

(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2012-34285
(P2012-34285A)

(43) 公開日 平成24年2月16日(2012.2.16)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 HO 1 Q 13/06 (2006.01) HO 1 Q 13/06 5 J O 4 5
 HO 1 Q 13/28 (2006.01) HO 1 Q 13/28

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2010-173768 (P2010-173768)
 (22) 出願日 平成22年8月2日(2010.8.2)

特許法第30条第1項適用申請有り 2010年2月15日 同志社大学大学院工学研究科電気電子工学専攻発行の「2009年度電気電子工学専攻 博士課程(前期課程) 修士論文審査会予稿集」において文書をもって発表

(71) 出願人 503027931
 学校法人同志社
 京都府京都市上京区今出川通烏丸東入玄武町601
 (74) 代理人 110000475
 特許業務法人みのり特許事務所
 (72) 発明者 出口 博之
 京都府京田辺市多々羅都谷1-3 同志社大学内
 (72) 発明者 辻 幹男
 京都府京田辺市多々羅都谷1-3 同志社大学内
 Fターム(参考) 5J045 AA25 AB05 CA01 DA01 LA01

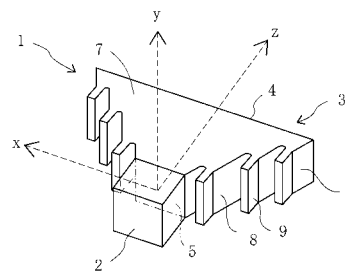
(54) 【発明の名称】 ホーンアンテナおよびその設計方法

(57) 【要約】

【課題】 2つの直交する偏波で励振させたときのそれぞれの楕円ビームの形状を容易に一致させることができ、なおかつホーンの軸長を短くすること。

【解決手段】 横断面が方形の内部空間を有し、一对の対向側面6がホーン3の一端開口5から他端開口4に向かってテーパ面を形成しているホーン3を備えたホーンアンテナ1であって、テーパ面は、ホーン3の中心軸に対して対称な位置に少なくとも一对の凹部9を有している。凹部9は、内部空間に向かって横断面が方形に開口して一方の偏波の電界面と平行に延びるとともに、一方の偏波の磁界方向に沿った開口幅と、深さとを有している。凹部9の開口幅は一方の偏波がカットオフとなるような長さにあらかじめ設定され、凹部9の深さは他方の偏波による楕円ビームの形状が一方の偏波による楕円ビームの形状と実質的に一致するような長さにあらかじめ設定されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

横断面が方形の内部空間を有するホーンを備え、前記ホーンの一対の対向側面が前記ホーンの方角の一端開口から方形の他端開口に向かってテーパ面を形成しており、前記ホーンの前記他端開口から 2 つの直交する偏波を、前記テーパ面が一方の偏波に対する E 面をなすように導入し、前記一端開口から前記偏波のそれぞれの楕円ビームを発生させるホーンアンテナであって、

前記 E 面は、前記ホーンを中心軸に対して対称な位置に少なくとも一対の凹部を有し、前記凹部は、前記内部空間に向かって横断面が方形状に開口して前記一方の偏波の電界面と平行に延びるとともに、前記一方の偏波の磁界方向に沿った開口幅と、深さとを有し

10

、前記開口幅は、前記一方の偏波がカットオフとなるような長さにあらかじめ設定され、前記深さは、他方の偏波による前記楕円ビームの形状が前記一方の偏波による前記楕円ビームの形状と実質的に一致するような長さにあらかじめ設定されていることを特徴とするホーンアンテナ。

【請求項 2】

横断面が方形の内部空間を有するホーンを備え、前記ホーンの前記各一対の対向側面がそれぞれ前記ホーンの方角の一端開口から方形の他端開口に向かってテーパ面を形成しており、前記ホーンの前記他端開口から 2 つの直交する偏波を、一方の一対の対向側面が一方の偏波に対する E 面をなし、かつ他方の一対の対向側面が前記一方の偏波に対する H 面をなすように導入し、前記一端開口から前記偏波のそれぞれの楕円ビームを発生させるホーンアンテナであって、

20

前記 E 面および前記 H 面は、それぞれ、前記ホーンを中心軸に対して対称な位置に少なくとも一対の凹部を有し、

前記 E 面および前記 H 面の凹部は、前記 E 面と前記 H 面との境界で連通しておらず、前記 E 面の凹部は、前記内部空間に向かって横断面が方形状に開口して前記一方の偏波の電界面と平行に延びるとともに、前記一方の偏波の磁界方向に沿った開口幅を有し、該開口幅は前記一方の偏波がカットオフとなるような長さにあらかじめ設定されており、

前記 H 面の凹部は、前記内部空間に向かって横断面が方形状に開口して他方の偏波の電界面と平行に延びるとともに、前記他方の偏波の磁界方向に沿った開口幅を有し、該開口幅は前記他方の偏波がカットオフとなるような長さにあらかじめ設定されており、

30

前記 E 面および前記 H 面の凹部の深さは、前記一方の偏波により発生する楕円ビームの形状と前記他方の偏波により発生する楕円ビームの形状とが実質的に一致するような長さにそれぞれあらかじめ決定されていることを特徴とするホーンアンテナ。

【請求項 3】

前記テーパ面の前記中心軸に対して対称な位置には、前記一端開口と平行に設けられた少なくとも一対の平坦部がさらに形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のホーンアンテナ。

【請求項 4】

前記テーパ面の少なくとも一部は、曲面状または階段状に形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のホーンアンテナ。

