

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年1月19日(19.01.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/010177 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 27/02 (2006.01) G01N 27/72 (2006.01)
G01N 22/00 (2006.01) G01R 27/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/065773
- (22) 国際出願日: 2016年5月27日(27.05.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-139938 2015年7月13日(13.07.2015) JP
- (71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5908522 大阪府堺市堺区匠町1番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 満仲 健(MITSUNAKA, Takeshi). 芦田伸之(ASHIDA, Nobuyuki). 齊藤 晶(SAITO, Akira). 飯塚 邦彦(IIZUKA, Kunihiko).
- (74) 代理人: 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADE-

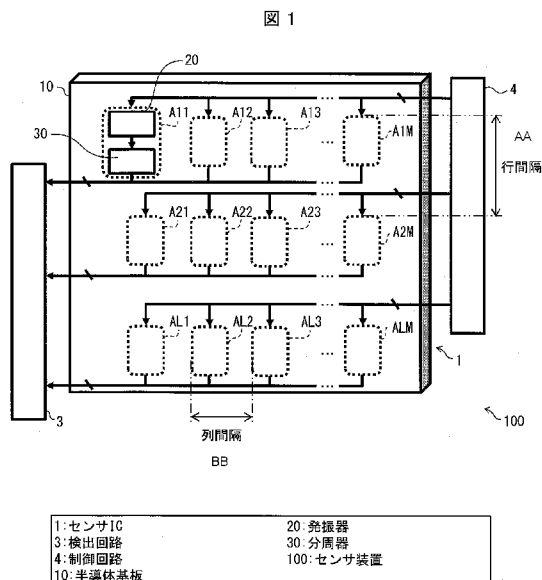
MARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル Osaka (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SENSOR DEVICE

(54) 発明の名称: センサ装置



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to improve spatial resolution and detect localized variations in the physical properties of an examination subject. A sensor IC (1) comprises a semiconductor substrate (10) and a plurality of oscillators (20) having resonators, and the resonators of each of the plurality of oscillators (20) are made to vary the resonant frequency thereof according to the physical properties of the examination subject in the vicinity thereof, the distribution of the physical properties of the examination subject is detected on the basis of the resonant frequency and distribution of the resonators of the plurality of oscillators (20), and the distance between the centers of two of the plurality of resonators (20) that adjoin one another does not exceed 300μm.

(57) 要約: 空間的分解能を高め、被検査体の物性の局所的な変化を検出する。センサIC(1)は、半導体基板(10)と共振器を有する複数の発振器(20)とを備え、複数の発振器(20)の共振器は、それぞれ、自身の近傍にある被検査体の物性に応じて共振周波数を変化させ、複数の発振器(20)の共振器の分布と、共振周波数とに基づき、被検査体の物性の分布を検出し、複数の発振器(20)の共振器のうち、互いに隣り合う2つの共振器の中心間距離が300μm以下である。

- 1: Sensor IC
3: Detection circuit
4: Control circuit
10: Semiconductor substrate
20: Oscillator
30: Divider
100: Sensor device
AA: Row interval
BB: Column interval

WO 2017/010177 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： センサ装置

技術分野

[0001] 本発明は、センサ装置に関する。

背景技術

[0002] 各家庭や簡易診断所などで利用される診断ツールには、高速検査、低価格、小型化、および簡便性などが要求される。半導体集積回路により形成されたセンサ１Ｃは、このような要求性能を満たすことができる可能性がある。

[0003] このようなセンサ１Ｃに関し、特許文献１は、試料内の磁性粒子の量と動きを検出する測定システムを開示している。

[0004] 図１６は、特許文献１に記載のセンサ１Ｃを説明するための図である。図１６の（ａ）は、特許文献１に記載のセンサ１Ｃに含まれる発振器１１０と発振器１２０との概略構成を示す回路図である。図１６の（ｂ）は、特許文献１に記載のセンサ１Ｃの概略構成を示す斜視図である。図１６の（ｃ）は、特許文献１に記載のセンサ１Ｃへ被検査体１１４を付着させた状態を示す斜視図である。図１６の（ｄ）は、特許文献１に記載のセンサ１Ｃへ被検査体１１４と基準となる被検査体１２４とを付着させた状態を示す斜視図である。

[0005] 図１７は、特許文献１に記載のセンサ１Ｃに含まれる発振器１１０を説明するための図である。図１７の（ａ）は、図１６の（ａ）の部分図であり、図１７の（ｂ）はＢＢ´断面図である。

[0006] 図１６の（ａ）に示すように、特許文献１に記載のセンサ１Ｃは、インダクタ１１１を有する発振器１１０とインダクタ１２１を有する発振器１２０とを含む。また、制御信号（イネーブル又は非イネーブル）により、発振器１１０と発振器１２０とは選択駆動される。発振器１１０と発振器１２０とを半導体基板１０１に実装すると、例えば、図１６の（ｂ）のようになる。なお、簡略化のために図１６の（ｂ）においては、発振器１１０のインダク

タ 1 1 1 以外の部分を、その他の回路 1 1 2 として示し、発振器 1 2 0 のインダクタ 1 2 1 以外の部分を、その他の回路 1 2 2 として示す。

[0007] 図 1 6 の (c) に示すように、発振器 1 1 0 に選択的に、磁性粒子 1 1 3 で標識された被検査体 1 1 4 を付着させると、磁性粒子 1 1 3 が有する透磁率により、発振器 1 1 0 が発振する発振周波数が変化する。基準となる発振器 1 2 0 の発振周波数と変化した発振器 1 1 0 の発振周波数との差から、磁性粒子 1 1 3 が発振器 1 1 0 の近傍に存在することを検出できる。そして、磁性粒子 1 1 3 の存在から、磁性粒子 1 1 3 で標識された被検査体 1 1 4 が発振器 1 1 0 の近傍に存在すると推定される。また、図 1 6 の (d) に示すように磁性粒子で標識されていない被検査体 1 2 4 を用いて、発振器 1 1 0 と発振器 1 2 0 との発振周波数の応答の特徴を調べることもできる。

[0008] インダクタ 1 1 1 はメタル層（金属層）に形成される。このため、図 1 7 の (b) に示すように、半導体基板 1 0 1 の最上位メタル層 1 3 0 にインダクタ 1 1 1 が形成されたとしても、半導体基板 1 0 1 の表面とインダクタ 1 1 1 との間には、絶縁体等で形成された保護膜 1 1 5 が存在する。このため、インダクタ 1 1 1 に被検査体 1 1 4 が直接に接触することはない。同様に、インダクタ 1 2 1 もメタル層に形成される。このため、インダクタ 1 2 1 に被検査体 1 2 4 が直接に接触することはない。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 6 7 5 9 6 号明細書（2 0 0 9 年 1 0 月 2 9 日公開）

非特許文献

[0010] 非特許文献1：C.Sideris, A.Hajimiri, "An Integrated Magnetic Spectrometer for Multiplexed Biosensing", IEEE Solid-State Circuit Conf. Dig. Tech. papers, pp.300-302, Feb. 2013

非特許文献2：H.Yada, M.Nagai, K.Tanaka, "Origin of the fast relaxation component of water and heavy water revealed by terahertz time-domain

n attenuated total reflection spectroscopy”, Chemical Physics Letters, pp.166-170, 2008

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら、特許文献１に記載のセンサ１Ｃにおいては、被検査体１４０の物性（誘電率、透磁率）が広い範囲で局所的に変化した場合において、被検査体１４０の物性の分布を測定することが難しいという問題が発生する。

[0012] 例えば、図１８は、発振器１１０および発振器１２０より広い範囲に、被検査体１４０が付着する場合、かつ、被検査体１４０の内部に物性の互いに異なる部位１４１および部位１４２が存在する場合、を示す。図１８に示された場合、発振器１１０および発振器１２０は、部位１４１における物性とおよび部位１４２における物性とを個別に測定することができない。

[0013] 本発明は、上記の課題を鑑みてなされた発明であり、その目的は、被検査体の物性の分布を広い範囲で検出する空間的分解能を高めることである。そして、空間的分解能高くすることにより、被検査体の物性の局所的な変化を検出することも、本発明の目的である。

課題を解決するための手段

[0014] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係るセンサ装置は、基板と、前記基板に配置された複数の共振器と、を備え、前記複数の共振器は、それぞれ、自身の近傍にある被検査体の物性に応じて共振周波数を変化させ、前記複数の共振器の分布と、前記複数の共振器のそれぞれの前記共振周波数とに基づき、前記被検査体の物性の分布を検出し、前記複数の共振器のうち、互いに隣り合う２つの共振器の中心間距離が３００μm以下であることを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本発明の一態様によれば、共振器は、電磁波の送受信をするような狭義の

アンテナではなく、波長による開口径の制約を受けないため、小面積化が可能である。そして、共振器の小面積化により、基板上の共振器の配置密度を高めることができる。したがって、被検査体の物性の分布を広い範囲で検出することと、空間的分解能を高めることができる。そして、波長による制約を受けないために、狭義のアンテナをアレイ状に並べた場合に実現できない高い空間的分解能で、被検査体の物性の局所的な変化を検出することができる。

[0016] また、上記態様によれば、被検査体を磁性粒子等で標識しなくてもよい。このため、測定作業を簡易にすることができる。

[0017] また、上記態様によれば、共振器の配置密度を増やすことができる。このため、センサ装置の小型化が可能になる。またはセンサ装置の空間的分解能を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明に係るセンサ装置の概略構成を示す斜視図であり、センサ装置のセンサICの表面が清浄である第1状態を示す図である。

[図2]図1に示したセンサ装置に含まれる発振器の概略構成を説明するための図である。図2の(a)は、発振器の概略構成を示す回路図である。図2の(b)は発振器の概略構成を示すAA'断面図である。

[図3]図1に示したセンサ装置に含まれるセンサICの表面に被検査体が付着している第2状態を示す図である。

[図4]図1に示したセンサ装置における、発振器の発振周波数を説明するための図である。図4の(a)は、第1状態の発振器の発振周波数を示す図であり、図4の(b)は、第1状態に対する第2状態の発振器の発振周波数を示す図である。

[図5]図1に示したセンサ装置に含まれる発振器の別の概略構成を示す回路図である。

[図6]図1に示したセンサ装置に含まれる発振器の別の概略構成を示す回路図である。

[図7]図1に示したセンサ装置のセンサICの表面に被検査体が付着している第3状態を示す図である。

[図8]図1に示したセンサ装置における、第2状態に対する第3状態の発振器の発振周波数を示す図である。

[図9]図1に示したセンサ装置のセンサICの表面に被検査体が付着している第4状態を示す図である。

[図10]図1に示したセンサ装置における、第2状態に対する第4状態の発振器の発振周波数を示す図である。

[図11]図1に示したセンサ装置100に含まれるユニットセルA11～ALMを順次駆動する制御を説明する模式図である。

[図12]図1に示したセンサ装置100に含まれる別のセンサICの概略構成を示す斜視図であり、センサICの表面が清浄である第1状態を示す図である。

[図13]図11に示したセンサICの表面が被検査体に浸されている第2状態を示す図である。

[図14]図11に示したセンサICの表面が被検査体に浸されている第3状態を示す図である。

[図15]図11に示したセンサICにおける、第1状態と第2状態と第3状態との発振器の発振周波数を示す図である。

[図16]特許文献1に記載のセンサICを説明するための図である。図16の(a)は、特許文献1に記載のセンサICに含まれる複数の発振器の概略構成を示す回路図である。図16の(b)は、特許文献1に記載のセンサICの概略構成を示す斜視図である。図16の(c)は、特許文献1に記載のセンサICへ被検査体を付着させた状態を示す斜視図である。図16の(d)は、特許文献1に記載のセンサICへ被検査体と基準となる被検査体とを付着させた状態を示す斜視図である。

