

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5337432号
(P5337432)

(45) 発行日 平成25年11月6日 (2013. 11. 6)

(24) 登録日 平成25年8月9日 (2013. 8. 9)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 Q 15/02 (2006. 01)

H O 1 Q 15/02

H O 1 Q 15/14 (2006. 01)

H O 1 Q 15/14

B

H O 1 Q 15/23 (2006. 01)

H O 1 Q 15/14

Z

H O 4 W 16/26 (2009. 01)

H O 1 Q 15/23

H O 4 W 16/26

請求項の数 11 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-224182 (P2008-224182)
 (22) 出願日 平成20年9月1日 (2008. 9. 1)
 (65) 公開番号 特開2009-153095 (P2009-153095A)
 (43) 公開日 平成21年7月9日 (2009. 7. 9)
 審査請求日 平成23年3月31日 (2011. 3. 31)
 審判番号 不服2012-16125 (P2012-16125/J1)
 審判請求日 平成24年8月20日 (2012. 8. 20)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-311649 (P2007-311649)
 (32) 優先日 平成19年11月30日 (2007. 11. 30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 392026693
 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ
 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
 (74) 代理人 100083806
 弁理士 三好 秀和
 (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 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
 (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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送信アンテナを有する無線基地局と、移動局と、前記無線基地局の送信アンテナから一次放射された電波を、反射、屈折或いは透過によって前記移動局に対して二次放射するように構成されている散乱体とを具備する無線通信システムであって、

前記散乱体は、メタマテリアル材料で構成される多面体であり、

前記散乱体は、第1の境界面及び第2の境界面を有しており、

前記無線基地局の送信アンテナから一次放射された電波が、前記第1の境界面を介して、該散乱体に入射する入射角に対して、正規反射の場合の反射角度と異なる方向に散乱し、

前記正規反射の場合の反射角度と異なる方向に散乱する角度は、空中の屈折率 n_1 及び前記 E B G 構造からなる散乱体の屈折率 n_2 に応じて決定され、

前記正規反射の場合の反射角度と異なる方向に散乱する角度は、前記第2の境界面を介することにより前記入射角度とは異なり、

前記散乱体は、前記無線基地局の送信アンテナに対して、前記無線基地局の送信アンテナから一次放射された電波を等位相の平面波として受信することができる遠方界に配置され、

前記メタマテリアル材料の背面に、反射波と透過波とを制御する金属反射板を配置するように構成されていることを特徴とする無線通信システム。

【請求項 2】

前記散乱体は、所定の 1 又は複数の周波数帯域の電波のみを二次放射させる構造を有することを特徴とする請求項 1 に記載の無線通信システム。

【請求項 3】

前記散乱体は、E B G 構造によって構成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 のいずれか一項に記載の無線通信システム。

【請求項 4】

前記散乱体は、入射された前記電波の伝搬方向を集中させるように構成されている構造を有しており、

前記 E B G 構造は、前記散乱体に入射された前記電波を、ブロッホ波とする周期構造によって構成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の無線通信システム。

10

【請求項 5】

前記メタマテリアル材料を通過した電波が、前記金属反射板に到達し、該金属反射板で反射した該電波が、該メタマテリアル材料を通過することなく二次放射されるように構成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の無線通信システム。

【請求項 6】

前記メタマテリアル材料を通過することなく前記金属反射板に到達した電波が、該金属反射板で反射した後、該メタマテリアル材料を通過して二次放射されるように構成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の無線通信システム。

【請求項 7】

前記メタマテリアル材料は、第 1 周波数帯域及び第 2 周波数帯域で動作するように構成されており、

20

前記メタマテリアル材料は、前記無線基地局から前記第 1 周波数帯域で一次放射された電波を前記移動局に対して二次放射し、前記移動局から前記第 2 周波数帯域で一次放射された電波を前記無線基地局に対して二次放射するように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の無線通信システム。

【請求項 8】

前記メタマテリアル材料の形状を、多面体で構成し、

前記メタマテリアル材料に対して第 1 の入射角度で入射した電波が、第 1 の境界面によって第 2 の屈折角度の方向に屈折するように構成されており、

前記屈折した電波が、該メタマテリアル材料の内部から空中へ出て行く第 2 の境界面が、前記第 1 の境界面と平行とならないように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の無線通信システム。

30

【請求項 9】

前記メタマテリアル材料において、誘電率及び透磁率の少なくとも一方の電気定数を負とし、伝搬定数を負とすることにより、エバネセント波が該メタマテリアル材料の内部で増幅する構造とすることを特徴とする請求項 4 に記載の無線通信システム。

【請求項 10】

前記散乱体は、前記送信側装置から一次放射された電波の反射波の位相を制御する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を、正規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特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の無線通信システム。

40

【請求項 11】

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、正規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特徴とする請求項 10 に記載の無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、送信側装置から一次放射された電波を、反射、屈折或いは透過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散乱体を具備する無線通信システムに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

図 1 5 に示すように、無線通信システムにおいて、無線基地局 B S と移動局 U E との間の通信品質を向上するために、無線基地局 B S (送信側装置) から一次放射された電波を反射させることによって二次反射するように構成されている反射板 2 を使用する方法が提案されている (特許文献 1 参照) 。

