

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5355000号
(P5355000)

(45) 発行日 平成25年11月27日(2013.11.27)

(24) 登録日 平成25年9月6日(2013.9.6)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 Q 15/14 (2006.01)	HO 1 Q 15/14 Z
HO 4 B 7/10 (2006.01)	HO 4 B 7/10 A

請求項の数 12 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2008-224181 (P2008-224181)	(73) 特許権者	392026693
(22) 出願日	平成20年9月1日(2008.9.1)		株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ
(65) 公開番号	特開2010-62689 (P2010-62689A)		東京都千代田区永田町二丁目11番1号
(43) 公開日	平成22年3月18日(2010.3.18)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成23年3月31日(2011.3.31)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100117064
			弁理士 伊藤 市太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システム、周期構造反射板及びテーパ付きマッシュルーム構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

反射波の位相差を制御することによって反射角を制御する構造を周期的に配置する構造を具備し、

間隔 S_k で配列される n 個の反射板構成片 r_k ($1 \leq k \leq n$) において、各反射板構成片 r_k における反射波の位相を ϕ_k とし、各反射板構成片 r_k と隣接する反射板構成片 r_{k+1} との位相差 ($\phi_{k+1} - \phi_k$) を $\Delta\phi_k$ とし、反射波の波長を λ とするとき、

所望の反射波の進行方向を示す角 θ に対して、(式1)を満たすように配列されている該 n 個の反射板構成片 r_k によって構成され、

$$\theta = \sin^{-1} \left(\sum_{k=1}^n \Delta\phi_k / 2\pi \cdot S_k / \lambda \right) \dots \text{(式1)}$$

【数1】

$$RL = \sum_{k=1}^n \Delta S_k$$

によって規定される長さ RL であるブロックを、周期 T ($T = RL$) 毎に、複数個設けるように構成されていることを特徴とする周期構造反射板。

【請求項 2】

前記周期 T は、 $T = \lambda / \sin \theta$ が成立する値であることを特徴とする請求項 1 に記載の周期構造反射板。

【請求項 3】

底面を金属地板とする誘電体基板と、該誘電体基板の上面に構成される短冊状のパッチと、該金属地板と該パッチとを短絡するショートピンとによって構成されるマッシュルーム素子によって構成されるテーパ付きマッシュルーム構造であって、

各マッシュルーム素子を、 X 軸方向に所定間隔 X_i で n 個配置し、 Y 軸方向に所定間隔 Y_j で m 個配置するように構成されており、

各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ $L_{Y_{ij}}$ を X 軸方向に沿って傾斜させて変化させるか、各マッシュルーム素子の X 軸方向の長さ $L_{X_{ij}}$ を Y 軸方向に沿って傾斜させて変化させるか、或いは、各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ $L_{Y_{ij}}$ を X 軸方向に沿って傾斜させて変化させると共に各マッシュルーム素子の X 軸方向の長さ $L_{X_{ij}}$ を Y 軸方向に沿って傾斜させて変化させるように構成されており、

各マッシュルーム素子において電波が反射するときの反射係数の位相が、 XY 平面上で任意に定めた直線に対して平行となるように、各マッシュルーム素子の長さを決めるように構成されており、

各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ $L_{Y_{ij}}$ を Y 軸方向と X 軸方向に沿って傾斜させて変化させることを特徴とするテーパ付きマッシュルーム構造。

【請求項 4】

底面を金属地板とする誘電体基板と、該誘電体基板の上面に構成される短冊状のパッチと、該金属地板と該パッチとを短絡するショートピンとによって構成されるマッシュルーム素子によって構成されるテーパ付きマッシュルーム構造であって、

各マッシュルーム素子を、 X 軸方向に所定間隔 X_i で n 個配置し、 Y 軸方向に所定間隔 Y_j で m 個配置するように構成されており、

各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ $L_{Y_{ij}}$ を Y 軸方向に沿って傾斜させて変化させるか、各マッシュルーム素子の X 軸方向の長さ $L_{X_{ij}}$ を X 軸方向に沿って傾斜させて変化させるか、或いは、各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ $L_{Y_{ij}}$ を Y 軸方向に沿って傾斜させて変化させると共に各マッシュルーム素子の X 軸方向の長さ $L_{X_{ij}}$ を X 軸方向に沿って傾斜させて変化させるように構成されており、

各マッシュルーム素子において電波が反射するときの反射係数の位相が、 XY 平面上で任意に定めた直線に対して平行となるように、各マッシュルーム素子の長さを決めるように構成されており、

各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ $L_{Y_{ij}}$ を Y 軸方向と X 軸方向に沿って傾斜させて変化させることを特徴とするテーパ付きマッシュルーム構造。

【請求項 5】

各マッシュルーム素子の X 軸方向の長さ $L_{X_{ij}}$ を Y 軸方向と X 軸方向に沿って傾斜させて変化させることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載のテーパ付きマッシュルーム構造。

【請求項 6】

前記所定間隔 X_i 及び Y_j によって決定される X 軸方向の長さ $L_{X_{ij}}$ 及び Y 軸方向の長さ $L_{Y_{ij}}$ に関する制約により、 m 個或いは n 個のマッシュルーム素子を配置することができない場合、 X 軸方向に所定間隔 X_i で且つ Y 軸方向に所定間隔 Y_j でマッシュルーム素子が配置されるブロックを、周期的に繰り返し配置することを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれか一項に記載のテーパ付きマッシュルーム構造。

【請求項 7】

任意の k に対する k 番目と $k - 1$ 番目との間に位相差のずれが生じないように、各マッシュルーム素子を配置することを特徴とする請求項 3 乃至 6 のいずれか一項に記載のテーパ付きマッシュルーム構造。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

任意の p に対する p 周期目と $p - 1$ 周期目との間に位相のずれが生じないように、各マッシュルーム素子を配置することを特徴とする請求項 3 乃至 6 のいずれか一項に記載のテーパ付きマッシュルーム構造。

【請求項 9】

間隔 x で配列されるマッシュルーム素子において、各マッシュルーム素子における反射係数の位相差を ϕ とし、反射波の波長を λ とするとき、

所望の反射波の進行方向を示す角 θ は、(式 2) によって決定され、

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{\phi}{2\pi} \cdot \frac{\lambda}{x} \right) \dots \text{(式 2)},$$

反射係数 Γ は、自由空間インピーダンス Z_0 及び表面インピーダンス Z_s を用いて (式 3) によって決定され、

$$\Gamma = (Z_s - Z_0) / (Z_s + Z_0) = | \Gamma | \exp(j\phi) \dots \text{(式 3)},$$

表面インピーダンス Z_s は、前記テーパ付きマッシュルーム構造によって決まるインダクタンス L 及びキャパシタンス C を用いて (式 4) によって決定されるとき、

$$Z_s = j \left(\frac{L}{1 - \omega^2 LC} \right) \dots \text{(式 4)},$$

マッシュルーム素子は、 X 軸方向に i 個配置され、前記インダクタンス L 及び前記キャパシタンス C から近似的に求められる反射係数の位相を前記間隔 x ごとに等間隔として前記位相差 ϕ が等しくなるように構成し、所定の周期 T の間隔で、マッシュルーム素子が X 軸方向に i 個配置されたブロックを並べることが特徴とする請求項 3 乃至 8 のいずれか一項に記載のテーパ付きマッシュルーム構造。

【請求項 10】

請求項 3 乃至 9 のテーパ付きマッシュルーム構造を構成することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の周期構造反射板。

【請求項 11】

各ブロックの周期 T を、前記周期構造反射板を設置する周囲の電波伝搬環境に応じて変化させることにより、前記反射波の伝搬する方向を変化させることを特徴とする請求項 1、2 又は 10 に記載の周期構造反射板。

【請求項 12】

請求項 1、2、10 又は 11 の周期構造反射板を用いることを特徴とする無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信システム、周期構造反射板及びテーパ付きマッシュルーム構造に関する。例えば、本発明は、以下の機能を具備する無線通信システムに関する。

【0002】

(1) 反射波の位相(反射位相)を制御する反射板において、送信側装置から一次放射された電波を、正規反射(具体的には、鏡面反射)と異なる方向の所望エリアに向かう等位相の平面波として反射させるように反射特性が設定されている機能。

【0003】

(2) 反射波の位相差を制御することによって反射角を制御する構造を周期的に並べることによって、波長に対して十分大きな反射板を構成する機能。

【背景技術】

【0004】

近年、メタマテリアル材料の研究が盛んであり、非特許文献 1 に示すように、マッシュルーム構造において、テーパ(傾斜)を付けて反射波に位相差を与え、放射方向を制御する技術が検討されている。

【0005】

図 44 は、非特許文献 1 に示す従来のテーパ付きマッシュルーム構造を示している。図 44 に示すように、かかるテーパ付きマッシュルーム構造は、 $L1$ から $L11$ まで 11 個の長さの異なるパッチを有するマッシュルーム素子によって構成されている。表 1 に、図

10

20

30

40

50

4 4 に示すマッシュルーム構造の詳細寸法について示す。

【 0 0 0 6 】

【 表 1 】

パラメータ	値	パラメータ	値
L ₁	17.70mm	L ₂	18.27mm
L ₃	18.66mm	L ₄	19.00mm
L ₅	19.28mm	L ₆	19.53mm
L ₇	19.77mm	L ₈	20.00mm
L ₉	20.23mm	L ₁₀	20.47mm
		L ₁₁	20.70mm
単位セルの幅 Δx			17mm
単位セルの長さ Δy			23mm
隣接セルの位相差 Δφ			π/10

10

20

【 0 0 0 7 】

図 4 4 のように周期的に配列されたマッシュルーム構造の共振周波数は、パッチのサイズを変えることによって、図 4 5 のように変化する。

【 0 0 0 8 】

図 4 5 は、図 4 4 に示すテーパ付きマッシュルーム構造体における L₁ から L₁₁ までの長さのマッシュルーム素子に対する反射波の位相を示している。

30

【 0 0 0 9 】

図 4 5 に示すように、2.4 GHz において、長さ L₁₁ (20.70 mm) では、位相が -90° であるのに対して、長さ L₁ (17.70 mm) のときは、位相が 90° となっている。

