

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7062216号
(P7062216)

(45)発行日 令和4年5月6日(2022.5.6)

(24)登録日 令和4年4月22日(2022.4.22)

(51)Int. Cl. F I
G O I R 33/02 (2006.01) G O I R 33/02 B

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21)出願番号	特願2018-84600(P2018-84600)	(73)特許権者	713000630
(22)出願日	平成30年4月25日(2018.4.25)		マグネデザイン株式会社
(65)公開番号	特開2019-191016(P2019-191016A)		愛知県名古屋市昭和区福江二丁目9番33号
(43)公開日	令和1年10月31日(2019.10.31)	(72)発明者	本蔵 義信
審査請求日	令和3年2月11日(2021.2.11)		愛知県知多郡東浦町大字緒川字東仙台33番地の10
審判番号	不服2021-14907(P2021-14907/J1)	(72)発明者	本蔵 晋平
審判請求日	令和3年11月2日(2021.11.2)		愛知県知多郡東浦町大字緒川字東仙台33番地の10
早期審理対象出願		(72)発明者	工藤 一恵
			愛知県名古屋市中川区三ツ屋町1丁目27番地の1

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超薄型高感度磁気センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

特定用途向け集積回路(以下、ASICという。)と磁界検出素子とを備えてなり、前記磁界検出素子は、基板皮膜に形成された溝に配置した磁性ワイヤと前記磁性ワイヤを周回する検出コイルと電極とからなり、前記基板皮膜は、前記ASICの絶縁保護被膜の上面に形成された絶縁性レジスト層からなることを特徴とする超薄型高感度磁気センサ。

【請求項2】

請求項1に記載されている超薄型高感度磁気センサにおいて、

前記磁性ワイヤは、直径20μm以下で、導電性と20G以下の異方性磁界を有し、かつ少なくとも円周方向スピン配列を持つ表面磁区構造を有しており、前記検出コイルは、コイルピッチが10μm以下であることを特徴とする超薄型高感度磁気センサ。

【請求項3】

請求項1に記載されている超薄型高感度磁気センサにおいて、

前記絶縁性レジスト層の厚みは前記磁性ワイヤを整列する溝の深さと同一であることを特徴とする超薄型高感度磁気センサ。

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載されている超薄型高感度磁気センサにおいて、

前記電極は、前記絶縁保護被膜および前記絶縁性レジスト層を貫いて前記ASICの素

子連結用電極と直接接合していることを特徴とする超薄型高感度磁気センサ。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載されている超薄型高感度磁気センサにおいて、

前記 ASIC は、前記磁界検出素子の前記磁性ワイヤに 0.2 GHz ~ 4.0 GHz の換算周波数のパルス電流を流す手段と前記磁性ワイヤにパルス電流を流した時に前記検出コイルに生じるコイル電圧を検知する手段と前記コイル電圧を外部磁界 H に比例する電気信号に変換する手段を有することを特徴とする超薄型高感度磁気センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、磁界検出素子と特定用途向け集積回路（以下、ASIC という。）との一体形成により磁気センサのサイズや厚みを超小型化する技術に関するものである。

より具体的には、磁性ワイヤと磁性ワイヤを周回する検出コイルと電極とを備えている磁界検出素子に代表される GSR 素子、MI 素子に関するものである。

ここで、GSR 素子とは超高速スピン回転効果（英語表記；GHz Spin Rotation effect）を基礎にした高感度マイクロ磁気センサである GSR センサ用素子である。

MI 素子とは磁化の回転現象を活用し磁気交流抵抗効果（Magneto Impedance）を基礎にした高感度マイクロ磁気センサである GSR センサ用素子である。

20

【背景技術】

【0002】

高感度マイクロ磁気センサには、ホールセンサ、GMR センサ、TMR センサ、高周波キャリアセンサ、横型 FG センサ、縦型 FG センサ、MI センサ、GSR センサ、などがある。現在、これらのセンサは、スマートフォン、自動車、医療、ロボットなどに広く採用されている。ホールセンサ、GMR センサ、TMR センサ、高周波キャリアセンサは、ASIC と素子が一体化されており、小型化、薄型化が実現しているが、検出感度の改善が課題となっている。一方、横型 FG センサ、縦型 FG センサ、MI センサ、GSR センサは、高い検出感度を有するが、素子と ASIC が二つの部品に分かれており、サイズ面の小型化が課題となっている。GSR センサ（特許文献 1）は、感度面とサイズ面において優れており、素子と ASIC の一体化による GSR センサの小型化、薄型化は最も注目されている課題である。

