワイヤレス磁気マーカを生体の異なる部位に配置することを特徴とするワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法およびそのシステムに係り、特に、LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法およびそのシステムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、交流磁界を使ったモーションキャプチャシステムは、磁気マーカへ電流を直接通電するか、磁気マーカの内部に電池を内蔵する必要があり、磁気マーカをワイヤレスある

10

20

30

40

50

いは電池レスにすることは困難であった。このため従来の位置検出システムでは、外部に発生した磁界を直接磁気マーカで計測するか、磁気マーカから発生する磁界を直接測定する必要があった。

【0003】

また、ワイヤレスで生体内部や物体内部の位置や情報を求める手段としては、MRIやX線等が挙げられるが、連続的な計測には放射線被曝の問題がある。

【0004】

ところで、マサチューセッツ工科大学からは、数cm角の立体的なLC共振型磁気マーカを用いて磁気マーカの大まかな位置を求める研究が報告されている(下記特許文献1~3)。

10

【0005】

また、その他にも磁気マーカを用いる物体の検出装置(下記特許文献4~6)が開示されている。

【特許文献1】特許第2954063号公報

【特許文献2】特許第2954064号公報

【特許文献3】特許第3054307号公報

【特許文献4】特開平6-323865号公報

【特許文献5】特開2000-146509号公報

【特許文献6】特開2003-44217号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記した従来の磁気マーカの検出距離は高々数cmであり、また精密な位置精度は得られていない。

【0007】

本発明は、上記状況に鑑みて、あらかじめ与えた外部磁界がマーカの存在により変化することを利用して、位置および方向を計測することができるワイヤレス磁気マーカによる位置および方向の検出方法およびそのシステムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

30

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕ワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、励磁コイルにより印加磁界を発生させ、この印加磁界によりLC共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカで誘導磁界を発生させ、この誘導磁界による前記印加磁界の変化を6成分以上の磁界を検出することにより、前記ワイヤレス磁気マーカの位置および方向を計測することを特徴とする。

【0009】

〔2〕上記〔1〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記励磁コイルと6成分以上の磁界を検出できる個数のコイルが同一部材上に配置されるアレイを有することを特徴とする。

40

【0010】

〔3〕上記〔1〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記励磁コイルを有する部材と、これに対向あるいは隣接する6成分以上の磁界を検出できる個数の検出コイルを有するアレイを配置することを特徴とする。

【0011】

〔4〕上記〔1〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記6成分以上の磁界の検出情報に基づいて x 、 y 、 z 、 θ 、 ϕ 、 M を求めることを特徴とする。

【0012】

ただし、 x 、 y 、 z はワイヤレス磁気マーカの各軸方向の位置、 θ は磁気マーカの方向

50

ベクトルを X Y 座標系へ射影し、その射影したベクトルと x 軸とのなす角、 θ はワイヤレス磁気マーカ方向ベクトルと z 軸とのなす角、M はワイヤレス磁気マーカの磁気モーメントである。

【0013】

〔5〕上記〔1〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方向において、前記6成分以上の磁界検出は、その出力電圧の振幅又は位相の検出により行うことを特徴とする。

【0014】

〔6〕上記〔5〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記出力電圧のサンプリング値の平均値あるいは平滑化処理を施した値を検出値とすることを特徴とする。

10

【0015】

〔7〕ワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、励磁コイルおよび磁界検出コイルを有するアレイと、このアレイに対応して配置される LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカとを備え、前記励磁コイルにより発生する印加磁界の前記ワイヤレス磁気マーカの LC 共振回路による誘導磁界による変化を、前記磁界検出コイルで検出することにより、ワイヤレス磁気マーカの位置および方向を計測することを特徴とする。

【0016】

〔8〕上記〔7〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記励磁コイルおよび磁界検出コイルを有するアレイを生体の測定部位に配置し、この生体内部に前記 LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカを挿入することを特徴とする。

20

【0017】

〔9〕ワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、励磁コイルアレイと、この励磁コイルアレイに対向して配置される磁界検出コイルアレイと、前記励磁コイルアレイと磁界検出コイルアレイ間に配置する LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカとを備え、前記励磁コイルアレイの励磁コイルによる印加磁界の、前記ワイヤレス磁気マーカの LC 共振回路の誘導磁界による変化を、前記磁界検出コイルアレイの磁界検出コイルで検出することにより、ワイヤレス磁気マーカの位置および方向を計測することを特徴とする。

30

【0018】

〔10〕上記〔9〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記励磁コイルアレイと磁界検出コイルアレイとを生体の測定部位に配置し、この生体内部に前記 LC 共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカを挿入し、生体中におけるワイヤレス磁気マーカの位置および方向を検出することを特徴とする。

