

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6512402号
(P6512402)

(45) 発行日 令和1年5月15日(2019.5.15)

(24) 登録日 平成31年4月19日(2019.4.19)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 Q 1/52 (2006.01)

H O 1 Q 1/52

H O 1 Q 21/08 (2006.01)

H O 1 Q 21/08

G O 1 S 7/03 (2006.01)

G O 1 S 7/03 2 2 0

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2015-102842 (P2015-102842)
 (22) 出願日 平成27年5月20日 (2015.5.20)
 (65) 公開番号 特開2016-220029 (P2016-220029A)
 (43) 公開日 平成28年12月22日 (2016.12.22)
 審査請求日 平成30年1月5日 (2018.1.5)

(73) 特許権者 314012076
 パナソニック I P マネジメント株式会社
 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100100158
 弁理士 鮫島 睦
 (74) 代理人 100125874
 弁理士 川端 純市
 (72) 発明者 田儀 裕佳
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
 ソニック株式会社内
 (72) 発明者 岩城 秀樹
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
 ソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アンテナ装置、無線通信装置、及びレーダ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

誘電体層と、前記誘電体層の両面に形成された第1及び第2の導体層とを有する基板と

、

前記第1の導体層に配置された第1及び第2のアンテナ素子と、

前記第2の導体層に配置された第1の接地導体と、

前記基板上において前記第1及び第2のアンテナ素子の間に配置された E B G (Electr
omagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記 E B G 構造部は、

前記第1の導体層に配置され、前記第1の接地導体との電磁的結合を有する複数の第1
のパッチ導体を含む第1の E B G 部分と、前記第2の導体層に配置され、前記第1の接地導体との電磁的結合を有する複数の第2
のパッチ導体を含む第2の E B G 部分と、を含み、前記複数の第1のパッチ導体は、前記第1の導体層において、前記第1及び第2のアン
テナ素子を結ぶ線分に交差するように延在する複数の第1の列に沿って配置され、前記第1の E B G 部分は、前記基板をそれぞれ貫通し、前記複数の第1のパッチ導体を
前記第1の接地導体にそれぞれ接続する複数のビア導体をさらに備え、前記複数の第2のパッチ導体は、前記第2の導体層において、前記第1のアンテナ素子
に対向する領域及び前記第2のアンテナ素子に対向する領域を結ぶ線分に交差するように
延在する複数の第2の列に沿って配置され、

10

20

前記第 2 の E B G 部分は、前記複数の第 2 のパッチ導体にそれぞれ接続された複数のスタブ導体をさらに備える、
アンテナ装置。

【請求項 2】

前記複数の第 1 の列は、前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子間のアイソレーションを高くしようとする周波数帯域であるアイソレーション帯域の中心周波数に対応する波長の $0.8 \sim 1.2$ 倍のうちの 1 つの長さにならって互いに離隔して互いに平行に設けられ、
前記複数の第 2 の列は、前記アイソレーション帯域の中心周波数に対応する波長の $0.8 \sim 1.2$ 倍のうちの 1 つの長さにならって互いに離隔して互いに平行に設けられる、
請求項 1 に記載のアンテナ装置。

10

【請求項 3】

誘電体層と、前記誘電体層の両面に形成された第 1 及び第 2 の導体層とを有する基板と、
前記第 1 の導体層に配置された第 1 及び第 2 のアンテナ素子と、
前記第 2 の導体層に配置された第 1 の接地導体と、
前記基板上において前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子の間に配置された E B G (Electromagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、
前記 E B G 構造部は、
前記第 1 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 1 のパッチ導体を含む第 1 の E B G 部分と、
前記第 2 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 2 のパッチ導体を含む第 2 の E B G 部分と、を含み、
前記基板は、前記第 1 の導体層とは逆の側に前記第 2 の導体層から所定距離を有して、前記第 2 の導体層に平行に形成された第 3 の導体層をさらに備え、
前記アンテナ装置は、前記第 3 の導体層に配置された第 2 の接地導体をさらに備える、
アンテナ装置。

20

【請求項 4】

誘電体層と、前記誘電体層の両面に形成された第 1 及び第 2 の導体層とを有する基板と、
前記第 1 の導体層に配置された第 1 及び第 2 のアンテナ素子と、
前記第 2 の導体層に配置された第 1 の接地導体と、
前記基板上において前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子の間に配置された E B G (Electromagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、
前記 E B G 構造部は、
前記第 1 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 1 のパッチ導体を含む第 1 の E B G 部分と、
前記第 2 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 2 のパッチ導体を含む第 2 の E B G 部分と、を含み、
前記複数の第 1 のパッチ導体は、前記第 1 の導体層において、前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子を結ぶ線分に交差するように延在する複数の第 1 の列に沿って配置され、
前記複数の第 2 のパッチ導体は、前記第 2 の導体層において、前記第 1 のアンテナ素子に対向する領域及び前記第 2 のアンテナ素子に対向する領域を結ぶ線分に交差するように延在する複数の第 2 の列に沿って配置され、
前記複数の第 1 の列と前記複数の第 2 の列とは、前記誘電体層の両面に対する垂線上の点から見たときに互い違いになるように配置される、
アンテナ装置。

30

40

【請求項 5】

誘電体層と、前記誘電体層の両面に形成された第 1 及び第 2 の導体層とを有する基板と、
前記第 1 の導体層に配置された第 1 及び第 2 のアンテナ素子と、

50

前記第 2 の導体層に配置された第 1 の接地導体と、
前記基板上において前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子の間に配置された E B G (Electr
omagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記 E B G 構造部は、

前記第 1 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 1
のパッチ導体を含む第 1 の E B G 部分と、

前記第 2 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 2
のパッチ導体を含む第 2 の E B G 部分と、を含み、

前記複数の第 2 のパッチ導体は、前記第 2 の導体層において、前記第 1 のアンテナ素子
に対向する領域及び前記第 2 のアンテナ素子に対向する領域を結ぶ線分に交差するように
延在する複数の第 2 の列に沿って配置され、

前記第 2 の E B G 部分は、前記複数の第 2 のパッチ導体と前記第 1 の接地導体とを接続
する複数のスタブ導体をさらに備える、

アンテナ装置。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のうちのいずれか 1 項に記載のアンテナ装置と、

無線通信回路と、を備える、

無線通信装置。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 5 のうちのいずれか 1 項に記載のアンテナ装置と、