30

【0003】

現在、カテーテルなどのような生体内モーションデバイスに磁気センサを搭載して位置や方位を求めて、その測定値を活用したりリモートコントロール治療を実現するための研究（特許文献 2、3）が進んでいる。

生体内モーションデバイスに搭載するためには、センササイズを極限的に小さくする必要がある。一般的にはセンササイズが小さいほど、それに反比例して検出感度が低下するので、必要な検出感度を保ちながら小型化するのは難しい。例えばカテーテルに搭載する場合には、サイズ面では幅 0.1 mm、長さ 0.3 mm、厚み 0.05 mm 程度の超小型サイズで、磁界検出力の面では 0.1 mG から 1 mG 程度の優れた超高感度性能を兼ね合わせ持つ磁気センサの開発が期待されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 5839527 号

【特許文献 2】特開 2015 - 134166 号公報

【特許文献 3】特開 2017 - 12840 号公報

【特許文献 4】特開 2014 - 153309 号公報

【特許文献 5】再表 2014 - 042055 号公報

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

磁気センサを小型化するために、GSR素子やMI素子の小型化、ASICの小型化および両部品の接合方法（特許文献4）など多面的に取り組まれている。しかし、いずれの取り組みも素子とASICを別々に分けて2部品として製造してから、両者を接合しているために小型化、特に厚みの縮小という点で限界があった（特許文献4および特許文献5）。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者は、ASICとGSR素子、MI素子（以下、素子という。）との接合について鋭意検討した結果、ASIC本体の絶縁保護被膜上に、所定の厚みの絶縁性レジスト層（以下、レジスト層という。）を直接形成し、そのレジスト層に、磁性ワイヤを配列する溝を形成し、磁性ワイヤとその磁性ワイヤを周回する検出コイルおよび電極からなる素子を一体形成することにより小型化、薄型化できることに想到した。

【0007】

ASICの保護被膜としては、 SiO_2 、 Al_2O_3 などの酸化物およびSiNなどの窒化物が使用されているが、その保護被膜の上に所定の厚さの絶縁性レジストを塗布してそれを基板として素子の形成を試みた。素子をASIC表面上の2層構造を持つ絶縁層に直接形成する場合に、素子の製造プロセスには、マイクロ溝の加工、反応性イオンエッチング処理、 CF_4 ガスプラズマ処理、レジスト加熱キュア処理、酸やアルカリを使う現像処理などの工程が含まれており、それらの工程がASIC表面の絶縁保護被膜とASIC回路の機能性の損傷する危険があるが、絶縁性レジストの厚みを $1\mu\text{m}$ 以上で $20\mu\text{m}$ 以下にした場合、それらの損傷は生じず、素子の形成が可能であることを見出した。

これに対して、 SiO_2 などの絶縁保護被膜を厚く形成してその上に素子を形成する方法は、保護被膜内部に生じる内部応力が増加して安定した膜品質を得る上で難点があり、2層の絶縁被膜構造を採用する本発明の製造方法の方が、品質面で有利である。

【0008】

またASICの電極と素子の電極を接合するために、レジスト層を貫通するスルーホール式の接合を採用した。これにより、ワイヤボンディングが省略されて、ノイズが低減した。さらに電極のサイズを小さくすることができ、素子全体の面積を小さくできる。

【0009】

レジスト層の厚みと溝の深さとホールの深さを同一とすることで、製造品質を改善できることを見出した。溝加工とホール加工を一回の反応性イオンエッチング処理で形成できる。また一回の下コイル配線加工処理で、溝面の下コイル、電極配線を一度の配線処理で実施できるので工程のバラツキが著しく軽減できるからである。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、GSRセンサ、MIセンサの超薄型化、超小型化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施形態および実施例におけるASIC一体型超薄型高感度磁気センサおよびGSR素子の平面図である。

【図2】図1のA1 - A2線における断面図である。

【図3】図1のB1 - B2線における断面図である。

【図4】実施形態および実施例における電子回路の図である。

【図5】素子にパルス電流を通電した時の通電時間の経過とパルス電流の印可との関係図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

