

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5517127号
(P5517127)

(45) 発行日 平成26年6月11日(2014.6.11)

(24) 登録日 平成26年4月11日(2014.4.11)

(51) Int. Cl. F I
H O I S 1/02 (2006.01) H O I S 1/02

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2010-98684 (P2010-98684)	(73) 特許権者	504203572 国立大学法人茨城大学
(22) 出願日	平成22年4月22日 (2010.4.22)		茨城県水戸市文京二丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2011-228572 (P2011-228572A)	(74) 代理人	100102635 弁理士 浅見 保男
(43) 公開日	平成23年11月10日 (2011.11.10)	(74) 代理人	100106459 弁理士 高橋 英生
審査請求日	平成25年3月26日 (2013.3.26)	(74) 代理人	100105500 弁理士 武山 吉孝
		(74) 代理人	100103735 弁理士 鈴木 隆盛
		(74) 代理人	100118821 弁理士 祖父江 栄一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 テラヘルツ電磁波発生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属板と、

該金属板上に配置され、光が照射された際に自由電子が生じる比誘電率 r_1 の光伝導層が表面に形成された絶縁性の第1基板と、

前記金属板上に前記第1基板の横に隣接して密着するよう配置された比誘電率 r_2 の絶縁性の第2基板と、

該第2基板の表面に形成された導電性のダイポールアンテナの要素と、

該ダイポールアンテナの給電点から引き出され、前記第2基板の表面から前記第1基板における前記光伝導層上にわたって形成された第1ラインおよび第2ラインと、

前記光伝導層上に形成されている前記第1ラインと前記第2ラインの端部が所定の間隔で対向している対向部と、

該対向部にパルス状の光を照射する光源と、

前記第1ラインと前記第2ラインとの間に電源を印加するバイアス電源とを備え、

比誘電率 $r_1 > r_2$ とされていることを特徴とするテラヘルツ電磁波発生装置。

【請求項2】

光が照射された際に自由電子が生じる光伝導層が一面に形成され、他面に金属層が形成された比誘電率 r_1 の絶縁性の第1基板と、

前記金属層上に配置された比誘電率 r_2 の絶縁性の第2基板と、

10

20

該第 2 基板の表面に形成された導電性のダイポールアンテナの要素と、
 該ダイポールアンテナの給電点から引き出され、前記第 2 の基板、前記金属層、前記第 1 の基板および前記光伝導層を貫通して、前記光伝導層上に形成された第 1 ラインおよび第 2 ラインと、
 前記光伝導層上に形成されている前記第 2 ラインに形成された切欠部と、
 該切欠部にパルス状の光を照射する光源と、
 前記第 1 ラインの端部と、前記第 2 ラインの端部との間に印加されたバイアス電源とを備え、
 比誘電率 $r_1 >$ 比誘電率 r_2 とされていることを特徴とするテラヘルツ電磁波発生装置。

10

【請求項 3】

前記ダイポールアンテナの要素が形成されている前記第 2 基板の表面に、前記ダイポールアンテナから発生されたテラヘルツ電磁波を収束するレンズが設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のテラヘルツ電磁波発生装置。

【請求項 4】

前記第 2 基板の表面に複数のダイポールアンテナの要素が配列されて形成され、各ダイポールアンテナの給電点が前記第 1 ラインおよび前記第 2 ラインに並列に接続されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のテラヘルツ電磁波発生装置。

【請求項 5】

前記第 1 基板における比誘電率 r_1 と前記第 2 基板における比誘電率 r_2 との比である r_1 / r_2 が、約 4 以上とされていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のテラヘルツ電磁波発生装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、テラヘルツ電磁波を効率的に発生することのできるテラヘルツ電磁波発生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

テラヘルツ電磁波は周波数が 0.1 ~ 10 THz (波長が 30 μ m ~ 3000 μ m) の電磁波とされており、波長が赤外 ~ 遠赤外領域とほぼ一致する。テラヘルツ電磁波は、「光」と「ミリ波」に挟まれた周波数領域に存在しているため、テラヘルツ電磁波は、光と同様に高い空間分解能でものを見分ける能力と、ミリ波と同様の物質を透過する能力を併せ持っている。テラヘルツ波帯はこれまで未開拓電磁波であったが、この周波数帯の電磁波の特徴を生かした時間領域分光、イメージング及びトモグラフィーによる材料のキャラクタリゼーション、環境計測、生物や医学への応用などが検討されてきている。テラヘルツ電磁波の発生は、物質透過性と直進性を兼ね備えるため X 線に替わる安全かつ革新的なイメージングや数 100 Gbps 級の超高速無線通信が可能となる。特に半導体製作による光伝導アンテナは、製作が容易でテラヘルツ時間領域分光法などで既に多くの実績を有している。

30

40

【0003】

従来のテラヘルツ電磁波発生装置とされる光伝導アンテナ 100 の一構成例を図 17 に示す。

図 17 に示す光伝導アンテナ 100 は、GaAs (Gallium Arsenide) 基板とされる第 1 基板 111 の一面に光伝導膜 110 とされる低温成長 GaAs 膜を形成し、光伝導膜 110 の上に平行伝送線路からなる導電性の第 1 ライン 112a および第 2 ライン 112b を蒸着等により形成している。GaAs は、Ga (ガリウム) と As (砒素) の化合物からなる化合物半導体である。第 1 ライン 112a および第 2 ライン 112b のほぼ中央には、対向部 112c で対向する導電性の第 1 エlement 113a および第 2 エlement 113b が形成されている。対向部 112c の間隔は、例えば数 μ m 程度とされる。このよ

50

うな構成の光伝導アンテナ100において、第1ライン112aと第2ライン112bとの間に直流のバイアス電圧 E_c を印加する。この状態では、第1ライン112aと第2ライン112bとの間是对向部112cにより絶縁されているため電流は流れない。そこで、光源114から 10^{-15} 秒程度のフェムト秒パルスレーザー光を対向部112cに照射する。パルスレーザー光を対向部112cに照射すると、対向部112cにおける光伝導膜110中に光導電効果により自由キャリアが生じ、この自由キャリアがバイアス電圧 E_c により加速されることにより、第1エレメント113aおよび第2エレメント113bを介して第1ライン112aと第2ライン112b間にサブピコ秒(10^{-12} 秒)程度のパルス状の電流が流れる。このパルス状の電流によって第1エレメント113aおよび第2エレメント113bが励振されて、テラヘルツ電磁波が第1エレメント113aおよび第2エレメント113bから放射される。なお、第1エレメント113aおよび第2エレメント113bはダイポールアンテナ113として作用する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-313803号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

図17に示す従来の光伝導アンテナ100では、テラヘルツ電磁波は光伝導膜110および第1基板111を介してz軸方向に放射される。そこで、従来の光伝導アンテナ100におけるy-z面(E面)とx-z面(H面)の放射指向特性を図18に示す。図18を参照すると、y-z面(E面)の放射指向特性においては、約 $\pm 16^\circ$ 方向の放射界が高くされているが、z軸方向とされる 0° 方向(正面方向)のメインビームの放射界は小さくなっている。さらに、 $\pm 180^\circ$ 方向にはほぼ放射されない。また、x-z面(H面)の放射指向特性においては、z軸方向とされる 0° 方向(正面方向)にメインビームが放射され、メインビームの両側とされる約 $\pm 30^\circ$ 方向にサイドローブが放射されている。この場合のメインビームおよびサイドローブの最大放射界はほぼ同様とされているが、y-z面(E面)の最大放射界より小さくなっている。また、 $\pm 180^\circ$ 方向にはほぼ放射されない。