10

【 0 0 0 3 】

具体的には、図 1 5 に示すように、無線基地局 B S から一次放射された電波は、建物等の障害物 4 に遮られるため、不感地域 3 に位置する移動局 U E は、無線基地局 B S からの見通し伝搬路を確保することができず、所望の通信品質を確保することができない。

【 0 0 0 4 】

そこで、上述の特許文献 1 に記載されている無線通信システムによれば、無線基地局 B S からの見通し伝搬路を確保できる位置に反射板 2 を設置し、当該反射板 2 で反射した電波によって障害物 4 の後方から不感地域 3 を照射することによって、不感地域 3 における通信品質を向上させることができる。

【 特許文献 1 】 特開平 8 - 2 8 8 9 0 1 号 公開 公 報

20

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

一般に、反射板 2 の設置場所及び設置角度に応じて、無線基地局 B S から一次放射されて反射板 2 に入射された電波の進み得る方向は決まっている。

【 0 0 0 6 】

具体的には、図 1 6 に示すように、屈折率 n_1 の媒質 1 (空中) を介して反射板 2 に入射された電波 (入射波) は、反射板 2 の表面で反射した後、電波の正規反射 (例えば、鏡面反射) における反射角度方向に進んで行く。

【 0 0 0 7 】

30

ここで、電波の入射角を「 θ_{i1} 」とし、電波の反射角を「 θ_{r1} 」とすると、平面波で電波が入射される場合、反射板の表面を境界面として境界条件を解くことによって、(式 1) が成立することが知られている。

【 0 0 0 8 】

$$\theta_{i1} = \theta_{r1} \quad \dots \quad (式 1)$$

すなわち、反射板 2 の表面 (境界面) で反射した電波 (反射波) は、当該電波 (入射波) の入射角 θ_{i1} と同じ角度 θ_{r1} の方向 (正規反射の方向) に進む。

【 0 0 0 9 】

すなわち、上述の無線通信システムでは、無線基地局 B S (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反射板 2 が用いられている。

40

【 0 0 1 0 】

しかしながら、上述の無線通信システムでは、無線基地局 B S から一次放射されて反射板 2 に入射された電波は、上述の正規反射における反射角度方向にしか進み得ないため、反射板 2 の設置角度を十分調整することができない環境では、所望エリア (不感地域 3) に対して電波を二次放射することができない可能性があるという問題点があった。

【 0 0 1 1 】

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、送信側装置によって一次放射された電波を、正規反射における反射角度方向以外の方向にも二次放射するように構成されている散乱体を用いる無線通信システムを提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の第1の特徴は、送信側装置から一次放射された電波を、反射、屈折或いは透過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散乱体を具備する無線通信システムであって、前記散乱体に、メタマテリアル材料を用いることを要旨とする。

【0013】

本発明の第1の特徴において、前記散乱体は、正規反射の場合の反射角度と異なる方向に前記電波を二次放射する構造を有してもよい。

【0014】

本発明の第1の特徴において、前記散乱体は、所定の1又は複数の周波数帯域の電波のみを二次放射させる構造を有してもよい。

10

【0015】

本発明の第1の特徴において、前記散乱体は、入射された前記電波の伝搬方向を集中させるように構成されている構造を有してもよい。

【0016】

本発明の第1の特徴において、前記散乱体は、EBG構造によって構成されていてもよい。

【0017】

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。

20

【0018】

本発明の第1の特徴において、前記EBG構造は、前記散乱体に入射された前記電波を、ブロッホ波とする周期構造によって構成されていてもよい。

【0019】

本発明の第1の特徴において、前記メタマテリアル材料の背面に金属反射板を配置するように構成されていてもよい。

【0020】

本発明の第1の特徴において、前記メタマテリアル材料を通過した電波が、前記金属反射板に到達し、該金属反射板で反射した該電波が、該メタマテリアル材料を通過することなく二次放射されるように構成されていてもよい。

30

【0021】

本発明の第1の特徴において、前記メタマテリアル材料を通過することなく前記金属反射板に到達した電波が、該金属反射板で反射した後、該メタマテリアル材料を通過して二次放射されるように構成されていてもよい。

【0022】

本発明の第1の特徴において、前記メタマテリアル材料は、第1周波数帯域及び第2周波数帯域で動作するように構成されており、前記メタマテリアル材料は、前記無線基地局から前記第1周波数帯域で一次放射された電波を前記移動局に対して二次放射し、前記移動局から前記第2周波数帯域で一次放射された電波を前記無線基地局に対して二次放射するように構成されていてもよい。ここで、メタマテリアル材料として、周波数選択板(FSS)を用いてもよい。

40

【0023】

本発明の第1の特徴において、前記メタマテリアル材料の形状を、多面体で構成し、前記メタマテリアル材料に対して第1の入射角度で入射した電波が、第1の境界面によって第2の屈折角度の方向に屈折するように構成されており、前記屈折した電波が、該メタマテリアル材料の内部から空中へ出て行く第2の境界面が、前記第1の境界面と平行とならないように構成されていてもよい。