[図17]特許文献1に記載のセンサICに含まれる発振器を説明するための図である。図17の(a)は、図16の(a)を部分的に示す斜視図であり、

図 17 の (b) は、B B' 断面図である。

[図18]特許文献 1 に記載のセンサ IC の問題を説明する図であり、複数の発振器より広い範囲に、被検査体が付着する場合、かつ、被検査体の内部に物性の互いに異なる複数の部位が存在する場合、を示す。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。

[0020] [実施形態 1]

本発明の実施形態 1 について、図 1 ～図 6 に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

[0021] (センサ装置の構成)

図 1 は、本発明に係るセンサ装置 100 の概略構成を示す斜視図であり、センサ装置 100 のセンサ IC 1 の表面が清浄である第 1 状態を示す図である。

[0022] センサ装置 100 は、センサ IC 1 と検出回路 3 と制御回路 4 とを含む。

[0023] センサ IC 1 は、センサ用の集積回路 (Integrated Circuit) である。センサ IC 1 は、半導体基板 10 と複数のユニットセル A 11 ～A L M とを含む。

[0024] ユニットセル A 11 ～A L M のそれぞれは、半導体基板 10 に形成された回路である。また、複数のユニットセル A 11 ～A L M の配置は、L 行 M 列で行間隔も列間隔も $300\mu\text{m}$ 以下の行列状である。また、ユニットセル A 11 ～A L M のそれぞれは、互いに同一構成であり、それぞれ発振器 20 と分周器 30 とを含む。

[0025] 分周器 30 は、発振器 20 が発振する発振周波数を分周する周波数分周器であり、発振器 20 に対して 1 対 1 対応に設けられている。分周器 30 の分周比は $1/N$ (N は 1 以上の有理数) である。分周器 30 は、検出回路 3 へ入力される信号を検出回路 3 が扱いやすいように、検出回路 3 へ入力される信号の周波数を、発振器 20 の発振周波数の $1/N$ 倍にする。これにより、検出回路 3 へ入力される信号の周波数が、検出回路 3 が動作する周波数帯に

収まる。

[0026] 制御回路4は、複数のユニットセルA11～ALMを選択的に駆動するための制御信号（イネーブル、または非イネーブル）を出力する回路であり、駆動しているユニットセルが複数のユニットセルA11～ALMの何れであるかを把握している。検出回路3は、駆動しているユニットセルが出力する信号の周波数に、分周器30の分周比の逆数Nを積算し、発振器20の発振周波数を算出する。なお、制御回路4と検出回路3とは、半導体基板10に形成されてもよく、半導体基板10とは別の部材に形成されてもよい。

[0027] （発振器の構成）

図2は、図1に示したセンサ装置100に含まれる発振器20の概略構成を説明するための図である。図2の（a）は、発振器20の概略構成を示す回路図である。図2の（b）は発振器20の概略構成を示すAA'断面図である。

[0028] 発振器20は、差動回路40と、差動回路40の差動間に形成されている共振器50と、発振器20の駆動を制御信号に従って制御する電流源60とを含む。発振器20が発振する発振周波数は30GHz以上200GHz以下である。

[0029] 差動回路40は、互いにクロスカップルされたNMOSトランジスタM1およびNMOSトランジスタM2を含む。なお、適宜別の差動回路を用いてもよい。例えば、バイポーラトランジスタを用いてもよい。

[0030] 共振器50は、差動回路40の差動間に並列に接続されているインダクタ52とキャパシタ54とを含む。また、共振器50が共振する共振周波数が、発振器20が発振する発振周波数である。共振器50は、電磁波の送受信をするような狭義のアンテナではないため、波長による開口径の制限を受けない。このため、共振器50のサイズは、200GHzの電磁波の波長約1.5mmの四半波長より小さい200μm四方以下（一辺200μmの正方形に収まるサイズ）とすることができる。

[0031] インダクタ52は、半導体基板10のメタル層のうち、最上層（基板と被

検査体との接触位置に最も近い層）に形成されている。インダクタ 52 は、共振器 50 の回路サイズの大部分を占める。また、共振器 50 は、発振器 20 の回路サイズの大部分を占める。本実施形態において、共振器 50 の平面視におけるサイズが、一辺 200 μm の正方形に収まるサイズとなるように、インダクタ 52 の面積が定められている。なお、キャパシタ 54 は、トランジスタ M1、M2 のゲート容量や、図示しない配線の寄生容量などにより形成されてもよい。

[0032] 図 2 の（b）に示すように、インダクタ 52 は絶縁体などで形成された保護膜 15 により覆われている。このため、インダクタ 52 に水分および被検査体等が直接に接触することはない。インダクタ 52 は、最上層であるメタル層に形成されているため、半導体基板 10 の表面に付着した近傍の水分子および被検査体に関わる水の状態変化等により、共振器 20 の共振周波数が変化する。より詳細に述べると、水分子および被検査体に関わる水の状態変化等により、最上層であるメタル層の周囲の誘電率が変化する。これにより、共振器 20 に影響する寄生容量値が変化する。なお、共振器 50 の共振周波数が水分および被検査体等により変化するためには、インダクタ 52 とキャパシタ 54 との少なくとも一方の形成箇所が最上層であるメタル層を含み、当該一方に影響する容量値が変化すればよい。

[0033] インダクタ 52 とキャパシタ 54 は LC 回路を形成しており、インダクタ 52 のインダクタンスとキャパシタ 54 のキャパシタンスとにより、共振器 50 の共振周波数および発振器 20 の発振周波数が決まる。例えば、インダクタ 52 のインダクタンスが 1 nH 付近であり、キャパシタ 54 のキャパシタンスが 27 fF 付近である場合、共振器 50 の共振周波数および発振器 20 の発振周波数は約 30 GHz 付近である。

[0034] （測定）

以下に、図 1 に示したセンサ装置 100 による測定について説明する。

[0035] 図 3 は、図 1 に示したセンサ装置 100 に含まれるセンサ IC 1 の表面に被検査体 70 が付着している第 2 状態を示す図である。被検査体 70 は、水

分を含有する試料であり、一例として、様々な種類の細胞、タンパク質、無機水溶液、および有機水溶液等が挙げられる。

[0036] 被検査体 70 を付着させる前に、図 1 のような、センサ 100 の表面が清浄な状態（第 1 状態）で、制御回路 4 が複数のユニットセル A11～ALM を選択的に駆動し、駆動しているユニットセルが出力する信号の周波数を検出回路 3 が測定する。そして、測定した信号の周波数に分周器 30 の分周比の逆数 N を積算することにより、検出回路 3 が発振器 20 の発振周波数を算出する。

[0037] そして、図 3 のように、センサ 100 の表面に被検査体 70 を付着させる。すると、被検査体 70 の含有する水分により、半導体基板 10 の表面の誘電率が変化し、発振器 20 の発振周波数が変化する。

[0038] 図 3 のような、センサ 100 の表面に被検査体 70 が付着した状態（第 2 状態）で、同様に、検出回路 3 が、制御回路 4 の駆動しているユニットセルが出力する信号の周波数を測定し、発振器 20 の発振周波数を算出する。

[0039] 図 4 は、図 1 に示したセンサ装置 100 における、発振器 20 の発振周波数を説明するための図である。図 4 の（a）は、第 1 状態の発振器 20 の発振周波数を示す図であり、図 4 の（b）は、第 1 状態に対する第 2 状態の発振器 20 の発振周波数を示す図である。

[0040] ユニットセル A11～ALM のそれぞれについて、制御回路 4 が駆動しているときの第 1 状態と第 2 状態との発振器 20 の発振周波数の差 Δf を、検出回路 3 は算出する。発振周波数の差 Δf に基づき、当該ユニットセルの近傍における被検査体 70 の含有する水分の有無を検出することにより、当該ユニットセル近傍における被検査体 70 の有無を検出することができる。例えば、発振周波数の差 Δf が所定の閾値未満の場合、当該ユニットセルの近傍に被検査体 70 が存在しないと判定し、発振周波数の差 Δf が所定の閾値以上の場合、当該ユニットセルの近傍に被検査体 70 が存在すると判定する。

[0041] そして、半導体基板 10 における複数のユニットセル A11～ALM の配

置（位置情報）に、ユニットセルA 1 1～A L Mのそれぞれの近傍における被検査体7 0の有無を対応付けることにより、被検査体7 0が付着している位置が検出できる。したがって、センサ装置1 0 0は、ユニットセルA 1 1～A L Mのそれぞれについて個別に、被検査体7 0の有無を検出できるため、ユニットセルA 1 1～A L Mの分布密度（配置密度）に対応する分解能により、被検査体7 0の分布を検出できる。

[0042] （効果）

共振器5 0は、電磁波の送受信をするような狭義のアンテナではないため、波長による開口径の制約を受けずに小面積化されることができる。また、センサ1 C 1は、共振器5 0を用いてため、小面積化されることができる。具体的には、共振器5 0のサイズを2 0 0 μ m四方以下（一辺2 0 0 μ mの正方形に収まるサイズ）にできる。なお、2 0 0 μ m四方（一辺2 0 0 μ mの正方形）の最大径（対角線の長さ、約2 8 3 μ m）は、2 0 0 G H zの電磁波の波長約1 . 5 m mの四半波長（約3 7 5 μ m）より小さい。

[0043] 共振器5 0は、平面視において発振器2 0の大部分を占め、ユニットセルA 1 1～A L Mのそれぞれの大部分を占める。このため、共振器5 0の小面積化により、発振器2 0が小面積化され、ユニットセルA 1 1～A L Mのそれぞれが小面積化される。これにより、半導体基板1 0の面積あたりに配置できるユニットセルの数が増える。さらに、ユニットセルA 1 1～A L Mの配置の密度が高いことにより、より精密な被検査体7 0の分布を検出できる。具体的には、共振器5 0を2 0 0 μ m四方以下にできるため、共振器5 0の配列の間隔（行列状に配置した場合の行間隔および列間隔）を3 0 0 μ m以下にすることができる。言い換えると、互いに隣り合う2つの共振器（5 0）の中心間距離を3 0 0 μ m以下にすることができる。

[0044] なお、本実施形態においては、共振器5 0の共振周波数（発振器2 0の発振周波数）の変化は、半導体基板1 0の表面の誘電率の変化に起因するが、本発明はこれに限られない。本発明に係るセンサ装置においては、共振器5 0の共振周波数が変化すればよく、例えば、透磁率の変化に起因して共振器

50の共振周波数が変化してもよい。したがって、本発明に係るセンサ装置は、被検査体の物性（誘電率、透磁率）の分布、および物性（誘電率、透磁率）に影響するような被検査体の状態等の分布を検出できる。

[0045] 本実施形態においては、被検査体70を磁性粒子で標識する必要がない。このため、測定作業を簡易にすることができる。

[0046] 特許文献1に記載のセンサ1Cにおいては、非特許文献のFigure 16, 8, 1に基づき、動作周波数は1.1 GHzから3.3 GHzである。また、10 GHzを超える高周波数帯域に、特許文献1に記載のセンサ1Cは感度を有しないと推定される。そして、水分子の運動を検出するためには、数10 GHz以上に感度を有する必要がある。このため、特許文献1に記載のセンサ1Cは、水分子の運動等を検出することができないと推定される。

