

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6643799号  
(P6643799)

(45) 発行日 令和2年2月12日 (2020.2.12)

(24) 登録日 令和2年1月9日 (2020.1.9)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 N 21/3581 (2014.01)	GO 1 N 21/3581
HO 1 Q 15/24 (2006.01)	HO 1 Q 15/24
HO 1 P 1/165 (2006.01)	HO 1 P 1/165
HO 1 L 31/12 (2006.01)	HO 1 L 31/12 B

請求項の数 18 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2014-242519 (P2014-242519)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成26年11月28日 (2014.11.28)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-102770 (P2016-102770A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成28年6月2日 (2016.6.2)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成29年11月15日 (2017.11.15)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	小山 泰史
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	尾内 敏彦
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
		審査官	伊藤 裕美

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサ、及び、これを用いた情報取得装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

テラヘルツ波の発信及び受信を行うセンサであって、  
基板と、

テラヘルツ波を発生する発生素子、及び前記発生素子が発生した第一の偏波方向のテラヘルツ波を放射する第一のアンテナ、を有する発信部と、

前記第一のアンテナから放射されたテラヘルツ波の偏波方向を変更する偏波変換部と、  
前記第一の偏波方向と異なる第二の偏波方向のテラヘルツ波を受信する第二のアンテナ、  
及び前記第二のアンテナが受信したテラヘルツ波を検出する検出素子と、を有する受信部  
と、を有し、

前記発信部と前記受信部とは、前記基板上に配置されており、

前記第一のアンテナは、第一の導体と、第二の導体と、前記第一の導体と前記第二の導  
体との間に配置されている第一の誘電体と、を有し、

前記第二のアンテナは、第三の導体と、第四の導体と、前記第三の導体と前記第四の導  
体との間に配置されている前記第二の誘電体と、を有し、

前記発生素子は、前記第一の導体と前記第二の導体との間で且つ前記第一の導体の重心  
からシフトした位置に配置されており、

前記検出素子は、前記第三の導体と前記第四の導体との間で且つ前記第三の導体の重心  
からシフトした位置に配置されており、

前記発生素子と前記第一の導体の重心とを結ぶ直線と、前記検出素子と前記第三の導体

10

20

の重心とを結ぶ直線とは、交差することを特徴とするセンサ。

【請求項 2】

前記偏波変換部は、前記発生素子が発生したテラヘルツ波の偏波方向を前記第一の偏波方向から第三の偏波方向に変更する第一の変換部と、前記第三の偏波方向を前記第二の偏波方向に変更する第二の変換部と、を有することを特徴とする請求項 1 に記載のセンサ。

【請求項 3】

前記第一の変換部と前記第二の変換部とは、一体であることを特徴とする請求項 2 に記載のセンサ。

10

【請求項 4】

前記第一の変換部は、テラヘルツ波が前記発信部から発信されてから被検体に到達するまでの伝搬経路上に配置されており、

前記第二の変換部は、テラヘルツ波が前記被検体で反射してから前記受信部に入射するまでの伝搬経路上に配置されていることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のセンサ。

【請求項 5】

前記偏波変換部は、テラヘルツ波が前記発信部から発信されてから被検体に到達するまでの伝搬経路上、又は、テラヘルツ波が前記被検体で反射してから前記受信部に入射するまでの伝搬経路上に配置されている

20

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 6】

前記第一の偏波方向のテラヘルツ波及び前記第二の偏波方向のテラヘルツ波は、直線偏波であり、前記第一の偏波方向と前記第二の偏波方向とは交差することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 7】

前記第一の偏波方向と前記第二の偏波方向とは、直交することを特徴とする請求項 6 に記載のセンサ。

【請求項 8】

前記偏波変換部は、1 / 4 波長板を含み、

30

前記 1 / 4 波長板は、結晶軸が前記第一の偏波方向のテラヘルツ波の光軸及び前記第二の偏波方向のテラヘルツ波の光軸に対して回転する方向になるように配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 9】

前記 1 / 4 波長板は、fast 軸及びslow 軸と前記第一の偏波方向及び前記第二の偏波方向とがなす角が 45 度となるように配置されていることを特徴とする請求項 8 に記載のセンサ。

【請求項 10】

複数の前記受信部を有し、

隣り合う前記受信部同士の距離、又は、隣り合う前記発信部と前記受信部との距離は、前記第一の偏波方向のテラヘルツ波及び前記第二の偏波方向のテラヘルツ波の波長の 2 倍以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載のセンサ。

40

【請求項 11】

前記偏波変換部は、前記発信部及び前記受信部の上に集積されていることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 12】

前記第一の誘電体と、前記第二の誘電体とは同一の誘電体であることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 13】

前記発信部は、前記基板の上に配置されており、

50

前記受信部は、前記発信部の上に配置されている  
ことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 14】

前記受信部は、前記基板の上に配置されており、  
前記発信部は、前記受信部の上に配置されている  
ことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 15】

前記発生素子は負性抵抗素子を含む  
ことを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 16】

前記検出素子は、整流素子を含む  
ことを特徴とする請求項 1 乃至 15 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 17】

前記整流素子は、ショットキーバリアダイオードである  
ことを特徴とする請求項 16 に記載のセンサ。

【請求項 18】

請求項 1 乃至 17 のいずれか一項に記載のセンサと、  
前記センサの検出結果を用いて被検体の情報を取得する情報取得部と、を有することを特  
徴とする情報取得装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、テラヘルツ波の発生及び検出を行うセンサ、及び、これを用いた情報取得装  
置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、テラヘルツ波（本明細書では、30GHz以上30THz以下の周波数の電磁波）  
を通信、セキュリティ、医療などの産業分野へ応用するための研究開発が行われてい  
る。テラヘルツ波は、物質透過性と直進性を備え、物体からの反射信号や透過信号により  
、物体の内部情報を高分解能で取得することが出来る。そのため、様々な非破壊及び非侵  
襲の検査技術が開発されている。

【0003】

これまで、テラヘルツ波の発生及び検出には超短パルスレーザ又は高強度磁場、極低温  
環境などが必要であったため、センシングやイメージングを実現する測定装置は大型で複  
雑な構成となっていた。そこで、このような測定装置の小型化及び軽量化を実現する手段  
として、特許文献1は、テラヘルツ波を発生する発生素子及びテラヘルツ波を検出する検  
出素子に半導体ダイオードを用いたイメージングシステムを開示している。検出素子は、  
被検体を透過した又は被検体で反射したテラヘルツ波を検出して、被検体の透過像又は反  
射像を取得する。また、特許文献2は、テラヘルツ波の発信部、受信部及びテラヘルツ波  
と空間とを結合するアンテナを同一基板上に集積してモジュール化した小型のセンサを開  
示しており、測定装置の携帯性を向上させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-145513号公報

【特許文献2】特開2005-20304号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

発信部から放射されたテラヘルツ波は、センサの発信部とセンサの受信部との間の光路

10

20

30

40

50

中に配置されている光学部材で反射したり、光学部材及び被検体等の間で多重反射したりすることがある。このような反射テラヘルツ波が、半導体ダイオード等のコヒーレンス特性の良い半導体素子を集積した小型のセンサの発信部に入射すると、発信部の出力不安定化を生じることがある。すなわち、反射テラヘルツ波がセンサの発信部に入射して発生素子の特性が変化し、センサの発信部の出力が不安定化することがある。

【0006】

上記課題に鑑み、本発明は、センサの発信部とセンサの受信部との間の光路中に配置されている光学部材及び被検体等で反射したテラヘルツ波の影響を低減できるセンサ及びそれを用いた情報取得装置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】

10

【0007】

本発明の一側面としてのセンサは、電磁波の発信及び受信を行うセンサであって、基板と、電磁波を発生する発生素子、及び前記発生素子が発生した第1の偏波方向の電磁波を放射する第一のアンテナ、を有する発信部と、前記第1のアンテナから放射された電磁波の偏波方向を変更する偏波変換部と、前記第1の偏波方向と異なる第二の偏波方向の電磁波を受信する第二のアンテナ、及び前記第二のアンテナが受信した電磁波を検出する検出素子と、を有する受信部と、を有し、前記発信部と前記受信部とは、前記基板上に配置されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

