

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2006 年 6 月 22 日 (22.06.2006)

PCT

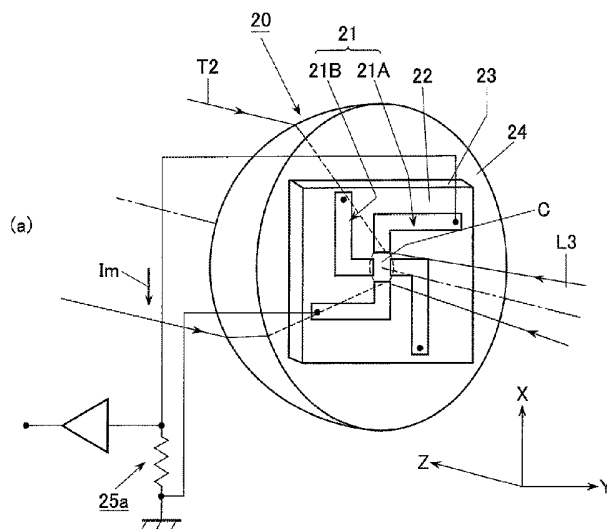
(10) 国際公開番号
WO 2006/064653 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/35 (2006.01) G01N 21/21 (2006.01)
G01J 4/00 (2006.01) G01J 3/447 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/021764
- (22) 国際出願日: 2005 年 11 月 28 日 (28.11.2005)
- (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 2004-364175
2004 年 12 月 16 日 (16.12.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 栃木ニコン (TOCHIGI NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒3248625 栃木県大田原市実取 770 番地 Tochigi (JP). 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 津村 直希 (TSUMURA, Naoki) [JP/JP]; 〒1008831 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン知的財産部内 Tokyo (JP). 赤堀 洋道 (AKAHORI, Hiromichi) [JP/JP]; 〒1008831 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 永井 冬紀 (NAGAI, Fuyuki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目 1 番 1 号 飯野ビル Tokyo (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,

[続葉有]

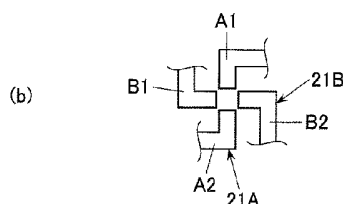
(54) Title: TERAHERTZ PHOTODETECTOR, METHOD FOR DETECTING TERAHERTZ LIGHT, AND TERAHERTZ IMAGING SYSTEM

(54) 発明の名称: テラヘルツ光検出器、テラヘルツ光検出方法およびテラヘルツイメージング装置



(57) Abstract: Disclosed is a terahertz photodetector comprising a first antenna (21A) for detecting a terahertz light (T2) polarized in a first direction (X direction), and a second antenna (21B) for detecting a terahertz light (T2) polarized in a second direction (Y direction) which is different from the first direction (X direction).

(57) 要約: 本発明によるテラヘルツ光検出器は、第1の方向(X方向)に偏光したテラヘルツ光(T2)を検出する第1のアンテナ(21A)と、第1の方向(X方向)と異なる第2の方向(Y方向)に偏光したテラヘルツ光(T2)を検出する第2のアンテナ(21B)とを備える。





SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

テラヘルツ光検出器、テラヘルツ光検出方法およびテラヘルツイメージング装置

技術分野

[0001] 本発明は、テラヘルツ光検出器、テラヘルツ光検出方法およびテラヘルツイメージング装置に関する。

背景技術

[0002] テラヘルツ光を利用する各種の測定装置では、概ね $0.01 \times 10^{12} \sim 100 \times 10^{12}$ ヘルツ($0.01 \sim 100$ THz)の周波数領域のテラヘルツパルス光を試料に照射して、試料を透過した透過光または試料で反射された反射光を検出することにより、試料の電気的特性や成分濃度などを測定する。従来、試料からのテラヘルツパルス光を検出する検出器として、光スイッチ素子が知られている。この光スイッチ素子は、半導体基板上に光伝導膜を形成し、光伝導膜上に微小ダイポールアンテナからなる単一の光スイッチ部を設けた構造である。光スイッチ部にテラヘルツパルス光とともにプローブパルス光を照射すると、アンテナの向きと平行な偏光成分のテラヘルツパルス光を検出することができる。(例えば、特許文献1参照)。

[0003] 特許文献1: WO00/079248号公報(第12頁、第2(B)図)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 試料を透過した透過テラヘルツ光または試料で反射された反射テラヘルツ光は、一般に、偏光方向が直交する2つの偏光成分を有する可能性がある。特許文献1の光スイッチ素子は、アンテナの向きが1方向しか形成されていないので、アンテナの向きと直交する偏光成分の光は検出できない。従って、試料からのテラヘルツ光の偏光状態を正確に測定することができないという問題がある。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明によるテラヘルツ光検出器は、第1の方向に偏光したテラヘルツ光を検出する第1のアンテナと、第1の方向と異なる第2の方向に偏光したテラヘルツ光を検出する

る第2のアンテナとを備えることを特徴とする。

なお、アンテナ方向が互いに直交するように第1および第2のアンテナを配置するのが好ましい。

また、第1および第2のアンテナの各々を、光伝導膜上に間隔を開けて対向配置された一对の導電膜から成るダイポールアンテナとし、第1のアンテナに設けられた一对の導電膜を、所定領域を挟んで第1方向に沿って対向配置し、第2のアンテナに設けられた一对の導電膜を、所定領域を挟んで第1方向と異なる第2方向に沿って対向配置するようにしても良い。なお、第1のアンテナに設けられた一对の導電膜の間隔と、第2のアンテナに設けられた一对の導電膜の間隔とを等しく設定するのが好ましい。

本発明によるテラヘルツ光検出方法は、請求項1～3のいずれか一項に記載のテラヘルツ光検出器を用いたテラヘルツ光検出方法であって、第1および第2のアンテナに対してテラヘルツ光をそれぞれ照射し、第1のアンテナおよび第2のアンテナにより、テラヘルツ光の偏光方向が異なる2つの偏光成分を検出することを特徴とする。

また、テラヘルツ光を少なくとも所定領域を含む照射領域に照射し、第1のアンテナおよび第2のアンテナにより、テラヘルツ光の偏光方向が異なる2つの偏光成分を同時に検出するようにしても良い。