レーダ送受信回路と、を備える、

レーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、複数のアンテナ素子と、E B G (Electromagnetic Band Gap) 構造部とを備
えたアンテナ装置に関する。本開示は、また、そのようなアンテナ装置を備えた無線通信
装置及びレーダ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、複数のアンテナ素子を備えてミリ波帯域で動作するアンテナ装置においてアンテ
ナ素子間のアイソレーションを確保するために、E B G 構造部を用いることが知られてい
る（特許文献 1 ～ 3 を参照）。E B G 構造部は、所定の周波数（反共振周波数）において
高インピーダンスになり、従って、E B G 構造部を備えたアンテナ装置は、この周波数に
おいてアンテナ素子間のアイソレーションを高くすることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 4 6 5 0 3 0 2 号公報

【特許文献 2】特許第 5 1 1 2 2 0 4 号公報

【特許文献 3】特許第 5 2 1 2 9 4 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

E B G 構造部の一例として、誘電体基板上に形成された複数のパッチ導体、複数のピア
導体、及び接地導体を含むマッシュルーム型の導体を含むものが知られている。マッシュ
ルーム型 E B G 構造部の性能は、ピア導体の直径、パッチ導体の最小寸法、などに依存す
る。従来の E B G 構造部によれば、アンテナ素子間のアイソレーションを高くするように
E B G 構造部の寸法を最適化するとき、限られた周波数帯域幅においてのみ高いアイソレ
ーションが実現される。従って、E B G 構造部を用いても、所望の広い周波数帯域幅にわ

10

20

30

40

50

たって十分に高いアイソレーションを確保することが困難な場合がある。

【 0 0 0 5 】

一方、E B G 構造部の反共振周波数を変化させるために追加の部品等を設けると、アンテナ装置の寸法が増大し、従ってコストも増大する。

【 0 0 0 6 】

本開示の目的は、以上の課題を解決し、E B G 構造部を備えたアンテナ装置であって、周波数調整のために余分な部品を必要とせず、アンテナ装置を大型化せず、広い周波数帯域幅にわたって高いアイソレーションを確保できるアンテナ装置を提供することにある。

【 0 0 0 7 】

本開示の目的は、さらに、そのようなアンテナ装置を備えた無線通信装置及びレーダ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本開示の一態様に係るアンテナ装置は、

誘電体層と、前記誘電体層の両面に形成された第 1 及び第 2 の導体層とを有する基板と

、
前記第 1 の導体層に配置された第 1 及び第 2 のアンテナ素子と、

前記第 2 の導体層に配置された第 1 の接地導体と、

前記基板上において前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子の間に配置された E B G (Electr
omagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記 E B G 構造部は、

前記第 1 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 1
のパッチ導体を含む第 1 の E B G 部分と、

前記第 2 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 2
のパッチ導体を含む第 2 の E B G 部分と、を含み、

前記複数の第 1 のパッチ導体は、前記第 1 の導体層において、前記第 1 及び第 2 のアン
テナ素子を結ぶ線分に交差するように延在する複数の第 1 の列に沿って配置され、

前記第 1 の E B G 部分は、前記基板をそれぞれ貫通し、前記複数の第 1 のパッチ導体を
前記第 1 の接地導体にそれぞれ接続する複数のビア導体をさらに備え、

前記複数の第 2 のパッチ導体は、前記第 2 の導体層において、前記第 1 のアンテナ素子
に対向する領域及び前記第 2 のアンテナ素子に対向する領域を結ぶ線分に交差するように
延在する複数の第 2 の列に沿って配置され、

前記第 2 の E B G 部分は、前記複数の第 2 のパッチ導体にそれぞれ接続された複数のス
タブ導体をさらに備える。

本開示の別の態様に係るアンテナ装置は、

誘電体層と、前記誘電体層の両面に形成された第 1 及び第 2 の導体層とを有する基板と

、
前記第 1 の導体層に配置された第 1 及び第 2 のアンテナ素子と、

前記第 2 の導体層に配置された第 1 の接地導体と、

前記基板上において前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子の間に配置された E B G (Electr
omagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記 E B G 構造部は、

前記第 1 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 1
のパッチ導体を含む第 1 の E B G 部分と、

前記第 2 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 2
のパッチ導体を含む第 2 の E B G 部分と、を含み、

前記基板は、前記第 1 の導体層とは逆の側に前記第 2 の導体層から所定距離を有して、
前記第 2 の導体層に平行に形成された第 3 の導体層をさらに備え、

前記アンテナ装置は、前記第 3 の導体層に配置された第 2 の接地導体をさらに備える。

本開示のさらに別の態様に係るアンテナ装置は、

10

20

30

40

50

誘電体層と、前記誘電体層の両面に形成された第 1 及び第 2 の導体層とを有する基板と
、

前記第 1 の導体層に配置された第 1 及び第 2 のアンテナ素子と、
前記第 2 の導体層に配置された第 1 の接地導体と、
前記基板上において前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子の間に配置された E B G (Electr
omagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記 E B G 構造部は、
前記第 1 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 1
のパッチ導体を含む第 1 の E B G 部分と、

前記第 2 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 2
のパッチ導体を含む第 2 の E B G 部分と、を含み、

前記複数の第 1 のパッチ導体は、前記第 1 の導体層において、前記第 1 及び第 2 のアン
テナ素子を結ぶ線分に交差するように延在する複数の第 1 の列に沿って配置され、

前記複数の第 2 のパッチ導体は、前記第 2 の導体層において、前記第 1 のアンテナ素子
に対向する領域及び前記第 2 のアンテナ素子に対向する領域を結ぶ線分に交差するように
延在する複数の第 2 の列に沿って配置され、

前記複数の第 1 の列と前記複数の第 2 の列とは、前記誘電体層の両面に対する垂線上の
点から見たときに互い違いになるように配置される。

本開示のさらに別の一態様に係るアンテナ装置は、
誘電体層と、前記誘電体層の両面に形成された第 1 及び第 2 の導体層とを有する基板と
、

前記第 1 の導体層に配置された第 1 及び第 2 のアンテナ素子と、
前記第 2 の導体層に配置された第 1 の接地導体と、
前記基板上において前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子の間に配置された E B G (Electr
omagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記 E B G 構造部は、
前記第 1 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 1
のパッチ導体を含む第 1 の E B G 部分と、

前記第 2 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 2
のパッチ導体を含む第 2 の E B G 部分と、を含み、

前記複数の第 2 のパッチ導体は、前記第 2 の導体層において、前記第 1 のアンテナ素子
に対向する領域及び前記第 2 のアンテナ素子に対向する領域を結ぶ線分に交差するように
延在する複数の第 2 の列に沿って配置され、

前記第 2 の E B G 部分は、前記複数の第 2 のパッチ導体と前記第 1 の接地導体とを接続
する複数のスタブ導体をさらに備える。

【発明の効果】

【0009】

本開示のアンテナ装置によれば、E B G 構造部を備えたアンテナ装置であって、周波数調整のために余分な部品を必要とせず、アンテナ装置を大型化せず、広い周波数帯域幅にわたって高いアイソレーションを確保できるアンテナ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】第 1 の実施形態に係るアンテナ装置 100 の構成を示す斜視図である。