20

本発明の一側面としてのセンサは、センサの発信部とセンサの受信部との間の光路中に配置されている光学部材及び被検体等で反射したテラヘルツ波の影響を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施形態及び実施例1のセンサの構成を説明する図

【図2】(a)実施例1の第1の変形例のセンサの構成を説明する図、(b)実施例1の第2の変形例のセンサの構成を説明する図

【図3】実施例1の第3の変形例のセンサの構成を説明する図

【図4】実施例1の第4の変形例のセンサの構成を説明する図

【図5】実施例3の情報取得装置の構成を説明する図

30

【図6】実施例4の情報取得装置の構成を説明する図

【図7】実施例2のセンサの構成を説明する図

【発明を実施するための形態】

【0010】

(実施形態)

本実施形態に係るセンサ100がテラヘルツ波を発生及び検出する様子について、図1(c)を用いて説明する。図1(c)はセンサ100によるテラヘルツ波の発生及び検出を説明する図である。テラヘルツ波の周波数は、30GHz以上30THz以下である。

【0011】

センサ100は、テラヘルツ波の発生及び検出を行って被検体の情報を電磁波で検知する、小型で解像度の高いセンサである。センサ100は、基板103と、基板103上に集積された発信部101及び受信部102と、偏波変換部104とを備える。発信部101は、第一の偏波107を発生する。本実施形態では、第一の偏波107は、周波数 $f_{THz}$ のテラヘルツ波で、直線偏波であるとする。発信部101の第一のアンテナ105(以下、「アンテナ105」と呼ぶ)から放射された第一の偏波107は、偏波変換部104によってその偏波方向が変更される。その結果、第一の偏波107は、円偏波又は楕円偏波成分を含むテラヘルツ波(第三の偏波)109に変換されて被検体130に照射される。

40

【0012】

ここで、本明細書の「偏波方向」とは、テラヘルツ波の電場の振動方向のことである。

50

また、本明細書の「偏波方向を変更する」は、直線偏波を楕円偏波、円偏波に変更すること、及び、直線偏波を直線偏波のまま、その角度だけ変更することを含むと定義する。なお、直線偏波とは、偏波面が一つの平面に限られた偏波である。楕円偏波とは、電界（または磁界）ベクトルが時間とともに回転するような偏波であり、円偏波は、テラヘルツ波の進行方向に垂直な平面上に電界ベクトルの先端を投影したときその軌跡が円になる偏波である。

#### 【0013】

被検体130で反射した第三の偏波109は、再び偏波変換部104でその偏波方向を変更され、直線偏波であるテラヘルツ波（第二の偏波）108に変換される。このとき、第二の偏波108の偏波方向は、第一の偏波107の偏波方向と交差する。なお、第二の偏波108の偏波方向と第一の偏波107の偏波方向とは、直交することが望ましい。以降の説明では、第一の偏波107の偏波方向を第一の偏波方向、第二の偏波108の偏波方向を第二の偏波方向と呼ぶ。

10

#### 【0014】

ここで、発信部101のアンテナ105は、第一の偏波方向を有するテラヘルツ波と選択的に結合するが、第一の偏波方向と交差する第二の偏波方向のテラヘルツ波とは結合しない構成となっている。また、受信部102の第二のアンテナ106（以下、「アンテナ106」と呼ぶ）は、偏波変換部104で変換された第二の偏波方向のテラヘルツ波と結合して、テラヘルツ波108を選択的に受光する構成となっている。よって、発信部101と受信部102との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体130等で反射したテラヘルツ波が、発信部102に入射することを低減できる。その結果、発生部101の発生素子111の特性が変化し、テラヘルツ波を発生する発生素子111の出力の不安定化を低減できる。

20

#### 【0015】

また、発信部101と受信部102との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体130等で反射したテラヘルツ波の一部が、検出したい第二の偏波108と干渉して受信部102で検出されることを低減できる。よって、受信部102の検出信号の強度の変動等が抑制される。

#### 【0016】

本実施形態では、第一の偏波107及び第二の偏波108は、直線偏波であり、第一の偏波方向と第二の偏波方向とが交差する構成としている。しかし、これに限らず、第一の偏波107の偏波状態と第二の偏波108の偏波状態とが異なっていればよい。その場合、発信部101のアンテナ105が第一の偏波107の偏波状態のテラヘルツ波と選択的に結合し、受信部102のアンテナ106が第二の偏波108の偏波状態のテラヘルツ波と選択的に結合するように構成すればよい。

30

#### 【0017】

ここで、「アンテナ105が第一の偏波107と選択的に結合する」とは、アンテナ105に第一の偏波107と第一の偏波107と偏波状態が異なる偏波が照射された場合、アンテナ105は第一の偏波107とより効率よく結合することを指す。同様に、「アンテナ106は第二の偏波108と選択的に結合する」は、アンテナ106が、第二の偏波108と偏波状態が異なる偏波よりも、第二の偏波108と効率良く結合することを指す。すなわち、アンテナ105は、第二の偏波108よりも第一の偏波107と効率良く結合するように構成されている。また、アンテナ106は、第一の偏波107よりも第二の偏波108と効率良く結合するように構成されている。

40

#### 【0018】

センサ100の構成について図1(a)、図1(b)を参照して説明する。図1(a)は、センサ100の構成を説明する断面図、図1(b)はセンサ100の上面図である。上述した通り、センサ100は、発信部101と、受信部102と、基板103と、偏波変換部104とを備える。発信部101と受信部102とは、同一基板上（基板103上）に並んで配置されている。発信部101及び受信部102が、電氣的な制御で電磁波を

50

発生又は検出する電流注入型の構成であれば、センサ１００の小型化に好適である。

【００１９】

センサ１００は、発信部１０１と受信部１０２とを、同一基板上に１対又は複数対配置することができる。発信部１０１と受信部１０２とは、基板１０３の底面からの高さが共通の面上に配置してもよいし、基板１０３の底面からの高さが異なる面に配置されていてもよい。発信部１０１と受信部１０２との距離及び隣り合う受信部１０２同士の距離は、短い方が良く、好ましくは発生及び検出で用いるテラヘルツ波１０７～１０９の波長の２倍以下に設定する。これにより、被検体１３０にテラヘルツ波を照射して、被検体１３０で反射したテラヘルツ波を受信部１０２で受信することにより、より高い解像度で検出できる。

10

【００２０】

センサ１００が複数の発信部１０１と複数の受信部１０２を備えている場合、発信部１０１と受信部１０２の配置はどのような形態でも良い。一例として、１つの発信部１０１と１つの受信部１０２とを対応させて交互に配列する形態がある。他の例としては、１つの発信部１０１と複数の受信部１０２とを対応させて配列する形態、複数の発信部１０１と１つの受信部１０２とを対応させて配列する形態、などがある。また、発生するテラヘルツ波の周波数及び検出可能なテラヘルツ波の周波数がそれぞれ異なる複数の発信部１０１と複数の受信部１０２とを集積して、広い周波数範囲でセンシング可能な構成のセンサにする構成も可能である。

【００２１】

基板１０３の材料は、センサ１００の用途に応じて選定すればよい。基板１０３の材料の具体例としては、シリコン、ガリウムヒ素、インジウムヒ素、ガリウムリンなどの半導体、又は、ガラス、セラミック、テフロン（登録商標）、ポリエチレンテレフタレートなどの樹脂などを用いることができる。

20

【００２２】

発信部１０１は、第一の偏波方向の直線偏波である第一の偏波１０７を発振する。発信部１０１は、周波数 $f_{THz}$ のテラヘルツ波を発生する発生素子としての半導体層１１１と、第一の偏波方向のテラヘルツ波と結合するアンテナ１０５とを有する。半導体層１１１は、テラヘルツ波領域で利得を持つ負性抵抗素子（微分負性抵抗素子）を使用できる。もしくは、半導体層１１１は、サブバンド間でのキャリアの遷移によりテラヘルツ波を発生させる活性層である量子カスケードレーザ（QCL: Quantum Cascade Laser）等を使用できる。本実施形態の半導体層１１１は負性抵抗素子であり、電流電圧特性において電圧の増加に伴って電流が減少する領域、すなわち負の抵抗をもつ領域が現れる素子である。