40

【請求項 5】

前記凹部の開口面積は、前記凹部の内部空間の横断面の面積よりも小さいことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のホーンアンテナ。

【請求項 6】

前記凹部内には、前記電界面と平行な少なくとも 1 つの仕切板が設けられていることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のホーンアンテナ。

【請求項 7】

前記凹部内には、前記磁界面と平行な少なくとも 1 つの仕切板が設けられていることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載のホーンアンテナ。

50

【請求項 8】

横断面が方形の内部空間を有するホーンを備え、前記ホーンの一対の対向側面が前記ホーンの方角の一端開口から方形の他端開口に向かってテーパ面を形成しており、前記ホーンの前記他端開口から2つの直交する偏波を、前記テーパ面が一方の偏波に対するE面をなすように導入し、前記一端開口から前記偏波のそれぞれの楕円ビームを発生させるホーンアンテナの設計方法であって、

- (1) 前記一端開口および前記他端開口の大きさを決定するステップと、
- (2) 前記内部空間に向かって横断面が方形状に開口して前記一方の偏波の電界面と平行に延びるとともに、前記ホーンを中心軸に対して対称に形成される少なくとも一対の凹部の前記E面における位置を決定するステップと、
- (3) 前記凹部の前記一方の偏波の磁界方向に沿った開口幅を最適化により決定するステップと、
- (4) 前記凹部の深さを最適化により決定するステップとを含み、

前記ステップ(3)では、前記開口幅を前記一方の偏波がカットオフとなる長さに決定し、前記ステップ(4)では、前記深さを他方の偏波による前記楕円ビームが前記一方の偏波による前記楕円ビームの形状に実質的に一致する長さに決定することを特徴とするホーンアンテナの設計方法。

【請求項 9】

前記ホーンの前記他端開口から前記一方の偏波を導入した場合における前記一端開口での開口面分布から、該開口面分布を構成している伝搬可能なモードを決定するステップと

、前記ホーンの前記一端開口から前記他端開口までを前記中心軸に沿って、前記モードの数に応じた複数の区間に分割するステップとをさらに含み、

前記ステップ(2)ないし(4)は、前記一端開口側から前記区間ごとに順次おこなうことを特徴とする請求項8に記載のホーンアンテナの設計方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は2つの直交する偏波からそれぞれの楕円ビームを発生させるホーンアンテナおよび該ホーンアンテナの設計方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のホーンアンテナとして、E面のみがテーパ面を形成し、偏波の磁界方向に広げられたH面扇形ホーンを備えたものや、H面のみがテーパ面を形成し、偏波の電界方向のみに広げられたE面扇形ホーンを備えたものが知られている。このような扇形ホーンには、図12に示すように、軸長 L' を一定にして開口面の大きさ $a' \times b'$ を変化させたときに、利得が最大となる開口面の大きさ $a' \times b'$ が存在し、その状態の扇形ホーンは最適ホーン31と呼ばれる。最適ホーン31は、X帯の標準導波管を例にとると、開口面の大きさ $a' \times b'$ が $100\text{ mm} \times 10.16\text{ mm}$ 、のど元の大きさ $A' \times B'$ が $22.9\text{ mm} \times 10.16\text{ mm}$ 、軸長 L' が 81.32 mm となり、開口面での位相のずれがE面では $1/4$ 波長、H面では $3/8$ 波長となることが知られている。

【0003】

ところで、上記の最適ホーン31のような方形の開口面を有するホーンを備えたホーンアンテナは、2つの直交する偏波で励振するとモードの違いから開口面振幅分布が異なり、同じ形状の楕円ビームを発生させることができない。このため、上記ホーンアンテナを、成形ビームアンテナの一次放射器として用いる場合、楕円反射鏡を効率よく照射することができず利得が低下してしまう。

【0004】

そこで、本件発明者らは、図13および図14に示すような多段ステップホーン31A、31Bを備えたホーンアンテナを提案している。図13に示す多段ステップホーン31

10

20

30

40

50

Aは、E面のみが階段状のテーパ面を形成するH面扇形ホーン12と、H面のみが階段状のテーパ面を形成するE面扇形ホーン13とが個別に設計され、縦続接続されたものである。一方、図14に示す多段ステップホーン31Bは、E面とH面とが交互に広がるピラミッド形に設計されたものである（例えば、非特許文献1参照）。これらの多段ステップホーン31A、31Bを備えたホーンアンテナによれば、2つの直交する偏波で励振させたときの楕円ビームの形状を一致させることができ、楕円反射鏡を効率よく照射することができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】松井祐介、出口博之、辻幹男、「直交偏波だ円ビーム多段ステップホーンの小型化」信学総大、B-1-67、Mar. 2008.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記のような多段ステップホーン31A、31Bを備えたホーンアンテナでは、2つの直交する偏波で励振させたときのそれぞれの楕円ビームの形状を一致させることができるものの、ホーンの軸長が長くなってしまい、ホーンの小型化を図ることができないという問題が生じていた。