20

30

【0006】

このように、従来の光伝導アンテナ100においては正面方向の放射利得が低下している。この原因は、低温成長GaAsを材料とする光伝導膜110の比誘電率 r が約13の高誘電率とされて、光伝導膜110で損失を受けていること、および、第1基板11および光伝導膜110の境界面において反射していることが原因と考えられる。しかしながら、光伝導膜110の材料としては、光源114からレーザー光が照射された際に生じる自由電子のキャリア寿命が短いと共にキャリア移動度が大きい材料とする必要があり、このような材料の比誘電率は、一般的に高いことが知られている。すると、光伝導膜を有することが必須の構成要件とされる光伝導アンテナでは、放射利得等のアンテナ性能を向上することができないという問題点があった。

40

そこで、本発明は、光伝導膜を有していてもアンテナ性能を向上することができるテラヘルツ電磁波発生装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明の第1実施例のテラヘルツ電磁波発生装置は、金属板と、該金属板上に配置され、光が照射された際に自由電子が生じる比誘電率 r_1 の光伝導層が表面に形成された絶縁性の第1基板と、前記金属板上に前記第1基板の横に隣接して密着するよう配置された比誘電率 r_2 の絶縁性の第2基板と、該第2基板の表面に形成された導電性のダイポールアンテナの要素と、該ダイポールアンテナの給電点から引き出され、前記第2基板の表面から前記第1基板における前記光伝導層上にわたっ

50

て形成された第1ラインおよび第2ラインと、前記光伝導層上に形成されている前記第1ラインと前記第2ラインの端部が所定の間隔で対向している対向部と、該対向部にパルス状の光を照射する光源と、前記第1ラインと前記第2ラインとの間に電源を印加するバイアス電源とを備え、比誘電率 $r_1 >$ 比誘電率 r_2 とされていることを最も主要な特徴としている。

また、本発明の第2実施例のテラヘルツ電磁波発生装置は、光が照射された際に自由電子が生じる光伝導層が一面に形成され、他面に金属層が形成された比誘電率 r_1 の絶縁性の第1基板と、前記金属層上に配置された比誘電率 r_2 の絶縁性の第2基板と、該第2基板の表面に形成された導電性のダイポールアンテナのエレメントと、該ダイポールアンテナの給電点から引き出され、前記第2の基板、前記金属層、前記第1の基板および前記光伝導層を貫通して、前記光伝導層上に形成された第1ラインおよび第2ラインと、前記光伝導層上に形成されている前記第2ラインに形成された切欠部と、該切欠部にパルス状の光を照射する光源と、前記第1ラインの端部と、前記第2ラインの端部との間に印加されたバイアス電源とを備え、比誘電率 $r_1 >$ 比誘電率 r_2 とされていることを最も主要な特徴としている。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、パルス状の光が照射される光伝導層上に形成されている対向部あるいは切欠部が、第2基板上に形成されているダイポールアンテナの給電部として作用するようになり、対向部あるいは切欠部から給電されたダイポールアンテナからテラヘルツ電磁波が放射されるようになる。この場合、対向部あるいは切欠部が形成されている光伝導層は比誘電率が高くされるが、ダイポールアンテナのエレメントが形成されている第2基板の比誘電率を低くすることができる。これにより、放射利得等のアンテナ性能を向上することができるテラヘルツ電磁波発生装置とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第1実施例にかかる光伝導アンテナの構成を一部破断して示す斜視図である。

【図2】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第1実施例にかかる光伝導アンテナの構成を断面図で示す側面図である。

【図3】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第1実施例にかかる光伝導アンテナのx-z面の放射特性を示す図である。

【図4】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第1実施例にかかる光伝導アンテナのy-z面の放射特性を示す図である。

【図5】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置にかかる光伝導アンテナの解析モデルの構成を示す斜視図である。

【図6】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置にかかる光伝導アンテナの解析モデルの構成を示す側面図である。

【図7】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置にかかる光伝導アンテナの解析モデルの入力インピーダンスの周波数特性を示す図である。

【図8】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置にかかる光伝導アンテナの解析モデルの反射損失の周波数特性を示す図である。

【図9】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置にかかる光伝導アンテナの他の解析モデルの入力インピーダンスの周波数特性を示す図である。

【図10】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置にかかる光伝導アンテナの他の解析モデルの反射損失の周波数特性を示す図である。

【図11】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置にかかる光伝導アンテナの解析モデルのx-z面の放射特性を示す図である。

【図12】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置にかかる光伝導アンテナの解析モデルのy-z面の放射特性を示す図である。

【図13】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置にかかる光伝導アンテナの解析モデルの高さを変えた際の入力インピーダンス特性を示す図である。

【図14】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第2実施例にかかる光伝導アンテナの構成を一部破断して示す斜視図である。

【図15】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第3実施例にかかる光伝導アンテナの構成を示す斜視図である。

【図16】本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第4実施例にかかる光伝導アンテナの構成を示す斜視図である。

【図17】従来の光伝導アンテナの構成を示す斜視図である。

【図18】従来の光伝導アンテナのy-z面およびx-z面の放射特性を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第1実施例にかかる光伝導アンテナの構成を一部破断して示す斜視図を図1に示し、その光伝導アンテナの構成を断面図で示す側面図を図2に示す。

これらの図に示す第1実施例の光伝導アンテナ1は、絶縁性あるいは半絶縁性の所定厚みの第1基板11の一面に光伝導層10が形成され、第1基板11の他面に金属層12が蒸着等により形成されている。第1基板11は、例えばGaAs（Gallium Arsenide）基板とされ、光伝導層10の材料は、例えば低温成長GaAs（比誘電率 ϵ_r は約13）とされ、金属層12の材料は金、銀、アルミニウムや銅等とされる。GaAsは、Ga（ガリウム）とAs（砒素）の化合物からなる化合物半導体である。金属層12の上には所定厚みの絶縁性の第2基板13が貼着されて一体化されている。第2基板13の材料は、例えばフッ素樹脂（比誘電率 ϵ_r は約3）とされる。この第2基板13の上面に、第1エレメント15aおよび第2エレメント15bからなるダイポールアンテナ15が蒸着等により形成されている。第1エレメント15aと第2エレメント15bとが対向する給電点となる端部から、第1ライン16aおよび第2ライン16bがそれぞれ内部に向かってほぼ平行に引き出されて、第2基板13、金属層12、第1基板11および光伝導層10を貫通して光伝導層10の外表面上にわたり形成されている。このように、第1ライン16aおよび第2ライン16bはL字状に屈曲されて形成されている。そして、光伝導層10上に形成されている第2ライン16bには切欠部16cが形成されている。この場合、金属層12と第1ライン16aおよび第2ライン16bとが短絡しないように、金属層12にはライン16a、16bの外形寸法より大きな寸法の孔部が形成される。また、切欠部16cの間隔は、例えば数 μm 程度とされると共に、第1ライン16aおよび第2ライン16bとでコプレーナラインを形成することができる。第1エレメント15aおよび第2エレメント15bからなるダイポールアンテナ15が形成されている第2基板13の上面には、レンズ14が貼着されている。