30

【００２３】

負性抵抗素子は、典型的には、共鳴トンネルダイオード（RTD: Resonant Tunneling Diode）又はエサキダイオード、ガンダイオード、一端子を終端したトランジスタなどの高周波素子が好適である。また、タンネットダイオード又はインパットダイオード、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ（HBT）、化合物半導体系電FET、高電子移動度トランジスタ（HEMT）などを用いても良い。さらに、超伝導体を用いたジョセフソン素子の負性抵抗を用いても良い。以下では、テラヘルツ帯で動作する代表的な負性抵抗素子であるRTDを半導体層１１１に用いた場合を例にして説明を進める。

40

【００２４】

アンテナ１０５は、第一の偏波方向のテラヘルツ波と結合するアンテナで、共振器及び放射器として機能する。アンテナ１０５は、マイクロストリップアンテナ又はスロットアンテナ、半波長ダイポールアンテナ、ループアンテナ、折返しダイポールアンテナなどの偏波依存性のあるアンテナを用いる。本実施形態では、アンテナ１０５として、テラヘルツ波帯における共振器であり、有限な長さのマイクロストリップラインなどを用いたマイクロストリップ共振器の一種であるパッチアンテナを用いた例について説明する。

50

## 【 0 0 2 5 】

アンテナ 1 0 5 は、パッチ導体 1 1 3 と、接地導体 1 1 5 と、誘電体層 1 1 6 とを有する。誘電体 1 1 6 は、パッチ導体 1 1 3 と接地導体 1 1 5 との間に配置されている。ここで、「誘電体」とは、導電性よりも誘電性が優位な物質で、直流電圧に対しては電気を通さない絶縁体或いは高抵抗体としてふるまう材料である。典型的には抵抗率が  $1 \text{ k} \cdot \text{m}$  以上の材料が好適である。具体例としては、樹脂、プラスチック、セラミック、酸化シリコン、窒化シリコンなどがある。

## 【 0 0 2 6 】

半導体層 1 1 1 は、パッチ導体 1 1 3 と接地導体 1 1 5 との間に配置されている。半導体層 1 1 1 が、パッチ導体 1 1 3 及び接地導体 1 1 5 のそれぞれと電氣的に接続されることにより、アンテナ 1 0 5 と負性抵抗素子とが電氣的に接続されている。よって、発信部 1 0 1 は、パッチアンテナ 1 0 5 と半導体層 1 1 1 とが集積されたアクティブアンテナを有する構成であり、パッチ導体 1 1 3 の  $y$  軸方向の幅が周波数  $f_{\text{THz}}$  のテラヘルツ波に対して  $\lambda/2$  共振器となるような長さに設定される。

## 【 0 0 2 7 】

発信部 1 0 1 は、アンテナ 1 0 5 及び半導体層 1 1 1 としての負性抵抗素子のリアクタンスを組み合わせた並列共振回路の共振周波数  $f_{\text{THz}}$  のテラヘルツ波を発振する。半導体層 1 1 1 は、パッチ導体 1 1 3 の重心から  $y$  軸方向にシフトした位置に配置されており、これによりアンテナ 1 0 5 は、その偏波方向が  $y$  軸方向である第一の偏波を基板 1 0 3 と垂直方向の上方 ( $+z$  軸方向) に放射する。

## 【 0 0 2 8 】

半導体層 1 1 1 としての負性抵抗素子に供給するバイアス電圧を調整するためのバイアス回路は、不図示の電源と配線 1 1 7 とを有する。電源 (不図示) は、半導体層 1 1 1 の駆動に必要な電流を供給し、バイアス電圧を調整する。バイアス電圧は、典型的には、半導体層 1 1 1 の負性抵抗領域から選択される。バイアス電圧は、配線 1 1 7 から半導体層 1 1 1 の負性抵抗素子に供給される。

## 【 0 0 2 9 】

配線 1 1 7 は、アンテナ 1 0 5 に定在する周波数  $f_{\text{THz}}$  のテラヘルツ波の電界の節となる位置に配置されることが好ましい。この時、配線 1 1 7 は、周波数  $f_{\text{THz}}$  付近の周波数帯で高インピーダンスとなる。ここで、「アンテナ 1 0 5 に定在する周波数  $f_{\text{THz}}$  のテラヘルツ波の電界の節となる位置」とは、アンテナ 1 0 5 に定在する周波数  $f_{\text{THz}}$  のテラヘルツ波の電界強度が 1 桁程度低下する位置のことである。典型的には、アンテナ 1 0 5 に定在する周波数  $f_{\text{THz}}$  のテラヘルツ波の電界強度が、最大電界強度の  $1/e^2$  ( $e$  は自然対数の底) 以下となる位置が好適である。アンテナ 1 0 5 と電源 (不図示) との間に低周波の寄生発振を抑制するためのシャント抵抗や並列容量を配置してもよい。

## 【 0 0 3 0 】

受信部 1 0 2 は、その偏波方向が第二の偏波方向であるテラヘルツ波 (第二の偏波) の受信及び検出を行う。ここで、センサ 1 0 0 においては、第二の偏波方向は、第一の偏波方向と交差する。受信部 1 0 2 は、第二の偏波を受信するアンテナ 1 0 6 と、アンテナ 1 0 6 が受信したテラヘルツ波を検出する検出素子 1 1 2 と、を有する。

## 【 0 0 3 1 】

検出素子 1 1 2 は、アンテナ 1 0 6 で受光したテラヘルツ波を検出して、テラヘルツ波を電気信号に変換する。検出素子 1 1 2 としては、種々のものが使用出来る。例えば、整流素子は、 $1 \text{ THz}$  以上の周波数で動作する素子の実現可能な素子として知られている。特に、ショットキーバリアダイオード (SBD: Schottky barrier diode) は、テラヘルツ波帯で機能し、かつ、室温で動作するので、検出素子 1 1 2 に好適である。また、整流素子は、テラヘルツ波の周波数領域においてキャリアの非線形性を有する半導体でも良く、例えば、RTD の電流電圧特性において電圧変化に伴い電流の非線形性が生じる領域を用いることも出来る。

## 【 0 0 3 2 】

10

20

30

40

50

また、テラヘルツ波の検出素子 112 として、熱型検出素子及び量子型検出素子もある。熱型検出素子としては、マイクロボロメータ ( a - S i 、 V O x など ) 、焦電素子 ( L i T a O 3 、 T G S など ) 、ゴーレイセルなどがある。こうした熱型検出素子は、電磁波のエネルギーによる物性変化を熱に変換し、熱による温度変化を熱起電力又は抵抗などに変換して電磁波を検出する素子である。

【 0033 】

量子型検出素子としては、真性半導体素子 ( M C T ( H g C d T e ) 光伝導素子など ) 又は不純物半導体素子などがある。こうした量子型検出素子は、電磁波を光子として捕らえ、バンドギャップの小さい半導体の光起電力或いは抵抗変化を検出する素子である。以下、本実施形態では、テラヘルツ波帯で動作する代表的な検出素子である S B D を検出素子 112 に用いた場合を例にして説明を進める。

10

【 0034 】

検出素子 112 としての S B D は、基板側からオーミック金属、高キャリア濃度半導体、低キャリア濃度半導体、ショットキー金属の順に積層された構造を有する。パッチ導体 114 と接地導体 116 は、それぞれショットキー金属 ( 不図示の ) とオーミック金属 ( 不図示の ) に電氣的に接続されており、S B D の整流電流の取り出しや、電圧制御を可能とする。検出素子 112 の x 軸方向における位置及び検出素子 112 である S B D の構造を調整することで、アンテナ 106 のインピーダンスと検出素子 112 のインピーダンスとのインピーダンス整合を調整する。