【0007】

本発明は上記事情を鑑みてなされたものであって、その課題とするところは、2つの直交する偏波で励振させたときのそれぞれの楕円ビームの形状を容易に一致させることができ、なおかつホーンの軸長を短くすることができるホーンアンテナおよび該ホーンアンテナ設計方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明の第1発明に係るホーンアンテナは、横断面が方形の内部空間を有するホーンを備え、ホーンの一対の対向側面が前記ホーンの方形の一端開口から方形の他端開口に向かってテーパ面を形成しており、ホーンの他端開口から2つの直交する偏波を、テーパ面が一方の偏波に対するE面をなすように導入し、一端開口から偏波のそれぞれの楕円ビームを発生させるホーンアンテナであって、E面はホーンを中心軸に対して対称な位置に少なくとも一対の凹部を有し、凹部は、内部空間に向かって横断面が方形状に開口して一方の偏波の電界面と平行に延びるとともに、一方の偏波の磁界方向に沿った開口幅と、深さとを有し、開口幅は、一方の偏波がカットオフとなるような長さにあらかじめ設定され、深さは他方の偏波による楕円ビームの形状が一方の偏波による楕円ビームの形状と実質的に一致するような長さにあらかじめ設定されていることを特徴とする。

【0009】

この構成によれば、一対の凹部の開口幅により一方の偏波のモード発生量（振幅）を制御ことができ、さらに一対の凹部の深さにより他方の偏波のモード発生量（振幅および位相）を制御することができるので、2つの直交する偏波で励振させたときのそれぞれの楕円ビームの形状を容易に一致させることができ、なおかつホーンの軸長を短くすることができる。

【0010】

また、本発明の第2発明に係るホーンアンテナは、横断面が方形の内部空間を有するホーンを備え、ホーンの一対の対向側面がそれぞれホーンの方形の一端開口から方形の他端開口に向かってテーパ面を形成しており、ホーンの他端開口から2つの直交する偏波を、一方の一対の対向側面が一方の偏波に対するE面をなし、かつ他方の一対の対向側面が一方の偏波に対するH面をなすように導入し、一端開口から偏波のそれぞれの楕円ビームを発生させるホーンアンテナであって、E面およびH面は、それぞれ、ホーンを中心軸に

10

20

30

40

50

対して対称な位置に少なくとも一対の凹部を有し、E面およびH面の凹部は、ともにE面とH面との境界線に接しておらず、E面の凹部は、内部空間に向かって横断面が方形状に開口して一方の偏波の電界面と平行に延びるとともに、一方の偏波の磁界方向に沿った開口幅を有し、該開口幅は一方の偏波がカットオフとなるような長さにあらかじめ設定されており、H面の凹部は、内部空間に向かって横断面が方形状に開口して他方の偏波の電界面と平行に延びるとともに、他方の偏波の磁界方向に沿った開口幅を有し、該開口幅は他方の偏波がカットオフとなるような長さにあらかじめ設定されており、E面およびH面の凹部の深さは、一方の偏波により発生する楕円ビームの形状と他方の偏波により発生する楕円ビームの形状とが実質的に一致するような長さそれぞれあらかじめ決定されていることを特徴とする。

10

【0011】

この構成によれば、E面だけでなくH面にも一対の凹部が形成されているので、H面の凹部でも一方の偏波および他方の偏波のモード発生量を制御することができ、ホーンの軸長をより短くすることができる。

【0012】

上記テーパ面の前記中心軸に対して対称な位置には、一端開口と平行に設けられた少なくとも一対の平坦部がさらに形成されているのが好ましい。この構成によれば、一端開口と平行な一対の平坦部が設けられているので、ホーンの軸長をより短くすることができる。

【0013】

上記テーパ面の少なくとも一部は、曲面状または階段状に形成されていてもよい。この構成によれば、テーパ面を曲面状または階段状に形成することで、平面状のテーパ面と比較して一方の偏波からより多くの高次モードを発生させることができるので、モード合成の自由度が広がり、ホーンの軸長をより短くすることができる。

20

【0014】

上記凹部の開口面積は、凹部の内部空間の横断面の面積よりも小さくてもよい。また、凹部内に、電界面と平行に少なくとも1つの仕切板を設けてもよいし、磁界面と平行に少なくとも1つの仕切板を設けてもよい。

【0015】

また、本発明に係るホーンアンテナの設計方法は、横断面が方形の内部空間を有するホーンを備え、ホーンの一対の対向側面が前記ホーンの方形状の一端開口から方形の他端開口に向かって先細りになるテーパ面を形成しており、ホーンの他端開口から2つの直交する偏波を、テーパ面が一方の偏波に対するE面をなすように導入し、一端開口から偏波のそれぞれの楕円ビームを発生させるホーンアンテナの設計方法であって、(1)一端開口および他端開口の大きさを決定するステップと、(2)内部空間に向かって横断面が方形状に開口して一方の偏波の電界面と平行に延びるとともに、ホーンの中心軸に対して対称に形成される少なくとも一対の凹部のE面における位置を決定するステップと、(3)凹部の一方の偏波の磁界方向の開口幅を最適化により決定するステップと、(4)凹部の深さを最適化により決定するステップとを含み、ステップ(3)では、開口幅を前記一方の偏波がカットオフとなる長さに決定し、ステップ(4)では、深さを他方の偏波による前記楕円ビームが前記一方の偏波による楕円ビームの形状に実質的に一致する長さに決定することを特徴とする。

30

40

【0016】

この構成によれば、一方の偏波がカットオフとなるように一対の凹部の開口幅を決定することにより、一方の偏波のモード発生量を凹部の開口幅によってのみ制御することができ、他方の偏波のモード発生量を凹部の深さによって制御することができるので、2つの直交する偏波で励振させたときのそれぞれの楕円ビームの形状を容易に一致させることができ、なおかつホーンの軸長を短くすることができる。

