

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5910064号  
(P5910064)

(45) 発行日 平成28年4月27日 (2016. 4. 27)

(24) 登録日 平成28年4月8日 (2016. 4. 8)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 S 1/02 (2006.01)  
G O 1 N 21/3581 (2014.01)H O 1 S 1/02  
G O 1 N 21/3581

請求項の数 17 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2011-278883 (P2011-278883)  
 (22) 出願日 平成23年12月20日 (2011. 12. 20)  
 (65) 公開番号 特開2013-131575 (P2013-131575A)  
 (43) 公開日 平成25年7月4日 (2013. 7. 4)  
 審査請求日 平成26年12月11日 (2014. 12. 11)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
 (74) 代理人 100091292  
 弁理士 増田 達哉  
 (74) 代理人 100091627  
 弁理士 朝比 一夫  
 (72) 発明者 富岡 紘斗  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 ーエプソン株式会社内

審査官 河原 正

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝導アンテナ、テラヘルツ波発生装置、カメラ、イメージング装置および計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

テラヘルツ波を発生する光伝導アンテナであって、  
 第1導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第1導電層と、  
 前記第1導電型と異なる第2導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第2導電層と、  
 前記第1導電層と前記第2導電層との間に挟まれ、かつ前記第1導電層の半導体材料または前記第2導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、  
 前記第1導電層に電氣的に接続する第1電極と、  
 前記第2導電層に電氣的に接続され、かつパルス光が通過する開口を有する第2電極と、  
 前記第1導電層と前記半導体層と前記第2導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、  
 前記積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面のうち、前記誘電体層が接触していない部位を覆う被覆層と、を備えることを特徴とする光伝導アンテナ。

【請求項 2】

テラヘルツ波を発生する光伝導アンテナであって、  
 第1導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第1導電層と、  
 前記第1導電型と異なる第2導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第2導電層

10

20

と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつパルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備え、

前記第 2 導電層は、薄肉部を有し、

前記薄肉部は、前記積層方向から見たとき、前記開口内に位置し、前記第 2 導電層の前記開口の外側に位置する部位よりも厚さが薄い、ことを特徴とする光伝導アンテナ。

【請求項 3】

前記誘電体材料の比誘電率は、前記半導体層の前記半導体材料の比誘電率よりも高い請求項 1 または 2 に記載の光伝導アンテナ。

【請求項 4】

前記誘電体層は、前記積層方向から見たとき、前記誘電体層の幅 W が前記半導体層から離れるに従って漸増する部位を有する請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の光伝導アンテナ。

【請求項 5】

前記積層方向から前記誘電体層に接触し、前記テラヘルツ波を反射させる第 1 反射層を有する請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の光伝導アンテナ。

【請求項 6】

前記第 1 電極は、前記第 1 反射層を兼ねる請求項 5 に記載の光伝導アンテナ。

【請求項 7】

前記積層方向から前記誘電体層に接触し、前記テラヘルツ波を反射させる第 2 反射層を有する請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の光伝導アンテナ。

【請求項 8】

前記第 2 電極は、前記第 2 反射層を兼ねる請求項 7 に記載の光伝導アンテナ。

【請求項 9】

前記半導体層の半導体材料は、III - V 属化合物半導体である請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の光伝導アンテナ。

【請求項 10】

パルス光を発生する光源と、

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、

前記積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面のうち、前記誘電体層が接触していない部位を覆う被覆層と、を備えることを特徴とするテラヘルツ波発生装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 1】

パルス光を発生する光源と、

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備え、

前記第 2 導電層は、薄肉部を有し、

前記薄肉部は、前記積層方向から見たとき、前記開口内に位置し、前記第 2 導電層の前記開口の外側に位置する部位よりも厚さが薄い、ことを特徴とするテラヘルツ波発生装置。

10

20

## 【請求項 1 2】

テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部と、

前記テラヘルツ波発生部から出射し、対象物を反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部と、を備え、

前記テラヘルツ波発生部は、パルス光を発生する光源と、

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、

前記積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面のうち、前記誘電体層が接触していない部位を覆う被覆層と、を備えることを特徴とするカメラ。

30

40

## 【請求項 1 3】

テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部と、

前記テラヘルツ波発生部から出射し、対象物を反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部と、を備え、

前記テラヘルツ波発生部は、パルス光を発生する光源と、

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

50

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備え、

10

前記第 2 導電層は、薄肉部を有し、

前記薄肉部は、前記積層方向から見たとき、前記開口内に位置し、前記第 2 導電層の前記開口の外側に位置する部位よりも厚さが薄い、ことを特徴とするカメラ。

#### 【請求項 14】

テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部と、

前記テラヘルツ波発生部から出射し、対象物を透過または反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部と、

前記テラヘルツ波検出部の検出結果に基づいて、前記対象物の画像を生成する画像形成部と、を備え、

前記テラヘルツ波発生部は、パルス光を発生する光源と、

20

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

30

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、

前記積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面のうち、前記誘電体層が接触していない部位を覆う被覆層と、を備えることを特徴とするイメージング装置。

#### 【請求項 15】

テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部と、

前記テラヘルツ波発生部から出射し、対象物を透過または反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部と、

40

前記テラヘルツ波検出部の検出結果に基づいて、前記対象物の画像を生成する画像形成部と、を備え、

前記テラヘルツ波発生部は、パルス光を発生する光源と、

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料ま

50

たは前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備え、

前記第 2 導電層は、薄肉部を有し、

前記薄肉部は、前記積層方向から見たとき、前記開口内に位置し、前記第 2 導電層の前記開口の外側に位置する部位よりも厚さが薄い、ことを特徴とするイメージング装置。

10

【請求項 16】

テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部と、

前記テラヘルツ波発生部から出射し、対象物を透過または反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部と、

前記テラヘルツ波検出部の検出結果に基づいて、前記対象物を計測する計測部と、を備え、

前記テラヘルツ波発生部は、パルス光を発生する光源と、

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

20

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、

30

前記積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面のうち、前記誘電体層が接触していない部位を覆う被覆層と、を備えることを特徴とする計測装置。

【請求項 17】

テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部と、

前記テラヘルツ波発生部から出射し、対象物を透過または反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部と、

前記テラヘルツ波検出部の検出結果に基づいて、前記対象物を計測する計測部と、を備え、

前記テラヘルツ波発生部は、パルス光を発生する光源と、

40

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

50

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備え、

前記第 2 導電層は、薄肉部を有し、

前記薄肉部は、前記積層方向から見たとき、前記開口内に位置し、前記第 2 導電層の前記開口の外側に位置する部位よりも厚さが薄い、ことを特徴とする計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光伝導アンテナ、テラヘルツ波発生装置、カメラ、イメージング装置および計測装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、100GHz以上、30THz以下の周波数を有する電磁波であるテラヘルツ波が注目されている。テラヘルツ波は、例えば、イメージング、分光計測等の各計測、非破壊検査等に用いることができる。

このテラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生装置は、サブp秒(数百f秒)程度のパルス幅をもつ光パルス(パルス光)を発生する光源装置と、光源装置で発生した光パルスが照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナとを有している。

【0003】

前記光伝導アンテナとしては、例えば、特許文献1に、n型半導体層と、i型半導体層と、p型半導体層とがこの順序で積層された積層体(pin構造)を有するテラヘルツ波発生素子(光伝導アンテナ)が開示されている。この光伝導アンテナでは、p型半導体層上に設けられた電極に形成された開口を介してp型半導体層に光パルスが照射されると、i型半導体層の側面全体から放射状にテラヘルツ波が出射する。