【0019】

〔11〕上記〔7〕又は〔8〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記ワイヤレス磁気マーカの位置をモニターしながら疾患部位の治療を行うため、前記ワイヤレス磁気マーカに対応した医療器具をセットすることを特徴とする

40

【0020】

〔12〕上記〔11〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記医療器具がカテーテルであることを特徴とする。

【0021】

〔13〕上記〔11〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記医療器具が治療薬の投与器具であることを特徴とする。

【0022】

〔14〕上記〔1〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、複数のワイヤレス磁気マーカを配置し、これらの複数のワイヤレス磁気マーカを異なる

50

共振周波数にセットし、各マーカの共振周波数において、誘導磁界を計測することを特徴とする。

【0023】

〔15〕上記〔14〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法において、前記複数のワイヤレス磁気マーカを生体の異なる部位に配置することを特徴とする。

【0024】

〔16〕上記〔7〕又は〔9〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記ワイヤレス磁気マーカを複数配置し、これらの複数のワイヤレス磁気マーカを異なる共振周波数にセットし、各マーカの共振周波数において、誘導磁界を計測することを特徴とする。

10

【0025】

〔17〕上記〔16〕記載のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムにおいて、前記複数のワイヤレス磁気マーカを生体の異なる部位に配置することを特徴とする。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

- (1) 磁気マーカが電氣的引き出し線を持たず、また、電池も内蔵しないため、日常のかつ半永久的に磁気マーカの位置検出が可能である。また、小型化、軽量化が可能である。
- (2) 光学的に遮蔽された不透明領域、例えば、生体内においても計測可能である。
- (3) X線等による放射線被曝のリスクが全くない。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

励磁コイルにより印加磁界を発生させ、この印加磁界によりLC共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカで誘導磁界を発生させ、この誘導磁界による前記印加磁界の変化を6成分以上の磁界を検出することにより、前記ワイヤレス磁気マーカの位置および方向を計測する。よって、磁気マーカが電氣的引き出し線を持たず、また、電池も内蔵しないため、日常のかつ半永久的に磁気マーカの位置検出が可能である。また、小型化、軽量化が可能である。

【実施例】

30

【0028】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0029】

図1は本発明の第1実施例を示すワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムの模式図である。

【0030】

この図において、1は励磁コイルアレイ、1A~1Iは励磁コイルであり、平面コイル(巻数Nが25、半径30mm、電流I=0.1A、約170kHz)よりなる。2は励磁コイル1A~1Iに接続され、励磁コイル1A~1Iを発振させる発振器(HP33120A)、3は励磁コイルアレイ1に対向するように配置される磁界検出コイルアレイ、3A~3Iは磁界検出コイル、4は各磁界検出コイル3A~3Iを選択して接続するスイッチ回路、5は測定器(マルチメータ:Keithly 2000)、6は励磁コイルアレイ1と磁界検出コイルアレイ3の間に配置される1個のワイヤレス共振型磁気マーカ(電池なし)である。

40

【0031】

図1に示すように、本発明のシステムは、LC共振回路から構成されるワイヤレス共振型磁気マーカ(以下、磁気マーカという)6によってモーションキャプチャシステムを構成するものである。このシステムでは、従来のように、外部磁界を磁気マーカにおいて直接測定したり、あるいは磁気マーカからの磁界を直接測定するものではなく、あらかじめ与えた外部磁界が磁気マーカ6の存在により変化することを利用して、その変化を検出し

50

て、磁気マーカ 6 の位置および方向を計測するようにしたものである。

【0032】

また、磁気マーカ 6 は、インダクタ 6 A とキャパシタ 6 B による直列 LC 共振回路により構成され、外部への電氣的な引き出し線や電池を持たない。

【0033】

次に、このシステムの動作について説明する。

【0034】

図 1 に示すように、例えば、磁気マーカ 6 周辺に配置した励磁コイル 1 E から交流磁界を発生させる。共振周波数付近において磁気マーカ 6 から発生する誘導磁界は最大となる。この誘導磁界を磁界検出コイル (3 A ~ 3 I) で計測して、磁気マーカ 6 の位置および方向を最適化処理により求める。なお、ここでは、磁界検出コイルは 9 個示しているが、少なくとも 6 成分の磁界を検出可能な個数のコイルを有することにより、磁気マーカ 6 の位置および方向を計測することができる。

10

【0035】

図 2 はその磁気マーカのパラメータの定義を示す図、図 3 はその磁気マーカの位置および方向を求めるフローチャートである。

【0036】

図 2 に示すように、磁気マーカ 6 のパラメータとしては、 x, y, z, θ, ϕ, M が挙げられる。ここで、 x, y, z は磁気マーカの位置座標、 θ は磁気マーカの方向ベクトルを XY 座標系へ射影し、その射影したベクトルと x 軸とのなす角、 ϕ はワイヤレス磁気マーカ方向ベクトルと z 軸とのなす角、 M は磁気モーメント、 r は磁気マーカと検出コイルの距離である。

