

(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2006-115063

(P2006-115063A)

(43) 公開日 平成18年4月27日(2006.4.27)

(51) Int. Cl.

H01Q 13/02 (2006.01)

F I

H01Q 13/02

テーマコード(参考)

5J045

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2004-298614 (P2004-298614)
 (22) 出願日 平成16年10月13日(2004.10.13)

(71) 出願人 000004330
 日本無線株式会社
 東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 土田 航
 東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号 日本無線株式会社内
 Fターム(参考) 5J045 AA01 AA02 AA06 AA21 AB09
 BA02 DA01 EA01 EA07 HA01
 KA03 NA02

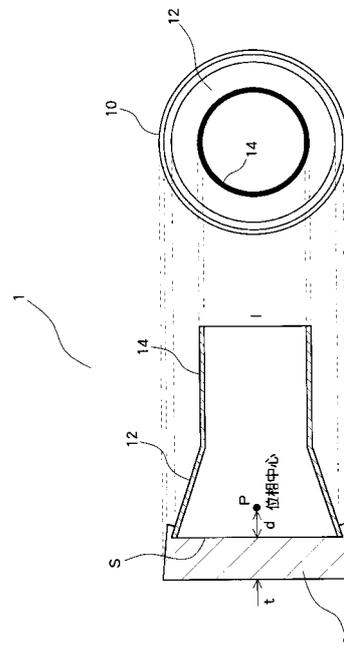
(54) 【発明の名称】 一次放射器および一次放射器の設計方法

(57) 【要約】

【課題】 取り付けられるフィードームの機械的強度が十分であると共にそれがアンテナ特性に与える影響が小さい一次放射器、およびその設計方法を提供する。

【解決手段】 一次放射器1は、円筒導波管TE₁₁モードを励振する円筒導波管14、円錐ホーン12、および誘電体板によって形成される半波長厚フィードーム10から構成される。半波長厚フィードーム10の厚みtは、放射する電磁波の誘電体内波長の半分の長さに対応して決定される。また、一次放射器1の開口面Sから位相中心Pまでの距離は、放射する電磁波の波長の半分の長さより短くなるよう決定される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

開口面に誘電体板を備える、ホーン状に形成された一次放射器であって、前記誘電体板の厚みは、放射する電磁波の誘電体内波長の半分の長さに対応して決定され、

一次放射器の開口面から位相中心までの距離は、放射する電磁波の波長の半分の長さより短くなるよう決定されることを特徴とする一次放射器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の一次放射器であって、

一次放射器の開口面から位相中心までの距離は、一次放射器の入力定在波比および指向性に基づいて決定されることを特徴とする一次放射器。 10

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の一次放射器であって、

ホーン内側に円環状の突起部を設けたコルゲートホーン状に形成されることを特徴とする一次放射器。

【請求項 4】

開口面に誘電体板を備える、ホーン状に形成された一次放射器の設計方法であって、

前記誘電体板の厚みを、放射する電磁波の誘電体内波長の半分の長さに対応して決定するステップと、

一次放射器の開口面から位相中心までの距離を、放射する電磁波の波長の半分の長さより短くなるよう決定するステップと、 20

を含むことを特徴とする一次放射器の設計方法。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の一次放射器の設計方法であって、

一次放射器の開口面から位相中心までの距離を、一次放射器の入力定在波比および指向性に基づいて決定するステップを含むことを特徴とする一次放射器の設計方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射鏡アンテナ等に適用される開口面にフィドームを設けた一次放射器およびそのような一次放射器の設計方法に関する。 30

【背景技術】

【0002】

反射鏡アンテナ等に用いられる一次放射器には、雨水や埃などの進入を防ぐため、誘電体などで形成された電磁波透過性の保護部材が取り付けられる。この保護部材は、フィドームと呼ばれる。一次放射器は、フィドームがアンテナ給電端における定在波比特性、放射指向性に影響を与えないよう、その構造が決定されることが望ましい。

【0003】

そのため、図 12 (a) に示すように、放射する電磁波の波長よりも十分薄くした板状のフィドーム 90 を開口面に設けた一次放射器 3 が従来から用いられてきた。この一次放射器 3 では、円筒導波管 TE_{11} モードを励振する円筒導波管 14 に円錐ホーン 12 を設け、円錐ホーン 12 の開口面 S にフィドーム 90 を設けた構成となっている。フィドーム 90 を薄くすることで電磁波の伝搬に与える影響を低減し、定在波比特性の劣化および放射指向性の劣化を低減することができる。しかしながら、マイクロ波帯で設計される場合にあってはフィドーム 90 が非常に薄くなってしまい、十分な機械的強度が得られないという問題があった。 40

