

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-155098

(P2014-155098A)

(43) 公開日 平成26年8月25日(2014.8.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1Q 13/10 (2006.01)	HO1Q 13/10	5J020
HO1Q 1/38 (2006.01)	HO1Q 1/38	5J021
HO1Q 15/08 (2006.01)	HO1Q 15/08	5J045
HO1Q 23/00 (2006.01)	HO1Q 23/00	5J046

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 43 頁)

(21) 出願番号 特願2013-24426 (P2013-24426)
 (22) 出願日 平成25年2月12日 (2013.2.12)

(71) 出願人 000003964
 日東電工株式会社
 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号
 (74) 代理人 100098305
 弁理士 福島 祥人
 (72) 発明者 井上 真弥
 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内
 (72) 発明者 程野 将行
 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内
 (72) 発明者 本上 満
 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内

最終頁に続く

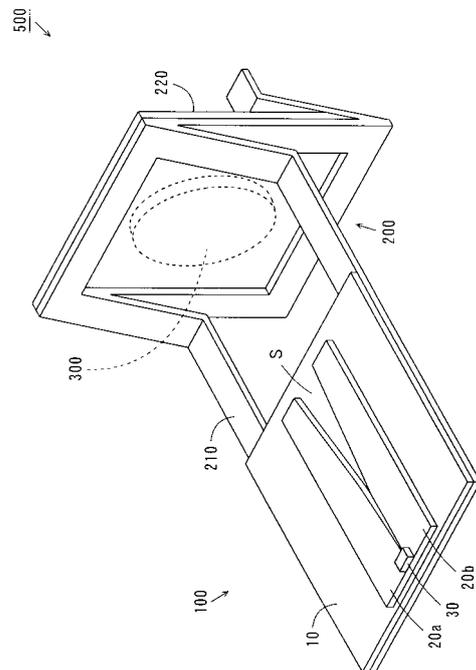
(54) 【発明の名称】 アンテナモジュールおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 製造コストが低減されかつ容易に組み立て可能で伝送速度の向上および伝送距離の向上が可能なアンテナモジュールおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 樹脂により形成される誘電体膜10の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に、電極20a, 20bがテラヘルツ帯域内の電磁波を受信可能または送信可能に形成される。電極20a, 20bに電気的に接続されるように、テラヘルツ帯域で動作可能な半導体素子30が、誘電体膜10の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に実装される。支持層210の一部が誘電体膜10の第1または第2の面上に形成され、誘電体レンズ300が支持層210の他の部分により支持される。支持層210の他の部分は、電極20a, 20bにより送信または受信されるテラヘルツ帯域内の電磁波が誘電体レンズ300を透過するように一部に対して折曲される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 および第 2 の面を有し、樹脂により形成される誘電体膜と、

テラヘルツ帯域内の電磁波を受信可能または送信可能に前記誘電体膜の前記第 1 および第 2 の面のうち少なくとも一方の面上に形成される電極と、

前記電極に電氣的に接続されるように前記誘電体膜の前記第 1 および第 2 の面のうち少なくとも一方の面上に実装され、テラヘルツ帯域で動作可能な半導体素子と、

前記誘電体膜の前記第 1 または第 2 の面上に形成される第 1 の部分を有しかつ第 2 の部分を有する支持層と、

前記支持層の前記第 2 の部分により支持されるレンズとを備え、

前記電極により送信または受信される電磁波が前記レンズを透過するように前記第 2 の部分が前記第 1 の部分に対して折曲された、アンテナモジュール。

10

【請求項 2】

前記支持層の前記第 2 の部分は、前記電極により送信または受信される電磁波が通過する第 1 の開口を有し、

前記レンズは、前記第 1 の開口に位置するように前記第 2 の部分により支持される、請求項 1 記載のアンテナモジュール。

【請求項 3】

前記第 1 の開口を覆うように前記支持層の前記第 2 の部分上に形成される絶縁層をさらに備え、

前記レンズは前記絶縁層上に形成される、請求項 2 記載のアンテナモジュール。

20

【請求項 4】

第 2 の開口を有しかつ前記第 2 の開口に位置するように前記レンズを保持するレンズ保持部材をさらに備え、

前記支持層の前記第 2 の部分は、前記電極により送信または受信される電磁波が前記レンズを透過するように前記レンズ保持部材を支持する、請求項 1 記載のアンテナモジュール。

【請求項 5】

前記電極による電磁波の送信方向または受信方向は、前記誘電体膜の前記第 1 および第 2 の面に平行であり、

前記支持層の前記第 2 の部分は、前記レンズの光軸が前記誘電体膜の前記第 1 および第 2 の面に平行となるように前記レンズを支持する、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のアンテナモジュール。

30

【請求項 6】

前記電極は、第 3 の開口を有するテーパスロットアンテナを構成する第 1 および第 2 の導電層を含み、

前記第 3 の開口は、前記第 1 および第 2 の導電層の一端から他端へ連続的または段階的に減少する幅を有する、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のアンテナモジュール。

【請求項 7】

前記支持層は金属材料により形成され、

前記支持層の前記第 1 の部分は、前記第 2 の面上において前記電極に重ならない領域に形成される、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のアンテナモジュール。

40

【請求項 8】

テラヘルツ帯域内の電磁波を受信可能または送信可能な電極を樹脂により形成される誘電体膜の第 1 および第 2 の面のうち少なくとも一方の面上に形成する工程と、

第 1 および第 2 の部分を含む支持層の第 1 の部分を前記誘電体膜の前記第 1 または第 2 の面上に形成する工程と、

前記電極に電氣的に接続されるように前記誘電体膜の前記第 1 および第 2 の面のうち少なくとも一方の面上にテラヘルツ帯域で動作可能な半導体素子を実装する工程と、

前記支持層の前記第 2 の部分により支持されるようにレンズを設ける工程と、

50

前記電極により送信または受信される電磁波が前記レンズを透過するように前記第2の部分の前記第1の部分に対して折曲する工程とを備える、アンテナモジュールの製造方法。

【請求項9】

テラヘルツ帯域内の電磁波を受信可能または送信可能な電極を樹脂により形成される誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に形成する工程と、

第1および第2の部分を含む支持層の第1の部分の前記誘電体膜の前記第1または第2の面上に形成する工程と、

前記電極に電氣的に接続されるように前記誘電体膜の前記第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上にテラヘルツ帯域で動作可能な半導体素子を実装する工程と、

前記第2の部分の前記第1の部分に対して折曲する工程と、

折曲された前記第2の部分により支持されるようにレンズを設ける工程とを備え、

前記レンズを設ける工程は、前記電極により送信または受信される電磁波が前記レンズを透過するように前記レンズを配置することを含む、アンテナモジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、テラヘルツ帯域、例えば0.05THz以上10THz以下の周波数の電磁波を送信または受信するアンテナモジュールおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

テラヘルツ帯域の電磁波を用いたテラヘルツ通信は、短距離超高速通信、および非圧縮・無遅延の超高精細映像伝送等の種々の用途への応用が期待されている。

【0003】

特許文献1には、光導電アンテナ素子を有するテラヘルツアンテナモジュールが記載されている。光導電アンテナ素子においては、半絶縁性GaAs基板上のGaAs層に一对のオーミック電極が形成される。一对のオーミック電極の一部により光導電アンテナ部が形成される。このテラヘルツアンテナモジュールは、金属からなる直方体状のベースを備える。ベースの凹部に緩衝部材、半球状レンズ、光導電アンテナ素子および配線基板がこの順序で配置され、ベースへのカバー部材の取り付けによって配線基板、光導電アンテナ素子および半球状レンズが緩衝部材に対して押圧される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-244620号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1のテラヘルツアンテナモジュールによれば、光導電アンテナ部から半球状レンズを通してGaAs基板に垂直な方向にテラヘルツ波を送信し、GaAs基板に垂直な方向から到来するテラヘルツ波を半球状レンズを通して光導電アンテナ部により受信することができる。

【0006】

しかしながら、光導電アンテナ素子に半球状レンズを取り付けるために、凹部を有するベース、緩衝部材およびカバー部材等の多数の取り付け部材が必要となる。そのため、テラヘルツアンテナモジュールの製造コストが増加するとともに、テラヘルツアンテナモジュールの組み立て工程が煩雑である。

【0007】

本発明の目的は、製造コストが低減されかつ容易に組み立て可能で伝送速度の向上および伝送距離の向上が可能なアンテナモジュールおよびその製造方法を提供することである

。

【課題を解決するための手段】

【0008】

(1) 第1の発明に係るアンテナモジュールは、第1および第2の面を有し、樹脂により形成される誘電体膜と、テラヘルツ帯域内の電磁波を受信可能または送信可能に誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に形成される電極と、電極に電氣的に接続されるように誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に実装され、テラヘルツ帯域で動作可能な半導体素子と、誘電体膜の第1または第2の面上に形成される第1の部分と第2の部分とを有する支持層と、支持層の第2の部分により支持されるレンズとを備え、電極により送信または受信される電磁波がレンズを透過するように第2の部分が第1の部分に対して折曲されたものである。

10

【0009】

テラヘルツ帯域は、例えば0.05 THz以上10 THz以下の周波数を表し、好ましくは0.1 THz以上1 THz以下の周波数を表す。

【0010】

このアンテナモジュールにおいては、誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に形成される電極によりテラヘルツ帯域内の電磁波が送信または受信される。また、誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に実装された半導体素子が検波および整流動作または発振動作を行う。電極により送信または受信される電磁波はレンズを透過することにより収束または平行化される。

20

【0011】

支持層の第1の部分が誘電体膜の第1または第2の面上に形成され、レンズが支持層の第2の部分により支持される。支持層の第2の部分は、電極により送信または受信されるテラヘルツ帯域内の電磁波がレンズを透過するように第1の部分に対して折曲される。この場合、複数の取付部材を用いることなく、支持層を折曲することにより、レンズを電極に対して所定位置に配置することができる。したがって、アンテナモジュールの製造コストが低減されるとともに、アンテナモジュールを容易に組み立てることが可能である。

【0012】

また、誘電体膜が樹脂により形成されるので、電極の周囲の実効比誘電率が低くなる。それにより、電極から放射された電磁波または電極により受信される電磁波が誘電体膜に引き寄せられることが少ない。したがって、効率よく電磁波を放射させることが可能であり、アンテナモジュールの指向性が良好になる。

30

【0013】

ここで、電磁波の伝送損失 $[dB/m]$ は、導体損失 1 および誘電体損失 2 により次式で表される。

【0014】

$$= 1 + 2 [dB/m]$$

実効比誘電率を ϵ_{ef} とし、 f を周波数とし、導体表皮抵抗を $R(f)$ とし、誘電正接を $\tan \delta$ とすると、導体損失 1 および誘電体損失 2 は次のように表される。

【0015】

$$1 \quad R(f) \cdot \epsilon_{ef} [dB/m]$$

$$2 \quad \epsilon_{ef} \cdot \tan \delta \cdot f [dB/m]$$

上式より、実効比誘電率 ϵ_{ef} が低いと、電磁波の伝送損失 1 が低減される。

40

【0016】

本発明に係るアンテナモジュールでは、電極の周囲の実効比誘電率が低いので、電磁波の伝送損失が低減される。それにより、伝送速度の向上および伝送距離の向上が可能となる。さらに、電磁波がレンズを透過することにより指向性およびアンテナ利得が向上する。

。

【0017】

(2) 支持層の第2の部分は、電極により送信または受信される電磁波が通過する第1

50

の開口を有し、レンズは、第 1 の開口に位置するように第 2 の部分により支持されてもよい。

【 0 0 1 8 】

この場合、電極により送信または受信される電磁波が支持層の第 1 の開口およびレンズを透過する。これにより、支持層が電磁波に影響を与えることなくレンズを確実に支持することができる。

【 0 0 1 9 】

(3) アンテナモジュールは第 1 の開口を覆うように支持層の第 2 の部分上に形成される絶縁層をさらに備え、レンズは絶縁層上に形成されてもよい。

【 0 0 2 0 】

この場合、レンズが絶縁層上に形成されるので、レンズを容易に支持することができる。

【 0 0 2 1 】

(4) アンテナモジュールは、第 2 の開口を有しかつ第 2 の開口に位置するようにレンズを保持するレンズ保持部材をさらに備え、支持層の第 2 の部分は、電極により送信または受信される電磁波がレンズを透過するようにレンズ保持部材を支持してもよい。

【 0 0 2 2 】

この場合、レンズ支持部材によりレンズを確実にかつ容易に支持することができる。また、電極により送信または受信される電磁波がレンズ支持部材の第 2 の開口およびレンズを透過する。これにより、支持層が電磁波に影響を与えることなくレンズを確実に支持することができる。

【 0 0 2 3 】

(5) 電極による電磁波の送信方向または受信方向は、誘電体膜の第 1 および第 2 の面に平行であり、支持層の第 2 の部分は、レンズの光軸が誘電体膜の第 1 および第 2 の面に平行となるようにレンズを支持してもよい。

【 0 0 2 4 】

この場合、電極により誘電体膜の第 1 および第 2 の面に平行な方向に送信または受信される電磁波がレンズを透過するようにレンズが配置される。それにより、誘電体膜の第 1 および第 2 の面に平行な方向に電磁波を高い指向性および高いアンテナ利得で送信または受信することができる。

【 0 0 2 5 】

(6) 電極は、第 3 の開口を有するテーパスロットアンテナを構成する第 1 および第 2 の導電層を含み、第 3 の開口は、第 1 および第 2 の導電層の一端から他端へ連続的または段階的に減少する幅を有してもよい。

【 0 0 2 6 】

この場合、アンテナモジュールがテラヘルツ帯域内の種々の周波数の電磁波を送信または受信することが可能となる。それにより、より広帯域の伝送が可能となる。また、テーパスロットアンテナが特定の方向の指向性を有するので、高い指向性を有するアンテナモジュールが実現される。

【 0 0 2 7 】

(7) 支持層は金属材料により形成され、支持層の第 1 の部分は、第 2 の面上において電極に重ならない領域に形成されてもよい。

【 0 0 2 8 】

この場合、誘電体膜の厚みが小さい場合でも、アンテナモジュールの形状保持性が確保される。それにより、電磁波の送信方向または受信方向を固定することができる。また、アンテナモジュールの取り扱い性が向上する。さらに、支持体による指向性の変化および電磁波の伝送損失を抑制することができる。

【 0 0 2 9 】

(8) 第 2 の発明に係るアンテナモジュールの製造方法は、テラヘルツ帯域内の電磁波を受信可能または送信可能な電極を樹脂により形成される誘電体膜の第 1 および第 2 の面

10

20

30

40

50

のうち少なくとも一方の面上に形成する工程と、第1および第2の部分を含む支持層の第1の部分を誘電体膜の第1または第2の面上に形成する工程と、電極に電氣的に接続されるように誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上にテラヘルツ帯域で動作可能な半導体素子を実装する工程と、支持層の第2の部分により支持されるようにレンズを設ける工程と、電極により送信または受信される電磁波がレンズを透過するように第2の部分を第1の部分に対して折曲する工程とを備えるものである。

【0030】

誘電体膜への電極の形成の工程、誘電体膜への支持層の形成の工程および半導体素子の実装の工程の順序は限定されない。

【0031】

このアンテナモジュールの製造方法においては、支持層の第1の部分が誘電体膜の第1または第2の面上に形成され、支持層の第2の部分により支持されるようにレンズが設けられる。その後、電極により送信または受信されるテラヘルツ帯域内の電磁波がレンズを透過するように支持層の第2の部分が第1の部分に対して折曲される。この場合、複数の取付部材を用いることなく、支持層を折曲することにより、レンズを電極に対して所定位置に配置することができる。したがって、アンテナモジュールの製造コストが低減されるとともに、アンテナモジュールを容易に組み立てることが可能である。

【0032】

この製造方法により製造されたアンテナモジュールにおいては、誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に形成される電極によりテラヘルツ帯域内の電磁波が送信または受信される。また、誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に実装された半導体素子が検波および整流動作または発振動作を行う。電極により送信または受信される電磁波はレンズを透過することにより収束または平行化される。

【0033】

また、誘電体膜が樹脂により形成されるので、電極の周囲の実効比誘電率が低くなる。それにより、電極から放射された電磁波または電極により受信される電磁波が誘電体膜に引き寄せられることが少ない。したがって、効率よく電磁波を放射させることが可能であり、アンテナモジュールの指向性が良好になる。また、電極の周囲の実効比誘電率が低いので、電磁波の伝送損失が低減される。それにより、伝送速度の向上および伝送距離の向上が可能となる。さらに、電磁波がレンズを透過することにより指向性およびアンテナ利得が向上する。

【0034】

(9) 第3の発明に係るアンテナモジュールの製造方法は、テラヘルツ帯域内の電磁波を受信可能または送信可能な電極を樹脂により形成される誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に形成する工程と、第1および第2の部分を含む支持層の第1の部分を誘電体膜の第1または第2の面上に形成する工程と、電極に電氣的に接続されるように誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上にテラヘルツ帯域で動作可能な半導体素子を実装する工程と、第2の部分を第1の部分に対して折曲する工程と、折曲された第2の部分により支持されるようにレンズを設ける工程とを備え、レンズを設ける工程は、電極により送信または受信される電磁波がレンズを透過するようにレンズを配置することを含むものである。

【0035】

このアンテナモジュールの製造方法においては、支持層の第1の部分が誘電体膜の第1または第2の面上に形成され、支持層の第2の部分が第1の部分に対して折曲される。その後、折曲された第2の部分により支持されるようにレンズが設けられる。このとき、電極により送信または受信されるテラヘルツ帯域内の電磁波がレンズを透過するようにレンズが配置される。このように、複数の取付部材を用いることなく、支持層を折曲することにより、レンズを電極に対して所定位置に配置することができる。したがって、アンテナモジュールの製造コストが低減されるとともに、アンテナモジュールを容易に組み立てることが可能である。

10

20

30

40

50

【0036】

この製造方法により製造されたアンテナモジュールにおいては、誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に形成される電極によりテラヘルツ帯域内の電磁波が送信または受信される。また、誘電体膜の第1および第2の面のうち少なくとも一方の面上に実装された半導体素子が検波および整流動作または発振動作を行う。電極により送信または受信される電磁波はレンズを透過することにより収束または平行化される。