【 0 0 1 0 】

反射波の位相を制御して反射波を所望方向へ向けるには、位相は -180° (- ラジアン) から 180° (ラジアン) まで自由に变化できることが望ましい。

【 0 0 1 1 】

従来のテーパ付きマッシュルーム構造の場合について考えると、反射波の位相は、伝送線路理論により、図 4 4 の Y 軸方向に隣り合うパッチどうしのギャップ間隔で近似的に決定されるが、パッチの Y 軸方向の長さが、パッチ間隔に比べて小さくなりすぎると、伝送線路理論の適用が困難になり、反射波の位相が変化しなくなるし、また、パッチの Y 軸方向の長さを大きくするとパッチ間隔が小さくなるが、小さくしすぎれば、製造上の限界がある。

40

【 0 0 1 2 】

これらの理由により、従来のテーパ付きマッシュルーム構造は、十分なダイナミックレンジが確保できなかった。

【 0 0 1 3 】

また、図 4 4 に示すテーパ付きマッシュルーム構造の大きさは、Y 軸方向が 161 mm であり、X 軸方向が 187 mm であり、いずれも 1.5 以下となっており、電波を反射

50

させるための反射板としては十分な大きさになっていない。

【0014】

さらに、図44に示すテーパ付きマッシュルーム構造を用いた位相差の制御では、反射角 θ と X 軸方向の周期間隔 x (ピッチ) は、(式1)で近似される関係がある。

【0015】

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{c \cdot \sin \theta_0}{2 \cdot x} \right) \dots \quad (\text{式1})$$

図44及び表1の設計値は、反射角 θ が約 22° の場合とされているが、反射角 θ をさらに大きくすると、(式1)により、 x をさらに小さくし、反射板全体のサイズもさらに小さくなるという欠点があった。

【0016】

また、従来のテーパ付きマッシュルーム構造は、直交する方向(この例の場合、Y方向)にビームを制御する手法については、なんら考えられていなかった。

【非特許文献1】K. Chang, J. Ahn and Y. J. Yoon: "High-impedance Surface with Nonidentical Lattices", iWAT2008, p.315, pp.474~477

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

上述したように、従来のテーパ付きマッシュルーム構造では、周期構造を形成する各マッシュルーム素子の寸法を変化させて求める位相差に限界があることにより、大きな反射板を構成することができないという欠点があった。

【0018】

そこで、本発明は、上述の課題に鑑みてなされたものであり、(1)反射波の進む方向を所望方向に制御する機能を持つ反射板のサイズを大きく構成することができ、(2)所望方向を反射板の周期を動かすことで制御することができ、(3)反射波の進む方向を、XY二次元的に制御することの可能な無線通信システム、周期構造反射板及びテーパ付きマッシュルーム構造を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明の第1の特徴は、反射波の位相を制御する反射板を用いて、送信側装置から一次放射された電波を、反射によって所望エリアに対して二次放射するように構成されている無線通信システムであって、前記反射板は、前記送信側装置から一次放射された電波を、鏡面反射の場合の反射角度と異なる方向に向かう等位相の平面波として反射させるように反射特性が設定されていることを要旨とする。

【0020】

本発明の第1の特徴において、前記反射板は、周波数選択性反射板によって構成されており、前記反射板は、前記送信側装置から一次放射された電波のうち、所定の1又は複数の周波数帯域の電波のみを、鏡面反射の場合の反射角度と異なる方向に向かう等位相の平面波として反射させるように反射特性が設定されていてもよい。

【0021】

本発明の第1の特徴において、前記反射板として、後述する本発明の第2の特徴に係る周期構造反射板を用いてもよい。また、本発明の第1の特徴において、前記送信側装置は、無線基地局或いは移動局であってもよい。

【0022】

本発明の第2の特徴は、周期構造反射板であって、反射波の位相差を制御することによって反射角を制御する構造を周期的に配置する構造を具備することを要旨とする。

【0023】

本発明の第2の特徴において、間隔 S_k で配列される n 個の反射板構成片 r_k ($1 \leq k \leq n$) において、各反射板構成片 r_k における反射波の位相を ϕ_k とし、各反射板構成片 r_k と隣接する反射板構成片 r_{k+1} との位相差 ($\phi_{k+1} - \phi_k$) を $\Delta\phi_k$ とし、反射波の波長を λ とするとき、所望の反射波の進行方向を示す角 θ に対して、(式1)を満

10

20

30

40

50

たすように配列されている該 n 個の反射板構成片 r_k によって構成され、

$$= \sin^{-1} \left(\frac{r_k}{2} \cdot S_k \right) \dots \quad (\text{式 } 1)$$

【 0 0 2 4 】

【 数 2 】

$$RL = \sum_{K=1}^n \Delta S_k$$

によって規定される長さ RL であるブロックを、周期 T ($T = RL$) 毎に、複数個設けるように構成されていてもよい。

【 0 0 2 5 】

本発明の第 2 の特徴において、前記周期 T は、 $T = \lambda / \sin \theta$ が成立する値であってもよい。かかる発明によれば、反射板の大きさを波長に対して十分な大きさに確保することができる。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 2 の特徴において、各ブロックの周期 T を、前記周期構造反射板を設置する周囲の電波伝搬環境に応じて変化させることにより、前記反射波の伝搬する方向を変化させてもよい。

【 0 0 2 7 】

本発明の第 3 の特徴は、底面を金属地板とする誘電体基板と、該誘電体基板の上面に構成される短冊状のパッチと、該金属地板と該パッチとを短絡するショートピンとによって構成されるマッシュルーム素子によって構成されるマッシュルーム構造体であって、各マッシュルーム素子を、 X 軸方向に所定間隔 X_i で n 個配置し、 Y 軸方向に所定間隔 Y_j で m 個配置するように構成されており、各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ LY_{ij} を X 軸方向に沿って傾斜させて変化させるか、各マッシュルーム素子の X 軸方向の長さ LX_{ij} を Y 軸方向に沿って傾斜させて変化させるか、或いは、各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ LY_{ij} を X 軸方向に沿って傾斜させて変化させると共に各マッシュルーム素子の X 軸方向の長さ LX_{ij} を Y 軸方向に沿って傾斜させて変化させるように構成されており、各マッシュルーム素子において電波が反射するときの反射係数の位相が、 XY 平面上で任意に定めた直線に対して平行となるように、各マッシュルーム素子の長さを決めるように構成されていることを要旨とする。

【 0 0 2 8 】

本発明の第 4 の特徴は、底面を金属地板とする誘電体基板と、該誘電体基板の上面に構成される短冊状のパッチと、該金属地板と該パッチとを短絡するショートピンとによって構成されるマッシュルーム素子によって構成されるマッシュルーム構造体であって、各マッシュルーム素子を、 X 軸方向に所定間隔 X_i で n 個配置し、 Y 軸方向に所定間隔 Y_j で m 個配置するように構成されており、各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ LY_{ij} を Y 軸方向に沿って、長さを傾斜させて変化させるか、各マッシュルーム素子の X 軸方向の長さ LX_{ij} を X 軸方向に沿って傾斜させて変化させるか、或いは、各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ LY_{ij} を Y 軸方向に沿って傾斜させて変化させると共に各マッシュルーム素子の X 軸方向の長さ LX_{ij} を X 軸方向に沿って傾斜させて変化させるように構成されており、各マッシュルーム素子において電波が反射するときの反射係数の位相が、 XY 平面上で任意に定めた直線に対して平行となるように、各マッシュルーム素子の長さを決めるように構成されていることを要旨とする。

【 0 0 2 9 】

本発明の第 3 又は 4 の特徴において、各マッシュルーム素子の Y 軸方向の長さ LY_{ij} を Y 軸方向と X 軸方向に沿って傾斜させて変化させてもよい。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

50

本発明の第3又は4の特徴において、各マッシュルーム素子のX軸方向の長さ $L X_{i j}$ をY軸方向とX軸方向に沿って傾斜させて変化させてもよい。

【0031】

本発明の第3又は4の特徴において、各マッシュルーム素子のY軸方向の長さ $L Y_{i j}$ をY軸方向とX軸方向に沿って傾斜させて変化させるとともに、各マッシュルーム素子のX軸方向の長さ $L X_{i j}$ をY軸方向とX軸方向に沿って傾斜させて変化させてもよい。

【0032】

本発明の第3又は4の特徴において、前記所定間隔 X_i 及び Y_j によって決定されるX軸方向の長さ $L X_{i j}$ 及びY軸方向の長さ $L Y_{i j}$ に関する制約により、m個或いはn個のマッシュルーム素子を配置することができない場合、X軸方向に所定間隔 X_i で且つY軸方向に所定間隔 Y_j でマッシュルーム素子が配置されるブロックを、周期的に繰り返し配置してもよい。

10

【0033】

本発明の第3又は4の特徴において、任意のkに対するk番目とk-1番目との間に位相差のずれが生じないように、各マッシュルーム素子を配置してもよい。

【0034】

本発明の第3又は4の特徴において、任意のpに対するp周期目とp-1周期目との間に位相のずれが生じないように、各マッシュルーム素子を配置してもよい。

【0035】

本発明の第3又は4の特徴において、間隔 x で配列されるマッシュルーム素子において、各マッシュルーム素子における反射係数の位相差を θ とし、反射波の波長を λ とすると、所望の反射波の進行方向を示す角 θ は、(式2)によって決定され、

20

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{x}{\lambda} \cdot \sin \theta_0 \right) \dots \text{(式2)}$$