【0004】

前記特許文献1に記載の光伝導アンテナでは、低温成長GaAs(LT-GaAs)基板を用いて製造されたダイボール形状光導電光伝導アンテナ(PCA)に対して、発生するテラヘルツ波の強度を10倍程度大きくすることができる。

しかしながら、特許文献1に記載の光伝導アンテナでは、指向性のないテラヘルツ波が発生するので、無駄が多くなり、目的部位に照射されるテラヘルツ波の強度が不十分であった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-300022号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、指向性を有するテラヘルツ波を発生することができる光伝導アンテナ、テラヘルツ波発生装置、カメラ、イメージング装置および計測装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の光伝導アンテナは、テラヘルツ波を発生する光伝導アンテナであって、

第1導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第1導電層と、

前記第1導電型と異なる第2導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第2導電層と、

10

20

30

40

50

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備えることを特徴とする。

これにより、テラヘルツ波は、誘電率のより高い物質中を進もうとする性質を有しているので、半導体層で発生したテラヘルツ波が誘電体層により所定の方向に導かれ、これによって、指向性を有するテラヘルツ波を発生することができる。この結果、従来よりも高い強度のテラヘルツ波を発生することができる。

#### 【0008】

本発明の光伝導アンテナでは、前記誘電体材料の比誘電率は、前記半導体層の前記半導体材料の比誘電率よりも高いことが好ましい。

これにより、誘電体層によりテラヘルツ波を効率良く導くことができる。

本発明の光伝導アンテナでは、前記誘電体層は、前記積層方向から見たとき、前記誘電体層の幅 W が前記半導体層から離れるに従って漸増する部位を有することが好ましい。

これにより、誘電体層によりテラヘルツ波を効率良く導くことができる。

#### 【0009】

本発明の光伝導アンテナでは、前記積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面のうち、前記誘電体層が接触していない部位を覆う被覆層を有することが好ましい。

これにより、半導体層の腐食を防止することができる。

本発明の光伝導アンテナでは、前記積層方向から前記誘電体層に接触し、前記テラヘルツ波を反射させる第 1 反射層を有することが好ましい。

これにより、誘電体層中を進行しているテラヘルツ波が、第 1 反射層で反射することで、誘電体層のテラヘルツ波が出射する出射部に到達する前に、誘電体層を透過してしまうことを防止することができる。

#### 【0010】

本発明の光伝導アンテナでは、前記第 1 電極は、前記第 1 反射層を兼ねることが好ましい。

これにより、構造を簡素化することができ、また、製造が容易となる。

本発明の光伝導アンテナでは、前記積層方向から前記誘電体層に接触し、前記テラヘルツ波を反射させる第 2 反射層を有することが好ましい。

これにより、誘電体層中を進行しているテラヘルツ波が、第 2 反射層で反射することで、誘電体層のテラヘルツ波が出射する出射部に到達する前に、誘電体層を透過してしまうことを防止することができる。

#### 【0011】

本発明の光伝導アンテナでは、前記第 2 電極は、前記第 2 反射層を兼ねることが好ましい。

これにより、構造を簡素化することができ、また、製造が容易となる。

本発明の光伝導アンテナでは、前記積層方向から見たとき、前記開口内に位置し、前記第 2 導電層の前記開口の外側に位置する部位よりも厚さが薄い薄肉部を有することが好ましい。

これにより、パルス光が第 2 導電層で吸収されてしまうことを抑制することができ、また、第 2 導電層の開口の外側に位置する部位の厚さを適正值に設定することができる。

本発明の光伝導アンテナでは、前記半導体材料は、III-V 属化合物半導体であることが好ましい。

これにより、高い強度のテラヘルツ波を発生することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 2 】

本発明のテラヘルツ波発生装置は、パルス光を発生する光源と、

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備えることを特徴とする。

これにより、前記本発明の効果を有するテラヘルツ波発生装置を提供することができる。

## 【 0 0 1 3 】

本発明のカメラは、テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部と、

前記テラヘルツ波発生部から出射し、対象物を反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部と、を備え、

前記テラヘルツ波発生部は、パルス光を発生する光源と、

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備えることを特徴とする。

これにより、前記本発明の効果を有するカメラを提供することができる。

## 【 0 0 1 4 】

本発明のイメージング装置は、テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部と、

前記テラヘルツ波発生部から出射し、対象物を透過または反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部と、

前記テラヘルツ波検出部の検出結果に基づいて、前記対象物の画像を生成する画像形成部と、を備え、

前記テラヘルツ波発生部は、パルス光を発生する光源と、

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層

10

20

30

40

50



と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備えることを特徴とする。

10

これにより、前記本発明の効果を有するイメージング装置を提供することができる。

#### 【 0 0 1 5 】

本発明の計測装置は、テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部と、

前記テラヘルツ波発生部から出射し、対象物を透過または反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部と、

前記テラヘルツ波検出部の検出結果に基づいて、前記対象物を計測する計測部と、を備え、

前記テラヘルツ波発生部は、パルス光を発生する光源と、

20

前記光源にて発生したパルス光が照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナと、を備え、

前記光伝導アンテナは、第 1 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 1 導電層と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型の不純物を含む半導体材料で構成された第 2 導電層と、

前記第 1 導電層と前記第 2 導電層との間に挟まれ、かつ前記第 1 導電層の半導体材料または前記第 2 導電層の半導体材料よりもキャリア濃度が低い半導体材料で構成された半導体層と、

前記第 1 導電層に電氣的に接続する第 1 電極と、

30

前記第 2 導電層に電氣的に接続され、かつ前記パルス光が通過する開口を有する第 2 電極と、

前記第 1 導電層と前記半導体層と前記第 2 導電層との積層方向に垂直な法線を有する前記半導体層の面に接触し、誘電体材料で構成された誘電体層と、を備えることを特徴とする。

これにより、前記本発明の効果を有する計測装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 1 6 】

【図 1】本発明のテラヘルツ波発生装置の実施形態を示す図である。

【図 2】図 1 に示すテラヘルツ波発生装置の光伝導アンテナの平面図である。

40

【図 3】図 1 に示すテラヘルツ波発生装置の光源装置の断面斜視図である。

【図 4】図 3 中の A - A 線での断面図である。

【図 5】図 3 中の B - B 線での断面図である。

【図 6】本発明のイメージング装置の実施形態を示すブロック図である。

【図 7】図 6 に示すイメージング装置のテラヘルツ波検出部を示す平面図である。

【図 8】対象物のテラヘルツ帯でのスペクトルを示すグラフである。

【図 9】対象物の物質 A、B および C の分布を示す画像の図である。

【図 10】本発明の計測装置の実施形態を示すブロック図である。

【図 11】本発明のカメラの実施形態を示すブロック図である。

【図 12】本発明のカメラの実施形態を示す斜視図である。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0017】

以下、本発明の光伝導アンテナ、テラヘルツ波発生装置、カメラ、イメージング装置および計測装置を添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。

## &lt;第1実施形態&gt;

図1は、本発明のテラヘルツ波発生装置の実施形態を示す図である。この図1では、光伝導アンテナについては図2中のS-S線での断面図、光源装置についてはブロック図を示す。図2は、図1に示すテラヘルツ波発生装置の光伝導アンテナの平面図、図3は、図1に示すテラヘルツ波発生装置の光源装置の断面斜視図、図4は、図3中のA-A線での断面図、図5は、図3中のB-B線での断面図である。なお、以下では、図1、図3～5