【0004】

そこで、図 12 (b) に示すように、一次放射器を構成するホーンアンテナの位相中心 P から等距離の点集合で定義される曲面に、電磁波の誘電体内波長の半分に相当する厚さのフィドーム 92 を設けた一次放射器 4 が考え出された。ここで誘電体内波長とは、フィ 50

ドーム 9 2 を形成する誘電体内を伝搬する電磁波の波長をいい、以下、その他のフィードームについても同様とする。この一次放射器 4 では放射される電磁波がフィードーム 9 2 の表面に垂直に入射するため、フィードーム 9 2 による半波長共振を利用することで位相中心 P へ電磁波を反射させることなく電磁波を放射することができる。しかしながら、フィードーム 9 2 を曲面で構成する必要があるため構造が複雑となり、設計製造コストの観点から不利であるという問題がある。また、放射する電磁波の誘電体内波長の半分がフィードーム 9 2 の厚みと一致する周波数においてのみ所望の特性が得られるように設計されるため、使用可能な周波数帯域が狭くなってしまいう問題がある。

【 0 0 0 5 】

また、図 1 2 (c) に示すように、開口中心部の厚みを放射する電磁波の誘電体内波長の半分の整数倍としたフィードーム 9 4 を設けることで、フィードームの機械的強度を高めるとともに、定在波比特性および放射指向性を良好に維持した一次放射器 5 が、特開平 9 - 3 6 6 3 4 号公報に開示されている。この一次放射器 5 では、フィードーム 9 4 の開口中心部の構造が複雑になり、設計製造コストの観点から不利であるという問題がある。

10

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開平 9 - 3 6 6 3 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

図 1 2 (b) に示す一次放射器 4 および図 1 2 (c) に示す一次放射器 5 では、図 1 2 (a) に示す一次放射器 3 よりもフィードームの機械的強度が高められる。しかしながら、いずれの一次放射器も、設計製造コストの観点からは不利であるという問題点を有する。

20

【 0 0 0 8 】

本発明はこのような課題に対してなされたものであり、取り付けられるフィードームの機械的強度が十分であると共にフィードームがアンテナ特性に与える影響が小さい一次放射器、およびその設計方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明は、開口面に誘電体板を備える、ホーン状に形成された一次放射器であって、前記誘電体板の厚みは、放射する電磁波の誘電体内波長の半分の長さに対応して決定され、一次放射器の開口面から位相中心までの距離は、放射する電磁波の波長の半分の長さより短くなるよう決定されることを特徴とする。

30

【 0 0 1 0 】

また、本発明に係る一次放射器においては、一次放射器の開口面から位相中心までの距離が、一次放射器の入力定在波比および指向性に基づいて決定されることが好適である。

【 0 0 1 1 】

また、本発明に係る一次放射器は、ホーン内側に円環状の突起部を設けたコルゲートホーン状に形成されることが好適である。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、開口面に誘電体板を備える、ホーン状に形成された一次放射器の設計方法であって、前記誘電体板の厚みを、放射する電磁波の誘電体内波長の半分の長さに対応して決定するステップと、一次放射器の開口面から位相中心までの距離を、放射する電磁波の波長の半分の長さより短くなるよう決定するステップと、を含むことを特徴とする。

40

【 0 0 1 3 】

また、本発明に係る一次放射器の設計方法においては、一次放射器の開口面から位相中心までの距離を、一次放射器の入力定在波比および指向性に基づいて決定するステップを含む設計方法とすることが好適である。

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

50

本発明によれば、取り付けられるフィードームの機械的強度が十分であると共にフィードームがアンテナ特性に与える影響が小さい一次放射器を実現することができる。また、フィードームを取り付けることによって指向性を良好にした一次放射器を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

図1は本発明の一実施形態である一次放射器1の構成を示す。この一次放射器1は、円筒導波管TE₁₁モードを励振する円筒導波管14に円錐ホーン12を取り付けた構成となっており、円錐ホーン12の開口面Sには誘電体板によって形成された半波長厚フィードーム10が設けられている。半波長厚フィードーム10は、放射する電磁波の誘電体内波長の半分に相当する厚みtを有する。

