

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6924443号
(P6924443)

(45) 発行日 令和3年8月25日(2021.8.25)

(24) 登録日 令和3年8月4日(2021.8.4)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 R 33/02 (2006.01)	GO 1 R 33/02 D
HO 1 L 43/00 (2006.01)	GO 1 R 33/02 R
	HO 1 L 43/00

請求項の数 3 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-123769 (P2018-123769)</p> <p>(22) 出願日 平成30年6月28日(2018.6.28)</p> <p>(65) 公開番号 特開2020-3370 (P2020-3370A)</p> <p>(43) 公開日 令和2年1月9日(2020.1.9)</p> <p>審査請求日 令和3年2月11日(2021.2.11)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 713000630 マグネデザイン株式会社 愛知県名古屋市中昭和区福江二丁目9番33号</p> <p>(72) 発明者 本蔵 義信 愛知県知多郡東浦町大字緒川字東仙台33番地の10</p> <p>(72) 発明者 本蔵 晋平 愛知県知多郡東浦町大字緒川字東仙台33番地の10</p> <p>審査官 島田 保</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元磁界検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アスペクト比2以上の短冊状の側面と底面の長辺の長さ0.7mm以下からなる直方体台座と、

前記直方体台座の長辺の1つの面に第1軸方向とする縦軸方向磁界検出用のGSR素子と、

前記直方体台座の長辺の他の隣接する2つの面に第2軸方向および第3軸方向とする横軸方向磁界検出用のGSR素子と、

前記第1軸方向、前記第2軸方向および前記第3軸方向の前記GSR素子からなる3つのGSR素子を制御するASIC仕様の電子回路とからなる3次元磁界検出装置において、
前記縦軸方向磁界検出用のGSR素子は、

ASIC表面保護被膜上に形成された絶縁性レジスト層からなる基板皮膜にアモルファス磁性ワイヤ(以下、磁性ワイヤという。)を前記基板皮膜の長さ方向に形成された溝に設置し、前記磁性ワイヤの周りに検出コイルを形成し、前記磁性ワイヤにパルス電流を通電するための2個のワイヤ電極と前記検出コイルに発生するコイル電圧を測定する2個のコイル電極を備え、

前記縦軸方向磁界検出用のGSR素子と幅0.8mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ3mm以下の大きさの前記ASICは前記4つの電極を介して連結する縦軸方向磁界検出用のASIC一体型GSRセンサを形成し、

前記横軸方向磁界検出用のGSR素子は、

10

20

A S I C表面保護被膜上に形成された絶縁性レジスト層からなる基板皮膜に前記磁性ワイヤを前記基板皮膜の幅方向に形成された溝に設置し、前記磁性ワイヤの周りに検出コイルを形成し、前記磁性ワイヤにパルス電流を通電するための2個のワイヤ電極と前記検出コイルに発生する電圧を測定する2個のコイル電極を備え、

前記横軸磁界検出用のG S R素子と幅0.8mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ3mm以下の大きさの前記A S I Cは前記4つの電極を介して連結する横軸方向磁界検出用のA S I C一体型G S Rセンサを形成し、

前記直方体台座の前記長辺の1つの面に前記縦軸方向磁界検出用のA S I C一体型G S Rセンサを、前記長辺の他の隣接する2つの面に前記横軸方向磁界検出用のA S I C一体型G S Rセンサを取り付けて底面の長辺0.8mm以下、対角線1.0mm以下、側面の長さ3mm以下の大きさの直方体形状からなり、

3つの前記A S I Cは外部制御装置と各々配線ケーブルで連結されていることを特徴とする3次元磁界検出装置。

【請求項2】

請求項1において、

前記A S I C一体型G S Rセンサの各2本の信号線からなる合計6本の配線と前記A S I C一体型G S Rセンサの電源線からなる2本または6本の配線との総合計8本または12本の配線で外部の制御装置と連結していることを特徴とする3次元磁界検出装置。

【請求項3】

請求項1において、

第1軸方向、第2軸方向または第3軸方向のG S R素子のいずれか1つの素子は、3軸切替機能を有するA S I Cと一体化された、幅0.8mm、厚さ0.2mm、長さ3mm以下の3軸切替A S I C一体型G S Rセンサを形成し、

他の2つのG S R素子は、前記3軸切替A S I C一体型G S Rセンサと前記直方体台座上で連結し、

前記A S I Cは外部の制御装置と配線ケーブルで連結されている底面の長辺0.8mm以下、対角線1.0mm以下、側面の長さ3mm以下の大きさの直方体形状であることを特徴とする3次元磁界検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡、カテーテルなどの生体内磁気式ポジショニングシステムに応用される超小型の3次元磁界検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

医療分野の高度化に伴い、胃カメラ、カテーテル、血管内視鏡など生体内モーションデバイスの普及が進んでおり、その位置や方位を把握する需要が高まっている。デバイス側に磁石または電磁石を内蔵して、その位置や方位を外部に磁界センサで測定する方法（特許文献1）や、デバイス側の一軸の磁界センサと位置が特定されている2点に設置された2個の磁界センサおよび外部の磁界発生装置とを組み合わせた方式（特許文献2）および3つの外部磁界発生装置とガイド先端に内蔵した3次元磁界センサを組み合わせた方式（特許文献3）などの方法が開示されている。しかし、磁気センサの微小な磁界検出力が低く、そのため位置決め精度が数mmと臨床に必要な精度100μm以下を実現するに至っていない。

【0003】

2015年に超高感度マイクロ磁気センサとして"G S Rセンサ"（特許文献4）が開示され、この磁気センサを活用して位置決め精度100μmを実現するための取り組みが進んでいる。

10

20

30

40

50

カテーテル内蔵磁気センサとして、GSRセンサを活用して小型の3次元磁界検出用素子（長さ0.6mm以下、幅0.3mm以下および厚み0.15mm以下）とASICをフリップチップ接合した3次元磁界検出装置を図11（特許文献5、図1）に示す。しかし、Z軸方向の磁界検出感度がX軸やY軸方向に比べて十分ではないためにZ軸磁界の検出を強化するとZ軸方向であるセンサの厚みを増加させる必要がある。すなわち、センサの厚みとZ軸方向の磁界検出感度とはトレードオフの関係にあり、その改善は困難な課題である。