【0024】

本発明の第1の特徴において、前記メタマテリアル材料において、誘電率及び透磁率の少なくとも一方の電気定数を負とし、伝搬定数を負とすることにより、エバネセント波が

50

該メタマテリアル材料の内部で増幅する構造としてもよい。

【 0 0 2 5 】

本発明の第 1 の特徴において、前記メタマテリアル材料は、前記散乱体に入射された前記電波を、プロッホ波とする周期構造によって構成されていてもよい。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 1 の特徴において、前記散乱体は、前記送信側装置から一次放射された電波の反射波の位相を制御する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を、正規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。

【 0 0 2 7 】

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、正規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。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 8 】

以上説明したように、本発明によれば、送信側装置によって一次放射された電波を、正規反射における反射角度方向以外の方向にも二次放射するように構成されている散乱体を用いる無線通信システム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 】

【 0 0 2 9 】

(本発明の第 1 の実施形態に係る無線通信システム)

図 1 乃至図 3 を参照して、本発明の第 1 の実施形態に係る無線通信システムについて説明する。

【 0 0 3 0 】

図 1 に示すように、本実施形態に係る無線通信システムは、無線基地局 B S (送信側装置) から一次放射された電波を、反射、屈折或いは透過によって、不感地域 3 (所望エリア) に位置する移動局 (受信側装置) に対して二次放射するように構成されている散乱体 2 を具備する。

【 0 0 3 1 】

なお、本実施形態において、送信側装置が、移動局 U E であって、受信側装置が、無線基地局 B S であってもよい。

【 0 0 3 2 】

本実施形態では、散乱体 2 として、メタマテリアル材料を用いるように構成されている。本実施形態において、「メタマテリアル材料」とは、予め決められた構造を配列することで形成される材料であって、人工的に表面インピーダンスや構造全体の等価誘電率や等価透磁率を決定する材料を示す。

【 0 0 3 3 】

例えば、かかるメタマテリアル材料は、以下のいずれかであってもよい。

- (1) 負の屈折率を有する材料 (左手系材料)
- (2) 誘電率及び透磁率の両方が負である材料
- (3) 誘電率が負である材料 (透磁率は負でも正でも構わない)
- (4) 透磁率が負である材料 (誘電率は負でも正でも構わない)
- (5) 誘電率又は透磁率が負である材料
- (6) 強磁性体
- (7) プラズマ
- (8) H I S (H i g h I m p e d a n c e S u r f a c e) を有する構造
- (9) F S S 周波数選択板に基づく E B G 構造 (F S S - B a s e d E B G S u r f a c e)
- (1 0) バンドギャップ構造

10

20

30

40

50

- (1 1) マッシュルーム構造
- (1 2) 人工結晶構造
- (1 3) S R R 構造 (スプリット共振リング^{*} 構造)
- (1 4) C o m p o s i t e R i g h t / L e f t - H a n d e d T r a n s m i s s i o n L i n e M e t a m a t e r i a l s
- (1 5) ポインティングベクトルの向きと群速度の向きが逆になる構造

【 0 0 3 4 】

また、本実施形態では、かかる散乱体 2 を構成するメタマテリアル材料を、E B G (E l e c t r o m a g n e t i c B a n d G a p) 構造によって構成してもよい。

【 0 0 3 5 】

ここで、「E B G 構造」は、電磁波の伝搬方向を自由に操って制御できる人工構造、例えば、光ではなく電波の周波数帯においてバンドギャップ構造が存在する構造を示す。

【 0 0 3 6 】

例えば、かかる「E B G 構造」の主な機能として、「伝搬阻止機能」や「特定の方向にのみへの伝搬を許す機能」や「特定のエリアに集中させる機能」等が想定される。

【 0 0 3 7 】

また、かかる散乱体 2 は、入射された電波 (入射波) を、正規反射における反射角度方向 A だけでなく、正規反射における反射角度方向 A 以外の方向にも二次放射する構造を有する。

【 0 0 3 8 】

すなわち、本実施形態に係る無線通信システムでは、送信側装置から一次放射された電波を不感地帯 3 に到達させるために、正規反射における反射角度方向 A に二次放射された電波だけではなく、正規反射における反射角度方向 A 以外の方向に二次放射された電波を用いるように構成されている。

【 0 0 3 9 】

なお、従来の無線通信システムで用いられていた反射板は、入射された電波 (入射波) を、正規反射における反射角度方向 A だけに二次放射する構造を有していた。

【 0 0 4 0 】

すなわち、従来の無線通信システムでは、送信側装置から一次放射された電波を不感地帯 3 に到達させるために、正規反射における反射角度方向 A に二次放射された電波だけを用いるように構成されていた。従来の無線通信システムでは、送信側装置から一次放射された電波を不感地帯 3 に到達させるために、反射板を透過した透過波や正規反射における反射角度方向 A 以外の方向に反射された反射波等については用いていなかった。

【 0 0 4 1 】

図 2 に示すように、本実施形態に係る散乱体 2 において、電波の反射角度 θ_{ref1} は、電波の入射角度 θ_{inc} に等しい。

【 0 0 4 2 】

また、本実施形態に係る散乱体 2 を構成する E B G 構造内における電波の屈折角度 θ_{ran} は、以下の (式 2) によって決定される。

【 0 0 4 3 】

【 数 1 】

$$\theta_{trans} = \text{sgn}(n_2) \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{|n_2|} \sin \theta_{inc} \right) \quad \text{---- (式2)}$$