10

【0016】

一般に、開口面にフィードームを有する一次放射器は、フィードームの存在によって定在波比特性や指向性が劣化する。本実施形態の一次放射器1は、開口面Sから位相中心Pまでの距離を調整することで、定在波比特性および指向性が半波長厚フィードーム10によって悪影響を受けないように構成される。

【0017】

ここで、アンテナの位相中心とは、アンテナに定義された指向性面でアンテナを切断したときの断面である指向性断面上の点であって、その点を中心とする指向性面に含まれる円の円周上での放射電磁波の位相が一定となるような点をいう。指向性面内での放射特性を考える限りにおいては、アンテナから放射される電磁波については、位相中心に設けられた無指向性点波源から励振されたものとして幾何光学的な考察を適用することができる。

20

【0018】

図2に示すように、供試アンテナ32から放射される電磁波を測定アンテナ34で受信し、その受信波の位相を位相測定受信機36で測定することで供試アンテナ32から放射される電磁波の位相を測定する位相測定系30を考える。供試アンテナ32の指向性断面上の位相中心を中心として、供試アンテナ32を指向性面内で回転させながら放射される電磁波の位相を測定すると、測定される電磁波の位相は一定となる。

【0019】

逆に、位相中心の位置が未知であるアンテナの位相中心の位置を図2の位相測定系30によって知ることができる。アンテナの指向性断面上の任意の点を中心として、当該アンテナを指向性面内で回転させながら放射される電磁波の位相を測定する。このようにして測定された位相と、アンテナを回転させた角度との関係から、位相中心が当該回転中心とした任意の点からどの方向にどれだけ離れた所にある点であるのかを知ることができる。

30

【0020】

位相中心は1つの指向性断面内に1点存在し、定義された指向性面によって位相中心の位置は異なる。例えば、円筒導波管TE₁₁モードで励振された円錐ホーン12の場合、指向性としてはE面指向性とH面指向性とが定義されるが、位相中心は、E面指向性に対するもの（以下、E面位相中心とする）とH面指向性に対するもの（H面位相中心とする）とでアンテナ上での位置が異なる。

40

【0021】

次に、本実施形態の一次放射器1の動作原理について説明する。以下では、一次放射器1から電磁波が放射される場合に着目して説明するが、アンテナの相反性から、一次放射器1で電磁波が受信される場合については電磁波の伝搬方向を逆にしたものとして説明することができる。図1の一次放射器1は、その位相中心Pが開口面Sから距離dを隔てた位置に存在するよう円錐ホーン12が構成される。ここに、dは放射する電磁波の波長の半分の長さより小さくすることが好適である。

【0022】

位相中心Pの位置を調整するには、一次放射器1に適用される円錐ホーン12の形状を

50

変形させればよい。例えば、開口面 S の半径を放射する電磁波の 1 波長分とするという条件の下で図 3 のように定義されるセミフレア角 θ を調整すれば、開口面 S から位相中心 P までの距離 d を調整することができる。図 4 にはセミフレア角 θ と E 面位相中心との関係、およびセミフレア角 θ と H 面位相中心との関係の計算結果を示す。円筒導波管 14 は直径 19.05 mm のものを用いるものとし、放射される電磁波の周波数は 12.5 GHz、すなわちその波長を 24 mm とした。また、位相中心 P の開口面 S からの距離 d については、放射される電磁波の波長で規格化している。

【0023】

このように、位相中心 P を開口面 S の近傍に設けることで、半波長厚フィードーム 10 を開口面 S に取り付けた場合であっても、一次放射器 1 の給電端 I における定在波比特性を良好に維持することができる。その理由を図 5 を参照して説明する。上述の位相中心の定義から、給電端 I から入射され一次放射器 1 から放射される電磁波は、位相中心 P に設けられた無指向性点波源から放射されたものと等価である。一次放射器 1 の給電端 I における定在波比は、位相中心 P から放射された電磁波が半波長厚フィードーム 10 を形成する誘電体板において反射し、再び位相中心 P に到来することによって増加、すなわち劣化する。半波長厚フィードーム 10 の厚み t は電磁波の誘電体内波長の半分としているため、円錐ホーン 12 の伝搬軸方向の電磁波 a は、厚み方向の共振伝送によって開口面 S から半波長厚フィードーム 10 を介して外部空間に放射される。しかしながら、その他の電磁波については共振条件が成立しないため、半波長厚フィードーム 10 の内面 B₁ および外面 B₀ で円錐ホーン 12 の側に反射する。このように反射した電磁波は、位相中心 P に再び到来することはなく、円錐ホーン 12 と半波長厚フィードーム 10 との間を多重反射し、やがては共振条件が成立する入射角を以て半波長厚フィードーム 10 に入射し、外部空間に放射される。