20

30

【0011】

このような構成の第1実施例の光伝導アンテナ1において、第1ライン16aの端部と第2ライン16bの端部との間に直流のバイアス電圧 E_c を印加する。この状態では、第2ライン16bは切欠部16cにより絶縁されている。ここで、光源17から 10^{-15} 秒程度のフェムト秒パルスレーザ光を第2ライン16bにおける切欠部16cに照射する。パルスレーザ光を切欠部16cに照射すると、切欠部16cにおける光伝導層10中に光導電効果により自由キャリアが生じ、この自由キャリアがバイアス電圧 E_c により加速されることにより、切欠部16cにサブピコ秒（ 10^{-12} 秒）程度のパルス状の電流が流れる。このパルス状の電流は第1ライン16aおよび第2ライン16bを介して第1エレメント15aおよび第2エレメント15bに供給されて、テラヘルツ電磁波が第1エレメント15aおよび第2エレメント15bから放射される。このように、切欠部16cが第1エレメント15aおよび第2エレメント15bからなるダイポールアンテナ15の給電点となる。この場合、第2基板13の下面に配置された金属層12の作用により、ダイポールアンテナ15から放射されたテラヘルツ電磁波が反射され、z軸方向に放射されたテラ

40

50

ヘルツ電磁波と合成されることによりz軸方向へ強く放射される。合成されたテラヘルツ電磁波は、レンズ14により収束されて放射されるようになる。なお、ダイポールアンテナ15の電気長は、放射されるテラヘルツ電磁波の波長をとした際に約 $\lambda/2$ の長さとなる。また、第2基板13の厚さは約 $\lambda/4$ の電気長に相当する厚さとするのが好適とされる。さらに、レンズ14は、例えばシリコンレンズとされ、図2に示すようにレンズ14の上部形状が凸状の膨出部14aを備える形状とされて、テラヘルツ電磁波を収束している。なお、レンズ14を省略しても良い。

【0012】

第1実施例の光伝導アンテナ1におけるx-z面の放射特性を図3に示し、y-z面の放射特性を図4に示す。放射されるテラヘルツ電磁波の周波数は約500GHzとされている。ただし、図3および図4に示す放射特性は第2基板13の誘電体損($\tan \delta$)がないものとした時の放射特性である。

図3を参照すると、光伝導アンテナ1の放射方向とされるx-z面の0°方向(z軸方向)にB点で示す約5.6dBiの高い放射利得のビームが放射されている。また、光伝導アンテナ1の下面方向には非常に小さいサイドローブしか放射されていないことが分かる。また、図4を参照すると光伝導アンテナ1の放射方向とされるy-z面の0°方向(z軸方向)にB点で示す約5.6dBiの高い放射利得のビームが放射されている。また、光伝導アンテナ1の下面方向にはわずかしか放射されていないことが分かる。このように、本発明の第1実施例の光伝導アンテナ1において、高い放射利得が得られるのは、図17に示す従来の光伝導アンテナ100のようにテラヘルツ電磁波が比誘電率が高く損失の多い光伝導膜110を透過することなく直接自由空間に放射される構成とされると共に、比誘電率 ϵ_r が約3と低く損失の少ない第2基板13を透過して金属層12で反射された反射波が、直接波にほぼ同相で合成されるからと考えられる。

【0013】

次に、本発明の第1実施例にかかる光伝導アンテナ1の解析モデルを図5および図6に示す。図5は光伝導アンテナ1の解析モデル1'の構成を示す斜視図であり、図6は光伝導アンテナ1の解析モデル1'の構成を示す側面図である。

本発明の第1実施例にかかる光伝導アンテナ1においては、テラヘルツ電磁波は金属層12で反射されて金属層12より下方へは放射されないため、第2基板13の上面に第1エレメント15aおよび第2エレメント15bが形成され、下面に金属層12が配置された図5、図6に示す構成を解析モデル1'の構成とすることができる。この図5、図6に示す解析モデル1'において、設計周波数 f を500GHzとし、その自由空間の波長を λ で表すと λ は約0.6mmとなる。そして、解析モデル1'において設計した寸法を波長 λ を用いて表すと、第2基板13の長さ L_1 と幅 L_2 とは約1.41 λ とされ、第2基板13の高さ H は約0.17 λ とされ、ダイポールアンテナ15の長さ E_L の電気長は約0.5 λ とされ、第1エレメント15aと第2エレメント15bとが対向する給電点の間隔 D は約0.03 λ とされる。なお、第2基板13の比誘電率 ϵ_r は約3.0とされている。

【0014】

この寸法条件により時間領域差分法シミュレータによりシミュレーションした解析モデル1'の入力インピーダンスの周波数特性を図7に、反射損失の周波数特性を図8に示す。300GHzから500GHzまで周波数をスキャンさせた際の入力インピーダンスが図7に示されており、図7を参照すると、入力インピーダンスの実部は周波数が300GHzの時に約20 Ω となり、周波数が高くなるにつれて次第に上昇していき、周波数が385GHzにおいて約49.6 Ω となり、周波数が500GHzにおいては約170 Ω となる。また、入力インピーダンスの虚部は周波数が300GHzの時に約-100 Ω となり、周波数が高くなるにつれて次第に上昇していき、周波数が385GHzにおいて約0 Ω となり、その後飽和して下降していき周波数が500GHzにおいては約51 Ω となる。また、300GHzから500GHzまで周波数をスキャンさせた際の反射損失が図8に示されており、図8を参照すると、反射損失は周波数が300GHzの時には約-1d

Bしか得られていないが、周波数が高くなるにつれて次第に減衰していき、周波数が385 GHzにおいて共振して-30 dB以下の良好な反射損失が得られている。そして、周波数が385 GHzを超えていくと共振から外れて減衰量が少なくなっていく、周波数が500 GHzにおいては約-5 dBの減衰量となっている。

【0015】

上記した寸法では、約385 GHzにおいて共振しており、この際に入力インピーダンスの虚部が約0 になると共に実部が約49.6 となって、50 の特性インピーダンスに整合されるようになる。このように、約385 GHzにおいて共振するのは第2基板13が誘電体とされて、その比誘電率 ϵ_r に基づいて波長が短縮されるからである。比誘電率 ϵ_r が3.0の場合は、波長短縮率は約71%になる。そこで、約385 GHz 10において共振している上記した寸法をスケールリングすることにより約500 GHzに共振するように設計する。すなわち、解析モデル1'における各部の寸法を、 $385 / 500 = 0.77$ 倍する。スケールリング後の解析モデル1'の寸法は、第2基板13の長さL1と幅L2とは約1.07 (約0.64 mm)とされ、第2基板13の高さHは約0.13 (約0.078 mm)とされ、ダイポールアンテナ15の長さELの電気長は約0.27 とされる。ただし、第1エレメント15aと第2エレメント15bとが対向する給電点の間隔Dは共振周波数に影響を与えないことからスケールリングされず約0.03 (約0.018 mm)とされる。

【0016】

上記したようにスケールリングした寸法の解析モデル1'における入力インピーダンスの周波数特性を図9に、反射損失の周波数特性を図10に示す。400 GHzから600 GHzまで周波数をスキャンさせた際の入力インピーダンスが図9に示されており、図9を参照すると、入力インピーダンスの実部は周波数が400 GHzの時に約20 となり、周波数が高くなるにつれて次第に上昇していき、周波数が500 GHzにおいて約47.3 となり、周波数が600 GHzにおいては約123 となる。また、入力インピーダンスの虚部は周波数が400 GHzの時に約-85 となり、周波数が高くなるにつれて次第に上昇していき、周波数が500 GHzにおいて約0 となり、その後飽和するよう 20上昇していき周波数が600 GHzにおいては約62 となる。

【0017】

また、400 GHzから600 GHzまで周波数をスキャンさせた際の反射損失が図10に示されており、図10を参照すると、反射損失は周波数が400 GHzの時には約-1 dBしか得られていないが、周波数が高くなるにつれて次第に減衰していき、周波数が500 GHzにおいて共振して-20 dB以下の良好な反射損失が得られている。そして、周波数が500 GHzを超えていくと共振から外れて減衰量が少なくなっていく、周波数が600 GHzにおいては約-6 dBの減衰量となる。