本発明によるテラヘルツ分光装置は、試料にテラヘルツ光を照射するテラヘルツ光照射手段と、試料からのテラヘルツ光が入射する請求項1～4のいずれか一項に記載のテラヘルツ光検出器と、試料からのテラヘルツ光が入射する第1および第2のアンテナからの各検出信号に基づいて、試料の物性情報を演算する演算手段とを備えることを特徴とする。

本発明によるテラヘルツ分光装置の第2の態様は、試料にテラヘルツ光を照射するテラヘルツ光照射手段と、試料からのテラヘルツ光が入射する請求項1～5のいずれか一項に記載のテラヘルツ光検出器と、試料からのテラヘルツ光が入射する第1および第2のアンテナからの検出信号を測定する測定回路と、第1および第2のアンテナからの各検出信号のいずれか一方を選択的に測定回路に入力させる切り換え手段と、切り換え手段により選択された検出信号に基づいて、試料の物性情報を演算

する演算手段とを備えることを特徴とする。

本発明によるテラヘルツイメージング装置は、試料にテラヘルツ光を照射するテラヘルツ光照射手段と、試料からのテラヘルツ光が入射する請求項1～4のいずれか一項に記載のテラヘルツ光検出器と、試料を2次元的に移動して、試料上におけるテラヘルツ光の照射位置を変える移動機構と、試料からのテラヘルツ光が入射する第1および第2のアンテナの各検出信号に基づいて、試料の2次元物性情報を演算する演算手段とを備えることを特徴とする。

発明の効果

- [0006] 本発明によれば、偏光方向の異なるテラヘルツ光を検出できる第1および第2のアンテナを設けたので、試料によるテラヘルツ光の偏光状態の変化をより正確に測定することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]本発明の実施の形態に係るテラヘルツイメージング装置の概略構成図である。
[図2]テラヘルツ光発生素子10の構造を模式的に示す斜視図である。
[図3](a)は、テラヘルツ光検出素子20の構造を模式的に示す斜視図、(b)は(a)に示すアンテナ部の拡大図である。
[図4]テラヘルツ光検出素子20と測定回路25とを示す図である。
[図5]測定回路の変形例を示す図である。
[図6]テラヘルツ光検出素子20の変形例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0008] 以下、本発明の実施の形態を、図面に基づいて説明する。図1は、本発明によるテラヘルツイメージング装置の概略構成を説明する図である。テラヘルツイメージング装置100は、パルス光L1を放射するレーザ光源1と、パルス光L1をパルス光L2, L3に分割するビームスプリッタ2と、パルス光L2の照射によりテラヘルツパルス光T1を放射するテラヘルツ光発生素子10と、試料Sを透過したテラヘルツパルス光T2を検出するテラヘルツ光検出素子20とを備える。テラヘルツイメージング装置100は、周知の時系列テラヘルツ光検出法によりテラヘルツ光を検出するものであり、パルス光L3の光路長を変更する可動鏡5と、試料Sを2次元移動させる2次元駆動機構8とを

備えている。

- [0009] さらに、テラヘルツイメージング装置100には、測定回路25と制御・演算処理部9とが設けられている。測定回路25は、テラヘルツ光検出素子20の光電流(検出信号)を測定する。制御・演算処理部9は、測定回路25の測定結果に基づいて各種演算を行う。例えば、試料の2次元物性情報を演算する。演算結果はディスプレイ9aに表示される。また、制御・演算処理部9は、可動鏡5をA方向に動かすリニア駆動機構6および2次元駆動機構8も制御する。
- [0010] パルス光L1を放射するレーザ光源1には、例えば、フェムト秒パルスレーザが用いられる。パルス光L1は、中心波長が780～830nm(近赤外領域)程度での直線偏光あって、パルスの繰り返し周期は数kHzから100MHz、パルス幅は10～150fsである。
- [0011] 次に、テラヘルツイメージング装置100の動作について説明する。レーザ光源1から放射されたパルス光L1は、ビームスプリッタ2で分割される。分割された一方のパルス光L2は、ポンプ光(励起光)としてテラヘルツ光発生素子10に入射する。テラヘルツ光発生素子10の詳細は後述する。テラヘルツ光発生素子10はパルス光L2により励起され、テラヘルツパルス光T1を発生する。なお、ビームスプリッタ2とテラヘルツ光発生素子10との間に集光レンズを配置し、その集光レンズによりパルス光L2の光束を絞ってもよい。
- [0012] テラヘルツパルス光T1は、周波数が $0.01 \times 10^{12} \sim 100 \times 10^{12}$ ヘルツ(0.01THz $\sim$ 100THz)の光であり、テラヘルツ光発生素子10のアンテナの向きに沿って偏光した偏光光である。このテラヘルツパルス光T1は、曲面鏡3で反射・集光されて試料Sの一点に入射する。
- [0013] 試料Sの一点を透過したテラヘルツパルス光T2は、試料Sの物性情報を含む光であり、曲面鏡4で反射されてテラヘルツ光検出素子20に入射する。テラヘルツ光検出素子20には、ビームスプリッタ2で分割されたパルス光L3がプローブ光として照射される。テラヘルツ光検出素子20にテラヘルツパルス光T2が入射するとそのアンテナ部に電場が生じ、その部分にプローブ光が照射されると、テラヘルツパルス光T2の電場強度に応じた光電流が流れる。