【 0 0 4 4 】

ここで、境界面の境界条件より、スネルの法則 (式 2 - 1) が成立している。

【 0 0 4 5 】

$$n_1 \times \sin \theta_{i1} = n_2 \times \sin \theta_{t2} \dots \quad (\text{式 } 2-1)$$

【0046】

すなわち、本実施形態に係る散乱体2内における電波の屈折角度 θ_{tran} は、媒質1（空中）の屈折率 n_1 及び媒質2（EBG構造）の屈折率 n_2 に応じて決定される。

【0047】

ここで、屈折率 n の値は、媒質1及び媒質2の電気定数、すなわち、誘電率 ϵ 及び透磁率 μ を用いて、以下の（式3）によって決定される。

【0048】

【数2】

$$n = \frac{kc}{\omega} = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0} \frac{\mu}{\mu_0}} = - \left[\left(|\epsilon_r| |\mu_r| - \frac{\epsilon''}{\epsilon_0} \frac{\mu''}{\mu_0} \right) + j \left(\frac{\epsilon''}{\epsilon_0} \frac{|\mu_r|}{\mu_0} + \frac{\mu''}{\mu_0} \frac{|\epsilon_r|}{\epsilon_0} \right) \right]^{1/2}$$

$$\approx -|\epsilon_r|^{1/2} |\mu_r|^{1/2} \left[1 + j \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon''}{|\epsilon_r| \epsilon_0} + \frac{\mu''}{|\mu_r| \mu_0} \right) \right] \quad \text{---- (式3)}$$

10

【0049】

また、（式3）において、誘電率 ϵ 及び透磁率 μ の値が負となる場合は、それぞれ、以下の（式4）及び（式5）で示される。

20

【0050】

【数3】

$$\sqrt{\epsilon} = \sqrt{\epsilon_r \epsilon_0 - j \epsilon''} \approx -j \left(|\epsilon_r \epsilon_0|^{1/2} + j \frac{\epsilon''}{2|\epsilon_r \epsilon_0|^{1/2}} \right) \quad \text{---- (式4)}$$

$$\sqrt{\mu} = \sqrt{\mu_r \mu_0 - j \mu''} \approx -j \left(|\mu_r \mu_0|^{1/2} + j \frac{\mu''}{2|\mu_r \mu_0|^{1/2}} \right) \quad \text{---- (式5)}$$

30

【0051】

したがって、本実施形態に係る無線通信システムで用いられる散乱体2によれば、EBG構造を介して、無線基地局BSによって一次放射された電波を、負の屈折率によって屈折させ、従来の反射板では有り得なかった方向（図2の誘電率及び透磁率が負の場合の屈折方向）に二次放射することができる。

【0052】

また、誘電率及び透磁率がともに正のときには、無線基地局BSによって一次放射された電波を、正の場合の屈折方向に二次放射する。

【0053】

40

なお、一般に、透過波は、媒質2によって屈折しても、次に媒質2から元の媒質1に戻るときに、もう一度屈折することによって、入射波と同じ向きに戻ってしまうことが考えられる。本明細書では、これを避ける方法として、以下の第2及び第3の実施形態に示す手法を発明している。

【0054】

（本発明の第2の実施形態に係る無線通信システム）

本実施形態に係る無線通信システムでは、第1の実施形態において用いられるメタマテリアル材料によって構成される散乱体2の形状を、多面体とし、かかるメタマテリアル材料に対して第1の入射角度で入射した電波が、第1の境界面によって第2の屈折角度の方向に屈折し、該屈折した電波が、該メタマテリアル材料の内部から空中へ出て行く第2の

50

境界面において、該第 1 の入射角度とは異なる角度で二次放射されるように構成する。

【 0 0 5 5 】

例えば、図 3 及び図 4 に示すように、入射角度 θ_{inc} で入射された電波（入射波）を第 1 の境界面において屈折角度 θ_{ran} の方向に屈折させ、媒質 1（空中）と媒質 2（メタマテリアル材料）との間の第 2 の境界面が当該屈折角度 θ_{ran} の方向と垂直に配置されるように、散乱体 2 を構成することによって、当該屈折角度 θ_{ran} の方向にそのまま透過波を二次放射することができる。

【 0 0 5 6 】

また、第 1 の境界面と第 2 の境界面とを平行にならないように設定すれば、透過による屈折を考慮して、入射波の入射角度と異なる方向に二次放射することができる。

10

【 0 0 5 7 】

なお、本実施形態に示すように、多面体によって構成し、電波が入射する第 1 の境界面と電波が出射する第 2 の境界面とを平行としないようにすることによって二次放射の方向を制御するように散乱体 2 を構成する技術は、メタマテリアル材料によって構成されている散乱体 2 の場合に限る必要はなく、任意の媒質に対して実施可能な技術であることはいうまでもない。