反射係数 R は、自由空間インピーダンス Z_0 及び表面インピーダンス Z_s を用いて(式3)によって決定され、

$$R = (Z_s - Z_0) / (Z_s + Z_0) = |R| \exp(j\theta) \dots \text{(式3)}$$

表面インピーダンス Z_s は、前記テーパ付きマッシュルーム構造によって決まるインダクタンス L 及びキャパシタンス C を用いて(式4)によって決定されるとき、

$$Z_s = j \omega L / (1 - \omega^2 LC) \dots \text{(式4)}$$

マッシュルーム素子は、X軸方向に i 個配置され、前記インダクタンス L 及び前記キャパシタンス C から近似的に求められる反射係数の位相を前記間隔 x ごとに等間隔として前記位相差 θ が等しくなるように構成し、所定の周期 T の間隔で、マッシュルーム素子がX軸方向に i 個配置されたブロックを並べてもよい。

30

【0036】

本発明の第2の特徴に係る周期構造反射板が、本発明の第3又は4の特徴に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成してもよい。

【0037】

本発明の第5の特徴において、各ブロックの周期 T を、前記周期構造反射板を設置する周囲の電波伝搬環境に応じて変化させることにより、前記反射波の伝搬する方向を変化させることを特徴としてもよい。

40

【発明の効果】

【0038】

以上説明したように、本発明によれば、反射波の進む方向を所望方向に制御する機能を持つ反射板のサイズを大きく構成し、簡易に制御し、2次元的にビームを操作することができる無線通信システム、周期構造反射板及びテーパ付きマッシュルーム構造を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施形態について詳しく説明する。

【0040】

50

(本発明の第1の実施形態)

図1を参照して、本発明の第1の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【0041】

図1は、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造であり、X軸方向(縦方向)に所定間隔 X_i で1個、Y軸方向(横方向)に所定間隔 Y_j で7個のマッシュルーム素子2をそれぞれ等間隔に配列している。

【0042】

図1に示すように、マッシュルーム素子2は、底面を金属地板とする誘電体基板1と、誘電体基板1の上面に構成される短冊状のパッチ2Aと、金属地板とパッチ2Aとを短絡するショートピン3とによって構成される。

10

【0043】

図1の例では、各マッシュルーム素子2のY軸方向の長さ $L_{Y_{ij}}$ は、X軸方向に沿って傾斜して変化するように構成されている。すなわち、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造では、縦方向にはテーパ(傾斜)を付けており、その結果、反射波の位相を変化させることができる。

【0044】

テーパ付きマッシュルーム構造の設計の一例としては、以下の2つが知られている。

【0045】

(1) マッシュルーム構造が、通常の伝送線路モデルのインダクタンスLとキャパシタンスCとをひっくり返した構造であることから、左手系伝送線路モデルを用いて近似的に行う方法

20

【0046】

(2) リフレクトアレイと同様に、各マッシュルーム素子における反射波の位相を所望方向に揃える方法

【0047】

本実施形態では、(1)の左手系伝送線路モデルが用いられている。以下、本実施形態の各マッシュルーム素子の設計法について説明する。

【0048】

図2及び図3に、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の構造パラメータを示す。

30

【0049】

図2において、X軸方向のマッシュルーム素子の間隔を x とおく。ここで、テーパ付きマッシュルーム構造において構成された反射板に対して、反射板の正面方向(図1乃至3におけるZ軸の正の方向)から平面波を入射する場合の反射係数の位相を θ 、隣接するマッシュルーム素子に対する反射係数の位相の差を $\Delta\theta$ とすると、所望の反射波の進行方向を示す角(反射角) θ_r は、(式5)で表すことができる。

【0050】

$$\theta_r = \sin^{-1} \left(\frac{\theta}{2} + \Delta\theta \cdot x \right) \dots \text{(式5)}$$

【0051】

ここで、反射係数 Γ は、自由空間インピーダンス Z_0 と表面インピーダンス Z_s を用いて(式6)のように表すことができる。

40

【0052】

$$\Gamma = (Z_s - Z_0) / (Z_s + Z_0) = | \Gamma | \exp(j\theta) \dots \text{(式6)}$$

【0053】

表面インピーダンス Z_s は、前記テーパ付きマッシュルーム構造によって決まるインダクタンスL及びキャパシタンスCを用いて(式7)のように表すことができる。

【0054】

$$Z_s = j \left(L / 1 - \omega^2 L C \right) \dots \text{(式7)}$$

【0055】

50

ここで、インダクタンス L は、誘電体基板1の厚みを t とし、自由空間の透磁率を μ_0 とおいたとき、(式8)で示される。

【0056】

$$L = \mu_0 \cdot t \quad \dots \quad (\text{式8})$$

【0057】

また、キャパシタンス C は、(式9)で示される。

【0058】

【数3】

$$C = \frac{\epsilon_0(1 + \epsilon_r)W_x}{\pi} \operatorname{arccosh}\left(\frac{\Delta y}{\Delta y - W_y}\right) \quad \dots \quad (\text{式9})$$

10

【0059】

本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を、横方向に増やすことは可能であるが、縦方向にテーパを付けたまま増やそうとすると、ピッチが決まっている中で、これ以上、短いマッシュルーム素子や長いマッシュルーム素子を作るのには限界が生じ増やすことはできない。

【0060】

(式5)から(式9)の近似式を用いて、位相を $-\pi/2$ から $\pi/2$ の間で等間隔で変化するように構成したときの各パラメータを図2及び図3に示し、かかるパラメータの値を表2に示す。

【0061】

20

【表 2】

X方向のギャップ g_x	0.2mm	Gygap(1)=0.299580mm	Ylength(1)=9.700420mm
基板厚さ t	3.2mm	Gygap(2)=0.499814mm	Ylength(2)=9.500186mm
比誘電率 ϵ_r	4.9	Gygap(3)=0.749932mm	Ylength(3)=9.250068mm
中心周波数	12GHz	Gygap(4)=1.058274mm	Ylength(4)=8.941726mm
X方向のピッチ: Δy	10mm	Gygap(5)=1.442206mm	Ylength(5)=8.557794mm
所望角 α	70°	Gygap(6)=1.932170mm	Ylength(6)=8.067830mm
反射波の位相差	$\pi/10$	Gygap(7)=2.579860mm	Ylength(7)=7.420140mm
X方向のパッチ幅 W_x	1.1302mm	Gygap(8)=3.473434mm	Ylength(8)=6.526566mm
波長	25mm	Gygap(9)=4.760696mm	Ylength(9)=5.239304mm
X方向のピッチ: Δx	1.33mm	Gygap(10)=6.645830mm	Ylength(10)=3.354170mm
		Gygap(11)=9.049691mm	Ylength(11)=0.950309mm

【0062】

図2において、X軸方向のマッシュルーム素子の間隔は、 x で表され、Y軸方向のマッシュルーム素子の間隔は、 y で表され、Y軸方向のn番目のマッシュルーム素子の間隔(ギャップ)は、 $G_{y\ gap}(n)$ で表される。

【0063】

10

20

30

40

50

図3において、 W_x は、X軸方向のマッシュルーム素子の幅であり、 g_x は、X軸方向のマッシュルーム素子の間隔（ギャップ）であり、 W_{y_n} は、 n 番目のY軸方向のマッシュルーム素子の幅であり、 $Y_{length}(n)$ は、 n 番目のマッシュルーム素子のY軸方向の長さである。

【0064】

図4に、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の遠方散乱界の解析結果を示す。図4は、平面波をZ軸の正の方向から反射板に対して与えた場合の結果である。

【0065】

図4に示すように、かかる結果によれば、電波は、鏡面反射の方向である $\theta = 0^\circ$ の方向への放射がなく、 45° 傾いた方向に曲がっていることが分かる。しかし、この場合は、マッシュルーム素子の数が、 11×7 個であり、X軸方向の位相は、 $-\pi/2$ から $\pi/2$ までしか動かない。この影響により、反射波のメインビームの設計値が、 $\theta = 70^\circ$ であるのに対して、実際の反射波のメインビームは、 45° の傾きと異なっている。

10

【0066】

なお、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造では、各マッシュルーム素子において電波が反射するときの反射係数の位相が、XY平面上で任意に定めた直線に対して平行となるように、各マッシュルーム素子の長さを決めるように構成されていてもよい（図43参照）。

【0067】

（本発明の第2の実施形態）

20

次に、本発明の第2の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【0068】

図5に示すように、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造では、図2及び図3で示した設計法をベースとしてテーパを付けた 1×1 個のマッシュルーム素子のまわり（図6参照）を1ブロックとし、かかるブロックが、縦方向（X軸方向）及び横方向（Y軸方向）に周期的に配列されている。

【0069】

本実施形態では、図5に示すように、縦方向の周期を 29.0324 mmとしている。図7(a)及び図7(b)に、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の遠方散乱界の特性を示す。

30

【0070】

図7(a)は、図5に示すテーパ付きマッシュルーム構造の遠方散乱界を有限要素法で解析した結果を示し、図7(b)は、図7(a)と同じ大きさの金属平板の遠方散乱界を有限要素法で解析した結果を示す。

【0071】

金属平板の場合には、反射波が、鏡面反射の方向だけを向いているのに対して、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の場合には、設計値より傾きが 10° 少ない約 58° の方向に、鏡面反射の方向 0° よりも高いレベルで電波が放射されていることが分かる。

40

【0072】

（本発明の第3の実施形態）

次に、本発明の第3の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【0073】

本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造では、図8に示すように、上述のブロックの周期 T を 26.6 mmとし、 12 GHzにおいて、 $\theta = 70^\circ$ のときの「 $T = \lambda / \sin \theta$ 」を満たしている。

【0074】

図9に、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の遠方散乱界を示す。図7（

50

a) の例では、 58° 方向のビームとなっていたのに対して、周期を「 $T = \lambda / \sin \theta$ 」とすることにより、反射波の所望方向である $\theta = 70^\circ$ にビームを向けられていること、及び、図 7 (a) には存在した -70° 方向のビームはレベルが抑えられていることが分かる。

【 0 0 7 5 】

(本発明の第 4 の実施形態)