【0024】

図 12 (b) に示す一次放射器 4 では、位相中心 P に仮想的に設けられた無指向性点波源から放射された電磁波は、放射する電磁波の周波数がフィードーム 92 の厚み方向の共振条件から数 10 パーセントずれた場合においても、フィードーム 92 の表面に垂直に入射する。したがって、周波数離調に起因して発生する反射波は、そのまま位相中心 P に到来することになるので、離調時の定在波比が増大する。一方、本実施形態の一次放射器 1 においては、数 10 パーセントの周波数離調によって、位相中心 P に到来する反射波は増加しないため、定在波比は良好に維持される。その理由は、電磁波が半波長厚フィードーム 10 で反射し、円錐ホーン 12 と半波長厚フィードーム 10 との間を多重反射し、やがては共振条件が成立する入射角を以て半波長厚フィードーム 10 に入射するという放射条件が、わずかな周波数離調によっても成立するためである。これによって、所望の定在波比を広帯域で実現することができる。

【0025】

本実施形態の一次放射器 1 においては、位相中心 P を開口面 S の近傍に設けることで、給電端 I における定在波比特性を改善しているが、位相中心 P が開口面 S に近づくことで指向性が鈍化することが懸念される。しかしながら、次に説明する半波長厚フィードーム 10 における屈折の効果により、このような指向性の鈍化を回避することができる。

【0026】

図 6 に示すように位相中心 P から放射された電磁波は、スネルの法則に従って内境界 B₁ および外境界 B₀ において屈折して伝搬し、電磁波の伝搬経路が円錐ホーン 12 の伝搬軸側へ移動する。例えば、半波長厚フィードーム 10 の比誘電率を 2.1、入射角を 30 度とすれば、電磁波の伝搬経路は外境界 B₀ において 0.1 波長だけ円錐ホーン 12 の伝搬軸側へ移動する。これによって、一次放射器 1 の指向性を円錐ホーン 12 の伝搬軸近傍に集中させることができる。この効果は、特に円錐ホーン 12 の開口面 S の外縁に近いほど大きく、反射鏡アンテナに適用した場合には、反射鏡に照射される電磁波の分布を一様にするすることができる。

【0027】

次に、本実施形態の一次放射器 1 の構成を定在波比特性および指向性に基づいて決定する具体的な手順について述べる。ここで、使用周波数帯は 12.25 GHz から 12.75 GHz であり、目標とする定在波比は 1.2 未満であるものとする。使用する円筒導波管 14 は直径が 19.05 mm のものであり、円錐ホーン 12 の開口半径は使用周波数帯の中心周波数 12.5 GHz (以下、設計中心周波数とする。)における 1 波長分である 24 mm とした。半波長厚フィードーム 10 を形成する誘電体板には比誘電率が 2.1 のものを用い、その厚み t は設計中心周波数における誘電体内波長の半分の長さである 8.3 mm とした。以下、1 波長とは、設計中心周波数に対する波長を基準としたものをいう。

【0028】

10

図 7 は開口面 S から H 面位相中心 P までの距離 d を 0.33 波長、0.64 波長、および 0.74 波長とした場合の定在波比周波数特性のシミュレーション結果を示す。この 3 種類の d の値に対する特性のうち、 d が 0.33 波長の場合に定在波比が目標値 1.2 未満となる周波数帯域が最も広くなることがわかる。図 7 から開口面 S から H 面位相中心 P までの距離 d が小さい程、定在波比が目標値 1.2 未満となる周波数帯域が広がることが予想され、それをシミュレーションによって示したものが図 8 に示す開口面 S から H 面位相中心 P までの距離 d と定在波比との関係である。図 8 から、開口面 S から H 面位相中心 P までの距離が半波長未満であれば、20 パーセントより広い帯域が得られることがわかる。