[0047] 水溶液中では、NaClのような電解質の溶質の場合には溶質のイオンへの電離により、糖の様な非電解質の溶質の場合には溶質分子中の極性の偏りにより生じる、静電気力や水素結合を介して、水分子が溶質に束縛される水和現象が起こることが知られている。タンパク質などの巨大分子の活性には水和現象が大きくかわる。水溶液中では、水分子がタンパク質に置き換わることにより、バルク水（溶質から十分離れて束縛されない状態の水）が減少する。このため、バルク水の誘電率がタンパク質の誘電率に変化する。非特許文献2のFig. 2に、バルク水の複素誘電率を示したグラフが示されている。バルク水の緩和現象により、特に30 GHz～200 GHzの周波数領域で複素誘電率の変動が大きい。バルク水の量の変動すると、上記した周波数領域では複素誘電率も変動することが示唆される。

[0048] 特許文献1および非特許文献1に開示されたセンサ1Cは、評価周波数が1.1 GHzから3.3 GHzであるため、バルク水の水分子の運動を評価出来ず、水和状態を表すことは出来ない。これは水分子の運動は約10 GHz以上と大きいためである。そのため、磁性粒子により被検査体を標識し、磁性粒子の周波数変動に適切な1.1 GHzから3.3 GHzで評価するこ

とにより被検査体の動作を確認する。このため、磁性粒子による標識（磁性粒子の付加）が必要になる。

[0049] したがって、共振器 50 の共振周波数が 30 GHz 以上 200 GHz 以下の周波数帯域にすることにより、本実施形態のセンサ装置 100 は、水溶液および水分を含有する試料等である被検査体 70 内部における変化を測定することができる。

[0050] （変形例 1）

本発明の実施形態 1 の変形例 1 について、図 5 に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

[0051] 図 5 は、図 1 に示したセンサ装置 100 に含まれる発振器 20 の別の概略構成を示す回路図である。

[0052] 発振器 20 は、差動回路 40 と、差動回路 40 の差動間に形成されている共振器 50 と、発振器 20 の駆動を制御信号に従って制御する電流源 60 とを含む。

[0053] 図 5 に示す構成においては、キャパシタ 54 が、半導体基板 10 のメタル層のうち、最上層であるメタル層に形成されている（図 2 の（b）のインダクタ 52 と同様）。また、平面視において、キャパシタ 54 は、発振器 20 が半導体基板 10 で占める面積の大部分であり、楕形に形成されている。

[0054] また、インダクタ 52 は、最上層でないメタル層に形成されてもよく、トランジスタで構成されるアクティブインダクタ等であってもよい。

[0055] キャパシタ 54 は、最上層であるメタル層に形成されているため、半導体基板 10 の表面に付着した水分および被検査体などにより、キャパシタ 54 のキャパシタンスが変化する。そして、発振器 20 が発振する発振周波数が変化する。

[0056] （変形例 2）

本発明の実施形態 1 の変形例 2 について、図 6 に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

[0057] 図 6 は、図 1 に示したセンサ装置 100 に含まれる発振器 20 の別の概略

構成を示す回路図である。

[0058] 発振器 20 は、差動回路 40 と、差動回路 40 の差動間に形成されている共振器 50 と、発振器 20 の駆動を制御信号に従って制御する電流源 60 とを含み、さらに共振器 50 と電流源 60 との間に接続された差動回路 42 を含む。

[0059] 差動回路 42 は、互いにクロスカップルされた PMOS トランジスタ M3 および PMOS トランジスタ M4 を含む。なお、適宜別の差動回路を用いてもよい。例えば、バイポーラトランジスタを用いてもよい。

[0060] 共振器 50 が差動回路 40 と差動回路 42 との間に挟まれている。このため、共振器 50 で共振する電流の電圧が、電源電圧 VDD を超えない。

[0061] [実施形態 2]

本発明の実施形態 2 について、図 7 と図 8 に基づいて説明すれば、以下のとおりである。なお、説明の便宜上、前記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

[0062] 図 7 は、図 1 に示したセンサ装置 100 のセンサ IC 1 の表面に被検査体 71 が付着している第 3 状態を示す図である。

[0063] 実施形態 1 で示したように、時間の経過により、被検査体 70 に関わる水の状態が変化すると仮定する（例えば、水和状態の変化によるバルク水の増減、及び被検査体 70 の含有する水分の蒸発等）。それにより、被検査体 70 の物性（誘電率等）及び形状が変化し、物性又は形状等が異なる被検査体 71 へ被検査体 70 は変化する。

[0064] 図 7 のような、センサ IC 1 の表面に被検査体 71 が付着した状態（第 3 状態）で、第 1 状態および第 2 状態と同様に、検出回路 3 が、制御回路 4 の駆動しているユニットセルの出力する信号の周波数を測定し、発振器 20 の発振周波数を算出する。

[0065] 図 8 は、図 1 に示したセンサ装置 100 における、第 2 状態に対する第 3 状態の発振器 20 の発振周波数を示す図である。被検査体 70 から被検査体 71 への変化に伴い、発振器 20 の発振周波数も変化する。

[0066] ユニットセル A 1 1 ~ A L M のそれぞれについて、駆動しているときの第 2 状態と第 3 状態との発振器 2 0 の発振周波数の差 $\Delta f'$ を、検出回路 3 は算出する。発振周波数の差 $\Delta f'$ に基づき、当該ユニットセルの近傍における被検査体 7 0 から被検査体 7 1 への変化の有無を検出することができる。例えば、発振周波数の差 $\Delta f'$ が所定の閾値未満の場合、当該ユニットセルの近傍において被検査体 7 1 への変化がないと判定し、発振周波数の差 $\Delta f'$ が所定の閾値以上の場合、当該ユニットセルの近傍において被検査体 7 0 が被検査体 7 1 へ変化したと判定する。

[0067] そして、半導体基板 1 0 における複数のユニットセル A 1 1 ~ A L M の配置に、ユニットセル A 1 1 ~ A L M のそれぞれの近傍における被検査体 7 0 から被検査体 7 1 への変化の有無を対応付けることにより、被検査体 7 1 への変化した位置が検出できる。したがって、センサ装置 1 0 0 は、ユニットセル A 1 1 ~ A L M のそれぞれについて個別に、被検査体 7 1 への変化の有無を検出できるため、ユニットセル A 1 1 ~ A L M の分布密度（配置密度）に対応する分解能により、被検査体 7 0 から被検査体 7 1 への変化の分布を検出できる。

[0068] 〔実施形態 3〕

本発明の実施形態 3 について、図 9 と図 1 0 に基づいて説明すれば、以下のとおりである。なお、説明の便宜上、前記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

[0069] 図 7 は、図 1 に示したセンサ装置 1 0 0 のセンサ I C 1 の表面に被検査体 7 2 が付着している第 4 状態を示す図である。

[0070] 実施形態 1 で示したように、時間の経過等により、被検査体 7 0 に関わる水の状態が変化すると仮定する（例えば、水和状態の変化によるバルク水の増減、及び被検査体 7 0 の含有する水分の蒸発等）。それにより、被検査体 7 0 は被検査体 7 2 へ変化したとする。被検査体 7 2 は、その物性が局所的に変化している部位 7 3、部位 7 4、および部位 7 5 を有する。被検査体 7 2 の物性の局所的な変化は、例えば、被検査体 7 2 に含まれる成分の化学反

応、被検査体 7 2 の温度変化、半導体基板 1 0 の表面からの距離等の変化が、被検査体 7 2 に局所的に生じていることであり、複数のユニットセル A 1 1 ~ A L M のうち一部のユニットセルが出力する信号の周波数を変える。したがって、被検査体 7 2 の局所的な変化は、誘電率の局所的な変化により、ユニットセル A 1 1 ~ A L M に含まれる共振器 5 0 の共振周波数の局所的な変化として検出することができる。

[0071] 図 9 のような、センサ 1 C 1 の表面に被検査体 7 2 が付着した状態（第 4 状態）で、第 1 状態～第 3 状態と同様に、検出回路 3 が、制御回路 4 の駆動しているユニットセルの出力する信号の周波数を測定し、発振器 2 0 の発振周波数を算出する。

[0072] 図 1 0 は、図 1 に示したセンサ装置 1 0 0 における、第 2 状態に対する第 4 状態の発振器 2 0 の発振周波数を示す図である。被検査体 7 0 から被検査体 7 2 への変化に伴い、発振器 2 0 の発振周波数も変化する。

[0073] ユニットセル A 1 1 ~ A L M のそれぞれについて、駆動しているときの第 2 状態と第 4 状態との発振器 2 0 の発振周波数の差 Δf を、検出回路 3 は算出する。発振周波数の差 Δf に基づき、当該ユニットセルの近傍における被検査体 7 2 の局所的な変化を検出することができる。例えば、複数の閾値を設け、発振周波数の差 Δf が第 1 の閾値以上であり第 2 の閾値未満の場合、当該ユニットセルの近傍に被検査体 7 2 は存在するが、部位 7 3 ~ 7 5 のような局所的な変化は生じていないと判定する。また、発振周波数の差 Δf が第 2 の閾値以上であり第 3 の閾値未満の場合、当該ユニットセルの近傍において被検査体 7 2 に、部位 7 3 のような局所的な変化が生じていると判定する。また、発振周波数の差 Δf が第 3 の閾値以上であり第 4 の閾値未満の場合、当該ユニットセルの近傍において被検査体 7 2 に、部位 7 4 のような局所的な変化が生じていると判定する。また、発振周波数の差 Δf が第 4 の閾値以上の場合、当該ユニットセルの近傍において被検査体 7 2 に、部位 7 5 のような局所的な変化が生じていると判定する。

[0074] そして、半導体基板 1 0 における複数のユニットセル A 1 1 ~ A L M の配

置に、ユニットセルA 1 1～A L Mのそれぞれの近傍における被検査体7 2の局所的な変化を対応付けることにより、被検査体7 2の局所的な変化の位置が検出できる。したがって、センサ装置1 0 0は、ユニットセルA 1 1～A L Mのそれぞれについて個別に、被検査体7 2の局所的な変化を検出できるため、ユニットセルA 1 1～A L Mの分布密度（配置密度）に対応する分解能により被検査体7 2の局所的な変化の分布を検出できる。

[0075] 〔実施形態4〕

本発明の実施形態4について、図1 1に基づいて説明すれば、以下のとおりである。なお、説明の便宜上、前記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

[0076] 図1 1は、図1 に示したセンサ装置1 0 0に含まれるユニットセルA 1 1～A L Mを順次駆動する制御を説明する模式図である。

[0077] 制御回路4は、ユニットセルA $\times y$ （ x は1以上L以下の整数、 y は1以上M以下の整数）が、時間 $T_ (x-1)L + y$ に、駆動し、その他の時間には駆動しないように制御信号を出力する。そのため、図1 1に示すように、時間 $T_ 1$ から時間 $T_ ML$ までにおいて、ユニットセルA 1 1、ユニットセルA 2 1、ユニットセルA 3 1、…、ユニットセルA L 1、ユニットセルA 2 1、ユニットセルA 2 2、…、ユニットセルA L Mの順に、所定の時間幅かつ所定の時間間隔で、順次駆動する。