【0017】

また、本発明に係るホーンアンテナの設計方法は、ホーンの他端開口から一方の偏波を

50

導入した場合における一端開口での開口面分布から、該開口面分布を構成している伝搬可能なモードを決定するステップと、ホーン的一端開口から他端開口までを中心軸に沿って、モードの数に応じた複数の区間に分割するステップとをさらに含み、上記ステップ(2)ないし(4)は、一端開口側から区間ごとに順次おこなうことが好ましい。この構成によれば、その区間で発生する伝搬可能なモードの発生量に注目して最適化を行うことができ、ホーンの形状を区間ごとに順次決定していくことができるため、ホーン的设计が容易になる。

【発明の効果】

【0018】

上記構成によれば、凹部の開口幅を調整することにより一方の偏波のモード発生量を制御することができ、凹部の深さを調整することにより他方の偏波のモード発生量を制御することができるので、凹部の開口幅と深さを適切な長さに設定することで、2つの直交する偏波で励振させたときのそれぞれの楕円ビームの形状を一致させることができる。さらに、ホーンのE面に凹部を形成することにより、ホーンを一方の偏波の磁界方向に広げることができるので、ホーンの軸長を短くても開口面を所定の大きさにすることができる。したがって、本発明によれば、2つの直交する偏波で励振させたときのそれぞれの楕円ビームの形状を容易に一致させることができ、なおかつホーンの軸長を短くすることができるホーンアンテナおよび該ホーンアンテナ設計方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明に係るホーンアンテナを示す斜視図である。

【図2】本発明におけるホーンであって、(a)は $y = 0$ における $x - z$ 断面図、(b)は $x = 0$ における $y - z$ 断面図である。

【図3】図2のC - C'断面($x - y$ 平面)を開口面側から見た図であって、(a)は TE_{10} モードの電気力線、(b)は TE_{01} モードの電気力線を示す図である。

【図4】凹部の働きを説明するためのホーンの $x - z$ 断面図である。

【図5】凹部の開口幅および深さに対する TE_{10} モードの振幅を示す図である。

【図6】凹部の深さに対する TE_{01} モード励振時の放射パターンを示す図である。

【図7】本発明に係るホーンアンテナにおける TE_{10} モードおよび TE_{01} モード励振時の放射パターンを示す図である。

【図8】本発明に係るホーンアンテナの設計方法を説明するための図である。

【図9】変形例1におけるホーンの $x - z$ 断面図である。

【図10】変形例2におけるホーンの $x - z$ 断面図である。

【図11】変形例3におけるホーンの $x - z$ 断面図である。

【図12】最適ホーンを示す斜視図である。

【図13】H面扇形ホーンとE面扇形ホーンを縦続接続した多段ステップホーンを示す斜視図である。

【図14】ピラミッド形の多段ステップホーンを示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、添付図面を参照しつつ、本発明の好ましい実施形態について説明する。

【0021】

[ホーンアンテナの構成]

図1に示すように、本発明に係るホーンアンテナ1は、矩形導波管からなる給電部2と、横断面($x - y$ 断面)が方形の内部空間を有する金属製のホーン3とを備え、給電部2で励振された2つの直交する偏波(X帯の TE_{10} モードおよび TE_{01} モード)により、ホーン3の開口面(一端開口)4からそれぞれの楕円ビームを発生させるものである。

【0022】

ホーン3は、方形の開口面4と、方形ののど元(他端開口)5と、各一对の対向側面6、7とから構成されている。一对の対向側面6は、開口面4からのど元5に向かってテー

10

20

30

40

50

パ面を形成しており、一方の励振偏波の基本モードとなる TE_{10} モードに対する E 面をなしている。これに対して、一对の対向側面 7 は、開口面 4 からのど元 5 に向かって平行に設けられており、 TE_{10} モードに対する H 面をなしている。

【0023】

テーパ面となる一对の対向側面 (E 面) 6 は、平面状のテーパ部 8 と、ホーン 3 の中心軸に対して対称な位置に形成された一对の凹部 9 および一对の平坦部 10 とを有している。図 2 に示すように、凹部 9 は、E 面 6 の電界方向全体にわたり内部空間に向かって横断面が方形に開口しており、 TE_{10} モードの電界面と平行に延びている。 TE_{10} モードの磁界方向 (x 方向) に沿った凹部 9 の開口幅は $K_1 = K_2 = K_3 = 3 \text{ mm}$ に設計されており、凹部 9 の深さは $U_1 = U_2 = U_3 = 9 \text{ mm}$ に設計されている。平坦部 10 は、ホーン 3 の軸長 L をより短くするために、開口面 4 と平行に設けられたものであり、x 方向に沿った幅が $M_1 = M_2 = M_3 = 2 \text{ mm}$ に設計されている。

10

【0024】

本発明に係るホーンアンテナ 1 では、 TE_{10} モードと TE_{01} モードの両方を励振させるため、図 2 に示すように、ホーン 3 ののど元 5 は $A \times B = 22.9 \text{ mm} \times 22.9 \text{ mm}$ の大きさをもった正方形に設計されている。また、ホーン 3 の開口面 4 は $a \times b = 100 \text{ mm} \times 22.9 \text{ mm}$ の大きさをもった長方形に設計されている。

【0025】

また、本発明に係るホーンアンテナ 1 では、E 面 6 がテーパ面を形成しているため、 TE_{10} モード励振時には、開口面 4 に向かうにつれて、 TE_{10} モードの高次モードである TE_{30} モード、 TE_{50} モード等の伝搬可能なモード (伝搬モード) が発生する。