【0004】

また、カテーテルを誘導するためにガイドワイヤに内蔵する磁気センサとして、2017年に3軸磁界センサに代えて1軸磁界センサタイプを図12（特許文献6、図1）に示す。この方式は、ガイドワイヤ先端部はセンサ内蔵のためのスペースが直径0.5mm、長さ1.6mm以下と非常に小さいので、磁界センサを1軸として小型化し、外部から3軸の傾斜磁界と3軸の一樣磁界を交差的に与えて位置と方位を求めるという方式で、位置決め精度100μm以下を実現している。しかし、磁界発生装

置の構造が複雑で、医師が治療するための治療スペースが狭くなるという欠点があり、その改善が取り組まれている。

【0005】

カテーテル内蔵用には直径1.0mm以下、ガイドワイヤ内蔵用には直径0.5mm以下の3次元磁界センサまたは1次元磁界センサの開発および各タイプに必要な磁界発生装置を開発し、両者を組み合わせて位置決め精度100μm以下を実現するポジショニングシステムの開発が行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2003—117004公報

【特許文献2】特開2010—179116公報

【特許文献3】特開2015—134166公報

【特許文献4】特許第5839527号公報

【特許文献5】特許第6240994号公報

【特許文献6】特許第6256962号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、カテーテル内蔵型の3次元磁界検出装置において、内蔵可能なサイズを前提に、X軸、Y軸、Z軸の3軸の磁界検出力が同じで、しかもその出力のS/N比が高い3次元磁界検出装置を開発することである。本発明によれば、比較的構造が簡単な磁界発生装置と組み合わせて、位置決め精度100μm以内を実現することができる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者は、カテーテル内のセンサ内蔵のためのスペースのサイズと形状、すなわち直径1.0mm以下、長さ方向は3mm以下に着目し、長さ方向（Z軸）磁界を検出する素子は磁性ワイヤの長さを十分に取り、一方、幅の小さく十分な磁性ワイヤの長さを確保することができない横方向（X軸とY軸）磁界を検出する素子はワイヤ本数を増加することで、3つの素子の検出感度を同じにすることに想到した。

【0009】

いずれの素子も磁性ワイヤの長さ方向は十分長くすることができるので、細長い素子と細長い電子回路ASICとを組み合わせて幅0.8mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ3mm以下の1軸磁界センサをまず製作し、幅0.6mm以下、厚さ0.7mm以下、長さ3mm以下の大きさの直方体台座の長手方向3面にX軸センサ、Y軸センサおよびZ軸セン

サを配置することにした。ただし、X軸センサとY軸センサは直交する隣接面にそれぞれ配置する必要がある。

また、3軸切替機能を有するASICと一つの軸の素子を組み合わせて幅0.8mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ3mm以下の一つの軸の磁界センサを製作し、他の2つの軸の素子を製作し、直方体台座の長手方向の3つの面にそれぞれ配置する。3つの面の素子は、上記のX軸素子、Y軸素子およびZ軸素子の機能を有している。

さらに、直方体台座の長手方向の3つの面にX軸素子、Y軸素子およびZ軸素子の機能を有する素子をそれぞれ配置し、3軸切替機能を有するASICを長手方向の1つの面に配置することもできる。

【発明の効果】

【0010】

本発明により、カテーテルに内蔵可能な超小型の3次元磁界検出装置で、高い感度、低いノイズ、広い測定レンジなどの優れたGSRセンサの基本性能を維持し、かつ3軸磁界の検出感度を同じにすることができるもので、外部の磁界発生装置と組みあわせて、生体のカテーテル先端の位置を100μm以下の精度で、しかも構造が簡単な磁界発生装置を用いて、検出することを可能にする。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】3次元磁界検出装置の(a)直方体台座の斜視図および(b)3次元磁界検出装置の斜視図である。

【図2】3次元磁界検出装置の(c)組み立て断面図および(d)カテーテルに内蔵した3次元磁界検出装置の組み立て断面図である。

【図3】縦軸磁界検出用GSRセンサの平面図である。

【図4】縦軸磁界検出用GSRセンサのA1-A2線の断面図である。

【図5】縦軸磁界検出用GSRセンサのB1-B2線の断面図である。

【図6】横軸磁界検出用GSRセンサの平面図である。

【図7】3次元磁界検出装置の(a)斜視図および(b)組み立て断面図である。

【図8】実施例1に係るGSRセンサの電子回路図である。

【図9】実施例2に係る3次元磁界検出装置の(a)斜視の概略図および(b)組み立て断面図である。

【図10】実施例2に係る3次元磁界検出装置の電子回路図である。

【図11】従来の3次元磁気センサである。

【図12】従来の1次元磁気センサである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の3次元磁界検出装置は、アスペクト比2以上の短冊状の側面と底面の長辺の長さ0.7mm以下からなる直方体台座と、直方体台座の長辺の1つの面に第1軸方向とする縦軸方向磁界検出用のGSR素子と、直方体台座の長辺の他の隣接する2つの面に第2軸方向および第3軸方向とする横軸方向磁界検出用のGSR素子と、第1軸方向、第2軸方向および第3軸方向のGSR素子からなる3つのGSR素子を制御するASIC仕様の電子回路とからなる。

【0013】

図1(a)を用いて説明する。

直方体台座は、(a)直方体台座の斜視図より、短冊状の側面は長辺/短辺のアスペクト比は2以上の細長い直方体からなる。底面は、その長辺は長さ0.7mmとする。

直方体台座の長辺の1つの面(側面の1つの面をいう。)に第1軸方向とする縦軸方向に、図面上では左右方向となる直方体の長さ方向となる縦軸磁界検出用のGSR素子を配置する。

次に、長辺の他の隣接する2つの面に第2軸方向および第3軸方向とする横軸方向に、図面上では直方体の幅方向となる横軸磁界検出用のGSR素子を配置する。

10

20

30

40

50

すなわち、第1軸方向をZ軸方向として、Z軸に直交する平面上に第2軸方向および第3軸方向の2つの軸方向を任意にX軸方向、Y軸方向として、X軸GSR素子、Y軸GSR素子およびZ軸GSR素子を配置し、これら3つのGSR素子を制御するASIC仕様の電子回路とを組み合わせることで3次元の磁界を検出することができる。