【図 2】図 1 のアンテナ装置 100 における第 1 の導体層の構成を示す上面図である。

【図 3】図 1 のアンテナ装置 100 における第 2 の導体層の構成を示す上面図である。

【図 4】図 1 のアンテナ装置 100 における第 3 の導体層の構成を示す上面図である。

【図 5】図 2 の A - A ' 線におけるアンテナ装置 100 の構成を示す断面図である。

【図 6】第 1 の実施形態の変形例に係るアンテナ装置 101 の構成を示す斜視図である。

【図 7】図 1 のアンテナ装置 100 の E B G 構造部 7 の詳細構成を示す拡大図である。

【図 8】図 7 の E B G 構造部 7 の等価回路図である。

10

20

30

40

50

【図 9】第 1 の比較例に係るアンテナ装置 2 0 0 の構成を示す斜視図である。

【図 1 0】第 2 の比較例に係るアンテナ装置 2 0 1 の構成を示す斜視図である。

【図 1 1】比較例に係るアンテナ装置 2 0 0 及び 2 0 1 における周波数特性のグラフである。

【図 1 2】実施例に係るアンテナ装置 1 0 0 及び比較例に係るアンテナ装置 2 0 1 における周波数特性のグラフである。

【図 1 3】比較例に係るアンテナ装置 2 0 1 における周波数特性のグラフである。

【図 1 4】比較例に係るアンテナ装置 2 0 1 における周波数特性のグラフである。

【図 1 5】第 2 の実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

【図 1 6】第 3 の実施形態に係るレーダ装置の構成を示すブロック図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 1】

以下、図面を参照して、実施形態に係るアンテナ装置について説明する。以下の説明では、同様の構成要素は同じ符号で示す。

【0 0 1 2】

第 1 の実施形態 .

図 1 は、第 1 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 0 の構成を示す斜視図である。図 2 は、図 1 のアンテナ装置 1 0 0 における第 1 の導体層の構成を示す上面図である。図 3 は、図 1 のアンテナ装置 1 0 0 における第 2 の導体層の構成を示す上面図である。図 4 は、図 1 のアンテナ装置 1 0 0 における第 3 の導体層の構成を示す上面図である。図 5 は、図 2 の A - A ' 線におけるアンテナ装置 1 0 0 の構成を示す断面図である。

20

【0 0 1 3】

アンテナ装置 1 0 0 は、誘電体層 1 及び 2 と、誘電体層 1 の上面に形成された第 1 の導体層と、誘電体層 1 及び 2 間に形成された第 2 の導体層と、誘電体層 2 の下面に形成された第 3 の導体層とを有する基板を備える。言い換えると、第 1 及び第 2 の導体層は誘電体層 1 の両面に形成され、第 3 の導体層は、第 1 の導体層とは逆の側に第 2 の導体層から所定距離を有して、第 2 の導体層に平行に形成される。アンテナ装置 1 0 0 は、さらに、第 1 の導体層に配置された第 1 のアンテナ素子 3 (受信アンテナ) 及び第 2 のアンテナ素子 4 (送信アンテナ) と、第 2 の導体層に配置された第 1 の接地導体 5 と、第 3 の導体層に配置された第 2 の接地導体 6 と、基板上においてアンテナ素子 3 及び 4 間に配置された E B G 構造部 7 とを備える。例えば、アンテナ素子 3 は受信アンテナとして動作し、アンテナ素子 4 は送信アンテナとして動作してもよい。

30

【0 0 1 4】

誘電体層 1 及び 2 は、例えば、ポリフェニレンエーテル又はポリテトラフルオロエチレンなどであってもよい。

【0 0 1 5】

E B G 構造部 7 は、第 1 の導体層に配置され、接地導体 5 との電磁的結合を有する複数の第 1 のパッチ導体 1 1 を含む第 1 の E B G 部分と、第 2 の導体層に配置され、接地導体 5 との電磁的結合を有する複数の第 2 のパッチ導体 1 3 を含む第 2 の E B G 部分とを含む。複数のパッチ導体 1 3 は接地導体 6 との電磁的結合も有する。

40

【0 0 1 6】

図 1 の例では、各パッチ導体 1 1 及び 1 3 は正方形形状を有する。しかしながら、各パッチ導体 1 1 及び 1 3 は、正方形に限らず、三角形、六角形、長方形、などの任意の形状であってもよい。

【0 0 1 7】

図 2 に示すように、複数のパッチ導体 1 1 は、第 1 の導体層において、アンテナ素子 3 及び 4 を結ぶ線分に交差するように延在する複数の第 1 の列 (図 2 の Y 方向の列) に沿って配置される。第 1 の E B G 部分は、基板の誘電体層 1 をそれぞれ貫通し、複数のパッチ導体 1 1 を接地導体 5 にそれぞれ接続する複数のピア導体 1 2 をさらに備える。このように、第 1 の E B G 部分はマッシュルーム型の E B G 構造部である。本明細書では、第 1 の

50

E B G 部分のパッチ導体 1 1 及びビア導体 1 2 の各列を、E B G セグメント 7 - 1 a , 7 - 1 b , 7 - 1 c という。

【 0 0 1 8 】

図 3 に示すように、複数のパッチ導体 1 3 は、第 2 の導体層において、アンテナ素子 3 に対向する領域 3 ' 及びアンテナ素子 4 に対向する領域 4 ' を結ぶ線分に交差するように延在する複数の第 2 の列に沿って配置される。第 2 の E B G 部分は、複数のパッチ導体 1 3 にそれぞれ接続された複数のスタブ導体 1 4 をさらに備える。複数のスタブ導体 1 4 は、例えば、図 3 の X 方向又は Y 方向に沿って配置される。複数のスタブ導体 1 4 は、接地導体 5 に短絡されていてもよく、接地導体 5 に短絡されることなく開放端を有してもよい。第 2 の導体層には、パッチ導体 1 3 及びスタブ導体 1 4 を内部に形成するためのスロット 1 5 a 及び 1 5 b が設けられる。このように、第 2 の E B G 部分はピアレス E B G 構造部である。本明細書では、第 2 の E B G 部分のパッチ導体 1 3 及びスタブ導体 1 4 の各列を、E B G セグメント 7 - 2 a , 7 - 2 b という。

10

【 0 0 1 9 】

E B G セグメント 7 - 1 a , 7 - 1 b , 7 - 1 c (特に、各ビア導体 1 2 が接地導体 5 に接続される位置) と、E B G セグメント 7 - 2 a , 7 - 2 b とは、上から見たときに互い違いになるように配置される。