【 0035 】

20

アンテナ 106 は、アンテナ 105 と同じようにマイクロストリップアンテナ、スロットアンテナ、半波長ダイポールアンテナ、ループアンテナ、折返しダイポールアンテナなどの偏波依存性のあるアンテナを用いる。本実施形態は、アンテナ 106 としてパッチアンテナを用いた例について説明する。

【 0036 】

アンテナ 106 は、パッチ導体 114 と接地導体 116 と誘電体 121 とを有する。誘電体 121 は、パッチ導体 114 と接地導体 116 との間に配置されている。すなわち、パッチ導体 114 及び接地導体 116 の二導体で挟まれている。アンテナ 106 は、パッチ導体 114 の x 軸方向の幅が周波数  $f_{THz}$  のテラヘルツ波に対して  $\lambda/2$  共振器となるような長さに設定される。

30

【 0037 】

検出素子 112 は、パッチ導体 114 と接地導体 116 との間に配置されており、パッチ導体 114 及び接地導体 116 のそれぞれと電氣的に接続されることにより、アンテナ 106 と結合している。また、検出素子 112 は、パッチ導体 114 の中心から x 軸方向にシフトした位置に配置されており、これにより、アンテナ 106 の共振方向である第二の偏波を選択的に受光可能な構成となっている。言い換えると、アンテナ 106 は、アンテナ 105 と結合する第一の偏波方向と交差する第二の偏波方向の偏波と高効率で結合する構成となっている。

【 0038 】

検出素子 102 は、アンテナ 106 で受信した偏波方向が x 軸方向である第二の偏波 108 としての周波数  $f_{THz}$  のテラヘルツ波を整流して電気信号に変換することにより、第二の偏波 108 を検出する。受信部 102 からの電気信号は、電気配線 119 で伝送されて集積電子回路 ( 不図示 ) で処理される。本実施形態の第二の偏波 108 は、基板 103 表面と垂直な方向に上方から、アンテナ 106 に対して - x 軸方向に入射する。

40

【 0039 】

偏波変換部 104 は、第一の偏波 107 の偏波方向を変更する第一の変換部及び第三の偏波 109 の偏波方向を変更する第二の変換部として機能する。すなわち、本実施形態では、第一の変換部と第二の変換部とが一体に構成されている。本実施形態では、 $1/4$  波長板を用いる。

【 0040 】

50



1 / 4 波長板 1 0 4 は、発信部 1 0 1 及び受信部 1 0 2 と被検体 1 3 0 との間に配置されている。すなわち、1 / 4 波長板 1 0 4 は、テラヘルツ波が発信部 1 0 1 から発信されてから被検体 1 3 0 に到達するまでの伝搬経路上と、テラヘルツ波が被検体 1 3 0 で反射してから受信部 1 0 2 に入射するまでの伝搬経路上と、に配置されている。

#### 【 0 0 4 1 】

1 / 4 波長板 1 0 4 の結晶軸は、第一の偏波及び第二の偏波の光軸（すなわち z 軸方向）に対して回転する方向に設定される。また、1 / 4 波長板 1 0 4 の結晶軸は、発信部 1 0 1 から放射された第一の偏波 1 0 7 が、被検体 1 3 0 で反射され、第一の偏波の偏波方向と交差する第二の偏波 1 0 8 として受信部 1 0 2 に入射するような方向に設定される。

#### 【 0 0 4 2 】

1 / 4 波長板 1 0 4 の材料としては、X - カット水晶が良く知られている。また、非線形光学結晶である  $\text{LiNbO}_x$ 、 $\text{LiTaO}_x$ 、 $\text{NbTaO}_x$ 、KTP、DAST、ZnTe、GaSe、GaP、CdTe などを用いることもできる。また、1 / 4 波長板 1 0 4 の表面にポリエチレン又はバリレンなどの AR コートを配置して、1 / 4 波長板 1 0 4 へ入射するテラヘルツ波 1 0 7、1 0 9 の反射を抑制する構成にしても良い。

#### 【 0 0 4 3 】

発信部 1 0 1 のアンテナ 1 0 5 から放射された第一の偏波 1 0 7 は、第一の変換部としての 1 / 4 波長板 1 0 4 によって円偏波又は楕円偏波成分を含むテラヘルツ波 1 0 9 に変換される。テラヘルツ波 1 0 9 は、1 / 4 波長板 1 0 4 から射出した後、被検体 1 3 0 に照射される。被検体 1 3 0 で反射したテラヘルツ波 1 0 9 は、第一の変換部と一体となっている第二の変換部としての 1 / 4 波長板 1 0 4 に入射して、第二の偏波 1 0 8 に変換される。受信部 1 0 2 のアンテナ 1 0 6 は、第二の偏波 1 0 8 の偏波状態のテラヘルツ波と結合するように設定されているため、第二の偏波 1 0 8 を受光し、検出素子 1 1 2 により整流されて電気信号に変換される。

#### 【 0 0 4 4 】

このとき、アンテナ 1 0 6 は、1 / 4 波長板 1 0 4 で変換された第二の偏波 1 0 8 を選択的に受光するための偏波フィルタの役割も有している。すなわち、第二の偏波 1 0 8 以外のテラヘルツ波が検出素子 1 1 2 に入射することを低減できるため、外部で反射したテラヘルツ波の干渉による影響が低減され、検出素子 1 1 2 における検出信号の強度の変動を低減できる。

#### 【 0 0 4 5 】

また、発信部 1 0 1 のアンテナ 1 0 5 は、第一の偏波 1 0 7 の偏波状態のテラヘルツ波と選択的に結合し、第一の偏波方向と交差する第二の偏波方向とは結合しない偏波フィルタの役割も有している。このため、被検体 1 3 0 や外部の部材で反射して戻ってきた第二の偏波 1 0 8 が、発信部 1 0 1に入射することを抑制できる。したがって、センサ 1 0 0 では、外部で反射したテラヘルツ波の干渉による発信部の出力不安定化が抑制される。

#### 【 0 0 4 6 】

特に、第一の偏波及び第二の偏波を直線偏波として、第一の偏波の電界方向を、1 / 4 波長板 1 0 4 の f a s t 軸又は s l o w 軸に対して 4 5 度の角度をなす方向に設定すれば、より顕著な効果が期待できるため好適である。ここで、1 / 4 波長板 1 0 4 は、複屈折性を有する結晶であり、屈折率が結晶方位により異なるため、入射した直線偏波の振動方向によって伝搬速度が異なる。したがって、上記説明において、f a s t 軸は、屈折率が小さく、入射した直線偏波が速く進む振動方向の結晶方位であり、s l o w 軸は、屈折率が大きく、入射した直線偏波が遅く進む振動方向の結晶方位を意味する。

#### 【 0 0 4 7 】

このとき、第一の偏波 1 0 7 は、1 / 4 波長板 1 0 4 内で f a s t 軸と s l o w 軸の方向に 9 0 度の位相差が生じるため、1 / 4 波長板 1 0 4 から出射されるテラヘルツ波（第三の偏波）1 0 9 は円偏波となる。また、被検体 1 3 0 で反射した第三の偏波 1 0 9 は、1 / 4 波長板 1 0 4 で 9 0 度の位相差がついた直線偏波に変換され、1 / 4 波長板 1 0 4 を通過した後の第二の偏波 1 0 8 は、第一の偏波の偏波方向に対して 9 0 度回転した直線

10

20

30

40

50

偏波となる。このとき、アンテナ１０５と結合して送信されるテラヘルツ波の偏波方向とアンテナ１０６が受信するテラヘルツ波の偏波方向とは直交しており、偏波フィルタとしてより効果的に働く。

#### 【００４８】

したがって、上述したように、発信部１０１と受信部１０２との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体１３０等で反射したテラヘルツ波が、発信部１０２に入射することを低減できる。その結果、発生部１０１の発生素子１１１の特性が変化し、テラヘルツ波を発生する発生素子１１１の出力の不安定化を低減できる。

#### 【００４９】

また、発信部１０１と受信部１０２との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体１３０等で反射したテラヘルツ波の干渉によって受信部１０２の検出信号の強度が変動することも抑制できる。