20

【0026】

図 3 は図 2 の C - C' 断面におけるホーン 3 の x - y 平面を開口面 4 側から見た図であって、(a) は TE_{10} モードの電気力線を示し、(b) は TE_{01} モードの電気力線を示す図である。図 3 (a) に示すように、 TE_{10} モード励振時には、凹部 9 内の電磁界はカットオフとなる。

【0027】

図 4 は、 TE_{10} モード励振時における凹部 9 の働きを説明するために設計したホーン 3 A の図である。図 4 に示すホーン 3 A は、一对の凹部 9 が一段装荷され、のど元 5 から凹部 9 の開口面までの長さが $s_1 = 10 \text{ mm}$ に設計されており、開口面 4 およびのど元 5 の大きさが最適ホーン 3 1 と同様に設計されている。図 5 は、図 4 に示すホーン 3 A において、凹部 9 の開口幅 k_1 を 3 mm 、 6 mm 、 9 mm と変化させ、凹部 9 の深さ u_1 をそれぞれ 0 から 8 mm の間で変化させたときの 10 GHz における TE_{10} モードの振幅 (モード発生量) を示す図である。同図から、凹部 9 の開口幅 k_1 を変化させると TE_{10} モードの振幅は変化するが、開口幅 k_1 を固定して凹部 9 の深さ u_1 を変化させても TE_{10} モードの振幅はほとんど変化しないことが分かる。

30

【0028】

表 1 は、図 4 に示すホーン 3 A において、凹部 9 の開口幅 k_1 を 3 mm とし、凹部 9 の深さ u_1 を 0 、 4 mm 、 8 mm と変化させたときの TE_{10} モード、 TE_{30} モード、 TE_{50} モードの位相を示す表である。同表から、凹部 9 の深さ u_1 を変化させても各モードの位相はほとんど変化しないことが分かる。

40

【0029】

【表 1】

Mode	$u_1=0$ [mm]	$u_1=4$ [mm]	$u_1=8$ [mm]
TE_{10}	0 [deg]	0 [deg]	0 [deg]
TE_{30}	-104 [deg]	-105 [deg]	-104 [deg]
TE_{50}	-149 [deg]	-151 [deg]	-150 [deg]

50

【 0 0 3 0 】

図5および表1に示すように、凹部9の深さ u_1 を変化させても TE_{10} モードの振幅や位相はほとんど変化しないことから、 TE_{10} モード励振時には、凹部9内の電磁界はカットオフとなっていることが分かる。すなわち、凹部9の開口面では電磁界が乱れ境界条件を満たすように新たなモードが発生するが、この新たに発生したモードは、凹部9内に蓄積され、伝搬することなく減衰していくカットオフモードとなる。このように、 TE_{10} モードの振幅や位相は、凹部9の深さにほとんど影響を受けないため、凹部9の開口幅のみで TE_{10} モードの振幅を制御することができる。なお、カットオフモードが再変換されて、伝搬モードとなる場合もあるが、この再変換された伝搬モードは通常十分小さいため無視することができる。

10

【 0 0 3 1 】

一方、図3(b)に示すように、 TE_{01} モード励振時には、凹部9内に伝搬モードが発生する。この伝搬モードは、凹部9の底面で反射するため、凹部9の深さによって振幅および位相が変化する。図6は、図2に示すホーン3において、凹部9の深さ($U_1 = U_2 = U_3$)を0、 $\lambda/8$ (λ は TE_{01} モードの励振波長)mm、 $\lambda/4$ mmと変化させたときの TE_{01} モード励振時の放射パターンを示す図である。同図から、凹部9の深さが変わることにより放射パターン(楕円ビームの形状)が変化することが分かる。本実施形態では、凹部9の深さを $U_1 = U_2 = U_3 = 9$ mmとすることで、図7に示すように、 TE_{01} モード励振時の放射パターンを TE_{10} モード励振時の放射パターンに実質的に一致させている。

20

【 0 0 3 2 】

上記のように、本発明に係るホーンアンテナ1では、E面6に、凹部9や平坦部10が設けられているためホーン3の軸長 L を短くすることができる。本実施形態では、ホーン3の軸長 L を44.02mmにすることができ、最適ホーン31の軸長 L' の半分近くまで短縮することができている。さらに、凹部9の開口幅により TE_{10} モードのモード発生量(振幅)を制御することができ、凹部9の深さにより TE_{01} モードのモード発生量(振幅および位相)を制御することができるので、 TE_{10} モードおよび TE_{01} モード励振時の楕円ビームの形状を容易に一致させることができる。

【 0 0 3 3 】

[ホーンアンテナの設計方法]

次に、本発明に係るホーンアンテナ1の設計方法について説明する。

30

【 0 0 3 4 】

本発明に係るホーンアンテナ1の設計方法は、ホーン3の開口面4からのど元5までを該ホーン3の中心軸に沿って複数の区間に分割し、各区間のホーン3の形状をその区間で新たに発生する高次モードを制御することにより順次設計していくというものである。

【 0 0 3 5 】

設計にあたって、最初に、所望の放射パターンを実現しうる開口面4およびのど元5の大きさを決定する(ステップ(1))。開口面4およびのど元5の大きさが定まると、 TE_{10} モードおよび TE_{01} モード励振時の放射パターンから開口面分布が定まるので、開口面分布を構成しているモードを決定することができる。これにより、発生させる高次モードの数が決定し、図8に示すように制御すべきモードの数に応じた区間数($S_1 \sim S_N$)が決定する。