【 0 0 2 0 】

E B G セグメント 7 - 1 a , 7 - 1 b , 7 - 1 c は、例えば、アンテナ素子 3 及び 4 間のアイソレーションを高くしようとする周波数帯域であるアイソレーション帯域の中心周波数に対応する波長にわたって互いに離隔して互いに平行に設けられる。E B G セグメント 7 - 2 a , 7 - 2 b もまた、例えば、アイソレーション帯域の中心周波数に対応する波長にわたって互いに離隔して互いに平行に設けられる。E B G セグメント 7 - 1 a , 7 - 1 b , 7 - 1 c 間の距離はこれに限らず、E B G セグメント 7 - 1 a , 7 - 1 b , 7 - 1 c は、アイソレーション帯域の中心周波数に対応する波長の 0 . 8 ~ 1 . 2 倍のうちの 1 つの長さにわたって互いに離隔して互いに平行に設けられてもよい。同様に、E B G セグメント 7 - 2 a , 7 - 2 b 間の距離はこれに限らず、E B G セグメント 7 - 2 a , 7 - 2 b は、アイソレーション帯域の中心周波数に対応する波長の 0 . 8 ~ 1 . 2 倍のうちの 1 つの長さにわたって互いに離隔して互いに平行に設けられてもよい。

20

【 0 0 2 1 】

図 2 において、「 w 1 」はパッチ導体 1 1 の辺の長さを示し、「 d x 1 」は X 方向に互いに隣接するパッチ導体 1 1 の中心間の距離 (又は E B G セグメント 7 - 1 a , 7 - 1 b , 7 - 1 c 間の距離) を示し、「 d y 1 」は Y 方向に互いに隣接するパッチ導体 1 1 の中心間の距離を示す。図 3 において、「 w 2 」はパッチ導体 1 3 の辺の長さを示し、「 d x 2 」は X 方向に互いに隣接するパッチ導体 1 3 の中心間の距離 (又は E B G セグメント 7 - 2 a , 7 - 2 b 間の距離) を示し、「 d y 2 」は Y 方向に互いに隣接するパッチ導体 1 3 の中心間の距離を示す。図 5 において、「 d z 1 」はパッチ導体 1 1 と接地導体 5 との間の距離 (又はビア導体 1 2 の長さ) を示し、「 d z 2 」は接地導体 5 , 6 間の距離を示す。また、ビア導体 1 2 は直径 を有する。

30

【 0 0 2 2 】

第 1 の E B G 部分は基板の表面に露出し、第 2 の E B G 部分は基板の内部に設けられるので、それらの特性は互いに異なる。第 1 の E B G 部分及び第 2 の E B G 部分に必要な特性に応じて、パッチ導体 1 1 , 1 3 の個数、辺の長さ w 1 , w 2 、及び距離 d y 1 , d y 2 は互いに異なってもよい。

40

【 0 0 2 3 】

図 1 のアンテナ装置 1 0 0 は、例えばミリ波帯域で動作する。しかしながら、図 1 のアンテナ装置 1 0 0 は、ミリ波帯域に限らず、アイソレーション帯域を生じるように E B G 構造部 7 を設計可能な任意の周波数で動作してもよい。

【 0 0 2 4 】

複数のスタブ導体 1 4 は、所望のアイソレーション特性に応じて、接地導体 5 に短絡さ

50

れてもよい。

【0025】

第2のEBG部分と接地導体5との電磁的結合を変化させることにより、第2のEBG部分のアイソレーション帯域を低域側もしくは高域側に拡張させることができる。

【0026】

図1のアンテナ装置100によれば、周波数調整のために余分な部品を必要とせず、アンテナ装置を大型化せず、広い周波数帯域幅にわたって高いアイソレーションを確保することができる。

【0027】

図6は、第1の実施形態の変形例に係るアンテナ装置101の構成を示す斜視図である。所望のアイソレーション特性によっては、図1のアンテナ装置100の接地導体6及び誘電体層2を省略してもよい。

【0028】

次に、図7～図14を参照して、図1のアンテナ装置100の動作について説明する。

【0029】

図7は、図1のアンテナ装置100のEBG構造部7の詳細構成を示す拡大図である。図8は、図7のEBG構造部7の等価回路図である。図7において、「L」はパッチ導体11のインダクタンスを示し、「Ls」はビア導体12のインダクタンスを示し、「Lg」は、パッチ導体11に対向していない部分(EBG構造部7の外部)における接地導体5のインダクタンスを示し、「Lgx」は、パッチ導体13及びスタブ導体14のインダクタンスを示す。さらに、「C」は互いに隣接するパッチ導体11間の容量を示し、「Cs」はパッチ導体11と接地導体5との間の容量を示す。また「Cgx」は、パッチ導体13及びスタブ導体14と接地導体5との間の容量を示し、「Cgy」は、パッチ導体13及びスタブ導体14と接地導体6との間の容量を示す。

【0030】

EBG構造部7の反共振周波数は、EBG構造部7を構成する各部分の容量及びインダクタンスによって決まる。パッチ導体11のインダクタンスLは、パッチ導体11の寸法(例えば、辺の長さ w_1)に依存する。パッチ導体11間の容量Cは、パッチ導体11の中心間の距離 d_{x1} 、 d_{y1} に依存する。パッチ導体11と接地導体5との間の容量Csは、パッチ導体11の面積と、パッチ導体11と接地導体5との間の距離 d_{z1} とに依存する。ビア導体12のインダクタンスLsは、ビア導体の直径及び長さ d_{z1} に依存する。ビア導体の直径及び長さ d_{z1} は、プロセス上の制約を受けるので、実質的に固定値である。従って、プロセス上の制約を考慮してアンテナ設計時に変更可能なパラメータは、パッチ導体11の辺の長さ w_1 及びパッチ導体11の中心間の距離 d_{x1} 、 d_{y1} のみである。

【0031】

EBG構造部のアイソレーション効果を高める平易な方法として、EBG構造部を多段化することが知られている。多段EBG構造部は、例えば、複数の基板を備え、これらの基板を貫通するように複数のビア導体が設けられる。しかしながら、各基板においてビア導体を設けた部分には他の部品及び配線を設けることができないので、アンテナ装置の寸法が増大し、従ってコストも増大する。このため、EBG構造部の余分な多段化をすることなく、EBG構造部のアイソレーション効果を高めることが望まれる。

【0032】

次に、図9～図14を参照して、図1のアンテナ装置100のシミュレーション結果について説明する。

【0033】

図9は、第1の比較例に係るアンテナ装置200の構成を示す斜視図である。図9のアンテナ装置200は、図1のアンテナ装置100からEBG構造部7を除去した構成を有する。

【0034】

10

20

30

40

50

図10は、第2の比較例に係るアンテナ装置201の構成を示す斜視図である。図10のアンテナ装置201は、図1のアンテナ装置100から第2のEBG部分（パッチ導体13、スタブ導体14、及びスロット15a, 15b）を除去した構成を有する。