[0078] ユニットセルA 1 1～A L Mの出力する信号が重なり合わないために、分周器3 0を考慮に入れなければ、時間間隔は、3 3ピコ秒（3 0 G H zの電磁波の周期）の1 0 0 0倍の3 3ナノ秒程度でよい。一方、現実的には、分周器3 0により、駆動しているユニットセルが出力する信号の周波数は1 0 0 M H z程度になるため、時間間隔は、1 0ナノ秒（1 0 0 M H zの電磁波の周期）の1 0 0倍の1 マイクロ秒程度が必要である。したがって、ユニットセルA 1 1～A L Mの出力する信号が重なり合わないために、ユニットセルA 1 1～A L Mが駆動する時間間隔は1 ミリ秒以上が好ましい。

[0079] 順次駆動を周期的または非周期的に繰り返すことにより、ユニットセルA

11～ALMのそれぞれの発振器20の発振周波数の時間的な変化を検出することができる。

[0080] なお、順次駆動を繰り返す時に、重点的なユニットセルを繰り返し駆動させたり、重点的なユニットセルの駆動時間を長くしたりすることができるように、制御回路4による制御が柔軟な制御であってもよい。これにより、例えば、発振周波数の変化が大きいユニットセルを重点的に駆動させることにより、ユニットセルA11～ALMのそれぞれの発振器20の発振周波数の時間的な変化の分布をより精度よく検出することができる。

[0081] したがって、センサ装置100は、複数のユニットセルA11～ALMから、それぞれの発振器20の発振周波数の時間的な変化と空間的な変化とを順次検出することができる。発振器20の発振周波数の時間的な変化と空間的な変化とは、図9に示した被検査体72の部位73～75のような、被検査体の性質および状態等の局所的な変化と経時的な変化とに起因する。これにより、センサ装置100は、発振器20の発振周波数を変化させるような、被検査体の時間的な変化と空間的な変化とを順次検出することができる。

[0082] [実施形態5]

本発明の実施形態5について、図12～15に基づいて説明すれば、以下のとおりである。なお、説明の便宜上、前記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

[0083] 前述の実施形態1～4においては、センサ装置100のセンサIC1の表面の一部に被検査体70～72が付着する場合を説明した。実施形態5においては、センサ装置のセンサIC2の全面が水溶液（被検査体76、77）に浸される場合を説明する。

[0084] 図12は、図1に示したセンサ装置100に含まれる別のセンサIC2の概略構成を示す斜視図である。また、センサIC2の表面が清浄である第1状態を示す図である。

[0085] センサIC2は、センサ用の集積回路（Integrated Circuit）である。センサIC2は、半導体基板10と複数のユニットセルA11～ALMとを含

み、さらに、封止材 16 を含む。

[0086] 封止材 16 は、図示しないボンディングワイヤおよびボンディングパッド等が水溶液に直接に接触しないように、ボンディングワイヤおよびボンディングパッド等を封止する。封止材 16 の材料および形状等は特に限定しない。

[0087] ユニットセル A 11 ~ A L M は、前述の実施形態 1 と同様に、共振器 50 の共振周波数が水分および被検査体等により変化するために、共振器 50 の部分（インダクタ 52 とキャパシタ 54 との少なくとも一方）が最上層であるメタル層に形成されている。また、図 2 の（b）のように、最上層であるメタル層に形成されている共振器 50 の部分（インダクタ 52 とキャパシタ 54 との少なくとも一方）が、保護膜 15 で覆われ、水溶液（被検査体 76、77）に直接には接触しない。

[0088] 図 12 のような、センサ IC 1 の表面が清浄な状態（第 1 状態）で、制御回路 4 が複数のユニットセル A 11 ~ A L M を順次駆動し、駆動しているユニットセルが出力する信号の周波数を検出回路 3 が測定する。そして、分周器 30 の分周比 $1/N$ により、検出回路 3 が発振器 20 の発振周波数を算出する。

[0089] 図 13 は、図 12 に示したセンサ IC 2 の表面が被検査体 76 に浸されている第 2 状態を示す図である。

[0090] 被検査体 76 は、半導体基板 10 の表面を均一に覆い、水溶液である。図 13 のような、センサ IC 1 の表面が被検査体 76 に浸されている状態（第 2 状態）で、制御回路 4 が複数のユニットセル A 11 ~ A L M を順次駆動し、駆動しているユニットセルが出力する信号の周波数を検出回路 3 が測定する。そして、分周器 30 の分周比 $1/N$ により、検出回路 3 が発振器 20 の発振周波数を算出する。

[0091] 図 14 は、図 12 に示したセンサ IC 2 の表面が被検査体 77 に浸されている第 3 状態を示す図である。

[0092] 被検査体 77 は、被検査体 76 が変化した水溶液である。被検査体 76 か

ら被検査体 77 への変化は、例えば、時間の経過に伴う溶質の変化（濃度の変化、気化、固化、化学的反応の進行等）による、水溶液の性質の変化である。図 14 のような、センサ 1C1 の表面が被検査体 77 に浸されている状態（第 3 状態）で、制御回路 4 が複数のユニットセル A11～ALM を順次駆動し、駆動しているユニットセルが出力する信号の周波数を検出回路 3 が測定する。そして、分周器 30 の分周比 $1/N$ により、検出回路 3 が発振器 20 の発振周波数を算出する。

[0093] 図 15 は、図 12 に示したセンサ 1C2 における、第 1 状態と第 2 状態と第 3 状態との発振器 20 の発振周波数を示す図である。

[0094] 図 15 に示すように、検出回路 3 は、第 1 状態と第 2 状態との発振器 20 の発振周波数の差 Δf_{12} と、第 2 状態と第 3 状態との発振器 20 の発振周波数の差 Δf_{23} と、を算出する。

[0095] 検出回路 3 は、第 1 状態と第 2 状態と発振周波数の差 Δf_{12} に基づき、被検査体 76 の性質（物性）の分布および平均値を、誘電率の変化として算出することができる。また、第 2 状態と第 3 状態と発振周波数の差 Δf_{23} に基づき、被検査体 77 の性質（物性）の分布および平均値を、誘電率の変化として算出することができる。

[0096] [まとめ]

本発明の態様 1 に係るセンサ装置（センサ 1C1、センサ 1C2、センサ装置 100）は、基板（半導体基板 10）と、前記基板に配置された複数の共振器（50）と、を備え、前記複数の共振器は、それぞれ自身の近傍にある被検査体（70～72、76、77）の物性（性質・状態・誘電率等）に応じて共振周波数を変化させ、前記複数の共振器の分布と、前記複数の共振器のそれぞれの前記共振周波数とに基づき、前記被検査体の物性の分布を検出し、前記複数の共振器（50）のうち、互いに隣り合う 2 つの共振器の中心間距離（行間隔、列間隔）が $300\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

[0097] 上記構成によれば、共振器は、電磁波の送受信をするような狭義のアンテナではなく、波長による開口径の制約を受けないため、小面積化が可能であ

る。そして、共振器の小面積化により、基板上の共振器の配置密度を高めることができる。したがって、被検査体の物性の分布を広い範囲で検出することと、空間的分解能を高めることができる。そして、広い範囲で空間的分解能が高いため、被検査体の物性の局所的な変化を広い範囲で検出することができる。

[0098] また、上記構成によれば、被検査体を磁性粒子等で標識しなくてもよい。このため、測定作業を簡易にすることができる。

[0099] また、上記構成によれば、共振器の配置密度を増やすことができる。このため、センサ装置の小型化が可能になる。またはセンサ装置の空間的分解能を高めることができる。

[0100] 本発明の態様2に係るセンサ装置（センサ101、センサ102、センサ装置100）は、態様1に係るセンサ装置であり、前記複数の共振器（50）のうち、少なくとも1つの共振器がインダクタ（52）及びキャパシタ（54）を有し、前記インダクタ及び前記キャパシタの少なくとも一方の形成箇所は、前記基板（10）が有しているメタル層のうち、前記基板と前記被検査体（70～72、76、77）との接触位置に最も近い層を含むことを特徴とする。

[0101] 上記構成によれば、基板の表面の誘電率又は透磁率等の変化に、最も被検査体に近いメタル層が敏感であるため、被検査体に応じて共振周波数が変化しやすい。このため、センサ装置の感度を高めることができる。

[0102] 本発明の態様3に係るセンサ装置（センサ101、センサ102、センサ装置100）は、態様1または2に係るセンサ装置であり、前記複数の共振器のそれぞれの前記共振周波数が、30GHz以上200GHz以下であることを特徴とする。

[0103] 特に30GHz以上200GHz以下の周波数帯域において、水和現象による複素誘電率の変化が大きい。このため、上記構成によれば、被検査体の内部の水分子の運動および水和現象等を測定することができる。

[0104] 本発明の態様4に係るセンサ装置（センサ101、センサ102、センサ

装置 100) は、態様 1～3 の何れか 1 態様に係るセンサ装置であり、前記複数の共振器 (50) のうち、少なくとも 1 つの共振器の平面視におけるサイズが、一辺 200 μm の正方形に収まるサイズであることを特徴とする。

[0105] 上記構成によれば、共振器の配置密度を増やすことができる。このため、センサ装置の小型化が可能になる。またはセンサ装置の空間的分解能を高めることができる。

[0106] 本発明の態様 5 に係るセンサ装置 (100) は、態様 1～4 の何れか 1 態様に係るセンサ装置であり、前記複数の共振器 (50) のそれぞれに対して 1 対 1 対応に設けられ、対応する前記共振器の前記共振周波数を分周する複数の分周器 (30) と、前記複数の分周器の出力に基づいて前記複数の共振器のそれぞれの前記共振周波数を推定する検出回路 (3) と、を備えることを特徴とする。

[0107] 上記構成によれば、分周器により共振周波数が分周されるため、検出回路が扱う信号の周波数帯が、共振周波数帯より低い周波数帯になる。したがって、高い周波数帯を扱えるように検出回路を構成しなくてもよく、検出回路の簡素化および低コスト化が実現できる。

[0108] 本発明の態様 6 に係るセンサ装置 (センサ装置 100) は、態様 1～5 の何れか 1 態様に係るセンサ装置であり、前記複数の共振器 (50) を順次駆動させる制御回路 (4) をさらに備えることを特徴とする。

[0109] 上記構成によれば、順次駆動により、同時に駆動している共振器の数が少なくなるため、センサ装置を駆動するための電流およびセンサ装置からの発熱を減らすことができる。発熱を減らすことにより、発熱による被検査体の変質を抑制することができる。また、順次駆動を繰り返すことにより、前記被検査体の分布と物性の分布と物性の変化の分布等の時間的な変化を検出することができる。

[0110] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲

に含まれる。さらに、各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を組み合わせることにより、新しい技術的特徴を形成することができる。

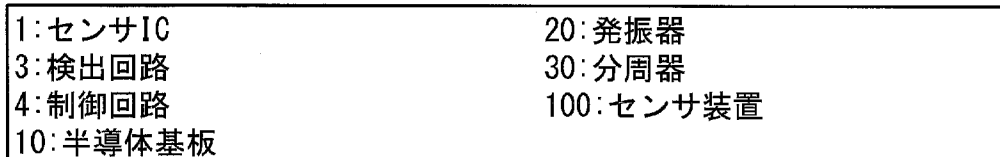
符号の説明

- [0111] 1、2 センサIC
 3 検出回路
 4 制御回路
 10 半導体基板
 15 保護膜
 16 封止材
 20、110、120 発振器
 30 分周器
 40、42 差動回路
 50 共振器
 52、111、121 インダクタ
 54 キャパシタ
 60 電流源
 70～72、76、77、114、124 被検査体
 73～75、141、142 部位
 100 センサ装置
 A11～ALM ユニットセル
 M1～M4 トランジスタ
 T__1～T__LM 時間