20

磁気マーカ 6 の誘導磁界 \vec{B}_{reso} は、磁気マーカ 6 を配置した時の磁界分布 \vec{B}_{total} と磁気マーカ 6 を除去した時の測定磁界 (バックグラウンド磁界) \vec{B}_{ext} の差分から求める。これにより磁気マーカ 6 はあたかもダイポール磁界発生源とみなすことができる。

ここで、磁気マーカによる誘導磁界 \vec{B}_{reso} は、

$$\vec{B}_{reso}(x_0, y_0, z_0, \theta, \phi) = \frac{1}{4\pi\mu} \left(-\frac{\vec{M}}{r^3} + \frac{3(\vec{M} \cdot \vec{r}) \cdot \vec{r}}{r^5} \right)$$

30

【0037】

具体的には、図 3 に示すような手順で、磁気マーカの位置および方向を求める。

【0038】

(1) まず、励磁コイルアレイと磁界検出コイルアレイとを対向して配置する (励磁コイルの個数と検出コイルの個数の積が 6 成分以上必要である) (ステップ S 1)。

(2) 次に、磁気マーカ (直列共振回路) が配置されない状態でのバックグラウンド磁界 (\vec{B}_{ext}) を測定する (ステップ S 2)。

(3) 次に、磁気マーカを配置し、磁界 (\vec{B}_{total}) を測定する (ステップ S 3)。

(4) 次に、ステップ S 2, S 3 で求めた磁界により、磁気マーカによる誘導磁界 (共振回路による磁界) ($\vec{B}_{reso} = \vec{B}_{total} - \vec{B}_{ext}$) を求める (ステップ S 4)。

40

【0039】

(5) 次に、最適化法により磁気マーカの位置、方向を求めて表示する (ステップ S 5)。

【0040】

第 3 実施例として後述するが、この第 1 実施例のシステムに、磁気マーカを複数個配置し、各磁気マーカをそれぞれ異なる共振周波数にセットすることにより、各磁気マーカの共振周波数成分の磁界を計測して、それぞれ 1 つずつ磁気マーカの最適化問題を解くように構成し、各マーカの位置を求めることができる。

【0041】

50

図4は本発明の第2実施例を示す磁気マーカの位置および方向の検出システムの模式図である。

【0042】

この図において、11は励磁・磁界検出コイルアレイ、11A～11Iは励磁・磁界検出コイル、12はLC共振回路からなるワイヤレス共振型磁気マーカである。

【0043】

この実施例では、第1実施例のように、励磁コイルアレイ1と磁界検出コイルアレイ3とを別体として配置するのではなく、励磁と磁界検出とを兼ねたコイルを同一部材にアレイとして構成する。

【0044】

このように構成することにより、よりコンパクトな磁気マーカの位置および方向の検出システムを構築することができる。

【0045】

図5は本発明の第3実施例を示す磁気マーカの位置および方向の検出システムの模式図、図6は各磁気マーカの共振周波数と誘導磁界を示す図である。

【0046】

この実施例では、第2実施例と同様の磁界検出および励磁・磁界検出コイル11A～11Iを有する励磁・磁界検出コイルアレイ11を配置するが、複数の磁気マーカ21～23を配置して、各磁気マーカ21, 22, 23は、図6に示すように、それぞれ異なる共振周波数 f_{r1} , f_{r2} , f_{r3} にセットする。各磁気マーカ21, 22, 23の位置を求める場合には、各磁気マーカ21, 22, 23の共振周波数成分の磁界を計測して、それぞれ1つずつ磁気マーカの最適化問題を解くようにする。

【0047】

このため磁気マーカが多数個であっても高速演算が可能であり、解をほぼ一意に収束させることができる。

【0048】

図7は本発明の磁気マーカの位置および方向の検出システムの具体例を示す図、図8は磁気マーカの等価回路図、図9は磁気マーカおよび励磁・磁界検出コイルの設計手順を示す図である。

【0049】

図7において、31は励磁コイル、32はその励磁コイル31を支持する部材、33はワイヤレス共振型磁気マーカ、34は磁気マーカ33を支持する部材、35はその部材34の3次元移動装置、41～49は磁界検出コイル、50は磁界検出コイルアレイである。

【0050】

その場合、磁気マーカ33の等価回路は、図8のようであり、図8において、51はインダクタンス $j\omega L$ 、52は抵抗 R 、53はコンデンサ $1/j\omega C$ である。