【0014】

3つのGSR素子とASIC仕様の電子回路との組み合わせの方式には3通りがある。

1つには、直方体台座の長辺の3つの面にGSR素子を1つずつ配置し、任意の1つの面に3軸切替機能を有するASIC仕様の電子回路を1つ配置する(図1および図2)。

2つには、3つのGSR素子はそれぞれASIC仕様の電子回路と連結されたASIC一体型GSRセンサを形成し、3つのASIC一体型GSRセンサが直方体台座の長辺の3つの面にそれぞれ配置する(図7および図8)。

3つには、1つのGSR素子は3軸切替機能を有するASIC仕様の電子回路と連結されたASIC一体型GSRセンサを形成して1つの面に配置し、2つのGSR素子は2つの面にそれぞれ配置し、ASIC一体型GSRセンサの電子回路と連結する(図9および図10)。

まず、1つめの方式について説明し、後者の2つについては次の実施形態の説明に委ねる。

【0015】

図1(b)、図2(c)および図2(d)を用いて説明する。

直方体台座31は、プラスチック、セラミックなどの固い絶縁素材を用いて、その大きさは底面の短辺(幅)0.6mm以下、長辺(厚さ)0.7mm以下、長さ3mm以下である。

【0016】

縦軸方向の磁界検出用のGSR素子10(以下、縦軸GSR素子という。)と、横軸方向の磁界検出用のGSR素子20(以下、横軸GSR素子という。)の基板は、直方体台座31に配置するために長方形で厚みの薄い板である。

縦軸GSR素子10は、基板上に、基板の長さ方向の磁性ワイヤ13と磁性ワイヤ13に周回する検出コイル14および2つのワイヤ電極と2つのコイル電極からなる。

横軸GSR素子20は、基板上に、基板の幅方向の磁性ワイヤ23と磁性ワイヤ23に周回する検出コイル24および2つのワイヤ電極と2つのコイル電極からなる。

3つのGSR素子は、直方体台座31の長辺の1つの面にはGSR素子10が配置され、長辺を挟んで隣接する2つの面にGSR素子20がそれぞれ配置される。

GSR素子の大きさは、幅0.8mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ1.0mm以下である。

【0017】

ASIC仕様の電子回路(ASIC1A)は、GSR素子20の下部に配置されている。ASIC1Aは3つのGSR素子と連結され、ASIC1Aの電極561~564は外部の制御装置と連結されている。なお、ASIC1Aの配置はGSR素子20の配置されている面に限らず、いずれの面でもよい。

ASICの大きさは、幅0.8mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ3mm以下である。

【0018】

このようにして本発明の3次元磁界検出装置は、底辺の長辺0.8mm以下、対角線の長さ1.0mm以下、側面の長辺の長さ3mm以下の細長い直方体形状からなるために、細長いパイプ状のカテーテル先端部に内蔵することができる(図2(d))。

【0019】

また、本発明の3次元磁界検出装置において、

その縦軸方向磁界検出用のASIC一体型GSRセンサは、ASIC表面保護被膜上の絶縁性レジスト層からなる基板皮膜の長さ方向にアモルファス磁性ワイヤ(以下、磁性ワイ

10

20

30

40

やという。)を基板皮膜に形成された溝に取り付け、磁性ワイヤの周りに検出コイルを巻き付けて形成し、磁性ワイヤにパルス電流を通電するための2個のワイヤ電極と検出コイルに発生するコイル電圧を測定する2個のコイル電極からなるGSR素子と幅0.5mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ3mm以下の大きさのASICとからなる。GSR素子とASICとは上記の4つの電極を介して連結されている。

【0020】

その横軸方向磁界検出用のASIC一体型GSRセンサは、ASIC表面保護被膜上の絶縁性レジスト層からなる基板皮膜の幅方向にアモルファス磁性ワイヤを基板皮膜に形成された溝に取り付け、磁性ワイヤの周りに検出コイルを巻き付けて形成し、磁性ワイヤにパルス電流を通電するための2個のワイヤ電極と検出コイルに発生する電圧を測定する2個のコイル電極からなるGSR素子と幅0.5mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ3mm以下の大きさのASICとからなる。GSR素子とASICとは上記の4つの電極を介して連結されている。

【0021】

そして、3次元磁界検出装置は、直方体台座の長辺の1つの面に縦軸方向磁界検出用のASIC一体型GSRセンサを、長辺の他の2つの面にそれぞれ前記横軸方向磁界検出用のASIC一体型GSRセンサを取り付けて底面の長辺0.8mm以下、対角線1.0mm以下、側面の長さ3mm以下の大きさの直方体形状からなる。

3つのASIC一体型GSRセンサは、外部の制御装置とそれぞれ配線ケーブルで連結されている。

【0022】

以下、実施形態を詳細に説明する。

3次元磁界検出装置は、直方体台座の4つの長辺のうち1つの面を第1軸方向(以下、Z軸方向という。)とし、残りの3つの長辺のうちお互いに接する長辺の2つの面を第2軸方向および第3軸方向(以下、X軸方向およびY軸方向という。)として、Z軸方向には縦軸方向磁界検出用のASIC一体型GSRセンサを配置し、X軸方向およびY軸方向には横軸方向磁界検出用のASIC一体型GSRセンサをそれぞれ配置する。直方体台座へのASIC一体型GSRセンサの取り付けは接着剤を用いる。取り付け後の大きさは、底面の長辺0.8mm以下、対角線1.0mm以下、側面の長さ3mm以下である。

ここで、縦軸方向磁界検出とは長辺の面の長さ方向であって3次元磁界検出のうちZ軸方向磁界検出に相当し、横軸方向磁界検出とは長辺の面の長さ方向に直交する幅方向であって3次元磁界検出のうちX軸方向磁界検出およびY軸方向磁界検出に相当する。

【0023】

また、3次元磁界検出装置は、GSRセンサの長さとのアスペクト比を2以上の短冊状とする。よって、アスペクト比2以上の短冊状の3つのGSRセンサを配置する直方体台座もアスペクト比2以上の短冊状とする。

【0024】

直方体台座は、プラスチック、セラミックなどの固い絶縁素材を用いて、その大きさは幅0.6mm以下、厚さ0.7mm以下、長さ3mm以下である。ASICの好ましい大きさである幅0.2mm~0.5mm、厚さ0.08mm~0.12mm、長さ1mm~1.6mmに対応して、好ましくは、幅0.36mm~0.5mm、厚さ0.28mm~0.48mm、長さ1mm~1.6mmである。