請求の範囲

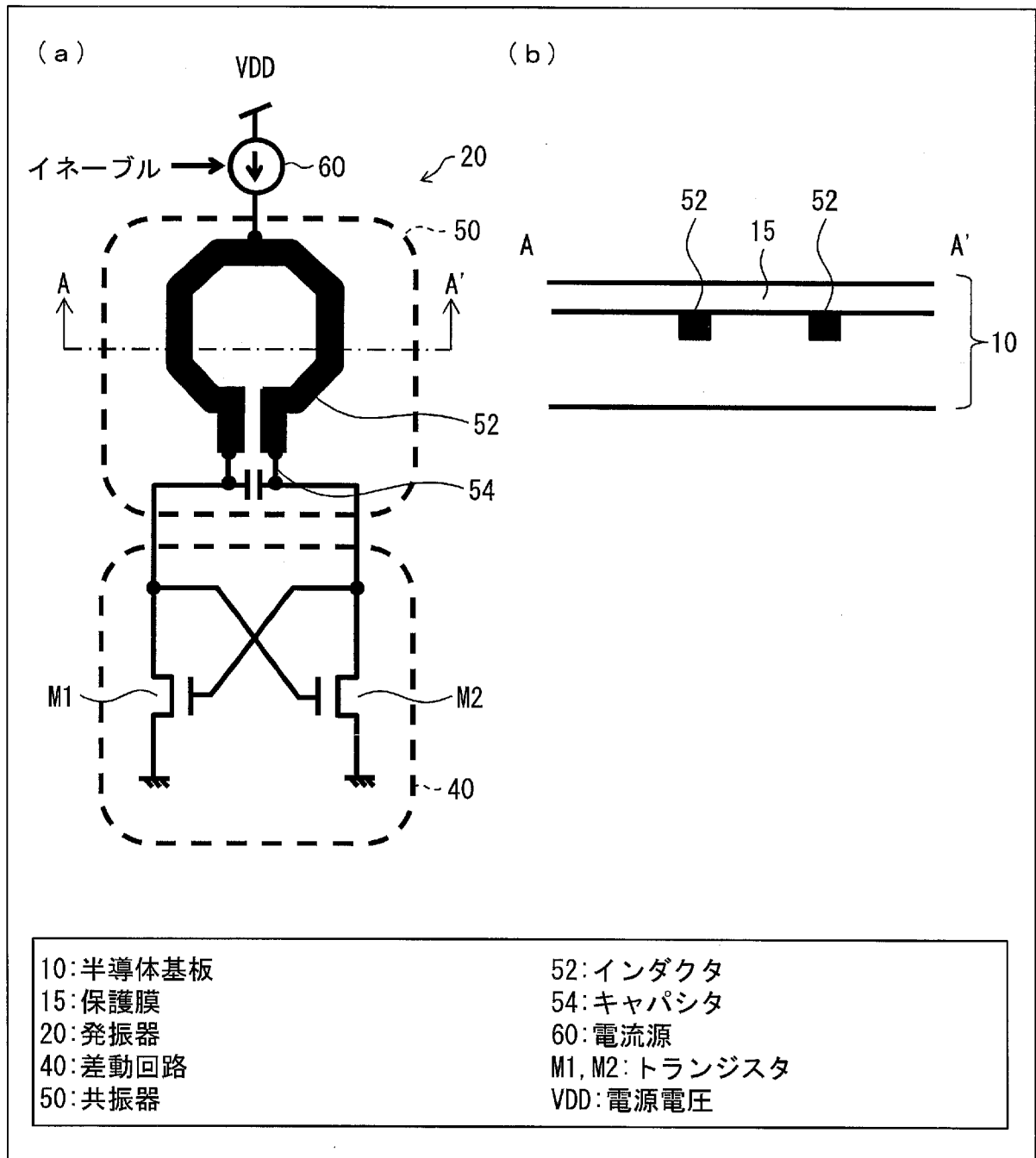
- [請求項1] 基板と、
 前記基板に配置された複数の共振器と、を備え、
 前記複数の共振器は、それぞれ、自身の近傍にある被検査体の物性
 に応じて共振周波数を変化させ、
 前記複数の共振器の分布と、前記複数の共振器のそれぞれの前記共
 振周波数とに基づき、前記被検査体の物性の分布を検出し、
 前記複数の共振器のうち、互いに隣り合う2つの共振器の中心間距
 離が $300\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするセンサ装置。
- [請求項2] 前記複数の共振器のうち、少なくとも1つの共振器がインダクタ及
 びキャパシタを有し、
 前記インダクタ及び前記キャパシタの少なくとも一方の形成箇所は
 、前記基板が有しているメタル層のうち、前記基板と前記被検査体と
 の接触位置に最も近い層を含むことを特徴とする請求項1に記載のセン
 サ装置。
- [請求項3] 前記複数の共振器のそれぞれの共振周波数が、 30GHz 以上 200GHz
 以下であることを特徴とする請求項1または2に記載のセン
 サ装置。
- [請求項4] 前記複数の共振器のうち、少なくとも1つの共振器の平面視におけ
 るサイズが、一辺 $200\mu\text{m}$ の正方形に収まるサイズであることを特
 徴とする請求項1から3の何れか1項に記載のセンサ装置。
- [請求項5] 前記複数の共振器のそれぞれに対して1対1対応に設けられ、対応
 する前記共振器の前記共振周波数を分周する複数の分周器と、
 前記複数の分周器の出力に基づいて前記複数の共振器のそれぞれの
 前記共振周波数を推定する検出回路と、を備えることを特徴とする請
 求項1から4の何れか1項に記載のセンサ装置。

图 1



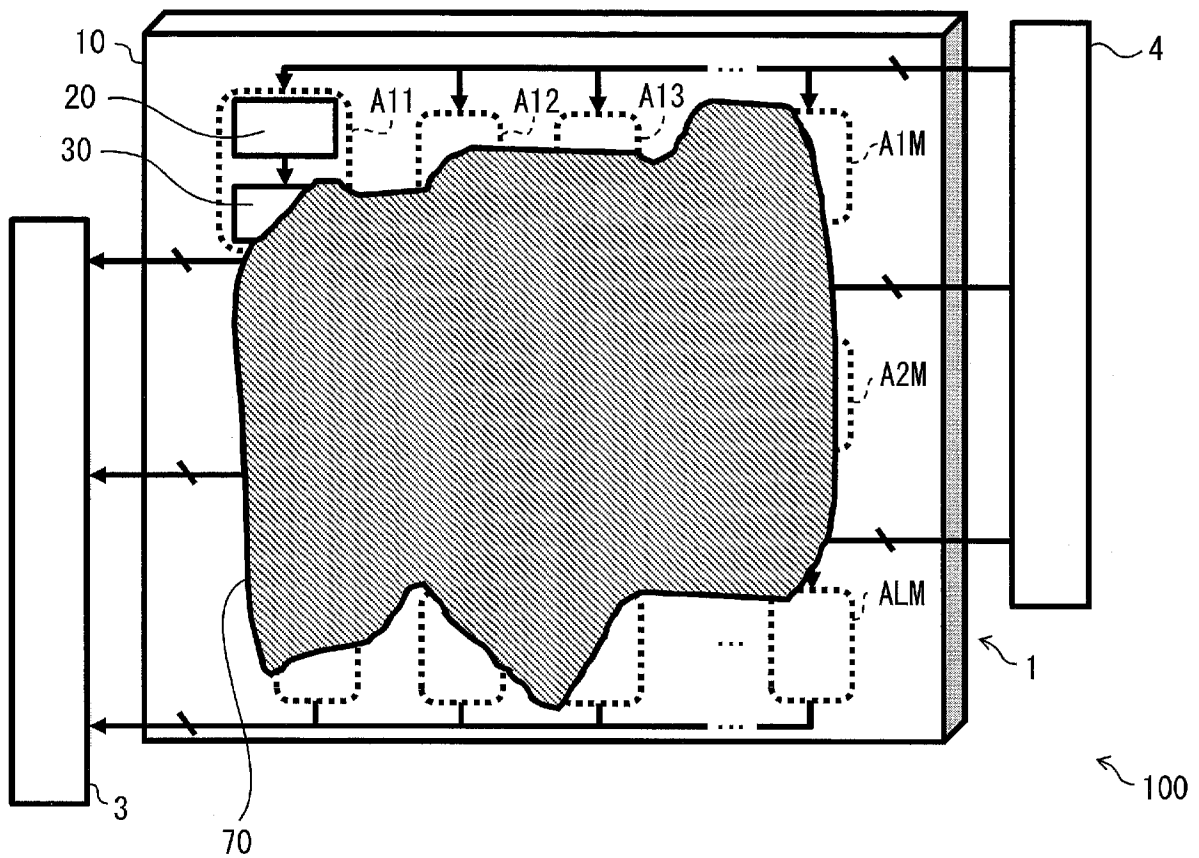
[図2]

図 2



[図3]

