

(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 1	
HO 1 Q 1/52	(2006.01)	HO 1 Q 1/52
HO 1 Q 21/08	(2006.01)	HO 1 Q 21/08
GO 1 S 7/03	(2006.01)	GO 1 S 7/03 220

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IP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 瞳
(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EBG (Electromagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記EBG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EBG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EBG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EBG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EBG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0.8～1.2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、

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つの長さにわた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EBG (Electromagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記EBG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EBG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EBG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。

【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EBG (Electromagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記EBG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EBG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EBG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。

【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 (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

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、20

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。30

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0003】**

【特許文献1】特許第4650302号公報

【特許文献2】特許第5112204号公報

【特許文献3】特許第5212949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、複数のビア導体、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、ビア導体の直径、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40

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。

【0005】

一方、EBG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。

【0006】

本開示の目的は、以上の課題を解決し、EBG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。

【0007】

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。 10

【課題を解決するための手段】

【0008】

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EBG(Electromagnetic Band Gap)構造部と、を備えるアンテナ装置において、 20

前記EBG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EBG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EBG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EBG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、 30

前記第2のEBG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。

本開示の別のー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EBG(Electromagnetic Band Gap)構造部と、を備えるアンテナ装置において、 40

前記EBG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EBG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EBG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ー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EBG (Electromagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記EBG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EBG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EBG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EBG (Electromagnetic Band Gap) 構造部と、を備えるアンテナ装置において、

前記EBG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EBG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EBG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EBG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、EBG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EBG構造部7の詳細構成を示す拡大図である。

【図8】図7のEBG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200の構成を示す斜視図である。

【図10】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11】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。

【図12】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。

【図13】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】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15】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16】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】

【0011】

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。

【0012】

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100の構成を示す斜視図である。図2は、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は、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は、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は、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。

20

【0013】

アンテナ装置100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100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EBG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

【0014】

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。

【0015】

EBG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11を含む第1のEBG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13を含む第2のEBG部分とを含む。複数のパッチ導体13は接地導体6との電磁的結合も有する。

40

【0016】

図1の例では、各パッチ導体11及び13は正方形形状を有する。しかしながら、各パッチ導体11及び13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。

【0017】

図2に示すように、複数のパッチ導体11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EBG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11を接地導体5にそれぞれ接続する複数のビア導体12をさらに備える。このように、第1のEBG部分はマッシュルーム型のEBG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 部分はビアレス 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 】

30

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。

【 0 0 2 2 】

40

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 は互いに異なっていてもよい。

【 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、「L<sub>s</sub>」はピア導体12のインダクタンスを示し、「L<sub>g</sub>」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、「L<sub>g</sub>x」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、「C<sub>s</sub>」はパッチ導体11と接地導体5との間の容量を示す。また「C<sub>g</sub>x」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、「C<sub>g</sub>y」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<sub>1</sub>)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<sub>x1</sub>, d<sub>y1</sub>に依存する。パッチ導体11と接地導体5との間の容量C<sub>s</sub>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<sub>z1</sub>とに依存する。ピア導体12のインダクタンスL<sub>s</sub>は、ピア導体の直径及び長さd<sub>z1</sub>に依存する。ピア導体の直径及び長さd<sub>z1</sub>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<sub>1</sub>及びパッチ導体11の中心間の距離d<sub>x1</sub>, d<sub>y1</sub>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ピア導体が設けられる。しかしながら、各基板においてピ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 $d_{z1} = 0.254\text{mm}$ であり、誘電体層2の厚さは $d_{z2} = 0.3\text{mm}$ 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 $\tan = 0.0058$ であった。アンテナ素子3及び4は、 $0.91\text{mm} \times 0.91\text{mm}$ 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 $13.2\text{mm}$ 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 $79\text{GHz}$ 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 $w_1 = 0.61\text{mm}$ 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 $d_{y1} = 0.71\text{mm}$ に固定した。ビア導体12の直径は $= 0.25\text{mm}$ であり、長さは $d_{z1} = 0.254\text{mm}$ 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 $79\text{GHz}$ に対応する波長( $2.2\text{mm}$ )又は約 $/4(0.7\text{mm})$ 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 $79\text{GHz}$ 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 $79\text{GHz}$ に対応する波長( $2.2\text{mm}$ )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 $w_2 = 1.05\text{mm}$ 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 $d_{y2} = 1.15\text{mm}$ に固定した。パッチ導体13から接地導体5までの距離は $0.2\text{mm}$ であった。スタブ導体14の長さを $0.1\text{mm}$ 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 $0.1\text{mm}$ 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 $79\text{GHz}$ に対応する波長( $2.2\text{mm}$ )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 G H z 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。