【 0 0 5 8 】

図 5 は、様々な値の誘電率 ϵ 及び透磁率 μ （負の値を含む）の E B G 構造が用いられた場合の屈折角度 θ_{ran} の方向について示す図である。図 5 から、誘電率 ϵ 及び透磁率 μ の値に応じて、電波の屈折方向が変化している様子が分かる。

20

【 0 0 5 9 】

本実施形態に係る無線通信システムによれば、散乱体 2 の設置環境に応じて、散乱体 2 を構成する E B G 構造の誘電率 ϵ 及び透磁率 μ の値を設定することによって、所望の方向に電波を二次放射することができ、従来の反射板による二次放射では届かなかった範囲にまで電波を到達させることができる。

【 0 0 6 0 】

（本発明の第 3 の実施形態に係る無線通信システム）

本発明の第 3 の実施形態に係る無線通信システムとして、上述の屈折角度 θ_{ran} を、散乱体 2 を構成する E B G 構造におけるキャパシタ及びインダクタンスのいずれかの周期構造による配置によって決定する手法、及び、スーパープリズム効果によって電界強度を集中させる手法を示す。

30

【 0 0 6 1 】

本実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体 2 は、E B G 構造によって構成されており、かかる E B G 構造を有する散乱体 2 に入射された電波の伝搬方向を集中させる構造を有する。

【 0 0 6 2 】

図 1 1 に示すように、本実施形態に係る無線通信システムで用いられる散乱体 2 は、入射された電波を、E B G 構造内の周期構造によって重ね合わせることによって 1 つの伝搬方向に集中させて二次放射するように構成されている。

【 0 0 6 3 】

具体的には、かかる散乱体 2 は、かかる E B G 構造内で、入射された電波（平面波）をプロッホ波とする周期構造によって構成されている。

40

【 0 0 6 4 】

具体的には、本実施形態に係る無線通信システムでは、図 1 2 に示すように、かかる E B G 構造に入射された電波は、各個体の幅を「 w 」とし、各個体の間隔を「 g 」として形成した周期構造における回折によって、平面波からプロッホ波に変更されて、かかる周期構造によって決められた方向にのみ二次放射されるように構成されている。

【 0 0 6 5 】

例えば、図 1 2 に示すように、E B G 構造における各個体の配列を、 $\arctan(3.9/6)$ となるように傾けておくことによって、かかる E B G 構造に入射された電波を

50

、 33 度傾いた方向に二次放射することができる。

【0066】

本実施形態に係る無線通信システムによれば、図 13 に示すように、EBG 構造によるスーパープリズム効果によって、送信側装置によって一次放射された電波（平面波）をブロッホ波として、電波の伝搬方向（二次放射方向）を所望の方向に集中させることによって、不感地域 3（所望エリア）における電界強度を大きくすることができる。

【0067】

（本発明の第 4 の実施形態に係る無線通信システム）

本発明の第 4 の実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体 2 は、所定の 1 又は複数の周波数帯域の電波のみを通過させる構造を有するメタマテリアル材料によって構成されて

10

【0068】

具体的には、図 6 に示すように、本実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体 2 は、所望の周波数帯域 f_1 の電波についてのみ反射させ、その他の周波数帯域の電波については透過させるように構成されている。

【0069】

例えば、本実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体 2 は、周波数帯域阻止型のメタマテリアル材料によって構成されている。なお、かかるメタマテリアル材料は、ロッドやリングの周期構造等を含む様々な方法によって実現することができる。

【0070】

20

かかる散乱体 2 を用いた無線通信システムによれば、図 7 に示すように、散乱体 2 が、所望の周波数帯域 f_1 の電波を、正規反射における反射角度方向以外の方向に反射させることによって、無線基地局 BS からの直接波が届かない不感地域 3 に当該電波を到達させることができるようになる。

【0071】

また、かかる散乱体 2 を用いた無線通信システムによれば、図 7 に示すように、散乱体 2 が、所望の周波数帯域 f_1 以外の周波数帯域の電波については、透過（屈折）させるため、使用する周波数帯域の異なる他のシステムに影響を与えたり、所望のエリアに対して不要な干渉を与えたりするといった不具合を回避することができる。

【0072】

30

（本発明の第 5 の実施形態に係る無線通信システム）

本発明の第 5 の実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体 2 は、所定の 1 又は複数の周波数帯域の電波のみを二次放射させる構造を有するメタマテリアル材料によって構成されている。

【0073】

具体的には、図 8 に示すように、本実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体 2 は、所望の周波数帯域 f_2 の電波についてのみ透過させ、その他の周波数帯域の電波については反射させるように構成されている。

【0074】

例えば、本実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体 2 は、周波数帯域通過型のメタマテリアル材料によって構成されている。

40

【0075】

かかる散乱体 2 を用いた無線通信システムによれば、図 9 に示すように、散乱体 2 が、所望の周波数帯域 f_2 の電波を、透過（屈折）させることによって、無線基地局 BS からの直接波が届かない不感地域 3 に当該電波を到達させることができるようになる。

【0076】

また、かかる散乱体 2 を用いた無線通信システムによれば、図 9 に示すように、散乱体 2 が、所望の周波数帯域 f_2 以外の周波数帯域の電波については反射させるため、使用する周波数帯域の異なる他のシステムに影響を与えたり、所望のエリアに対して不要な干渉を与えたりするといった不具合を回避することができる。