【0025】

縦軸方向磁界検出用のASIC一体型GSRセンサ(以下、縦軸GSRセンサという。)は、幅0.8mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ3mm以下のサイズの特用途向け集積回路(ASIC)と、ASIC表面の絶縁保護被膜上にGSR素子の基板としての機能を果たすことができる厚みの絶縁レジスト層(以下、レジスト層という。)からなる基板皮膜を形成し、その基板皮膜上にASICの長さ方向の磁性ワイヤと磁性ワイヤを周回する検出コイルおよび電極からなる縦軸GSR素子を一体成形するものである。この縦軸

10

20

30

40

50

G S R 素子は、縦軸 G S R 素子のワイヤ電極およびコイル電極を介して A S I C と連結されている。

【 0 0 2 6 】

アモルファス磁性ワイヤの長さは A S I C の幅より長く、その本数は 1 本または 2 本とする。A S I C の長さ方向の他端に電源供給と外部のコンピュータとの信号交信のための電極が複数個設置されている。外部からカテーテルチューブを通して電線が挿入され、その電線と A S I C の電極とが接続されて、電源の供給および信号の交信が行われる。

【 0 0 2 7 】

横軸方向磁界検出用の A S I C 一体型 G S R センサ（以下、横軸 G S R センサという。）は、幅 0 . 8 mm 以下、厚さ 0 . 2 mm 以下、長さ 3 mm 以下のサイズの A S I C と、A S I C 表面の絶縁保護被膜上に G S R 素子の基板としての機能を果たすことができる厚みのレジスト層からなる基板皮膜を形成し、その基板皮膜上に A S I C の幅方向の磁性ワイヤと磁性ワイヤを周回する検出コイルおよび電極からなる横軸 G S R 素子を一体成形するものである。この横軸 G S R 素子は、横軸 G S R 素子のワイヤ電極およびコイル電極を介して A S I C と連結されている。

【 0 0 2 8 】

アモルファス磁性ワイヤの長さは A S I C の幅に相当し、その本数は 2 本または 4 本とする。長さの短い横軸 G S R 素子からなる横軸 G S R センサは、縦軸 G S R センサと同じ磁界検出力をためには縦軸 G S R 素子の長さに相当する横軸 G S R 素子の長さが必要となるからである。

【 0 0 2 9 】

縦軸 G S R センサと同様に、A S I C の長さ方向の他端に電源供給と外部のコンピュータとの信号交信のための電極が複数個設置されている。外部からカテーテルチューブを通して電線が挿入され、その電線と A S I C の電極とが接続されて、電源の供給および信号の交信が行われる。

【 0 0 3 0 】

G S R 素子（縦軸 G S R 素子および横軸 G S R 素子の両者をいう。）と A S I C とを一体成形した G S R センサは超薄型化・超小型化が可能となり、この 1 つの縦軸 G S R センサおよび 2 つの横軸 G S R センサの組み合わせを直方体台座に取り付けた 3 次元磁界検出装置の直方体の超小型化が達成できる。この超小型化した 3 次元磁界検出装置は、カテーテルチューブの先端への内蔵に最適である。

【 0 0 3 1 】

G S R 素子は、感磁体であるアモルファス磁性ワイヤ、磁性ワイヤに周回する検出コイル、磁性ワイヤおよび検出コイルのそれぞれの両端の端子、両端の端子と A S I C と連結する電極および端子と電極との配線から構成されている。

【 0 0 3 2 】

アモルファス磁性ワイヤ 1 3 は、C o F e S i B 合金で直径 1 5 μ m 以下、好ましくは 1 0 μ m 以下である。磁性ワイヤ 1 3 の周囲は絶縁性材料、例えば絶縁性ガラス材料で被覆されていることが好ましい。磁性ワイヤ 1 3 と検出コイル 1 4 との間の絶縁が容易であり、また両者の間隙を小さくしてコイル内径の小径化を図ることができる。

【 0 0 3 3 】

検出コイルは、コイル内径は 3 0 μ m 以下、好ましくは 1 5 μ m 以下である。コイル内径を小さくすることにより感度の向上になる。コイルピッチは 5 μ m 以下、好ましくは 3 μ m 以下である。これにより単位長さ当たりのコイル巻数の増加を図ることができ、感度の向上、ひいては磁界検出素子を短くして小型にすることができる。

【 0 0 3 4 】

G S R センサの電子回路は、本発明者が特許文献 4 において開示している電子回路を基本とする。

基本回路は、パルス発信回路（パルス発信器）および信号処理回路を有する。信号処理回路は、バッファ回路、検波タイミング調整回路、電子スイッチ、サンプルホールド回路お

10

20

30

40

50

よび増幅器からなる。パルス発振回路により発生した2GHz相当の高周波のパルス電流をGSR素子の磁性ワイヤへ供給する。パルス電流を通電した際に磁性ワイヤの表面の電子スピンの高速回転し、検出コイルに外部磁場に対応した電圧が発生する。この出力電圧をサンプルホールドして増幅器で検出する。なお、ここでいうパルス周波数は、パルス電流の「立ち下がり」時間 t の4倍をその周期としてその逆数をパルス周波数と便宜上定義した。

【0035】

検出コイルの出力電圧は検波タイミング調整回路により、パルス電流の立ち下がりから所定のタイミングで、電子スイッチを短時間にスイッチング(オン-オフ)することでサンプルホールド回路のコンデンサ電圧としてホールドされ、このサンプリング電圧は増幅器により増幅されて出力される。 10

【0036】

その後AD変換され、内蔵の小型CPUでデータ保存およびデータ補正されて、外部の制御装置に転送される。

この時に制御装置で3次元磁界検出装置は制御されるが、外部から電源供給のための2本の電源線と、外部へ信号送信のためと外部からGSRセンサを制御するための2本の信号線とからなる合計4本の電線でGSRセンサを制御する。

【0037】

したがって、3次元磁界検出装置は、ASIC一体型GSRセンサの各2本の信号線からなる合計6本の配線と、ASIC一体型GSRセンサの各2本の電源線からなる合計6本の配線との総合計12本の配線で外部の制御装置と連結されている。 20