【0035】

以下のパラメータを設定してシミュレーションを行った。誘電体層1の厚さは $d_z1 = 0.254$ mmであり、誘電体層2の厚さは $d_z2 = 0.3$ mmであった。誘電体層1, 2の比誘電率は $\epsilon_r = 3.0$ であり、誘電正接は $\tan \delta = 0.0058$ であった。アンテナ素子3及び4は、 0.91 mm \times 0.91 mmの正方形のパッチアンテナであった。アンテナ素子3及び4は、X方向に 13.2 mmの距離（中心間の距離）を有して配置された。アイソレーション帯域の中心周波数は 79 GHzであった。

10

【0036】

図11は、比較例に係るアンテナ装置200及び201における周波数特性のグラフである。比較例に係るアンテナ装置200は、図9の構成（EBG構造部なし）を有する。比較例に係るアンテナ装置201は、図10の構成（パッチ導体11及びスタブ導体12のみを備えるEBG構造部）を有する。比較例に係るアンテナ装置201のEBG構造部は、X方向に3個かつY方向に85個のパッチ導体11を含み、アンテナ素子3及び4の中間に配置された。パッチ導体11の辺の長さを $w1 = 0.61$ mmに固定し、Y方向に互いに隣接するパッチ導体11の中心間の距離を $d_y1 = 0.71$ mmに固定した。ビア導体12の直径は $\phi = 0.25$ mmであり、長さは $d_z1 = 0.254$ mmであった。比較例に係るアンテナ装置201では、EBGセグメント7-1a, 7-1b, 7-1c間の距離 d_x1 を変化させ、距離 d_x1 は、アイソレーション帯域の中心周波数 79 GHzに対応する波長（ 2.2 mm）又は約 $\lambda/4$ （ 0.7 mm）に設定された。距離 d_x1 を最適化することにより、容量C及びインダクタンスLgが劇的に減少し、アンテナ素子3及び4の相互インピーダンスが高くなる。図11によれば、距離 d_x1 を最適化することにより（ $d_x1 =$ ）、高いアイソレーションを達成できることがわかる。

20

【0037】

図11によれば、比較例に係るアンテナ装置201において距離 $d_x1 =$ に設定したとき、アイソレーション帯域の中心周波数 79 GHzを含む非常に狭いアイソレーション帯域においてのみ高いアイソレーションが達成されている。従って、高いアイソレーションを達成しながら、アイソレーション帯域を広帯域化することが望まれる。

30

【0038】

図12は、実施例に係るアンテナ装置100及び比較例に係るアンテナ装置201における周波数特性のグラフである。比較例に係るアンテナ装置201は、図10の構成（パッチ導体11及びビア導体12のみを備えるEBG構造部）を有し、距離 d_x1 は、アイソレーション帯域の中心周波数 79 GHzに対応する波長（ 2.2 mm）に設定された。実施例に係るアンテナ装置100は、図1の構成を有し、第1のEBG部分（パッチ導体11及びビア導体12）及び第2のEBG部分（パッチ導体13及びスタブ導体14）を含むEBG構造部7は、アンテナ素子3及び4の中間に配置された。実施例に係るアンテナ装置100の第1のEBG部分は、比較例に係るアンテナ装置201のEBG構造部と同様に構成された。実施例に係るアンテナ装置100の第2のEBG部分は、X方向に2個かつY方向に42個のパッチ導体13を配置した。パッチ導体13の辺の長さを $w2 = 1.05$ mmに固定し、Y方向に互いに隣接するパッチ導体13の中心間の距離を $d_y2 = 1.15$ mmに固定した。パッチ導体13から接地導体5までの距離は 0.2 mmであった。スタブ導体14の長さを 0.1 mmとし、スタブ導体14は接地導体5に短絡されることなく開放端を有し、スタブ導体14の開放端から接地導体5までの距離を 0.1 mmとした。実施例に係るアンテナ装置100では、距離 d_x1 , d_x2 は、アイソレーション帯域の中心周波数 79 GHzに対応する波長（ 2.2 mm）に設定された。図12によれば、比較例に係るアンテナ装置201に第2のEBG部分（パッチ導体13、スタブ導体14、及びスロット15a, 15b）を追加することにより、アイソレーション帯域が広帯域化されていることがわかる。図12によれば、特に、アイソレーション帯域

40

50

の中心周波数 7.9 GHz よりも低域側において、アイソレーションが向上している。

【0039】

E B G 構造部 7 は、磁気壁として動作し、アンテナ素子 3、4 間における表面波の伝搬を抑制する。第 2 の E B G 部分（パッチ導体 13、スタブ導体 14、及びスロット 15 a、15 b）は、第 1 の E B G 部分のみを備える比較例に係るアンテナ装置 201 よりも、アイソレーション帯域を低域側又は広域側に広げよう構成することができる。第 2 の E B G 部分を備えることにより、比較例に係るアンテナ装置 201 よりも、アンテナ素子 3、4 間のクロストークを確実に低減することができる。

【0040】

図 1 のアンテナ装置 100 によれば、第 1 の E B G 部分及び第 2 の E B G 部分の両方を備え、距離 $d \times 1$ 、 $d \times 2$ をアイソレーション帯域の中心周波数 7.9 GHz に対応する波長に設定することにより、比較例に係るアンテナ装置 200 及び 201 よりもアイソレーション帯域を劇的に広帯域化することが可能となる。

10

【0041】

距離 $d \times 1$ 、 $d \times 2$ はアイソレーション帯域の中心周波数 7.9 GHz に対応する波長に限らず、1 の近傍の長さであればよい。図 13 及び図 14 を参照して、距離 $d \times 1$ 及び $d \times 2$ の周波数特性への影響についてさらに説明する。

【0042】

図 13 は、比較例に係るアンテナ装置 201 における周波数特性のグラフである。図 14 は、比較例に係るアンテナ装置 201 における周波数特性のグラフである。シミュレーションの簡単化のために、図 1 のアンテナ装置 100 ではなく、図 10 のアンテナ装置 201 を用いた。E B G セグメント 7-1 a、7-1 b、7-1 c 間の距離 $d \times 1$ を変化させ、距離 $d \times 1$ は、0.8、0.9、1、1.1、又は 1.2 に設定された。図 13 及び図 14 によれば、距離 $d \times 1$ が 1 の近傍の 0.8 ~ 1.2 の長さであっても、高いアイソレーションを確保できることがわかる。図 13 及び図 14 の結果は、図 1 のアンテナ装置 100 にも同様にあてはまる。