【0037】

また、誘電体膜が樹脂により形成されるので、電極の周囲の実効比誘電率が低くなる。それにより、電極から放射された電磁波または電極により受信される電磁波が誘電体膜に引き寄せられることが少ない。したがって、効率よく電磁波を放射させることが可能であり、アンテナモジュールの指向性が良好になる。また、電極の周囲の実効比誘電率が低いので、電磁波の伝送損失が低減される。それにより、伝送速度の向上および伝送距離の向上が可能となる。さらに、電磁波がレンズを透過することにより指向性およびアンテナ利得が向上する。

【発明の効果】

【0038】

アンテナモジュールの製造コストを低減しかつアンテナモジュールを容易に組み立てることができ、かつ伝送速度の向上および伝送距離を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】第1の実施の形態に係るアンテナモジュールの外観斜視図である。

【図2】図1のアンテナモジュールの模式的側面図である。

【図3】図1のアンテナ部の模式的平面図である。

【図4】図3のアンテナ部のA-A線断面図である。

【図5】フリップチップ実装法による半導体素子の実装を示す模式図である。

【図6】ワイヤボンディング実装法による半導体素子の実装を示す模式図である。

【図7】図1の支持体の模式的平面図である。

【図8】図7の支持体の支持層の模式的平面図である。

【図9】支持層が折り曲げられる前におけるアンテナモジュールの模式的平面図である。

【図10】図9のアンテナモジュールの製造工程を示す模式的工程断面図である。

【図11】図9のアンテナモジュールの製造工程を示す模式的工程断面図である。

【図12】図9のアンテナモジュールの製造工程を示す模式的工程断面図である。

【図13】アンテナ部の受信動作を示す模式的平面図である。

【図14】アンテナ部の送信動作を示す模式的平面図である。

【図15】アンテナ部の指向性を説明するための模式的側面図である。

【図16】アンテナ部の指向性の変更を説明するための模式的側面図である。

【図17】第2の実施の形態に係るアンテナモジュールの外観斜視図である。

【図18】図17のアンテナモジュールの模式的側面図である。

【図19】図17の支持体の支持層の模式的平面図である。

【図20】図17の支持体のレンズ保持部材の構成を示す図である。

【図21】電磁界シミュレーションで用いたアンテナモジュールのアンテナ部の寸法を説明するための模式的平面図である。

【図22】シミュレーションにおけるアンテナ部の受信角度の定義を説明するための模式図である。

【図23】アンテナモジュールの3次元電磁界シミュレーションの結果を示す図である。

【図24】実施例に係るアンテナモジュールの構成を示す平面図である。

【図25】実施例1～3および比較例1に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

【図26】実施例1～3および比較例1に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 27】実施例 1 ~ 3 および比較例 1 に係るアンテナモジュールの 3 次元電磁界シミュレーションの結果を示す図である。

【図 28】実施例 1 ~ 3 および比較例 1 に係るアンテナモジュールの 3 次元電磁界シミュレーションの結果を示す図である。

【図 29】実施例 4 , 5 および比較例 2 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

【図 30】実施例 4 , 5 および比較例 2 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

【図 31】実施例 4 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。

10

【図 32】実施例 5 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図 33】比較例 3 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図 34】比較例 4 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図 35】実施例 6 , 7 および比較例 5 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

【図 36】実施例 6 , 7 および比較例 5 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

20

【図 37】実施例 6 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図 38】実施例 7 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図 39】比較例 6 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図 40】実施例 8 ~ 10 および比較例 7 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

【図 41】実施例 8 ~ 10 および比較例 7 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

30

【図 42】実施例 9 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図 43】実施例 11 , 12 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

【図 44】実施例 11 , 12 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0040】

以下、本発明の実施の形態に係るアンテナモジュールおよびその製造方法について説明する。以下の説明では、0.05 THz ~ 10 THz の周波数帯域をテラヘルツ帯域と呼ぶ。本実施の形態に係るアンテナモジュールは、テラヘルツ帯域内の少なくとも特定の周波数を有する電磁波の受信または送信が可能である。

40

【0041】

[1] 第 1 の実施の形態

(1) アンテナモジュールの構成

図 1 は、第 1 の実施の形態に係るアンテナモジュールの外観斜視図である。図 2 は、図 1 のアンテナモジュールの模式的側面図である。図 1 および図 2 に示すように、アンテナモジュール 500 は、アンテナ部 100、支持体 200 および誘電体レンズ 300 を含む。以下、アンテナ部 100、支持体 200 および誘電体レンズ 300 の詳細について説明する。

50

【 0 0 4 2 】

図 3 は、図 1 のアンテナ部 1 0 0 の模式的平面図である。図 4 は、図 3 のアンテナ部 1 0 0 の A - A 線断面図である。図 3 および図 4 に示すように、アンテナ部 1 0 0 は、誘電体膜 1 0、一对の電極 2 0 a, 2 0 b および半導体素子 3 0 により構成される。誘電体膜 1 0 は、ポリマーからなる樹脂により形成される。誘電体膜 1 0 の互いに対向する 2 つの面のうち一方の面を主面と呼び、他方の面を裏面と呼ぶ。

【 0 0 4 3 】

誘電体膜 1 0 の主面上に一对の電極 2 0 a, 2 0 b が形成される。電極 2 0 a, 2 0 b 間には、電極 2 0 a, 2 0 b の一端から他端へ延びる隙間が設けられる。隙間の幅が電極 2 0 a, 2 0 b の一端から他端へ連続的または段階的に漸次減少するように、電極 2 0 a, 2 0 b の対向する端面 2 1 a, 2 1 b がテーパ状に形成される。電極 2 0 a, 2 0 b 間の隙間をテーパスロット S と呼ぶ。電極 2 0 a, 2 0 b はテーパスロットアンテナを構成する。

10

【 0 0 4 4 】

この場合、アンテナモジュール 5 0 0 がテラヘルツ帯域内の種々の周波数の電磁波を送信または受信することが可能となる。それにより、より広帯域の伝送が可能となる。また、テーパスロットアンテナが特定の方向の指向性を有するので、高い指向性を有するアンテナモジュール 5 0 0 が実現される。

【 0 0 4 5 】

誘電体膜 1 0 および電極 2 0 a, 2 0 b は、フレキシブル配線回路基板により形成される。この場合、電極 2 0 a, 2 0 b は、サブトラクティブ法、アディティブ法またはセミアディティブ法により誘電体膜 1 0 上に形成される。後述する半導体素子 3 0 が適切に実装される場合には、電極 2 0 a, 2 0 b が他の方法により誘電体膜 1 0 上に形成されてもよい。例えば、導電材料をスクリーン印刷またはインクジェット法等により誘電体膜 1 0 上にパターンニングすることにより電極 2 0 a, 2 0 b が形成されてもよい。

20

【 0 0 4 6 】

ここで、テーパスロット S の中心線における寸法を長さと呼び、誘電体膜 1 0 の主面に平行でかつテーパスロット S の中心線に直交する方向における寸法を幅と呼ぶ。最大幅を有するテーパスロット S の端部を開口端 E 1 と呼び、最小幅を有するテーパスロット S の端部を実装端 E 2 と呼ぶ。さらに、アンテナ部 1 0 0 の実装端 E 2 から開口端 E 1 に向かいかつテーパスロット S の中心線に沿った方向を中心線方向と呼ぶ。

30

【 0 0 4 7 】

半導体素子 3 0 は、実装端 E 2 における電極 2 0 a, 2 0 b の端部上にフリップチップ実装法またはワイヤボンディング実装法により実装される。半導体素子 3 0 の 1 つの端子が電極 2 0 a に電氣的に接続され、半導体素子 3 0 の他の一つの端子が電極 2 0 b に電氣的に接続される。半導体素子 3 0 の実装方法については後述する。電極 2 0 b は接地される。

【 0 0 4 8 】

誘電体膜 1 0 の材料としては、ポリイミド、ポリエーテルイミド、ポリアミドイミド、ポリオレフィン、シクロオレフィンポリマー、ポリアリレート、ポリメチルメタクリレートポリマー、液晶ポリマー、ポリカーボネート、ポリフェニレンサルファイド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルサルホン、ポリアセタール、フッ素樹脂、ポリエステル、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂およびウレタンアクリル樹脂のうち一種または二種以上の多孔質樹脂または非多孔質樹脂を用いることができる。

40

【 0 0 4 9 】

フッ素樹脂としては、ポリテトラフルオロエチレン (P T F E)、ポリフッ化ビニリデン、エチレン・四フッ化エチレン共重合体、ペルフルオロアルコキシフッ素樹脂、または四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合体等が挙げられる。ポリエステルとしては、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、またはポリブチレンテレフタレート等が挙げられる。

50

【0050】

本実施の形態では、誘電体膜10は、ポリイミドにより形成される。誘電体膜10の厚みは、1 μ m以上1000 μ m以下であることが好ましい。この場合、誘電体膜10を容易に作製することができるとともに誘電体膜10の柔軟性を容易に確保することができる。誘電体膜10の厚みは、5 μ m以上100 μ m以下であることがより好ましい。この場合、誘電体膜10をさらに容易に作製することができるとともに誘電体膜10のより高い柔軟性を容易に確保することができる。

【0051】

誘電体膜10は、テラヘルツ帯域内の使用周波数において7.0以下の比誘電率を有することが好ましく、4.0以下の比誘電率を有することがより好ましい。この場合、使用周波数を有する電磁波の放射効率が十分に高くなるとともに電磁波の伝送損失が十分に低くなる。それにより、使用周波数を有する電磁波の伝送速度および伝送距離を十分に向上させることが可能となる。本実施の形態では、誘電体膜10は、テラヘルツ帯域において1.2以上7.0以下の比誘電率を有する樹脂により形成される。例えば、ポリイミドの比誘電率は、テラヘルツ帯域において約3.2であり、多孔質ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)の比誘電率は、テラヘルツ帯域において約1.2である。

10

【0052】

電極20a, 20bは、金属または合金等の導電性材料により形成され、単一層構造を有してもよく、または複数の層の積層構造を有してもよい。

【0053】

本実施の形態では、図4に示すように、電極20a, 20bの各々は、銅層201、ニッケル層202および金層203の積層構造を有する。銅層201の厚みは例えば15 μ mであり、ニッケル層202の厚みは例えば3 μ mであり、金層203の厚みは例えば0.2 μ mである。電極20a, 20bの材料および厚みは本実施の形態の例に限定されない。

20

【0054】

本実施の形態では、後述するAuスタッドパンプによるフリップチップ実装およびAuボンディングワイヤによるワイヤボンディング実装を行うために、図4の積層構造が採用される。ニッケル層202および金層203の形成は、上記の実装方法を用いる場合における銅層201の表面処理である。半田ボール、ACF(異方性導電フィルム)またはACP(異方性導電ペースト)等による他の実装方法が用いられる場合には、それぞれの実装方法に適した処理が選択される。

30

【0055】

半導体素子30としては、共鳴トンネルダイオード(RTD)、ショットキバリアダイオード(SBD)、タンネット(TUNNETT; Tunnel Transit Time)ダイオード、インパット(IMPAT: Impact Ionization Avalanche Transit Time)ダイオード、高電子移動度トランジスタ(HEMT)、GaAs系電界効果トランジスタ(FET)、GaN系電界効果トランジスタ(FET)およびヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)よりなる群から選択された1または複数の半導体素子が用いられる。これらの半導体素子は能動素子である。半導体素子30として、例えば量子素子を用いることができる。本実施の形態では、半導体素子30はショットキバリアダイオードである。

40

【0056】

図5は、フリップチップ実装法による半導体素子30の実装を示す模式図である。図5に示すように、半導体素子30は、端子31a, 31bを有する。端子31a, 31bは、例えばダイオードのアノードおよびカソードである。半導体素子30は、端子31a, 31bが下を向くように電極20a, 20bの上方に位置決めされ、端子31a, 31bがそれぞれAuスタッドパンプ32を用いて電極20a, 20bに接合される。

【0057】

図6は、ワイヤボンディング実装法による半導体素子30の実装を示す模式図である。図6に示すように、半導体素子30は、端子31a, 31bが上を向くように電極20a

50

、20b上に位置決めされ、端子31a、31bがそれぞれAuボンディングワイヤ33を用いて電極20a、20bに接続される。

【0058】

図3のアンテナ部100においては、テーパスロットSの開口端E1から半導体素子30の実装部分までの範囲が電磁波を送信または受信する送受信部として機能する。アンテナ部100により送信または受信される電磁波の周波数は、テーパスロットSの幅およびテーパスロットSの実効誘電率により定まる。テーパスロットSの実効誘電率は、電極20a、20b間の空気の比誘電率ならびに誘電体膜10の比誘電率および厚みに基づいて算出される。

【0059】

一般に、媒質中の電磁波の波長は次式で表される。

【0060】

$$\lambda = \lambda_0 / \epsilon_{r \text{ e f}}$$

λ_0 は真空中の電磁波の波長であり、 $\epsilon_{r \text{ e f}}$ は媒質の実効比誘電率である。したがって、テーパスロットSの実効比誘電率が高くなると、テーパスロットSにおける電磁波の波長は短くなる。逆に、テーパスロットSの実効比誘電率が低くなると、テーパスロットSにおける電磁波の波長は長くなる。テーパスロットSの実効比誘電率を最小の1と仮定した場合、テーパスロットSの幅が1.5mmとなる部分で0.1THzの電磁波が送信または受信される。マージンを考慮して、テーパスロットSが2mmの幅を有する部分を含むことが望ましい。

【0061】

テーパスロットSの長さは、0.5mm以上30mm以下であることが好ましい。テーパスロットSの長さが0.5mm以上であることにより、半導体素子30の実装面積を確保することができる。また、テーパスロットSの長さは10波長を目安として30mm以下とすることが好ましい。

【0062】

図7は、図1の支持体200の模式的平面図である。図8は、図7の支持体200の支持層の模式的平面図である。図7に示すように、支持体200は、支持層210および絶縁層220を含む。

【0063】

支持層210は、折曲可能でかつ形状保持性を有する材料により形成される。本実施の形態においては、支持層210はステンレスにより形成される金属層である。支持層210はアルミニウムまたは銅等の他の金属により形成されてもよい。また、本実施の形態においては、絶縁層220は、0.1THz以上0.5THz以下の電磁波をほとんど吸収しない誘電体により形成される。

【0064】

絶縁層220が誘電体膜10と同じ樹脂材料により形成されてもよい。本実施の形態では、絶縁層220はポリイミドにより形成される。絶縁層220が誘電体膜10と同じ樹脂材料により形成される場合、絶縁層220が誘電体膜10と連続する誘電体膜であってもよい。この場合、誘電体膜は折曲される。

【0065】

絶縁層220は、図3のアンテナ部100により受信または送信されるテラヘルツ帯域内の電磁波をほとんど吸収しない他の絶縁物により形成されてもよい。例えば、絶縁層220が、多孔質PTFEにより形成されてもよい。

【0066】

図8に示すように、支持層210は、複数(本例では2つ)の帯状の支持板211、212および複数の(本例では3つ)の補強板213、214、215を含む。支持板211、212は、互いに平行に設けられる。補強板213は、支持板211、212の長手方向の一端部を接続するように、支持板211、212に一体的に形成される。

【0067】

10

20

30

40

50

補強板 214 は、支持板 211 の一部と支持板 212 の一部を接続するように、支持板 211, 212 に一体的に形成される。補強板 215 は、支持板 211 の他の一部と支持板 212 の他の一部を接続するように、支持板 211, 212 に一体的に形成される。支持板 211, 212 および補強板 214, 215 により矩形の開口部 OP が形成される。開口部 OP を閉塞するように、支持板 211, 212 および補強板 214, 215 上に矩形の図 7 の絶縁層 220 が形成される。

【0068】

支持層 210 の互いに対向する 2 つの面のうち一方の面を主面と呼び、他方の面を裏面と呼ぶ。支持層 210 の補強板 213 および一定長さの支持板 211, 212 の部分の主面上には、図 3 のアンテナ部 100 が配置されるアンテナ部配置領域 230 が設けられる。図 7 および図 8 においては、アンテナ部配置領域 230 が点線で示される。

10

【0069】

支持層 210 には、幅方向に平行な複数 (図 7 および図 8 の例では 4 つ) の折曲部 F1, F2, F3, F4 が設けられる。図 7 および図 8 においては、折曲部 F1 ~ F4 が一点鎖線で示される。アンテナ部配置領域 230 の端部と折曲部 F1 との間の距離は D1 に設定される。折曲部 F1, F2 間の距離は D2 に設定される。折曲部 F2, F3 間の距離は $2 \times D2$ に設定される。折曲部 F3, F4 間の距離は D2 に設定される。

【0070】

折曲部 F1 ~ F4 は、例えば線状の浅い溝であってもよく、または、線状の印等でもよい。あるいは、折曲部 F1 ~ F4 で支持層 210 を折曲可能であれば、折曲部 F1 ~ F4 に特に何もなくてもよい。本例においては、折曲部 F1 ~ F4 は支持層 210 の主面に設けられた線状の浅い溝である。以下、支持層 210 の裏面同士が向かい合うように支持層 210 を折り曲げることを山折りと呼び、支持層 210 の主面同士が向かい合うように支持層 210 を折り曲げることを谷折りと呼ぶ。

20

【0071】

このように、支持層 210 は金属材料により形成され、支持層 210 の支持板 211, 212 は、誘電体膜 10 の裏面上において電極 20a, 20b に重ならない領域に形成される。この場合、誘電体膜 10 の厚みが小さい場合でも、アンテナモジュール 500 の形状保持性が確保される。それにより、電磁波の送信方向または受信方向を固定することができる。また、アンテナモジュール 500 の取り扱い性が向上する。さらに、支持体による指向性の変化および電磁波の伝送損失を抑制することができる。

30

【0072】

図 9 は、支持層 210 が折り曲げられる前におけるアンテナモジュール 500 の模式的平面図である。図 9 に示すように、図 7 のアンテナ部配置領域 230 上にアンテナ部 100 が配置される。また、図 8 の開口部 OP に重なるように絶縁層 220 上に誘電体レンズ 300 が形成される。本例においては、誘電体レンズ 300 は平凸レンズであり、比誘電率 2.1 の PTFE により形成される。