また、3次元磁界検出装置は、ASIC一体型GSRセンサの電源線を共通化して電源線2本と、ASIC一体型GSRセンサの各2本の信号線の合計6本と合わせて8本の配線で外部の制御装置と連結されている。

配線数の減少によりカテーテルに内蔵したセンサと外部の制御装置とを結ぶワイヤの小型化が実現する。これにより小さな直径のカテーテルへの適用が良くなる。また強度面で引き出し線との接続点が少なくなるので故障しにくくなる。

【0038】

ASICのサイズは、幅0.8mm以下、厚さ0.2mm以下、長さ3mm以下とする。好ましくは、幅0.2mm~0.4mm、厚さ0.08mm~0.12mm、長さ1mm~1.6mmである。 30

【0039】

ASICの上面には、GSR素子と連結のための4つの電極が上面の幅方向の両端に配置されている。ASICの電極とGSR素子の電極は、レジスト層に設けたスルーホールを介して連結する。スルーホール部は、メッキまたは蒸着プロセスで形成する。材料としては、金、銅など良伝導性材料を用いる。

【0040】

ASICの長手方向の一端の端部に外部接続用の4つの電極が設置されている。

これらの電極と外部装置とは、4本ワイヤを束ねたフレキシブル電線を用いて連結する。フレキシブル電線の4本線と、ASICの4つの電極とは半田接合法で接合する。3本のフレキシブル電線を束ねて内部の3次元磁気センサと外部のコンピュータとを連結する。 40

【0041】

縦軸GSRセンサ(Z軸GSRセンサ)は、感度は70mV/G~300mV/G、ノイズは20 μ V~30 μ V、磁界強度1Gの時のS/N比は、1000~3000、測定レンジは5G~20G、アナログ回路のバンド幅は50kHz、デジタル出力のODRは1kHzである。直線性は、フルスケールに対して0.2%で、ヒステリシスは無い。横軸GSRセンサ(X軸GSRセンサおよびY軸GSRセンサ)の特性も同様で、3軸の検出感度は同一に調整しできることを確認した。

そして、3次元磁界検出装置は、直方体台座の長辺の1つの面に縦軸方向磁界検出用のA 50

S I C 一体型 G S R センサを、長辺の他の 2 つの面にそれぞれ前記横軸方向磁界検出用の A S I C 一体型 G S R センサを取り付けて底面の長辺 0 . 8 m m 以下、対角線 1 . 0 m m 以下、側面の長さ 3 m m 以下の大きさの直方体形状からなる。

【 0 0 4 2 】

また、本発明の 3 次元磁界検出装置は、第 1 軸方向、第 2 軸方向または第 3 軸方向の G S R 素子のいずれか 1 つの素子は、3 軸切替機能を有する A S I C と一体化された、幅 0 . 8 m m、厚さ 0 . 2 m m、長さ 3 m m 以下の 3 軸切替 A S I C 一体型 G S R センサを形成し、他の 2 つの G S R 素子は、3 軸切替 A S I C 一体型 G S R センサと直方体台座上で連結し、A S I C は外部の制御装置と配線ケーブルで連結されている幅 0 . 8 m m、厚さ 0 . 8 m m、長さ 3 m m 以下の大きさからなる。

10

【 0 0 4 3 】

この 3 次元磁界検出装置は、3 つめの方式であり、3 軸切替機能を有する A S I C を使用して、A S I C 一体型 G S R センサの電源線 2 本と信号線 2 本とからなる合計 4 本の配線で外部の制御装置と連結されている。

3 つの A S I C を 1 つに簡素化することができることも外部の制御装置との連結するための配線を少なくすることができる。

そして、3 次元磁界検出装置は、直方体台座の長辺の 1 つの面に縦軸方向磁界検出用の A S I C 一体型 G S R センサを、長辺の他の 2 つの面にそれぞれ前記横軸方向磁界検出用の A S I C 一体型 G S R センサを取り付けて底面の長辺 0 . 8 m m 以下、対角線 1 . 0 m m 以下、側面の長さ 3 m m 以下の大きさの直方体形状からなる。

20

【 0 0 4 4 】

外部の磁界発生装置は、1 軸磁気センサの場合、3 台の傾斜磁界発生装置と 3 台の一樣磁界発生装置が必要で、それらが複雑にかつ立体的に配置されているため、医師が治療するための治療スペースが狭くなるという欠点があった。しかし 3 次元磁界検出装置をカテーテル先端に内蔵することによって、2 台の一樣磁界発生装置と 1 台の傾斜磁界発生装置だけで、正確な位置決めが可能となる。また、1 軸磁気センサを使ったシステムでは原理上磁界を検出できなくなる方位、つまり特異点が存在したが、3 軸磁気センサを使うことで、全方位で磁界を検出できる。そのため、治療スペースが広くとることができて特異点もなくなり、1 軸磁気センサを使ったシステムの問題を解決することができる。

【 実施例 】

30

【 0 0 4 5 】

[実施例 1]

実施例 1 は、Z 軸磁界検出用の縦軸方向磁界検出用の A S I C 一体型 G S R センサ（以下、縦軸 G S R センサという。）の 1 つと、X 軸磁界検出用および Y 軸磁界検出用の横軸方向の A S I C 一体型 G S R センサ（以下、横軸 G S R センサという。）の 2 つとからなる計 3 つの G S R センサを直方体形状の台座の 3 つの面に配置し、Z 軸方向、X 軸方向、Y 軸方向からなる 3 軸方向の磁界を精度よく検出する 3 軸磁界検出装置に関する。

【 0 0 4 6 】

実施例 1 に係る縦軸 G S R センサの平面図を図 3、同図の A 1 - A 線の断面図を図 4、同図の B 1 - B 2 線の断面図を図 5 に示す。横軸 G S R センサの平面図を図 6 に示す。1 つの縦軸 G S R センサと 2 つの横軸 G S R センサを組み合わせた 3 次元磁界検出装置の (a) 斜視図の概略図と (b) 組み立て断面図の概略図を図 7 に示す。また、その電子回路図を図 8 に示す。これらの図面を参照しつつ実施例 1 を説明する。