- [0014] この光電流の電流値、すなわち電場強度の値から、制御・演算処理部9で所定の理論式に基づいて試料の電気的特性や不純物濃度等が演算される。これらの測定値、二次元画像等は、必要に応じてディスプレイ9aに表示される。なお、実際の測定では、上記のサンプル測定だけではなく、試料Sをテラヘルツパルス光T1の光路に配設しないで行うリファレンス測定も行い、サンプル測定とリファレンス測定の両方の測定結果から試料Sの物性値を得ている。
- [0015] プローブ光として用いられるパルス光L3は、図1の矢印で示したA方向に移動可能な2枚もしくは3枚の反射鏡からなる可動鏡5に入射する。パルス光L3は、可動鏡5で反射された後に反射鏡7により光路が曲げられ、テラヘルツ光検出素子20に入射する。可動鏡5をリニア駆動機構6によってA方向に移動させることにより、可動鏡5の移動量に応じてパルス光L3の光路長を変化させることができる。その結果、パルス光L3がテラヘルツ光検出素子20へ到達する時間を、遅延させることができる。
- [0016] このように、テラヘルツ光検出素子20に入射するパルス光L3の遅延時間を変更しながら、テラヘルツ光検出素子20で検出されるテラヘルツパルス光T2の電場強度を測定することにより、時系列テラヘルツ分光が可能となる。なお、可動鏡5をプローブ光(パルス光L3)の光路に挿入してプローブ光の時間遅延を行う代わりに、可動鏡5をポンプ光(パルス光L2)の光路に挿入して、テラヘルツパルス光T1に時間遅延操作を行ってもよい。
- [0017] 次に、テラヘルツ光発生素子10の詳細を、図2を参照して説明する。テラヘルツ光発生素子10は、例えば半絶縁性GaAs基板で構成される半導体基板13と、半球レンズ14とを有する。半導体基板13上には光伝導膜12が形成され、その光伝導膜12上にはアンテナとして機能する金属製の導電膜11が形成されている。光伝導膜12は、例えばGaAsやアモルファスシリコンの薄膜で形成される。半球レンズ14は、生成されたテラヘルツ光を効率良く外部に取り出すために半導体基板13の光放射面側に接合されたものであり、例えば高抵抗シリコンから作製され、テラヘルツ光などの赤外光を透過させる。なお、半球レンズ14の代わりに超半球レンズを用いても良く、ここでは半球レンズや超半球レンズを代表して半球レンズ14と称する。
- [0018] 導電膜11は、光伝導膜12上にパターンニング形成された金属膜であり、この実施の

形態ではダイポール型アンテナ形状にパターンニングされている。2本の平行な伝送線路が狭いギャップを介して対向する部分が前述したアンテナ部であり、ダイポール型アンテナとして機能する。図2に示されるように、ダイポール型アンテナパターンの導電膜11に電源回路15によりバイアス電圧 V_b を印加し、導電膜11の形成面上の領域Bにパルス光 L_2 を照射すると、テラヘルツパルス光 T_1 が発生する。領域Bは、ほぼアンテナ部のギャップを含む領域である。発生したテラヘルツパルス光 T_1 は、半球レンズ14を透過して外部に放射される。

[0019] 次いで、図3を参照してテラヘルツ光検出素子20について説明する。従来から知られているテラヘルツイメージング装置やテラヘルツ光分光装置では、テラヘルツ光検出素子とテラヘルツ光発生素子とは同一の素子を使用している。しかし、本発明では、テラヘルツ光の偏光状態が、例えば、試料を透過するなどして変化した場合でも、テラヘルツ光に含まれるX方向およびY方向の各偏光成分を精度良く測定できるように、テラヘルツ光検出素子20としてテラヘルツ光発生素子10と異なる構造の素子を使用するようにしている。

[0020] 具体的には、テラヘルツ光検出素子20は、半導体基板23と、半導体基板23に形成された光伝導膜22と、光伝導膜22上に形成された一対のアンテナとして機能する金属製の導電膜21と、半球レンズ24とを有する。なお、半球レンズ24の代わりに超半球レンズを用いても良い。ここでは、半球レンズや超半球レンズを代表して半球レンズ24と称する。

[0021] 図3(a)に示すように、導電膜21は4つのL字型パターンの導電膜から構成される。そして、アンテナの方向が互いに直交する一対のダイポール型アンテナ21A、21Bを形成する。図3(b)に示すように、ダイポール型アンテナ21Aは2つのL字型パターンA1、A2で構成され、ダイポール型アンテナ21Bは2つのL字型パターンB1、B2で構成される。L字型パターンA1、A2およびL字型パターンB1、B2は、テラヘルツ光入射領域Cにおいて狭いギャップを介して対向しており、これらの対向部分がそれぞれダイポール型アンテナ21A、21Bのアンテナとして機能する。ダイポール型アンテナ21Aのアンテナ方向は図3のX方向であり、ダイポール型アンテナ21Bのアンテナ方向はY方向である。

- [0022] 図4は、図1に示したテラヘルツ光検出素子20と測定回路25とを示す図である。25aおよび25bは測定回路25に設けられた電流計であり、ダイポール型アンテナ21Aを構成する2本のL字型伝送線路であるL字型パターンA1、A2は、電流計25aに接続されている。一方、ダイポール型アンテナ21Bを構成する2本のL字型伝送線路であるL字型パターンB1、B2は、電流計25bに接続されている。なお、図3では、ダイポール型アンテナ21Bに接続される電流計25bの図示を省略した。ダイポール型アンテナ21Aのアンテナ部31aおよびダイポール型アンテナ21Bのアンテナ部31bは、互いにアンテナ方向が直交しており、いずれもテラヘルツ光入射領域Cをカバーする面積を有する。
- [0023] テラヘルツ光入射領域Cに試料Sを透過したテラヘルツパルス光T2が入射すると、テラヘルツパルス光T2がX方向に偏光した光であればダイポール型アンテナ21Aで検出され、テラヘルツパルス光T2がY方向に偏光した光であればダイポール型アンテナ21Bで検出されることになる。すなわち、一对のダイポール型アンテナ21A、21Bは、テラヘルツパルス光T2に含まれる2つの直交する偏光成分に対応してテラヘルツパルス光T2を検出する。
- [0024] ダイポール型アンテナ21A、21Bは、例えば、アンテナ部31a、31bのギャップ長Gが $5\mu\text{m}$ 、導電膜21のパターン幅が $4\mu\text{m}$ 、各パターンのアンテナ部の位置から折れ曲がる位置までの長さdが $10\sim 20\mu\text{m}$ のように設定される。一般に、ギャップ長Gと導電膜21のパターン幅は、領域Cの直径より若干狭く設定され、アンテナ部のパターン長さdは、テラヘルツ光の検出すべき周波数帯域に応じて設定される。
- [0025] 特に、アンテナ部31aとアンテナ部31bのギャップ長Gを等しくとることにより、X方向の偏光成分とY方向の偏光成分の両方の光を同一条件で検出することができる。本実施の形態では、アンテナ部31a是一对の導電膜パターンA1、A2からなる伝送線路を含み、アンテナ部31b是一对の導電膜パターンB1、B2からなる伝送線路とを含む。そして、アンテナ部31a、31bにおいて、各一对の伝送線路は同一ギャップ長で対向させるようにした。アンテナ部31a、31bにおける伝送線路の対向方向が各アンテナ方向となる。
- [0026] このように構成されるテラヘルツ光検出素子20の作用を図3、図4を参照して説明