40

【 0 0 3 6 】

なお、これらの区間では、区間内において伝搬可能なモード数が変わらないようになっており、開口面4側に向かうにつれて区間ごとに伝搬可能なモード数が順次一つずつ増えるようになっている。このため、各区間のホーン3の形状は、その区間で新たに発生する伝搬可能なモードの発生量に注目して設計することができ、区間ごとに順次決定していくことができる。具体的には、以下のように、開口面4側の区間 S_N から順に、テーパ部8の開き角や平坦部10の幅等を最適化により定めてE面における凹部9位置を決定し(ステップ(2))、凹部9の開口幅および深さを最適化により決定していく(ステップ(3

50

）および（４））。なお、最適化とは、所望の開口面分布を得るために、テーパ部８の開き角、平坦部１０の幅、凹部９の開口幅および深さ等の開口面分布に影響を及ぼす項目の各値を微調整することをいう。

【００３７】

まず、区間Ｓ_Nでは、ＴＥ₁₀モード励振時に発生する第Ｎ次高次モードの開口面分布が所望の開口面分布となるように、ホーン３の軸長Ｌ_Nと、区間Ｓ_N内のテーパ部８の開き角を最適化により決定する。

【００３８】

次いで、上記で決定した区間Ｓ_Nに区間Ｓ_{N-1}を接続した区間では、ＴＥ₁₀モード励振時に発生する第Ｎ-１次高次モードの開口面分布が所望の開口面分布となるように、ホーン３の軸長Ｌ_{N-1}、区間Ｓ_{N-1}内のテーパ部８の開き角、凹部９の開口幅Ｋ_{N-1}、平坦部１０の幅Ｍ_{N-1}を最適化により決定する。ＴＥ₁₀モード励振時には、凹部９内の電磁界はカットオフとなっており、凹部９の開口面で発生した新たなモードは伝搬することなく減衰していくので、凹部９の深さは第Ｎ-１次高次モードの開口面分布にほとんど影響を与えない。このため、ＴＥ₁₀モード励振時において凹部９の開口幅Ｋ_{N-1}を決定した後に、凹部９の深さＵ_{N-1}を決定することが好ましい。凹部９の深さＵ_{N-1}は、ＴＥ₀₁モード励振時の放射パターンがＴＥ₁₀モード励振時の放射パターンに実質的に一致するように最適化することで決定する。なお、第Ｎ-１次高次モードの発生量および第Ｎ次高次モードの発生量大きい場合は、ホーン３の軸長Ｌ_N、区間Ｓ_N内のテーパ部８の開き角の最適化を再度おこない、決め直すことが好ましい。

【００３９】

同様にして、区間Ｓ_{N-2}から区間Ｓ₂までの区間では、ＴＥ₁₀モード励振時に発生する各高次モードの開口面分布が所望の開口面分布となるように、ホーン３の軸長（Ｌ_{N-2}～Ｌ₂）、各区間（Ｓ_{N-2}～Ｓ₂）内のテーパ部８の開き角、凹部９の開口幅（Ｋ_{N-2}～Ｋ₂）、平坦部１０の幅（Ｍ_{N-1}～Ｍ₂）を最適化により決定し、その後、ＴＥ₀₁モード励振時の放射パターンがＴＥ₁₀モード励振時の放射パターンに実質的に一致するように凹部９の深さ（Ｕ_{N-2}～Ｕ₂）を最適化により決定する。これらの場合も、各区間のホーン３の軸長、テーパ部８の開き角、凹部９の開口幅および深さ、平坦部１０の幅等の各項目の最適化をおこなう際に、すでに最適化が終了している区間も併せて最適化を繰り返すことにより各項目の値を決め直すことが好ましい。

【００４０】

次いで、上記で決定した区間Ｓ₂までの区間に区間Ｓ₁を接続した区間では、ＴＥ₁₀モードの開口面分布が所望の開口面分布となるように、ホーン３の軸長Ｌ₁、区間Ｓ₁内のテーパ部８の開き角、凹部９の開口幅Ｋ₁、平坦部１０の幅Ｍ₁を最適化により決定し、その後、ＴＥ₀₁モード励振時の放射パターンがＴＥ₁₀モード励振時の放射パターンに実質的に一致するように凹部９の深さＵ₁を最適化により決定する。

【００４１】

上記のように、ＴＥ₁₀モードおよびその高次モードがカットオフとなるような長さの凹部９をＥ面６の適切な位置に設けることにより、凹部９の開口幅を調整するだけでＴＥ₁₀モードおよびその高次モードのモード発生量を制御することができ、凹部９の深さを調整してＴＥ₀₁モードのモード発生量を制御することができる。このため、ホーン３の軸長を短くすることができ、なおかつＴＥ₁₀モードおよびＴＥ₀₁モード励振時のそれぞれの楕円ビームの形状を容易に一致させることができる。

【００４２】

なお、本実施形態においては、区間ごとに伝搬可能なモード数が順次一つずつ増えるように区間を分割したが、最適化が可能であれば区間ごとに伝搬可能なモード数が順次複数増えるように区間を分割してもよい。

【００４３】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明してきたが、本発明はこれらの構成に限定されるものではない。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

[変形例 1]

例えば、上記実施形態におけるテーパ部 8 は、平面状であるが、曲面状や階段状でも良い。図 9 は、E 面 6 ののど元 5 側に平面状のテーパ部 8 が設けられ、開口面 4 側に曲線状のテーパ部 8 B が設けられたホーン 3 B の $x - z$ 断面図である。同図に示すように、曲線状のテーパ部 8 B を設けることにより、より多くの高次モードを発生させることができるので、モード合成の自由度が広がり、ホーン 3 B の軸長をより短くすることができる。