50

【0077】

(本発明の第6の実施形態に係る無線通信システム)

本発明の第6の実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体2は、第1周波数帯域及び第2周波数帯域で動作するメタマテリアル材料によって構成されている。

【0078】

例えば、散乱体2は、複数の周波数を共用するEBG構造或いはFSS(Frequency Selective Surface)構造によって構成されている。

【0079】

例えば、図10に示すように、2周波共用周波数帯域通過型のEBG構造を有する散乱体2は、無線基地局BSから第1周波数帯域 f_2 で一次放射された電波を、透過(屈折)によって、不感地域3(所望エリア)に位置する移動局UEに対して二次放射し、移動局UEから第2周波数帯域 f_1 で一次放射された電波を、透過(屈折)によって、無線基地局BSに対して二次放射するように構成されている。

10

【0080】

ここで、散乱体2は、無線基地局BSから第1周波数帯域 f_2 以外の周波数帯域で一次放射された電波については反射させるように構成されている。

【0081】

本実施形態に係る無線通信システムによれば、上り通信と下り通信とで異なる周波数帯域が用いられている場合であっても、1つの散乱体2で、不感地域3の通信品質の向上を実現することができる。

20

【0082】

(本発明の第7の実施形態に係る無線通信システム)

本発明の第7の実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体2は、メタマテリアル材料の背面に金属反射板を配置することによって構成されている。

【0083】

例えば、図14(a)に示すように、散乱体2では、メタマテリアル材料を通過することなく金属反射板に到達した電波が、かかる金属反射板で反射した後に、かかるメタマテリアル材料を通過して二次放射されるように構成されていてもよい。

【0084】

また、図14(b)に示すように、散乱体2では、かかる散乱体2に入射された電波が、メタマテリアル材料を通過して金属反射板に到達し、かかる金属反射板で反射した電波が、かかるメタマテリアル材料を通過することなく二次放射されるように構成されていてもよい。

30

【0085】

本実施形態に係る無線通信システムによれば、金属反射板によって二次放射する電波の電界強度を大きくすると共に、電波を二次放射する方向を柔軟に変更することができるため、従来の反射板による二次放射では届かなかった範囲にまで電波を到達させることができる。

【0086】

(本発明の第8の実施形態に係る無線通信システム)

本発明の第8の実施形態に係る無線通信システムでは、メタマテリアル材料において、誘電率及び透磁率の少なくとも一方の電気定数を負とし、伝搬定数(波動ベクトル k)を負とすることにより、エバネセント波が、当該メタマテリアル材料の内部で増幅する構造とする。

40

【0087】

すなわち、本実施形態に係る無線通信システムでは、散乱体は2、エバネセント波の増幅効果によって、当該散乱体2から二次放射される電波の電界強度が大きくなるように構成されている構造を有する。

【0088】

なお、従来は、エバネセント波は、正の伝搬定数を有する媒質内を伝搬するにつれて指

50

数関数的に電界強度が減衰するので、上述の散乱体に用いることができないと考えられていた。

【0089】

これに対して、負の伝搬定数を有する媒質内においては、エバネセント波は、伝搬するにつれて電界強度が増幅される。かかる現象を「スーパーレンズ効果」と呼ぶ。

【0090】

そのため、本実施形態に係る無線通信システムでは、かかるスーパーレンズ効果を考慮して、散乱体2に、エバネセント波がメタマテリアル材料の内部で増幅する構造を用いている。

【0091】

(変更例)

なお、上述の散乱体2は、電波が入射される面と電波が二次放射される面とが平行でない構造を有するものであってもよいし、FSS構造を有する周波数選択板によって構成されていてもよい。

【0092】

また、上述の散乱体2は、メタマテリアル材料として、誘電率 ϵ 及び透磁率 μ の少なくとも一方が負である材料(人工誘電体や人工磁性体)によって構成されていてもよい。

【0093】

ここで、誘電率 ϵ が負となる人工誘電体は、周期構造を有するロッドの配列によって実現され得る。また、透磁率 μ が負となる人工磁性体は、周期構造を有する共振リングによって実現され得る。

【0094】

さらに、誘電率 ϵ 及び透磁率 μ が共に負となる材料(左手系材料)は、周期構造を有するロッドの配列及び周期構造を有する共振リングの組み合わせによって実現され得る。

【0095】

このような散乱体2を用いることによって、上述のような周波数選択や負の屈折率(第3象限の方向への屈折)やスーパープリズム効果による電界強度の向上を実現することができる。

【0096】

なお、上述の散乱体2は、EBG構造を有するメタマテリアル材料であってもよいし、EBG構造を有しないメタマテリアル材料であってもよい。

【0097】

また、散乱体2は、送信側装置から一次放射された電波の反射波の位相を制御する反射板によって構成されており、かかる反射板は、送信側装置から一次放射された電波を、正規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。

【0098】

さらに、かかる反射板は、周波数選択性反射板によって構成されており、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、正規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。