【 0 0 3 9 】

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 1 3 、 スタブ導体 1 4 、 及びスロット 1 5 a , 1 5 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 2 0 1 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る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 2 0 1 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。

【 0 0 4 0 】

図 1 のアンテナ装置 1 0 0 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 G H z に対応する波長 10 に設定することにより、比較例に係るアンテナ装置 2 0 0 及び 2 0 1 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。

【 0 0 4 1 】

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 G H z 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 1 3 及び図 1 4 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。

【 0 0 4 2 】

図 1 3 は、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 は、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。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 1 0 0 ではなく、図 1 0 のアンテナ装置 2 0 1 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 1 3 及び図 1 4 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 1 3 及び図 1 4 の結果は、図 1 のアンテナ装置 1 0 0 にも同様にあてはまる。

【 0 0 4 3 】

第 2 の実施形態。

図 1 5 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 1 5 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 1 0 0 と、無線通信回路 1 1 1 と、信号処理回路 1 1 2 とを備える。無線通信回路 1 1 1 は、信号処理回路 1 1 2 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 1 0 0 から放射し、アンテナ装置 1 0 0 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 1 1 2 に送る。

【 0 0 4 4 】

第 3 の実施形態。

図 1 6 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 1 6 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 1 0 0 と、レーダ送受信回路 1 2 1 と、信号処理回路 1 2 2 と、表示装置 1 2 3 とを備える。レーダ送受信回路 1 2 1 は、信号処理回路 1 2 2 の制御下でレーダ波をアンテナ装置 1 0 0 から放射し、目標物で反射されてアンテナ装置 1 0 0 に入射したレーダ波を受信する。信号処理回路 1 2 2 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 1 0 0 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 1 2 3 に表示する。

【 0 0 4 5 】

各実施形態のアンテナ装置 1 0 0 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。

【 0 0 4 6 】

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。

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

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 (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 部分とを含む。

#### 【 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。

#### 【 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 つの長さにわた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 つの長さにわたって互いに離隔して互いに平行に設けられる。