このようにスケールリングすることにより、解析モデル1'を500 GHzで共振するよう設計することができる。このことから、スケールリングをすることにより、400 GHzや600 GHzなどの周波数に共振するよう設計することができるようになる。

【0018】

次に、図5, 図6に示す解析モデル1'におけるy-z面の放射特性を図11に示し、x-z面の放射特性を図12に示す。この場合、解析モデル1'の寸法は上記したように500 GHzにスケールリングした寸法とされ、周波数は約500 GHzとされている。

図11を参照すると、解析モデル1'の放射方向とされるy-z面の0°方向(z軸方向)にC点で示す約5.8 dBiの高い放射利得のビームが放射されている。また、解析モデル1'の下面方向には非常に小さいサイドローブしか放射されていないことが分かる。また、図12を参照すると解析モデル1'の放射方向とされるx-z面の0°方向(z軸方向)にC点で示す約5.8 dBiの高い放射利得のビームが放射されている。また、解析モデル1'の下面方向にはわずかし放射されていないことが分かる。また、周波数を490 GHzにした場合は、解析モデル1'におけるy-z面およびx-z面の放射特性はほぼ同様となり、0°方向(z軸方向)の放射利得として若干増加した約5.9 dB 40

10

20

30

40

50

i が得られ、反射損失としては約 -19.3 dB が得られる。さらに、周波数を 510 GHz とした場合は、解析モデル 1' における $y-z$ 面および $x-z$ 面の放射特性はほぼ同様となり、 0° 方向 (z 軸方向) の放射利得として若干低下した約 5.7 dBi が得られ、反射損失としては約 -20.8 dB が得られる。

【0019】

次に、解析モデル 1' において第 2 基板 13 の高さ H をパラメータとした際の入力インピーダンス特性を図 13 に示す。

第 2 基板 13 の高さ H を 0.1 から 0.2 まで変化した際の入力インピーダンスの実部と虚部の変化が図 13 に示されている。図 13 を参照すると、入力インピーダンスの実部は高さ H が 0.1 の時に約 30 となり、高さ H が 0.125 、 0.15 と高くなるにつれて次第に上昇していく。そして、高さ H が 0.15 を超えると緩やかに上昇していき、高さ H が 0.2 となると約 68 になる。また、入力インピーダンスの虚部は高さ H が 0.1 の時に約 0 となり、高さ H が 0.125 を超えるまではほぼ 0 オームとなる。高さ H が 0.125 を超えていくと次第に虚部の絶対値が大きくなっていき、高さ H が 0.2 になると約 -35 となる。図 13 を参照すると、高さ H を約 0.13 とすることにより、 50 の特性インピーダンスに整合することのできる入力インピーダンスが得られることが分かる。

【0020】

このように、解析モデル 1' において、高い放射利得が得られるのは、図 17 に示す従来の光伝導アンテナ 100 のようにテラヘルツ電磁波が比誘電率が高く損失の多い光伝導膜 110 を透過することなく直接自由空間に放射される構成とされると共に、比誘電率 r_2 が約 3 と低く損失の少ない第 2 基板 13 を透過して金属層 12 で反射された反射波が、直接波にほぼ同相で合成されるからと考えられる。そして、上述した解析モデル 1' に基づいて、図 1、図 2 に示す第 1 実施例の光伝導アンテナ 1 が具現化されており、光伝導アンテナ 1 の各部の寸法は解析モデル 1' における各部の寸法と同様とされている。

なお、上記説明した図 7 ないし図 13 の特性は、第 2 基板 13 の誘電体損 ($\tan \delta$) が低いものとした時の特性である。

【0021】

次に、本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第 2 実施例にかかる光伝導アンテナの構成を一部破断して示す斜視図を図 14 に示す。

図 14 に示す第 2 実施例の光伝導アンテナ 2 は、絶縁性あるいは半絶縁性の所定厚みの第 1 基板 21 の一面に光伝導層 20 が形成され、第 1 基板 21 の他面に金属層 22 が蒸着等により形成されている。第 1 基板 21 は、例えば GaAs 基板とされ、光伝導層 20 の材料は、例えば低温成長 GaAs (比誘電率 r_1 は約 13) とされ、金属層 22 の材料は金、銀、アルミニウムや銅等とされる。金属層 22 の上面には所定厚みの絶縁性の第 2 基板 23 が貼着されている。第 2 基板 23 の材料は、例えばフッ素樹脂 (比誘電率 r_2 は約 3) とされる。この第 2 基板 23 の上面に、第 1 エlement 25a1 および第 2 エlement 25b1 からなる第 1 ダイポールアンテナ 25-1 と、第 1 エlement 25a2 および第 2 エlement 25b2 からなる第 2 ダイポールアンテナ 25-2 と、第 1 エlement 25a3 および第 2 エlement 25b3 からなる第 3 ダイポールアンテナ 25-3 の 3 つのダイポールアンテナが蒸着等により形成されている。

【0022】

3 つの第 1 エlement 25a1 ~ 25a3 と 3 つの第 2 エlement 25b1 ~ 25b3 とが対向する第 1 ダイポールアンテナ 25-1 ~ 第 3 ダイポールアンテナ 25-3 の給電点から、3 本の第 1 ライン 26a1, 26a2, 26a3 および 3 本の第 2 ライン 26b1, 26b2, 26b3 がそれぞれ内部に向かってほぼ平行に引き出されている。第 1 ライン 26a1 ~ 26a3 および第 2 ライン 26b1 ~ 26b3 は、第 2 基板 23、金属層 22、第 1 基板 21 および光伝導層 20 を貫通して、光伝導層 20 の外表面上に引き出されており、光伝導層 20 の外表面上に沿って第 1 共通ライン 26d および第 2 共通ライン 26e が形成されている。そして、第 1 ライン 26a1 ~ 26a3 および第 2 ライン 26

10

20

30

40

50

b 1 ~ 2 6 b 3 がそれぞれ第 1 共通ライン 2 6 d および第 2 共通ライン 2 6 e に接続されている。光伝導層 2 0 上に形成されている第 2 共通ライン 2 6 e には切欠部 2 6 c が形成されている。この場合、金属層 2 2 と第 1 ライン 2 6 a 1 ~ 2 6 a 3 および第 2 ライン 2 6 b 1 ~ 2 6 b 3 とが短絡しないように、金属層 2 2 には第 1 ライン 2 6 a 1 ~ 2 6 a 3 および第 2 ライン 2 6 b 1 ~ 2 6 b 3 の外形寸法より大きな寸法の孔部が形成される。また、切欠部 2 6 c の間隔は、例えば数 μm 程度とされると共に、第 1 共通ライン 2 6 d および第 2 共通ライン 2 6 e とでコプレーナラインを形成することができる。第 1 ダイポールアンテナ 2 5 - 1 ~ 第 3 ダイポールアンテナ 2 5 - 3 が形成されている第 2 基板 2 3 の上面には、レンズ 2 4 が貼着されている。