40

【 0 0 4 7 】

縦軸 G S R センサ 1 は、図 3 ~ 図 5 に示すように、幅 0 . 4 m m、厚さ 0 . 1 m m、長さ 1 . 4 m m のサイズの A S I C 1 A の絶縁保護被膜上に、幅 0 . 4 m m、長さ 0 . 8 m m のサイズの縦軸 G S R 素子 1 0 を形成する。縦軸 G S R 素子 1 0 の基板皮膜 1 1 は、3 次元フォトリソ技術により A S I C 1 A の絶縁保護被膜上に厚み 7 μ m の絶縁性レジスト層（以下、レジスト層という。）から形成され、素子基板としての機能を果たす。そして、この基板皮膜 1 1 に、A S I C 1 A の長さ方向（図 1 における左右方向）であって基板皮

50

膜 1 1 の中央部に幅 1 4 μm 、深さ 7 μm からなる逆台形状の溝 1 2 が 1 本形成される。

【 0 0 4 8 】

この溝 1 2 の面（底面および側面）および溝 1 2 の両側に沿って、凹形状の下コイル 1 4 4 が形成される。この下コイル 1 4 4 の上に、直径 1 0 μm 、長さ 0 . 6 mm の絶縁性ガラス被覆付きの磁性ワイヤ 1 3 が 1 本設置され、その周囲に絶縁性レジスト 1 1 1 を塗布し、凸形状の上コイル 1 4 3 が形成される。凸形状の上コイル 1 4 3 と凹形状の下コイル 1 4 4 はジョイント部 1 4 5 を介して電氣的接合がされる。こうして、磁性ワイヤ 1 3 を周回するらせん状の検出コイル 1 4 となる。検出コイル 1 4 のコイル内径は 1 5 μm 、コイルピッチは 5 μm である。

【 0 0 4 9 】

磁性ワイヤ 1 3 の両端部については、絶縁性被膜材のガラスを除去して金属蒸着による電氣的接続ができる端子 1 3 1 を形成する。さらに、A S I C の幅方向の両端部における A S I C との電氣的接続のために、ワイヤ電極連結線 1 3 2 を介するワイヤ電極 1 5 を形成する。

検出コイル 1 4 についても、コイル端子 1 4 1、コイル電極連結線 1 4 2、コイル電極 1 6 を形成する。

これにより、A S I C との電氣的接続を行なう。

【 0 0 5 0 】

A S I C 1 A の他端（図 3 の右端）には、電源供給電極 4 9 1 およびアース電極 4 9 4 からなる電源電極 2 個と、外部コンピュータと信号交信のためのコマンド入力電極 4 9 2 および出力電極 4 9 3 からなる通信電極 2 個の計 4 個の電極が設置されている。

外部からカテーテルチューブを通して電線が挿入され、その電線と A S I C 1 A の電極とが接続されて、電源の供給と信号のやり取りが行われる。

【 0 0 5 1 】

横軸 G S R センサ 1 は、図 6 に示すように、幅 0 . 4 mm、厚さ 0 . 1 mm、長さ 1 . 4 mm のサイズの A S I C 1 A の絶縁保護被膜上の一端に、幅 0 . 4 mm、長さ 0 . 8 mm のサイズの横軸 G S R 素子 2 0 を形成する。横軸 G S R 素子 2 0 の基板皮膜 2 1 は、3 次元フォトリソ技術により A S I C 1 A の絶縁保護被膜上に厚み 7 μm の絶縁レジスト層（以下、レジスト層という。）から形成され、素子基板としての機能を果たす。

そして、この基板皮膜 2 1 に、A S I C 1 A の幅方向（図 4 における上下方向）であって基板皮膜 2 1 の中央部に幅 1 4 μm 、深さ 7 μm からなる逆台形状の溝 2 2 が 2 本形成される。

なお、図 6 の断面図については縦軸 G S R センサの図 4 および図 5 と同様である。

【 0 0 5 2 】

この 2 本の溝 2 2 の面（底面および側面）および溝 2 2 の両側に沿って、凹形状の下コイルがそれぞれ形成される。この下コイルの上に、直径 1 0 μm 、長さ 0 . 4 mm の絶縁性ガラス被覆付きの磁性ワイヤ 2 3 L および磁性ワイヤ 2 4 R がそれぞれ 1 本設置され、その周囲に絶縁性レジストを塗布し、凸形状の上コイルが形成される。凸形状の上コイルと凹形状の下コイルはジョイント部を介して電氣的接合がされる。こうして、磁性ワイヤ 2 3 L および磁性ワイヤ 2 3 R をそれぞれ周回するらせん状の検出コイル 2 4 L および検出コイル 2 4 R となる検出コイル 2 4 L および検出コイル 2 5 R の両者（以下、検出コイル 2 4 という。）はコイル間連結線 2 4 4 を介してコイル間端子 2 4 3 により接続されている。

検出コイル 2 4 のコイル内径は 1 5 μm 、コイルピッチは 5 μm である。

【 0 0 5 3 】

磁性ワイヤ 2 3 L および磁性ワイヤ 2 3 R の両者（以下、磁性ワイヤ 2 3 という）の両端部については、絶縁性被膜材のガラスを除去して金属蒸着による電氣的接続ができるワイヤ端子 2 3 1 およびワイヤ間端子 2 3 3 を形成する。そして、磁性ワイヤ 2 3 L および磁性ワイヤ 2 3 R の両者はそれぞれワイヤ間端子 2 3 3 とワイヤ間連結線 2 3 4 により接続されている。

10

20

30

40

50

さらに、ASICの幅方向の両端部におけるASICとの電気的接続のために、ワイヤ電極連結線232を介するワイヤ電極25を形成する。

検出コイル24Lおよび検出コイル24Rの両者(以下、検出コイル24という。)についても、コイル端子241、コイル電極連結線242、コイル電極26を形成する。これにより、ASICとの電気的接続を行なう。

【0054】

ASIC1Aの他端(図3の右端)には、電源供給電極491およびアース電極494からなる電源電極2個と、外部コンピュータと信号交信のためのコマンド入力電極492および出力電極493からなる通信電極2個の計4個の電極が設置されている。

外部からカテーテルチューブを通して電線が挿入され、その電線とASIC1Aの電極とが接続されて、電源の供給と信号のやり取りが行われる。

【0055】

GSRセンサの電子回路として、縦軸GSRセンサおよび横軸GSRセンサは上述している特許文献4に開示している電子回路と同じである。よって、縦軸GSRセンサの電子回路4を例示して説明する。