#### 【 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。

#### 【 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。

10

20

30

40

50

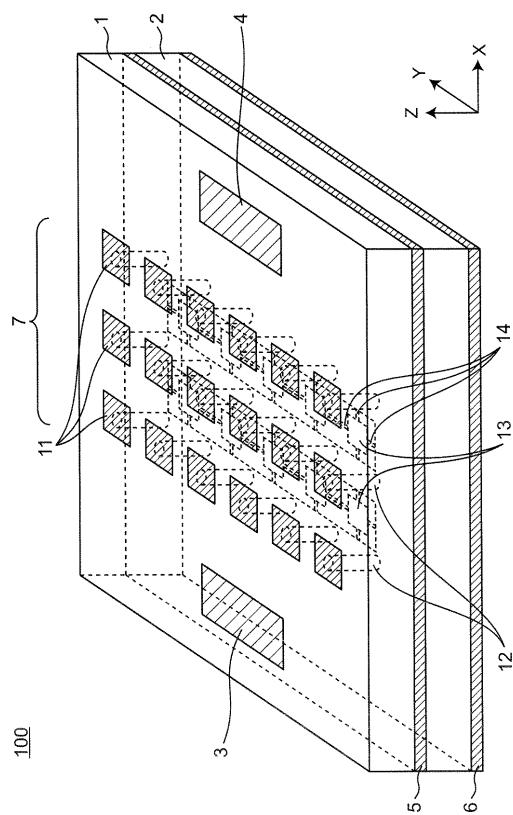
## 【符号の説明】

## 【0055】

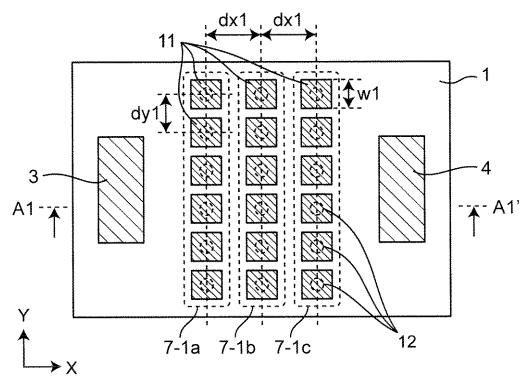
- 1, 2 ... 誘電体層、  
 3 ... アンテナ素子、  
 4 ... アンテナ素子、  
 5, 6 ... 接地導体、  
 7 ... EBG構造部、  
 7-1a, 7-1b, 7-1c, 7-2a, 7-2b ... EBGセグメント、  
 11 ... パッチ導体、  
 12 ... ピア導体、  
 13 ... パッチ導体、  
 14 ... スタブ導体、  
 15a, 15b ... スロット、  
 100, 101 ... アンテナ装置、  
 111 ... 無線通信回路、  
 112 ... 信号処理回路、  
 121 ... レーダ送受信回路、  
 122 ... 信号処理回路、  
 123 ... 表示装置。