#### 【００５０】

（実施例１）

上述の実施形態のセンサ１００の構成について、より具体的に説明する。センサ１００は、周波数  $f_{THz} = 0.45 THz$  のテラヘルツ波の発信及び受信を行うセンサである。

#### 【００５１】

発信部１０１の半導体層１１１は、RTDである。本実施例で用いたRTDは、例えば、基板１０３上の  $InGaAs / InAlAs$ 、 $InGaAs / AlAs$  による多重量子井戸構造と  $n-InGaAs$  による電氣的接点層を伴って構成される。なお、本実施例の基板１０３は、 $InP$  基板を用いる。多重量子井戸構造としては、例えば三重障壁構造を用いる。より具体的には、 $AlAs (1.3 nm) / InGaAs (7.6 nm) / InAlAs (2.6 nm) / InGaAs (5.6 nm) / AlAs (1.3 nm)$  の半導体多層膜構造で構成する。このうち、 $InGaAs$  は井戸層で、格子整合する  $InAlAs$  や非整合の  $AlAs$  は障壁層である。これらの層は意図的にキャリアドープを行わないアンドープ層としておく。

#### 【００５２】

このような多重量子井戸構造は、電子濃度が  $2 \times 10^{18} cm^{-3}$  の  $n-InGaAs$  による電氣的接点層に挟まれる。こうした電氣的接点層間の構造の電流電圧  $I(V)$  特性において、ピーク電流密度は  $280 kA/cm^2$  であり、約  $0.7 V$  以上約  $0.9 V$  以下が微分負性抵抗領域となる。半導体層１１１としてのRTDが約  $2 \mu m$  のメサ構造の場合、ピーク電流  $10 mA$ 、微分負性抵抗  $-20$  が得られる。

#### 【００５３】

アンテナ１０５は、半導体層１１１のRTDと、パッチ導体１１３の一辺が約  $200 \mu m$  の正方形のパッチアンテナとを含む。パッチ導体１１３と接地導体１１４との間には、誘電体１２１として約  $3 \mu m$  厚のBCB（ベンゾシクロブテン、ダウケミカル社製、 $\epsilon_r = 2.4$ ）を配置した。

#### 【００５４】

パッチ導体１１３と接地導体１１５との間には、半導体層１１１としての直径  $2 \mu m$  のRTDが配置されており、パッチ導体１１３及び接地導体１１５と電氣的に接続されている。RTD１１１は、パッチ導体１１３の重心から共振方向である  $y$  軸方向に  $80 \mu m$  シフトした位置に配置した。アンテナ１０６は、偏波方向が  $y$  軸方向のテラヘルツ波と結合する構成となっており、発信部１０１は、偏波方向が  $y$  軸方向で且つ周波数  $f_{THz}$  が  $0.45 THz$  のテラヘルツ波を  $+z$  軸方向に放射する。

#### 【００５５】

受信部１０２は、アンテナ１０６と検出素子１１２とを有する。検出素子１１２は、SBDを含む。本実施例で用いたSBD１１２は、基板１０３上にエピタキシャル成長した  $n-InP (\sim 10^{17} cm^{-3}) / n+InP$  を含む半導体層にメタルを成膜した構造

10

20

30

40

50

である。半導体層の高さは、約100nmとした。具体的には、n-InP側にショットキー電極である約30nmのNiを成膜し、n-InP側にオーミック電極であるTi/Pd/Auを成膜した構造で、SBD112は約2μmのメサ構造とした。

【0056】

アンテナ106は、一辺が約200μmの正方形のパッチ導体114と接地導体116とで誘電体層121を挟んだ構造である。また、アンテナ106は、パッチ導体114と接地導体116との間に検出素子112が配置されており、パッチアンテナとして動作する。誘電体121には、約3μm厚のBCB（ベンゾシクロブテン、ダウケミカル社製、 $n_r = 2.4$ ）を用いている。

【0057】

パッチ導体114と接地導体116との間には、2μmのメサ構造に形成されたSBDを含む受信部112が配置されており、パッチ導体114及び接地導体116と電氣的に接続されている。検出素子112は、アンテナ106とのインピーダンス整合を考慮して、パッチ導体114の重心から共振方向であるx軸方向に80μmシフトした位置に配置されている。受信部102は、偏波方向がx軸方向の周波数 $f_{THz} = 0.45THz$ のテラヘルツ波が+z軸方向から入射されて受光する構成となっている。つまり、発生素子としての半導体層111は、パッチ導体113の重心からシフトした位置に配置されており、検出素子112は、パッチ導体114の重心からシフトした位置に配置されている。このとき、半導体層111とパッチ導体113の重心とを結ぶ直線と、検出素子112とパッチ導体114の重心とを結ぶ直線とが交差するように構成する。これにより、センサ100においては、受信部102のアンテナ106と結合する偏波の偏波方向と、発信部101のアンテナ105と結合する偏波の偏波方向とが交差する構成となる。

【0058】

1/4波長板104は、周波数 $f_{THz}$ が0.45THzのテラヘルツ波に対して1/4波長板となる構成である。1/4波長板104は、100μm厚のxカット水晶に、1μm厚のバリレンからなるARコートが被覆されている構成であり、基板102の表面から3mm離れた位置に設置されている。

【0059】

本実施例のセンサ100は、以下のように作製される。まず、基板103上に、分子ビームエピタキシー（MBE）法又は有機金属気相エピタキシー（MOVPE）法などによって、次の層をエピタキシャル成長する。すなわち、基板103側から順に、n-InGaAs、RTDとなるInGaAs/InAlAs層、n-InGaAs、SBDとなるn-InP/n-InP層をエピタキシャル成長する。

【0060】

つぎに、RTDを含む半導体層111の領域のn-InP/n-InP層を除去した後、直径が2μmとなるような円弧形状のメサ状にエッチングを行う。続いて、SBDを含む検出素子112の領域に2μm角のメサ構造をエッチングで形成する。ここで、エッチングにはEB（電子線）リソグラフィとICP（誘導性結合プラズマ）によるドライエッチングを用いる。また、フォトリソグラフィを用いてもよい。

【0061】

続いて、エッチングされた面に、リフトオフ法により接地導体115、116を形成する。スパインコート法とドライエッチングを用いて誘電体121であるBCBによる埋め込みを行う。リフトオフ法によりRTDを含む半導体層111のメサ上にはTi/Pd/Auのパッチ導体113を形成し、SBDを含む検出素子112のメサ上にはNi/Auのパッチ導体114を形成する。最後に、ワイヤーボンディングなどで配線117、119と電源（不図示）と集積回路（不図示）とを接続し、機械実装によりxカット水晶板を精度良く基板103に実装して、センサ100は完成する。

【0062】

本実施例では、半導体層111であるRTDとして、InP基板上に成長したInGaAs/InAlAs、InGaAs/AlAsからなる3重障壁のRTDについて説明し

10

20

30

40

50

てきた。しかし、これらの構造や材料系に限られることなく、他の構造や材料の組み合わせであってもよい。例えば、2重障壁量子井戸構造を有するRTDや、4重以上の多重障壁量子井戸を有するRTDを用いてもよい。検出素子112としてのSBDも同様に、GaAs系、InP系、Si系などの半導体で構成される構造を用いることが出来る。上述の構造と材料は、所望の周波数などに応じて適宜選定すればよい。

#### 【0063】

また、その材料としては、以下の組み合わせのそれぞれを用いてもよい。

- ・GaAs基板上に形成したGaAs/AlGaAs/及びGaAs/AlAs、InGaAs/GaAs/AlAs
- ・InP基板上に形成したInGaAs/AlGaAsSb
- ・InAs基板上に形成したInAs/AlAsSb及びInAs/AlSb
- ・Si基板上に形成したSiGe/SiGe

10

#### 【0064】

本実施例のセンサ100の動作について説明する。発信部101のアンテナ105から放射された第一の偏波のテラヘルツ波107は、1/4波長板104によって円偏波のテラヘルツ波109に変換される。被検体130に反射した円偏波のテラヘルツ波109は、1/4波長板104内で第一の偏波に対して直交する第二の偏波のテラヘルツ波108に変換される。発信部101のアンテナ105は、第一の偏波と選択的に結合するが、偏波方向が直交する第二の偏波とは結合しない構成となっている。また、受信部102のアンテナ106は、第二の偏波のテラヘルツ波108を選択的に受光する構成となっている。