次に、本発明の第 4 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【 0 0 7 6 】

図 1 0 に、 8.8 GHz において、 $\theta = 70^\circ$ として設計された本発明の第 3 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を示す。図 1 0 は、 8.8 GHz において、周期 36 mm として配列したテーパ付きマッシュルーム構造の全体図である。

10

【 0 0 7 7 】

図 1 0 は、 X 軸方向に 13 個のマッシュルーム素子が配列されているブロックを、 X 軸方向に 13 個、 Y 軸方向に 45 個並べて、 $450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$ の周期構造反射板 (テーパ付きマッシュルーム構造) を作っている。

【 0 0 7 8 】

図 1 1 に、かかるブロックの構造について示し、図 1 2 に、各ブロックを構成するマッシュルーム素子の構造について示す。

【 0 0 7 9 】

20

本実施形態では、設計条件を、図 1 3 に示すように、すなわち、周波数を 8.8 GHz とし、垂直偏波とし、反射波の反射方向 $\theta = 70^\circ$ とし、誘電体基板 1 の厚さを 3.20 mm とし、誘電体基板 1 の比誘電率 $\epsilon_r = 4.4$ としている。

【 0 0 8 0 】

また、図 1 2 に示すマッシュルーム素子の構造パラメータについては、図 1 4 に示すように、 X 軸方向のピッチ a_x を 1.80 mm とし、 Y 軸方向のピッチ a_y を 1.0 mm とし、 X 軸方向のマッシュルーム素子の幅 W_x を 1.20 mm とし、ビアの直径 d を 0.30 mm としている。

【 0 0 8 1 】

ここで、 a_x の値は、反射係数の位相差 ϕ を $\phi / 10$ とおいて、所望の反射波の進行方向を示す角 θ を 70° としたときの (式 5) における ϕ の値である。

30

【 0 0 8 2 】

本実施形態では、図 1 4 に示すように、構造パラメータを設定した後、 Y 軸方向のマッシュルーム素子の長さ W_y の値を変化させたときの W_y に対する反射係数の位相の値を求めた結果について、図 1 5 に示す。

【 0 0 8 3 】

所望方向に、ビームを曲げるためには、図 1 5 から、位相差が $\phi / 10^\circ$ ずつ変化する W_y の値を求めればよい。

【 0 0 8 4 】

このようにして、テーパ付きマッシュルーム構造の W_y の値を決めたときの各 W_y の値及び隣接するマッシュルーム素子どうしのギャップの値を、図 1 6 に示す。図 1 6 は、便宜的に、3 ブロック分の構造パラメータの値を示している。

40

【 0 0 8 5 】

図 1 7 に、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の遠方散乱界を示す。図 1 7 に示すように、かかる遠方散乱界によれば、 70° 傾いた方向にビームが向いており、鏡面反射の方向 $\theta = 0^\circ$ 方向よりも、放射レベルが高くなっている。

【 0 0 8 6 】

(本発明の第 5 の実施形態)

次に、本発明の第 5 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。本発明に係るテーパ付きマッシュルーム構造によれば、マッシュルーム素子の数を増や

50

しても減らしてもビームを所望方向に向ける効果がある。また、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造では、テーパを付ける方向は、正の方向でも負の方向でも構わない。

【0087】

本実施形態では、上述の第4の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造に対して、短いマッシュルーム素子及び長いマッシュルーム素子を追加し15個のマッシュルーム素子とし、テーパを付ける方向を、上述の第4の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の反対側とした。

【0088】

図18に、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成する1ブロック、すなわち、15個のマッシュルーム素子分のテーパ付きマッシュルーム構造の長さを示す。

10

【0089】

本実施形態では、図19に示す1ブロックの構造を、Y軸方向に45個、X軸方向に周期を36mmとして13個で配列した。

【0090】

図20に、このときの遠方散乱界を示す。図20に示すように、所望の方向である -70° の方向に反射波が向いていることが分かる。

【0091】

また、本発明の第4の実施形態で示したマッシュルーム素子の数を13個として同じ大きさの反射板を作った図17の結果と比較すると、所望の方向である 70° 方向のビーム（図20の -70° のビーム）は、13個のマッシュルーム素子の場合が、 9.12 dB であるのに対して、15個のマッシュルーム素子の場合の方が、 9.37 dB とレベルが高くなっている。

20

【0092】

一方、鏡面反射の方向のレベルは、13個のマッシュルーム素子の場合が、 3.66 dB であるのに対して、15個のマッシュルーム素子の場合が、 -0.16 dB となっている。すなわち、15個のマッシュルーム素子の場合の方が、反射波のビームを曲げる効果が大きいことが分かる。

【0093】

（本発明の第6の実施形態）

30

本発明に係るテーパ付きマッシュルーム構造は、周期方向に配列するブロックの個数を変えて、反射板の大きさを変えてもよい。

【0094】

本発明の第6の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造では、1ブロックにおけるマッシュルーム素子の数を、第4の実施形態の場合と同じ13個とし、Y軸方向に30個のブロックを配列し、X軸方向に周期を36mmとして11個のブロックを配列し、 300 mm^2 の反射板を構成した。

【0095】

図21に、このときの遠方散乱界を示す。図21に示すように、最大放射方向のレベルは、 450 mm^2 の場合が、 9.12 dB であるのに対して、 4.15 dB と小さくはなっているが、反射波は 70° の方向に曲がっている。

40

【0096】

（本発明の第7の実施形態）

次に、本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。図22は、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成する1ブロックを示すものであり、図23は、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造で用いられる構造パラメータを示すものである。

【0097】

本実施形態は、本発明に係るテーパ付きマッシュルーム構造において、X軸方向のマッシュルーム素子のピッチ a_x 及びY軸方向のマッシュルーム素子のピッチ a_y を 1.8 m

50

mとほぼ等しい大きさとし、周期Tを36mmとした場合の例である。

【0098】

本実施形態では、設計条件を、図24に示すように、周波数を8.8GHzとし、垂直偏波とし(ここで、座標は、図23に示す)、入射したときに $\theta = 70^\circ$ の方向にビームが曲がることとしている。

【0099】

また、誘電体基板1は、比誘電率を4.4とし、厚さを3.2mmとし、 $\tan \delta = 0.018$ と仮定した。図25に、構造パラメータを示す。

【0100】

図26に、このときの W_y の長さに対する反射係数の位相を示す。図26から、X軸方向のピッチ a_x ごとの位相差が $\pi/10$ となるように選んだ W_y の値を、図27に示す。

10

【0101】

図28及び図29に、本実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造で用いられる構造パラメータ及びそれらの値の詳細について示す。

【0102】

図30に、周期Tを2とし、X軸方向に2ブロック配列し、Y軸方向に7ブロック配列したときの構造について示し、図31に、Y軸方向に250ブロック配列し、X軸方向に12ブロック配列して、 450mm^2 の反射板を作成したときの遠方散乱界を示す。

【0103】

(本発明の第8の実施形態)

20

次に、本発明の第8の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【0104】

図32は、図11に示す第4の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造におけるブロックの周期Tの値、及び、図6に示す第2の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造におけるブロックの周期Tの値を変えて配置したときの、周期Tに対する反射波の放射方向の値を示している。

【0105】

図32に示すように、Tを2から3まで変化させることで、 40° 以上、反射波の方向を変化させることができることが分かる。

30

【0106】

図33は、周期Tを変化させたときのテーパ付きマッシュルーム構造及び位相の様子について説明するための図である。

【0107】

図33において、ブロック1のマッシュルーム素子#1とブロック2のマッシュルーム素子#1とが同位相となり、両者が、周期Tの間隔で離れている。

【0108】

マッシュルーム素子#2~#11についても同様である。さらに、マッシュルーム素子#1とマッシュルーム素子#2との間には、位相差が $\pi/10$ だけ付いている。これによって、周期Tを変化させることで、反射波の方向を制御できる

40

【0109】

(本発明の第9の実施形態)

次に、本発明の第9の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【0110】

図34は、従来の鏡面反射では、反射板を設置しても、移動局jのある方向に電波が届きにくい環境で、本発明の周期構造反射板(テーパ付きマッシュルーム構造)を使用することによって、電波が届くようにした本発明の第9の実施形態に係る無線通信システムについて示す図である。

【0111】

50

本実施形態に係る無線通信システムでは、当初想定していた反射板の反射角 r_1 に対して、環境の変化により、反射角を r_2 に変化する必要が生じたときに、図 35 に示すように、反射板の周期 T をスライドさせて、反射角を所望方向に変化させることができる。スライドする方法は、手動でも機械駆動でも構わない。

【0112】

(本発明の第10の実施形態)

次に、本発明の第10の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【0113】

図42に、入射到来波の電界がY方向を向いている場合に、各マッシュルーム素子のY軸方向の長さ LY_{ij} をY軸方向に沿って傾斜させて長さを変えるように構成した例を示す。ここで、 $\theta = \sin^{-1}(\frac{L}{2y})$ とする。このとき、YZ面において、鏡面反射に対して、 θ だけ、所望の反射波の進行方向を示す角を変えることができる。

10

【0114】

(本発明の第11の実施形態)

次に、本発明の第11の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【0115】

図41に、入射到来波の電界がY方向を向いている場合に、各マッシュルーム素子のY軸方向の長さ LY_{ij} をX軸方向に沿って傾斜させて長さを変えると共に、Y軸方向に沿って傾斜させて長さをかえるように構成されていてもよい。

20

【0116】

(本発明の第12の実施形態)

次に、本発明の第12の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【0117】

入射到来波の電界がX方向を向いている場合は、各マッシュルーム素子のX軸方向の長さ LX_{ij} をY軸方向に沿って傾斜させて変化させるように構成し、 $\theta = \sin^{-1}(\frac{L}{2y})$ としても構わない。

30

【0118】

(本発明の第13の実施形態)

次に、本発明の第13の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

【0119】

かかるテーパ付きマッシュルーム構造では、各マッシュルーム素子のY軸方向の長さ LY_{ij} をX軸方向に沿って傾斜させて変化させると共に、各マッシュルーム素子のX軸方向の長さ LX_{ij} をY軸方向に沿って傾斜させて変化させるように構成されていてもよい。