【0073】

支持層 210 を折曲部 F2, F4 に沿って山折りするとともに、支持層 210 を折曲部 F1, F3 に沿って谷折りする。それにより、図 1 に示すように、絶縁層 220 が誘電体膜 10 の主面に対して垂直となる。ここで、図 2 に示すように、折曲部 F1, F2 間の距離は D2 であり、折曲部 F2, F3 間の距離は $2 \times D2$ であり、折曲部 F3, F4 間の距離は D2 である。この構成によれば、図 8 の開口部 OP の中心および絶縁層 220 の中心は、支持層 210 と同一平面上に位置する。

40

【0074】

誘電体レンズ 300 は、光軸がアンテナ部 100 のテーパスロット S を通りかつ図 8 の開口部 OP と重なるように絶縁層 220 上に形成される。誘電体レンズ 300 は、アンテナ部 100 からほぼ距離 D1 の位置に配置される。

【0075】

この構成によれば、アンテナ部 100 により送信されるテラヘルツ帯域内の電磁波が絶

50

縁層 220 および誘電体レンズ 300 を通して放射される。この場合、誘電体レンズ 300 により電磁波が平行化される。また、テラヘルツ帯域内の電磁波が誘電体レンズ 300 および絶縁層 220 を通してアンテナ部 100 により受信される。この場合、誘電体レンズ 300 により電磁波が収束される。

【0076】

誘電体レンズ 300 は絶縁層 220 上に形成されるので、誘電体レンズ 300 を容易に支持することができる。また、電極 20a, 20b により送信または受信される電磁波が支持層 210 の開口部 OP および誘電体レンズ 300 を透過する。これにより、支持層 210 が電磁波に影響を与えることなく誘電体レンズ 300 を確実に支持することができる。

10

【0077】

(2) アンテナモジュールの製造方法

図 9 のアンテナモジュール 500 の製造工程について説明する。図 10 ~ 図 12 は、図 9 のアンテナモジュール 500 の製造工程を示す模式的工程断面図である。図 10 (a), (b) ~ 図 12 (a), (b) の上段に図 9 のアンテナモジュール 500 の B - B 線断面図を示す。図 10 (a), (b) ~ 図 12 (a), (b) の下段に図 9 のアンテナモジュール 500 の C - C 線断面図を示す。

【0078】

まず、図 10 (a) に示すように、例えばステンレス鋼からなる長尺状の金属層 210a を準備する。金属層 210a の厚みは例えば 50 μm である。ここで、例えばハーフエッチングにより金属層 210a の主面の所定の 4 つの位置にそれぞれ線状の浅い溝を形成する。これにより、金属層 210a に図 8 の折曲部 F1 ~ F4 が形成される。

20

【0079】

線状の浅い溝は、金属層 210a の裏面に形成されてもよい。あるいは、谷折りのための折曲部 F1, F3 に対応する浅い溝は金属層 210a の主面に形成され、山折りのための折曲部 F2, F4 に対応する浅い溝は金属層 210a の裏面に形成されてもよい。

【0080】

次に、図 10 (b) に示すように、金属層 210a の主面上の所定の位置に誘電体膜 10 を形成するとともに、金属層 210a の主面上の他の所定の位置に絶縁層 220 を形成する。誘電体膜 10 および絶縁層 220 は、例えばポリイミド樹脂前駆体を金属層 210a の主面上に塗布した後、ポリイミド樹脂前駆体を加熱することにより形成することができる。本例においては、誘電体膜 10 の厚みは例えば 25 μm であり、絶縁層 220 の厚みは例えば 20 μm である。

30

【0081】

続いて、図 11 (a) に示すように、誘電体膜 10 上に銅層 201 を形成する。銅層 201 は、例えばセミアディティブ法により形成することができる。

【0082】

その後、図 11 (b) に示すように、金属層 210a を加工することにより、支持板 211, 212、補強板 214, 215 および図 8 の補強板 213 を有する支持層 210 を形成する。支持層 210 は、例えば所定のパターンを有するフォトリソマスクおよび塩化鉄溶液を用いたウェットエッチングにより形成することができる。支持板 211, 212 および補強板 214, 215 により囲まれる矩形の領域が開口部 OP となる。これにより、支持体 200 が完成する。

40

【0083】

次に、図 12 (a) に示すように、銅層 201 を覆うようにニッケル層 202 および金層 203 を順次形成する。ニッケル層 202 は例えばニッケルめっきにより形成することができ、金層 203 は、例えば金めっきにより形成することができる。銅層 201、ニッケル層 202 および金層 203 により電極 20a, 20b が形成される。電極 20a, 20b 間の隙間がテーパスロット S となる。図 3 の半導体素子 30 が電極 20a, 20b の端部上に実装されることにより、アンテナ部 100 が完成する。

50

【0084】

最後に、図12(b)に示すように、絶縁層220上に誘電体レンズ300を形成する。誘電体レンズ300は、金型、インクジェットまたはディスペンサ等の任意のプロセスにより絶縁層220上に形成することができる。ここで、例えば銅により形成されたアライメントマークを基準に誘電体レンズ300を形成することにより、誘電体レンズ300をアンテナ部100に対して精度良く配置することができる。なお、アライメントマークは、図11(a)の工程において銅層201と同時に形成してもよい。このようにして、アンテナモジュール500が完成する。

【0085】

(3) アンテナ部の動作

図13は、アンテナ部100の受信動作を示す模式的平面図である。図13において、電磁波RWは、テラヘルツ帯域の周波数(例えば0.3THz)を有するデジタル強度変調信号波およびギガヘルツ帯域の周波数(例えば1GHz)を有する信号波を含む。電磁波RWは、アンテナ部100のテーパスロットSにおいて受信される。それにより、電極20a, 20bにテラヘルツ帯域の周波数成分を有する電流が流れる。半導体素子30は検波動作および整流動作を行う。それにより、半導体素子30からギガヘルツ帯域の周波数(例えば1GHz)を有する信号SGが出力される。

10

【0086】

図14は、アンテナ部100の送信動作を示す模式的平面図である。図14において、ギガヘルツ帯域の周波数(例えば1GHz)を有する信号SGが半導体素子30に入力される。半導体素子30は発振動作を行う。それにより、アンテナ部100のテーパスロットSから電磁波RWが送信される。電磁波RWは、テラヘルツ帯域の周波数(例えば0.3THz)を有するデジタル強度変調信号波およびギガヘルツ帯域の周波数(例えば1GHz)を有する信号波を含む。

20

【0087】

(4) アンテナ部の指向性

図15は、アンテナ部100の指向性を説明するための模式的側面図である。図15において、アンテナ部100は、信号波で変調されたキャリア波を電磁波RWとして放射する。この場合、誘電体膜10の比誘電率が低いので、電磁波RWが誘電体膜10に引き寄せられない。そのため、電磁波RWは、アンテナ部100の中心線方向に進行する。

30

【0088】

図16は、アンテナ部100の指向性の変更を説明するための模式的側面図である。アンテナ部100の誘電体膜10および支持体200は柔軟性を有する。そのため、アンテナ部100および絶縁層220を中心線方向に交差する線に沿って折り曲げることができる。それにより、図16に示すように、電磁波RWの放射方向を任意の方向に変更することができる。

【0089】

また、誘電体レンズ300は支持体200により一体的に支持される。そのため、電磁波RWの放射方向を変更するためにアンテナ部100および支持体200を折り曲げた場合、誘電体レンズ300の光軸がアンテナ部100のテーパスロットSを通った状態を維持しつつ誘電体レンズ300の位置も変更される。これにより、アンテナ部100により送信または受信されるテラヘルツ帯域内の電磁波RWを効率良く平行化または収束させることができる。

40

【0090】

(5) 効果

本実施の形態に係るアンテナモジュール500の製造方法においては、支持体200の支持層210が誘電体膜10の裏面上に形成され、誘電体レンズ300が絶縁層220を介して支持層210上に設けられる。その後、電極20a, 20bにより送信または受信されるテラヘルツ帯域内の電磁波が誘電体レンズ300を透過するように支持層210が折曲部F1~F4に沿って折曲される。

50

【 0 0 9 1 】

この場合、複数の取付部材を用いることなく、支持層 2 1 0 を折曲することにより、誘電体レンズ 3 0 0 の光軸がアンテナ部 1 0 0 のテーパスロット S を通る位置に誘電体レンズ 3 0 0 を配置することができる。したがって、アンテナモジュール 5 0 0 の製造コストが低減されるとともに、アンテナモジュール 5 0 0 を容易に組み立てることが可能である。

【 0 0 9 2 】

また、本実施の形態に係るアンテナモジュール 5 0 0 においては、誘電体膜 1 0 の主面上に形成される電極 2 0 a , 2 0 b によりテラヘルツ帯域内の電磁波が送信または受信される。また、誘電体膜 1 0 の主面上に実装された半導体素子 3 0 が検波および整流動作または発振動作を行う。電極 2 0 a , 2 0 b により送信または受信される電磁波は誘電体レンズ 3 0 0 を透過することにより収束または平行化される。

10

【 0 0 9 3 】

また、誘電体膜 1 0 が樹脂により形成されるので、電極 2 0 a , 2 0 b の周囲の実効比誘電率が低くなる。それにより、電極 2 0 a , 2 0 b から放射された電磁波または電極 2 0 a , 2 0 b により受信される電磁波が誘電体膜 1 0 に引き寄せられることが少ない。したがって、効率よく電磁波を放射させることが可能であり、アンテナモジュール 5 0 0 の指向性が良好になる。

【 0 0 9 4 】

ここで、電磁波の伝送損失 $[d B / m]$ は、導体損失 1 および誘電体損失 2 により次式で表される。

20

【 0 0 9 5 】

$$= 1 + 2 [d B / m]$$

実効比誘電率を $r_{e f}$ とし、 f を周波数とし、導体表皮抵抗を $R(f)$ とし、誘電正接を \tan とすると、導体損失 1 および誘電体損失 2 は次のように表される。

【 0 0 9 6 】

$$\frac{1}{2} R(f) \cdot r_{e f} [d B / m]$$

$$\frac{2}{r_{e f} \cdot \tan} \cdot f [d B / m]$$

上式より、実効比誘電率 $r_{e f}$ が低いと、電磁波の伝送損失 が低減される。

【 0 0 9 7 】

本実施の形態に係るアンテナモジュール 5 0 0 では、電極 2 0 a , 2 0 b の周囲の実効比誘電率が低いので、電磁波の伝送損失が低減される。それにより、伝送速度の向上および伝送距離の向上が可能となる。さらに、電磁波が誘電体レンズ 3 0 0 を透過することにより指向性およびアンテナ利得が向上する。

30

【 0 0 9 8 】

[2] 第 2 の実施の形態

(1) アンテナモジュールの構成

第 2 の実施の形態に係るアンテナモジュールについて、第 1 の実施の形態に係るアンテナモジュール 5 0 0 と異なる点を説明する。図 1 7 は、第 2 の実施の形態に係るアンテナモジュールの外観斜視図である。図 1 8 は、図 1 7 のアンテナモジュールの模式的側面図である。図 1 7 および図 1 8 に示すように、アンテナモジュール 5 0 0 は、アンテナ部 1 0 0、支持体 2 0 0 および誘電体レンズ 3 0 0 を含む。本実施の形態におけるアンテナ部 1 0 0 の構成は、第 1 の実施の形態におけるアンテナ部 1 0 0 の構成と同様である。以下、支持体 2 0 0 および誘電体レンズ 3 0 0 の詳細について説明する。

40

【 0 0 9 9 】

本実施の形態に係る支持体 2 0 0 は、支持層 2 1 0 およびレンズ保持部材 2 4 0 を含む。レンズ保持部材 2 4 0 は、形状保持性を有する材料により形成される。本実施の形態においては、レンズ保持部材 2 4 0 はステンレスにより形成される。レンズ保持部材 2 4 0 はアルミニウムまたは銅等の他の金属により形成されてもよい。また、レンズ保持部材 2 4 0 が誘電体膜 1 0 よりも高い形状保持性を有する樹脂により形成されてもよい。

50

【 0 1 0 0 】

図 1 9 は、図 1 7 の支持体 2 0 0 の支持層 2 1 0 の模式的平面図である。図 1 9 に示すように、本実施の形態における支持層 2 1 0 は、第 1 の実施の形態の支持層 2 1 0 の補強板 2 1 4 , 2 1 5 (図 8) に代えて、突出板 2 1 6 , 2 1 7 を含む。

【 0 1 0 1 】

突出板 2 1 6 は、支持板 2 1 1 の側辺から外方に延びるように支持板 2 1 1 に一体的に形成される。突出板 2 1 7 は、支持板 2 1 2 の側辺から外方に延びるように支持板 2 1 2 に一体的に形成される。突出板 2 1 6 , 2 1 7 には、それぞれ矩形状の開口部 2 1 6 o , 2 1 7 o が形成される。支持層 2 1 0 の長手方向における開口部 2 1 6 o , 2 1 7 o の中心とアンテナ部配置領域 2 3 0 との間の距離は D 1 に設定される。

10

【 0 1 0 2 】

支持層 2 1 0 には、第 1 の実施の形態の支持層 2 1 0 の折曲部 F 1 ~ F 4 (図 8) に代えて、折曲部 F 5 , F 6 が設けられる。図 1 9 においては、折曲部 F 5 , F 6 が一点鎖線で示される。折曲部 F 5 は支持板 2 1 1 と突出板 2 1 6 との境界線上に設けられ、折曲部 F 6 は支持板 2 1 2 と突出板 2 1 7 との境界線上に設けられる。

【 0 1 0 3 】

折曲部 F 5 , F 6 は、例えば線状の浅い溝であってもよく、または、線状の印等でもよい。あるいは、折曲部 F 5 , F 6 で支持層 2 1 0 を折曲可能であれば、折曲部 F 5 , F 6 に特に何もなくてもよい。本例においては、折曲部 F 5 , F 6 は支持層 2 1 0 の主面に設けられた線状の浅い溝である。

20

【 0 1 0 4 】

図 2 0 は、図 1 7 の支持体 2 0 0 のレンズ保持部材 2 4 0 の構成を示す図である。図 2 0 (a) , (b) , (c) は、それぞれレンズ保持部材 2 4 0 の斜視図、正面図および側面図を示す。

【 0 1 0 5 】

図 2 0 (a) ~ (c) に示すように、レンズ保持部材 2 4 0 は、板状部材 2 4 1 により形成される。板状部材 2 4 1 には、円形の開口部 2 4 2 が形成される。図 2 0 (c) に示すように、開口部 2 4 2 には誘電体レンズ 3 0 0 が嵌合可能である。

【 0 1 0 6 】

板状部材 2 4 1 の両方の側部の上端近傍に外方へ突出するように突出部 2 4 3 , 2 4 4 がそれぞれ形成される。突出部 2 4 3 は図 1 9 の突出板 2 1 6 の開口部 2 1 6 o に嵌合可能であり、突出部 2 4 4 は図 1 9 の突出板 2 1 7 の開口部 2 1 7 o に嵌合可能である。

30

【 0 1 0 7 】

板状部材 2 4 1 の両方の側部の下端側にそれぞれ切欠部 2 4 5 , 2 4 6 が形成される。切欠部 2 4 5 の下面は図 1 9 の支持板 2 1 1 の主面に当接可能であり、切欠部 2 4 6 の下面は図 1 9 の支持板 2 1 2 の主面に当接可能である。

【 0 1 0 8 】

レンズ保持部材 2 4 0 の開口部 2 4 2 に誘電体レンズ 3 0 0 が嵌合される。この場合、レンズ保持部材 2 4 0 により誘電体レンズ 3 0 0 を確実に支持することができる。本例においては、誘電体レンズ 3 0 0 は平凸レンズであり、比誘電率 2 . 1 の P T F E により形成される。図 2 0 (c) の例においては、平凸レンズである誘電体レンズ 3 0 0 の平面部がレンズ保持部材 2 4 0 の開口部 2 4 2 の略半分の深さに位置する。

40

【 0 1 0 9 】

この状態で、レンズ保持部材 2 4 0 の切欠部 2 4 5 , 2 4 6 の下面がそれぞれ支持層 2 1 0 の支持板 2 1 1 , 2 1 2 の主面に配置される。その後、支持層 2 1 0 が折曲部 F 5 , F 6 に沿って谷折りされる。それにより、レンズ保持部材 2 4 0 の突出部 2 4 3 が突出板 2 1 6 の開口部 2 1 6 o に嵌合し、突出部 2 4 4 が突出板 2 1 7 の開口部 2 1 7 o に嵌合する。この場合、図 1 7 に示すように、レンズ保持部材 2 4 0 が誘電体膜 1 0 の主面に対して垂直となる。

【 0 1 1 0 】

50

レンズ保持部材 240 が支持層 210 に取り付けられた状態において、誘電体レンズ 300 の中心が誘電体膜 10 の主面と同一の平面上に位置するように開口部 242 が形成される。これにより、誘電体レンズ 300 は、アンテナ部 100 からほぼ距離 D1 の位置において、光軸がアンテナ部 100 のテーパスロット S を通る状態でレンズ保持部材 240 により保持される。

【0111】

この構成によれば、アンテナ部 100 により送信されるテラヘルツ帯域内の電磁波が開口部 242 および誘電体レンズ 300 を通して放射される。この場合、誘電体レンズ 300 により電磁波が平行化される。また、テラヘルツ帯域内の電磁波が開口部 242 および誘電体レンズ 300 を通してアンテナ部 100 により受信される。この場合、誘電体レンズ 300 により電磁波が収束される。このように、支持層 210 は電磁波に影響を与えることなく誘電体レンズ 300 を確実に支持することができる。

10

【0112】

(2) アンテナモジュールの製造方法

本実施の形態に係るアンテナモジュール 500 の製造方法は、以下の点を除いて第 1 の実施の形態に係るアンテナモジュール 500 の製造方法と同様である。

【0113】

図 10 (a) の工程においては、支持層 210 の主面の所定の 2 つの位置に複数の線状の浅い溝が形成される。これにより、支持層 210 に図 19 の折曲部 F5, F6 が形成される。図 10 (b) の工程においては、支持層 210 上に絶縁層 220 は形成されない。