【0051】

ここで、磁気マーカ33の誘導磁界が最大となるように、磁気マーカ33のコイルの巻数 (N) および角周波数 (ω) を決定する。

【0052】

$$|I| = V(\omega_{\max}) / \{R^2 + [\omega_{\max} L - (1/\omega_{\max} C)]^2\} \\ - V(\omega_{\min}) / \{R^2 + [\omega_{\min} L - (1/\omega_{\min} C)]^2\} \\ |I(\omega)| = V(\omega) / \{R^2 + [\omega L - (1/\omega C)]^2\} \\ I(\omega) = V(\omega) / \{R + j[\omega L - (1/\omega C)]^2\} \\ V(\omega) = \mu_r \mu_0 H S N$$

また、磁気マーカおよび励磁・磁界検出コイルの設計手順は、図9に示すように、

(1)まず、磁気マーカのサイズを決定する(ステップS11)。

【0053】

(2)次に、磁気マーカのコイルの巻数 N は Q を最大とするように決める。仮に動作周

10

20

30

40

50

波数、インダクタンスおよび抵抗を決める（ステップ S 1 2）。

【 0 0 5 4 】

（ 3 ）磁気マーカのコイルの巻線径は動作周波数における表皮深さ程度の径を素線とするリッツ線とする（ステップ S 1 3）。

【 0 0 5 5 】

（ 4 ） $| I |$ が最大か否かをチェックする（ステップ S 1 4）。

【 0 0 5 6 】

（ 5 ）ステップ S 1 4 において、No の場合には、ステップ S 1 2 に戻って、 $| I |$ を最大とするように、再設定する（ステップ S 1 5）。

【 0 0 5 7 】

（ 6 ）ステップ S 1 4 において、Yes の場合、つまり $| I |$ が最大となった場合には、共振周波数、インダクタンスからコンデンサを決定する（ステップ S 1 6）。

【 0 0 5 8 】

（ 7 ）次に、励磁・磁界検出コイルはバックグラウンド電圧（マーカを取り去った状態の電圧）の周波数依存性でのピーク付近に動作周波数が来るように巻数およびコイル直径を決める。なお、電流を大きくできるように巻線直径はなるべく大きくする。ただし、コイル直径は可能な限り小さくする（ステップ S 1 7）。

【 0 0 5 9 】

図 1 0 は上記した具体例による結果を示す図であり、横軸に周波数（MHz）、縦軸にマーカの出力電圧（V）を示す。

【 0 0 6 0 】

上記の図 7 に示した検出システムによる実験結果、図 1 0 に示すように、磁界検出コイル 4 1 ~ 4 9 により得られた電圧 V（dV 1 ~ dV 9）を求めてこれを磁気マーカ 3 3 からの寄与分であるとした。

【 0 0 6 1 】

また、図 1 0 における出力電圧 A の値は、詳細に見ると、図 1 1 に示すように、ある幅を有するバラツキをもった値であるので、これらのバラツキをもった値の平均値を求めると、平滑化処理を施して、その処理値を採用するようにして、計測値の精度を高めるようにしている。

【 0 0 6 2 】

なお、この具体例では磁界検出コイル 4 1 ~ 4 9 の電圧値を出力するようにしたが、これに代えて、ネットワークアナライザ、ロックインアンプあるいはタイムインターバルカウンタを接続することにより、出力として位相を求めるようにしてもよい。

【 0 0 6 3 】

以下、本発明の実験例について説明する。

【 0 0 6 4 】

図 1 2 は本発明の実験装置の構成図である。

【 0 0 6 5 】

この図において、6 0 は実験装置のフレーム、6 1 は励磁コイル、6 2 は実験装置のフレーム 6 0 に固定され、励磁コイル 6 1 を支持する部材、6 3 は励磁コイル 6 1 に接続される発振器へのリード線、6 4 はワイヤレス磁気マーカ、6 5 はそのワイヤレス磁気マーカ 6 4 を支持する部材、6 6 はその部材 6 5 に固定され、3 次元に駆動可能な 3 次元移動装置、7 1 ~ 7 9 は磁界検出コイル、8 0 は磁界検出コイル 7 1 ~ 7 9 を配置する磁界検出コイルアレイ、8 1 は磁界検出コイル 7 1 ~ 7 9 に接続されるスイッチ 8 2 に接続されるリード線、8 3 はスイッチ 8 2 に接続される測定器（電圧計）である。

【 0 0 6 6 】

この図は予備実験における励磁コイル 6 1、磁界検出コイル 7 1 ~ 7 9 の配置、ワイヤレス磁気マーカ（1 個）6 4 により構成された測定系を示したものである。電氣的結線は、図 1 と同一である。