する。図3に示すように、テラヘルツパルス光T2は、半球レンズ24側からテラヘルツ光検出素子20へ入射し、半球レンズ24の屈折作用を受けて導電膜21形成面上の領域Cへ集光する。一方、プローブ光としてのパルス光L3は、テラヘルツパルス光T2とは逆に、テラヘルツ光検出素子20の導電膜21が形成された側から領域Cへ照射される。このとき、テラヘルツパルス光T2の偏光方向がダイポール型アンテナ21Aのアンテナ方向と一致していれば、テラヘルツパルス光T2の電場によって生じる光電流 I_m がダイポール型アンテナ21Aに流れ、この電場強度に応じた光電流 I_m は測定回路25に設けられた電流計25aにより測定される。なお、図3では、矢印で示した抵抗および増幅器が設けられた回路部分が、電流計25aを構成している。

[0027] 図2および図3を参照しながら、テラヘルツパルス光T1の偏光方向とテラヘルツパルス光T2の偏光方向との関係について説明する。テラヘルツ光発生素子10に形成されたダイポール型アンテナ11のアンテナ方向が図2のX方向に配置された場合は、テラヘルツ光発生素子10はX方向の偏光成分を有するテラヘルツパルス光T1を放射する。このX方向に偏光したテラヘルツパルス光T1が試料Sに照射され、試料Sを透過したテラヘルツパルス光T2がテラヘルツ光検出素子20に入射する。

[0028] テラヘルツパルス光T2もX方向に偏光しているとすれば、テラヘルツ光検出素子20においては、アンテナ方向がX方向であるダイポール型アンテナ21Aにより検出される。一方、ダイポール型アンテナ21Bのアンテナ方向はY方向なので、X方向に偏光したテラヘルツパルス光T2は検出されない。このように、テラヘルツ光発生素子10に形成されたダイポール型アンテナ11のアンテナ方向と、テラヘルツ光検出素子20に形成されたダイポール型アンテナ21Aのアンテナ方向とを同一方向に揃えて設置すれば、X方向に偏光したテラヘルツパルス光T2を検出することができる。

[0029] しかし、実際のテラヘルツ分光測定やテラヘルツイメージングにおいては、試料Sを透過したテラヘルツパルス光T2がX方向の偏光成分のみであるとは限らない。例えば、試料SによってX方向の偏光成分とY方向の偏光成分の両方を有する旋光が生じた場合、ダイポール型アンテナ21AだけではY方向の偏光成分を検出できない。そのため、ダイポール型アンテナ21Aで検出されたX方向の偏光成分の変化が、単に試料Sの吸収によるものなのか旋光によるものなのか区別できない。

- [0030] ところが、図4に示すように、本実施の形態では、1つのテラヘルツ光検出素子20に、アンテナ方向が直交している一対のダイポール型アンテナ21A, 21Bを設けている。そのため、テラヘルツパルス光T2のX方向およびY方向の偏光成分をそれぞれ独立して検出可能となり、正確な検出データを得ることができる。また、ダイポール型アンテナ21A, 21Bの各アンテナ部31a, 31bは、いずれもテラヘルツ光入射領域Cをカバーするように配設されているので、テラヘルツパルス光T2のX方向およびY方向の偏光成分を同時に検出できる。
- [0031] 例えば、1方向のダイポール型アンテナしかもたないテラヘルツ光検出素子では、両方の偏光成分を検出するためには、テラヘルツ光検出素子を光軸廻りに回転する必要があった。一方、本実施の形態では、テラヘルツ光検出素子20を回転する必要がなく、回転機構を設ける必要もない。
- [0032] 次に、本実施の形態によるテラヘルツイメージング装置による、試料Sの2次元測定について説明する。図1に示したように、本実施の形態のテラヘルツイメージング装置100では、2次元駆動機構8により試料Sを2次元的に移動させることにより、試料S上においてテラヘルツパルス光T1を2次元走査することができる。その結果、試料S上の走査領域の各点を透過したテラヘルツパルス光T2が、テラヘルツ光検出素子20により検出されることになる。そして、2次元走査時に測定回路25a, 25bで測定される光電流 I_m に基づいて、制御・演算処理部9で所定の演算を行うことにより、試料Sの電気的特性や不純物濃度などの分布が測定される。これらの分布は、制御・演算処理部9で2次元画像として合成され、合成された画像がディスプレイ9aに表示される。
- [0033] 図5は、測定回路25(25a, 25b)の変形例を示す図であり、図4に対応する図である。図5では、図4の測定回路25(25a, 25b)に代えて、切換えスイッチ26および電流計27を有する測定回路25Aを設けた。切換えスイッチ26の端子Ta1、Ta2には、ダイポール型アンテナ21Aの2本のL字型伝送線路パターンA1, A2が接続され、端子Tb1、Tb2には、ダイポール型アンテナ21Bの2本のL字型伝送線路パターンB1, B2が接続される。切換えスイッチ26の端子Tc1およびTc2は、電流計27に接続されている。

- [0034] 切換えスイッチ26を駆動して、端子Ta1とTc1とを接続するとともに、端子Ta2と端子Tc2とを接続すると、ダイポール型アンテナ21Aのアンテナ部31aが検出可能な状態となる。逆に、端子Tb1と端子Tc1とを接続するとともに、端子Tb2と端子Tc2を接続することにより、ダイポール型アンテナ21Bのアンテナ部31bが検出可能な状態となる。その結果、切換えスイッチ26を切り換えることにより、1つの電流計27でテラヘルツパルス光T2のX方向およびY方向の偏光成分を、順に測定することができる。
- [0035] 本実施の形態によるテラヘルツイメージング装置100では、1つのテラヘルツ光検出素子(テラヘルツ光検出器)20にアンテナ方向の異なる一対のアンテナ(ダイポール型アンテナ21A, 21B)が設けられているので、試料Sの電気的特性や不純物濃度などの2次元分布状態を容易にかつ正確に求めることができ、容易に2次元画像としてイメージ化することができる。
- [0036] 以上説明したように、本発明は、1つのテラヘルツ光検出素子(テラヘルツ光検出器)に一対のアンテナを設けたこと、すなわち、検出する偏光光に対応して互いにアンテナの向きが異なる一対のアンテナ部を設けたことを特徴とし、その特徴を損なわない限り、以上説明した実施の形態に何ら限定されない。例えば、アンテナの向きが異なる一対のアンテナ部は、本実施の形態のテラヘルツ光検出素子20のように位置的に重なり合っているとしても良いし、図6に示すように位置的に離れていても良い。
- [0037] なお、一対のアンテナ部のアンテナ方向は、必ずしも直交している必要はない。すなわち、アンテナ方向の異なる一対のアンテナを設ければ、それらの検出結果を用いて直交する2つの偏光成分を演算により求めることができる。
- [0038] 図6に示すテラヘルツ光検出素子20Aでは、X方向の偏光検出用アンテナ121AとY方向の偏光検出用アンテナ121Bとを、導電膜122上の異なる位置に独立に配置した。X方向の偏光光を検出するアンテナ部131aと、Y方向の偏光光を検出するアンテナ部131bとを備えている。この場合、検出すべき偏光成分に応じて、テラヘルツパルス光T2およびプローブ光L3が入射するテラヘルツ光入射領域Cと、アンテナ部131aおよび131bとが重なるように、テラヘルツ光検出素子20Aをアクチュエータ等で移動させるようにすればよい。