10

20

30

40

50

本発明の実施形態は次の通りである。

本発明の超薄型高感度磁気センサは、特定用途向け集積回路（以下、ASICという。）とASICの配線平面上に形成された絶縁保護被膜と絶縁保護被膜上に形成された絶縁性レジスト層とからなる基板上に、磁性ワイヤと磁性ワイヤを周回する検出コイルと電極とからなる磁界検出素子を形成することからなっている。

磁性ワイヤは、直径20 μm以下で、導電性と20 G以下の異方性磁界を有し、かつ円周方向スピン配列を持つ表面磁区と軸方向にスピン配列を持つ中央部コア磁区の2相の磁区構造を有している。検出コイルは、コイルピッチ10 μm以下である。

電極は、絶縁性レジスト層を貫いて素子の電極とASIC面上の電極をスルーホール方式で直接接合する。

【0013】

本発明によれば、ASIC表面の絶縁保護被膜上に磁界検出素子の基板皮膜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。）を形成し、そのレジスト層を基板皮膜として用いる。レジスト層に溝を形成し、溝に磁性ワイヤを整列させてそれにコイルを巻き付けて磁界検出素子を作製する。このようにすることにより、磁界検出素子とASICと一体形成したセンサは超薄型化が可能となる。

【0014】

また、本発明の超薄型高感度磁気センサのASICは、GSRセンサの場合には磁界検出素子の磁性ワイヤに0.2 GHz ~ 4.0 GHzの換算周波数のパルス電流を流す手段と、磁性ワイヤにパルス電流を流した時に生じるコイル電圧を検知する手段と、コイル電圧を外部磁界Hに比例する電気信号に変換する手段を有する。ここで、換算周波数とは、パルス立上りまたは立下り時間 t 秒を高周波の波の一部と見なして、 $f = 1 / 2 t$ で定義したものである。t = 0.5 n 秒の場合、換算周波数は1 GHzとなる。

【0015】

また、本発明の超小型高感度磁気センサのレジスト層の厚みは、1 μm ~ 20 μmからなり、レジスト層の厚みと溝の深さが同等であることが好ましい。

本発明によれば、レジスト層は磁性ワイヤを収める溝を付けられるだけの厚みを必要とし、磁性ワイヤの直径は1 μm ~ 20 μmである。

また、絶縁保護被膜の厚みは、一般的にはASICの保護機能を有するのに十分な厚さを確保することによい。

【0016】

さらに、本発明の超小型高感度磁気センサは、磁界検出素子はレジスト層の上面から深さ1 μm ~ 20 μmの溝を配置し、磁性ワイヤの一部又は全部が埋設されている。

【0017】

以下に、ASIC一体型超薄型高感度磁気センサ（以下、磁気センサという。）と磁界検出素子（以下、素子という。）の平面図を図1に示し、その平面図のA1 - A2線の断面図を図2に、B1 - B2線の断面図を図3に示して、本発明の実施形態について詳細に説明する。

本説明では、磁性ワイヤは1本からなり、絶縁保護被膜とレジスト層の2層からなる形態について説明する。本発明の磁気センサは、素子1とASIC4およびASIC4の外部配線用電極44からなる。

【0018】

< 磁気センサ >

磁気センサを構成する素子1は、ASIC4の絶縁保護被膜41の上に形成される基板皮膜（レジスト層）11の上に1本の磁性ワイヤ2とその磁性ワイヤを周回する1個のコイル3およびワイヤ通電用の2個のワイヤ電極23とコイル電圧検出用の2個のコイル電極35ならびに磁性ワイヤ2のワイヤ端子24とワイヤ電極23とのワイヤ接続部25、素子側のワイヤ電極23とASIC側の素子連結用のワイヤ電極42とのスルーホール方式の電極接合部43からなる。同様に検出コイル3とコイル検出コイル35から接続されているコイル電極35および素子側のコイル電極35とASIC側の素子連結用のコイル

電極とのスルーホール方式の接合部からなる。

そして、ASIC 4は、素子1との間は2個のコイル電極および2個のワイヤ電極がそれぞれスルーホール方式の電極接合部により接続されて、素子にパルス電流を流したときに検出コイルに生じるコイル電圧を検知し、コイル電圧を外部磁界に変換する電子回路からなる。また、ASICには4個の外部配線用電極44が配置されている。