【 0 0 2 3 】

このような構成の第 2 実施例の光伝導アンテナ 2 において、第 1 共通ライン 2 6 d および第 2 共通ライン 2 6 e の端部との間に直流のバイアス電圧 E_c を印加する。この状態では、第 2 共通ライン 2 6 e は切欠部 2 6 c により絶縁されており、第 1 共通ライン 2 6 d および第 2 共通ライン 2 6 e に電流は流れない。ここで、光源 2 7 から 10^{-15} 秒程度のフェムト秒パルスレーザ光を第 2 共通ライン 2 6 e における切欠部 2 6 c に照射する。パルスレーザ光を切欠部 2 6 c に照射すると、切欠部 2 6 c における光伝導層 2 0 中に光導電効果により自由キャリアが生じ、この自由キャリアがバイアス電圧 E_c により加速されることにより、切欠部 2 6 c にサブピコ秒 (10^{-12} 秒) 程度のパルス状の電流が流れる。このパルス状の電流は第 1 共通ライン 2 6 d および第 2 共通ライン 2 6 e と、第 1 ライン 2 6 a 1 ~ 2 6 a 3 および第 2 ライン 2 6 b 1 ~ 2 6 b 3 とを介して第 1 ダイポールアンテナ 2 5 - 1 ~ 第 3 ダイポールアンテナ 2 5 - 3 に同相に供給されて、テラヘルツ電磁波が第 1 ダイポールアンテナ 2 5 - 1 ~ 第 3 ダイポールアンテナ 2 5 - 3 からそれぞれ放射される。なお、第 1 ダイポールアンテナ 2 5 - 1、第 2 ダイポールアンテナ 2 5 - 2、第 3 ダイポールアンテナ 2 5 - 3 に同相で給電されるように、給電線路の長さの違いは n とされている。ただし、 n は整数、 λ は使用する周波数の波長である。これにより、第 1 ダイポールアンテナ 2 5 - 1 ないし第 3 ダイポールアンテナ 2 5 - 3 から放射されるテラヘルツ電磁波の位相が同相となる。

【 0 0 2 4 】

このように、切欠部 2 6 c が 3 組の第 1 ダイポールアンテナ 2 5 - 1 ~ 第 3 ダイポールアンテナ 2 5 - 3 の給電部となる。この場合、第 2 基板 2 3 の下面に配置された金属層 2 2 の作用により、第 1 ダイポールアンテナ 2 5 - 1 ~ 第 3 ダイポールアンテナ 2 5 - 3 から放射されたテラヘルツ電磁波が反射され、この反射波が z 軸方向に同相で放射されたテラヘルツ電磁波とほぼ同相で合成されることにより z 軸方向へ強く放射される。合成されたテラヘルツ電磁波は、レンズ 2 4 により収束されるようになる。この場合、光伝導アンテナ 4 は 3 つのダイポールアンテナ 2 5 - 1 ~ 2 5 - 3 から同相でテラヘルツ電磁波が放射されるアレーアンテナとされていることから、 z 軸方向により強く電磁波が放射される。なお、第 1 ダイポールアンテナ 2 5 - 1 ~ 第 3 ダイポールアンテナ 2 5 - 3 の電気長は、放射されるテラヘルツ電磁波の波長を λ とした際に約 $\lambda/2$ の長さとなる。また、第 2 基板 2 3 の厚さは、放射されるテラヘルツ電磁波の波長を λ とした際に約 $\lambda/4$ の電気長が得られる厚さとされるのが好適である。さらに、レンズ 2 4 は、例えばシリコンレンズとされ、レンズ 2 4 の上部形状が凸状の膨出部を備える形状とされて、テラヘルツ電磁波を収束している。なお、レンズ 2 4 を省略しても良い。

【 0 0 2 5 】

第 2 実施例の光伝導アンテナ 2 は、3 組の第 1 ダイポールアンテナ 2 5 - 1 ~ 第 3 ダイポールアンテナ 2 5 - 3 からなるアレーアンテナを備え、 z 軸方向へ同相で放射されることからビームが鋭くなり放射利得を第 1 実施例の光伝導アンテナ 1 より向上することができる。なお、本発明の第 2 実施例の光伝導アンテナ 2 においても、テラヘルツ電磁波が比誘電率が高く損失の多い光伝導膜を透過することなく直接自由空間に放射される構成とされると共に、比誘電率 ϵ_r が約 3 と低く損失の少ない第 2 基板 2 3 を透過して金属層 2 2 で反射された反射波が、直接波にほぼ同相で合成されることから、高い放射利得を得る

10

20

30

40

50

ことができる。

【0026】

次に、本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第3実施例にかかる光伝導アンテナの構成を示す斜視図を図15に示す。

図15に示す第3実施例の光伝導アンテナ3は、金属板33の上に絶縁性あるいは半絶縁性の所定厚みの第1基板31と、所定厚みの絶縁性の第2基板32とが横方向に密着するよう接着されて一体になるよう配置されている。第1基板31の表面には光伝導層30が形成されている。第1基板31は、例えばGaAs基板とされ、光伝導層30の材料は、例えば低温成長GaAs（比誘電率 r_1 は約1.3）とされ、第2基板32の材料は、例えばフッ素樹脂（比誘電率 r_2 は約3）とされ金属板33の材料は金、銀、アルミニウムや銅等とされる。この第2基板32の表面に、第1エレメント34aおよび第2エレメント34bからなるダイポールアンテナ34が蒸着等により形成されている。第1エレメント34aと第2エレメント34bとが対向するダイポールアンテナ34の給電点から、第1ライン35aおよび第2ライン35bがほぼ平行に第2基板32の表面に形成されている。

10

【0027】

この第1ライン35aおよび第2ライン35bは第1基板31側へ延伸されて、第1基板31の表面の光伝導層30上にも形成されている。光伝導層30上に形成されている第1ライン35aの中途は切断されてL字状に折曲されて外部へ引き出されるように形成されている。また、第1ライン35aおよび第2ライン35bの先端部は対向部35cを介して対向するように形成されている。この場合、対向部35cの間隔は、例えば数 μm 程度とされると共に、第1ライン35aおよび第2ライン35bは金属板33がグランドプレーンとされてマイクロストリップラインを形成することができる。また、ダイポールアンテナ34が形成されている第2基板32の上面にレンズを設けるようにしてもよい。

20

このような構成の第3実施例の光伝導アンテナ3において、第1ライン35aの中途に形成されたL字状に折曲された端部間に直流のバイアス電圧 E_c を印加する。この状態では、第1ライン35aおよび第2ライン35bの間は対向部35cにより絶縁されて電流は流れず、第1エレメント34aおよび第2エレメント34bからなるダイポールアンテナ34からの放射はない。

【0028】

ここで、光源36から 10^{-15} 秒程度のフェムト秒パルスレーザー光を第1ライン35aにおける対向部35cに照射する。パルスレーザー光が対向部35cに照射されると、対向部35cにおける光伝導層30中に光導電効果により自由キャリアが生じ、この自由キャリアがバイアス電圧 E_c により加速されることにより、対向部35cにサブピコ秒（ 10^{-12} 秒）程度のパルス状の電流が流れる。このパルス状の電流により、第1ライン35aおよび第2ライン35bを介してダイポールアンテナ34が励振されて、テラヘルツ電磁波が第1エレメント34aおよび第2エレメント34bからなるダイポールアンテナ34から放射される。このように、対向部35cがダイポールアンテナ34の給電部となる。この場合、第2基板32の下面に配置された金属板33の作用により、ダイポールアンテナ34から下方へ放射されたテラヘルツ電磁波が反射され、この反射波はz軸方向に放射されたテラヘルツ電磁波とほぼ同相で合成されることによりz軸方向に強く放射される。なお、ダイポールアンテナ34の電気長は、放射されるテラヘルツ電磁波の波長をとした際に約 $\lambda/2$ の長さとなる。また、第2基板32の厚さは、放射されるテラヘルツ電磁波の波長をとした際に約 $\lambda/4$ の電気長が得られる厚さとされるのが好適とされる。また、第2基板32の上面にレンズを設けると、テラヘルツ電磁波を収束することができる。