20

【0114】

図 11 (b) の工程においては、補強板 214, 215 に代えて突出板 216, 217 が形成される。突出板 216, 217 には、それぞれ開口部 216o, 217o が形成される。図 12 (b) の工程は省略される。

【0115】

また、レンズ保持部材 240 は、金型を用いてステンレスを加工することにより形成される。これに代えて、レンズ保持部材 240 は、ステンレス部材を機械加工することにより形成されてもよい。あるいは、レンズ保持部材 240 は、フォトリソマスクおよび塩化鉄溶液を用いてステンレス部材をウェットエッチングすることにより形成されてもよい。

30

【0116】

(3) 効果

本実施の形態に係るアンテナモジュール 500 の製造方法においては、支持体 200 の支持層 210 が誘電体膜 10 の裏面上に形成され、支持層 210 の突出板 216, 217 が折曲部 F5, F6 に沿って折曲される。その後、折曲された突出板 216, 217 によりレンズ保持部材 240 が支持される。誘電体レンズ 300 がレンズ保持部材 240 により保持される。誘電体レンズ 300 の光軸がアンテナ部 100 のテーパスロット S を通る位置に誘電体レンズ 300 を配置することができる。したがって、アンテナモジュール 500 の製造コストが低減されるとともに、アンテナモジュール 500 を容易に組み立てることが可能である。

40

【0117】

また、本実施の形態に係るアンテナモジュール 500 においては、誘電体膜 10 の主面上に形成される電極 20a, 20b によりテラヘルツ帯域内の電磁波が送信または受信される。また、誘電体膜 10 の主面上に実装された半導体素子 30 が検波および整流動作または発振動作を行う。電極 20a, 20b により送信または受信される電磁波は誘電体レンズ 300 を透過することにより収束または平行化される。

【0118】

さらに、誘電体膜 10 が樹脂により形成されるので、電極 20a, 20b の周囲の実効比誘電率が低くなる。これにより、電極 20a, 20b から放射された電磁波または電極 20a, 20b により受信される電磁波が誘電体膜 10 に引き寄せられることが少ない。

50

したがって、効率よく電磁波を放射させることが可能であり、アンテナモジュール500の指向性が良好になる。また、電極20a, 20bの周囲の実効比誘電率が低いので、電磁波の伝送損失が低減される。それにより、伝送速度の向上および伝送距離の向上が可能となる。さらに、電磁波が誘電体レンズ300を透過することにより指向性およびアンテナ利得が向上する。

【0119】

[3] 他の実施の形態

(1) 第1の実施の形態に係るアンテナモジュール500において、絶縁層220の一面上に平凸レンズである誘電体レンズ300が形成されるが、これに限定されない。絶縁層220の一面上に一の平凸レンズが形成されるとともに、絶縁層220の他面上に他の平凸レンズが形成されてもよい。この場合、2つの平凸レンズにより両凸レンズである誘電体レンズ300が構成される。

10

【0120】

同様に、第2の実施の形態に係るアンテナモジュール500において、レンズ保持部材240の一面側から開口部242に平凸レンズである誘電体レンズ300が嵌合されるが、これに限定されない。レンズ保持部材240の一面側から開口部242に一の平凸レンズが嵌合され、レンズ保持部材240の他面側から開口部242に他の平凸レンズが嵌合されてもよい。この場合、2つの平凸レンズにより両凸レンズである誘電体レンズ300が構成される。

【0121】

あるいは、第2の実施の形態に係るアンテナモジュール500において、平凸レンズに代えて両凸レンズである誘電体レンズ300がレンズ保持部材240の開口部242に嵌合されてもよい。

20

【0122】

(2) 第1の実施の形態に係るアンテナモジュール500において、支持層210に3つの補強板213~215が設けられるが、これに限定されない。支持層210の強度が十分に大きい場合には、支持層210に2つ以下の補強板が設けられてもよい。一方、支持層210の強度をより大きくする場合には、支持層210に4つ以上の補強板が設けられてもよい。

【0123】

同様に、第2の実施の形態に係るアンテナモジュール500において、支持層210に1つの補強板213が設けられるが、これに限定されない。支持層210の強度が十分に大きい場合には、支持層210に補強板213が設けられなくてもよい。一方、支持層210の強度をより大きくする場合には、支持層210に2つ以上の補強板が設けられてもよい。

30

【0124】

(3) 上記実施の形態において、電極20a, 20bおよび半導体素子30は誘電体膜10の主面に設けられるが、これに限定されない。電極20a, 20bおよび半導体素子30は誘電体膜10の裏面に設けられてもよい。あるいは、電極20a, 20bが誘電体膜10の主面および裏面のいずれか一方に設けられ、半導体素子30が誘電体膜10の主面および裏面のいずれか他方に設けられてもよい。

40

【0125】

(4) 図11(b)の工程、図12(a)の工程および図12(b)の工程の順序は第1の実施の形態の順序に限定されない。例えば、図12(a)の工程を図11(b)の工程の前に行ってもよく、図12(b)の工程を図11(b)の工程および図12(a)の工程の前に行ってもよく、図12(a)の工程を図11(b)の工程および図12(b)の工程の後に行ってもよい。

【0126】

[4] 実施例

(1) アンテナモジュールの寸法

50

上記実施の形態に係るアンテナモジュールの各種特性を電磁界シミュレーションにより評価した。図 2 1 は、電磁界シミュレーションで用いたアンテナモジュールのアンテナ部 1 0 0 の寸法を説明するための模式的平面図である。幅方向における電極 2 0 a , 2 0 b の外側の端縁間の距離 W_0 は 2 . 8 3 mm である。開口端 E 1 におけるテーパスロット S の幅 W_1 は 1 . 1 1 mm である。

【 0 1 2 7 】

開口端 E 1 と実装端 E 2 との間の位置 P 1 , P 2 におけるテーパスロット S の幅 W_2 , W_3 は、それぞれ 0 . 8 8 mm および 0 . 3 6 mm である。開口端 E 1 と位置 P 1 との間の長さ L_1 は 1 . 4 9 mm であり、位置 P 1 と位置 P 2 との間の長さ L_2 は 1 . 4 9 mm である。位置 P 2 と実装端 E 2 との間の長さ L_3 は 3 . 7 3 mm である。実装端 E 2 におけるテーパスロット S の幅は 5 0 μ m である。

10

【 0 1 2 8 】

実施例および比較例として、図 2 1 のアンテナ部 1 0 0 を有するアンテナモジュールについて種々の電磁界シミュレーションを行った。

【 0 1 2 9 】

図 2 2 は、シミュレーションにおけるアンテナ部 1 0 0 の受信角度の定義を説明するための模式図である。図 2 2 において、アンテナ部 1 0 0 の中心線方向を 0 ° とする。また、誘電体膜 1 0 の主面に平行な面を平行面と呼び、誘電体膜 1 0 の主面に垂直な面を垂直面と呼ぶ。平行面内で中心線方向に対してなす角度を方位角 と呼び、垂直面内で中心線方向に対してなす角度を仰角 と呼ぶ。

20

【 0 1 3 0 】

図 2 3 は、アンテナモジュールの 3 次元電磁界シミュレーションの結果を示す図である。図 2 3 (a) は、アンテナ部 1 0 0 の方向の定義を説明するための図であり、図 2 3 (b) は、アンテナ部 1 0 0 の放射特性 (指向性) を示す図である。

【 0 1 3 1 】

図 2 3 (a) に示すように、アンテナ部 1 0 0 の中心線方向を Y 方向と呼び、誘電体膜 1 0 の主面に平行でかつ Y 方向に直交する方向を X 方向と呼び、誘電体膜 1 0 の主面に垂直な方向を Z 方向と呼ぶ。図 2 3 (b) に示すように、アンテナ部 1 0 0 により電磁波は Y 方向に放射される。

【 0 1 3 2 】

図 2 4 は、実施例に係るアンテナモジュールの構成を示す平面図である。図 2 4 に示すように、実施例に係るアンテナモジュールは、図 2 1 のアンテナ部 1 0 0 および誘電体レンズ 3 0 0 を含む。誘電体レンズ 3 0 0 は両凸レンズであり、比誘電率 2 . 1 の P T F E により形成される。

30

【 0 1 3 3 】

誘電体レンズ 3 0 0 の直径は d_1 である。アンテナ部 1 0 0 の開口端 E 1 (図 2 1) から誘電体レンズ 3 0 0 の厚み方向の中心位置までの距離は d_2 である。アンテナ部 1 0 0 の開口端 E 1 から誘電体レンズ 3 0 0 の手前の面までの距離は d_3 である。

【 0 1 3 4 】

(2) 誘電体レンズの有無による特性の差異

40

まず、誘電体レンズ 3 0 0 の有無によるアンテナモジュールの特性の差異について電磁界シミュレーションにより検討した。

【 0 1 3 5 】

実施例 1 に係るアンテナモジュールにおいては、直径 d_1 、距離 d_2 および距離 d_3 をそれぞれ 4 . 9 mm、1 . 9 mm および 0 . 6 mm に設定した。実施例 2 に係るアンテナモジュールにおいては、直径 d_1 、距離 d_2 および距離 d_3 をそれぞれ 5 . 4 mm、1 . 7 mm および 0 . 9 mm に設定した。実施例 3 に係るアンテナモジュールにおいては、直径 d_1 、距離 d_2 および距離 d_3 をそれぞれ 7 . 7 mm、2 . 7 mm および 0 . 9 mm に設定した。比較例 1 に係るアンテナモジュールは誘電体レンズ 3 0 0 を有しない。

【 0 1 3 6 】

50

実施例 1 ~ 3 および比較例 1 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を電磁界シミュレーションにより求めた。図 2 5 および図 2 6 は、実施例 1 ~ 3 および比較例 1 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。図 2 5 の縦軸はアンテナ利得 [d B i] を表し、横軸は方位角 を表す。図 2 6 の縦軸はアンテナ利得 [d B i] を表し、横軸は仰角 を表す。

【 0 1 3 7 】

図 2 5 および図 2 6 において、実施例 1 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を細い点線で示す。実施例 2 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を太い実線で示す。実施例 3 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を太い点線で示す。比較例 1 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を細い実線で示す。図 2 5 および図 2 6 に示される実施例 1 ~ 3 および比較例 1 におけるアンテナ部 1 0 0 の最大アンテナ利得を表 1 に示す。

10

【 0 1 3 8 】

【表 1】

	最大アンテナ利得
実施例 1	15.03 [dBi]
実施例 2	12.53 [dBi]
実施例 3	14.28 [dBi]
比較例 1	12.42 [dBi]

20

表 1 に示すように、実施例 1 ~ 3 に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得は、それぞれ 1 5 . 0 3 d B i 、 1 2 . 5 3 d B i および 1 4 . 2 8 d B i となった。一方、比較例 1 に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得は 1 2 . 4 2 d B i となった。

【 0 1 3 9 】

実施例 1 ~ 3 および比較例 1 の結果から、アンテナモジュールに誘電体レンズ 3 0 0 を設けることにより、最大アンテナ利得が向上されることが確認された。特に、実施例 1 , 2 においては、最大アンテナ利得が大きく向上される。これは、誘電体レンズ 3 0 0 により電磁波が収束されることによるものと考えられる。

30

【 0 1 4 0 】

また、図 2 5 に示すように、実施例 2 においては、方位角 が - 1 0 ° 以上 + 1 0 ° 以下の範囲でアンテナ利得が略一定に保たれる。同様に、図 2 6 に示すように、実施例 2 においては、仰角 が - 1 0 ° 以上 + 1 0 ° 以下の範囲でアンテナモジュールのアンテナ利得が略一定に保たれる。これにより、電磁波が誘電体レンズ 3 0 0 により略平行化されることが確認された。

【 0 1 4 1 】

このように、アンテナモジュールに設けられる誘電体レンズ 3 0 0 の直径を適切に選択することにより、最大アンテナ利得を向上させること、または電磁波を平行化することが可能であることが確認された。

40

【 0 1 4 2 】

図 2 7 および図 2 8 は、実施例 1 ~ 3 および比較例 1 に係るアンテナモジュールの 3 次元電磁界シミュレーションの結果を示す図である。図 2 7 (a) , (b) および図 2 8 (a) , (b) は、それぞれ実施例 1 ~ 3 および比較例 1 に係るアンテナモジュールにおける放射特性 (指向性) を示す。

【 0 1 4 3 】

図 2 7 および図 2 8 に示すように、実施例 1 ~ 3 のアンテナ利得が高い領域 (濃度が高い領域) は、比較例 1 のアンテナ利得が高い領域よりも拡大されることが確認された。し

50

たがって、誘電体レンズ300の直径を適切に選択することにより、アンテナモジュールから送信される電磁波を受信する受信機の位置ずれの許容範囲を大きくすることができる。また、より遠方まで電磁波を到達させることができる。

【0144】

(3) 第1の実施の形態における支持体の有無による特性の差異

次に、第1の実施の形態における支持体200の有無による特性の差異について電磁界シミュレーションにより検討した。

【0145】

実施例4, 5に係るアンテナモジュールにおいては、直径 d_1 、距離 d_2 および距離 d_3 をそれぞれ5.4mm、1.7mmおよび0.9mmに設定した。また、実施例5に係るアンテナモジュールは、第1の実施の形態における図1の支持体200(以下、支持体200Aと呼ぶ。)を有する。一方、実施例4に係るアンテナモジュールは、支持体200Aを有しない。比較例2に係るアンテナモジュールは支持体200Aおよび誘電体レンズ300を有しない。

10

【0146】

実施例4, 5および比較例2に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を電磁界シミュレーションにより求めた。図29および図30は、実施例4, 5および比較例2に係るアンテナモジュールのアンテナ利得の電磁界シミュレーション結果を示す図である。図29の縦軸はアンテナ利得[dBi]を表し、横軸は方位角を表す。図30の縦軸はアンテナ利得[dBi]を表し、横軸は仰角を表す。

20

【0147】

図29および図30において、実施例4に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を細い点線で示す。実施例5に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を太い実線で示す。比較例2に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を細い実線で示す。図29および図30に示される実施例4, 5および比較例2に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得を表2に示す。

【0148】

【表2】

	最大アンテナ利得
実施例4	12.50[dBi]
実施例5	13.08[dBi]
比較例2	12.42[dBi]

30

表2に示すように、実施例4, 5に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得は、それぞれ12.50dBiおよび13.08dBiとなった。一方、比較例2に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得は12.42dBiとなった。

40

【0149】

実施例1~3および比較例1の結果と同様に、実施例4, 5および比較例2の結果から、アンテナモジュールに誘電体レンズ300を設けることにより、アンテナモジュールの最大アンテナ利得が向上されることが確認された。実施例4, 5の結果から、アンテナモジュールに支持体200Aを設けることにより、アンテナモジュールの最大アンテナ利得がさらに向上されることが確認された。これは、ステンレスからなる支持体200Aにより、アンテナ部100のテーパスロットSの側方への電磁波の放射が低減されるためであると考えられる。その結果、方位角および仰角が0°付近のアンテナ利得が向上される。

【0150】

50

また、図 29 および図 30 に示すように、実施例 4, 5 に係るアンテナモジュールでは、比較例 2 に係るアンテナモジュールに比べて指向性が良好となっている。

【0151】

図 31 ~ 図 34 は、それぞれ実施例 4, 5 および比較例 3, 4 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。比較例 3 に係るアンテナモジュールは、誘電体レンズ 300 を有さず支持体 200A を有する。比較例 4 に係るアンテナモジュールは、誘電体レンズ 300 および支持体 200A を有しない。

【0152】

図 31 の実施例 4 と図 32 の実施例 5 との比較および図 33 の比較例 3 と図 34 の比較例 4 との比較から、アンテナモジュールから放射される電磁波の広がり支持体 200A により抑制されることが確認された。また、図 31 の実施例 4 と図 34 の比較例 4 との比較および図 32 の実施例 5 と図 33 の比較例 3 との比較から、アンテナモジュールから放射される電磁波の広がり誘電体レンズ 300 により抑制されることが確認された。

【0153】

(4) 第 2 の実施の形態における支持体の有無による特性の差異

次に、第 2 の実施の形態における支持体 200 の有無による特性の差異について電磁界シミュレーションにより検討した。

【0154】

実施例 6, 7 に係るアンテナモジュールにおいては、直径 d_1 、距離 d_2 および距離 d_3 をそれぞれ 4.9 mm、1.9 mm および 0.6 mm に設定した。また、実施例 7 に係るアンテナモジュールは、第 2 の実施の形態における図 17 の支持体 200 (以下、支持体 200B と呼ぶ。) を有する。一方、実施例 6 に係るアンテナモジュールは、支持体 200B を有しない。比較例 5 に係るアンテナモジュールは支持体 200B および誘電体レンズ 300 を有しない。

【0155】

実施例 6, 7 および比較例 5 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を電磁界シミュレーションにより求めた。図 35 および図 36 は、実施例 6, 7 および比較例 5 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得の電磁界シミュレーション結果を示す図である。図 35 の縦軸はアンテナ利得 [dBi] を表し、横軸は方位角 を表す。図 36 の縦軸はアンテナ利得 [dBi] を表し、横軸は仰角 を表す。

【0156】

図 35 および図 36 において、実施例 6 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を細い点線で示す。実施例 7 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を太い実線で示す。比較例 5 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を細い実線で示す。図 35 および図 36 に示される実施例 6, 7 および比較例 5 に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得を表 3 に示す。

【0157】

【表 3】

	最大アンテナ利得
実施例 6	15.03 [dBi]
実施例 7	15.75 [dBi]
比較例 5	12.42 [dBi]

表 3 に示すように、実施例 6, 7 に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得は、それぞれ 15.03 dBi および 15.75 dBi となった。一方、比較例 5 に係るアンテナ