【0019】

ここで、GSRセンサにおける検知したコイル電圧から外部磁界を求める方法について説明する。

外部磁界Hとコイル電圧Vsは、次式(1)のような数学的関係で表され、本関係式を使って外部磁界Hに変換するものである。

$$V_s = V_0 \cdot 2L \cdot D \cdot p \cdot N_c \cdot f \cdot \sin(H/2H_m) \quad (1)$$

ここで、Vsはコイル出力電圧、V0は比例定数、Lはワイヤの長さ、Dはワイヤの直径、pはパルス電流の表皮深さ、Ncはコイルの巻き数、fはパルス周波数、Hmはコイル出力電圧が最大値を取る時の外部磁界強度である。

【0020】

<素子の構造>

素子1の構造は、図1～図3に示すとおりである。

素子1のサイズは、幅0.07mm～0.4mm、長さ0.25mm～1mmである。厚みは10μm～20μmである。よって、ASIC4の厚みが30μm～100μmであることからセンサの厚みは40μm～120μmとなる。

素子1には、磁性ワイヤ2が整列できるように幅10μm～20μm、深さ1μm～20μmの溝12がレジスト層11に形成されている。

【0021】

<磁性ワイヤ>

磁性ワイヤ2は、CoFeSiB合金の直径1μm～20μmである。磁性ワイヤ2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。長さは0.07mm～1mmである。

磁性ワイヤ2の異方性磁界は20G以下で、円周方向スピン配列を持つ表面磁区と軸方向にスピン配列を持つ中央部コア磁区の2相の磁区構造を有する。少なくとも円周方向スピン配列を持つ表面磁区を有することが重要である。

【0022】

<検出コイル>

検出コイル3は、コイル巻き数は6回～180回、コイルピッチは0.2μm～10μmである。検出コイル3と磁性ワイヤ2との間隔は0.2μm～3μmである。コイル平均内径は2μm～25μmである。

【0023】

<素子の製造方法>

ASICの表面の絶縁保護被膜41に絶縁性レジスト層からなる基板皮膜11を形成し、その基板皮膜11に深さ1μm～20μmの溝を形成し、溝面に沿って磁性ワイヤの一部～全部を埋設するように素子1を形成することによってASIC表面から素子部1の厚みを20μm以下にすることができる。さらにASICの厚みを30μm～50μmとすることによりセンサ全体の厚みを50μm～70μm程度とすることができる。

【0024】

ここで、ASIC4の絶縁保護被膜41の厚みはASIC4の電氣的絶縁性と素子1の形成過程における物理的・化学的に耐えられる限り薄くてもよい。

【0025】

3次元フォトリソ技術でレジスト層11に形成されている溝12に沿って下コイル31を、レジスト層11の上に電極配線を同時に行う。

次いで、磁性ワイヤ2を溝12に沿って設置した後、レジスト層11の全面にレジストを塗布して磁性ワイヤ2は溝12内に固定する。この塗布の際に磁性ワイヤ2の上部は薄く

10

20

30

40

50

塗布する。その後、そこに上コイル 3 2 を 3 次元フォトリソ技術で形成する。

【 0 0 2 6 】

ここで、A S I C 面の絶縁保護被膜 4 1 とレジスト層 1 1 の 2 層からなる基板皮膜 1 1 a を用いることにより、マイクロ溝加工、レジスト加熱キュア処理、酸やアルカリを使う現像処理などの工程における耐性と A S I C 回路の機能性低下の防止が可能となる。また 2 層からなる基板皮膜 1 1 a は、A S I C の保護機能と必要な厚さを確保して素子形成を可能とする機能とを分けることによって、製造が一層の S i O 2 被膜や S i N 被膜に比べて容易となっている。

なお、ガラス被覆していない磁性ワイヤ 2 を用いる場合には、下コイル 3 1 と磁性ワイヤ 2 とが電氣的な接触が生じないように予め絶縁性材料を塗布する。

10

【 0 0 2 7 】

検出コイル 3 の作製は、レジスト層 1 1 に形成された溝 1 2 の溝面および溝 1 2 の両側に沿って凹形状の下コイル 3 1 が形成される。凸形状の上コイル 3 2 はジョイント部 3 3 を介して下コイル 3 1 と電氣的接合がされ、らせん状の検出コイル 3 となる。