[0039] また、本発明はテラヘルツイメージング装置100に限らず、テラヘルツ光を用いるテラヘルツ分光装置にも適用できる。さらに、試料を透過した透過テラヘルツ光を検出する場合に限らず、試料で反射された反射テラヘルツ光を検出する場合にも適用できる。例えば、テラヘルツ光を試料表面に斜めに入射させ、試料で反射された反射テラヘルツ光を光検出器で受光できるように、試料の一方の表面側にテラヘルツ光発生素子10とテラヘルツ光検出素子20を配置する。

[0040] 次の優先権基礎出願の開示内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特許出願2004年第364175号(2004年12月16日出願)

請求の範囲

- [1] テラヘルツ光検出器は、
第1の方向に偏光したテラヘルツ光を検出する第1のアンテナと、
前記第1の方向と異なる第2の方向に偏光したテラヘルツ光を検出する第2のアンテナとを備える。
- [2] 請求項1に記載のテラヘルツ光検出器において、
アンテナ方向が互いに直交するように前記第1および第2のアンテナを配置する。
- [3] 請求項1または2に記載のテラヘルツ光検出器において、
前記第1および第2のアンテナの各々は、光伝導膜上に間隔を開けて対向配置された一対の導電膜から成るダイポールアンテナである。
- [4] 請求項3に記載のテラヘルツ光検出器において、
前記第1のアンテナに設けられた一対の導電膜は、所定領域を挟んで第1方向に沿って対向配置され、前記第2のアンテナに設けられた一対の導電膜は、前記所定領域を挟んで前記第1方向と異なる第2方向に沿って対向配置される。
- [5] 請求項3または4に記載のテラヘルツ光検出器において、
前記第1のアンテナに設けられた一対の導電膜の間隔と、前記第2のアンテナに設けられた一対の導電膜の間隔とを等しく設定する。
- [6] 請求項1～3のいずれか一項に記載のテラヘルツ光検出器を用いたテラヘルツ光検出方法であって、
前記第1および第2のアンテナに対してテラヘルツ光をそれぞれ照射し、
前記第1のアンテナおよび第2のアンテナにより、前記テラヘルツ光の偏光方向が異なる2つの偏光成分を検出する。
- [7] 請求項4に記載のテラヘルツ光検出器を用いたテラヘルツ光検出方法であって、
テラヘルツ光を少なくとも前記所定領域を含む照射領域に照射し、
前記第1のアンテナおよび第2のアンテナにより、前記テラヘルツ光の偏光方向が異なる2つの偏光成分を同時に検出する。
- [8] テラヘルツ分光装置は、
試料にテラヘルツ光を照射するテラヘルツ光照射手段と、