電子回路4は、パルス発信回路41(パルス発信器41)および信号処理回路42を有する。信号処理回路は、バッファ回路43、検波タイミング調整回路44、電子スイッチ45、サンプルホールド回路46および増幅器47からなる。

パルス発信回路41により発生した2GHz相当の高周波のパルス電流をGSR素子10の磁性ワイヤ12へ供給する。パルス電流を通電した際に磁性ワイヤの表面の電子スピンの高速回転し、検出コイル13に外部磁場に対応した電圧が発生する。この電圧をサンプルホールド回路46にてサンプルホールドして増幅器47で検出する。

なお、ここでいうパルス周波数は、パルス電流の「立ち下がり」時間 t の4倍をその周期としてその逆数をパルス周波数と便宜上定義した。

【0056】

コイルの出力電圧は検波タイミング調整回路44により、パルス電流の立ち下がりから所定のタイミングで、電子スイッチ45を短時間にスイッチング(オン-オフ)することでサンプルホールド回路46のコンデンサ電圧としてホールドされ、このサンプリング電圧は増幅器47により増幅されて出力される。

【0057】

その後、ADコンバータ481によりAD変換され、演算回路482にて内蔵の小型CPUでデータ保存およびデータ補正されて、通信回路483を経由して外部のコンピュータに転送される。この時、制御装置で3次元磁界検出装置は制御されるが、外部からは、電源供給のために2本の電源線、外部への信号送信のための信号線および外部からセンサを制御するための電線、合計4本の電線でセンサを制御する。

【0058】

ASIC1Aのサイズは、幅0.4mm、厚さ0.1mm、長さ1.4mmからなる。

ASIC1Aの上面には、GSR素子10と連結のための4つの電極、すなわち2つのワイヤ電極15A、2つのコイル電極16Aが上面の幅方向の両端に配置されている。ASIC側のワイヤ電極15A、コイル16AとGSR素子のワイヤ電極15、コイル電極16は、基板皮膜11に設けたスルーホール151、161を介して連結されている。スルーホール部は、メッキ工法で銅を材料に形成する。

【0059】

ASIC1Aの長さ方向の一端の端部に外部接続用の4つの電極491、492、493、494が配置されている。

これらの電極と外部装置とは、4本ワイヤを束ねたフレキシブル電線を用いて連結する。フレキシブル電線の4本線と、ASIC1Aの4つの電極とは半田接合法で接合する。3本のフレキシブル電線を束ねて内部の3次元磁界検出装置と外部のコンピュータとを連結する。

【0060】

10

20

30

40

50

直方体台座 31 は、セラミックを用いて、そのサイズは幅 0.3 mm、厚さ 0.4 mm、長さ 1.4 mm とする。直方体台座 31 の長手方向の 4 面のうちの 3 面に、横軸 GSR センサ 2 を X 軸 GSR センサとして、横軸 GSR センサ 2 を Y 軸 GSR センサとして、および縦軸 GSR センサ 1 を Z 軸 GSR センサとしてそれぞれ配置する。ただし、X 軸 GSR センサと Y 軸 GSR センサは直交する隣接面にそれぞれ配置する。各センサの直方体台座 31 への取り付けには接着剤を用いる（図 7）。

こうして作製された 3 次元磁界検出装置の大きさは、幅 0.5 mm、厚さ 0.5 mm、長さ 1.4 mm で、内径 1.0 mm のカテーテルに内蔵できる（図 7（b）および図 1（d））。

【0061】

Z 軸 GSR センサは、感度は 100 mV/G、ノイズは 25 μ V（磁界換算で 0.25 mG）、磁界強度 1 G の時の S/N 比は 1200、測定レンジは 5 G、アナログ回路のバンド幅は 50 KHz、デジタル出力の ODR は 1 KHz である。直線性は、フルスケールに対して 0.2% で、ヒステリシスは無かった。X 軸 GSR センサ、Y 軸 GSR センサの特性も同様で、3 軸の検出感度は同一に調整できた。

【0062】

外部の磁界発生装置として、2 台の一樣磁界発生装置と 1 台の傾斜磁界発生装置を用いる。磁界の傾斜勾配は 0.2 mG/ μ m とする。本発明品の空間位置の分解能は、ノイズは 1.5 mG（6 μ m）なので、7 μ m 程度となる。位置決め精度は、半径 10 cm の磁界空間域でコイル間の製作バラツキや温度の影響、外部磁界の影響、測定位置の誤差などを考慮すると 70 μ m 程度になるものと考えられる。

【0063】

[実施例 2]

実施例 2 は、実施例 1 と同じ構造の 3 つの GSR 素子を、切替スイッチ 53 で 3 つの素子を操作できるひとつの ASIC（ASIC 2A という。）に改造し、上述の 3 次元磁界検出装置としたものである。

3 次元磁界検出装置の（a）斜視の概略図および（b）組み立て断面図を図 9 に示し、電子回路を図 10 に示す。

まず、直方体台座 31 の一つの面（図 9 の上の面）を第 2 軸方向として 3 軸切替機能を有する ASIC と一体化した 3 軸切替 ASIC 一体型 GSR センサ 2（X 軸 GSR 素子 20 からなるセンサ）を取り付ける。

次に、その 3 軸切替 ASIC 一体型 GSR センサ 2 の長手方向の長辺を介して両側の面（図 9 の奥の面および手前の面）に、第 3 軸方向の Y 軸 GSR 素子 20 および第 1 軸方向の Z 軸 GSR 素子 10 をそれぞれ取り付ける。

Y 軸 GSR 素子 20 および Z 軸 GSR 素子 10 は、3 軸切替 ASIC 一体型 GSR センサ 2 と直方体台座 31 の上で連結する配線を行なう。

また、ASIC は外部のマイクロコンピュータ（制御装置）と配線ケーブルで連結している。

この 3 次元磁界検出装置の大きさおよび性能は、実施例 1 と同様である。

【産業上の利用可能性】

【0064】

本発明の超小型の 3 次元磁気センサは、医療用カテーテルの先端に取り付け、その先端部分が磁界空間における 3 次元的な位置を確定するセンサとして期待される。

【符号の説明】

【0065】

1：縦軸 GSR センサ、1A：（縦軸）GSR センサ用 ASIC、
10：縦軸 GSR 素子、11：基板皮膜（絶縁性レジスト層）、111：絶縁性レジスト、12：溝、13：磁性ワイヤ、131：ワイヤ端子、132：ワイヤ電極連絡線、14：検出コイル、141：コイル端子、142：コイル電極連絡線、143：上コイル、144：下コイル、145：ジョイント部、15：ワイヤ電極、15A：ASIC 側ワイヤ