10

## 【0018】

図1に示すように、テラヘルツ波発生装置1は、励起光である光パルス（パルス光）を発生する光源装置3と、光源装置3で発生した光パルスが照射されることによりテラヘルツ波を発生する光伝導アンテナ2とを有している。なお、テラヘルツ波とは、周波数が、100GHz以上30THz以下の電磁波、特に、300GHz以上3THz以下の電磁波を言う。

図3～図5に示すように、光源装置3は、本実施形態では、光パルスを発生する光パルス発生部4と、光パルス発生部4で発生した光パルスに対し、パルス圧縮を行う第1のパルス圧縮部5と、第1のパルス圧縮部5でパルス圧縮がなされた光パルスに対し、パルス

20

## 【0019】

増幅部6は、第1のパルス圧縮部5の前段、または第1のパルス圧縮部5と第2のパルス圧縮部7との間に設けられるが、図示の構成では、増幅部6は、第1のパルス圧縮部5と第2のパルス圧縮部7との間に設けられている。これにより、第1のパルス圧縮部5でパルス圧縮がなされた光パルスが、増幅部6で増幅され、増幅部6で増幅された光パルスが、第2のパルス圧縮部7でパルス圧縮がなされる。

## 【0020】

また、光源装置3から出射する光パルスのパルス幅（半値幅）は、特に限定されないが、1fs以上800fs以下であることが好ましく、10fs以上200fs以下である

30

また、光源装置3から出射する光パルスの周波数は、後述する光伝導アンテナ2のi型半導体層24のバンドギャップに対応する周波数以上に設定される。

## 【0021】

また、光パルス発生部4は、例えば、DBRレーザー、DFBレーザー、モード同期レーザー等、いわゆる半導体レーザーを用いることができる。この光パルス発生部4で発生する光パルスのパルス幅は、特に限定されないが、1ps以上100ps以下であることが好ましい。

また、第1のパルス圧縮部5は、可飽和吸収に基づくパルス圧縮を行うものである。すなわち、第1のパルス圧縮部5は、可飽和吸収体を有しており、その可飽和吸収体により

40

また、第2のパルス圧縮部7は、群速度分散補償に基づくパルス圧縮を行うものである。すなわち、第2のパルス圧縮部7は、群速度分散補償媒体、本実施形態では、結合導波路構造を有しており、その結合導波路構造により、光パルスを圧縮し、そのパルス幅を減少させる。

## 【0022】

また、光源装置3の光パルス発生部4と、第1のパルス圧縮部5と、増幅部6と、第2のパルス圧縮部7とは、一体化、すなわち同一基板上に集積されている。

具体的には、光源装置3は、半導体基板である基板31と、基板31上に設けられたクラッド層32と、クラッド層32上に設けられた活性層33と、活性層33上に設けられ

50

た導波路構成プロセス用エッチングストップ層 3 4 と、導波路構成プロセス用エッチングストップ層 3 4 上に設けられたクラッド層 3 5 と、クラッド層 3 5 上に設けられたコンタクト層 3 6 と、導波路構成プロセス用エッチングストップ層 3 4 上に設けられた絶縁層 3 7 と、基板 3 1 の表面に設けられたクラッド層 3 2 側の電極 3 8 と、コンタクト層 3 6 および絶縁層 3 7 の表面に設けられたクラッド層 3 5 側の電極 3 9 1、3 9 2、3 9 3、3 9 4 および 3 9 5 とを有している。また、光パルス発生部 4 の導波路構成プロセス用エッチングストップ層 3 4 と、クラッド層 3 5 との間には、回折格子 3 0 が設けられている。なお、導波路構成プロセス用エッチングストップ層は、活性層の直上に限らず、例えば、クラッド層の中に設けられていてもよい。

【0023】

10

なお、各部の構成材料は、特に限定されないが、一例として、基板 3 1、コンタクト層 3 6 としては、それぞれ、例えば、GaAs 等が挙げられる。また、クラッド層 3 2、3 5、導波路構成プロセス用エッチングストップ層 3 4、回折格子 3 0 としては、それぞれ、例えば、AlGaAs 等が挙げられる。また、活性層 3 3 としては、例えば、多重量子井戸と呼ばれる量子効果を用いた構成等が挙げられる。具体的には、活性層 3 3 としては、例えば、井戸層 (GaAs 井戸層) とバリア層 (AlGaAs バリア層) とを交互に複数ずつ設けてなる多重量子井戸等で構成された分布屈折率型多重量子井戸と呼ばれる構造のもの等が挙げられる。

【0024】

また、図示の構成では、光源装置 3 における導波路は、クラッド層 3 2 と、活性層 3 3 と、導波路構成プロセス用エッチングストップ層 3 4 と、クラッド層 3 5 とで構成されている。また、クラッド層 3 5 は、導波路の上部にのみ、その導波路に対応した形状に設けられている。また、クラッド層 3 5 は、不要な部分をエッチングにより除去することにより形成されている。なお、製造方法によっては、導波路構成プロセス用エッチングストップ層 3 4 を省略してもよい。

20

【0025】

また、クラッド層 3 5 およびコンタクト層 3 6 は、それぞれ、2 つずつ設けられている。一方のクラッド層 3 5 およびコンタクト層 3 6 は、光パルス発生部 4 と、第 1 のパルス圧縮部 5 と、増幅部 6 と、第 2 のパルス圧縮部 7 の一部を構成し、連続的に設けられており、他方のクラッド層 3 5 およびコンタクト層 3 6 は、第 2 のパルス圧縮部 7 の一部を構成している。すなわち、第 2 のパルス圧縮部 7 には、1 対のクラッド層 3 5 と、1 対のコンタクト層 3 6 とが設けられている。

30

【0026】

また、電極 3 9 1 は、光パルス発生部 4 のクラッド層 3 5 に対応するように設けられ、また、電極 3 9 2 は、第 1 のパルス圧縮部 5 のクラッド層 3 5 に対応するように設けられ、また、電極 3 9 3 は、増幅部 6 のクラッド層 3 5 に対応するように設けられ、また、電極 3 9 4 および 3 9 5 は、それぞれ、第 2 のパルス圧縮部 7 の 2 つのクラッド層 3 5 に対応するように設けられている。なお、電極 3 8 は、光パルス発生部 4、第 1 のパルス圧縮部 5、増幅部 6 および第 2 のパルス圧縮部 7 の共通の電極である。そして、電極 3 8 と電極 3 9 1 とで光パルス発生部 4 の 1 対の電極が構成され、また、電極 3 8 と電極 3 9 2 とで第 1 のパルス圧縮部 5 の 1 対の電極が構成され、また、電極 3 8 と電極 3 9 3 とで増幅部 6 の 1 対の電極が構成され、また、電極 3 8 と電極 3 9 4、電極 3 8 と電極 3 9 5 とで第 2 のパルス圧縮部 7 の 2 対の電極が構成される。

40

【0027】

なお、光源装置 3 の全体形状は、図示の構成では、直方体をなしているが、これに限定されないことは、言うまでもない。

また、光源装置 3 の寸法は、特に限定されないが、例えば、1 mm 以上 10 mm 以下 × 0.5 mm 以上 5 mm 以下 × 0.1 mm 以上 1 mm 以下とすることができる。