【0099】

例えば、散乱体2は、メタマテリアル材料によって構成されたリフレクトアレイによって構成されていてもよい。ここで、「リフレクトアレイ」とは、反射係数の位相差が特定の方向に揃うように配列された素子を総称するものとする。

【0100】

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

10

20

30

40

50

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 0 1 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る無線通信システムの全体構成図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係る無線通信システムで用いられている散乱体を介して電波の進む方向を説明するための図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施形態に係る無線通信システムの全体構成図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態に係る無線通信システムで用いられている散乱体を介して電波の進む方向を説明するための図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施形態に係る無線通信システムで用いられている散乱体を介して電波の進む方向を説明するための図である。

10

【図 6】本発明の第 4 の実施形態に係る無線通信システムで用いられている散乱体について説明するための図である。

【図 7】本発明の第 4 の実施形態に係る無線通信システムの全体構成図である。

【図 8】本発明の第 5 の実施形態に係る無線通信システムで用いられている散乱体について説明するための図である。

【図 9】本発明の第 5 の実施形態に係る無線通信システムの全体構成図である。

【図 10】本発明の第 6 の実施形態に係る無線通信システムの全体構成図である。

【図 11】本発明の第 3 の実施形態に係る無線通信システムで用いられている散乱体について説明するための図である。

20

【図 12】本発明の第 3 の実施形態に係る無線通信システムで用いられている散乱体を介して電波の進む方向を説明するための図である。

【図 13】本発明の第 3 の実施形態に係る無線通信システムの全体構成図である。

【図 14】本発明の第 7 の実施形態に係る無線通信システムで用いられている散乱体について説明するための図である。

【図 15】従来の無線通信システムの全体構成図である。

【図 16】従来の無線通信システムで用いられている散乱体を介して電波の進む方向を説明するための図である。

【符号の説明】

【 0 1 0 2 】

30

B S ... 無線基地局

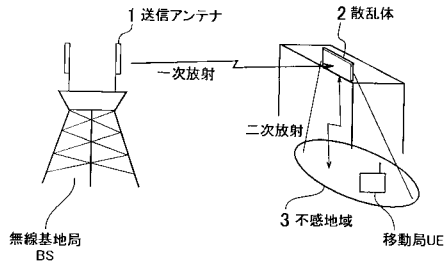
U E ... 移動局

1 ... 送信アンテナ

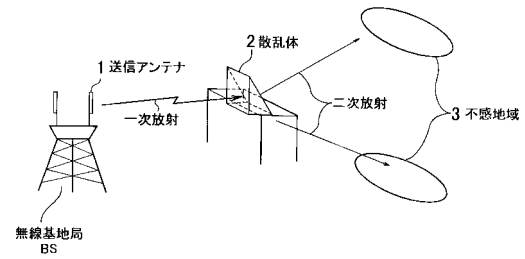
2 ... 散乱体、反射板

3 ... 不感地域

【図 1】

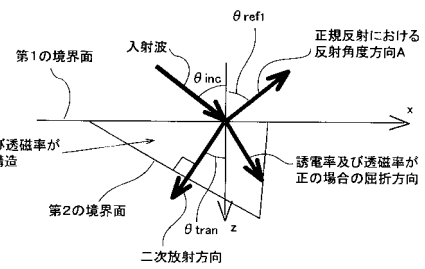
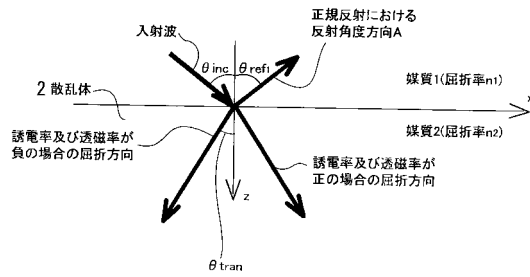


【図 3】



【図 4】

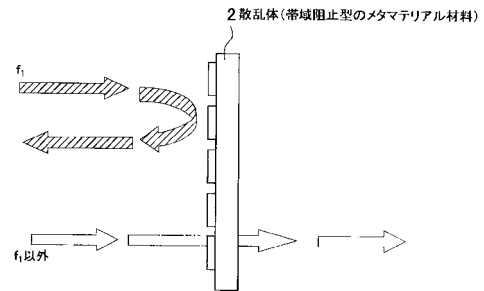
【図 2】



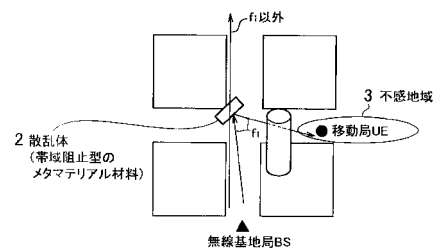
【図 5】

イメージ	角度	μ_z	μ_x	ϵ_y
	透過角 = 45°	-1.9	-1.9	-0.8
	透過角 = 60°	-0.4	1	-0.6
	反射角 = 60° & 透過角 = 30°	1	-0.4	-0.6