30

40

第3実施例の光伝導アンテナ3は、テラヘルツ電磁波が比誘電率が高く損失の多い光伝導膜を透過することなく直接自由空間に放射される構成とされると共に、比誘電率 r_2 が約3と低く損失の少ない第2基板32を透過して金属板33で反射された反射波が、直接波にほぼ同相で合成されることから、高い放射利得を得ることができる。

50

【 0 0 2 9 】

次に、本発明のテラヘルツ電磁波発生装置の第 4 実施例にかかる光伝導アンテナの構成を示す斜視図を図 1 6 に示す。

図 1 6 に示す第 4 実施例の光伝導アンテナ 4 は、金属板 4 3 の上に絶縁性あるいは半絶縁性の所定厚みの第 1 基板 4 1 と、所定厚みの絶縁性の第 2 基板 4 2 とが横方向に密着するように接着されて一体になるよう配置されている。第 1 基板 4 1 の表面には光伝導層 4 0 が形成されている。第 1 基板 4 1 は、例えば G a A s 基板とされ、光伝導層 4 0 の材料は、例えば低温成長 G a A s (比誘電率 r_1 は約 13) とされ、第 2 基板 4 2 の材料は、例えばフッ素樹脂 (比誘電率 r_2 は約 3) とされ金属板 4 3 の材料は金、銀、アルミニウムや銅等とされる。この第 2 基板 4 2 の表面に、第 1 エlement 4 4 a 1 および第 2 エlement 4 4 b 1 からなる第 1 ダイポールアンテナ 4 4 - 1 と、第 1 エlement 4 4 a 2 および第 2 エlement 4 4 b 2 からなる第 2 ダイポールアンテナ 4 4 - 2 と、第 1 エlement 4 4 a 3 および第 2 エlement 4 4 b 3 からなる第 3 ダイポールアンテナ 4 4 - 3 の 3 つのダイポールアンテナが蒸着等により形成されている。

【 0 0 3 0 】

第 2 基板 4 2 の表面に第 1 ライン 4 5 a および第 2 ライン 4 5 b がほぼ平行に形成されており、3 つの第 1 エlement 4 4 a 1 ~ 4 4 a 3 の給電点が第 1 ライン 4 5 a にそれぞれ接続されており、3 つの第 2 エlement 4 4 b 1 ~ 4 4 b 3 の給電点が第 2 ライン 4 5 b にそれぞれ接続されている。この場合、第 1 ライン 4 5 a および第 2 ライン 4 5 b に接続される第 1 ダイポールアンテナ 4 4 - 1 ないし第 3 ダイポールアンテナ 4 4 - 3 の給電点の間の電気長は約 n とされている。ただし、 n は整数、 λ は使用する周波数の波長である。これにより、第 1 ダイポールアンテナ 4 4 - 1 ないし第 3 ダイポールアンテナ 4 4 - 3 から放射されるテラヘルツ電磁波の位相が同相となる。

第 1 ライン 4 5 a および第 2 ライン 4 5 b は第 1 基板 4 1 側へ延伸されて、第 1 基板 4 1 の表面の光伝導層 4 0 上にも形成されている。光伝導層 4 0 上に形成されている第 1 ライン 4 5 a の中途は切断されて L 字状に折曲されて外部へ引き出されるように形成されている。また、第 1 ライン 4 5 a および第 2 ライン 4 5 b の先端部は対向部 4 5 c を介して対向するように形成されている。この場合、対向部 4 5 c の間隔は、例えば数 μm 程度とされると共に、第 1 ライン 4 5 a および第 2 ライン 4 5 b は金属板 4 3 がグランドプレーンとされてマイクロストリップラインを形成することができる。また、3 つのダイポールアンテナ 4 4 - 1 ~ 4 4 - 3 が形成されている第 2 基板 4 2 の上面にレンズを設けるようにしてもよい。

【 0 0 3 1 】

このような構成の第 4 実施例の光伝導アンテナ 4 において、第 1 ライン 4 5 a の中途に形成された L 字状に折曲された端部間に直流のバイアス電圧 E_c を印加する。この状態では、第 1 ライン 4 5 a および第 2 ライン 4 5 b の間是对向部 4 5 c により絶縁されて電流は流れず、第 1 エlement 4 4 a 1 ~ 4 4 a 3 および第 2 エlement 4 4 b 1 ~ 4 4 b 3 からなる 3 つのダイポールアンテナ 4 4 - 1 ~ 4 4 - 3 からの放射はない。ここで、光源 4 6 から 10^{-15} 秒程度のフェムト秒パルスレーザー光を第 1 ライン 4 5 a と第 2 ライン 4 5 b との間に形成された対向部 4 5 c に照射する。パルスレーザー光が対向部 4 5 c に照射されると、対向部 4 5 c における光伝導層 4 0 中に光導電効果により自由キャリアが生じ、この自由キャリアがバイアス電圧 E_c により加速されることにより、対向部 4 5 c にサブピコ秒 (10^{-12} 秒) 程度のパルス状の電流が流れる。このパルス状の電流により、第 1 ライン 4 5 a および第 2 ライン 4 5 b を介して 3 つのダイポールアンテナ 4 4 - 1 ~ 4 4 - 3 が励振されて、テラヘルツ電磁波が第 1 エlement 4 4 a 1 ~ 4 4 a 3 および第 2 エlement 4 4 b 1 ~ 4 4 b 3 からなる 3 つのダイポールアンテナ 4 4 - 1 ~ 4 4 - 3 から放射される。このように、対向部 4 5 c が 3 つのダイポールアンテナ 4 4 - 1 ~ 4 4 - 3 の給電部となる。

【 0 0 3 2 】

この場合、第 2 基板 4 2 の下面に配置された金属板 4 3 の作用により、3 つのダイポー

ルアンテナ 44-1 ~ 44-3 から下方へ放射されたテラヘルツ電磁波が反射され、この反射波は z 軸方向に同相で放射されたテラヘルツ電磁波とほぼ同相で合成されることにより z 軸方向に強く放射される。この場合、光伝導アンテナ 4 は 3 つのダイポールアンテナ 44-1 ~ 44-3 から同相でテラヘルツ電磁波が放射されるアレーアンテナとされていることから、z 軸方向により強く電磁波が放射される。なお、ダイポールアンテナ 44-1 ~ 44-3 の電気長は、放射されるテラヘルツ電磁波の波長を λ とした際に約 $\lambda/2$ の長さとなる。また、第 2 基板 42 の厚さは、放射されるテラヘルツ電磁波の波長を λ とした際に約 $\lambda/4$ の電気長が得られる厚さとなるのが好適となる。また、第 2 基板 42 の上面にレンズを設けると、テラヘルツ電磁波を収束することができる。

第 4 実施例の光伝導アンテナ 4 は、テラヘルツ電磁波が比誘電率が高く損失の多い光伝導膜を透過することなく直接自由空間に放射される構成とされると共に、比誘電率 ϵ_r が約 3 と低く損失の少ない第 2 基板 42 を透過して金属板 43 で反射された反射波が、直接波にほぼ同相で合成されると共にアレーアンテナとされていることから、高い放射利得を得ることができる。

【産業上の利用可能性】

【0033】

以上説明した本発明の光伝導アンテナにおいて、光伝導層の材料は低温成長 GaAs に限らず、イオン注入 InP (Indium Phosphide)、イオン注入シリコン、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) CdTe (Cadmium Telluride)、イオン注入ゲルマニウム等のキャリア寿命が短く、移動度が大きい材料を用いることができる。また、上記した光伝導アンテナの寸法は一例であって、この寸法に限ることはない。