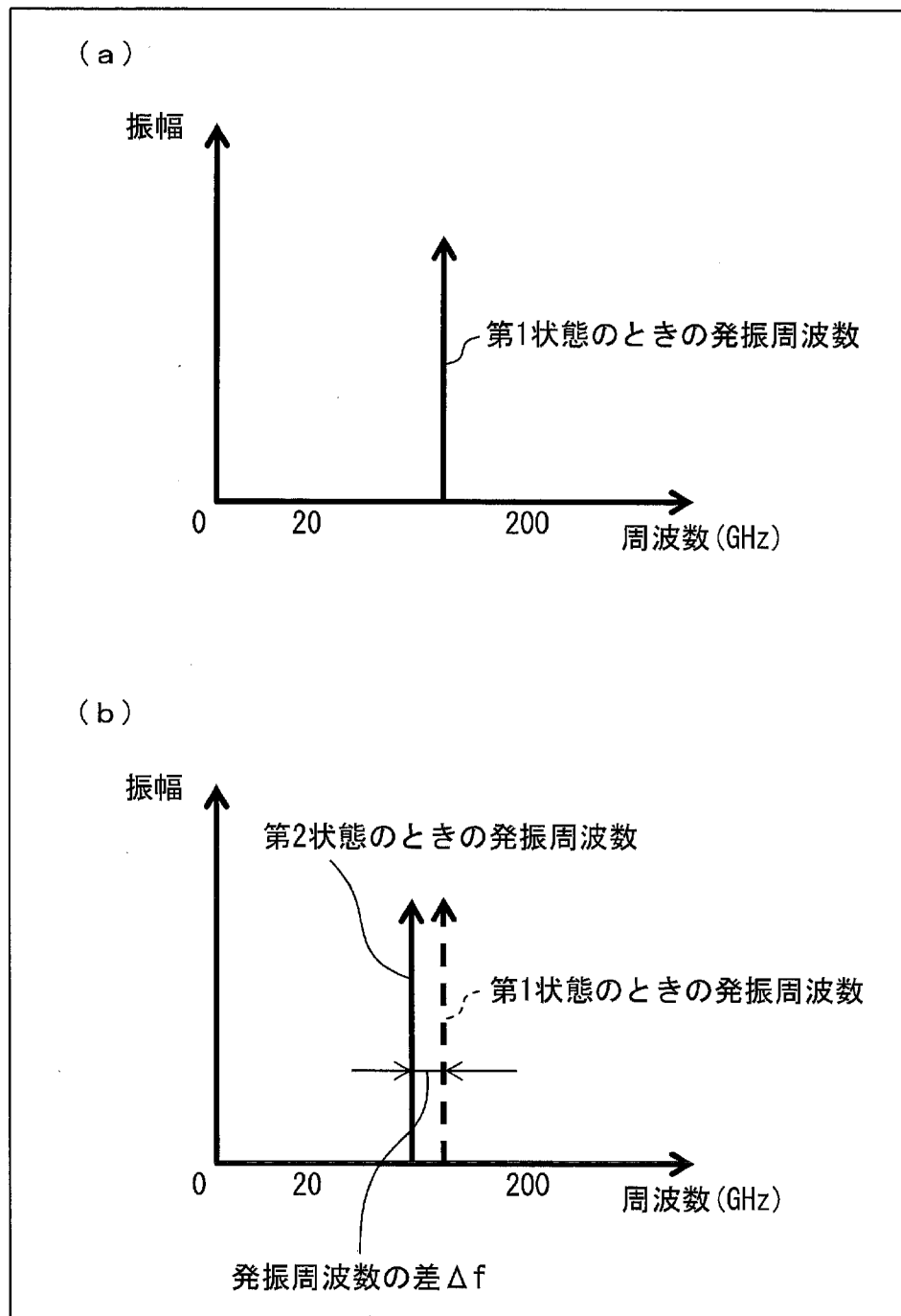
図 3



- | | |
|-----------|------------|
| 1: センサIC | 20: 発振器 |
| 3: 検出回路 | 30: 分周器 |
| 4: 制御回路 | 70: 被検査体 |
| 10: 半導体基板 | 100: センサ装置 |

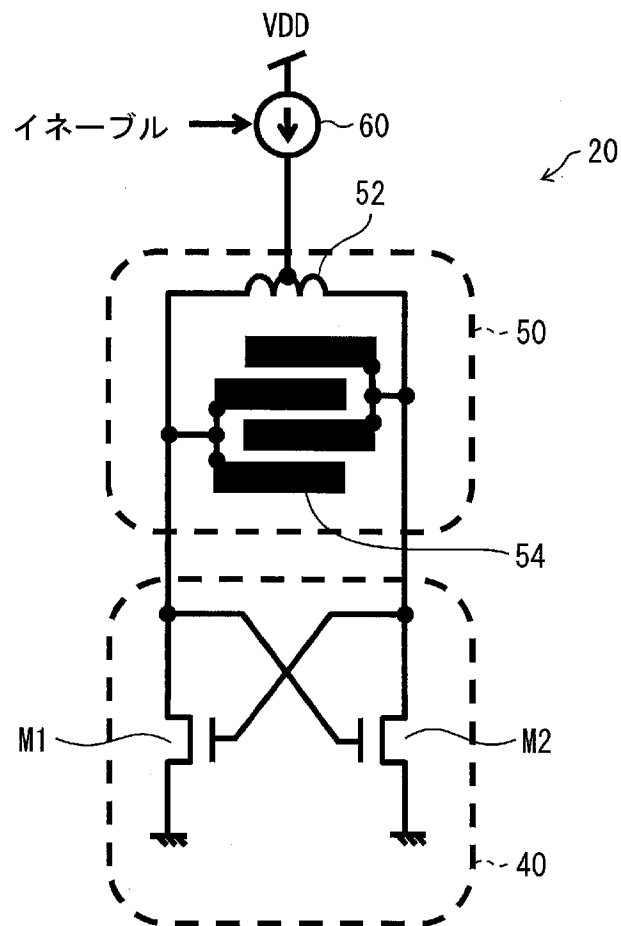
[図4]

図 4



[図5]

図 5

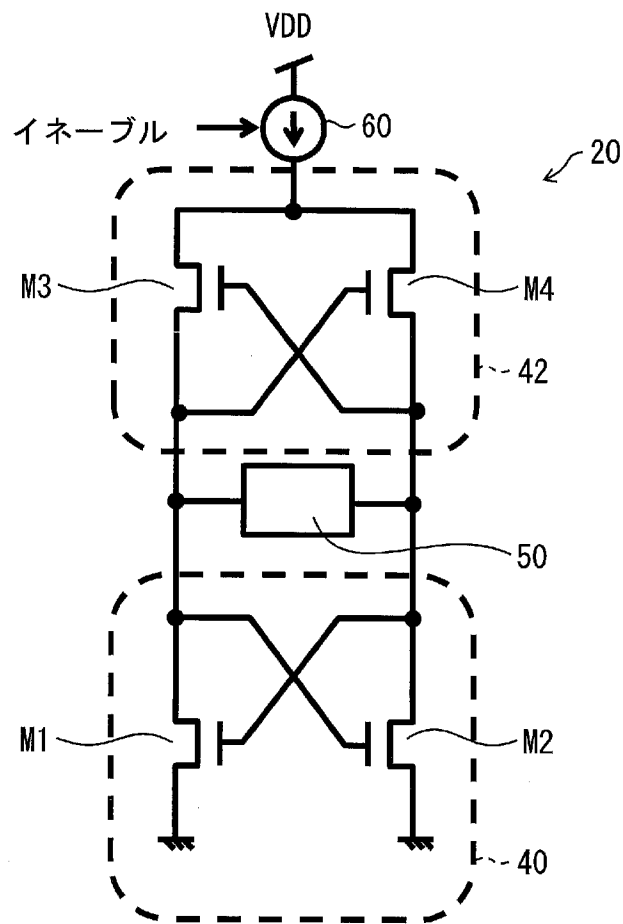


20: 発振器
40: 差動回路
50: 共振器
52: インダクタ

54: キャパシタ
60: 電流源
M1, M2: トランジスタ
VDD: 電源電圧

[図6]

図 6



20: 発振器

40, 42: 差動回路

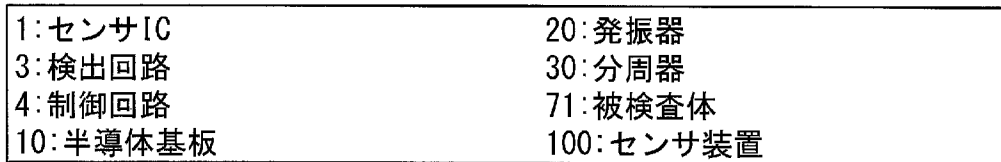
50: 共振器

60: 電流源

M1, M2, M3, M4: トランジスタ

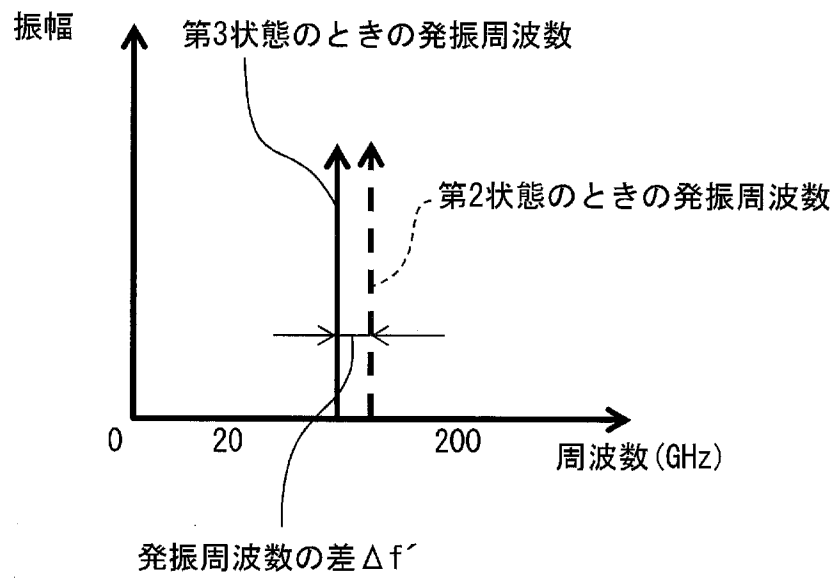
VDD: 電源電圧

图 7



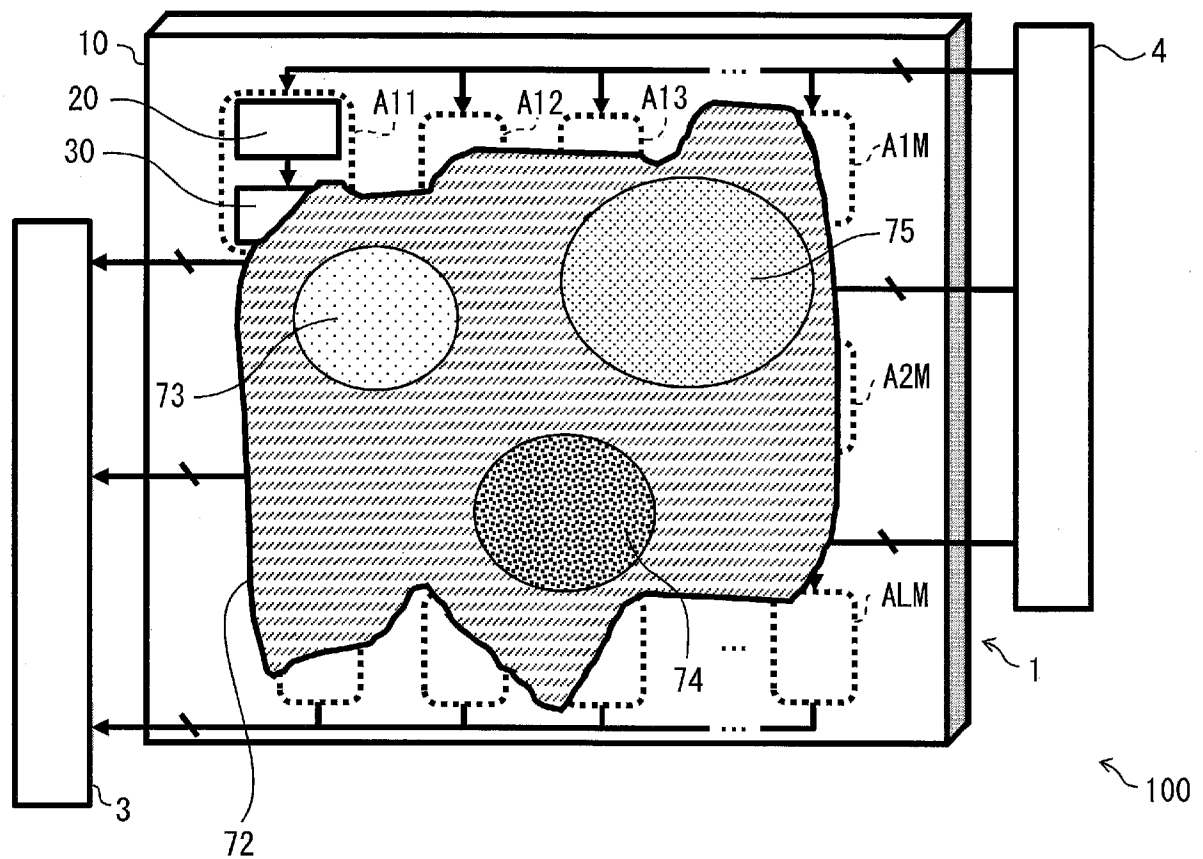
[図8]