20

【0043】

第 2 の実施形態。

図 15 は、第 2 の実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。図 15 の無線通信装置は、図 1 を参照して説明したアンテナ装置 100 と、無線通信回路 111 と、信号処理回路 112 とを備える。無線通信回路 111 は、信号処理回路 112 から送られたベースバンド信号を変調した無線信号をアンテナ装置 100 から放射し、アンテナ装置 100 で受信された無線信号を復調したベースバンド信号を信号処理回路 112 に送る。

30

【0044】

第 3 の実施形態。

図 16 は、第 3 の実施形態に係るレーダ装置の構成を示すブロック図である。図 16 の無線通信装置は、図 1 を参照して説明したアンテナ装置 100 と、レーダ送受信回路 121 と、信号処理回路 122 と、表示装置 123 とを備える。レーダ送受信回路 121 は、信号処理回路 122 の制御下でレーダ波をアンテナ装置 100 から放射し、目標物で反射されてアンテナ装置 100 に入射したレーダ波を受信する。信号処理回路 122 は、レーダ波の伝搬時間、周波数変化、などに基づいて、アンテナ装置 100 から目標物までの距離、速度、などを決定し、その結果を表示装置 123 に表示する。

40

【0045】

各実施形態のアンテナ装置 100 によれば、アイソレーションを向上させ、且つ、アイソレーション帯域を劇的に広帯域化することが可能となる。

【0046】

本開示の態様に係るアンテナ装置、無線通信装置、及びレーダ装置は、以下の構成を備えたことを特徴とする。

【0047】

50

第 1 の態様に係るアンテナ装置は、
誘電体層と、前記誘電体層の両面に形成された第 1 及び第 2 の導体層とを有する基板と

、
前記第 1 の導体層に配置された第 1 及び第 2 のアンテナ素子と、
前記第 2 の導体層に配置された第 1 の接地導体と、
前記基板上において前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子の間に配置された E B G (Electr
omagnetic Band Gap) 構造部とを備えるアンテナ装置において、
前記 E B G 構造部は、
前記第 1 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 1
のパッチ導体を含む第 1 の E B G 部分と、
前記第 2 の導体層に配置され、前記第 1 の接地導体との電磁的結合を有する複数の第 2
のパッチ導体を含む第 2 の E B G 部分とを含む。

10

【 0 0 4 8 】

第 2 の態様に係るアンテナ装置は、第 1 の態様に係るアンテナ装置において、
前記複数の第 1 のパッチ導体は、前記第 1 の導体層において、前記第 1 及び第 2 のアン
テナ素子を結ぶ線分に交差するように延在する複数の第 1 の列に沿って配置され、
前記第 1 の E B G 部分は、前記基板をそれぞれ貫通し、前記複数の第 1 のパッチ導体を
前記第 1 の接地導体にそれぞれ接続する複数のビア導体をさらに備える。

【 0 0 4 9 】

第 3 の態様に係るアンテナ装置は、第 2 の態様に係るアンテナ装置において、
前記複数の第 2 のパッチ導体は、前記第 2 の導体層において、前記第 1 のアンテナ素子
に対向する領域及び前記第 2 のアンテナ素子に対向する領域を結ぶ線分に交差するように
延在する複数の第 2 の列に沿って配置され、
前記第 2 の E B G 部分は、前記複数の第 2 のパッチ導体にそれぞれ接続された複数のス
タブ導体をさらに備える。

20

【 0 0 5 0 】

第 4 の態様に係るアンテナ装置は、第 3 の態様に係るアンテナ装置において、
前記複数の第 1 の列は、前記第 1 及び第 2 のアンテナ素子間のアイソレーションを高く
しようとする周波数帯域であるアイソレーション帯域の中心周波数に対応する波長の 0 .
8 ~ 1 . 2 倍のうちの 1 つの長さによって互いに離隔して互いに平行に設けられ、
前記複数の第 2 の列は、前記アイソレーション帯域の中心周波数に対応する波長の 0 .
8 ~ 1 . 2 倍のうちの 1 つの長さによって互いに離隔して互いに平行に設けられる。

30

【 0 0 5 1 】

第 5 の態様に係るアンテナ装置は、第 1 ~ 第 4 のうちの 1 つの態様に係るアンテナ装置
において、
前記基板は、前記第 1 の導体層とは逆の側に前記第 2 の導体層から所定距離を有して、
前記第 2 の導体層に平行に形成された第 3 の導体層をさらに備え、
前記アンテナ装置は、前記第 3 の導体層に配置された第 2 の接地導体をさらに備える。

【 0 0 5 2 】

第 6 の態様に係る無線通信装置は、
第 1 ~ 第 5 のうちの 1 つの態様に係るアンテナ装置と、
無線通信回路とを備える。

40

【 0 0 5 3 】

第 7 の態様に係るレーダ装置は、
第 1 ~ 第 5 のうちの 1 つの態様に係るアンテナ装置と、
レーダ送受信回路とを備える。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 4 】