【 0 0 4 5 】

[変形例 2]

また、上記実施形態における凹部 9 の内部空間の横断面の形状および面積は、凹部 9 の開口面と同じであるが、その形状はおよび面積は任意に変更することができる。図 10 は、凹部 9 C の開口幅 K_1 が凹部 9 C の内部空間における底面近傍の磁界方向に沿った幅 K_2 よりも小さくなるホーン 3 C の $x - z$ 断面図である。

10

【 0 0 4 6 】

[変形例 3]

また、上記実施形態における凹部 9 内には、 TE_{10} モードの電界面および / または磁界面と平行に金属製の仕切板 11 を設けることができる。図 11 は、凹部 9 D 内に E 面と平行に仕切板 11 が設けられ、凹部 9 D が複数に分割されたホーン 3 D の $x - z$ 断面図である。同図に示すように、凹部 9 D 内に TE_{10} モードの電界面と平行に仕切板 11 を設けることで、 TE_{10} モードおよびその高次モードのモード発生量の制御をより容易におこなうことができる。

20

【 0 0 4 7 】

[変形例 4]

さらに、上記実施形態では、E 面 6 のみがホーン 3 の開口面 4 からのど元 5 に向かって先細りになるテーパ面を形成しているが、H 面 7 も同様にテーパ面を形成していてもよく、H 面 7 にもテーパ部、凹部および平坦部を設けてもよい。例えば、図 13 や図 14 に示す多段ステップホーン 3 1 A、3 1 B に凹部を設けることができる。なお、E 面 6 と H 面 7 の両方に凹部を設ける場合は、凹部内の電磁界がカットオフとなるように、E 面 6 の凹部と H 面 7 と凹部とを互いに離間させ、それぞれの凹部が、E 面 6 と H 面 7 との境界で連通しないようにする必要がある。

30

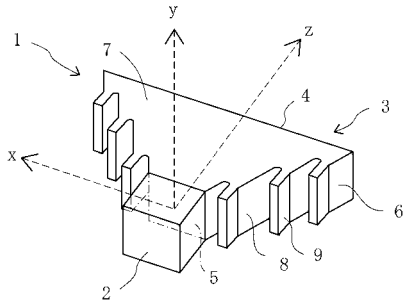
【 符号の説明 】

【 0 0 4 8 】

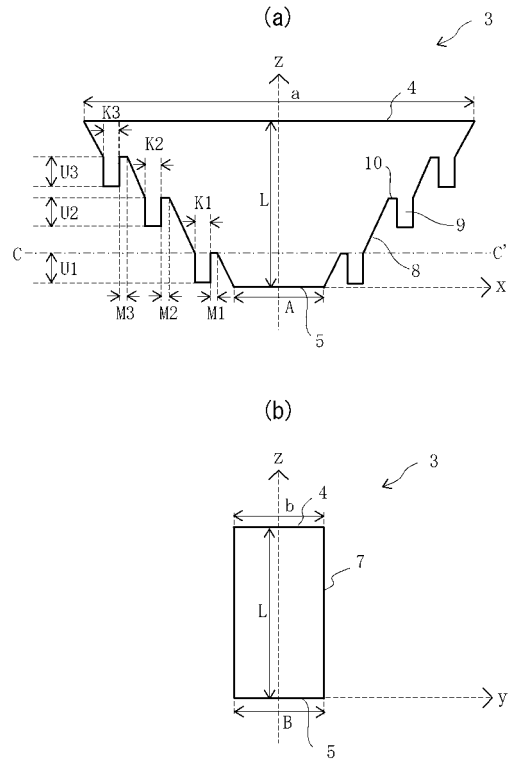
- 1 ホーンアンテナ
- 2 給電部
- 3、3 A、3 B、3 C、3 D ホーン
- 3 1 最適ホーン
- 4 開口面（一端開口）
- 5 のど元（他端開口）
- 6 E 面
- 7 H 面
- 8 テーパ部
- 9 凹部
- 1 0 平坦部
- 1 1 仕切板