前記試料からのテラヘルツ光が入射する請求項1～5のいずれか一項に記載のテラヘルツ光検出器と、

前記試料からのテラヘルツ光が入射する前記第1および第2のアンテナからの各検出信号に基づいて、前記試料の物性情報を演算する演算手段とを備える。

[9] テラヘルツ分光装置は、

試料にテラヘルツ光を照射するテラヘルツ光照射手段と、

前記試料からのテラヘルツ光が入射する請求項1～5のいずれか一項に記載のテラヘルツ光検出器と、

前記試料からのテラヘルツ光が入射する前記第1および第2のアンテナからの検出信号を測定する測定回路と、

前記第1および第2のアンテナからの各検出信号のいずれか一方を選択的に前記測定回路に入力させる切り換え手段と、

前記切り換え手段により選択された検出信号に基づいて、前記試料の物性情報を演算する演算手段とを備える。

[10] テラヘルツイメージング装置は、

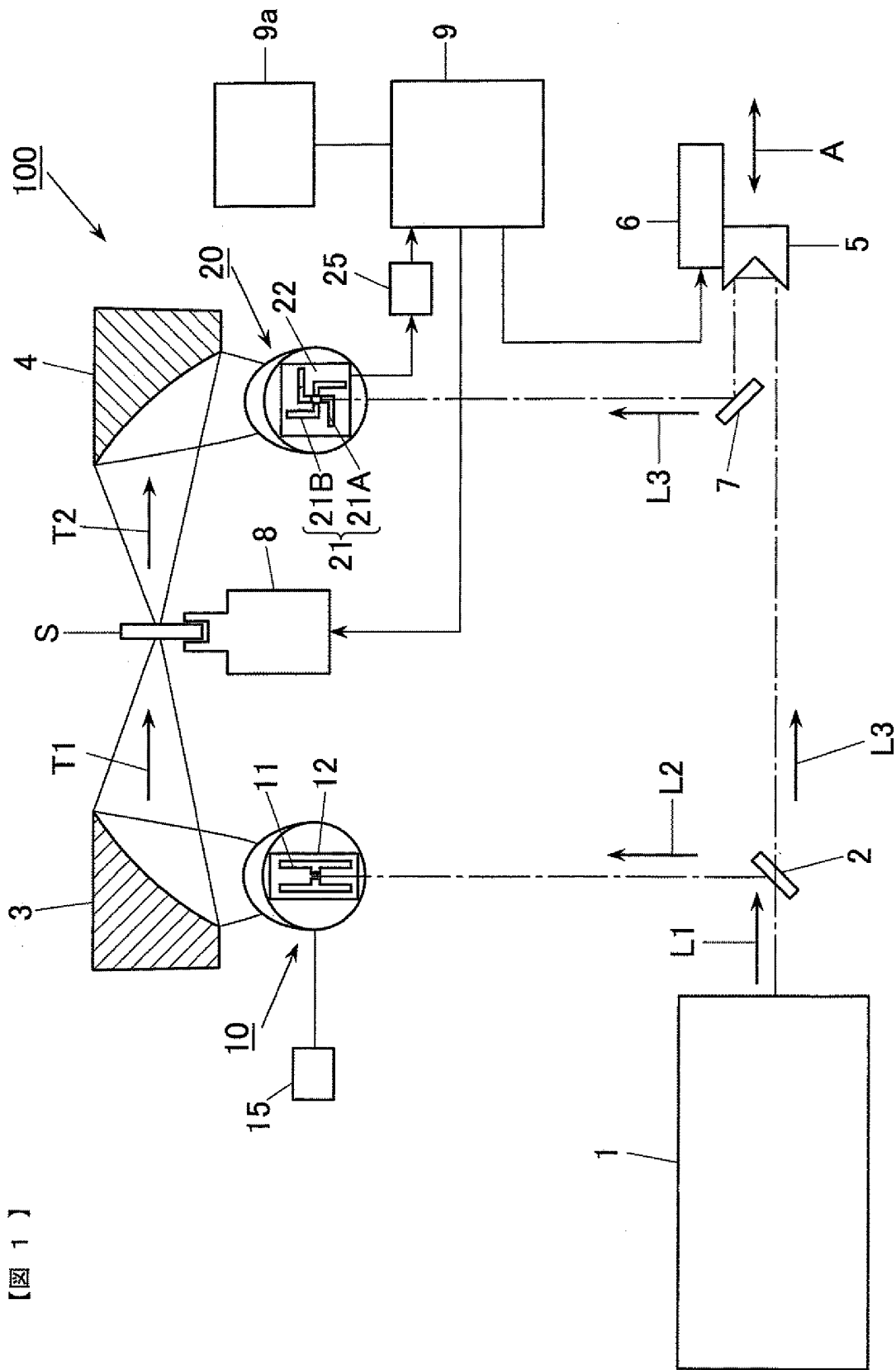
試料にテラヘルツ光を照射するテラヘルツ光照射手段と、

前記試料からのテラヘルツ光が入射する請求項1～5のいずれか一項に記載のテラヘルツ光検出器と、

前記試料を2次元的に移動して、前記試料上におけるテラヘルツ光の照射位置を変える移動機構と、

前記試料からのテラヘルツ光が入射する前記第1および第2のアンテナの各検出信号に基づいて、前記試料の2次元物性情報を演算する演算手段とを備える。

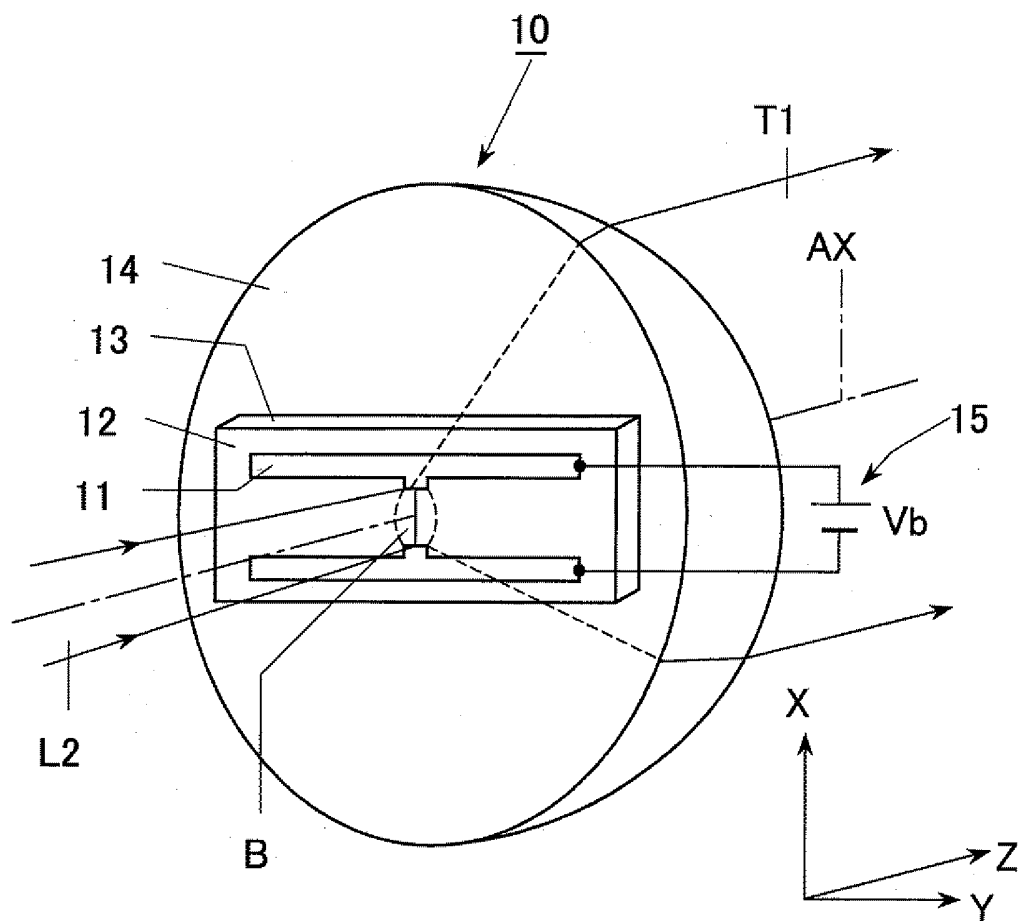
[図1]



[図 1]