なお、本発明では、光源装置の構成は、前述した構成に限定されないことは、言うまでもない。

50

## 【0028】

次に、光伝導アンテナ2について説明する。

図1および図2に示すように、光伝導アンテナ2は、基板21と、基板21上に設けられた光伝導アンテナ本体20とを有している。

基板21としては、光伝導アンテナ本体20を支持できるものであれば、特に限定されず、例えば、各種の半導体材料で構成された半導体基板、各種の樹脂材料で構成された樹脂基板、各種のガラス材料で構成されたガラス基板等を用いることができるが、半導体基板が好ましい。また、基板21として半導体基板を用いる場合、その半導体材料としては、特に限定されず、各種のものを用いることができるが、III-V属化合物半導体が好ましい。また、III-V属化合物半導体としては、特に限定されず、例えば、GaAs、InP、InAs、InSb等が挙げられる。

10

## 【0029】

また、基板21の形状は、図示の構成では、後述するn型半導体層22とi型半導体層24とp型半導体層23との積層方向から見たとき、四角形をなしている。なお、基板21の形状は、四角形には限定されず、この他、例えば、円形、楕円形や、三角形、五角形、六角形等の他の多角形等が挙げられる。以下では、「n型半導体層22とi型半導体層24とp型半導体層23との積層方向から見たとき」を、「平面視」とも言う。また、「n型半導体層22とi型半導体層24とp型半導体層23との積層方向」を、単に、「積層方向」とも言う。

## 【0030】

20

光伝導アンテナ本体20は、n型半導体層(第1導電層)22と、テラヘルツ波を発生するi型半導体層(半導体層)24と、p型半導体層(第2導電層)23と、誘電体層25と、被覆層26と、テラヘルツ波を反射させる反射層(第1反射層)27と、1対の電極を構成する電極28(第1電極)および電極(第2電極)29とを有している。

この場合、基板21上に、n型半導体層22と、i型半導体層24と、p型半導体層23とが、基板21側からこの順序で積層されている(設けられている)。すなわち、基板21上には、n型半導体層と、i型半導体層と、p型半導体層とが基板21側からこの順序で積層された積層体(pin構造)が形成されている。さらに換言すれば、i型半導体層24は、n型半導体層22と、p型半導体層23とに挟まれて形成されている。

## 【0031】

30

また、電極28は、基板21およびn型半導体層22上に設けられている。すなわち、電極28は、n型半導体層22に接触し、n型半導体層22に電氣的に接続されている。

また、電極29は、p型半導体層23および誘電体層25上に設けられている。すなわち、電極29は、p型半導体層23に接触し、p型半導体層23に電氣的に接続されている。また、電極29は、積層方向から誘電体層25の基板21と反対側の面に接触しており、テラヘルツ波を反射させる第2反射層を兼ねている。第2反射層を設けることにより、誘電体層25の上面(誘電体層25の基板21と反対側の面)から漏れるテラヘルツ波を誘電体層25内に反射し、テラヘルツ波を効率良く導くことができる。なお、第2反射層を電極29とは別に設けてもよいことは言うまでもない。

## 【0032】

40

また、電極29は、p型半導体層23に対応する部位に設けられた開口291を有している。開口291により、p型半導体層23のi型半導体層24と反対側の面が露出する。そして、このテラヘルツ波発生装置1では、光源装置3で発生した光パルスは、開口291を介してp型半導体層23に照射されるようになっている。したがって、開口291により、光パルスが通過(透過)窓部が構成される。なお、開口291に、光パルスを透過可能な光透過性を有する図示しない保護層が設けられていてもよい。

## 【0033】

また、開口291の形状は、図示の構成では、平面視で、円形をなしている。なお、開口291形状は、円形には限定されず、この他、例えば、楕円形や、三角形、四角形、五角形、六角形等の多角形等が挙げられる。

50

また、平面視での開口 2 9 1 の面積  $S$  は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、 $1 \mu\text{m}^2$  以上  $10000 \mu\text{m}^2$  以下であることが好ましく、 $10 \mu\text{m}^2$  以上  $100 \mu\text{m}^2$  以下であることがより好ましい。

開口 2 9 1 の面積  $S$  が、前記下限値未満であると、他の条件によってはその開口 2 9 1 の部位のみに光パルスを集光させることができず、光パルスが無駄になり、また、前記上限値を超えると、他の条件によっては  $i$  型半導体層 2 4 内の複数の領域において発生したテラヘルツ波同士が干渉してしまう。

【0034】

また、誘電体層 2 5 は、基板 2 1 上に設けられている。この誘電体層 2 5 は、積層体の側面における  $i$  型半導体層 2 4 の部分、すなわち、積層方向に対して垂直な法線を有する  $i$  型半導体層 2 4 の表面に接触している。なお、積層体の側面は、 $i$  型半導体層 2 4 の  $n$  型半導体層 2 2 と  $p$  型半導体層 2 3 との間において露出する面、あるいは、 $n$  型半導体層 2 2 および  $p$  型半導体層 2 3 に接触しない面とも言える。

【0035】

また、被覆層 2 6 は、基板 2 1 および  $n$  型半導体層 2 2 上に設けられている。この被覆層 2 6 は、積層体の側面における  $i$  型半導体層 2 4 の部分のうち、誘電体層 2 5 が接触していない部位に接触している（覆っている）。これにより、積層体の側面における  $i$  型半導体層 2 4 の部分は、誘電体層 2 5 および被覆層 2 6 により覆われている。これによって、 $i$  型半導体層 2 4 の腐食等を防止することができる。

【0036】

また、反射層 2 7 は、基板 2 1 上に設けられ、積層方向から誘電体層 2 5 の基板 2 1 側の面に接触している。すなわち、反射層 2 7 は、基板 2 1 と誘電体層 2 5 との間に介在している。換言すれば、誘電体層 2 5 は、反射層 2 7 と前述の第 2 反射層である電極 2 9 とによって積層方向から挟まれている。この反射層 2 7 を設けることにより、誘電体層 2 5 の下面から基板 2 1 側に漏れてしまうテラヘルツ波を誘電体層 2 5 内に反射することができ、これによりテラヘルツ波を効率良く導くことができる。なお、前記電極 2 8 で反射層 2 7 を構成し、電極 2 8 が第 1 反射層を兼ねるようにしてもよいことは言うまでもない。

【0037】

また、反射層 2 7 の厚さ  $d$  は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、 $10 \text{mm}$  以上  $500 \text{mm}$  以下であることが好ましく、 $30 \text{mm}$  以上  $300 \text{mm}$  以下であることがより好ましい。

反射層 2 7 の厚さ  $d$  が、前記下限値未満であると、他の条件によってはテラヘルツ波が反射層 2 7 に吸収されてしまい、また、前記上限値を超えると、他の条件によってはその反射層 2 7 が邪魔になる。

【0038】

前記  $n$  型半導体層 2 2 は、 $n$  型（第 1 導電型）の不純物を含む半導体材料で構成されている。 $n$  型半導体層 2 2 のキャリア濃度（不純物濃度）は、 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  以上であることが好ましく、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  以上であることがより好ましく、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  以上  $1 \times 10^{25} / \text{cm}^3$  以下であることがさらに好ましい。なお、 $n$  型不純物としては、特に限定されず、例えば、 $\text{Si}$ 、 $\text{Ge}$ 、 $\text{S}$ 、 $\text{Se}$  等が挙げられる。

また、 $n$  型半導体層 2 2 の厚さ  $d_1$  は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、 $1 \mu\text{m}$  以上  $4 \text{mm}$  以下であることが好ましく、 $1 \mu\text{m}$  以上  $10 \mu\text{m}$  以下であることがより好ましい。

【0039】

また、 $p$  型半導体層 2 3 は、 $p$  型（第 2 導電型）の不純物を含む半導体材料で構成されている。 $p$  型半導体層 2 3 のキャリア濃度は、 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  以上であることが好ましく、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  以上であることがより好ましく、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  以上  $1 \times 10^{25} / \text{cm}^3$  以下であることがさらに好ましい。なお、 $p$  型不純物としては、特に限定されず、例えば、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{C}$  等が挙げられる。