10

20

30

40

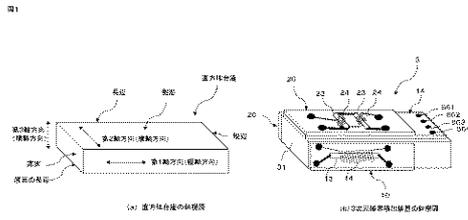
50

電極、151：スルーホール（ワイヤ電極とASIC側のワイヤ電極との接続用）、16：コイル電極、16A：ASIC側のコイル電極、161：スルーホール（コイル電極とASIC側のコイル電極との接続用）、491：電源電極、492：コマンド入力電極、183：出力電極、494：アース電極、
 2：横軸GSRセンサ、2A：（横軸）GSRセンサ用ASIC
 20：横軸GSR素子、21：基板皮膜（絶縁性レジスト層）、22：溝、23：磁性ワイヤ（23Lおよび23Rの両者をいう。）23L：磁性ワイヤ（左側）、23R：磁性ワイヤ（右側）、231：ワイヤ端子、232：ワイヤ電極連結線、233：ワイヤ間端子、234：ワイヤ間連結線、24：検出コイル（24Lおよび24Rの両者をいう。）24L：検出コイル（左側）、24R：検出コイル（右側）、241：コイル端子、242：コイル電極連結線、243：コイル間端子、244：コイル間連結線、25：ワイヤ電極、26：コイル電極、
 3；3次元磁界検出装置、31：直方体台座
 【0066】
 4：GSRセンサの電子回路
 41：パルス発振回路（パルス発信器）、42：信号処理回路、43：バッファ回路、44：検波タイミング調整回路、45：電子スイッチ、46：サンプルホールド回路、47：増幅器、48：デジタル・通信回路、481：ADコンバータ、482：演算回路、483：通信回路、49：外部接続用電極、491：電源供給電極、492：コマンド入力電極、493：出力電極、494：アース電極、
 5：3軸切替用GSRセンサの電子回路、
 10：Z軸GSR素子、13：磁性ワイヤ、14：検出コイル、20：X軸GSR素子およびY軸GSR素子、23：磁性ワイヤ、24：検出コイル、51：パルス発振回路（パルス発信器）、52：検波タイミング調整回路、53：切替スイッチ、54：信号処理回路、55：デジタル・通信回路、551：ADコンバータ、552：演算回路、553：通信回路、56：外部接続用電極、561：電源供給電極、562：コマンド入力電極、563：出力電極、564：アース電極、

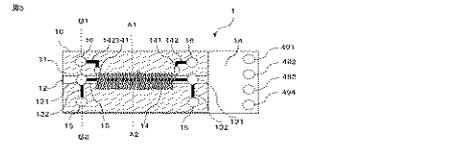
10

20

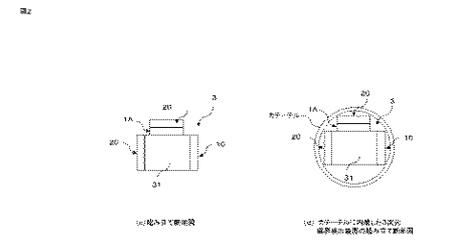
【図1】



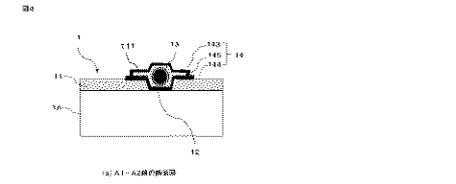
【図3】



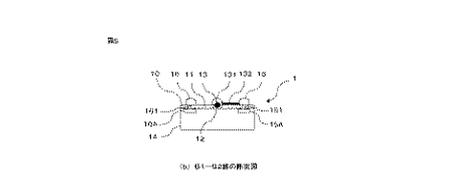
【図2】



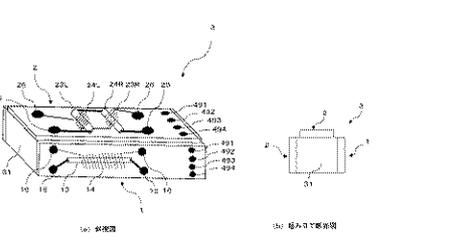
【図4】



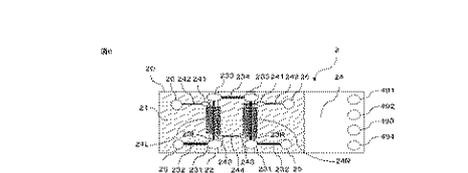
【図5】



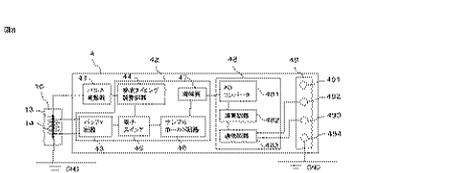
【図7】



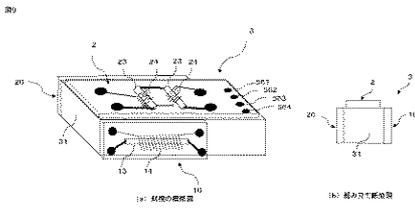
【図6】



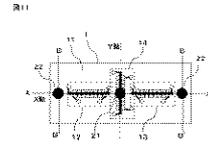
【図8】



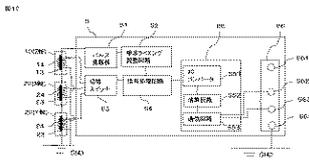
【図 9】



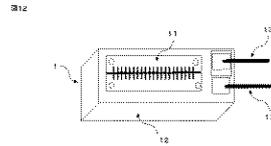
【図 11】



【図 10】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-142660(JP,A)
特許第6256962(JP,B1)
国際公開第2018/110665(WO,A1)
特開2003-275164(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 33/00 - 33/26
A61B 1/00 - 1/32