【 0 0 6 7 】

10

20

30

40

50

図13は予備実験に用いたワイヤレス磁気マーカの写真を示している。ワイヤレス磁気マーカ64(コイル64A、チップコンデンサ64B)は断面寸法1.5mm角の正方形と、長さ10mmの微小な円筒形よりなり、円筒形内部に市販の高透磁率フェライト64C(NECトーキン製、直径1mm長さ10mm)を挿入した。なお、これらは指先に無理なく貼付可能な寸法である。使用した励磁コイル61は1個、磁界検出コイル71~79は9個であり、磁界検出コイル71~79をスイッチ82で切り替えて、9通りの磁界を電圧計83で計測した。

【0068】

図14はワイヤレス磁気マーカ64を約60mm移動した際の3次元位置であり、本発明により検出された磁気マーカの実測位置Aを理論値による位置Bと比較して相対位置精度として示したものである。ワイヤレス磁気マーカ64の共振周波数は約170kHzに設定した。実測位置Aは理論値による位置Bにほぼ一致し、誤差は最大で2mm程度であった。

10

【0069】

この予備実験ではワイヤレス磁気マーカ64が一辺150mmの立方体内部であれば、十分に磁気マーカ64の位置は計測可能であった。作製する薄型ワイヤレス磁気マーカは予備実験のものよりも小型、薄型にすることができ、ワイヤレス磁気マーカの共振周波数を数10MHz~数GHz程度にすれば、磁気マーカを小型化可能であり、位置精度を向上させることができる。

【0070】

本発明は、上記のような構成を有するものであり、各種の適用例を挙げることもできる。

20

【0071】

(1)図1に示す励磁コイルアレイ1と磁界検出コイルアレイ3とを生体の測定部位に配置し、その生体内部に前記LC共振回路で構成したワイヤレス磁気マーカ6を挿入することにより生体中におけるワイヤレス磁気マーカ6の位置および方向の検出を行うことができる。

【0072】

そこで、前記ワイヤレス磁気マーカ6の位置をモニターしながら疾患部位の治療を行うことができる。すなわち、ワイヤレス磁気マーカ6に対応して設けられる医療器具、例えば、カテーテルや治療薬の投与器具などをセットすることができる。

30

【0073】

(2)複数のワイヤレス磁気マーカを配置し、それらの複数のワイヤレス磁気マーカを異なる共振周波数にセットし、各マーカの共振周波数において、誘導磁界を計測する。

【0074】

そこで、前記複数のワイヤレス磁気マーカを生体の異なる部位に配置することにより、それらの部位の位置および方向を一括して検出することができる。

【0075】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

40

【産業上の利用可能性】

【0076】

本発明のワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出方法およびそのシステムは、不透明な領域におけるワイヤレス磁気マーカの位置および方向をコンパクトに、かつ的確に検出することができ、生体の部位の治療や生体の部位の動きなどを検出する装置に好適である。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】本発明の第1実施例を示すワイヤレス磁気マーカの位置および方向の検出システムの模式図である。

50

- 【図 2】本発明の磁気マーカのパラメータの定義を示す図である。
- 【図 3】本発明の磁気マーカの位置および方向を求めるフローチャートである。
- 【図 4】本発明の第 2 実施例を示す磁気マーカの位置および方向の検出システムの模式図である。
- 【図 5】本発明の第 3 実施例を示す磁気マーカの位置および方向の検出システムの模式図である。
- 【図 6】本発明の第 3 実施例を示す各磁気マーカの共振周波数と誘導磁界を示す図である。
- 【図 7】本発明の磁気マーカの位置および方向の検出システムの具体例を示す図である。
- 【図 8】本発明の磁気マーカの等価回路図である。
- 【図 9】本発明の磁気マーカおよび励磁・磁界検出コイルの設計手順を示す図である。
- 【図 10】本発明の具体例による結果を示す図である。
- 【図 11】本発明の具体例による出力電圧値のバラツキを示す図である。
- 【図 12】本発明の実験装置を示す構成図である。
- 【図 13】本発明の予備実験に用いたワイヤレス磁気マーカの写真を示す図である。
- 【図 14】本発明の予備実験に用いたワイヤレス磁気マーカを約 60 mm 移動した際の 3 次元位置を実際の位置と比較した図である。