【0120】

(本発明の第14の実施形態)

次に、本発明の第14の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について説明する。

40

【0121】

かかるテーパ付きマッシュルーム構造では、各マッシュルーム素子のY軸方向の長さ LY_{ij} をY軸方向とX軸方向に沿って傾斜させて変化させると共に、各マッシュルーム素子のX軸方向の長さ LX_{ij} をX軸方向とY軸方向に沿って傾斜させて変化させるように構成されていてもよい。

【0122】

(変更例1)

50

図 3 6 及び図 3 7 に、誘電体基板 1 及びパッチ 2 A で構成されるビアホール 3 の無いマッシュルーム素子 2 が配列されているマッシュルーム構造について示す。ここで、パッチ 2 A の長さは、位相差によって決定される。

【 0 1 2 3 】

図 3 8 に、かかるテーパ付きマッシュルーム構造における反射係数の位相のコンター図について示す。図 3 8 に示すように、かかるテーパ付きマッシュルーム構造では、パッチ 2 A の長さに応じて、位相差がきれいについていることが分かる。

【 0 1 2 4 】

(変更例 2)

また、図 3 9 に、短冊状の金属のみによって形成されているテーパ付きマッシュルーム構造について示す。

【 0 1 2 5 】

さらに、図 4 0 に、短冊状のスロットのみによって形成されているテーパ付きマッシュルーム構造について示す。

【 0 1 2 6 】

以上、上述の実施形態を用いて本発明について詳細に説明したが、当業者にとっては、本発明が本明細書中に説明した実施形態に限定されるものではないということは明らかである。本発明は、特許請求の範囲の記載により定まる本発明の趣旨及び範囲を逸脱することなく修正及び変更態様として実施することができる。従って、本明細書の記載は、例示説明を目的とするものであり、本発明に対して何ら制限的な意味を有するものではない。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 2 7 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について示す図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の構造パラメータについて示す図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の構造パラメータについて示す図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造における遠方散乱界について示すグラフである。

【図 5】本発明の第 2 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について示す図である。

【図 6】本発明の第 2 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成する 1 ブロックについて示す図である。

【図 7】本発明の第 2 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造における遠方散乱界について示すグラフである。

【図 8】本発明の第 3 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について示す図である。

【図 9】本発明の第 3 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造における遠方散乱界について示すグラフである。

【図 1 0】本発明の第 4 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造について示す図である。

【図 1 1】本発明の第 4 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成する 1 ブロックについて示す図である。

【図 1 2】本発明の第 4 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の構造パラメータについて示す図である。

【図 1 3】本発明の第 4 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の設計条件について示す図である。

【図 1 4】本発明の第 4 の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の構造パラメータの値について示す図である。

10

20

30

40

50

【図15】本発明の第4の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造において、Y軸方向のマッシュルーム素子の長さ W_y の値を変化させたときの W_y に対する反射係数の位相の値について示すグラフである。

【図16】本発明の第4の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造において、 W_y の値を決めたときの各 W_y の値及び隣接するマッシュルーム素子どうしのギャップの値について示す図である。

【図17】本発明の第4の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造における遠方散乱界について示すグラフである。

【図18】本発明の第5の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造における1ブロック分のテーパ付きマッシュルーム構造の長さについて示す図である。

10

【図19】本発明の第5の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成する1ブロックについて示す図である。

【図20】本発明の第5の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造における遠方散乱界について示すグラフである。

【図21】本発明の第6の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造における遠方散乱界について示すグラフである。

【図22】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成する1ブロックについて示す図である。

【図23】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の構造パラメータについて示す図である。

20

【図24】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の設計条件について示す図である。

【図25】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の構造パラメータの値について示す図である。

【図26】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造において、Y軸方向のマッシュルーム素子の長さ W_y の値を変化させたときの W_y に対する反射係数の位相の値について示すグラフである。

【図27】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成する1ブロックについて示す図である。

【図28】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造で用いられる構造パラメータについて示す図である。

30

【図29】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造で用いられる構造パラメータの詳細について示す図である。

【図30】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成する1ブロックについて示す図である。

【図31】本発明の第7の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造における遠方散乱界について示すグラフである。

【図32】本発明の第8の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造において、テーパ付きマッシュルーム構造におけるブロックの周期 T の値を変えて配置したときの周期 T に対する反射波の放射方向の値を示すグラフである。

40

【図33】本発明の第8の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造において、周期 T を変化させたときのテーパ付きマッシュルーム構造及び位相の様子について説明するための図である。

【図34】本発明の第9の実施形態に係る無線通信システムについて説明するための図である。

【図35】本発明の第9の実施形態に係る無線通信システムについて説明するための図である。

【図36】本発明の変更例1に係るテーパ付きマッシュルーム構造について示す図である。

【図37】本発明の変更例1に係るテーパ付きマッシュルーム構造を構成する1ブロック

50

について示す図である。

【図38】本発明の変更例1に係るテーパ付きマッシュルーム構造における反射係数の位相のコンター図である。

【図39】本発明の変更例2に係るテーパ付きマッシュルーム構造について示す図である。

【図40】本発明の変更例2に係るテーパ付きマッシュルーム構造について示す図である。

【図41】本発明の第11の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の一例について示す図である。

【図42】本発明の第10の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造の一例について示す図である。