図 8



[図9]

図 9

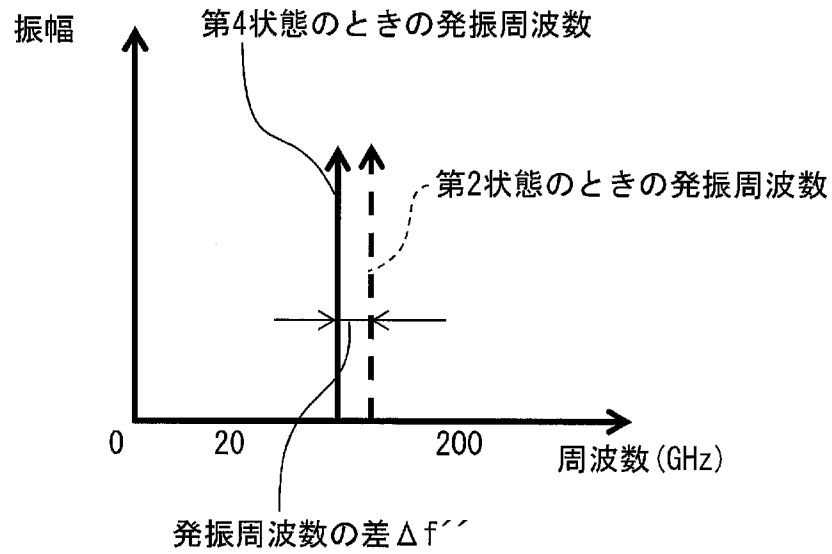


1: センサIC
 3: 検出回路
 4: 制御回路
 10: 半導体基板

20: 発振器
 30: 分周器
 72: 被検査体
 100: センサ装置

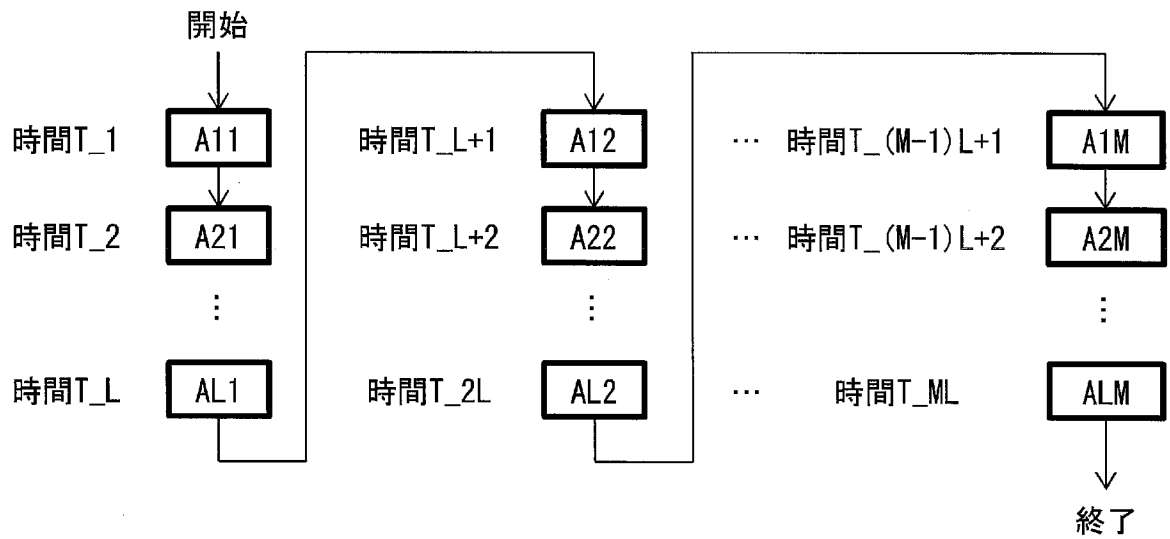
[図10]

図 10



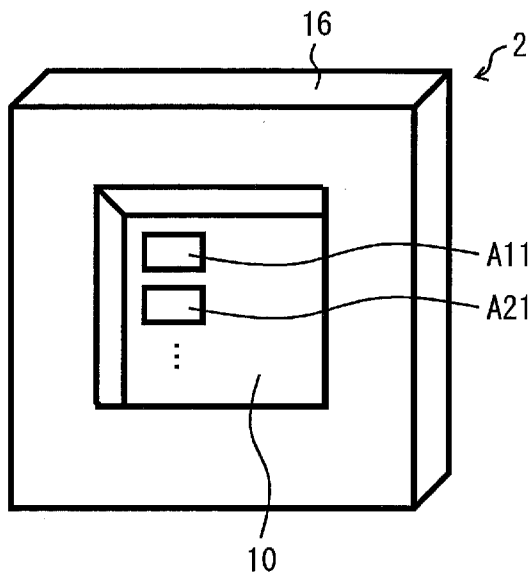
[図11]

図 11



[図12]

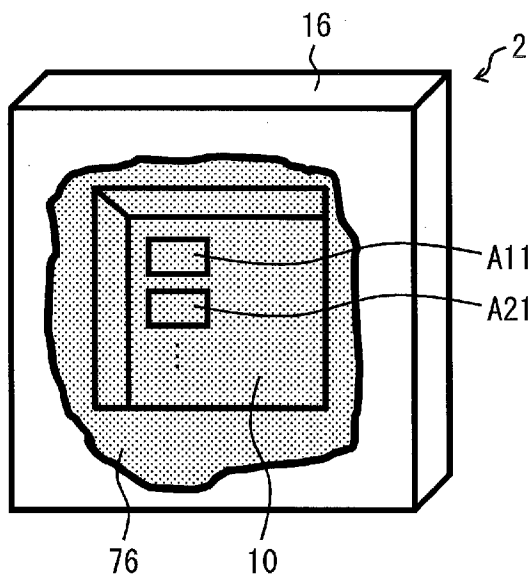
図 12



2: センサIC
10: 半導体基板
16: 封止材

[図13]

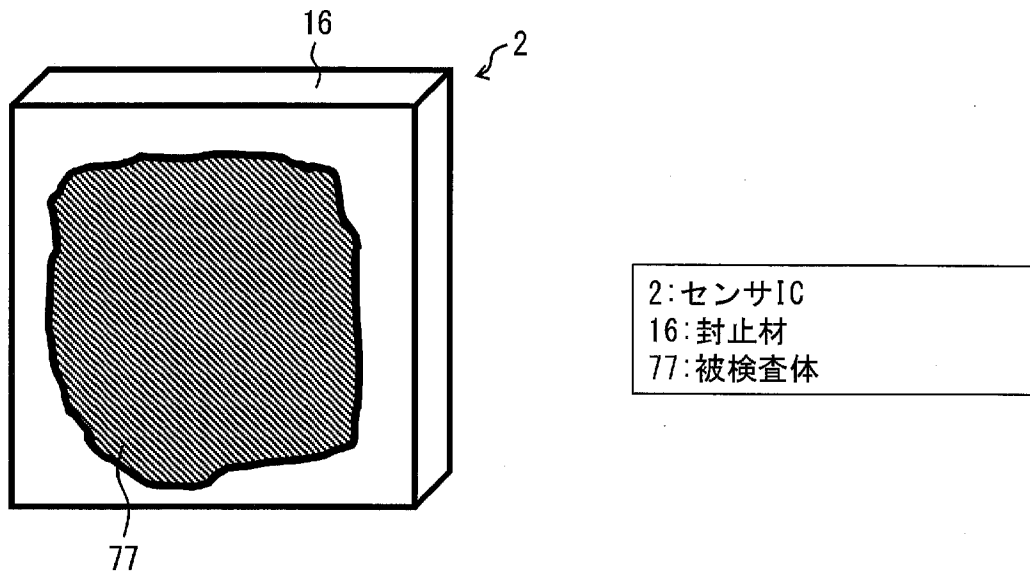
図 13



2: センサIC
10: 半導体基板
16: 封止材
76: 被検査体

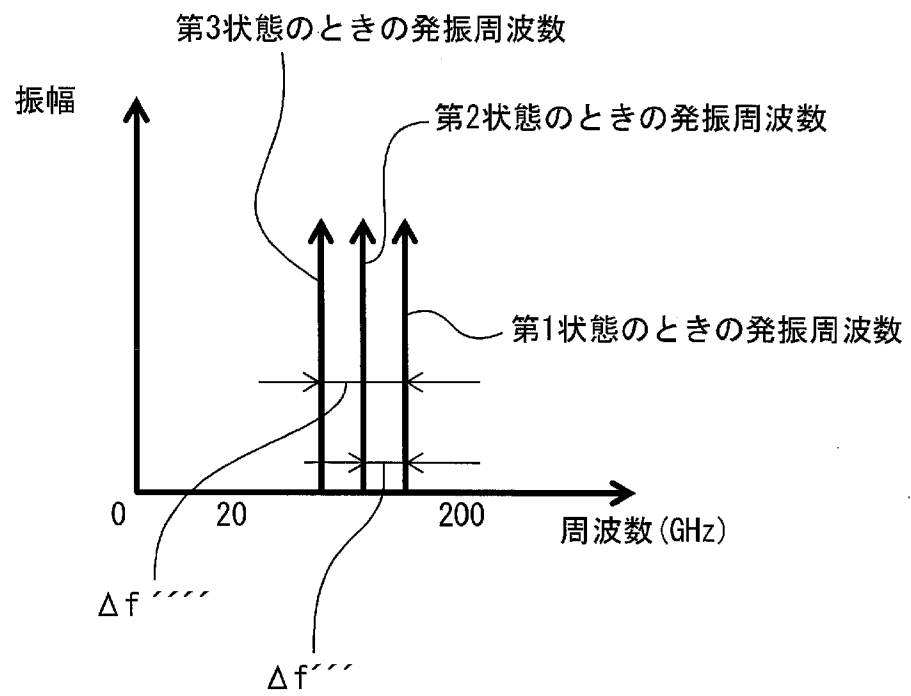
[図14]