【0029】

20

図 7 の特性は、半波長厚フィードーム 10 の厚み t を設計中心周波数の電磁波の誘電体内波長の半分である 8.3 mm とした場合のものである。この特性を d が 0.33 波長の場合についてみると、定在波比が目標値 1.2 未満となる周波数帯域は十分広いものの、定在波比が最小となる周波数は 13 GHz 付近と、設計中心周波数よりも高域側にある。そこで、半波長厚フィードーム 10 の厚み t をやや厚くすることで、定在波比が最小となる周波数を設計中心周波数に合わせ込むことができる。図 1 の一次放射器 1 では、開口面 S で発生する高次モードや半波長厚フィードーム 10 を形成する誘電体板の損失等の影響によって、電磁波の誘電体内波長の半分が半波長厚フィードーム 10 の厚み t と一致する周波数において定在波比が最小とはならない場合がある。このような場合であっても、半波長厚フィードーム 10 の厚み t をわずかに変化させることで、所望の周波数において定在波比が最小となるよう調整することができる。

30

【0030】

次に、指向性について考慮する。図 9 (a) から図 9 (c) は、開口面 S から H 面位相中心 P までの距離 d を、それぞれ 0.33 波長、0.64 波長、0.74 波長とした場合の H 面指向性のシミュレーション結果を示す。実線は半波長厚フィードーム 10 を取り付けた場合の特性、破線は半波長厚フィードーム 10 を取り付けない場合の特性を示す。これより、 d が 0.33 波長の場合において、0 度方向 (円錐ホーン 12 の伝搬軸方向) から 40 度の方向までの間は、半波長厚フィードーム 10 による屈折効果、すなわち指向性を円錐ホーン 12 の伝搬軸近傍に集中させる効果が現れていることがわかる。また、 d が 0.64 波長または 0.74 波長の場合にあっても、半波長厚フィードーム 10 を取り付けた場合の指向性の劣化は見られない。

40

【0031】

以上のことから、開口面 S から H 面位相中心 P までの距離を、放射する電磁波の半波長未満、より好ましくは 0.33 波長未満とすることで、目標の定在波比特性を実現し、かつ半波長厚フィードーム 10 が指向性に悪影響を与えない一次放射器 1 を構成することができる。なお、開口面 S から E 面位相中心までの距離は、図 4 からわかるように、開口面 S から H 面位相中心までの距離よりも小さい。したがって、一次放射器 1 の構成を決定するに際しては、H 面位相中心について考慮すれば十分である。

【0032】

本実施形態の一次放射器 1 は、図 10 に示すパラボラアンテナ 50 に適用することが好

50

適である。このパラボラアンテナ50の反射鏡部52は、放物面の一部を切り取った形状を有し、一次放射器1は放物面の焦点の位置にコンバータ54と共に支持腕58によって固定される。反射鏡部52を放物面的一部分としているので、仰角の大きい方向へ指向性を設定した場合でも、反射鏡部52の開口面Rの法線の仰角を小さく抑えることができ、積雪や雨水の滞留を回避することができる。

【0033】

衛星等から放射された電磁波は、反射鏡部52で反射され一次放射器1で受信される。コンバータ54は受信した電磁波を周波数変換し、受信信号として同軸ケーブル56を介して受信機(図示せず)に入力する。衛星放送では、円偏波が用いられるため、図1のように円錐ホーン12および円筒導波管14によって構成される一次放射器1を適用することが好適である。なお、本実施形態の一次放射器1は、反射鏡部52が放物面の一部を切り取った形状を有するパラボラアンテナ50のような、いわゆるオフセットパラボラアンテナのみならず、一般的な反射鏡アンテナにも適用できることはいうまでもない。

10

【0034】

次に、その他の実施形態について説明する。上述のことから、半波長厚フィードームを開口面に設けた一次放射器においては、位相中心をできるだけ開口面に近づけることで良好な定在波比特性および指向性が得られることは明らかである。位相中心が開口面に近いホーンアンテナとしては、コルゲートホーンアンテナがあり、これを適用した一次放射器2の構成を図11に示す。コルゲート円錐ホーン70は、図11に示すようにホーン内側に円環状の突起部72を設けたものであり、円環状の突起部72の数やその形状によって指向性を調整することができる。一般に、コルゲートホーンアンテナは、ホーン内側に円環状の突起部を設けない通常のホーンアンテナと比較して、位相中心が開口面に近いため、本発明に適用するホーンアンテナとして好適である。