10

【図43】本発明の第1の実施形態に係るテーパ付きマッシュルーム構造における反射係数の位相のコンター図である。

【図44】従来のテーパ付きマッシュルーム構造について示す図である。

【図45】従来のテーパ付きマッシュルーム構造において、Y軸方向のマッシュルーム素子の長さの値を変化させたときの反射係数の位相の値について示すグラフである。

【符号の説明】

【0128】

1 ... 誘電体基板

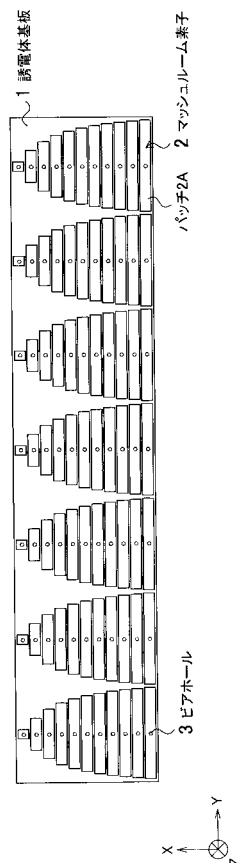
2 ... マッシュルーム素子

2A ... パッチ

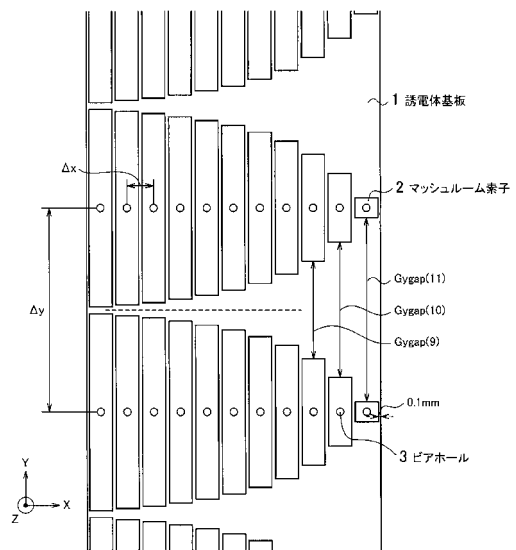
3 ... ビアホール

20

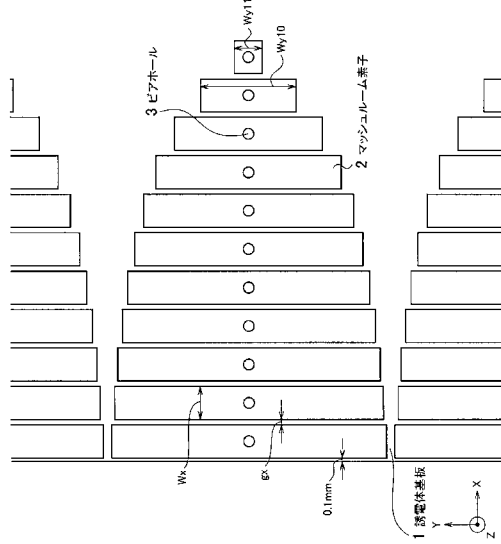
【図1】



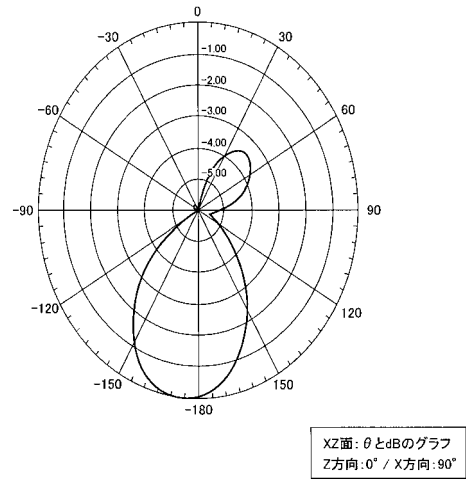
【図2】



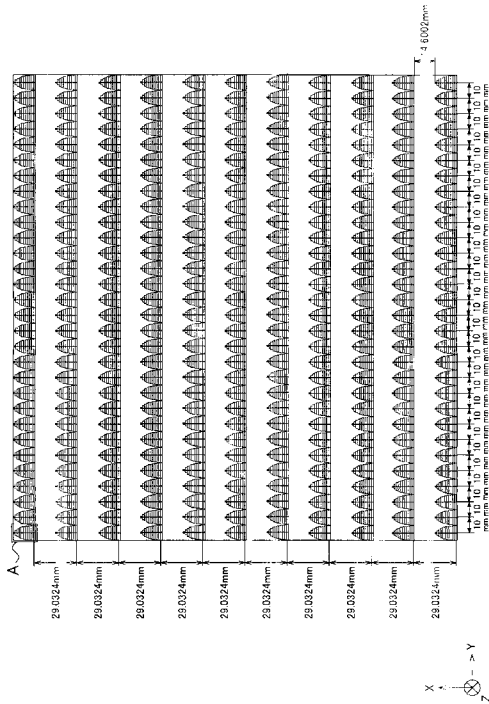
【図3】



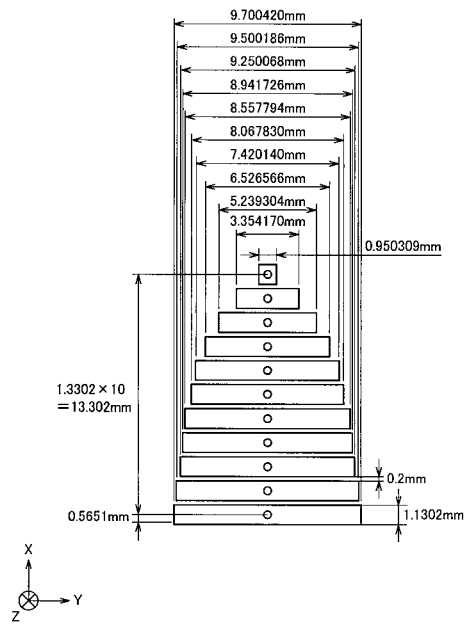
【図4】



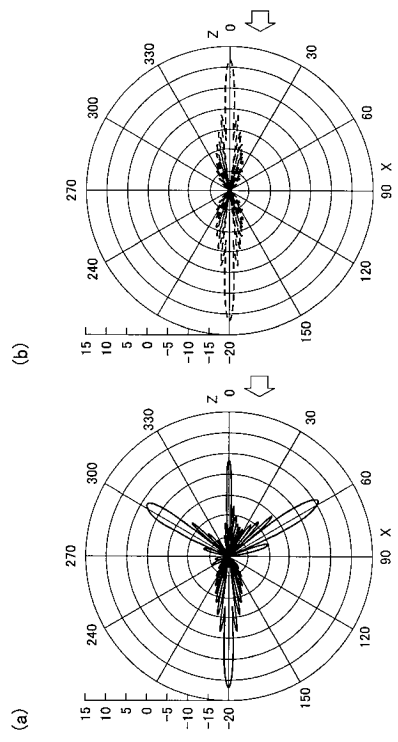
【図5】



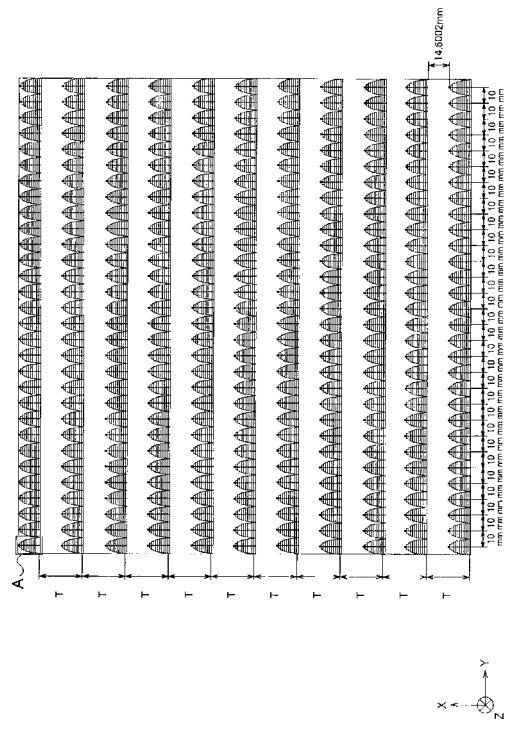
【図6】



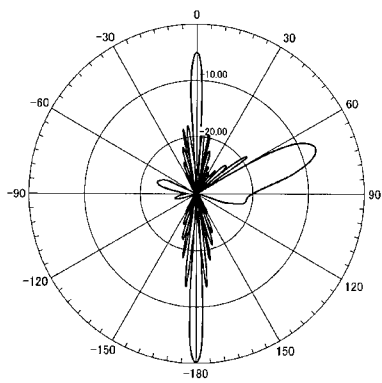
【 図 7 】



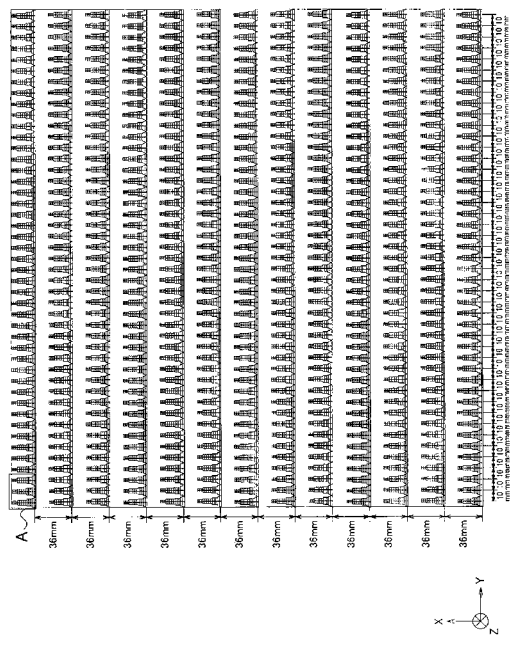
【 図 8 】



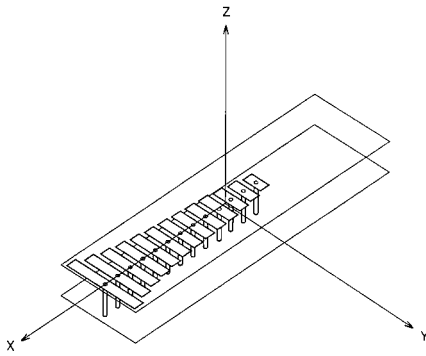
【 図 9 】



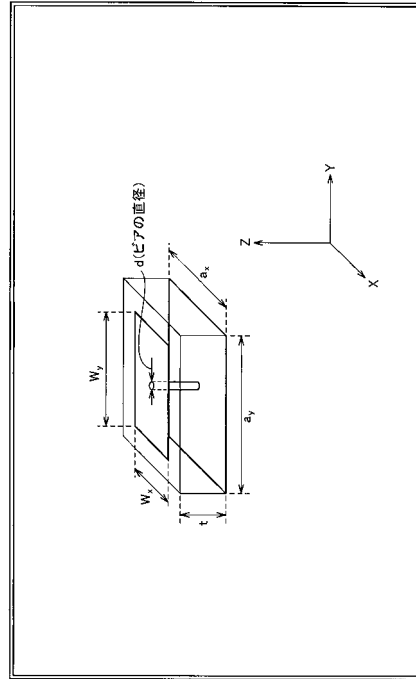
【 図 10 】



【図 1 1】



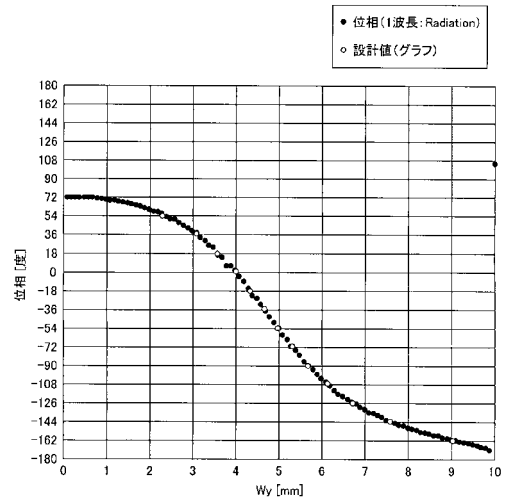
【図 1 2】



【図 1 3】

入射波	周波数	8.8GHz
	入射方向	垂直入射
反射波	反射方向	70度
基板	比誘電率	4.4
	$\tan \delta$	0.018

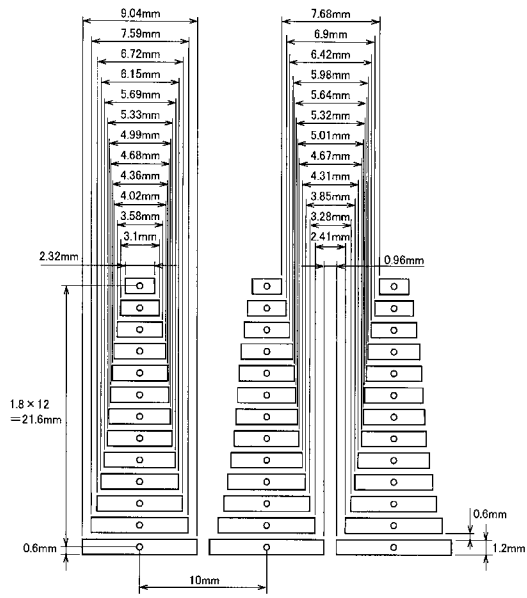
【図 1 5】



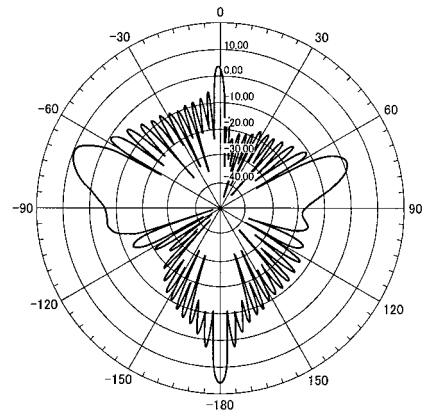
【図 1 4】

サイズ	a_x	1.80mm
	a_y	10.00mm
	t	3.20mm
	W_x	1.20mm
	d	0.30mm

【図 16】



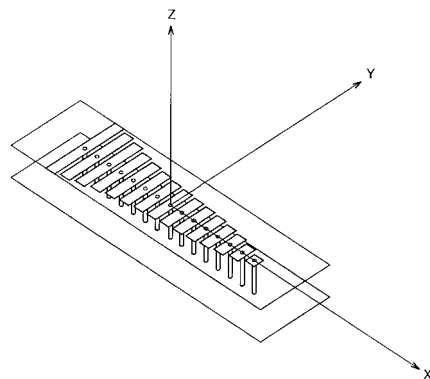
【図 17】



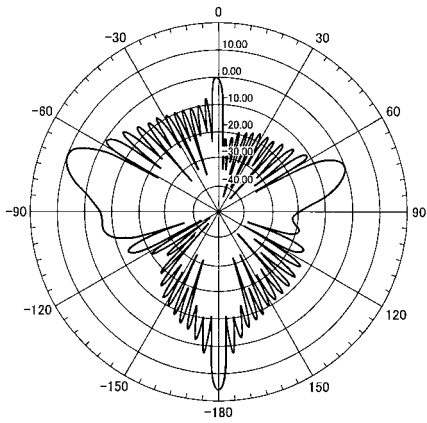
【図 18】

ハッチ番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W _i [mm]	1.0	2.32	3.10	3.58	4.02	4.36	4.68	4.99	5.33	5.69	6.15	6.72	7.59	9.04	9.9