10

20

30

40

50

ナモジュールの最大アンテナ利得は 12.42 dBi となった。

【0158】

実施例 1 ~ 5 および比較例 1, 2 の結果と同様に、実施例 6, 7 および比較例 5 の結果から、アンテナモジュールに誘電体レンズ 300 を設けることにより、アンテナモジュールの最大アンテナ利得が向上されることが確認された。実施例 6, 7 の結果から、アンテナモジュールに支持体 200B を設けることにより、アンテナモジュールの最大アンテナ利得がさらに向上されることが確認された。これは、ステンレスからなる支持体 200B により、アンテナ部 100 のテーパスロット S の側方への電磁波の放射が低減されるためであると考えられる。その結果、方位角 および仰角 が 0° 付近のアンテナ利得が向上される。

10

【0159】

また、図 35 および図 36 に示すように、実施例 6, 7 に係るアンテナモジュールでは、比較例 5 に係るアンテナモジュールに比べて指向性が良好となっている。

【0160】

図 37 ~ 図 39 は、それぞれ実施例 6, 7 および比較例 6 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。比較例 6 に係るアンテナモジュールは、誘電体レンズ 300 を有さず支持体 200B を有する。また、誘電体レンズ 300 および支持体 200B を有しないアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果は、図 34 の比較例 4 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果と同様である。

20

【0161】

図 37 の実施例 6 と図 38 の実施例 7 との比較および図 39 の比較例 6 と図 34 の比較例 4 との比較から、アンテナモジュールから放射される電磁波の広がり支持体 200B により抑制されることが確認された。また、図 37 の実施例 6 と図 34 の比較例 4 との比較および図 38 の実施例 7 と図 39 の比較例 6 との比較から、アンテナモジュールから放射される電磁波の広がり誘電体レンズ 300 により抑制されることが確認された。

【0162】

(5) 誘電体レンズの数による特性の差異

実施例 8, 9 に係るアンテナモジュールにおいては、直径 d_1 、距離 d_2 および距離 d_3 をそれぞれ 5.4 mm 、 1.7 mm および 0.9 mm に設定した。また、実施例 9 に係るアンテナモジュールは、図 24 の誘電体レンズ 300 から 7 mm の位置に直径 5.4 mm のさらなる他の誘電体レンズ 300 を有し、支持体 200A を有しない。一方、実施例 8 に係るアンテナモジュールは、さらなる他の誘電体レンズ 300 および支持体 200A を有しない。

30

【0163】

実施例 10 に係るアンテナモジュールにおいては、直径 d_1 、距離 d_2 および距離 d_3 をそれぞれ 4.9 mm 、 1.9 mm および 0.6 mm に設定した。また、実施例 10 に係るアンテナモジュールは、図 24 の誘電体レンズ 300 から 7 mm の位置に直径 5.4 mm のさらなる他の誘電体レンズ 300 を有するとともに、支持体 200A を有する。比較例 7 に係るアンテナモジュール、誘電体レンズ 300、さらなる他の誘電体レンズ 300 および支持体 200A を有しない。

40

【0164】

実施例 8 ~ 10 および比較例 7 に係るアンテナモジュールに係るアンテナモジュールのアンテナ利得を電磁界シミュレーションにより求めた。図 40 および図 41 は、実施例 8 ~ 10 および比較例 7 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得の電磁界シミュレーション結果を示す図である。図 40 の縦軸はアンテナ利得 $[\text{dBi}]$ を表し、横軸は方位角を表す。図 41 の縦軸はアンテナ利得 $[\text{dBi}]$ を表し、横軸は仰角を表す。

【0165】

図 40 および図 41 において、実施例 8 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を細い点線で示す。実施例 9 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を太い実線で示す。実

50

実施例 10 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を太い点線で示す。比較例 7 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を細い実線で示す。図 40 および図 41 に示される実施例 8 ~ 10 および比較例 7 に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得を表 4 に示す。

【0166】

【表 4】

	最大アンテナ利得
実施例 8	12.50 [dBi]
実施例 9	19.81 [dBi]
実施例 10	20.42 [dBi]
比較例 7	12.42 [dBi]

10

表 4 に示すように、実施例 8 ~ 10 に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得は、それぞれ 12.50 dBi、19.81 dBi および 20.42 dBi となった。一方、比較例 7 に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得は 12.42 dBi となった。

【0167】

20

実施例 1 ~ 7 および比較例 1, 2, 5 の結果と同様に、実施例 8 ~ 10 および比較例 7 の結果から、アンテナモジュールに誘電体レンズ 300 を設けることにより、アンテナモジュールの最大アンテナ利得が向上されることが確認された。また、実施例 8 ~ 10 の結果から、適切な位置に適切な直径を有する誘電体レンズ 300 をさらに設けることにより、アンテナモジュールの最大アンテナ利得がさらに向上されることが確認された。さらに、実施例 9, 10 の結果から、複数の誘電体レンズ 300 を有するアンテナモジュールに支持体 200A をさらに設けることにより、アンテナモジュールの最大アンテナ利得がさらに向上されることが確認された。

【0168】

また、図 40 および図 41 に示すように、実施例 9, 10 に係るアンテナモジュールでは、比較例 7 に係るアンテナモジュールに比べて指向性が良好となっている。

30

【0169】

図 42 は、実施例 9 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。図 42 に示すように、アンテナモジュールに複数の誘電体レンズ 300 を適切に配置することにより、アンテナモジュールにより送信される電磁波の広がりを抑制し、より遠方まで平行化された電磁波を送信することができる。

【0170】

(6) 誘電体レンズの位置について

実施例 11 に係るアンテナモジュールにおいては、図 21 のアンテナ部 100 から第 1 の位置に誘電体レンズ 300 を配置した。実施例 12 に係るアンテナモジュールにおいては、図 21 のアンテナ部 100 から第 1 の位置よりも遠い第 2 の位置に誘電体レンズ 300 を配置した。

40

【0171】

実施例 11, 12 に係るアンテナモジュールに係るアンテナモジュールのアンテナ利得を電磁界シミュレーションにより求めた。図 43 および図 44 は、実施例 11, 12 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得の電磁界シミュレーション結果を示す図である。図 43 の縦軸はアンテナ利得 [dBi] を表し、横軸は方位角 を表す。図 44 の縦軸はアンテナ利得 [dBi] を表し、横軸は仰角 を表す。

【0172】

図 43 および図 44 において、実施例 11 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を

50

点線で示す。実施例 1 2 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を実線で示す。図 4 3 および図 4 4 に示される実施例 1 1 , 1 2 に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得を表 5 に示す。

【 0 1 7 3 】

【表 5】

	最大アンテナ利得
実施例11	11.93[dBi]
実施例12	12.53[dBi]

10

表 5 に示すように、実施例 1 1 , 1 2 に係るアンテナモジュールの最大アンテナ利得は、それぞれ 1 1 . 9 3 d B i および 1 2 . 5 3 d B i となった。実施例 1 1 , 1 2 の結果から、アンテナモジュールに設けられる誘電体レンズ 3 0 0 の位置を適切に調整することにより、アンテナモジュールの最大アンテナ利得が向上されることが確認された。

【 0 1 7 4 】

[5] 請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応関係

以下、請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応の例について説明するが、本発明は下記の例に限定されない。

20

【 0 1 7 5 】

誘電体膜 1 0 が誘電体膜の例であり、主面が第 1 の面の例であり、裏面が第 2 の面の例であり、電極 2 0 a が電極および第 1 の導電層、電極 2 0 b が電極および第 2 の導電層の例であり、半導体素子 3 0 が半導体素子の例である。支持層 2 1 0 が支持層の例であり、誘電体レンズ 3 0 0 がレンズの例であり、アンテナモジュール 5 0 0 がアンテナモジュールの例であり、開口部 O P が第 1 の開口の例であり、開口部 2 4 2 が第 2 の開口の例である。テーパスロット S が第 3 の開口および幅の例であり、絶縁層 2 2 0 が絶縁層の例であり、レンズ保持部材 2 4 0 がレンズ保持部材の例であり、アンテナ部 1 0 0 がテーパスロットアンテナの例である。

【 0 1 7 6 】

30

第 1 の実施の形態においては、支持板 2 1 1 , 2 1 2 のうち折曲部 F 1 から補強板 2 1 3 までの部分および補強板 2 1 3 が第 1 の部分の例であり、支持板 2 1 1 , 2 1 2 のうち折曲部 F 1 から折曲部 F 4 までの部分および補強板 2 1 4 , 2 1 5 が第 2 の部分の例である。第 2 の実施の形態においては、支持板 2 1 1 , 2 1 2 が第 1 の部分の例であり、突出板 2 1 6 , 突出板 2 1 7 が第 2 の部分の例である。

【 0 1 7 7 】

請求項の各構成要素として、請求項に記載されている構成または機能を有する他の種々の要素を用いることもできる。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 7 8 】

40

本発明は、テラヘルツ帯域の周波数を有する電磁波の伝送に利用することができる。

【符号の説明】

【 0 1 7 9 】

- 1 0 誘電体膜
- 2 0 a , 2 0 b 電極
- 2 1 a , 2 1 b 端面
- 3 0 半導体素子
- 3 1 a , 3 1 b 端子
- 3 2 A u スタッドバンプ
- 3 3 A u ボンディングワイヤ

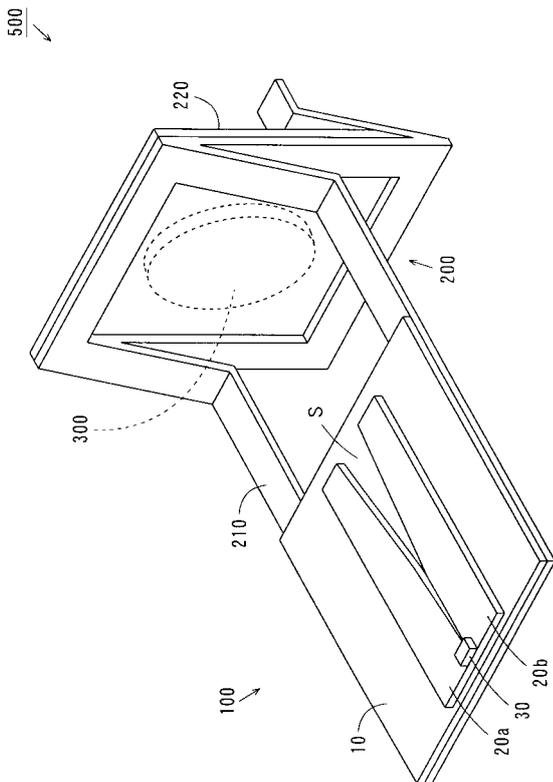
50

- 100 アンテナ部
- 200, 200A, 200B 支持体
- 201 銅層
- 202 ニッケル層
- 203 金層
- 210 支持層
- 210a 金属層
- 211, 212 支持板
- 213~215 補強板
- 216, 217 突出板
- 216o, 217o, 242, OP 開口部
- 220 絶縁層
- 230 アンテナ部配置領域
- 240 レンズ保持部材
- 241 板状部材
- 243, 244 突出部
- 245, 246 切欠部
- 300 誘電体レンズ
- 500 アンテナモジュール
- E1 開口端
- E2 実装端
- F1~F6 折曲部
- RW 電磁波
- S テーパスロット
- SG 信号