【 0 0 2 8 】

磁性ワイヤ 2 の端部については、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をできるようにする。

【 0 0 2 9 】

< 磁性ワイヤとコイルの配線構造 >

磁性ワイヤ 2 と検出コイル 3 の配線構造について、図 1 を用いて説明する。

20

磁性ワイヤ 2 の配線構造は、磁性ワイヤ 2 の両端にそれぞれワイヤ端子 2 4 を形成し、ワイヤ電極接続部 2 5 を介してワイヤ電極 2 3 に接続される。

【 0 0 3 0 】

検出コイル 3 の配線構造は、検出コイル 3 と検出コイル 3 の両端部から接続される 2 個のコイル電極 3 5 とからなる。

【 0 0 3 1 】

素子側の電極と A S I C 側の電極とは、図 3 の例に示すように絶縁保護被膜 4 1 およびレジスト層 1 1 を貫通するスルーホール方式の接合部 4 3 を介して電氣的に接続される。図 3 は、素子側のワイヤ電極 2 3 はレジスト層 1 1 および絶縁保護被膜 4 1 を貫通するスルーホール方式の電極接合部 4 3 を介して A S I C 側のワイヤ電極 4 2 と接続されていること示している。

30

同様に、素子側のコイル電極と A S I C 側のコイル電極とはレジスト層 1 1 を貫通する電極接合部を介して接続されている。

【 0 0 3 2 】

< 電子回路 >

電子回路 5 は、特許文献 1 に記載のパルス対応型バッファ回路を参照し、図 4 に示す。

電子回路 5 は、コイル電圧を出力する素子 5 2 が接続されており、その素子 5 2 にパルス電流を発信するパルス発振回路 5 1、コイル電圧を入力する入力回路 5 3、パルス対応型バッファ回路 5 4、コイルの立ち上がりパルス出力波形のピーク電圧を検波する電子スイッチ 5 6 とピーク電圧を保持する容量 4 p F ~ 1 0 0 p F のコンデンサ 5 7 からなるサンプルホールド回路 5 5、および増幅器 5 8 のプログラミングアンプにて増幅して A D 変換を行なう。2 本のワイヤにて信号を外部の信号処理装置に転送する。

40

なお、コイル電圧の I R ドロップの影響が少ない場合はパルス対応型バッファ回路を省略してもよい。

【 0 0 3 3 】

A D 変換は 1 4 ビット ~ 1 6 ビットである。電子スイッチの o n - o f f を細かくするためにはコンデンサ容量は 4 p F ~ 8 p F が好ましい。

【 0 0 3 4 】

パルス電流の換算周波数は 0 . 2 G H z ~ 4 G H z にて、パルス電流の強度は 5 0 m A

50

～200mA、パルス通電時間は2nsec以下である。図5には、素子にパルス電流を通電した時の通電時間の経過とパルス電流の印可との関係を表している。この図5の例では、0.5nsecで立ち上がり、その印可状態で所定のパルス時間0.5nsecを保持し、0.5nsecで立ち下がる。

【0035】

コイル出力は正弦波出力にて測定レンジ3G～100Gで、その感度は50mV/G～3V/Gである。そのコイル出力の直線性は0.03%以下である。

【実施例】

【0036】

実施例に係るASIC一体型超小型高感度磁気センサであるGSRセンサとGSRセンサ素子の平面図を図1に示し、その平面図のA1-A2線の断面図を図2に、B1-B2線の断面図を図3に示して、本発明の実施例について説明する。

ここで、GSRセンサの構成および素子の構成、電子回路は上述の実施形態による。

【0037】

素子1のサイズは、幅0.10mm、長さ0.40mmからなる。厚みはASIC4の厚み50μm、絶縁保護被膜41およびレジスト層11の厚みとの合計11aが8μmで、素子の凸部の厚みが2μm、これらを合計したセンサの厚みは60μmである。