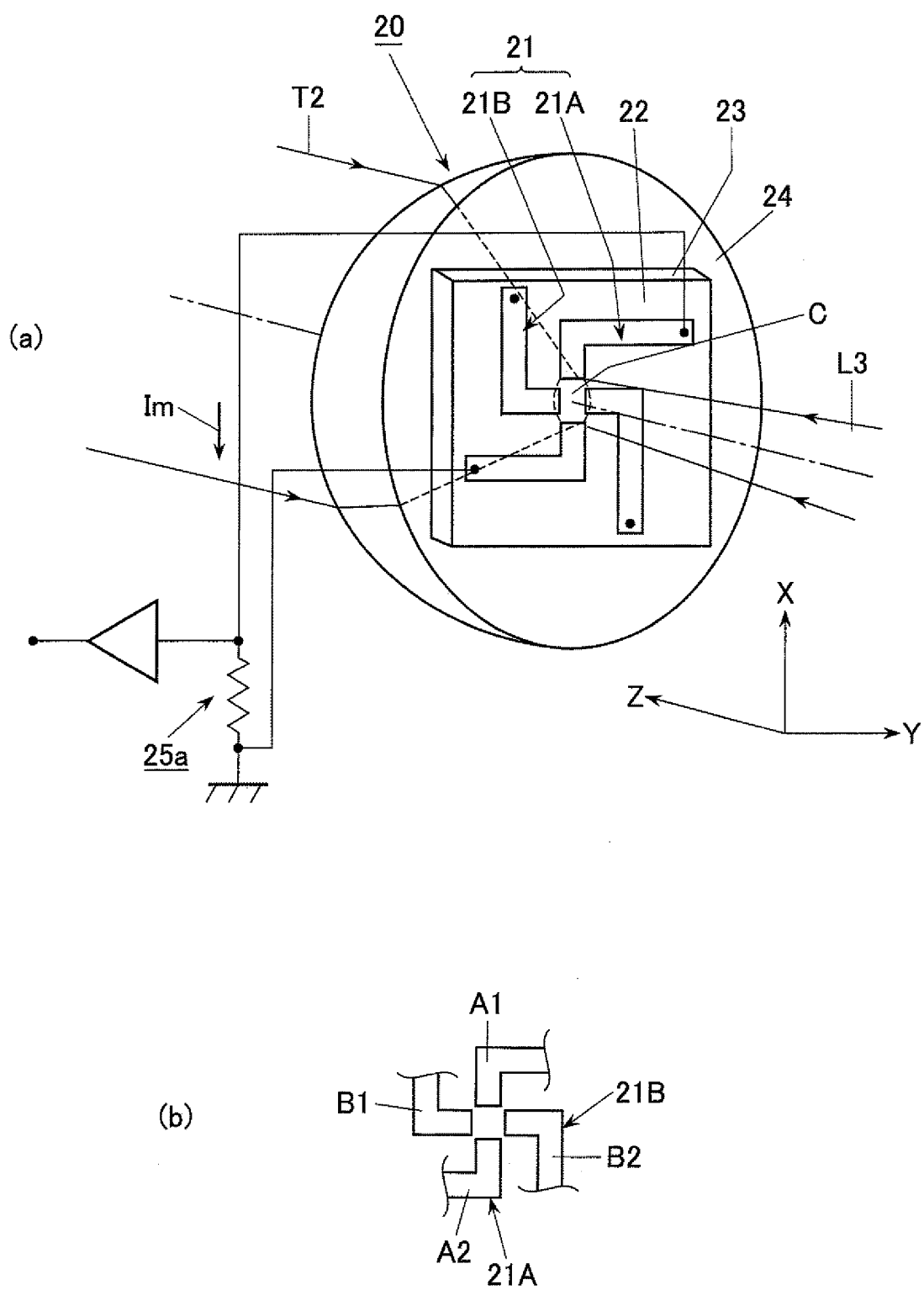
[図2]

【圖 2】



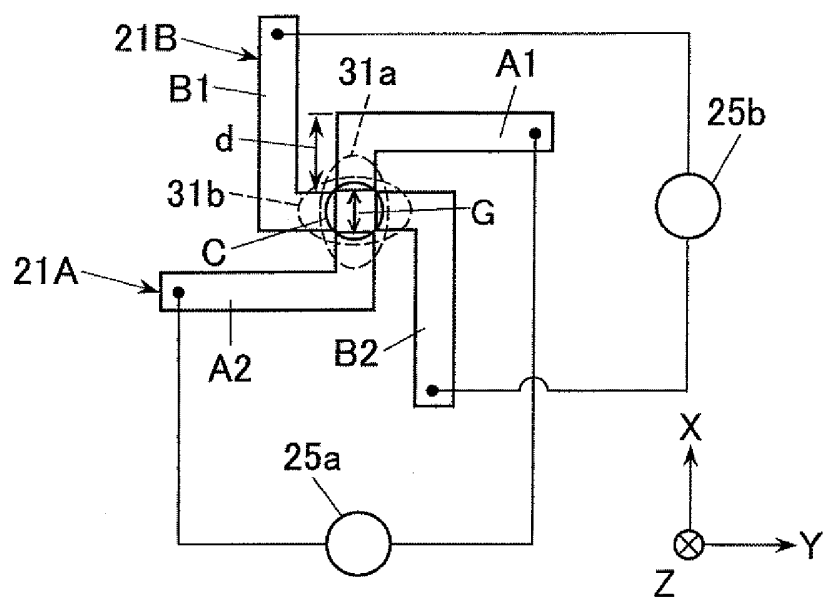
[図3]

【図 3】



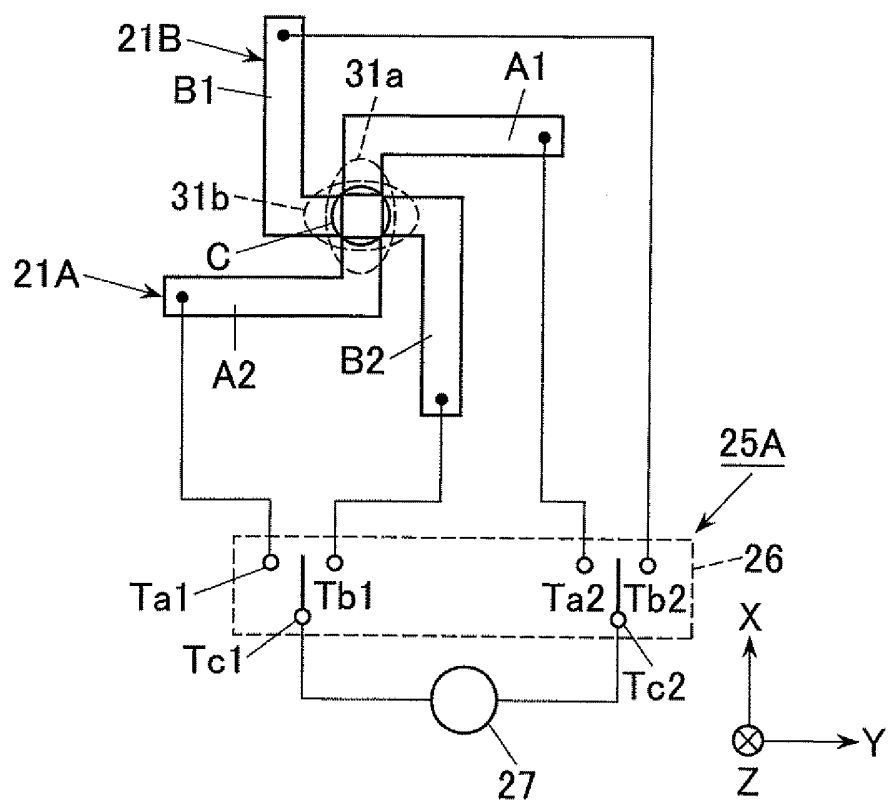
[図4]