図 14



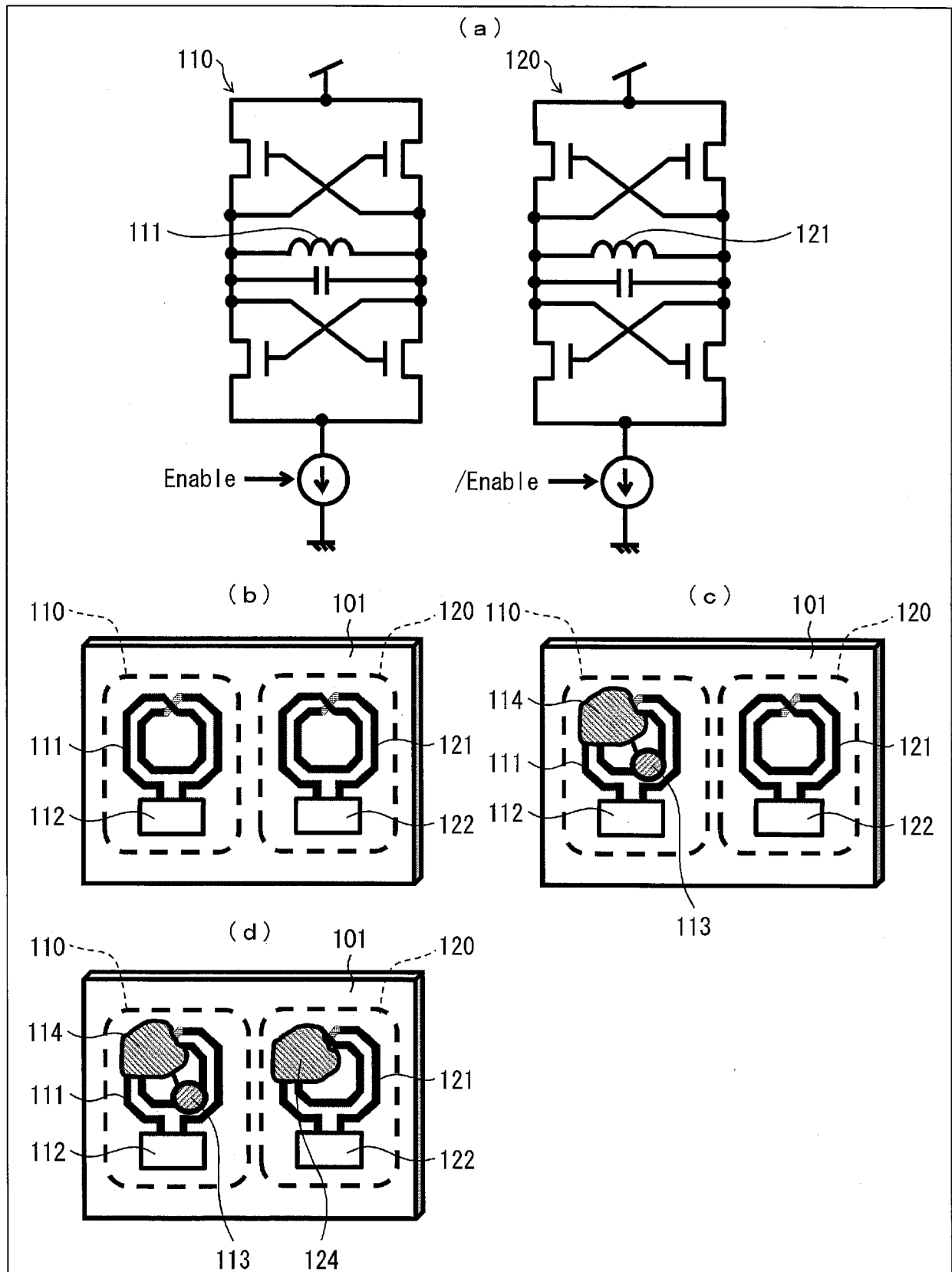
[図15]

図 15



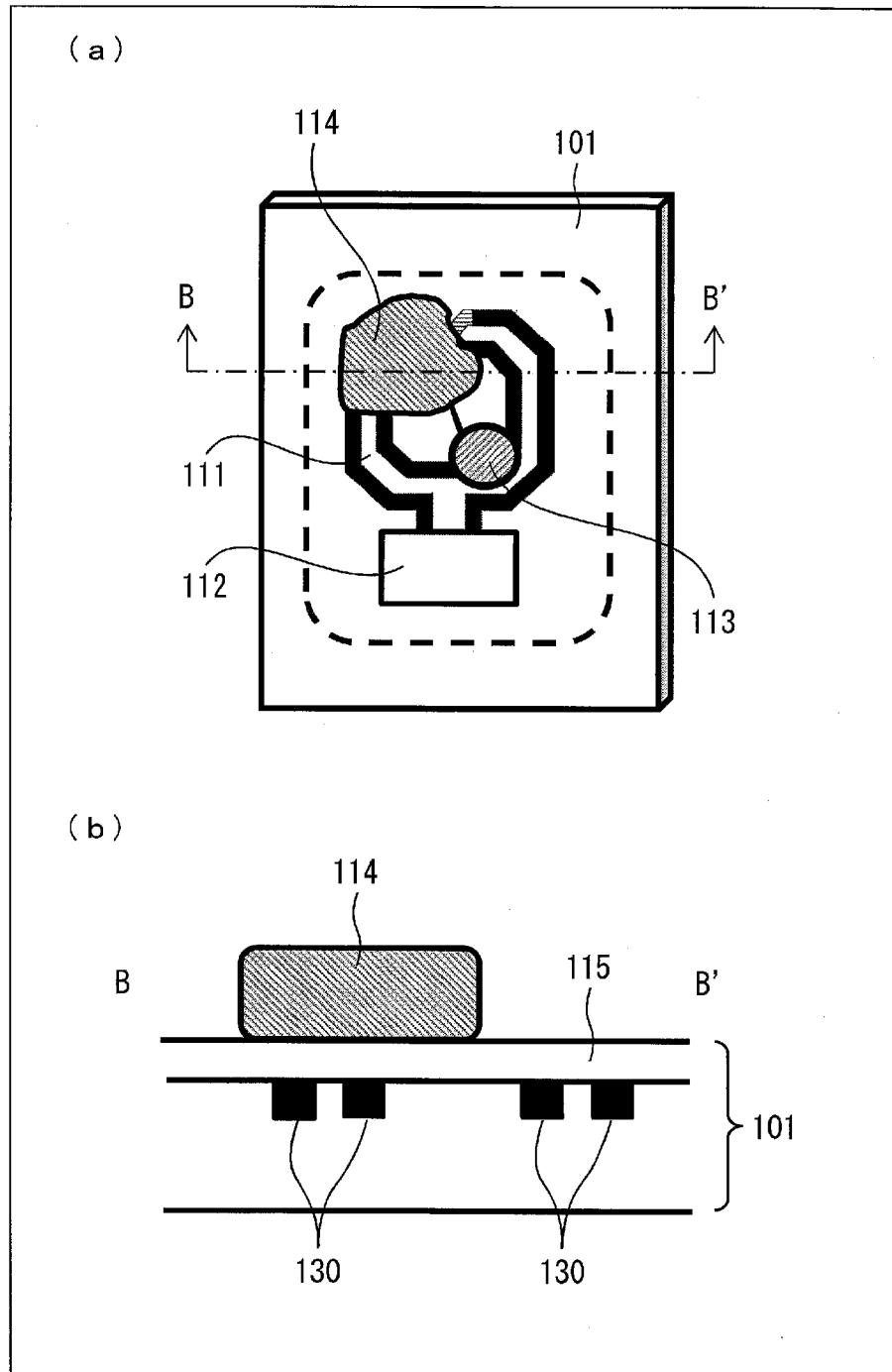
[図16]

図 16



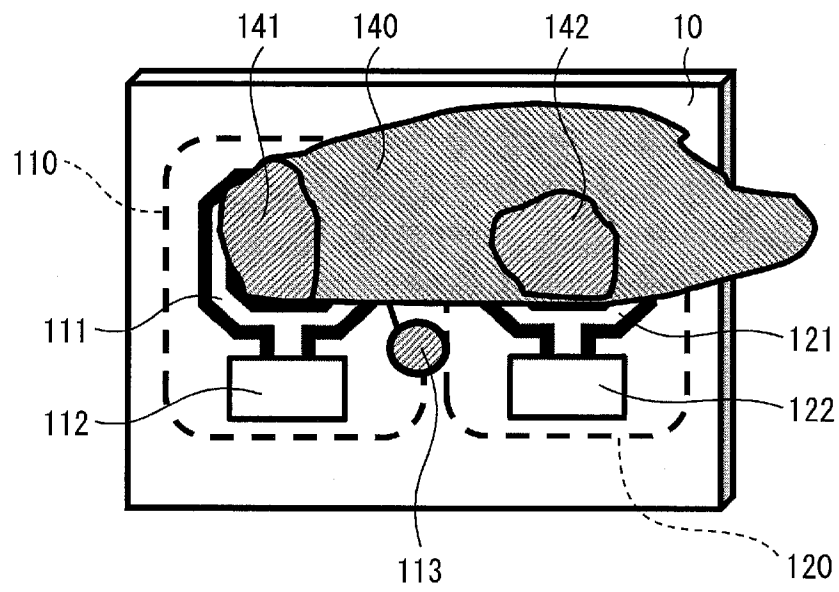
[図17]

図 17



[図18]

図 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065773

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N27/02(2006.01)i, G01N22/00(2006.01)i, G01N27/72(2006.01)i, G01R27/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N27/00-27/24, G01N27/72-27/90, G01R27/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Hua Wang et al., A Frequency-Shift Based CMOS Magnetic Biosensor with Spatially Uniform Sensor Transducer Gain, 2010 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC), 2010, 1-4	1, 2, 4 1-5
Y	S. Guha et al., An 8 GHz CMOS Near Field Bio-sensor Array for Imaging Spatial Permittivity Distribution of Biomaterials, 2014 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014), 2014, 1-4	1-5
Y	M. Abidi et al., Sensing Liquid Properties Using Split-Ring Resonator in Mm-wave Band, IECON 2010 - 36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, 2010	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 August 2016 (05.08.16)

Date of mailing of the international search report
16 August 2016 (16.08.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065773

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-306172 A (Mitsubishi Electric Corp.), 21 November 1995 (21.11.1995), paragraph [0008] & US 5594163 A column 2, lines 10 to 25 & DE 19517390 A	5
A	JP 2011-513755 A (California Institute of Technology), 28 April 2011 (28.04.2011), & US 2009/0267596 A1 & WO 2009/148668 A2 & EP 2250491 A & CN 102246034 A	1-5
A	WO 2014/130023 A1 (EMPIRE TECHNOLOGY DEVELOPMENT LLC), 28 August 2014 (28.08.2014), & US 2015/0377815 A1	1-5
A	S. Vehring et al., Permittivity Sensor based on 60 GHz Patch Antenna, 2015 German Microwave Conference, 2015.03.16, 311-314	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N27/02(2006.01)i, G01N22/00(2006.01)i, G01N27/72(2006.01)i, G01R27/26(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N27/00-27/24, G01N27/72-27/90, G01R27/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	Hua Wang et al., A Frequency-Shift Based CMOS Magnetic Biosensor with Spatially Uniform Sensor Transducer Gain, 2010 IEEE Custom	1, 2, 4
Y	Integrated Circuits Conference (CICC), 2010, 1-4	1-5
Y	S. Guha et al., An 8 GHz CMOS Near Field Bio-sensor Array for Imaging Spatial Permittivity Distribution of Biomaterials, 2014 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014), 2014, 1-4	1-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 5 . 0 8 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 8 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

蔵田 真彦

2 W

3 6 0 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	M. Abidi et al., Sensing Liquid Properties Using Split-Ring Resonator in Mm-wave Band, IECON 2010 - 36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, 2010	3
Y	JP 7-306172 A (三菱電機株式会社) 1995.11.21, 段落 [0008] & US 5594163 A, 第 2 欄第 10 行-同欄第 25 行 & DE 19517390 A	5
A	JP 2011-513755 A (カリフォルニア インスティテュート オブ テクノロジー) 2011.04.28 & US 2009/0267596 A1 & WO 2009/148668 A2 & EP 2250491 A & CN 102246034 A	1-5
A	WO 2014/130023 A1 (EMPIRE TECHNOLOGY DEVELOPMENT LLC) 2014.08.28 & US 2015/0377815 A1	1-5
A	S. Vehring et al., Permittivity Sensor based on 60 GHz Patch Antenna, 2015 German Microwave Conference, 2015.03.16, 311-314	1-5