10

【符号の説明】

【0078】

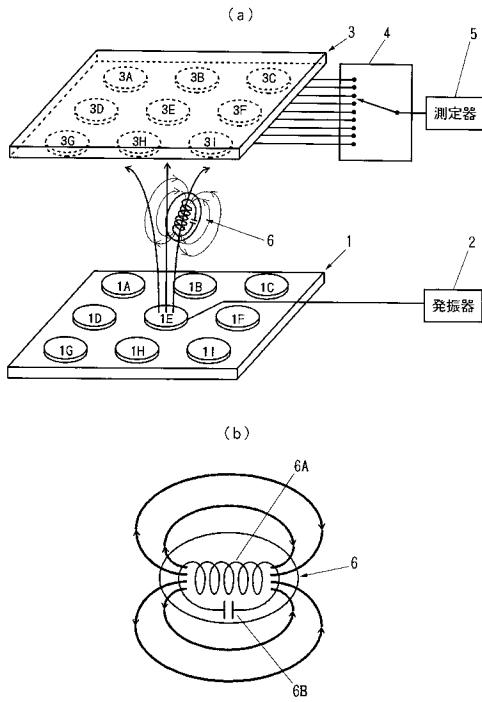
- 1 励磁コイルアレイ
- 1 A ~ 1 I , 3 1 , 6 1 励磁コイル
- 2 発振器
- 3 , 5 0 , 8 0 磁界検出コイルアレイ
- 3 A ~ 3 I , 4 1 ~ 4 9 , 7 1 ~ 7 9 磁界検出コイル
- 4 スイッチ回路
- 5 測定器
- 6 , 1 2 , 3 3 , 6 4 ワイヤレス共振型磁気マーカ
- 6 A インダクタ
- 6 B キャパシタ
- 1 1 励磁・磁界検出コイルアレイ
- 1 1 A ~ 1 1 I 励磁・磁界検出コイル
- 2 1 ~ 2 3 複数個の磁気マーカ
- 3 2 , 6 2 励磁コイルを支持する部材
- 3 4 , 6 5 磁気マーカを支持する部材
- 3 5 , 6 6 3次元移動装置
- 4 0 磁界検出コイルを支持する部材
- 5 1 インダクタンス $j L$
- 5 2 抵抗 R
- 5 3 コンデンサ $1 / j C$
- 6 0 実験装置のフレーム
- 6 3 , 8 1 リード線
- 6 4 A コイル
- 6 4 B チップコンデンサ
- 6 4 C 高透磁率フェライト
- 8 2 スイッチ
- 8 3 測定器 (電圧計)