40

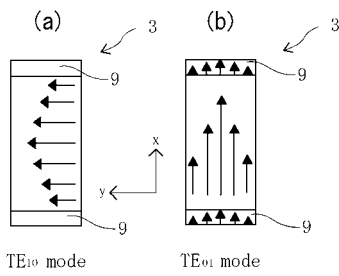
【 図 1 】



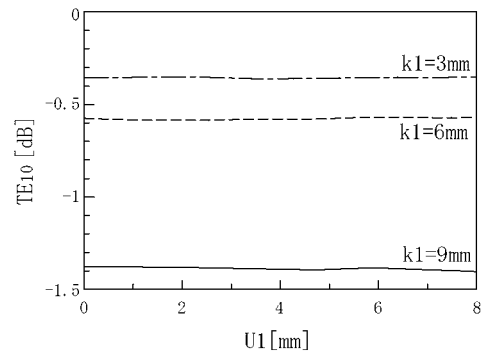
【 図 2 】



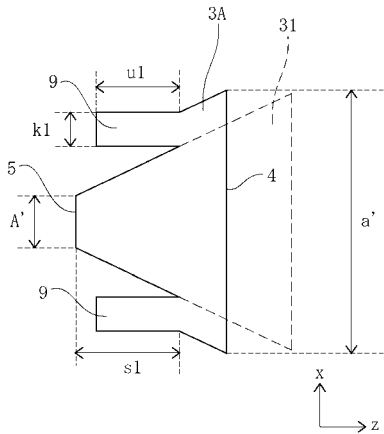
【 図 3 】



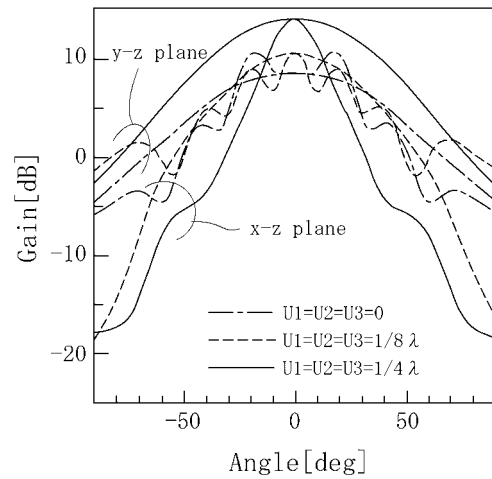
【 図 5 】



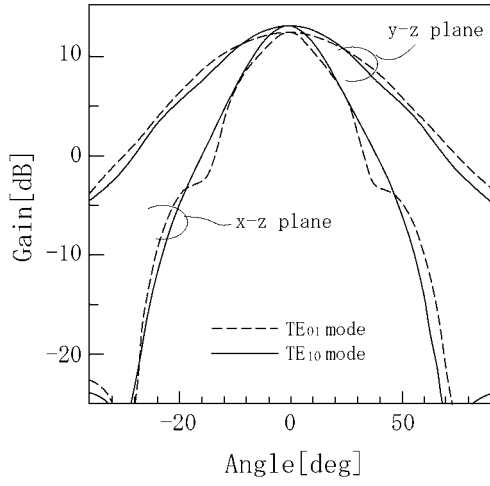
【 図 4 】



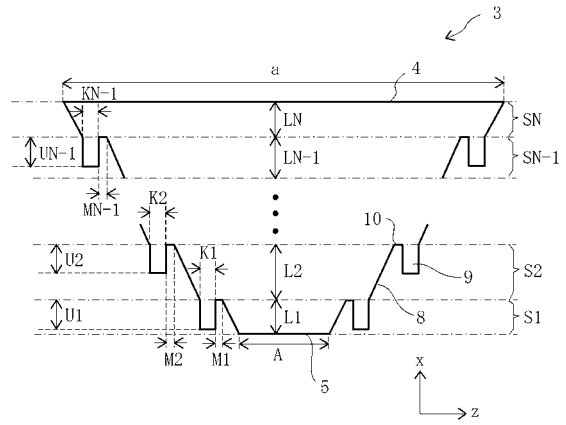
【 図 6 】



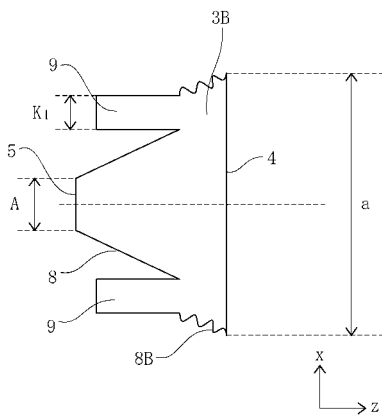
【 図 7 】



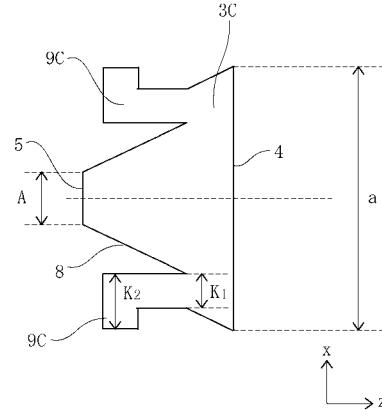
【 図 8 】



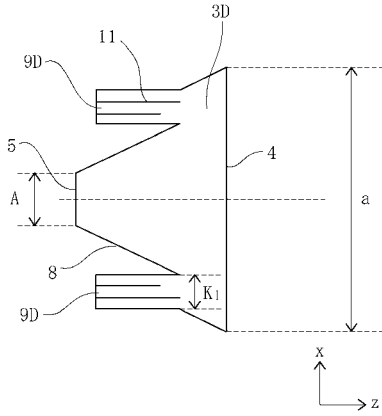
【 図 9 】



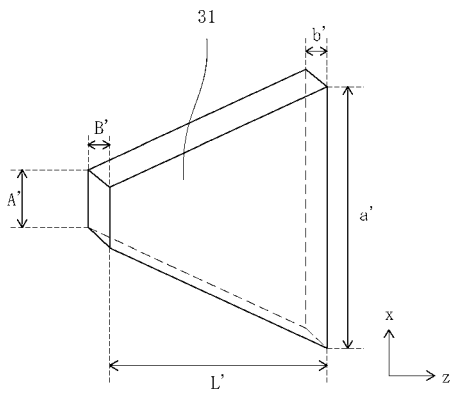
【 図 10 】



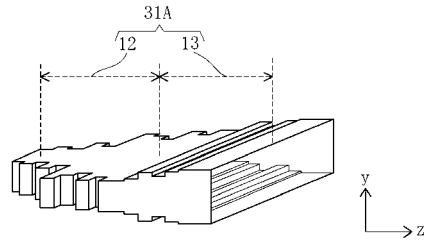
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