【0040】

また、p型半導体層23は、平面視で、電極29の開口291内に位置し、p型半導体層23の開口291の外側に位置する部位よりも厚さが薄い薄肉部231を有している。これにより、光パルスがp型半導体層23で吸収されてしまうことを抑制することができ、また、p型半導体層23の開口291の外側に位置する部位の厚さを適正值に設定することができる。

また、p型半導体層23の薄肉部231の厚さd2は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、1 μm以上2 mm以下であることが好ましく、1 μm以上10 μm以下であることがより好ましい。

#### 【0041】

また、i型半導体層24は、半導体材料で構成されている。このi型半導体層24を構成する半導体材料は、真性半導体であることが好ましいが、n型不純物やp型不純物を少量含んでいてもよい。

10

換言すると、i型半導体層24は、n型不純物を含む場合は、n型半導体層22よりもキャリア濃度が低いといえ、また、p型不純物を含む場合は、p型半導体層23よりもキャリア濃度が低いといえる。なお、i型半導体層24は、n型不純物、p型不純物のいずれを含む場合でもn型半導体層22およびp型半導体層23よりもキャリア濃度が低いことが好ましい。

具体的には、i型半導体層24のキャリア濃度は、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下であることが好ましく、 $1 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下であることがより好ましく、 $1 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下であることがさらに好ましい。

20

#### 【0042】

また、i型半導体層24の厚さd3は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、1 μm以上4 mm以下であることが好ましく、1 μm以上10 μm以下であることがより好ましい。

i型半導体層24の厚さd3が、前記下限値未満であると、他の条件によってはi型半導体層24の形成が困難であり、また、前記上限値を超えると、他の条件によっては耐電圧が不十分となり、i型半導体層24内に大きい電界強度の電界を形成できず、これにより高い強度のテラヘルツ波を発生することができない。

なお、p型半導体層23、n型半導体層22、i型半導体層24の半導体材料としては、それぞれ、特に限定されず、各種のものを用いることができるが、III-V属化合物半導体が好ましい。また、III-V属化合物半導体としては、特に限定されず、例えば、GaAs、InP、InAs、InSb等が挙げられる。

30

#### 【0043】

また、誘電体層25は、誘電体材料で構成され、i型半導体層24で発生したテラヘルツ波を所定方向に導く機能を有している。この誘電体層25を構成する誘電体材料の比誘電率（誘電率）は、i型半導体層24を構成する半導体材料の比誘電率よりも高いことが好ましい。テラヘルツ波は、誘電率のより高い物質中を進もうとする性質を有している。したがって、i型半導体層24で発生したテラヘルツ波は、そのi型半導体層24の側面から誘電体層25に入射し、その誘電体層25内を進む。このようにしてi型半導体層24で発生したテラヘルツ波が誘電体層25により所定方向に導かれ、これによって、指向性を有し、高い強度のテラヘルツ波を発生することができる。

40

#### 【0044】

また、誘電体層25の形状は、特に限定されないが、図示の構成では、平面視で、扇形の中心側の部分（扇形の外形を構成する2つの直線の交点を含む部分）を除いたような形状をなしており、誘電体層25のテラヘルツ波を出射する出射部251の形状が、平面視で、円弧状をなしている。すなわち、平面視で、誘電体層25の幅Wは、i型半導体層24に対して近位側から遠位側に向かって（i型半導体層24から離れるに従って）漸増している。これにより、誘電体層25によりテラヘルツ波を効率良く導くことができる。

なお、誘電体層25は、その一部のみが幅Wがi型半導体層24に対して近位側から遠

50

位側に向って漸増してもよい。すなわち、誘電体層 25 は、平面視で、幅 W が i 型半導体層 24 に対して近位側から遠位側に向って漸増する部位を有していればよい。

【0045】

また、誘電体層 25 を構成する誘電体材料の比誘電率は、20 以上であることが好ましく、30 以上 200 以下であることがより好ましい。

このような誘電体材料（高誘電率材料）としては、例えば、窒素添加ハフニウムアルミネート（比誘電率：20）、酸化ハフニウム（比誘電率：23）、酸化イットリウム（比誘電率：25）、酸化ランタン（比誘電率：27）、五酸化ニオブ（比誘電率：41）、二酸化チタン（ルチル）（比誘電率：80）、酸化チタン（比誘電率：160）等が挙げられる。

10

【0046】

また、被覆層 26 の構成材料の比誘電率は、誘電体層 25 を構成する誘電体材料の比誘電率よりも低いことが好ましく、i 型半導体層 24 を構成する半導体材料の比誘電率よりも低いことがより好ましい。これにより、誘電体層 25 によりテラヘルツ波を効率良く導くことができる。

また、被覆層 26 の構成材料の比誘電率は、20 以下であることが好ましく、2 以上 10 以下であることがより好ましい。

【0047】

このような被覆層 26 の構成材料（低誘電率材料）としては、例えば、ポリイミド（比誘電率：3）、ボラジン系化合物（比誘電率：2.3）、SiN（比誘電率：7）、SiO<sub>2</sub>（比誘電率：4）、水酸化シロキサン（比誘電率：3）、ベンゾシクロブテン（比誘電率：2.7）、フッ素系樹脂（比誘電率：2.7）等が挙げられる。

20

なお、電極 28 および 29 には、それぞれ、図示しないパッド、導線、コネクタ等を通じて電源装置 18 が電氣的に接続され、電極 28 と電極 29 との間に、電極 28 側が正となるように、直流電圧が印加される。

【0048】

次に、テラヘルツ波発生装置 1 の作用について説明する。

テラヘルツ波発生装置 1 では、まず、光源装置 3 の光パルス発生部 4 で、光パルスを発生する。光パルス発生部 4 で発生した光パルスのパルス幅は、目標のパルス幅に比べて大きい。その光パルス発生部 4 で発生した光パルスは、導波路を通り、第 1 のパルス圧縮部 5、増幅部 6、第 2 のパルス圧縮部 7 をこの順序で順次通過する。

30

【0049】

まず、第 1 のパルス圧縮部 5 で、光パルスに対し、可飽和吸収に基づくパルス圧縮がなされ、光パルスのパルス幅が減少する。次に、増幅部 6 で、光パルスが増幅される。最後に、第 2 のパルス圧縮部 7 で、光パルスに対し、群速度分散補償に基づくパルス圧縮がなされ、光パルスのパルス幅がさらに減少する。このようにして、目標のパルス幅の光パルスが発生し、第 2 のパルス圧縮部 7 から出射する。

【0050】

光源装置 3 から出射した光パルスは、光伝導アンテナ 2 の電極 29 の開口 291 に照射され、i 型半導体層 24 でテラヘルツ波が発生する。このテラヘルツ波は、i 型半導体層 24 の側面から誘電体層 25 に入射し、その誘電体層 25 内を進み、誘電体層 25 により所定の方に導かれる。また、誘電体層 25 内を進むテラヘルツ波は、電極 29 および反射層 27 で反射し、誘電体層 25 の上面または下面（積層方向の面）から漏れてしまうことが防止され、これによりテラヘルツ波を効率良く導くことができる。

40

【0051】

以上説明したように、このテラヘルツ波発生装置 1 によれば、i 型半導体層 24 で発生したテラヘルツ波が誘電体層 25 により所定の方に導かれ、これによって、指向性を有する。この結果、高い強度のテラヘルツ波を発生することができる。