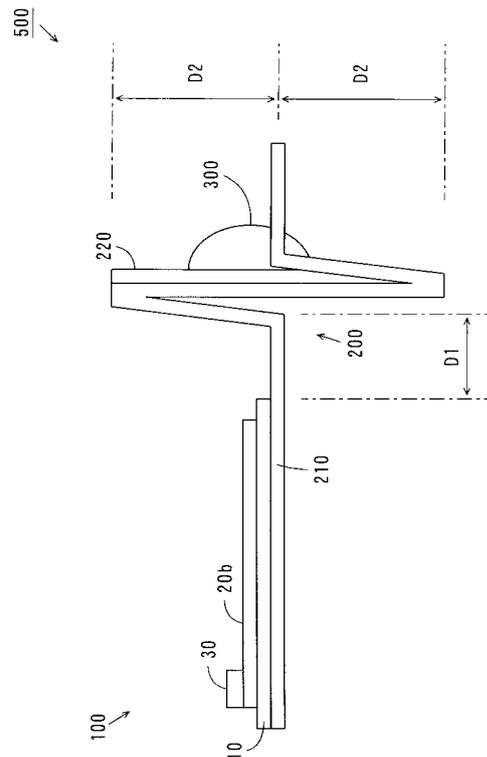
10

20

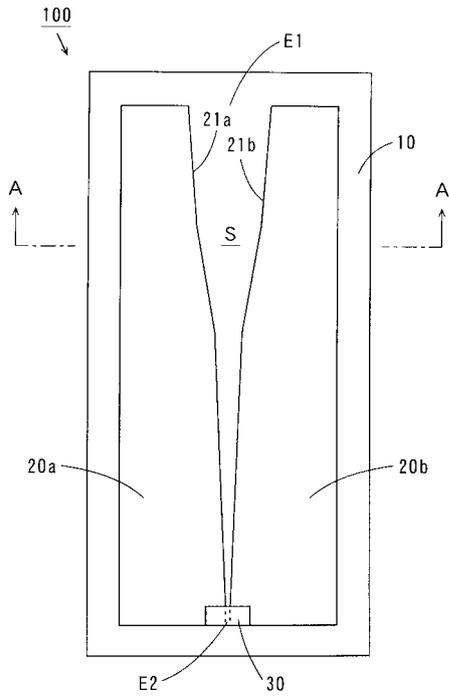
【図1】



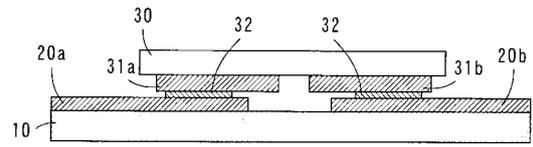
【図2】



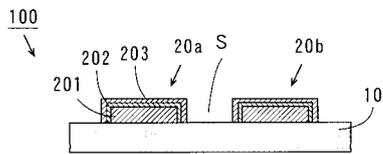
【 図 3 】



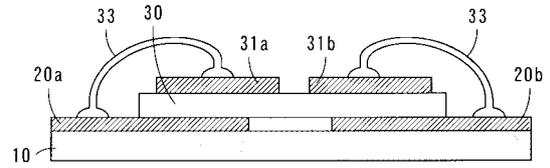
【 図 5 】



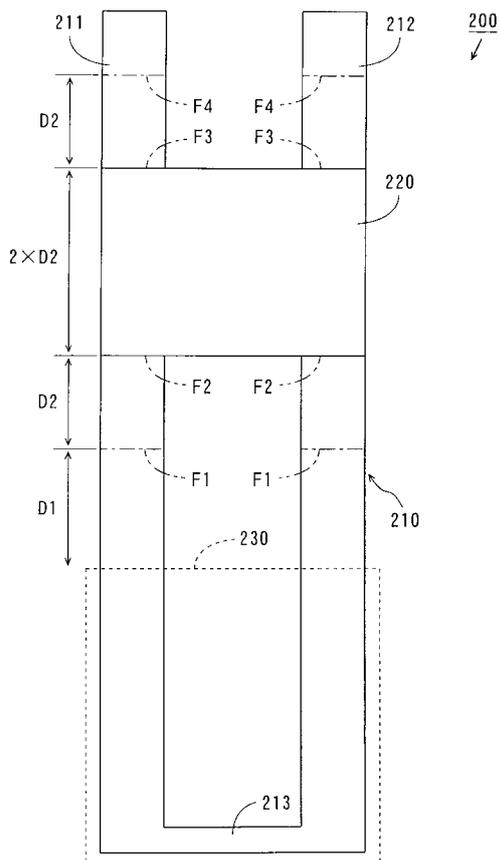
【 図 4 】



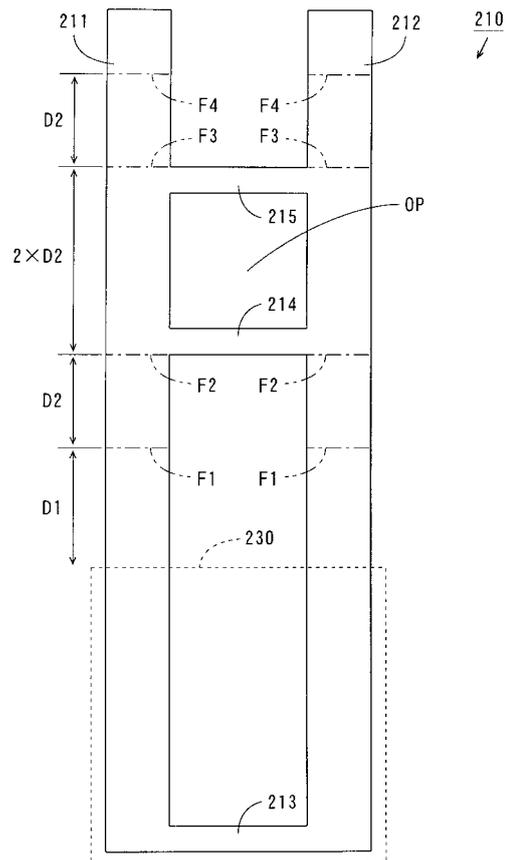
【 図 6 】



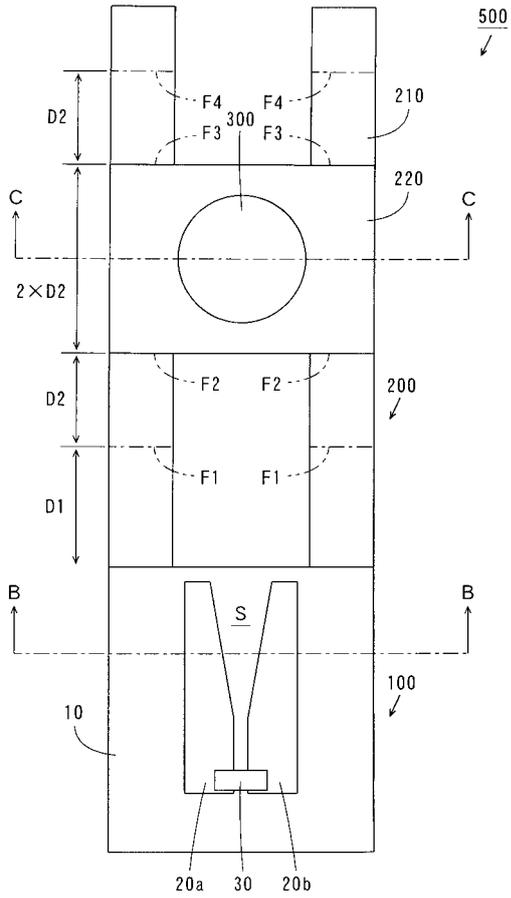
【 図 7 】



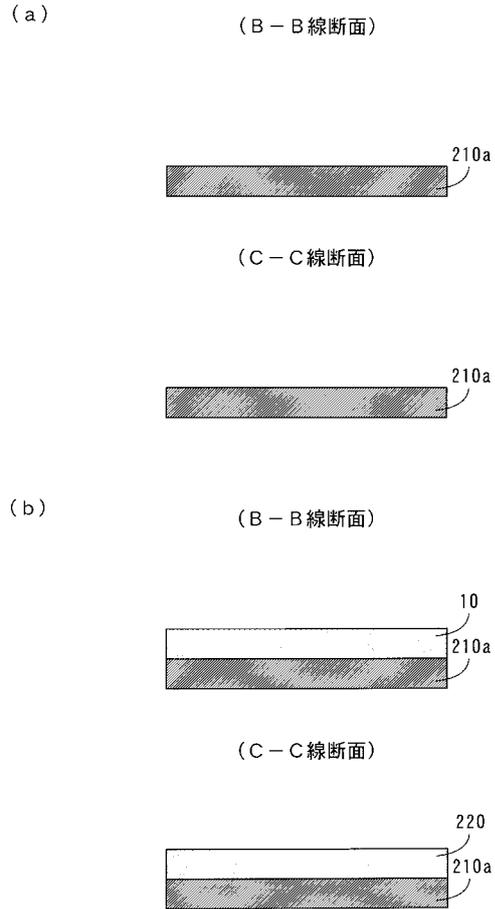
【 図 8 】



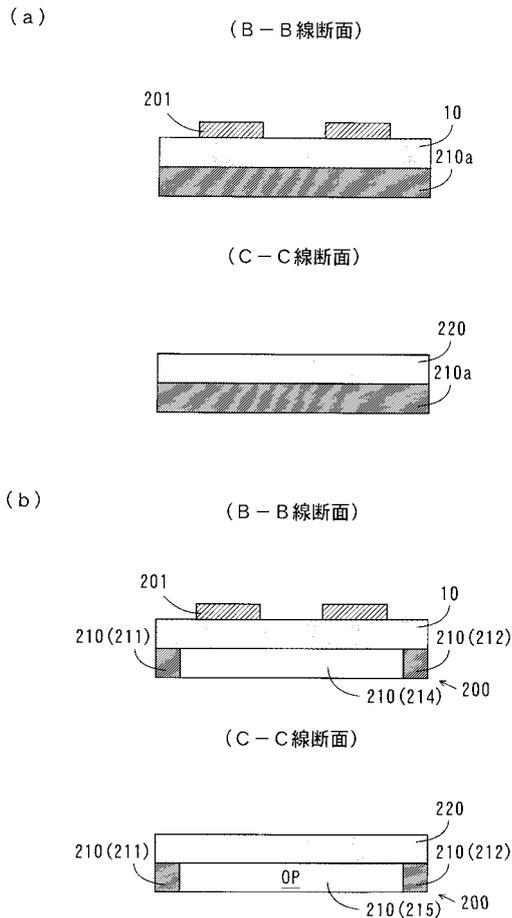
【 図 9 】



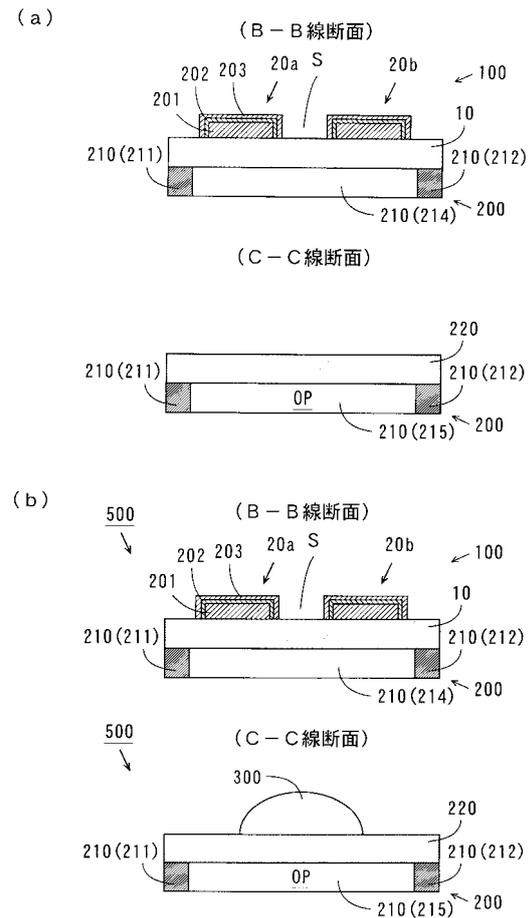
【 図 1 0 】



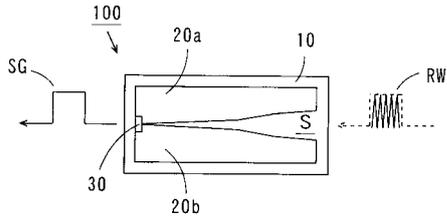
【 図 1 1 】



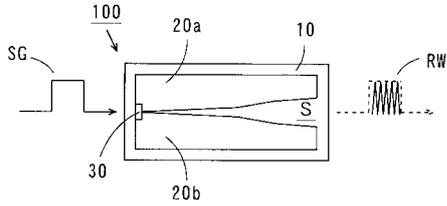
【 図 1 2 】



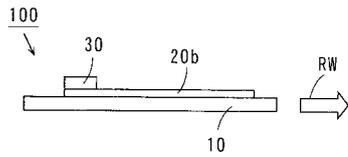
【 図 1 3 】



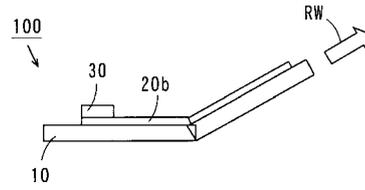
【 図 1 4 】



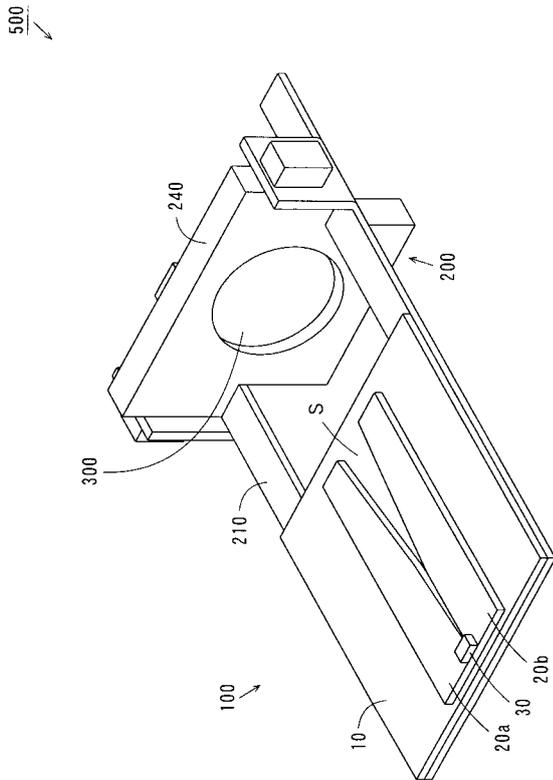
【 図 1 5 】



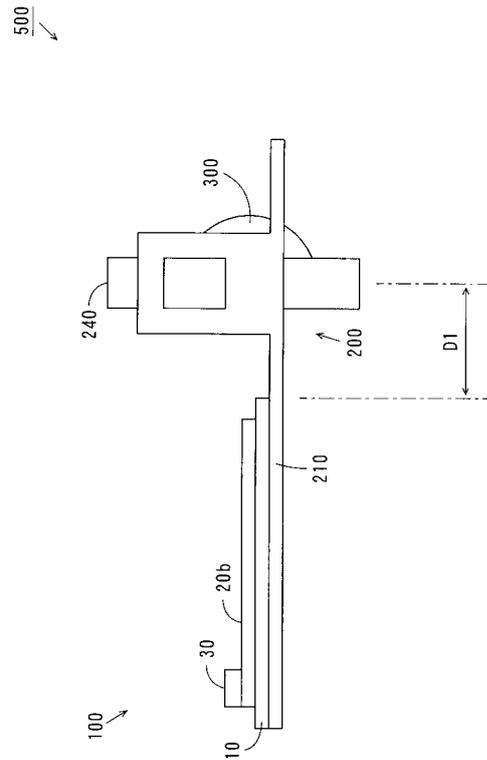
【 図 1 6 】



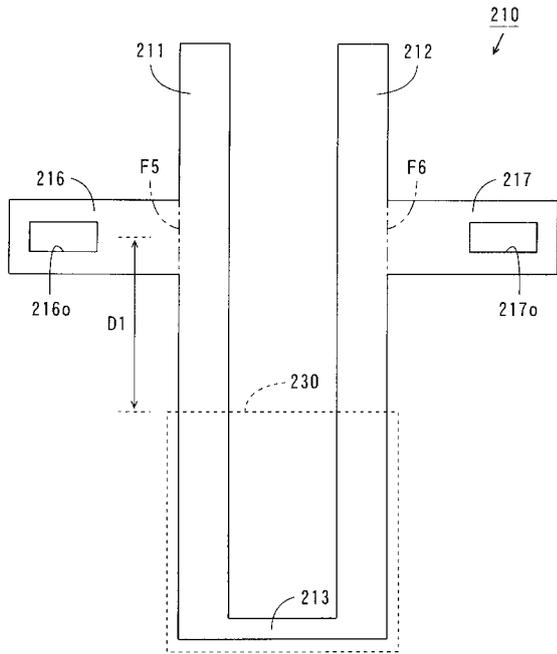
【 図 1 7 】



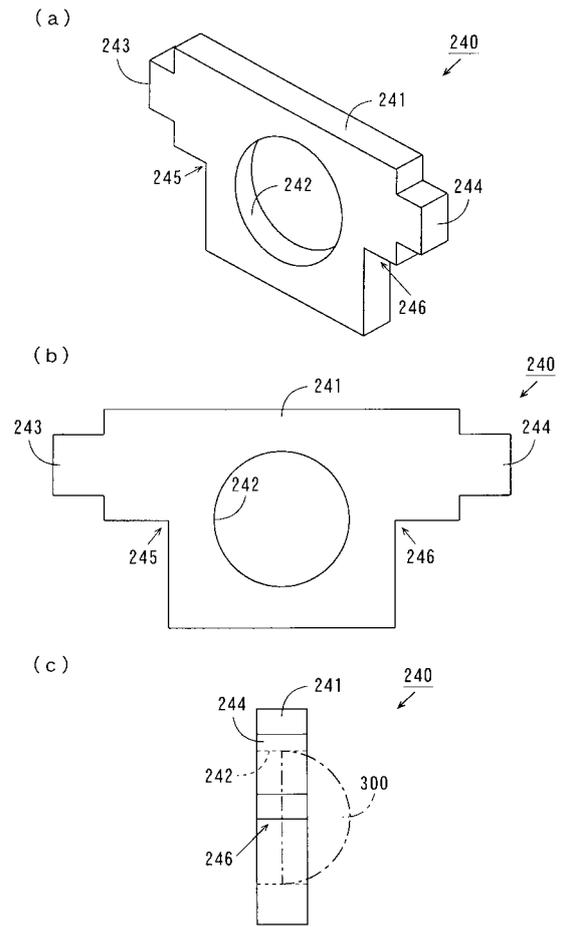
【 図 1 8 】



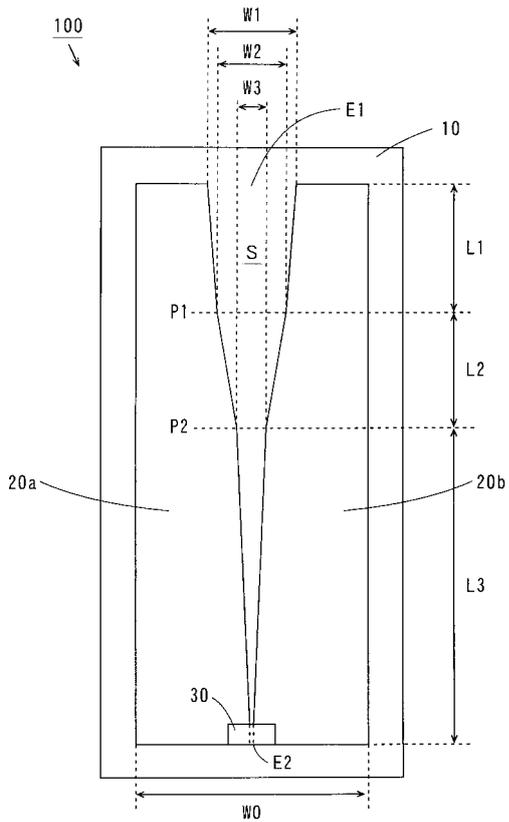
【図 19】



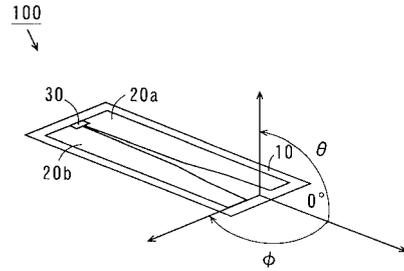
【図 20】



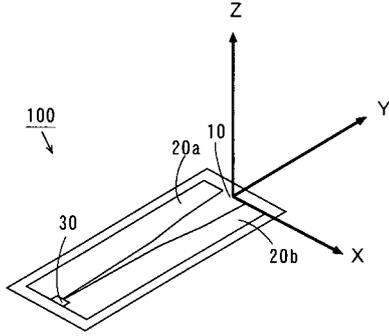
【図 21】



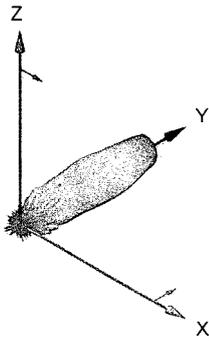
【図 22】



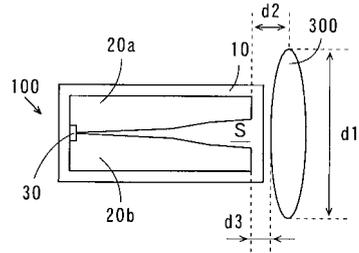
【図23】
(a)



(b)

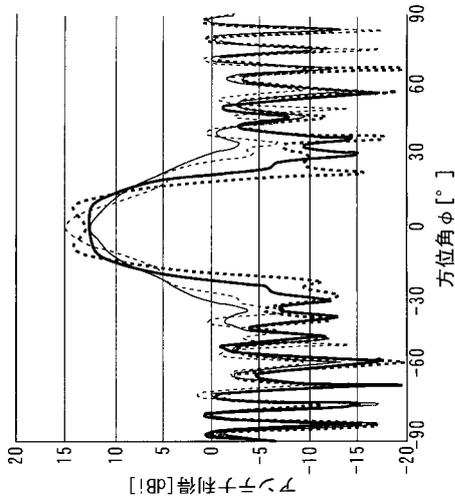


【図24】



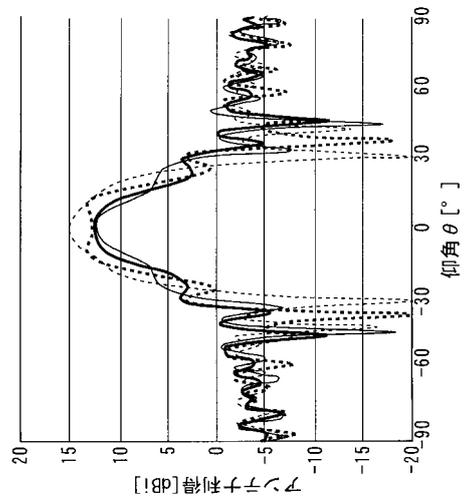
【図25】

- 比較例1
- ... レンズなし
- 実施例1
- ... 4.9mmレンズ
- 実施例2
- ... 5.4mmレンズ
- 実施例3
- ... 7.7mmレンズ



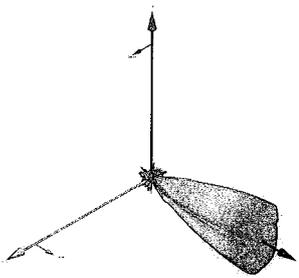
【図26】

- 比較例1
- ... レンズなし
- 実施例1
- ... 4.9mmレンズ
- 実施例2
- ... 5.4mmレンズ
- 実施例3
- ... 7.7mmレンズ