【図 19】

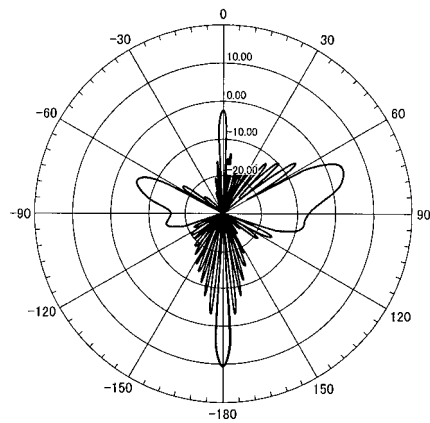


【図 20】



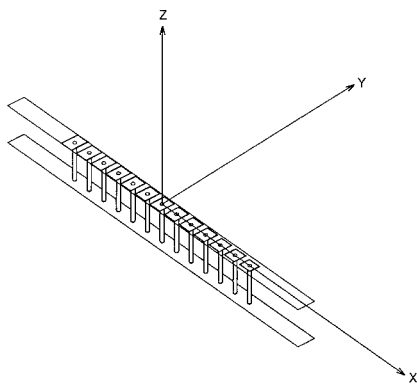
XZ面: θ とdBのグラフ
Z方向: 0° / X方向: 90°

【図 21】

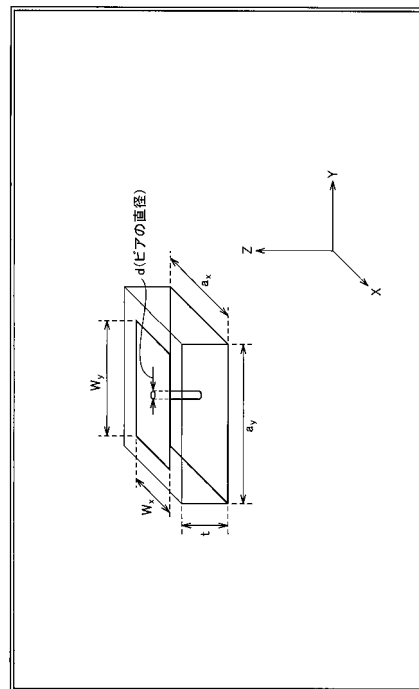


XZ面: θ とdBのグラフ
Z方向: 0° / X方向: 90°

【図 22】



【図 23】



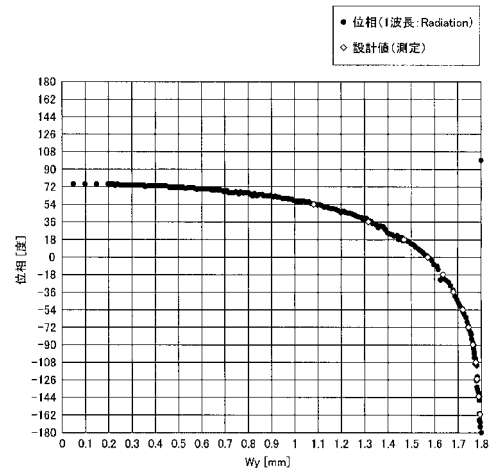
【図 2 4】

入射波	周波数	8.8GHz
	入射方向	垂直入射
反射波	反射方向	70度
基板	比誘電率	4.4
	$\tan \delta$	0.018

【図 2 5】

a_x	1.80mm
a_y	1.80mm
t	3.20mm
W_x	1.20mm
d	0.30mm

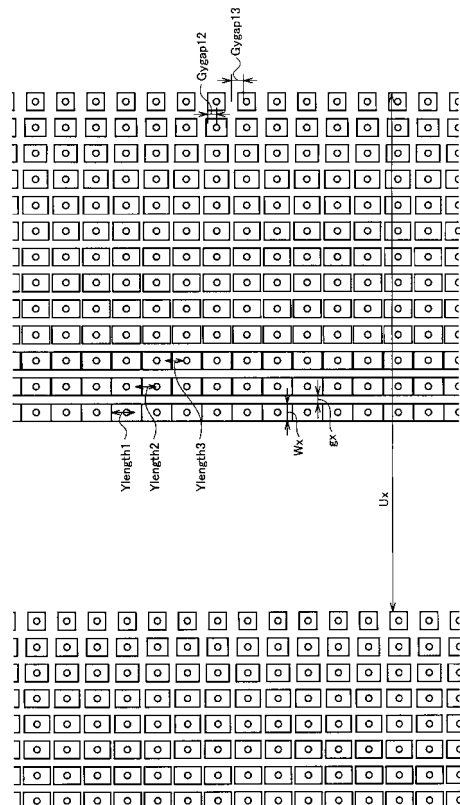
【図 2 6】



【図 2 7】

パッチ番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
W_p [mm]	1.08	1.32	1.47	1.57	1.64	1.68	1.722	1.746	1.765	1.776	1.780	1.790	1.792

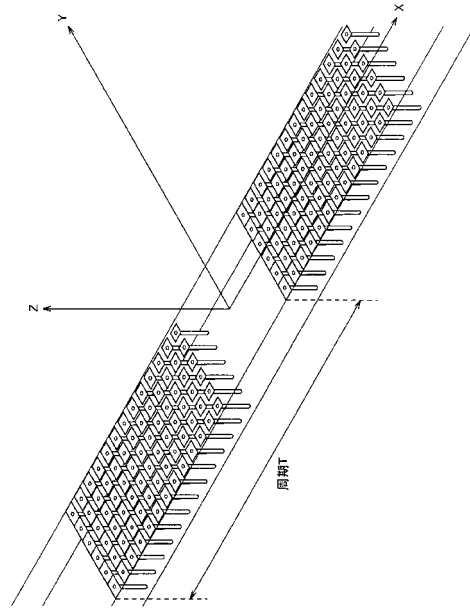
【図 2 8】



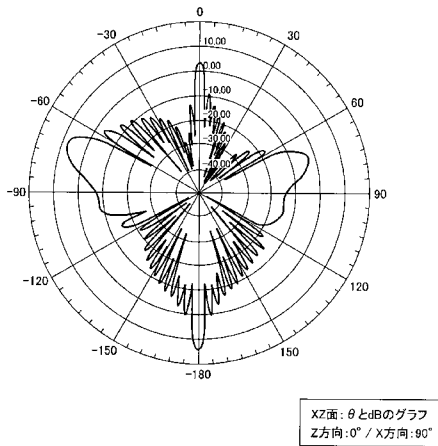
【図 29】

FR4比誘電率	4.4	X方向のキャップ厚	0.6mm
FR4tan δ	0.018	X方向のハッチ幅Wx	1.2mm
FR4基板厚さ	3.2mm	X方向1サイクル長さ	36.0mm
ビアホール直径	0.50mm	X方向ピッチ	1.80mm
		Y方向ピッチ	1.80mm
Gygap1	0.006mm	Ylength1	1.792mm
Gygap2	0.010mm	Ylength2	1.790mm
Gygap3	0.020mm	Ylength3	1.780mm
Gygap4	0.024mm	Ylength4	1.776mm
Gygap5	0.035mm	Ylength5	1.765mm
Gygap6	0.054mm	Ylength6	1.746mm
Gygap7	0.076mm	Ylength7	1.722mm
Gygap8	0.120mm	Ylength8	1.680mm
Gygap9	0.160mm	Ylength9	1.640mm
Gygap10	0.230mm	Ylength10	1.570mm
Gygap11	0.330mm	Ylength11	1.470mm
Gygap12	0.480mm	Ylength12	1.320mm
Gygap13	0.720mm	Ylength13	1.080mm