20

#### 【0065】

よって、本実施例のセンサ100によれば、発信部101と受信部102との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体130等で反射したテラヘルツ波が、発信部102に入射することを低減できる。その結果、発生部101の発生素子111の特性が変化し、テラヘルツ波を発生する発生素子111の出力の不安定化を低減できる。

#### 【0066】

また、発信部101と受信部102との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体130等で反射したテラヘルツ波の干渉によって受信部102の検出信号の強度が変動することも抑制できる。そのため、小型で且つ解像力が高く、安定したテラヘルツ波を得られるセンサを実現できる。

30

#### 【0067】

ここからは、本実施例のセンサ100の変形例について図2～図4を用いて説明する。なお、上述のセンサ100と同様の構成には同じ符号を付し、詳細な説明は省略する。

#### 【0068】

図2(a)は、センサ100の第1の変形例であるセンサ300の構成を説明する図である。センサ200は、偏波変換部としての1/4波長板104が、発信部101及び受信部102とともに基板103上に実装されている。具体的には、1/4波長板104は、スペーサ225、226を用いて、発信部101から発信されたテラヘルツ波の伝搬経路上及び受信部102に入射するテラヘルツ波の伝搬経路上に配置されている。このような構成にすることにより、1/4波長板104と発信部101及び受信部102との間の距離を調整して、不要な干渉をさらに低減することができる。また、センサ200の発信部101や受信部102が、被検体130等に接触して、汚れる懸念が低減される。

40

#### 【0069】

図2(b)は、センサ100の第2の変形例であるセンサ300の構成を説明する図である。センサ300は、第一の変換部304と第二の変換部305とを有する偏波変換部310を備える。第一の変換部304及び第二の変換部305は、1/4波長板である。第1の変換部304は、発信部101から発生した第一の偏波107が被検体に到達するまでに伝搬する伝搬経路上に配置されている。第二の変換部305は、被検体で反射した

50

テラヘルツ波 109 が受信部 102 に入射するまでに伝搬する伝搬経路上に配置されている。本実施例では、第一の変換部 304 は発信部 101 のパッチ導体 113 上に配置されており、第二の変換部 305 は受信部 102 のパッチ導体 114 上に配置されている。

#### 【0070】

また、発信部 101 と受信部 102 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 130 等で反射したテラヘルツ波が、発信部 102 に入射することを低減できる。その結果、発生部 101 の発生素子 111 の特性が変化し、テラヘルツ波を発生する発生素子 111 の出力の不安定化を低減できる。さらに、発信部 101 と受信部 102 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 130 等で反射したテラヘルツ波の干渉によって受信部 102 の検出信号の強度が変動することも抑制できる。そのため、小型で且つ解像力が高く、安定したテラヘルツ波を得られるセンサを実現できる。本変形例の構成によれば、センサ 300 は、センサ 100 より小型に構成できる。

#### 【0071】

図 3 は、センサ 100 の第 3 の変形例であるセンサ 400 の構成を説明する図である。センサ 400 は、発信部 401 と受信部 402 とが基板上に重ねて配置されており、発信部 401 の上に受信部 402 が配置されている。そして、発信部 401 から発信されたテラヘルツ波の伝播経路上及び受信部 402 に入射するテラヘルツ波の伝搬経路上に偏波変換部としての 1/4 波長板 104 が配置されている。

#### 【0072】

このとき、発信部 401 の第一のアンテナ 405（以下、「アンテナ 405」と呼ぶ）は、導体 413 と、接地導体 415 と、導体 413 と導体 415 との間に配置されている第一の誘電体 411 とを有する。受信部 412 の第二のアンテナ 406（以下、「アンテナ 406」と呼ぶ）は、パッチ導体 414 と、導体 413 と、パッチ導体 414 と導体 413 との間に配置されている第二の誘電体 416 とを有する。すなわち、導体 413 は、アンテナ 405 のパッチ導体とアンテナ 406 の接地導体とを兼任している。

#### 【0073】

このように、発信部 401 の上に受信部 402 が配置されている（スタックされている）構成においても、1/4 波長板 104 とアンテナ 405、406 の偏波選択性を有する。そのため、発信部 401 と受信部 402 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 130 等で反射したテラヘルツ波が、発信部 102 に入射することを低減できる。その結果、発生部 101 の発生素子 111 の特性が変化し、テラヘルツ波を発生する発生素子 111 の出力の不安定化を低減できる。さらに、発信部 101 と受信部 102 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 130 等で反射したテラヘルツ波の干渉によって受信部 102 の検出信号の強度が変動することも抑制できる。そのため、小型で且つ解像力が高く、安定したテラヘルツ波を得られるセンサを実現できる。また、このような構成は、高解像力の小型のセンサとして好適である。

#### 【0074】

図 4 は、センサ 100 の第 4 の変形例であるセンサ 500 の構成を説明する図である。センサ 500 は、発信部 501 の第一のアンテナ 505（以下、「アンテナ 505」と呼ぶ）及び受信部 502 の第二のアンテナ 506（以下、「アンテナ 506」と呼ぶ）として、スロットアンテナを用いている。すなわち、センサ 500 は導体 503 を有し、アンテナ 505、506 は導体 503 に設けられた開口を含むスロットアンテナである。この場合、アンテナ 505 としての開口の長手方向とアンテナ 506 としての開口の長手方向とが交差するように構成する。これにより、アンテナ 505 は、第二の偏波 108 よりも第一の偏波 107 と効率よく結合し、アンテナ 506 は、第一の偏波 107 よりも第二の偏波 108 と効率よく結合する。また、センサ 500 は、レンズ 516 と偏波変換部としての 1/4 波長板 504 とを有する。発信部 501 及び受信部 502 は、アンテナ 505、506 の構成以外は前述の実施形態と同様である。

## 【 0 0 7 5 】

レンズ 5 1 6 及び 1 / 4 波長板 5 0 4 は、発信部 5 0 1 から発信されたテラヘルツ波の伝搬経路上及び受信部 5 0 2 に入射するテラヘルツ波の伝搬経路上に配置されている。発信部 5 0 1 のアンテナ 5 0 5 は、y 軸方向に偏波するテラヘルツ波を基板 5 0 3 側に放射し、S i レンズ 5 1 6 を介して 1 / 4 波長板 5 0 4 に入射される。その後、不図示の被検体に照射され、被検体で反射したテラヘルツ波は、1 / 4 波長板 5 0 4 で x 軸方向に偏波するテラヘルツ波に変換されて、S i レンズ 5 1 6 及び基板 5 0 3 を介して受信部 5 0 2 のアンテナ 5 0 6 に受光し検出される。

## 【 0 0 7 6 】

このように、センサ 1 0 0 では、アンテナ 1 0 5 及び 1 0 6 としてパッチアンテナを利用していたが、その他のアンテナを用いてもよい。例えば、マイクロストリップアンテナ、スロットアンテナ、半波長ダイポールアンテナ、ループアンテナ、折返しダイポールアンテナなどの偏波依存性のあるアンテナを用いることが出来る。

10

## 【 0 0 7 7 】

よって、上述の第 1 から第 4 の変形例に記載のセンサは、発信部と受信部との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体等で反射したテラヘルツ波が、発信部に入射することを低減できる。その結果、発生部の発生素子の特性が変化し、テラヘルツ波を発生する発生素子の出力の不安定化を低減できる。さらに、発信部と受信部との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体等で反射したテラヘルツ波の干渉によって受信部の検出信号の強度が変動することも抑制できる。そのため、小型で且つ解像力が高く、安定したテラヘルツ波を得られるセンサを実現できる。