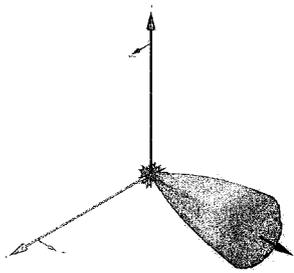


【図 27】

(a) 実施例 1

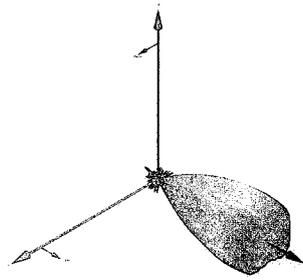


(b) 実施例 2

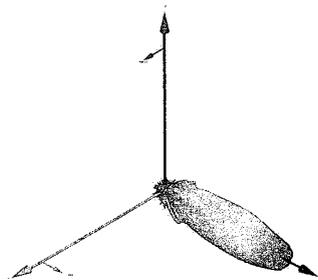


【図 28】

(a) 実施例 3



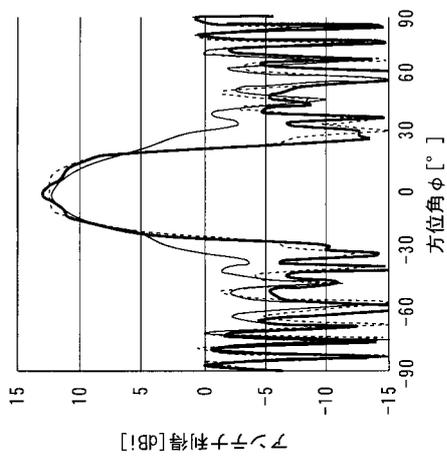
(b) 比較例 1



【図 29】

比較例 2
 レンズなし, 支持体なし
 実施例 4
 レンズあり, 支持体なし
 実施例 5
 レンズあり, 支持体あり

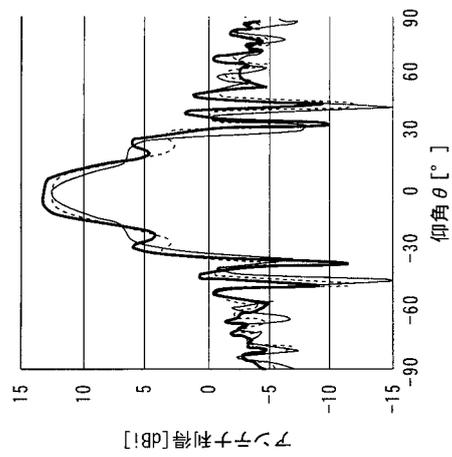
—
 ···
 —



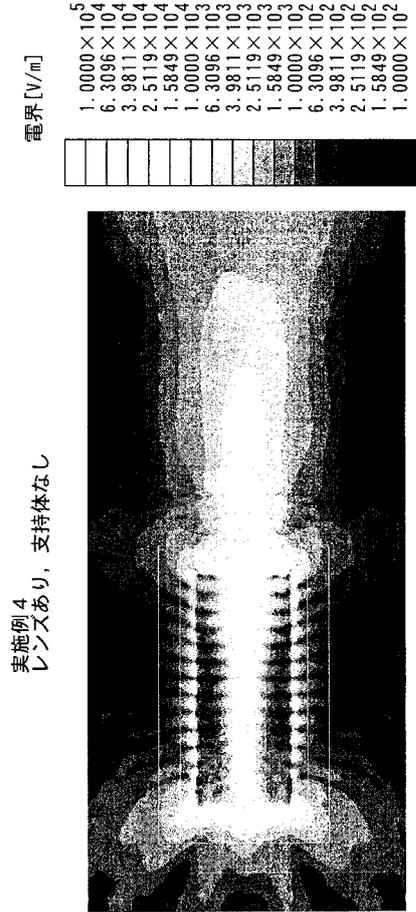
【図 30】

比較例 2
 レンズなし, 支持体なし
 実施例 4
 レンズあり, 支持体なし
 実施例 5
 レンズあり, 支持体あり

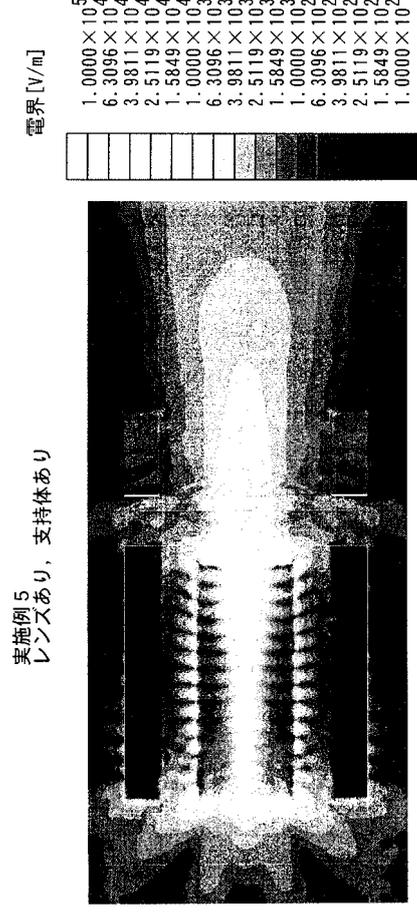
—
 ···
 —



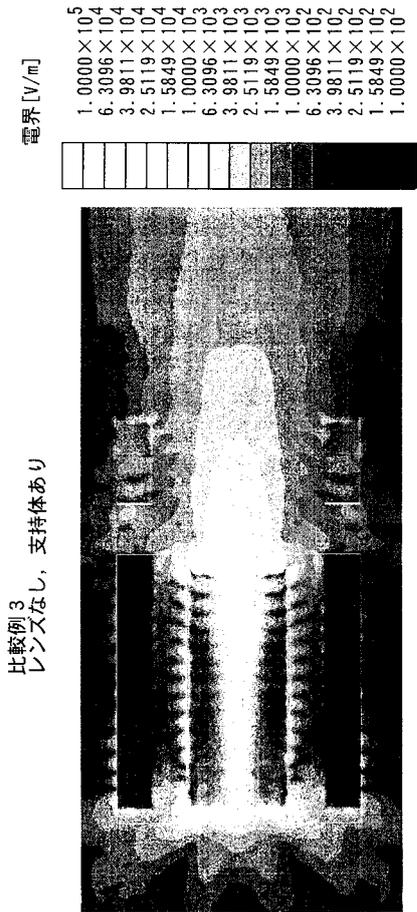
【 図 3 1 】



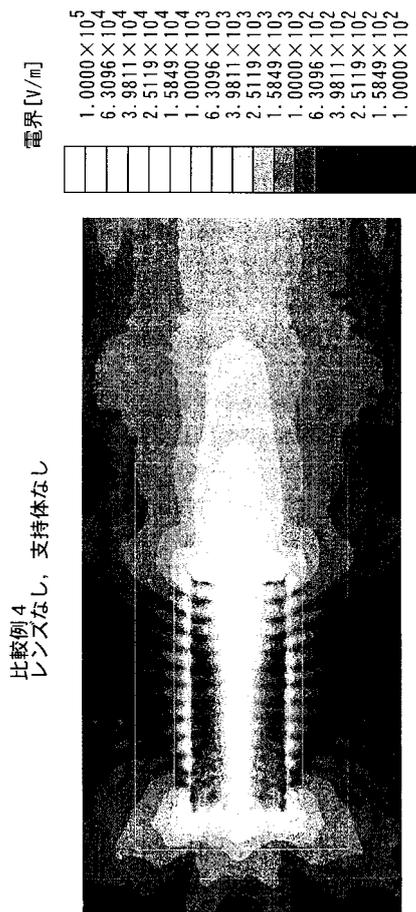
【 図 3 2 】



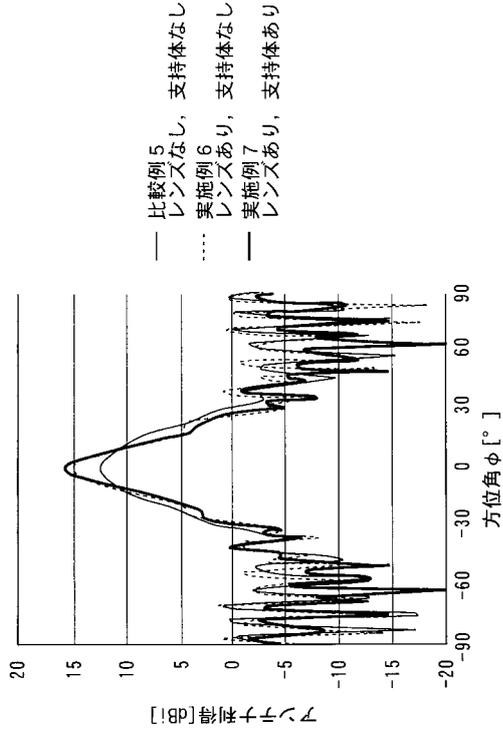
【 図 3 3 】



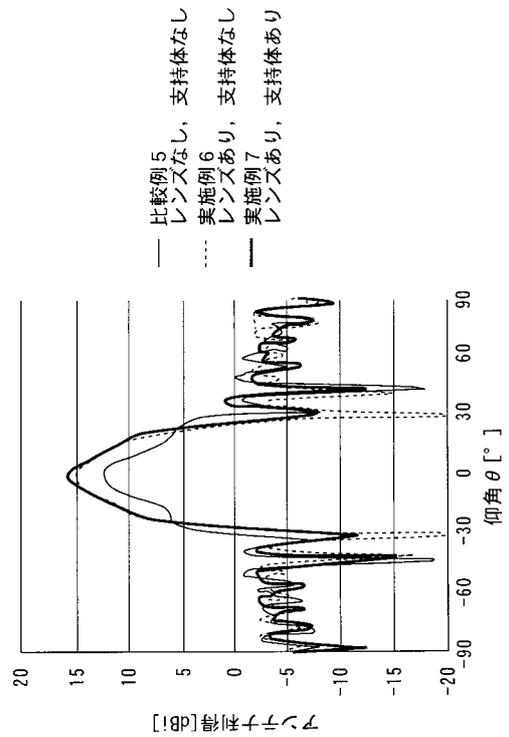
【 図 3 4 】



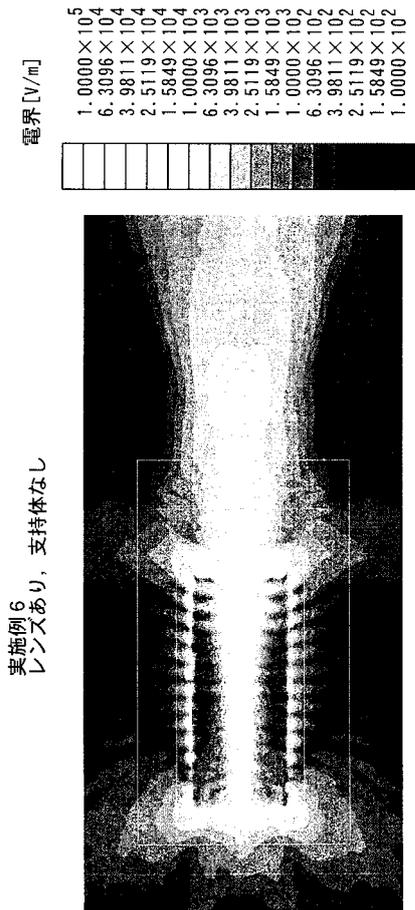
【 図 3 5 】



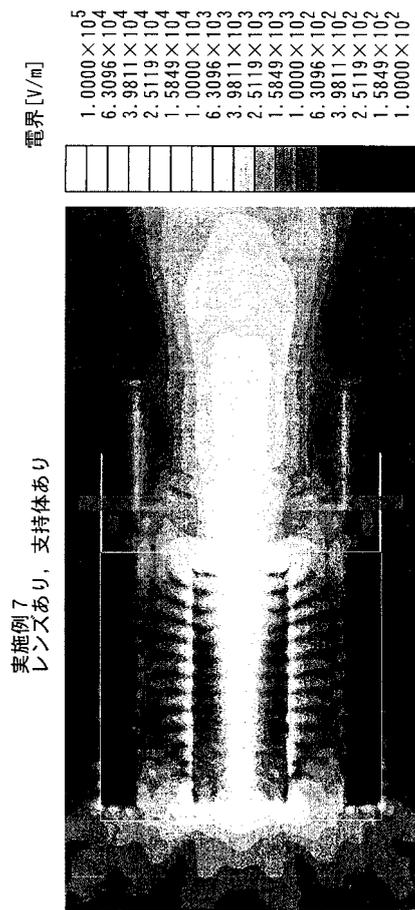
【 図 3 6 】



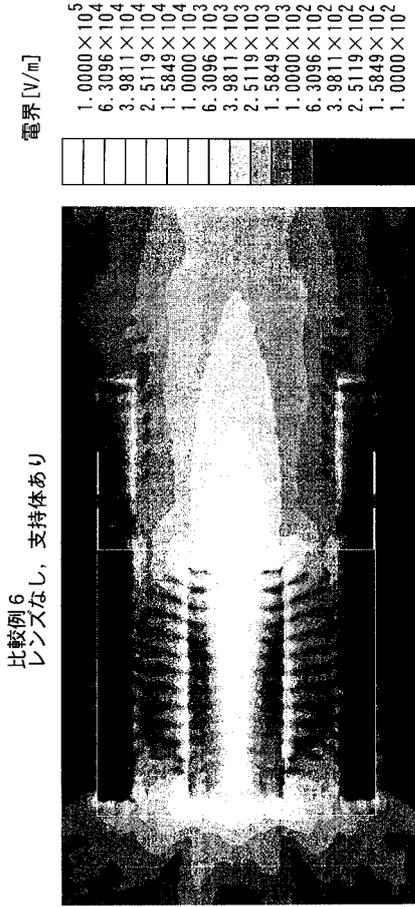
【 図 3 7 】



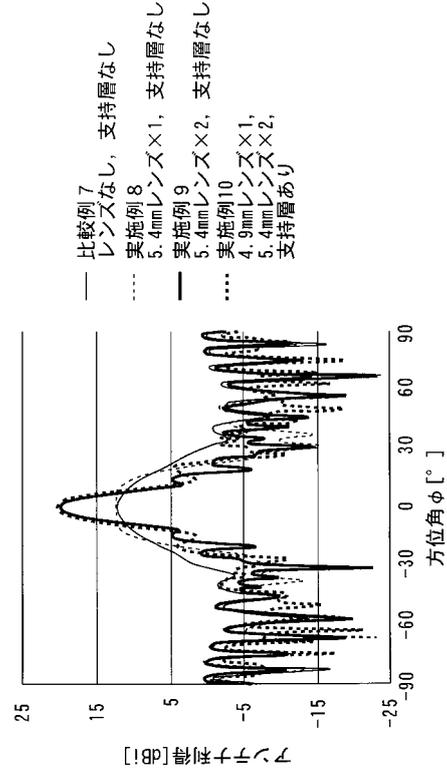
【 図 3 8 】



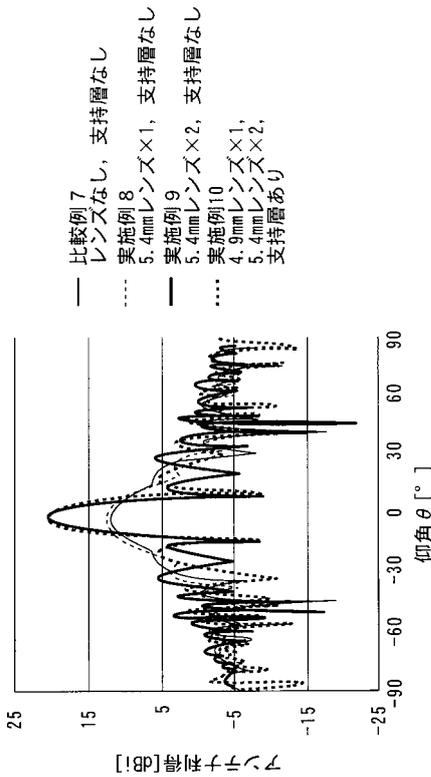
【 図 3 9 】



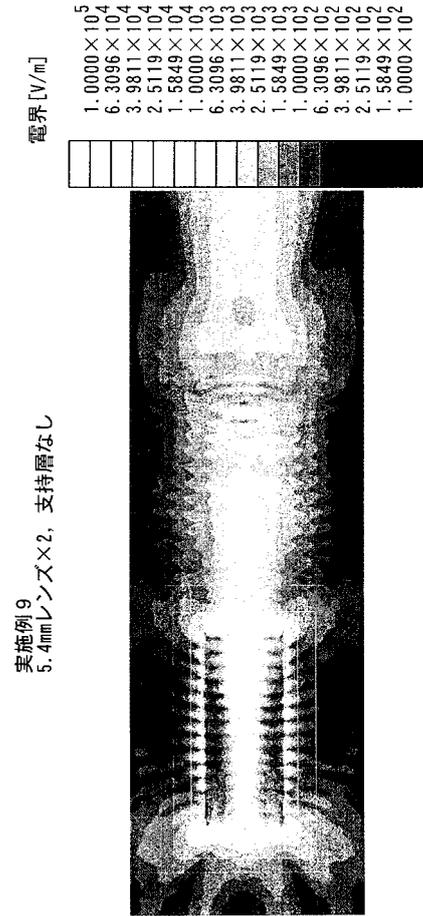
【 図 4 0 】



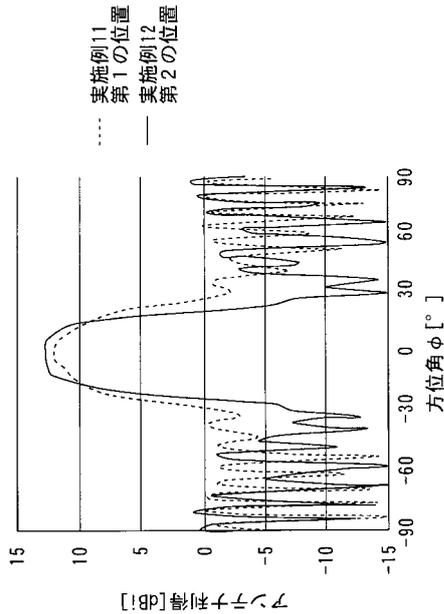
【 図 4 1 】



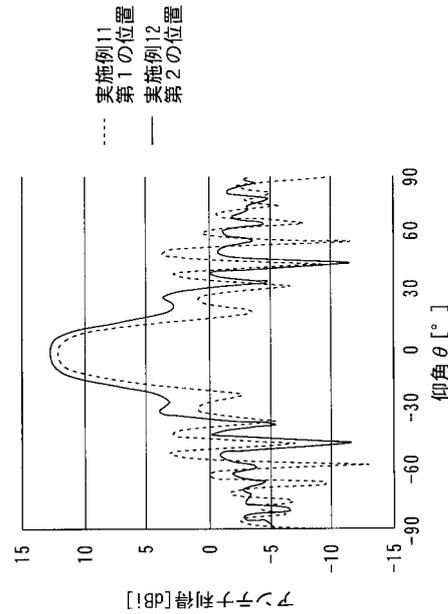
【 図 4 2 】



【図43】



【図44】



【手続補正書】

【提出日】平成26年2月14日(2014.2.14)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0039】