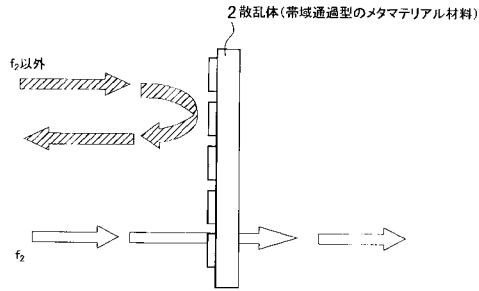
【図 6】



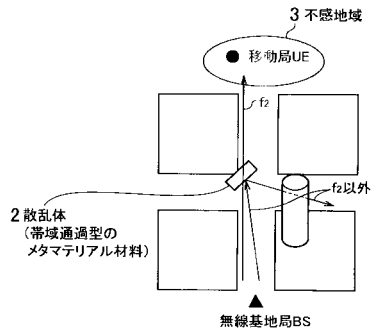
【図 7】



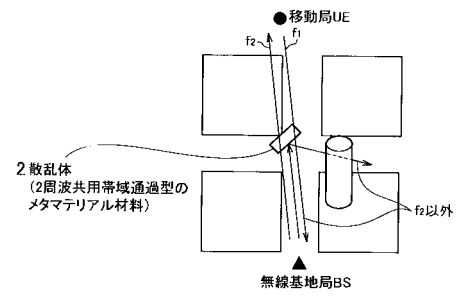
【図 8】



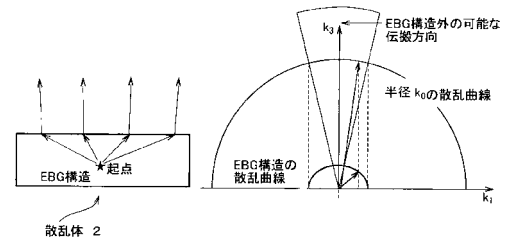
【図 9】



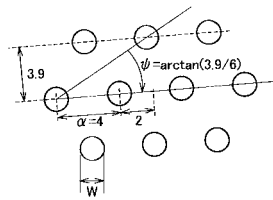
【図 10】



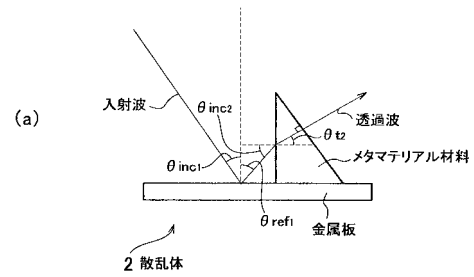
【図 11】



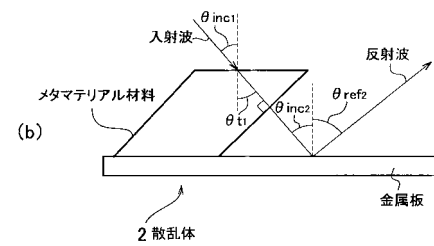
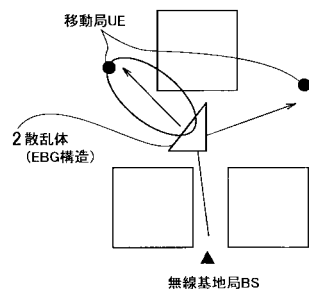
【図 12】



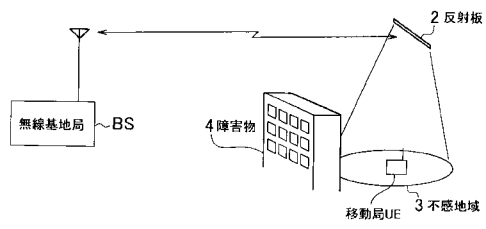
【図 14】



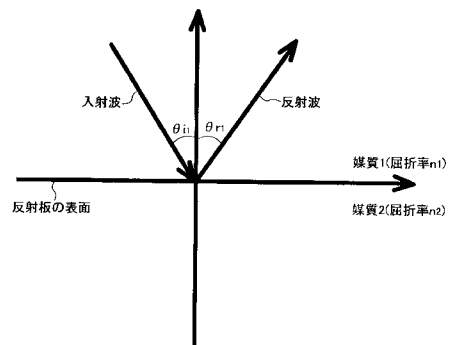
【図 13】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

合議体

審判長 田中 庸介

審判官 矢島 伸一

審判官 新川 圭二

(56)参考文献 特開2002-164735(JP,A)

特開昭47-17313(JP,A)

特開2006-253929(JP,A)

特開2005-260965(JP,A)

特開2004-297763(JP,A)

特開2005-244884(JP,A)

特開2005-210016(JP,A)

宇野博之他,「EBG反射板上チルトビームスロットアンテナの放射特性」,電子情報通信学会
2006年通信ソサイエティ大会,B-1-56,電子情報通信学会,2006年 9月浅野陽一他,「誘電体に印刷されたEBG反射板後置2線式ストリップスパイラルアンテナ」,
電子情報通信学会全国大会06-春-通信2,B-1-62,電子情報通信学会,2006年
3月畠山賢一他,「人工材料を用いる電磁波吸収・遮蔽材可能性の検討」,電子情報通信学会200
4年通信ソサイエティ大会,BS-1-4,電子情報通信学会,2004年 9月

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01Q 15/00-19/32

H04B 7/14-7/22

H04W 4/00-99/00