ここで、本発明の第 1 実施例の光伝導アンテナ 1 の製造方法の概略を説明すると、GaAs の第 1 基板 11 の一面に GaAs を低温成長させることにより光伝導層 10 を作成する。次いで、第 1 基板 11 の他面に金属層 12 を蒸着等により形成する。フッ素樹脂からなる第 2 基板 13 の上面に金属層を蒸着等により形成し、次いで、金属層をエッチングすることにより第 1 エlement 15a および第 2 エlement 15b からなるダイポールアンテナ 15 を形成する。光伝導層 10 の上面に金属層を蒸着等により形成して、金属層をエッチングすることにより第 1 ライン 16a と、切欠部 16c を備える第 2 ライン 16b とを形成する。ここで、第 1 基板 11 の金属層 12 の上面に第 2 基板 13 の下面を貼着することにより、第 1 基板 11 上に第 2 基板 13 を一体化する。そして、ダイポールアンテナ 15 の給電点の位置からエッチングすることにより、第 2 基板 13 と金属層 12 と第 1 基板 11 と光伝導層 10 までスルーホールを形成する。次いで、スルーホール内を金属メッキしてスルーホールと第 1 ライン 16a および第 2 ライン 16b とに電氣的に接続する。これにより、第 1 実施例の光伝導アンテナ 1 を製造することができる。

【0034】

また、本発明の第 2 実施例の光伝導アンテナ 2 は、第 1 実施例の光伝導アンテナ 1 とほぼ同様の製造方法により製造することができる。さらに、本発明の第 3 実施例の光伝導アンテナ 3 は、第 1 基板 31 の表面に GaAs を低温成長させることにより光伝導層 30 を形成する。次いで、金属板 33 の上に GaAs の第 1 基板 31 と、フッ素樹脂からなる第 2 基板 32 とを横方向に密着させて接着する。第 1 基板 31 と第 2 基板 32 とは一側辺同士が接着される。そして、第 1 基板 31 および第 2 基板 32 の表面の全面に金属層を蒸着等により形成し、次いで、金属層をエッチングすることにより第 1 エlement 34a および第 2 エlement 34b からなるダイポールアンテナ 34 と、第 1 ライン 35a および第 2 ライン 35b を形成する。この際に、対向部 35c も形成される。これにより、第 3 実施例の光伝導アンテナ 3 を製造することができる。本発明の第 4 実施例の光伝導アンテナ 4 は、第 3 実施例の光伝導アンテナ 3 とほぼ同様の製造方法により製造することができる。

【符号の説明】

【0035】

1 光伝導アンテナ、2 光伝導アンテナ、3 光伝導アンテナ、10 光伝導層、11

10

20

30

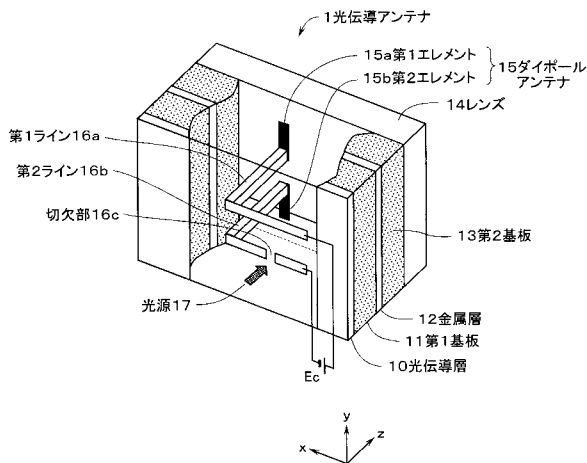
40

50

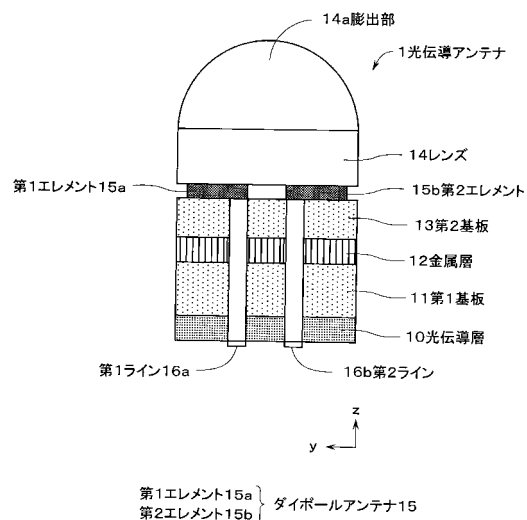
第1基板、12 金属層、13 第2基板、14 レンズ、14a 膨出部、15 ダイポールアンテナ、15a 第1エレメント、15b 第2エレメント、16a 第1ライン、16b 第2ライン、16c 切欠部、17 光源、20 光伝導層、21 第1基板、22 金属層、23 第2基板、24 レンズ、25 ダイポールアンテナ、25-1 第1ダイポールアンテナ、25-2 第2ダイポールアンテナ、25-3 第3ダイポールアンテナ、25a1, 25a2, 25a3 第1エレメント、25b1, 25b2, 25b3 第2エレメント、26a1, 26a2, 26a3 第1ライン、26b1, 26b2, 26b3 第2ライン、26c 切欠部、26d 第1共通ライン、26e 第2共通ライン、27 光源、30 光伝導層、31 第1基板、32 第2基板、33 金属板、34 ダイポールアンテナ、34a 第1エレメント、34b 第2エレメント、35a 第1ライン、35b 第2ライン、35c 対向部、36 光源、44-1 第1ダイポールアンテナ、44-2 第2ダイポールアンテナ、44-3 第3ダイポールアンテナ、44a1, 44a2, 44a3 第1エレメント、44b1, 44b2, 44b3 第2エレメント、45a 第1ライン、45b 第2ライン、45c 対向部、46 光源、100 光伝導アンテナ、110 光伝導膜、111 第1基板、112a 第1ライン、112b 第2ライン、112c 対向部、113 ダイポールアンテナ、113a 第1エレメント、113b 第2エレメント、114 光源