20

【0035】

本発明は、矩形ホーン形状など一般的なホーン形状を有する一次放射器についても適用可能である。一般のホーン形状を有する一次放射器については、まず指向性面を定義し、その指向性面内における位相中心を求める。位相中心は、電磁界シミュレーションによって求めることも可能であるし、図2に示した位相測定系30を用いて測定によって求めることも可能である。次に、開口面に半波長厚フィードームを取り付けた場合における定在波比および指向性が所望の特性となるように、開口面と求められた位相中心との間の距離

30

【0036】

以上、本発明の実施形態について説明した。本発明はここでとりあげられた実施形態になんら限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で様々な実施形態が可能であることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の実施形態の一次放射器の構成を示す図である。

【図2】供試アンテナから放射される電磁波の位相を測定するための測定系を示す図である。

40

【図3】円錐ホーンのセミフレア角の定義を示す図である。

【図4】セミフレア角と、開口面から位相中心までの距離との関係の計算結果を示す図である。

【図5】位相中心に仮想的に設られた無指向性点波源から放射される電磁波の様子を示す図である。

【図6】位相中心から放射された電磁波の伝搬経路が移動する様子を示した図である。

【図7】定在波比の周波数特性のシミュレーション結果を示す図である。

【図8】開口面からH面位相中心までの距離と、定在波比が1.2未満となる周波数帯域幅との関係のシミュレーション結果を示す図である。

【図9】一次放射器のH面指向性のシミュレーション結果を示す図である。

50

【図10】本発明の実施形態の一次放射器を用いたパラボラアンテナの構成を示す図である。

【図11】コルゲートホーンを用いた一次放射器の構成を示す図である。

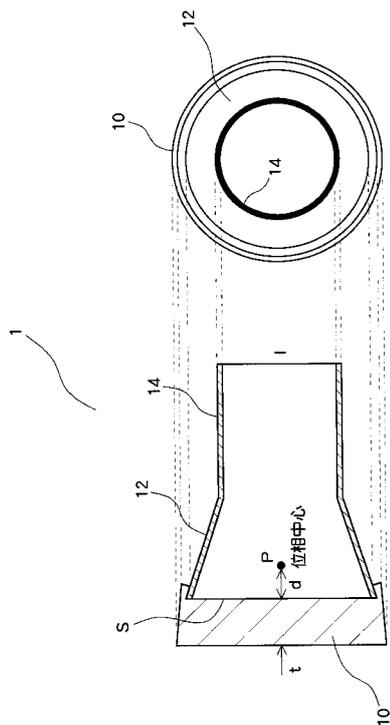
【図12】フィドームを備えた一次放射器の従来構成を示す図である。

【符号の説明】

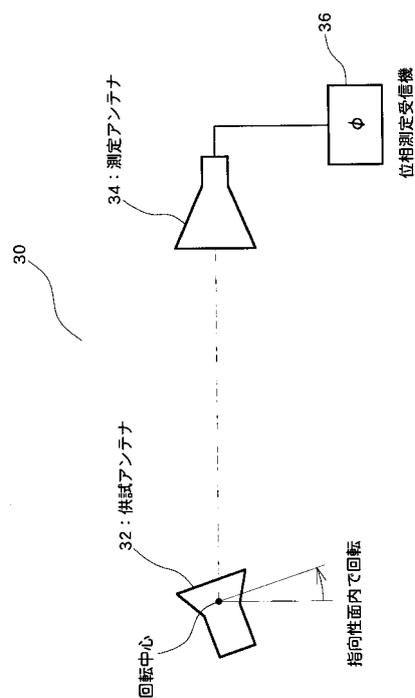
【0038】

- 1, 2, 3, 4, 5 一次放射器、10 半波長厚フィドーム、12 円錐ホーン、14 円筒導波管、30 位相測定系、32 供試アンテナ、34 測定アンテナ、36 位相測定受信機、50 パラボラアンテナ、52 反射鏡部、54 コンバータ、56 同軸ケーブル、58 支持腕、70 コルゲート円錐ホーン、72 突起部、90, 92, 94 フィドーム。