【0038】

磁性ワイヤ2は、CoFeSiBアモルファス合金の直径10μmである。磁性ワイヤ2の周囲は絶縁性ガラスで被覆されている。長さは0.40mmである。

磁性ワイヤ2の異方性磁界は15Gで、円周方向スピン配列を持つ表面磁区と軸方向にスピン配列を持つ中央部コア磁区の2相の磁区構造を有している。

【0039】

検出コイル3は、コイル巻き数は100回、コイルピッチは5μmである。コイル3と磁性ワイヤ2との間隔は2μmで、コイル平均内径は12μmである

【0040】

ASIC上面の絶縁保護被膜41に厚み7μmのレジスト層11を形成し、そこにレジスト層の厚みと同じ深さ7μmの溝を取り付け、素子1を作製する。

【0041】

電子回路5のコンデンサ57の静電容量は6pFである。パルス電流の換算周波数は1.5GHzにて、パルス電流の強度は50mA、パルス時間は1nsecである。立ち上がりパルスのピーク電圧のタイミングを検波する。電子スイッチはon-offからなりその開閉時間は0.1nsecで繰り返す。電子回路5のAD変換は16ビットである。

【0042】

コイル出力は、測定レンジ3Gで、その感度は1000mV/Gである。直線性は0.25%である。

【産業上の利用可能性】

【0043】

本発明は、素子とASICとを一体化してGSRセンサの超薄型化・超小型化を実現するもので、生体内のモーションデバイスのように超小型で高性能を要求される用途での使用が期待される。

【0044】

本発明は、自動車用あるいはウェアラブルコンピュータ用などの小型・超高感度のGSRセンサに応用可能である。

【符号の説明】

【0045】

1：素子

10：素子の厚み、11：基板皮膜（レジスト層）、11a：2層の厚み、12：溝

2：磁性ワイヤ

10

20

30

40

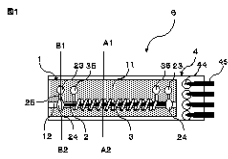
50

2 1 : 磁性ワイヤ (CoFeSiB合金)、2 2 : 絶縁性ガラス、2 3 : ワイヤ電極、2 4 : ワイヤ端子、2 5 : ワイヤ電極接続部
3 : 検出コイル
3 1 : 下コイル、3 2 : 上コイル、3 3 : ジョイント部、3 4 : 絶縁性レジスト、3 5 : コイル電極
4 : A S I C
4 0 : A S I Cの厚み、4 1 : A S I C絶縁性保護被膜、4 2 : A S I C側ワイヤ電極、4 3 : スルーホール方式電極接合部、4 4 : 外部配線用電極、4 5 : 外部配線
5 : 電子回路
5 1 : パルス発信回路 (パルス発信器)、5 2 : 素子、5 3 : 入力回路、5 4 : バッファ回路、5 5 : サンプルホールド回路、5 6 : 電子スイッチ、5 7 : コンデンサ、5 8 : 増幅器
6 : A S I C一体型超薄型高感度磁気センサ

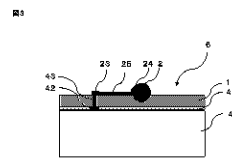
10

20

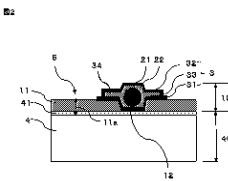
【図 1】



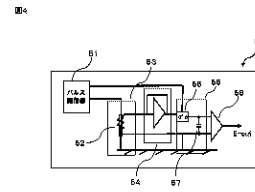
【図 3】



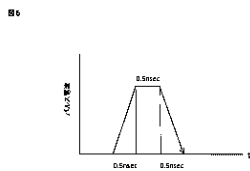
【図 2】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 田辺 淳一

愛知県中川区松葉町1丁目20番地の1 A r i e s 2 0 2

(72)発明者 菊池 永喜

愛知県東海市荒尾町寿鎌109番地

合議体

審判長 岡田 吉美

審判官 濱野 隆

審判官 中塚 直樹

(56)参考文献 特開2019-20346(JP,A)

特表2018-507559(JP,A)

特開平5-29456(JP,A)

特許第6302613(JP,B1)

特開2006-319094(JP,A)

米国特許出願公開第2007/0037406(US,A1)

特開2007-281230(JP,A)

特開2006-013370(JP,A)

特開平09-079865(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 33/00 33/26