本開示の態様に係るアンテナ装置は、ミリ波帯で動作するアンテナ装置、無線通信装置
、及びレーダ装置として利用可能である。

50

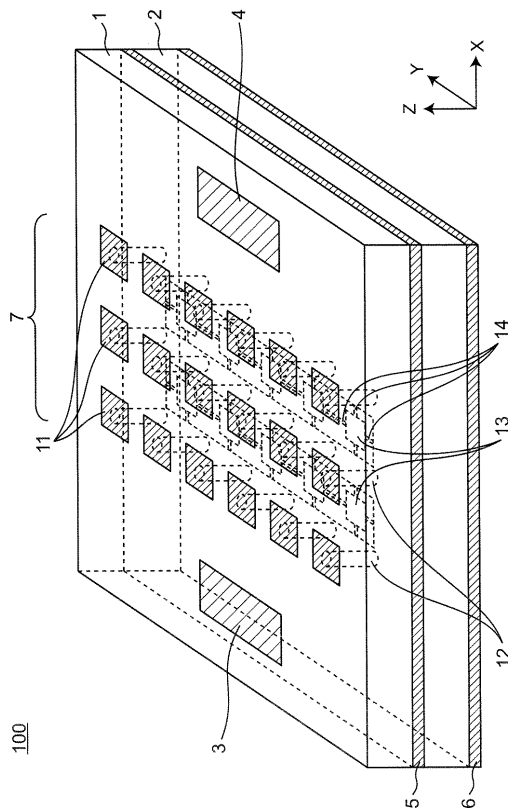
【符号の説明】

【 0 0 5 5 】

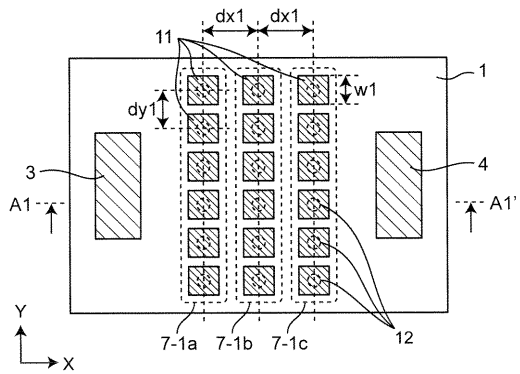
- 1 , 2 ... 誘電体層、
 3 ... アンテナ素子、
 4 ... アンテナ素子、
 5 , 6 ... 接地導体、
 7 ... E B G 構造部、
 7 - 1 a , 7 - 1 b , 7 - 1 c , 7 - 2 a , 7 - 2 b ... E B G セグメント、
 1 1 ... パッチ導体、
 1 2 ... ビア導体、
 1 3 ... パッチ導体、
 1 4 ... スタブ導体、
 1 5 a , 1 5 b ... スロット、
 1 0 0 , 1 0 1 ... アンテナ装置、
 1 1 1 ... 無線通信回路、
 1 1 2 ... 信号処理回路、
 1 2 1 ... レーダ送受信回路、
 1 2 2 ... 信号処理回路、
 1 2 3 ... 表示装置。