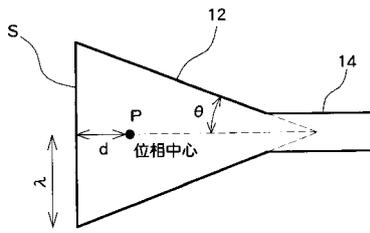
【図1】



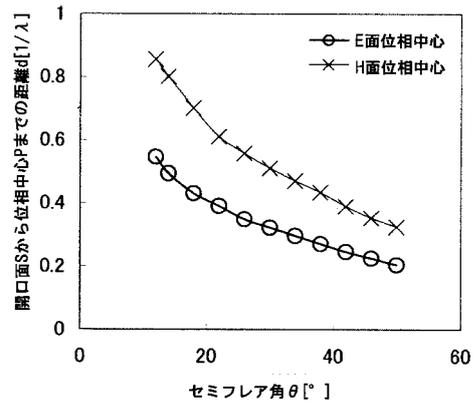
【図2】



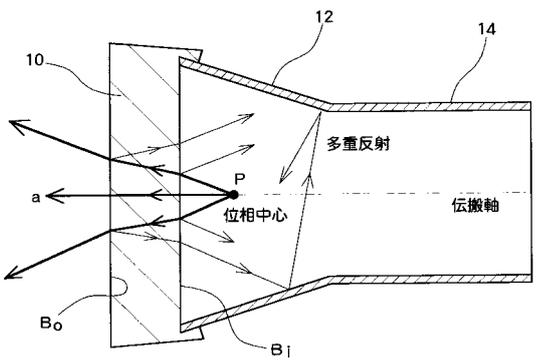
【 図 3 】



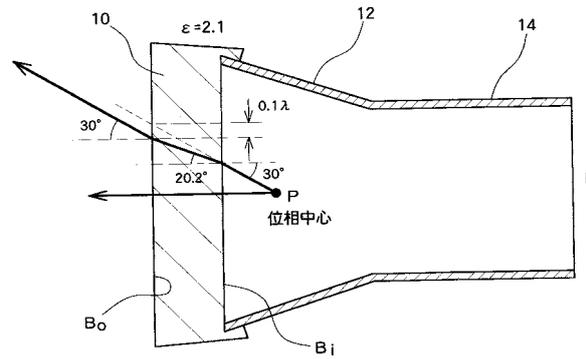
【 図 4 】



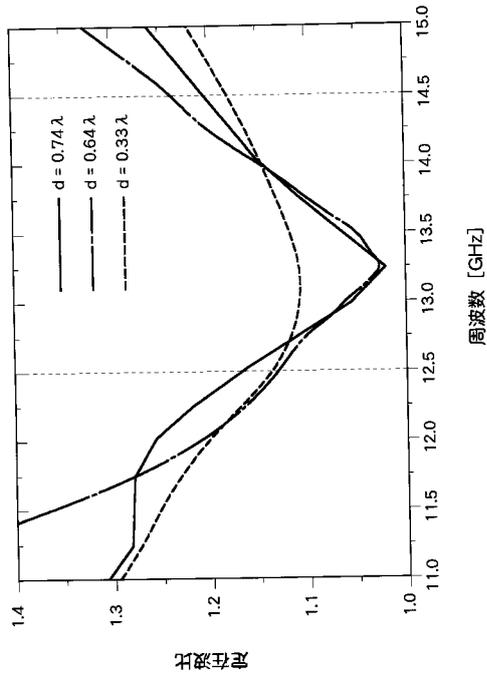
【 図 5 】



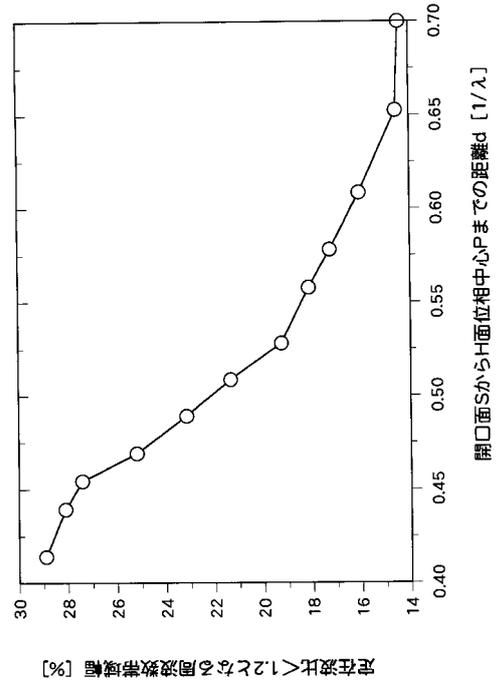
【 図 6 】



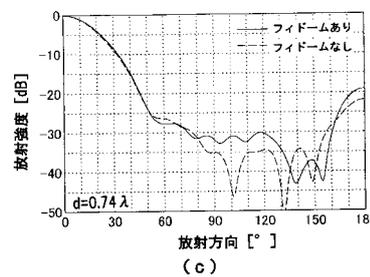