20

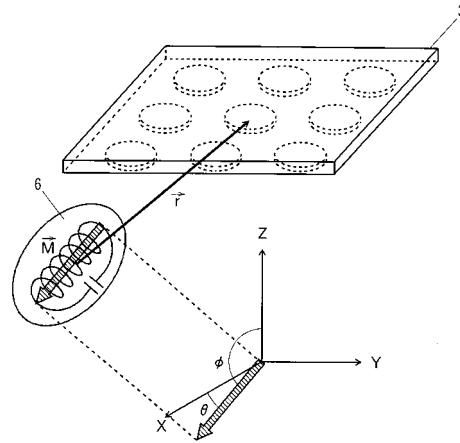
30

40

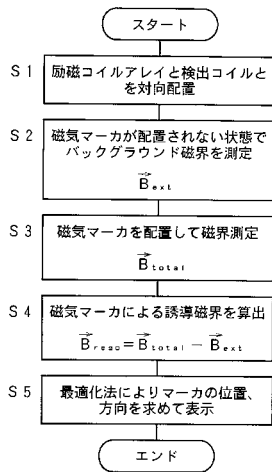
【 図 1 】



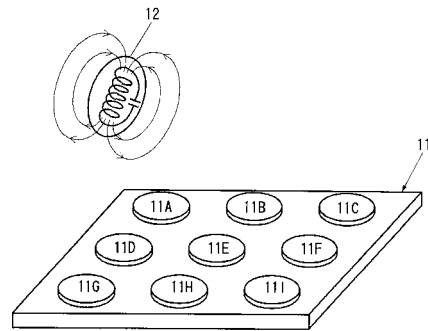
【 図 2 】



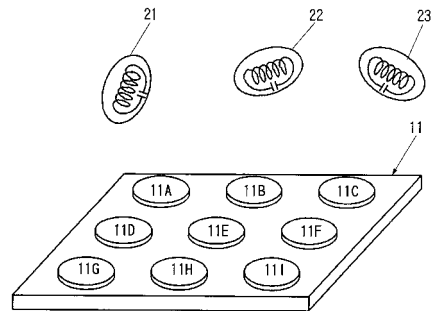
【 図 3 】



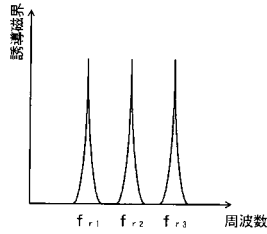
【 図 4 】



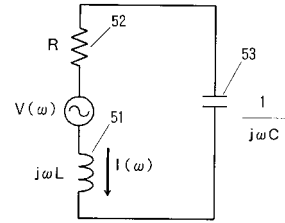
【 図 5 】



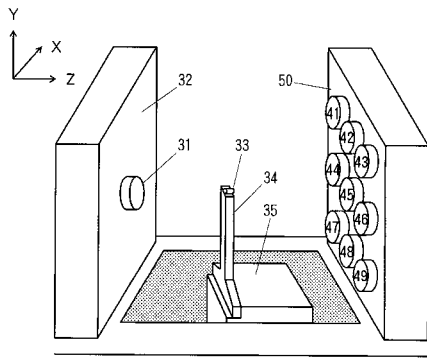
【 図 6 】



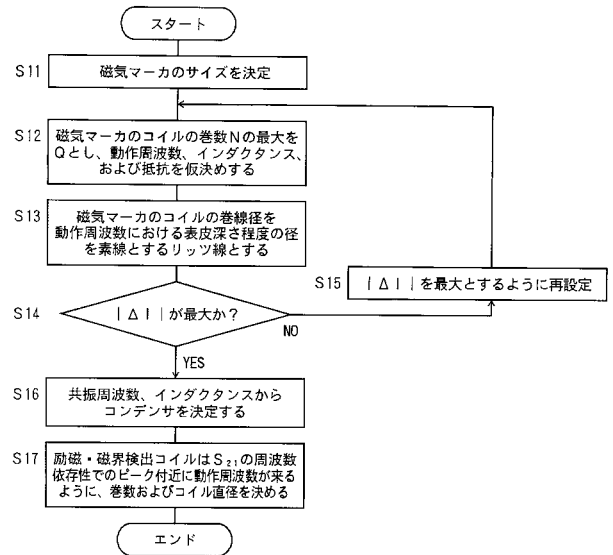
【 図 8 】



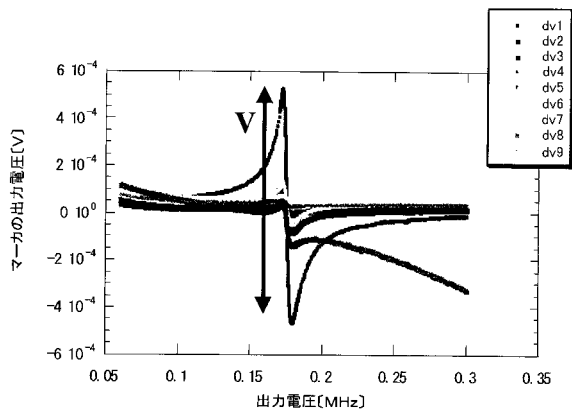