10

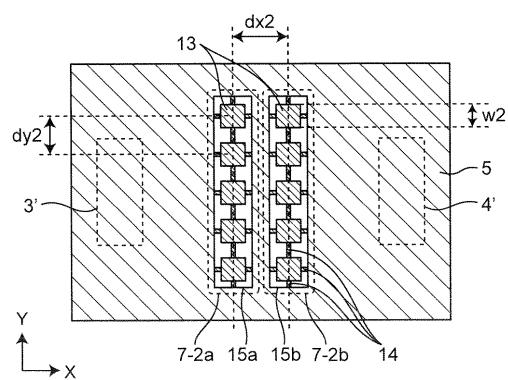
【図1】



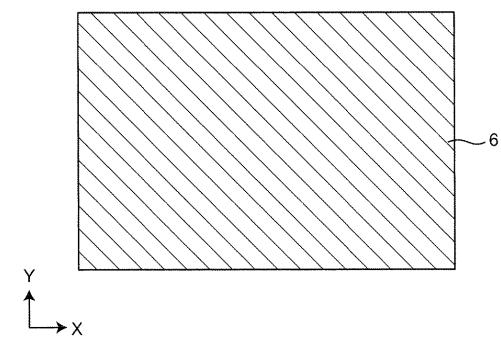
【図2】



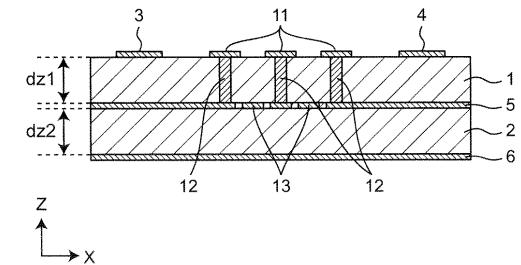
【図3】



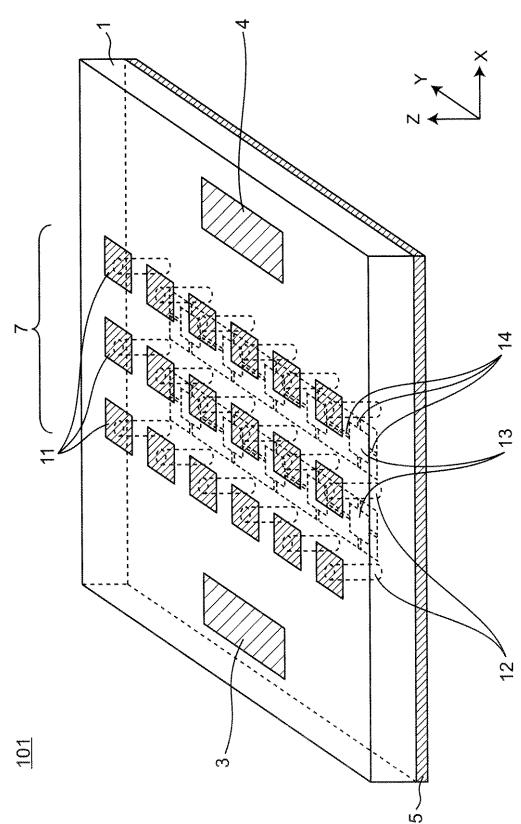
【図4】



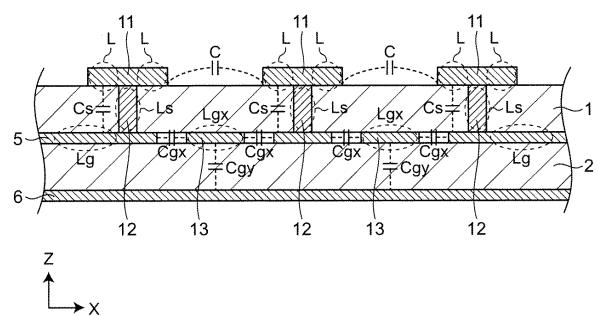
【図5】



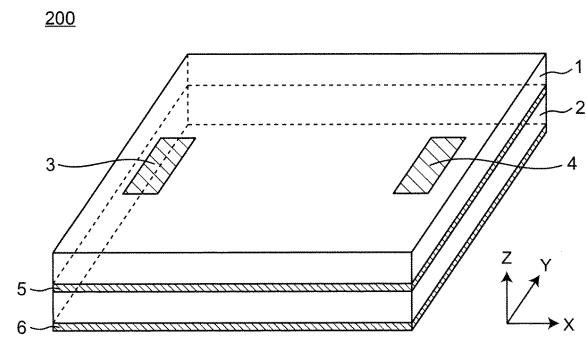
【図6】



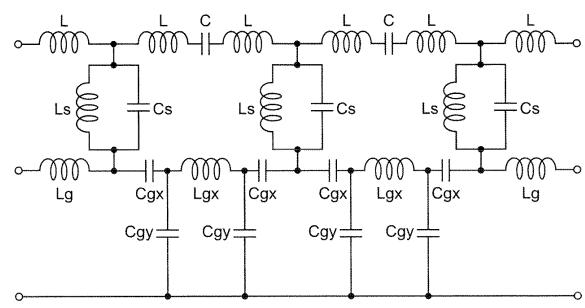
【図7】



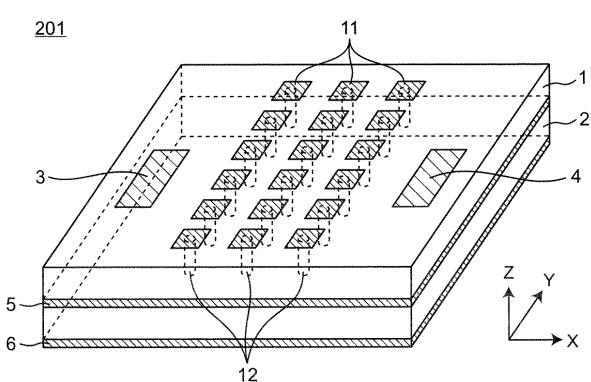
【図9】



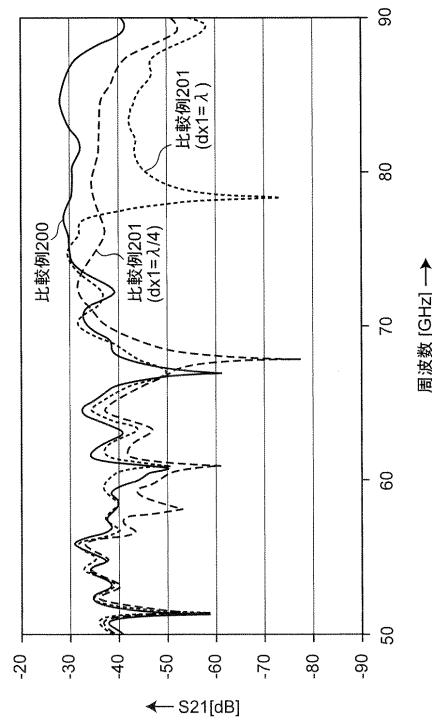
【図8】



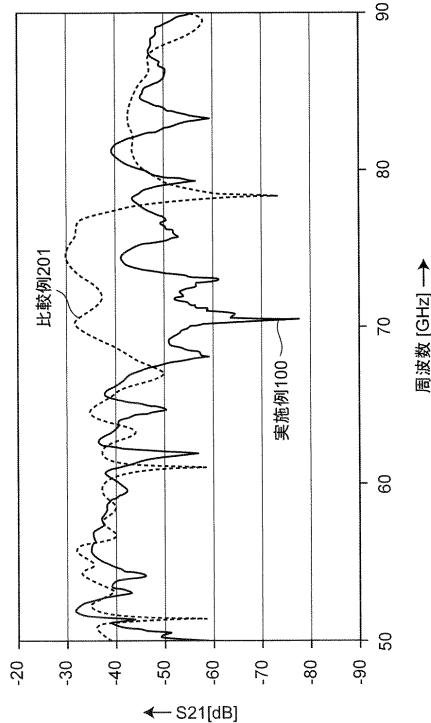
【図10】



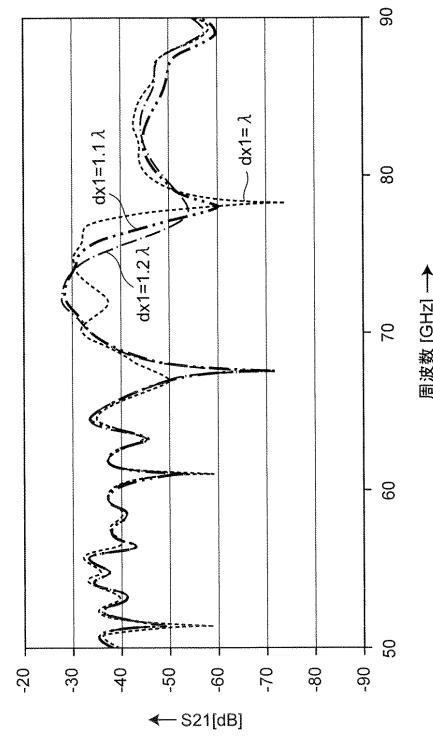
【図 1 1】



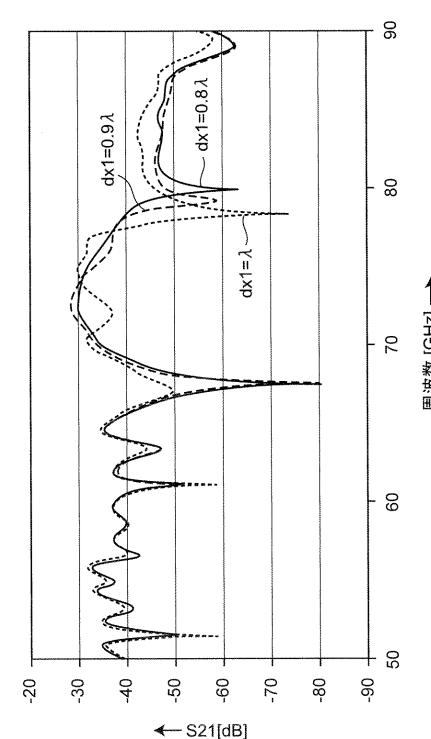
【図 1 2】