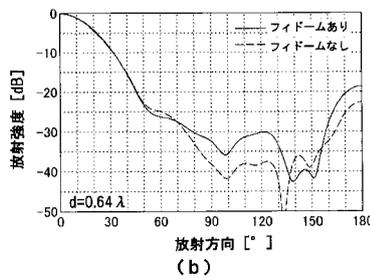
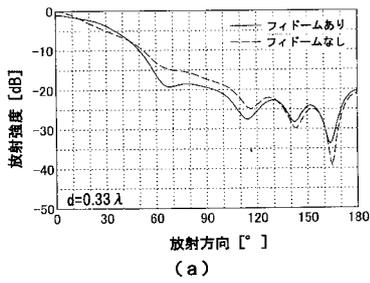
【図7】



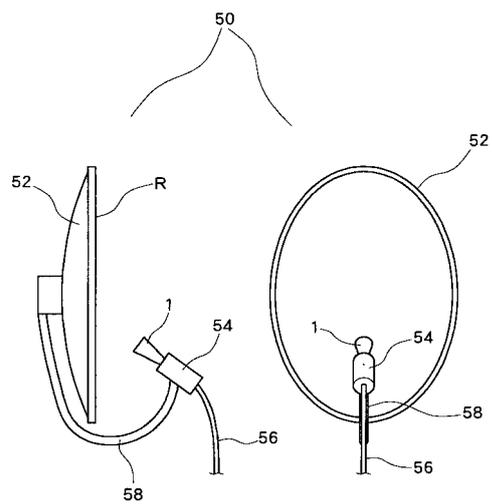
【図8】



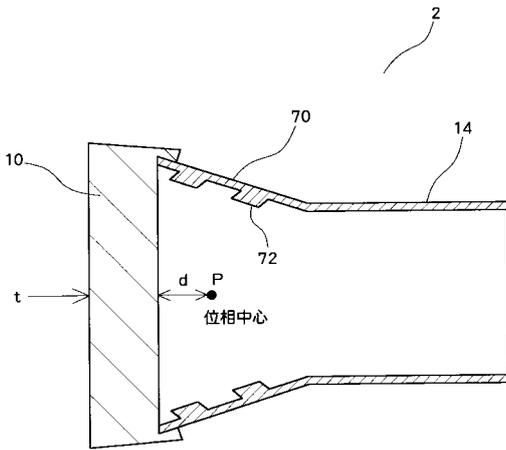
【図9】



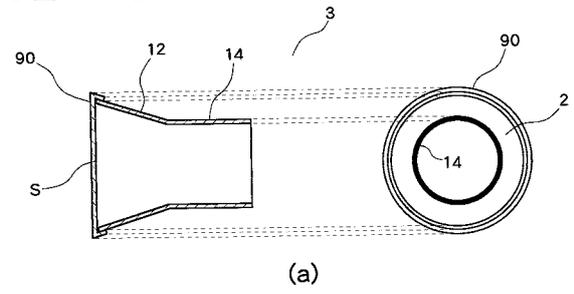
【図10】



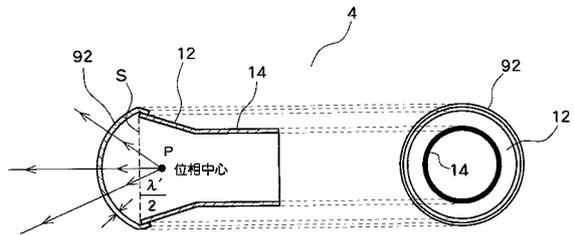
【 図 1 1 】



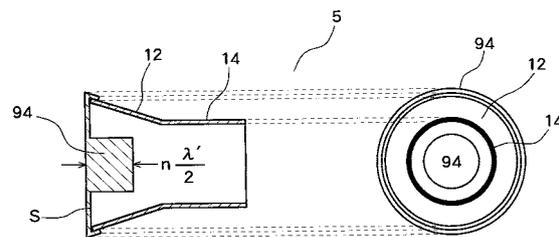
【 図 1 2 】



(a)



(b)



(c)