また、光源装置 3 が第 1 のパルス圧縮部 5、増幅部 6 および第 2 のパルス圧縮部 7 を有しているので、光源装置 3 の小型化、ひいてはテラヘルツ波発生装置 1 の小型化を図りつ

50

つ、所望の波高で、かつ所望のパルス幅の光パルスを発生することができ、これにより、所望のテラヘルツ波を確実に発生することができる。

【 0 0 5 2 】

< イメージング装置の実施形態 >

図 6 は、本発明のイメージング装置の実施形態を示すブロック図、図 7 は、図 6 に示すイメージング装置のテラヘルツ波検出部を示す平面図、図 8 は、対象物のテラヘルツ帯でのスペクトルを示すグラフ、図 9 は、対象物の物質 A、B および C の分布を示す画像の図である。

【 0 0 5 3 】

図 6 に示すように、イメージング装置 1 0 0 は、テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部 9 と、テラヘルツ波発生部 9 から出射し、対象物 1 5 0 を透過または反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部 1 1 と、テラヘルツ波検出部 1 1 の検出結果に基づいて、対象物 1 5 0 の画像、すなわち、画像データを生成する画像形成部 1 2 とを備えている。なお、テラヘルツ波発生部 9 の構成は、前記テラヘルツ波発生装置 1 と同様であるので、テラヘルツ波発生部 9 についての説明は省略する。

【 0 0 5 4 】

また、テラヘルツ波検出部 1 1 としては、目的の波長のテラヘルツ波を通過させるフィルター 1 5 と、フィルター 1 5 を通過した前記目的の波長のテラヘルツ波を検出する検出部 1 7 とを備えたものを用いる。また、検出部 1 7 としては、テラヘルツ波を熱に変換して検出するもの、すなわち、テラヘルツ波を熱に変換し、そのテラヘルツ波のエネルギー（強度）を検出し得るものを用いる。このような検出部としては、例えば、焦電センサー、ボロメーター等が挙げられる。なお、テラヘルツ波検出部 1 1 としては、前記の構成のものに限定されないことは、言うまでもない。

【 0 0 5 5 】

また、フィルター 1 5 は、2 次元的に配置された複数の画素（単位フィルター部）1 6 を有している。すなわち、各画素 1 6 は、行列状に配置されている。

また、各画素 1 6 は、互いに異なる波長のテラヘルツ波を通過させる複数の領域、すなわち、通過させるテラヘルツ波の波長（以下、「通過波長」とも言う）が互いに異なる複数の領域を有している。なお、図示の構成では、各画素 1 6 は、第 1 の領域 1 6 1、第 2 の領域 1 6 2、第 3 の領域 1 6 3 および第 4 の領域 1 6 4 を有している。

【 0 0 5 6 】

また、検出部 1 7 は、フィルター 1 5 の各画素 1 6 の第 1 の領域 1 6 1、第 2 の領域 1 6 2、第 3 の領域 1 6 3 および第 4 の領域 1 6 4 に対応してそれぞれ設けられた第 1 の単位検出部 1 7 1、第 2 の単位検出部 1 7 2、第 3 の単位検出部 1 7 3 および第 4 の単位検出部 1 7 4 を有している。各第 1 の単位検出部 1 7 1、各第 2 の単位検出部 1 7 2、各第 3 の単位検出部 1 7 3 および各第 4 の単位検出部 1 7 4 は、それぞれ、各画素 1 6 の第 1 の領域 1 6 1、第 2 の領域 1 6 2、第 3 の領域 1 6 3 および第 4 の領域 1 6 4 を通過したテラヘルツ波を熱に変換して検出する。これにより、各画素 1 6 のそれぞれにおいて、4 つの目的の波長のテラヘルツ波をそれぞれ確実に検出することができる。

【 0 0 5 7 】

次に、イメージング装置 1 0 0 の使用例について説明する。

まず、分光イメージングの対象となる対象物 1 5 0 が、3 つの物質 A、B および C で構成されているとする。イメージング装置 1 0 0 は、この対象物 1 5 0 の分光イメージングを行う。また、ここでは、一例として、テラヘルツ波検出部 1 1 は、対象物 1 5 0 を反射したテラヘルツ波を検出することとする。

【 0 0 5 8 】

テラヘルツ波検出部 1 1 のフィルター 1 5 の各画素 1 6 においては、第 1 の領域 1 6 1 および第 2 の領域 1 6 2 を使用する。

また、第 1 の領域 1 6 1 の通過波長を 1、第 2 の領域 1 6 2 の通過波長を 2 とし、対象物 1 5 0 で反射したテラヘルツ波の波長 1 の成分の強度を 1、波長 2 の成分の

10

20

30

40

50



強度を 2 としたとき、その強度 2 と強度 1 の差分 ( $I_2 - I_1$ ) が、物質 A と物質 B と物質 C とで、互いに顕著に区別できるように、前記第 1 の領域 161 の通過波長  $\lambda_1$  および第 2 の領域 162 の通過波長  $\lambda_2$  が設定されている。

#### 【0059】

図 8 に示すように、物質 A においては、対象物 150 で反射したテラヘルツ波の波長  $\lambda_2$  の成分の強度  $I_2$  と波長  $\lambda_1$  の成分の強度  $I_1$  の差分 ( $I_2 - I_1$ ) は、正值となる。  
また、物質 B においては、強度  $I_2$  と強度  $I_1$  の差分 ( $I_2 - I_1$ ) は、零となる。  
また、物質 C においては、強度  $I_2$  と強度  $I_1$  の差分 ( $I_2 - I_1$ ) は、負値となる。  
イメージング装置 100 により、対象物 150 の分光イメージングを行う際は、まず、テラヘルツ波発生部 9 により、テラヘルツ波を発生し、そのテラヘルツ波を対象物 150 に照射する。そして、対象物 150 で反射したテラヘルツ波をテラヘルツ波検出部 11 で、 $\lambda_1$  および  $\lambda_2$  として検出する。この検出結果は、画像形成部 12 に送出される。なお、この対象物 150 へのテラヘルツ波の照射および対象物 150 で反射したテラヘルツ波の検出は、対象物 150 の全体に対して行う。

#### 【0060】

画像形成部 12 においては、前記検出結果に基づいて、フィルター 15 の第 2 の領域 162 を通過したテラヘルツ波の波長  $\lambda_2$  の成分の強度  $I_2$  と、第 1 の領域 161 を通過したテラヘルツ波の波長  $\lambda_1$  の成分の強度  $I_1$  の差分 ( $I_2 - I_1$ ) を求める。そして、対象物 150 のうち、前記差分が正值となる部位を物質 A、前記差分が零となる部位を物質 B、前記差分が負値となる部位を物質 C と判断し、特定する。

#### 【0061】

また、画像形成部 12 では、図 9 に示すように、対象物 150 の物質 A、B および C の分布を示す画像の画像データを作成する。この画像データは、画像形成部 12 から図示しないモニターに送出され、そのモニターにおいて、対象物 150 の物質 A、B および C の分布を示す画像が表示される。この場合、例えば、対象物 150 の物質 A の分布する領域は黒色、物質 B の分布する領域は灰色、物質 C の分布する領域は白色に色分けして表示される。このイメージング装置 100 では、以上のように、対象物 150 を構成する各物質の同定と、その各物質の分布測定とを同時に行うことができる。

なお、イメージング装置 100 の用途は、前記のものに限らず、例えば、人物に対してテラヘルツ波を照射し、その人物を透過または反射したテラヘルツ波を検出し、画像形成部 12 において処理を行うことにより、その人物が、拳銃、ナイフ、違法な薬物等を所持しているか否かを判別することもできる。