【図1】第1の実施の形態に係るアンテナモジュールの外観斜視図である。

【図2】図1のアンテナモジュールの模式的側面図である。

【図3】図1のアンテナ部の模式的平面図である。

【図4】図3のアンテナ部のA-A線断面図である。

【図5】フリップチップ実装法による半導体素子の実装を示す模式図である。

【図6】ワイヤボンディング実装法による半導体素子の実装を示す模式図である。

【図7】図1の支持体の模式的平面図である。

【図8】図7の支持体の支持層の模式的平面図である。

【図9】支持層が折り曲げられる前におけるアンテナモジュールの模式的平面図である。

【図10】図9のアンテナモジュールの製造工程を示す模式的工程断面図である。

【図11】図9のアンテナモジュールの製造工程を示す模式的工程断面図である。

【図12】図9のアンテナモジュールの製造工程を示す模式的工程断面図である。

【図13】アンテナ部の受信動作を示す模式的平面図である。

【図14】アンテナ部の送信動作を示す模式的平面図である。

【図15】アンテナ部の指向性を説明するための模式的側面図である。

【図16】アンテナ部の指向性の変更を説明するための模式的側面図である。

【図17】第2の実施の形態に係るアンテナモジュールの外観斜視図である。

- 【図 18】図 17 のアンテナモジュールの模式的側面図である。
- 【図 19】図 17 の支持体の支持層の模式的平面図である。
- 【図 20】図 17 の支持体のレンズ保持部材の構成を示す図である。
- 【図 21】電磁界シミュレーションで用いたアンテナモジュールのアンテナ部の寸法を説明するための模式的平面図である。
- 【図 22】シミュレーションにおけるアンテナ部の受信角度の定義を説明するための模式図である。
- 【図 23】アンテナモジュールの 3 次元電磁界シミュレーションの結果を示す図である。
- 【図 24】実施例に係るアンテナモジュールの構成を示す平面図である。
- 【図 25】実施例 1 ~ 3 および比較例 1 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 26】実施例 1 ~ 3 および比較例 1 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 27】実施例 1 および 2 に係るアンテナモジュールの 3 次元電磁界シミュレーションの結果を示す図である。
- 【図 28】実施例 3 および比較例 1 に係るアンテナモジュールの 3 次元電磁界シミュレーションの結果を示す図である。
- 【図 29】実施例 4 , 5 および比較例 2 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 30】実施例 4 , 5 および比較例 2 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 31】実施例 4 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 32】実施例 5 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 33】比較例 3 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 34】比較例 4 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 35】実施例 6 , 7 および比較例 5 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 36】実施例 6 , 7 および比較例 5 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 37】実施例 6 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 38】実施例 7 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 39】比較例 6 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 40】実施例 8 ~ 10 および比較例 7 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 41】実施例 8 ~ 10 および比較例 7 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 42】実施例 9 に係るアンテナモジュールにより放射される電磁波の電界分布のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 43】実施例 11 , 12 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 44】実施例 11 , 12 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得のシミュレーション結果を示す図である。
- 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0058

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0058】

図3のアンテナ部100においては、テーパスロットSの開口端E1から半導体素子30の実装部分までの範囲が電磁波を送信または受信する送受信部として機能する。アンテナ部100により送信または受信される電磁波の周波数は、テーパスロットSの幅およびテーパスロットSの実効比誘電率により定まる。テーパスロットSの実効比誘電率は、電極20a, 20b間の空気の比誘電率ならびに誘電体膜10の比誘電率および厚みに基づいて算出される。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0139

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0139】

実施例1~3および比較例1の結果から、アンテナモジュールに誘電体レンズ300を設けることにより、最大アンテナ利得が向上されることが確認された。特に、実施例1, 3においては、最大アンテナ利得が大きく向上される。これは、誘電体レンズ300により電磁波が収束されることによるものと考えられる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0163

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0163】

実施例10に係るアンテナモジュールにおいては、直径d1、距離d2および距離d3をそれぞれ4.9mm、1.9mmおよび0.6mmに設定した。また、実施例10に係るアンテナモジュールは、図24の誘電体レンズ300から7mmの位置に直径5.4mmのさらなる他の誘電体レンズ300を有するとともに、支持体200Aを有する。比較例7に係るアンテナモジュールは、誘電体レンズ300、さらなる他の誘電体レンズ300および支持体200Aを有しない。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0164

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0164】

実施例8~10および比較例7に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を電磁界シミュレーションにより求めた。図40および図41は、実施例8~10および比較例7に係るアンテナモジュールのアンテナ利得の電磁界シミュレーション結果を示す図である。図40の縦軸はアンテナ利得[dBi]を表し、横軸は方位角を表す。図41の縦軸はアンテナ利得[dBi]を表し、横軸は仰角を表す。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0171

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0171】

実施例 1 1 , 1 2 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得を電磁界シミュレーションにより求めた。図 4 3 および図 4 4 は、実施例 1 1 , 1 2 に係るアンテナモジュールのアンテナ利得の電磁界シミュレーション結果を示す図である。図 4 3 の縦軸はアンテナ利得 [d B i] を表し、横軸は方位角 を表す。図 4 4 の縦軸はアンテナ利得 [d B i] を表し、横軸は仰角 を表す。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 7 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 7 5】

誘電体膜 1 0 が誘電体膜の例であり、主面が第 1 の面の例であり、裏面が第 2 の面の例であり、電極 2 0 a が電極および第 1 の導電層の例であり、電極 2 0 b が電極および第 2 の導電層の例であり、半導体素子 3 0 が半導体素子の例である。支持層 2 1 0 が支持層の例であり、誘電体レンズ 3 0 0 がレンズの例であり、アンテナモジュール 5 0 0 がアンテナモジュールの例であり、開口部 O P が第 1 の開口の例であり、開口部 2 4 2 が第 2 の開口の例である。テーパスロット S が第 3 の開口および幅の例であり、絶縁層 2 2 0 が絶縁層の例であり、レンズ保持部材 2 4 0 がレンズ保持部材の例であり、アンテナ部 1 0 0 がテーパスロットアンテナの例である。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 7 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 7 6】

第 1 の実施の形態においては、支持板 2 1 1 , 2 1 2 のうち折曲部 F 1 から補強板 2 1 3 までの部分および補強板 2 1 3 が第 1 の部分の例であり、支持板 2 1 1 , 2 1 2 のうち折曲部 F 1 から折曲部 F 4 までの部分および補強板 2 1 4 , 2 1 5 が第 2 の部分の例である。第 2 の実施の形態においては、支持板 2 1 1 , 2 1 2 が第 1 の部分の例であり、突出板 2 1 6 , 2 1 7 が第 2 の部分の例である。

【手続補正 9】

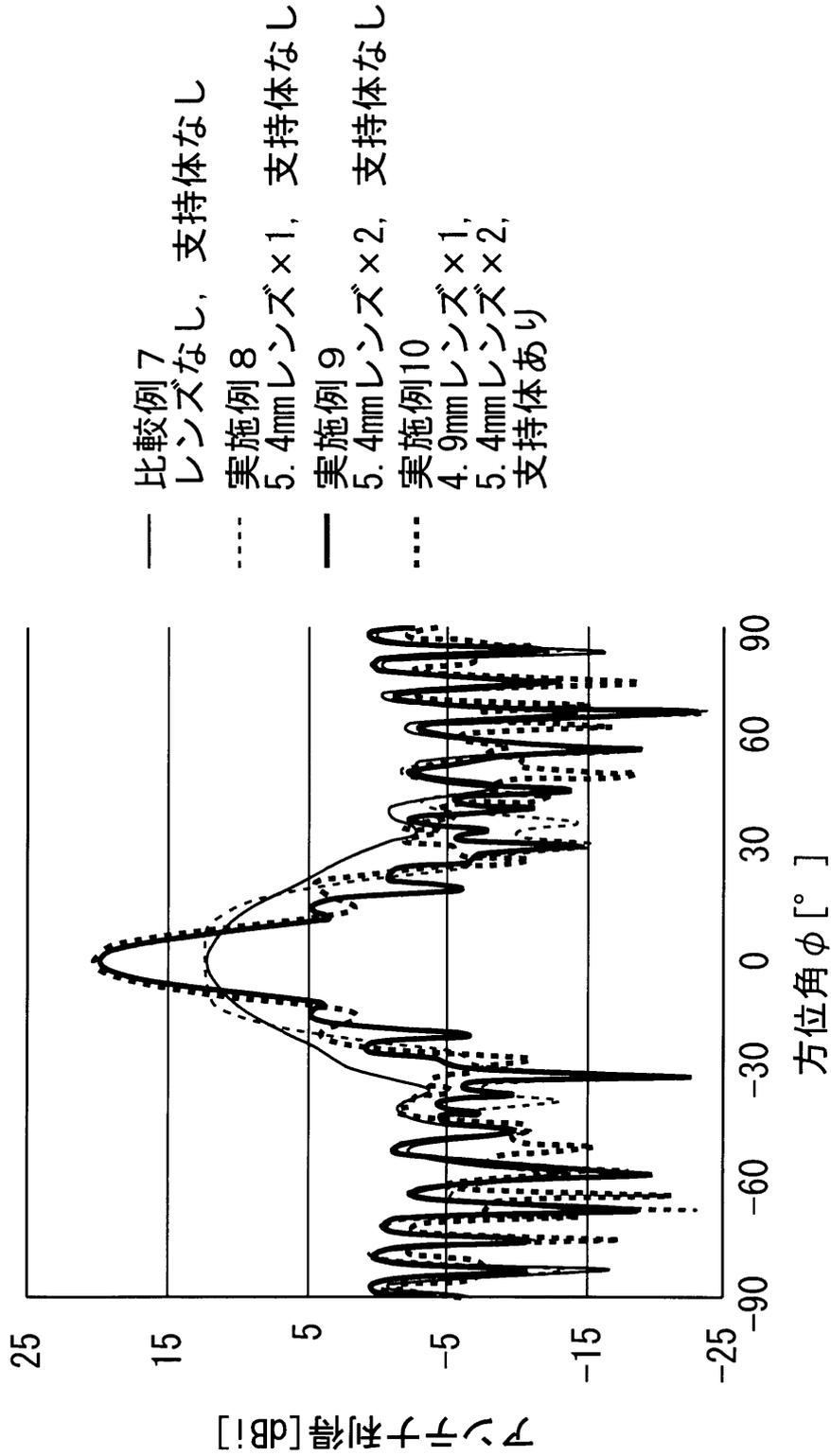
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 4 0 】



【 手続補正 1 0 】

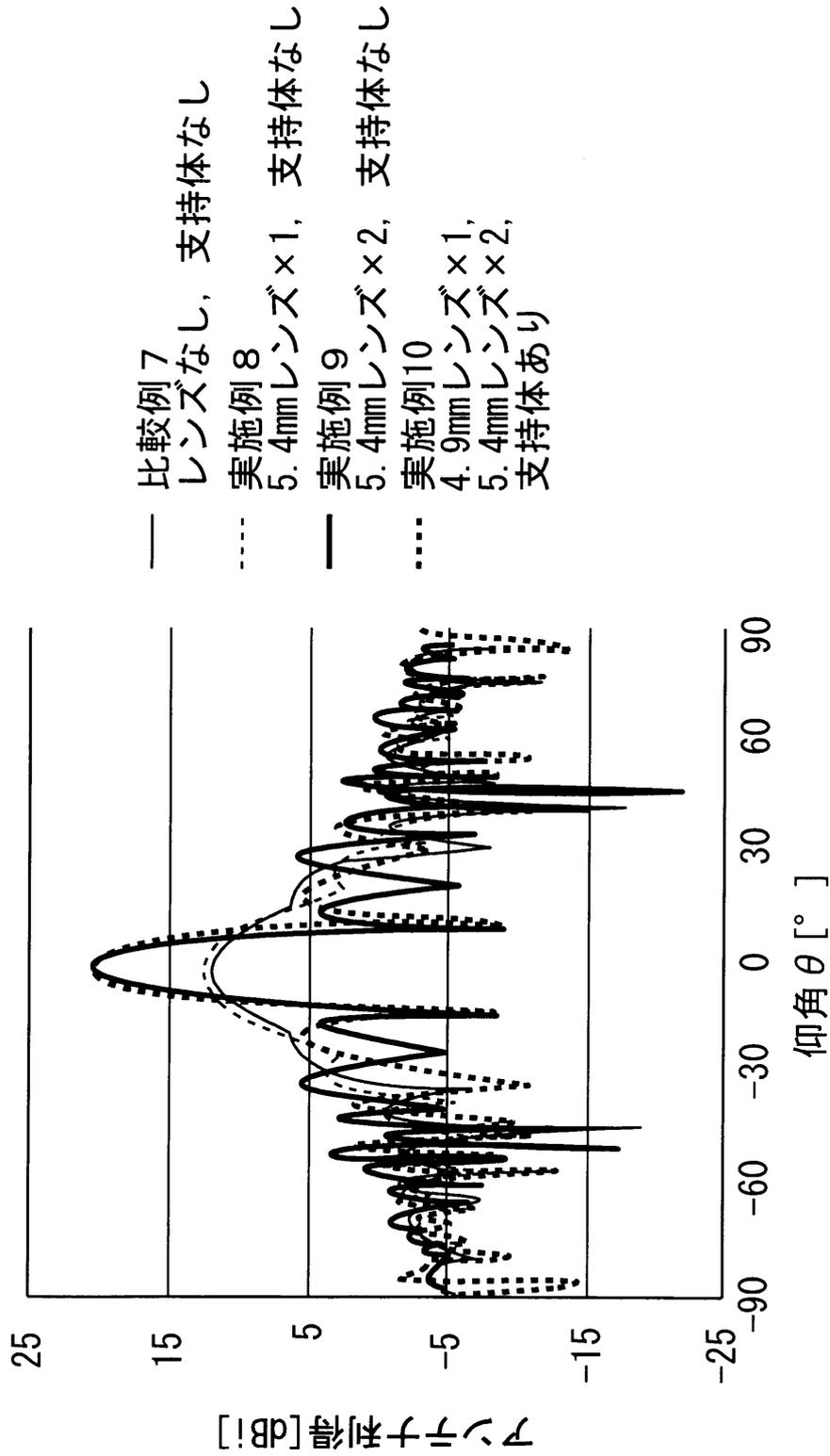
【 補正対象書類名 】 図面

【 補正対象項目名 】 図 4 1

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

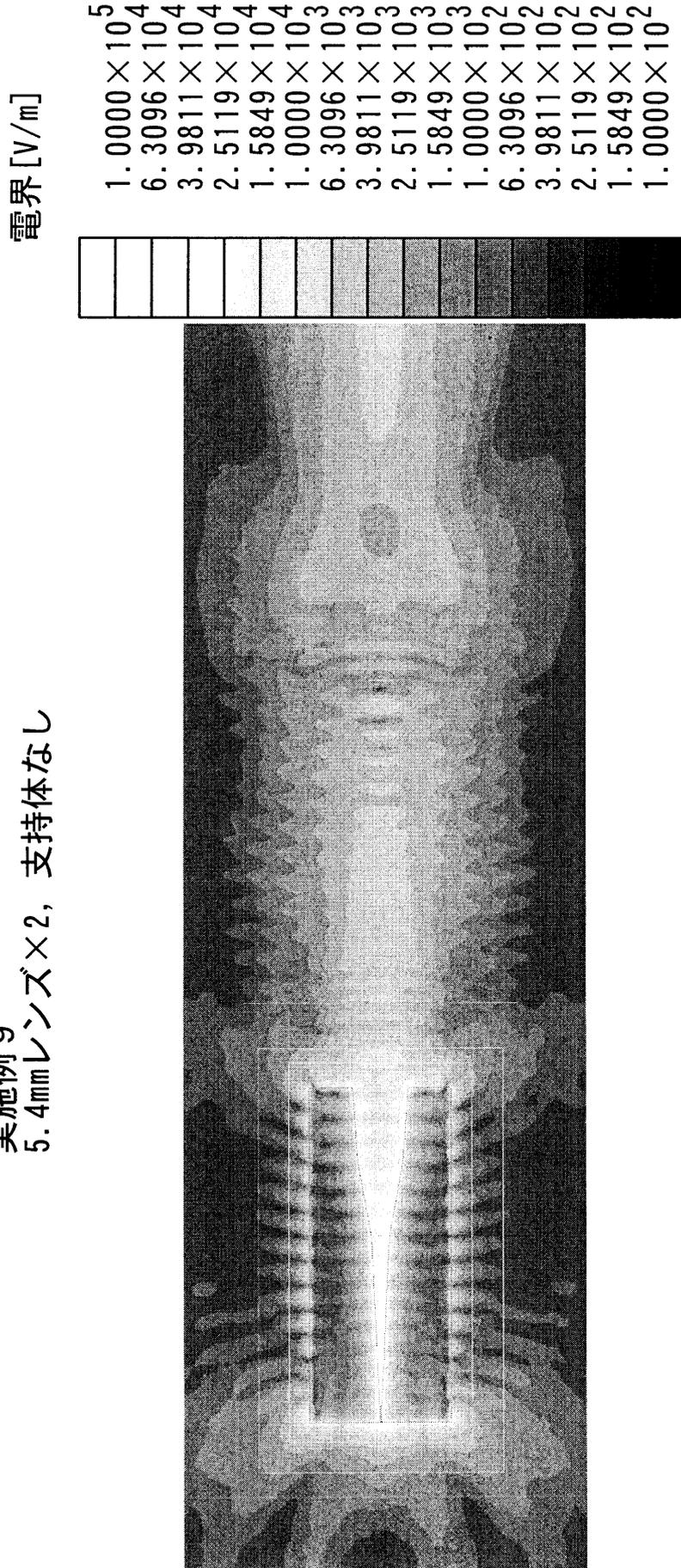
【 図 4 1 】



【 手続補正 1 1 】
 【 補正対象書類名 】 図面
 【 補正対象項目名 】 図 4 2
 【 補正方法 】 変更
 【 補正の内容 】

【 図 4 2 】

実施例 9
5.4mmレンズ×2, 支持体なし



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J020 AA02 BB01 BC02 BC12 CA01 CA05 DA03
5J021 AA01 AB05 BA03 GA01 JA08
5J045 AA05 AA21 AB06 DA06 EA07 NA01
5J046 AA04 AA09 AA19 AB08 PA07 PA09