【 図 7 】



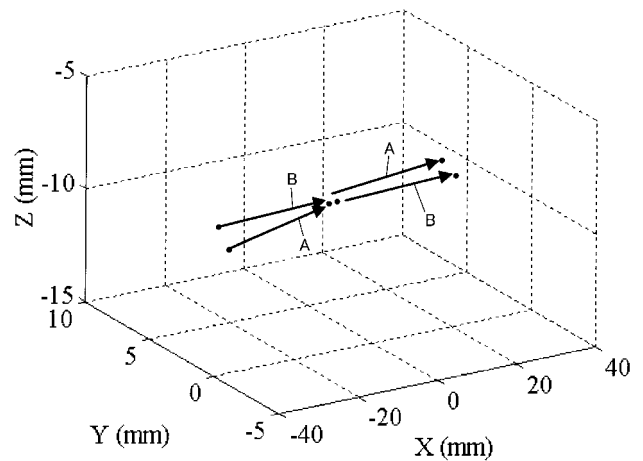
【 図 9 】



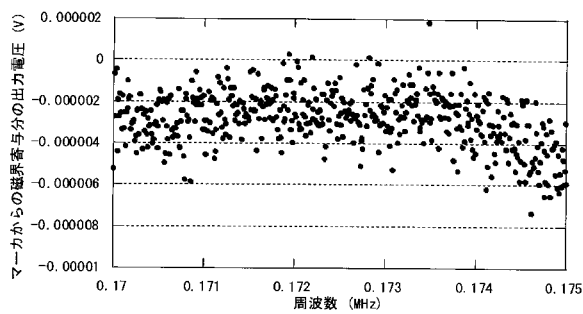
【 図 10 】



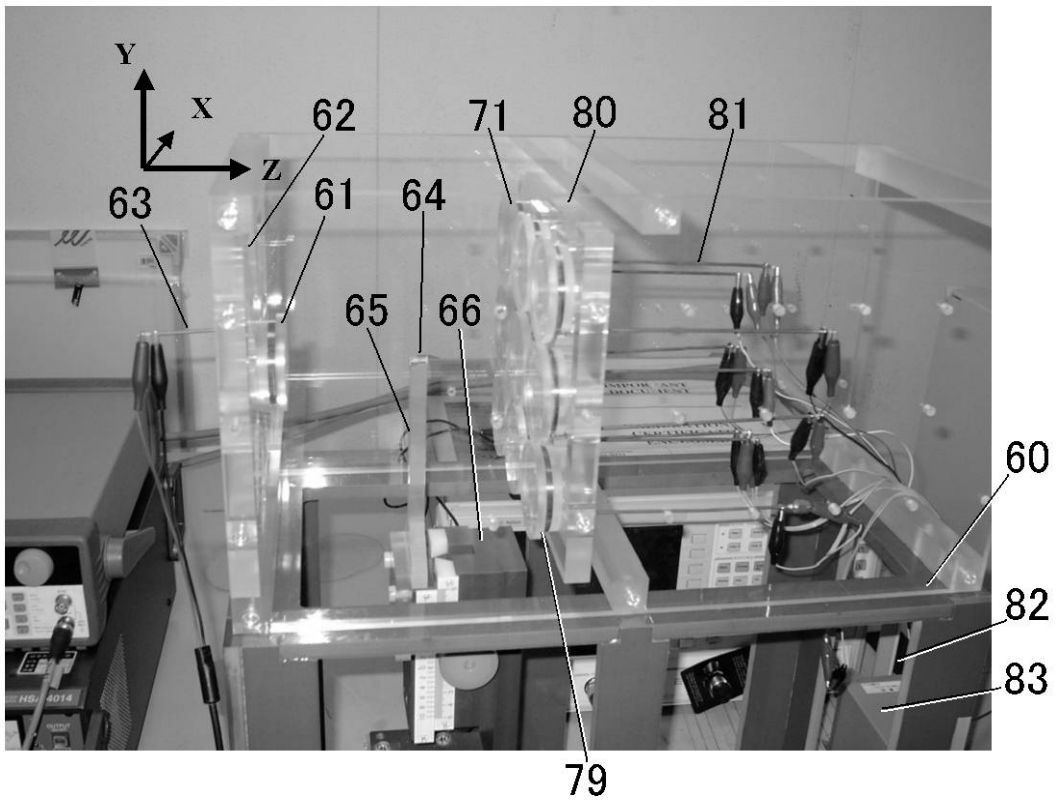
【 図 14 】



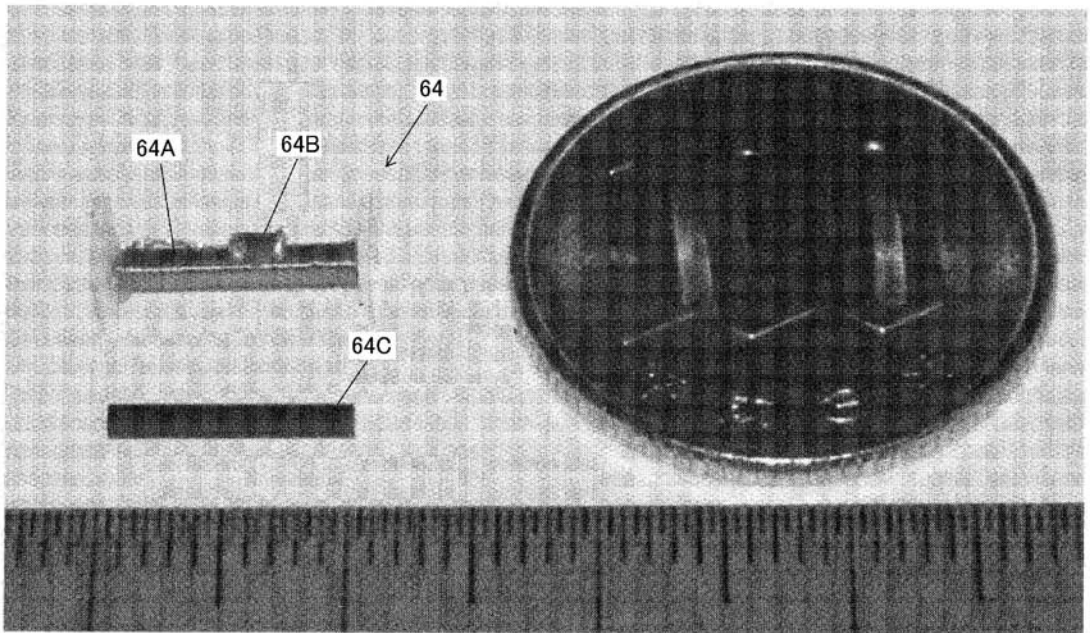
【 図 11 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 杓 修一郎

岐阜県岐阜市祈年町 6 - 6 - 2 L X 2 1 - 6 0 4

Fターム(参考) 2F063 AA04 BA30 BD15 CA01 CA15 CA34 DA01 DA05 DB05 DD07

GA01 LA05 NA07

4C061 AA00 BB00 CC00 DD04 FF24 HH51 JJ17