#### 【0062】

##### < 計測装置の実施形態 >

図 10 は、本発明の計測装置の実施形態を示すブロック図である。

以下、計測装置の実施形態について、前述したイメージング装置の実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については前述の実施形態と同じ符号を付し、その詳細な説明を省略する。

図 10 に示すように、計測装置 200 は、テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部 9 と、テラヘルツ波発生部 9 から出射し、対象物 160 を透過または反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部 11 と、テラヘルツ波検出部 11 の検出結果に基づいて、対象物 160 を計測する計測部 13 とを備えている。

#### 【0063】

次に、計測装置 200 の使用例について説明する。

計測装置 200 により、対象物 160 の分光計測を行う際は、まず、テラヘルツ波発生部 9 により、テラヘルツ波を発生し、そのテラヘルツ波を対象物 160 に照射する。そして、対象物 160 を透過または反射したテラヘルツ波をテラヘルツ波検出部 11 で検出する。この検出結果は、計測部 13 に送出される。なお、この対象物 160 へのテラヘルツ波の照射および対象物 160 を透過または反射したテラヘルツ波の検出は、対象物 160 の全体に対して行う。

計測部 1 3 においては、前記検出結果から、フィルター 1 5 の第 1 の領域 1 6 1、第 2 の領域 1 6 2、第 3 の領域 1 6 3 および第 4 の領域 1 6 4 を通過したテラヘルツ波のそれぞれの強度を把握し、対象物 1 6 0 の成分およびその分布の分析等を行う。

#### 【 0 0 6 4 】

##### < カメラの実施形態 >

図 1 1 は、本発明のカメラの実施形態を示すブロック図である。また、図 1 2 に本発明のカメラの実施形態を示す概略斜視図を示す。

以下、カメラの実施形態について、前述したイメージング装置の実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については前述の実施形態と同じ符号を付し、その詳細な説明を省略する。

#### 【 0 0 6 5 】

図 1 1 および図 1 2 に示すように、カメラ 3 0 0 は、テラヘルツ波を発生するテラヘルツ波発生部 9 と、テラヘルツ波発生部 9 から出射し、対象物 1 7 0 にて反射したテラヘルツ波を検出するテラヘルツ波検出部 1 1 と、記憶部 1 4 とを備えている。そして、これらの各部はカメラ 3 0 0 の筐体 3 1 0 に収められている。また、カメラ 3 0 0 は、対象物 1 7 0 にて反射したテラヘルツ波をテラヘルツ波検出部 1 1 に収束（結像）させるレンズ（光学系）3 2 0 と、テラヘルツ波発生部 9 にて発生したテラヘルツ波を筐体 3 1 0 の外部へ出射させるための窓部 3 3 0 を備える。レンズ 3 2 0 や窓部 3 3 0 はテラヘルツ波を透過・屈折させるシリコン、石英、ポリエチレンなどの部材によって構成されている。なお、窓部 3 3 0 は、スリットのように単に開口が設けられている構成としても良い。

#### 【 0 0 6 6 】

次に、カメラ 3 0 0 の使用例について説明する。

カメラ 3 0 0 により、対象物 1 7 0 を撮像する際は、まず、テラヘルツ波発生部 9 により、テラヘルツ波を発生し、そのテラヘルツ波を対象物 1 7 0 に照射する。そして、対象物 1 7 0 にて反射したテラヘルツ波をレンズ 3 2 0 によってテラヘルツ波検出部 1 1 に収束（結像）させて検出する。この検出結果は、記憶部 1 4 に送出され、記憶される。なお、この対象物 1 7 0 へのテラヘルツ波の照射および対象物 1 7 0 にて反射したテラヘルツ波の検出は、対象物 1 7 0 の全体に対して行う。また、前記検出結果は、例えば、パーソナルコンピュータ等の外部装置に送信することもできる。パーソナルコンピュータでは、前記検出結果に基づいて、各処理を行うことができる。

#### 【 0 0 6 7 】

以上、本発明の光伝導アンテナ、テラヘルツ波発生装置、カメラ、イメージング装置および計測装置を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

また、前記実施形態では、第 1 導電層を n 型半導体層とし、第 2 導電層を p 型半導体層としたが、本発明では、これに限定されず、第 1 導電層を p 型半導体層とし、第 2 導電層を n 型半導体層としてもよい。

また、本発明では、光源装置において、光パルス発生部が別体になってもよい。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 6 8 】

1 ... テラヘルツ波発生装置    2 ... 光伝導アンテナ    2 0 ... 光伝導アンテナ本体    2 1 ... 基板    2 2 ... n 型半導体層    2 3 ... p 型半導体層    2 3 1 ... 薄肉部    2 4 ... i 型半導体層    2 5 ... 誘電体層    2 5 1 ... 出射部    2 6 ... 被覆層    2 7 ... 反射層    2 8、2 9 ... 電極    2 9 1 ... 開口    3 ... 光源装置    3 0 ... 回折格子    3 1 ... 基板    3 2、3 5 ... クラッド層    3 3 ... 活性層    3 4 ... 導波路構成プロセス用エッチングストップ層    3 6 ... コンタクト層    3 7 ... 絶縁層    3 8、3 9 1 ~ 3 9 5 ... 電極    4 ... 光パルス発生部    5 ... 第 1 のパルス圧縮部    6 ... 増幅部    7 ... 第 2 のパルス圧縮部    9 ... テラヘルツ波発生部    1 1 ... テラヘルツ波検出部    1 2 ... 画像形成部    1 3 ... 計測部    1 4 ... 記憶部    1 5 ... フィルター    1 6 ... 画素    1 6 1 ... 第 1 の領域    1 6 2 ... 第 2 の領域    1 6 3 ... 第 3 の領域    1 6 4 ... 第

10

20

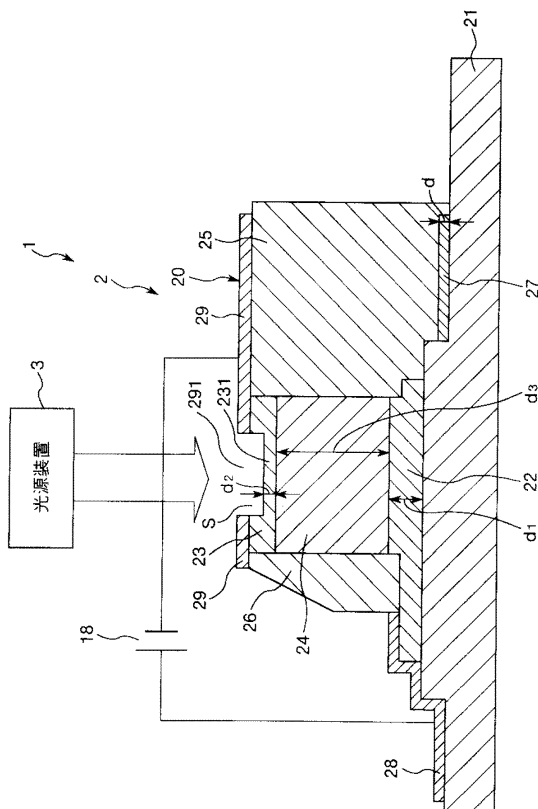
30

40

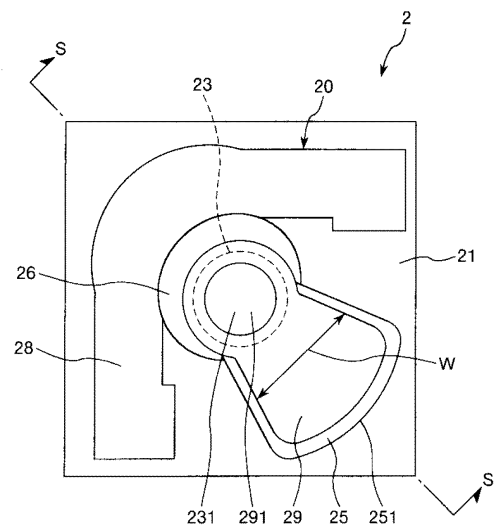
50

4の領域 17...検出部 171...第1の単位検出部 172...第2の単位検出部 173...第3の単位検出部 174...第4の単位検出部 18...電源装置 100...イメージング装置 150、160、170...対象物 200...計測装置 300...カメラ 310...筐体 320...レンズ 330...窓部