10

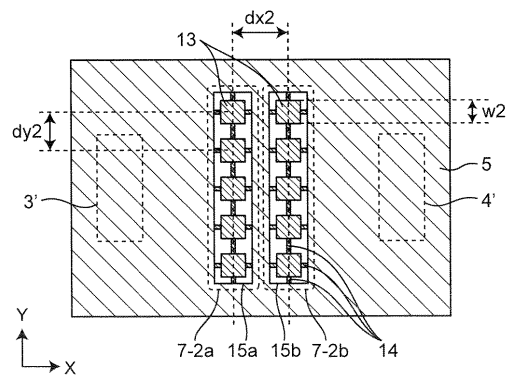
【図 1】



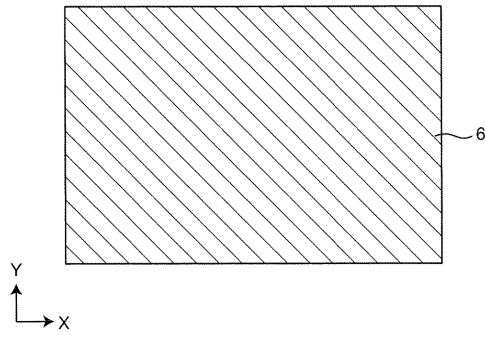
【図 2】



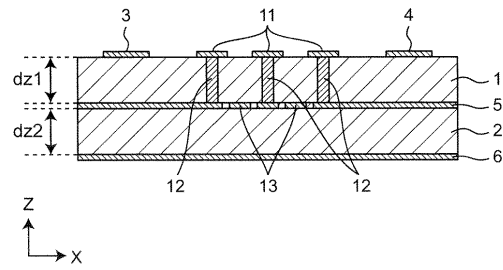
【図 3】



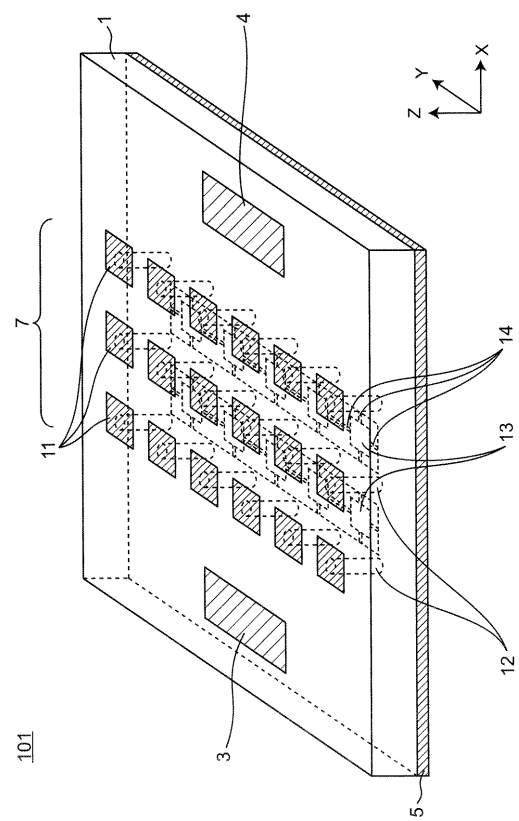
【図 4】



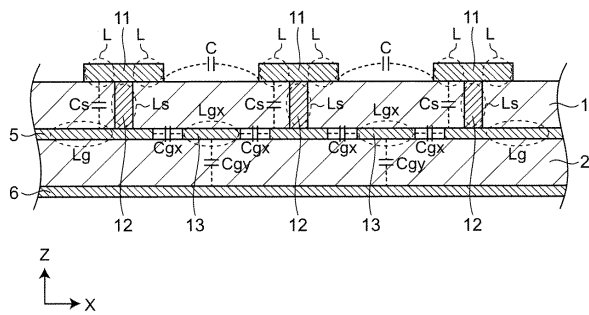
【図 5】



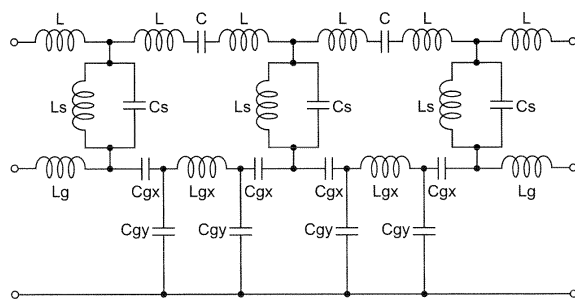
【図 6】



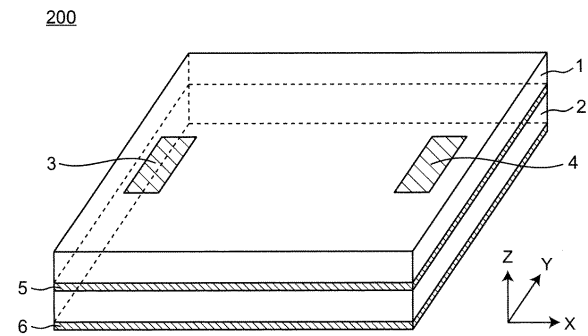
【図 7】



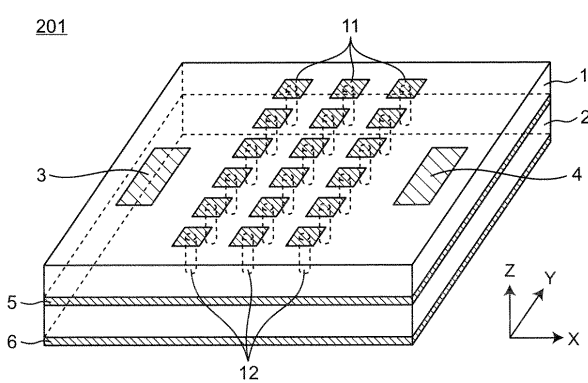
【図 8】



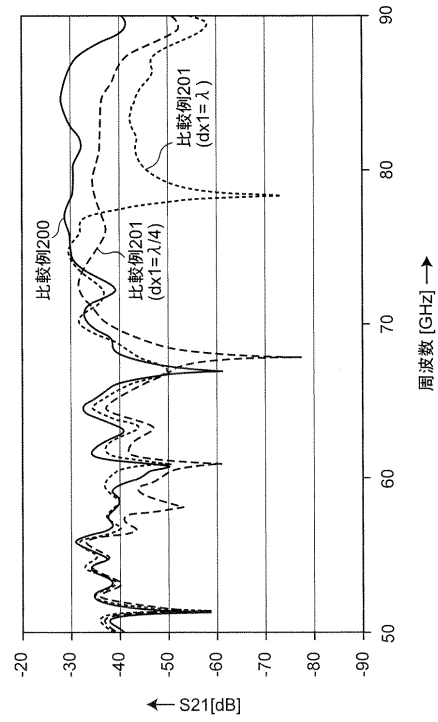
【図 9】



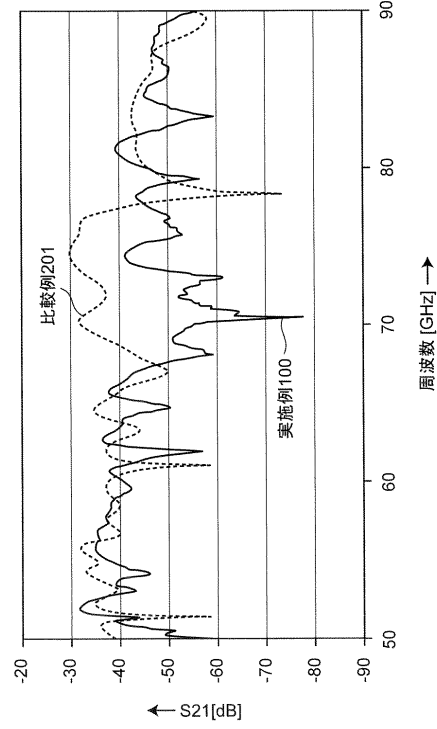
【図 10】



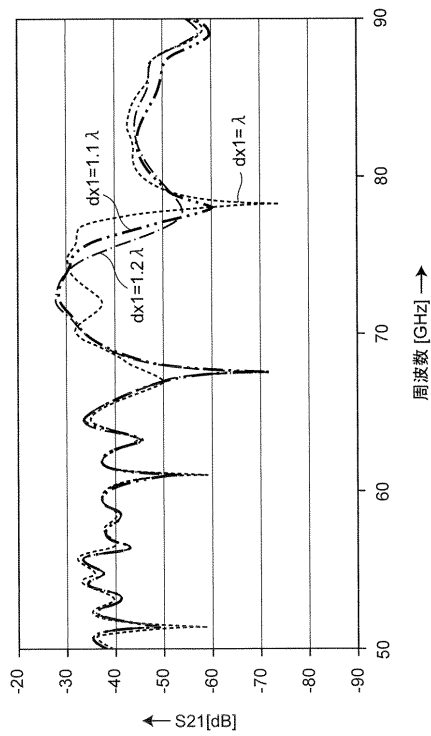
【図 1 1】



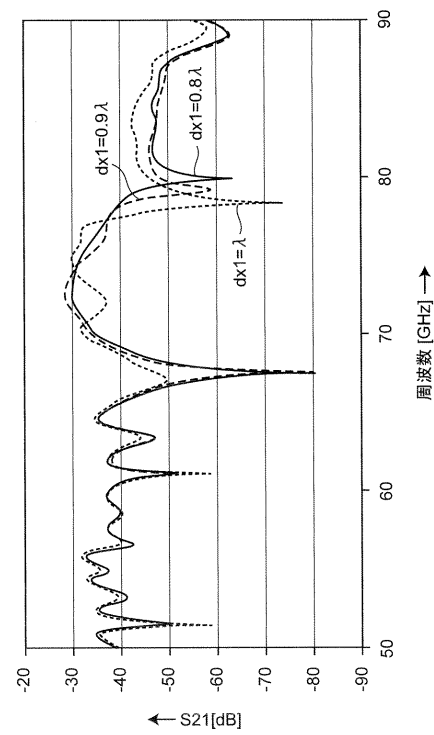
【図 1 2】



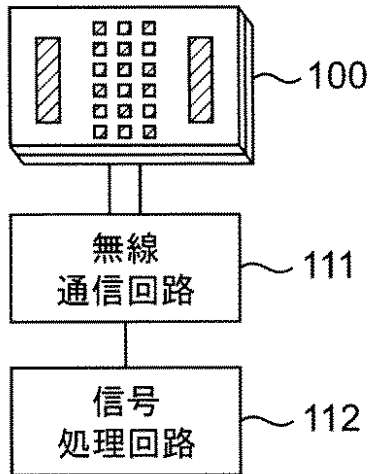
【図 1 3】



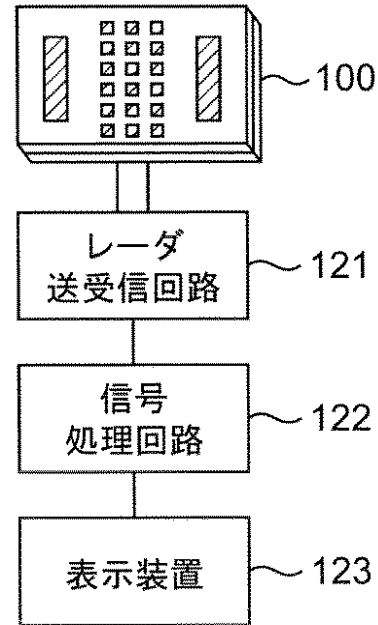
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

審査官 米倉 秀明

- (56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 2 4 3 3 7 5 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 9 / 1 0 7 6 8 4 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 1 1 / 1 1 1 2 9 7 (W O , A 1)
特開 2 0 1 0 - 0 2 8 1 8 2 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 9 / 0 8 2 0 0 3 (W O , A 1)
WONSANG CHOI ET.AL , Isolation enhancement between microstrip patch antennas using dual-band EBG structure without common ground plane , ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM (APSURSI),2012 IEEE , IEEE , 2 0 1 2 年 , pages1-2

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 Q 1 / 5 2
G 0 1 S 7 / 0 3
H 0 1 Q 2 1 / 0 8