20

## 【 0 0 7 8 】

（実施例 2）

本実施例のセンサ 8 0 0 について図 7 を参照して説明する。図 7 は、センサ 8 0 0 の構成を説明する図である。実施例 1 の偏波変換部 3 1 0 は、発信部の第一のアンテナと結合する第一の偏波 1 0 7 の偏波方向を変更する第一の変換部と、テラヘルツ波の偏波方向を変更して受信部の第二のアンテナと結合する第二の偏波 1 0 8 に変換する第二の変換部とを有していた。すなわち、第一の変換部と第二の変換部とを用いて第一の偏波 1 0 7 を第二の偏波 1 0 8 に変換していた。それに対し、本実施例のセンサ 8 0 0 は、発信部から発信された第一の偏波 1 0 7 の偏波方向を変更することにより得られたテラヘルツ波を受信部で受信する。なお、上述のセンサ 1 0 0 と同様の構成には同じ符号を付し、詳細な説明は省略する。

30

## 【 0 0 7 9 】

センサ 8 0 0 は、第一の偏波 1 0 7 の偏波方向を変更して第二の偏波 1 0 8 に変換する偏波変換部 8 0 4 を有する。偏波変換部 8 0 4 は、発信部 1 0 1 から発信されたテラヘルツ波の偏波方向を変更できるように、発信部 1 0 1 のパッチ導体 1 1 3 の上部に配置されている。本実施例では、偏波変換部 8 0 4 として 1 / 4 波長板を用いる。

## 【 0 0 8 0 】

この場合、例えば、発信部 1 0 1 のアンテナ 1 0 5 を円偏波と結合する構成として、受信部 1 0 2 のアンテナ 1 0 6 を任意の方向の直線偏波と結合する構成とする。このような構成にすることにより、発信部 1 0 1 は第一の偏波 1 0 7 として円偏波を発信する。第一の偏波 1 0 7 は、偏波変換部 8 0 4 で任意の方向の直線偏波（第二の偏波）1 0 8 に変換されて被検体に照射される。被検体で反射した第二の偏波は、アンテナ 1 0 6 と結合するため、受信部 1 0 2 の検出素子 1 1 2 で検出される。

40

## 【 0 0 8 1 】

なお、本実施例では偏波変換部 8 0 4 を発信部 1 0 1 側に設けているが、受信部 1 0 2 側に設けてもよい。また、アンテナ 1 0 5 が円偏波と結合し、アンテナ 1 0 6 が直線偏波と結合する構成となっているが、逆の構成としてもよい。

## 【 0 0 8 2 】

50

本実施例のセンサ 8 0 0 によれば、発信部 1 0 1 と受信部 1 0 2 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 1 3 0 等で反射したテラヘルツ波が、発信部 1 0 2 に入射することを低減できる。その結果、発生部 1 0 1 の発生素子 1 1 1 の特性が変化し、テラヘルツ波を発生する発生素子 1 1 1 の出力の不安定化を低減できる。さらに、発信部 1 0 1 と受信部 1 0 2 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 1 3 0 等で反射したテラヘルツ波の干渉によって受信部 1 0 2 の検出信号の強度が変動することも抑制できる。そのため、小型で且つ解像力が高く、安定したテラヘルツ波を得られるセンサを実現できる。

#### 【 0 0 8 3 】

（実施例 3）

本実施例では、被検体 6 0 2 の情報を取得する情報取得装置 6 0 0（以下、「装置 6 0 0」と呼ぶ）について説明する。図 5 は、装置 6 0 0 の構成を説明する図である。図 5 では、被検体 6 0 2 として人の大腿を用い、被検体 6 0 2 の情報として被検体 6 0 2 の画像を取得する場合を例として示した。

#### 【 0 0 8 4 】

装置 6 0 0 は、プローブ 6 0 1 と、情報取得部 6 5 5（以下、「取得部 6 5 5」と呼ぶ）と、を有する。プローブ 6 0 1 は、内部にセンサ 1 0 0 を有する。センサ 1 0 0 の発信部 1 0 1 及び受信部 1 0 2 は、被検体 6 0 2 と対向するように配置されており、発信部 1 0 1 が発信したテラヘルツ波は、プローブ 6 0 1 から射出して、被検体 6 0 2 に照射される構成となっている。被検体 6 0 2 で反射したテラヘルツ波は、再度プローブ 6 0 1 に入射して、その内部に配置されているセンサ 1 0 0 の受信部 1 0 2 で検出される。

#### 【 0 0 8 5 】

受信部 1 0 2 の検出結果は、装置 6 5 5 に送信される。取得部 6 5 5 は、受信部 1 0 2 の検出結果を処理して、被検体 6 0 2 の情報を取得する。取得部 6 5 5 は、CPU、メモリ、記憶デバイス等を備えたコンピュータ等を用いればよく、プローブ 6 0 1 とケーブル等で接続されている。しかし、プローブ 6 0 1 と取得部 6 5 5 とは、両者の間でデータの送付及び受信を行うことができればよく、無線で接続される等の構成であってもよい。

#### 【 0 0 8 6 】

被検体 6 0 2 は、大腿に限らず、接触可能な生体の組織であり得る。例えば、外科手術により露出した生体組織等である。テラヘルツ波は、癌組織と正常組織との違いを識別することが出来るので、プローブ 6 0 1 は、患者の癌の存在を調べるのに使用できる。

#### 【 0 0 8 7 】

また、プローブ 6 0 1 のように被検体に接触して使用する構成では、測定を行う際に被検体と接触させる窓部 6 0 3 を設けて、窓部 6 0 3 を介して被検体 6 0 2 にテラヘルツ波を照射するとよい。また、偏波変換部 1 0 4 を窓部 6 0 3 として用いてもよい。窓部 6 0 3 と被検体 6 0 2 とを接触させることにより被検体 6 0 2 の表面が平面になり、被検体 6 0 2 で反射したテラヘルツ波が受信部 1 0 2 で精度よく検出できるようになる。また、窓部 6 0 3 を設けることにより、プローブ 6 0 1 と被検体 6 0 2 とが接触することによってプローブ 6 0 1 に汚れが付着するのを抑制できる。

#### 【 0 0 8 8 】

窓部 6 0 3 の材料は、テラヘルツ波をよく透過する、すなわち、テラヘルツ波に対して透明なものを用いる。プローブ 6 0 1 が窓部 6 0 3 と接触している部材を有する場合は、窓部 6 0 3 の誘電率は、窓部 6 0 3 と接触している部材の誘電率に出来るだけ近いことが望ましい。これにより、窓部 6 0 4 と窓部 6 0 3 と接触している部材との間におけるインピーダンス不整合が防止できる。また、窓部 6 0 3 の誘電率は、被検体 6 0 2 の誘電率と異なることが望ましい。これにより、被検体 6 0 2 と窓部 6 0 3 との界面における反射率を比較的大きくすることができ、受信部 1 0 2 に入射するテラヘルツ波の強度が減少することを抑制して S / N 比を向上できる。

#### 【 0 0 8 9 】

装置 6 0 0 の水平方向における解像度は、センサ 1 0 0 の基板 1 0 3 上に集積された隣

10

20

30

40

50

り合う受信部 102 間の距離で決まる。システム 600 は、被検体 602 に接触させて用いる他に、被検体から離して使うこともできる。例えば、手術により露出した生体組織を被検体 602 として測定を行う場合は、被検体 602 が敏感な状態であるため、装置 600 と被検体 602 とを離して用いることが望ましい。ただし、装置 600 を被検体 602 の表面に接触させて測定を行う方が、接触させない場合よりも、取得される被検体 602 の情報の精度及び取得した被検体 602 の画像の解像度等を向上できる。

#### 【0090】

上述のような装置 600 においても、発信部 101 と受信部 102 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 130 等で反射したテラヘルツ波が、発信部 102 に入射することを低減できる。その結果、発信部 101 の発生素子 111 の特性が変化し、テラヘルツ波を発生する発生素子 111 の出力の不安定化を低減できる。さらに、発信部 101 と受信部 102 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 130 等で反射したテラヘルツ波の干渉によって受信部 102 の検出信号の強度が変動することも抑制できる。そのため、小型で且つ解像力が高く、安定したテラヘルツ波を得られるプローブを実現できる。