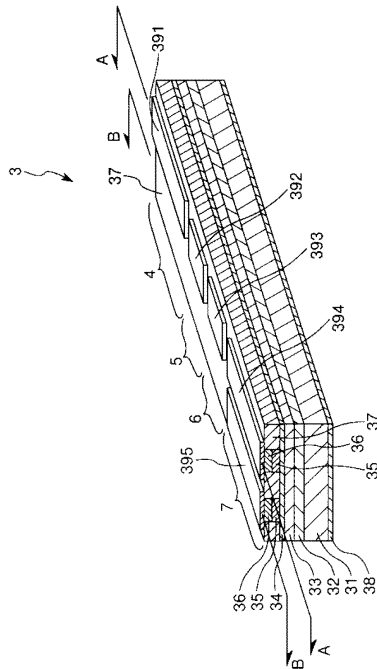
【図1】



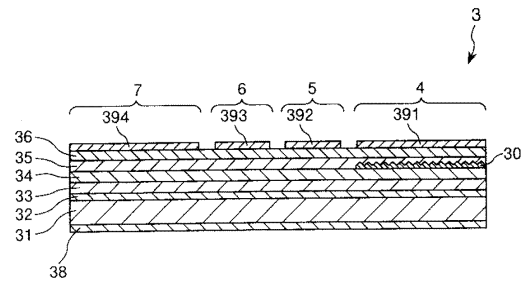
【図2】



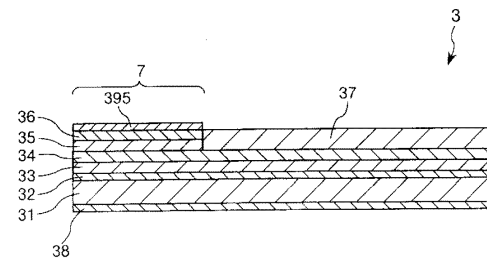
【図 3】



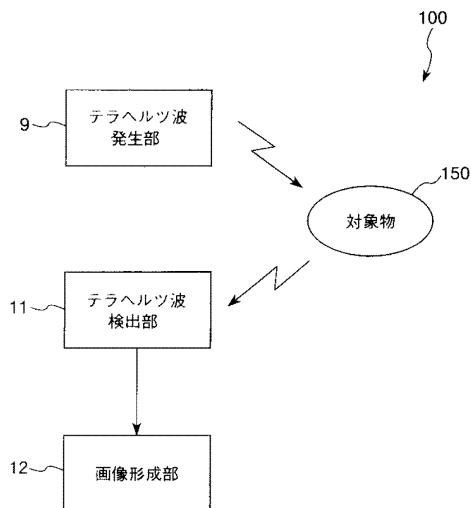
【図 4】



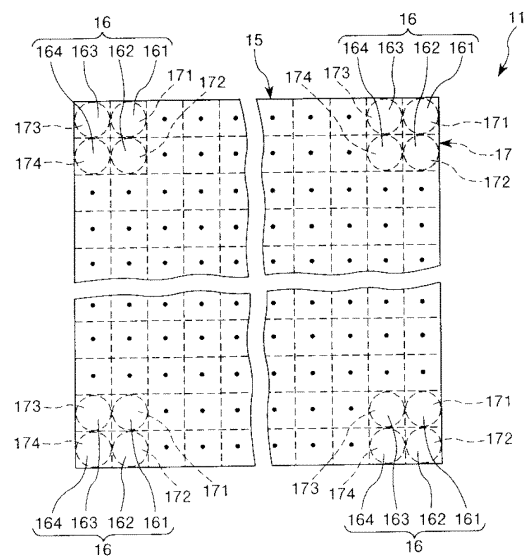
【図 5】



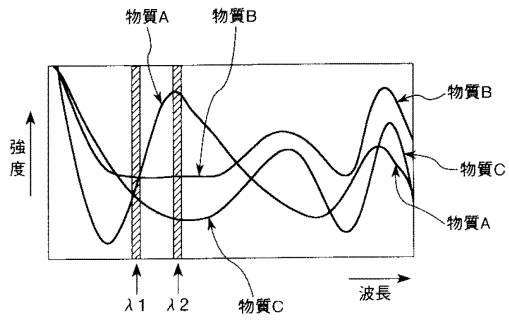
【図 6】



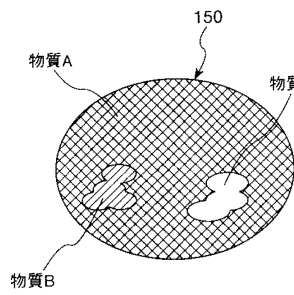
【図 7】



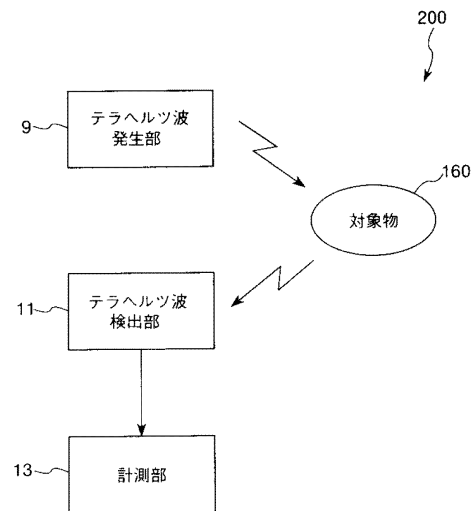
【図 8】



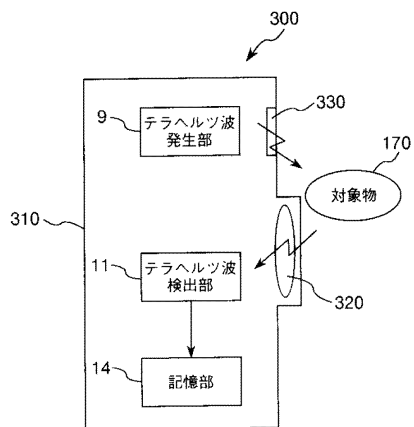
【図 9】



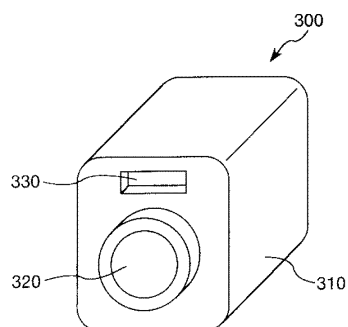
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭55-019854(JP,A)  
特開昭52-064287(JP,A)  
特開2007-300022(JP,A)  
特開2011-176246(JP,A)  
特開2004-266057(JP,A)  
特開2006-302919(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 1/02

G01N 21/3581-21/3586