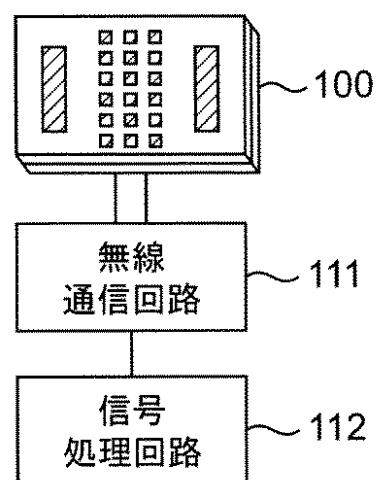
【図 1 3】



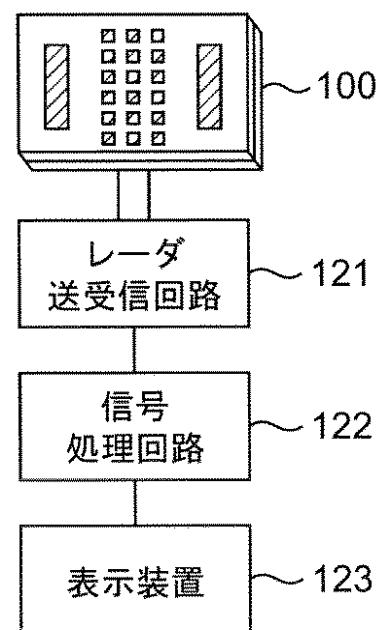
【図 1 4】



【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2007-243375(JP, A)

国際公開第2009/107684(WO, A1)

国際公開第2011/111297(WO, A1)

特開2010-028182(JP, A)

国際公開第2009/082003(WO, A1)

WONSANG CHOI ET.AL, Isolation enhancement between microstrip patch antennas using dual I-band EBG structure without common ground plane, ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM (APSURSI), 2012 IEEE, IEEE, 2012年, pages1-2

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 Q 1 / 52

G 01 S 7 / 03

H 01 Q 21 / 08