【図 4】



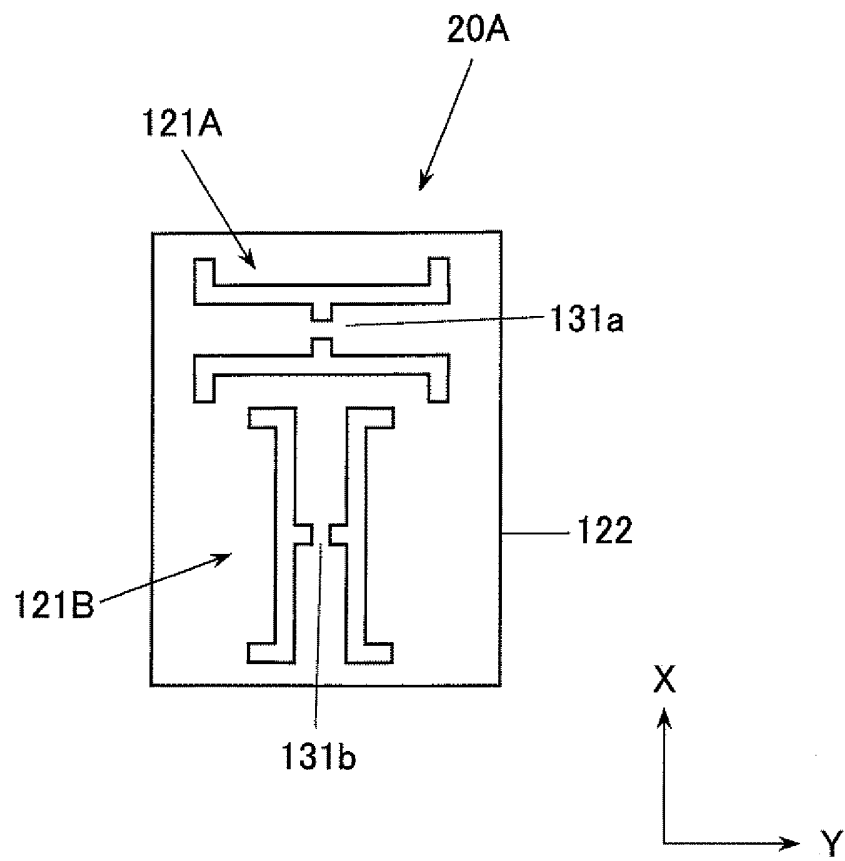
[図5]

【図 5】



[図6]

【図 6】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/021764

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/35(2006.01), G01J4/00(2006.01), G01N21/21(2006.01), G01J3/447(2006.01)

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)

G01N21/00(2006.01) -G01N21/61(2006.01), G01J3/00(2006.01) -G01J4/04(2006.01)

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	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
WPI, IEEE, Science Direct, JSTPlus(JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u> <u>Y</u>	W.Y. Ali-Ahmad and G.M. Rebeiz: "92 GHz Dual-Polarized Integrated Horn Antennas", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol.39, No.6, June 1991, pages 820 to 825	<u>1-2,6</u> <u>4,7,9</u>
Y	D.M. Mittleman et al.: "Noncontact semiconductor wafer characterization with the terahertz Hall effect", Applied Physics Letters, Vol.71, Issue 1, 07 July, 1997 (07.07.97), pages 16 to 18	1-10
Y	B.B. Hu and M.C. Nuss: "Imaging with terahertz waves", OPTICS LETTERS, Vol.20, No.16, 15 August, 1995 (15.08.95), pages 1716 to 1719	1-10

☒ 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
07 December, 2005 (07.12.05)

Date of mailing of the international search report
20 December, 2005 (20.12.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/021764

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-14620 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 January, 2003 (15.01.03), Par. Nos. [0026] to [0028]; Fig. 1 & EP 1271115 A2 & US 6847448 B2	1
P,A	JP 2005-227021 A (Tochigi Nikon Corp.), 25 August, 2005 (25.08.05), Figs. 1 to 5 (Family: none)	1
A	US 6037590 A (University of Central Florida), 14 May, 2000 (14.05.00), Full text; all drawings (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. **G01N 21/35** (2006.01), **G01J 4/00** (2006.01), **G01N 21/21** (2006.01), **G01J 3/447** (2006.01)

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 (IPC))

Int.Cl. **G01N 21/00** (2006.01) - **G01N 21/61** (2006.01), **G01J 3/00** (2006.01) - **G01J 4/04** (2006.01)

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005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)

WPI, IEEE, Science Direct, JSTPlus(JOIS)

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 請求の範囲の番号
X Y	W. Y. Ali-Ahmad and G. M. Rebeiz: "92 GHz Dual-Polarized Integrated Horn Antennas" IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 39, No. 6, June 1991, pp. 820-825	1-2, 6 4, 7, 9
Y	D. M. Mittleman, <i>et al.</i> : "Noncontact semiconductor wafer characterization with the terahertz Hall effect" Applied Physics Letters, Vol. 71, Issue 1, 1997. 07. 07, pp. 16-18	1-10

☒ 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

07. 12. 2005

国際調査報告の発送日

20. 12. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号 100-8915
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)

高場 正光

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

2W

2910

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 請求の範囲の番号
Y	B. B. Hu and M. C. Nuss: "Imaging with terahertz waves" OPTICS LETTERS, Vol. 20, No. 16, 1995. 08. 15, pp. 1716-1719	1-10
A	JP 2003-14620 A (松下電器産業株式会社) 2003. 01. 15 【0026】 - 【0028】 , 図 1 & EP 1271115 A2 & US 6847448 B2	1
P, A	JP 2005-227021 A (株式会社栃木ニコン) 2005. 08. 25 図 1 - 5 (ファミリーなし)	1
A	US 6037590 A (University of Central Florida) 2000. 05. 14 全文, 全図 (ファミリーなし)	1