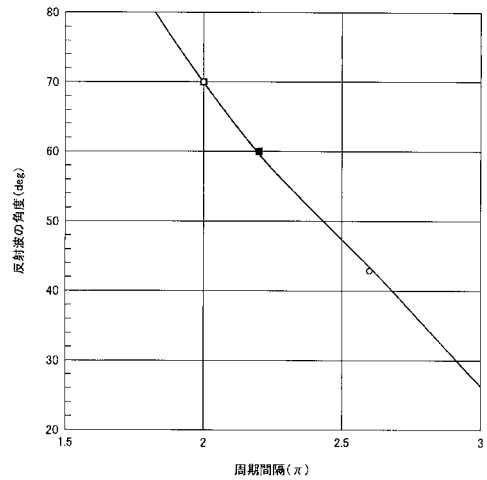
【図 30】



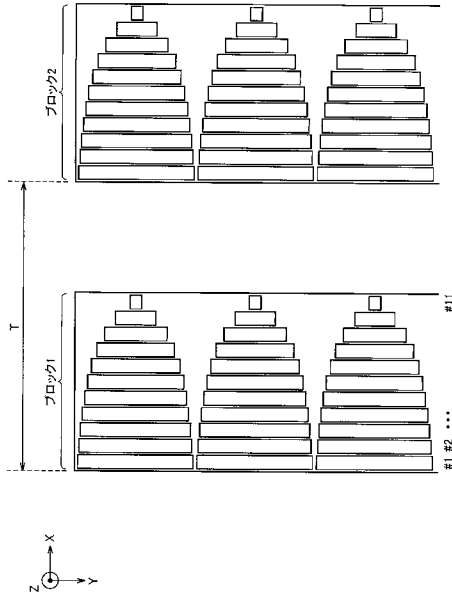
【図 31】



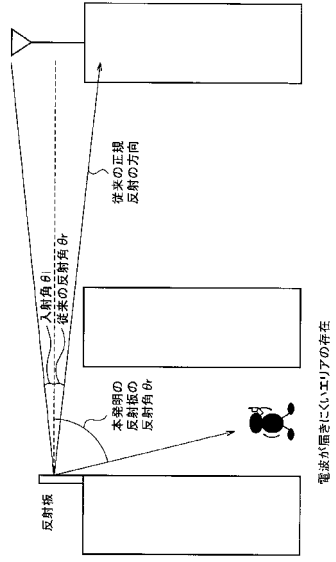
【図 32】



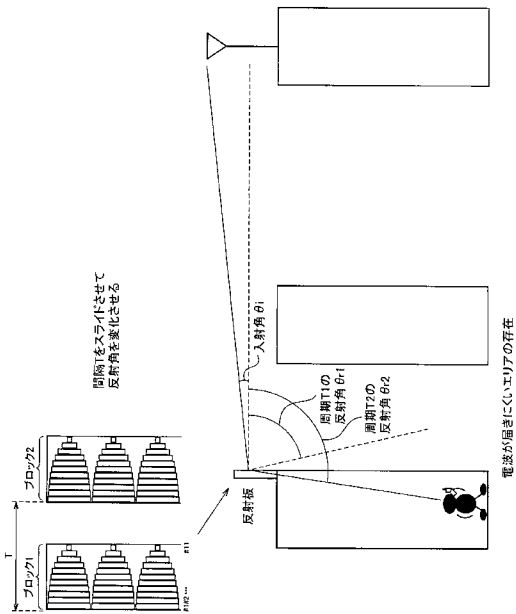
【図 3 3】



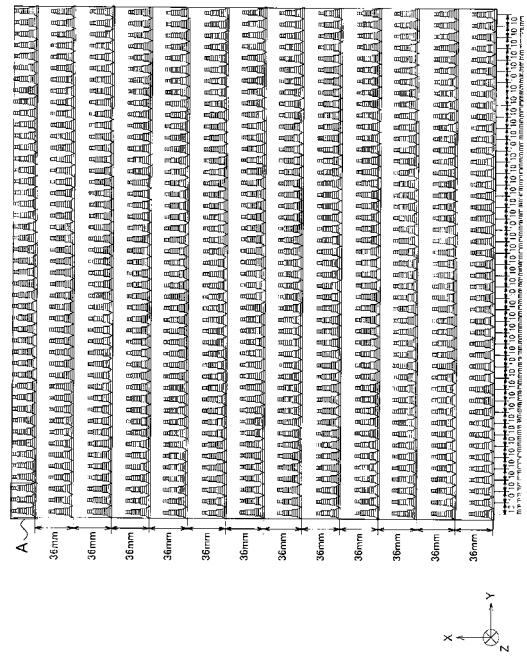
【図 3 4】



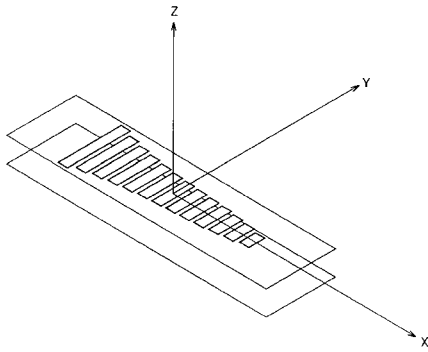
【図 3 5】



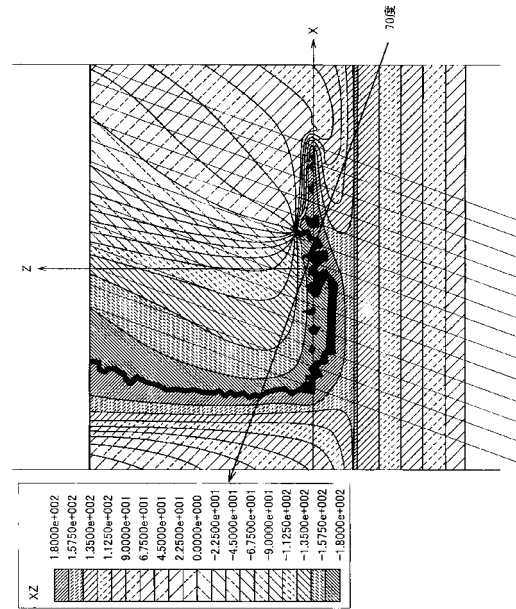
【図 3 6】



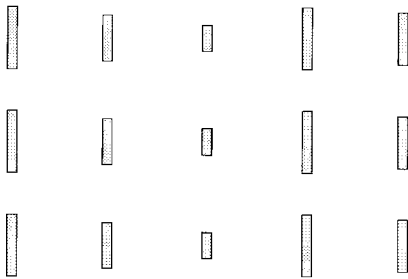
【 37 】



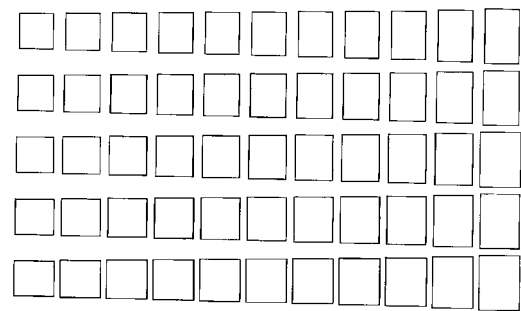
【 38 】



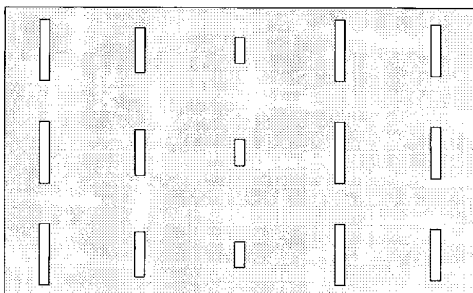
【 39 】



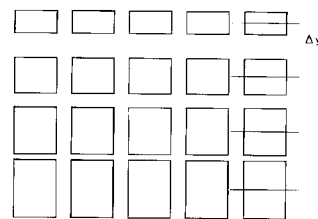
【 41 】



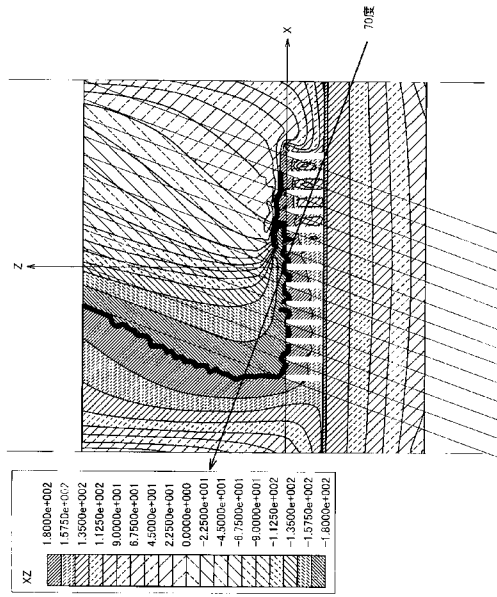
【 40 】



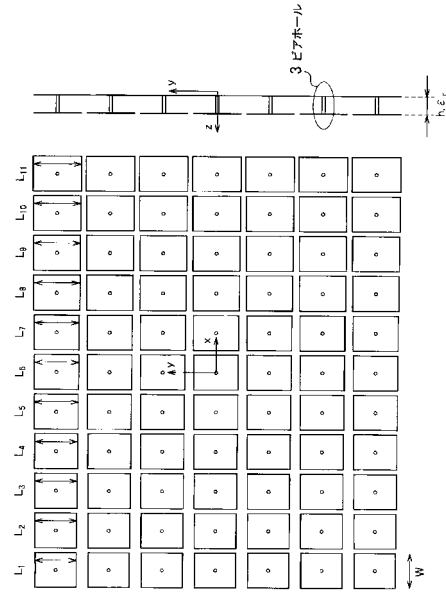
【 42 】



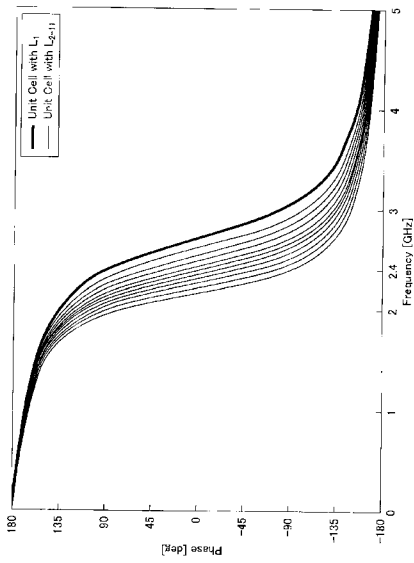
【 図 4 3 】



【 図 4 4 】



【 図 4 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 丸山 珠美
東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内
- (72)発明者 上林 真司
東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内
- (72)発明者 古野 辰男
東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

審査官 矢頭 尚之

- (56)参考文献 特開2002-164735(JP,A)
特表2004-505583(JP,A)
特表2003-529261(JP,A)
特開2007-096868(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H01Q | 15/14 |
| H04B | 7/10 |