#### 【0091】

##### （実施例 4）

センサ 100 を用いた情報取得装置 710（以下、「装置 710」と呼ぶ）について、図 6 を参照して説明する。図 6 は、装置 710 を説明する図である。装置 710 は、被検体 730 に線状にテラヘルツ波 709 を照射して、被検体 730 で反射したテラヘルツ波 709 を検出するラインセンサ 700 と、情報取得部 755（以下、「取得部 755」と呼ぶ）とを有する。

#### 【0092】

ラインセンサ 700 は、複数のセンサ 100 を有し、複数のセンサ 100 それぞれの発信部 101 及び受信部 102 が、被検体 730 に対向するように、アレイ状に配置されている。ラインセンサ 700 は、テラヘルツ波 709 をベルトコンベア 751 上に配置されている被検体 730 に照射し、被検体 730 で反射したテラヘルツ波 709 を受信する。このとき、被検体 730 で反射したテラヘルツ波 709 は、ラインセンサ 700 が有する 1/4 波長板 104 によって、テラヘルツ波 709 の偏波方向（第一の偏波方向）と交差する偏波方向の第二の偏波に変換される。

#### 【0093】

取得部 755 は、ラインセンサ 700 の受信部 103 の検出結果を用いて、被検体 730 中の異物の有無、及び、被検体 730 の状態、特性等の情報を取得する装置で、CPU、メモリ、記憶デバイス等を備えたコンピュータである。ここでは、被検体 730 の異物の例として、虫 752、髪の毛 753、アルミ 754 などを挙げているがこれに限らない。取得部 755 は、被検体 730 中の異物の有無の判定、及び、被検体 730 の状態、特性等の取得等を行い、その結果を、工程を管理するシステムへフィードバックする。

#### 【0094】

装置 710 は、被検体 730 として、例えば食品、医薬品、化学材料等の生産工程における粉体、ペレット、フィルムなどの成型品、又は、紙、ビニール等で包装された最終製品の情報の取得や異物の検査を行う検査システムとして使用できる。

#### 【0095】

ここで、本実施例では、ラインセンサ 700 は、非接触型として説明したが、もちろん接触型であっても良い。また、ベルトコンベア 751 を挟んでラインセンサ 700 を対向して配置し、被検体 730 で反射したテラヘルツ波 709 を受信してセンシングするような構成にしてもよい。

#### 【0096】

本実施例の装置 710 によれば、複数のセンサ 100 それぞれの発信部 101 と受信部 102 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 130 等で反射したテラヘルツ波が、発信部 102 に入射することを低減できる。その結果



、発生部 101 の発生素子 111 の特性が変化し、テラヘルツ波を発生する発生素子 111 の出力の不安定化を低減できる。さらに、発信部 101 と受信部 102 との間のテラヘルツ波の光路中に配置されている光学部材（不図示）及び被検体 130 等で反射したテラヘルツ波の干渉によって受信部 102 の検出信号の強度が変動することも抑制できる。そのため、小型で且つ解像力が高く、高速で高感度な検査システムが実現される。

#### 【0097】

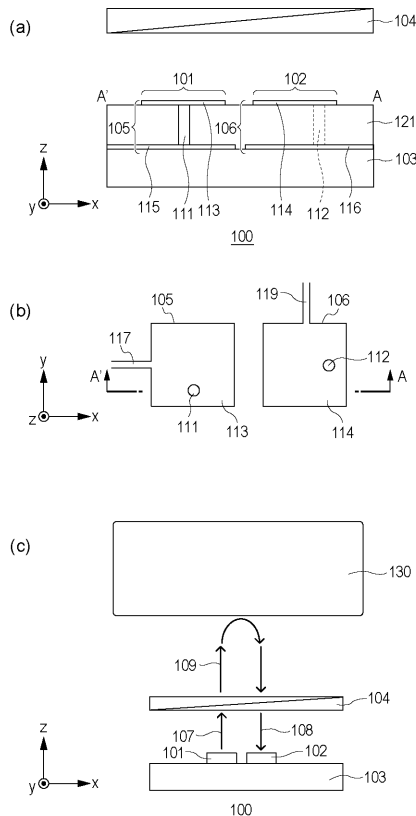
以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

#### 【0098】

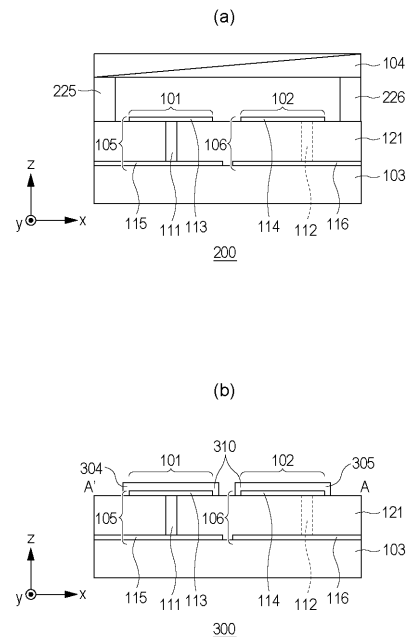
上述の実施形態及び各実施例は、本発明の用紙の範囲内で組み合わせることも可能である。例えば、上述の実施例 1 では、センサ 100 の変形例について説明したが、それぞれの変形例を組み合わせることができる。また、実施例 3 ではセンサ 100 を有する装置 600 について説明し、実施例 4 ではセンサ 100 を用いた装置 700 について説明したが、実施例 1、2 に記載のセンサを組み合わせ用いてもよく、センサの構成は、用途及び使用環境等に応じて選択すればよい。

10

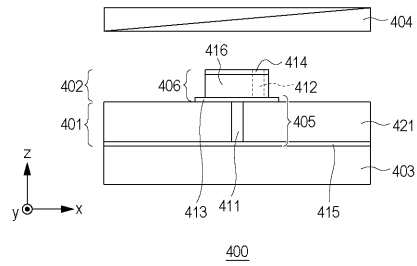
【図 1】



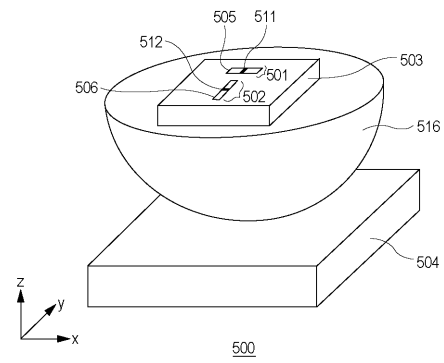
【図 2】



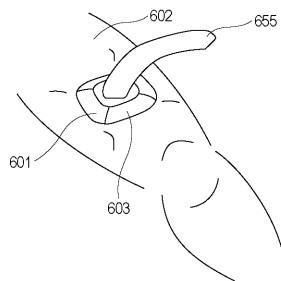
【図 3】



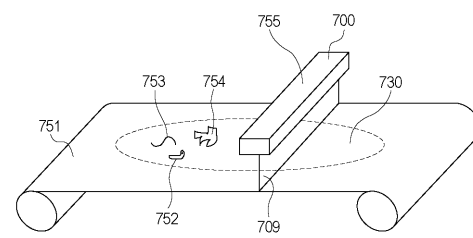
【図 4】



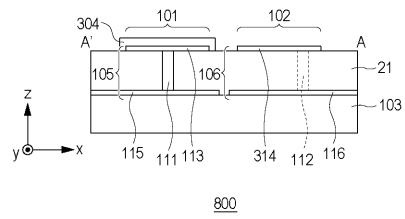
【図 5】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2004/008196(WO, A1)

特開2010-038653(JP, A)

特開2008-141273(JP, A)

特開2000-278039(JP, A)

特開平08-087755(JP, A)

国際公開第2008/056502(WO, A1)

特開2014-219224(JP, A)

特開2013-168933(JP, A)

特開2005-020304(JP, A)

特開2014-195247(JP, A)

米国特許第05227800(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - 21/74

G01J 3/00 - 4/04

G01J 7/00 9/04

G01N 33/48 33/98

H01L 31/12

H01P 1/165

H01Q 15/24

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

Google Scholar