10

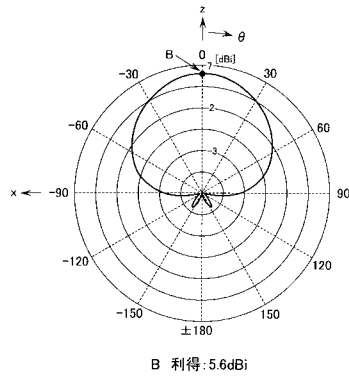
【図1】



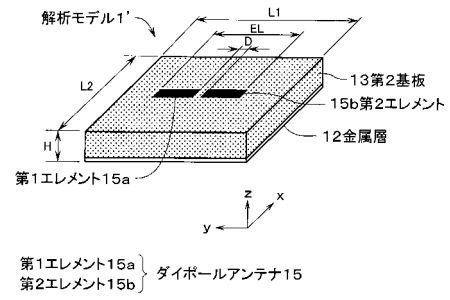
【図2】



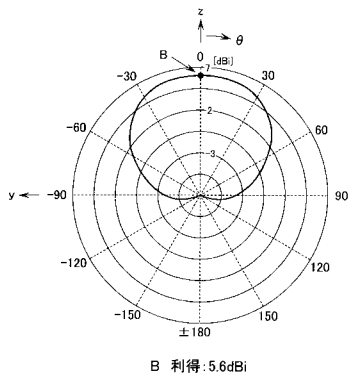
【図3】



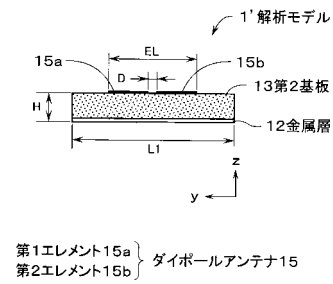
【図5】



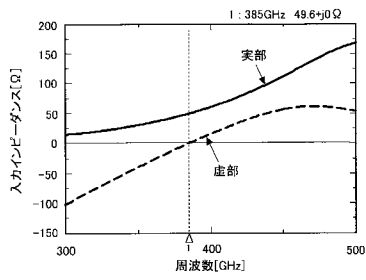
【図4】



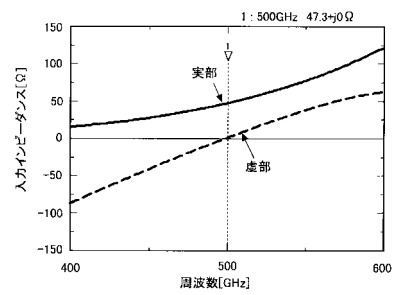
【図6】



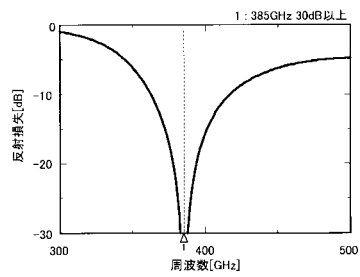
【図7】



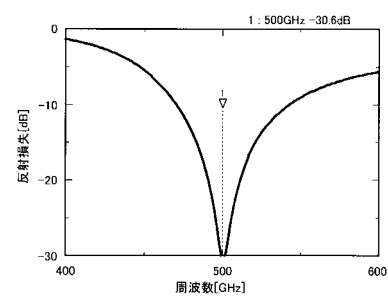
【図9】



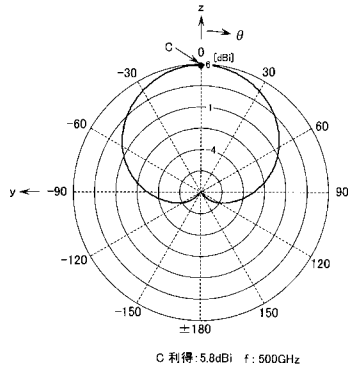
【図8】



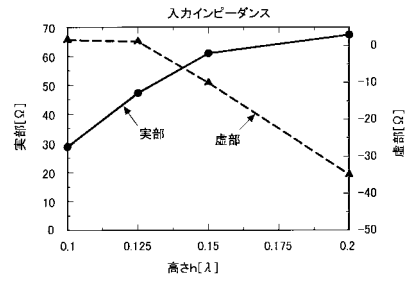
【図10】



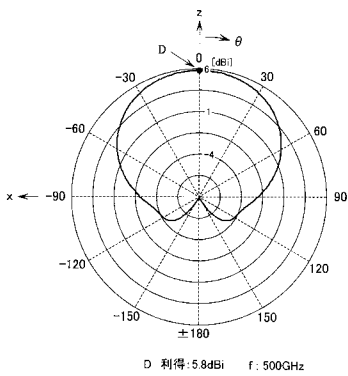
【図11】



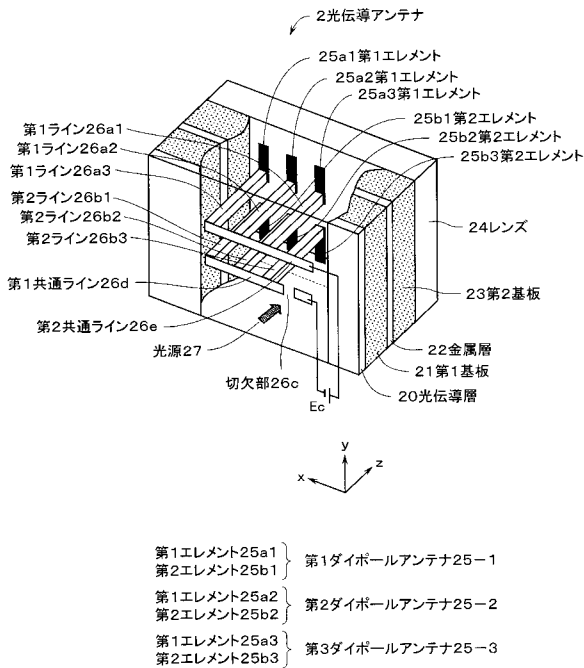
【図13】



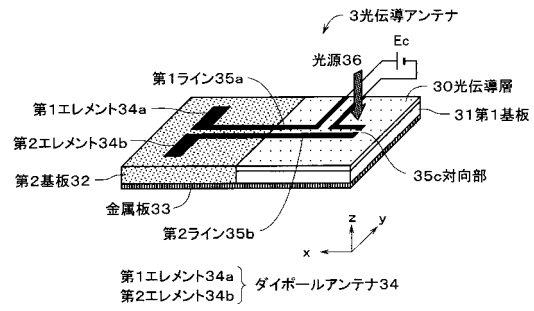
【図12】



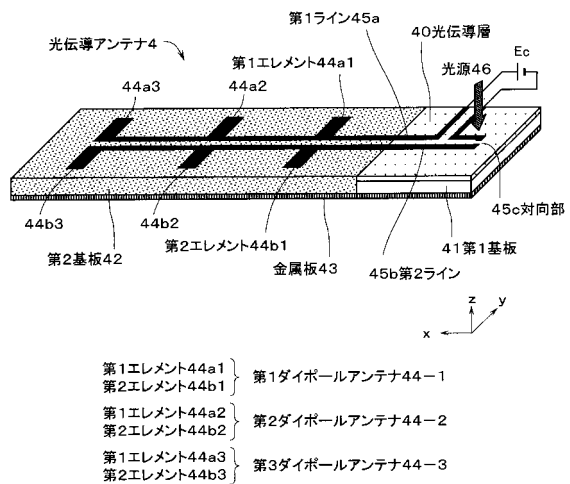
【図14】



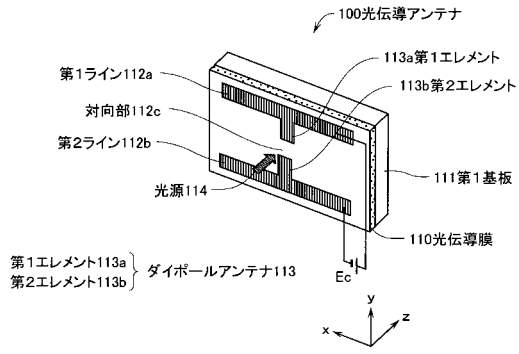
【図15】



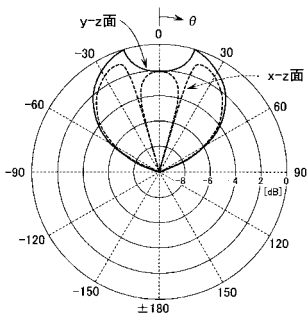
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 健仁
茨城県日立市中成沢町四丁目12番1号 国立大学法人茨城大学 工学部内
- (72)発明者 今井 洋
茨城県日立市中成沢町四丁目12番1号 国立大学法人茨城大学 工学部内
- (72)発明者 阿久井 仁志
茨城県日立市中成沢町四丁目12番1号 国立大学法人茨城大学 工学部内

審査官 古田 敦浩

- (56)参考文献 特開2010-50399(JP,A)
特開2007-281419(JP,A)
特開2005-311324(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 1/00 - 1/06