

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6440123号  
(P6440123)

(45) 発行日 平成30年12月19日 (2018. 12. 19)

(24) 登録日 平成30年11月30日 (2018. 11. 30)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 1 Q	1/42	(2006. 01)	HO 1 Q	1/42	
HO 1 Q	15/08	(2006. 01)	HO 1 Q	15/08	
GO 1 S	7/03	(2006. 01)	GO 1 S	7/03	2 4 6
			GO 1 S	7/03	2 1 2

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-102179 (P2015-102179)	(73) 特許権者	314012076
(22) 出願日	平成27年5月19日 (2015. 5. 19)		パナソニックIPマネジメント株式会社
(65) 公開番号	特開2016-219996 (P2016-219996A)		大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(43) 公開日	平成28年12月22日 (2016. 12. 22)	(74) 代理人	100081422
審査請求日	平成29年12月1日 (2017. 12. 1)		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
		審査官	橘 均憲

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】

アンテナ素子と、

前記アンテナ素子から放射されるメインローブの電波及びサイドローブの電波が通過するレドームと、を備えるアンテナ装置であって、

前記レドームは、

前記レドームを通過する前記メインローブの電波を集束する集束レンズ構造部と、

前記レドームを通過する前記サイドローブの電波を発散する発散レンズ構造部と、を備える、

アンテナ装置。

【請求項2】

前記集束レンズ構造部は、前記メインローブの半値角に含まれる方向に伝搬する電波が前記レドームを通過するメインローブ通過領域に形成される、

請求項1に記載のアンテナ装置。

【請求項3】

前記レドームは、前記レドームと自由空間との境界面であって前記アンテナ素子に近接した第1の面及び前記アンテナ素子から遠隔した第2の面を有し、

前記集束レンズ構造部の厚さは、前記アンテナ素子から放射されたメインローブの電波が前記第1の面により反射された第1のメインローブ反射波と、前記アンテナ素子から放射されたメインローブの電波が前記第1の面を通過して前記第2の面で反射されて再び前

記第 1 の面を通過した第 2 のメインローブ反射波との位相差が、実質的に逆位相になるように設定される、

請求項 1 又は 2 に記載のアンテナ装置。

【請求項 4】

前記集束レンズ構造部の厚さは、前記第 1 のメインローブ反射波と前記第 2 のメインローブ反射波との位相差が 0.9 ~ 1.1 の範囲内に設定される、

請求項 3 に記載のアンテナ装置。

【請求項 5】

前記発散レンズ構造部は、前記サイドローブの半値角に含まれる方向に伝搬する電波が前記レドームを通過するサイドローブ通過領域に形成される、

請求項 1 ~ 4 のうちの 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 6】

前記レドームは、前記レドームと自由空間との境界面であって前記アンテナ素子に近接した第 1 の面及び前記アンテナ素子から遠隔した第 2 の面を有し、

前記発散レンズ構造部の厚さは、前記アンテナ素子から放射されたサイドローブの電波が前記第 1 の面により反射された第 1 のサイドローブ反射波と、前記アンテナ素子から放射されたサイドローブの電波が前記第 1 の面を通過して前記第 2 の面で反射されて再び前記第 1 の面を通過した第 2 のサイドローブ反射波とが、実質的に同位相になるように設定される、

請求項 1 ~ 5 のうちの 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 7】

前記発散レンズ構造部の厚さは、前記第 1 のサイドローブ反射波と前記第 2 のサイドローブ反射波との位相差が 0.3 ~ 0.8 の範囲内に設定される、

請求項 6 に記載のアンテナ装置。

【請求項 8】

前記アンテナ装置はミリ波帯で動作する、

請求項 1 ~ 7 のうちの 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のうちの 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 10】

請求項 1 ~ 8 のうちの 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、レドームを備え、かつ、可変なメインローブ方向を有する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】

近年、特に、事故を未然に防ぐための予防安全技術への注目が高まり、高級車などでは、既に、76GHz帯のミリ波レーダ装置を使ったACC（車間距離制御システム）及びプリクラッシュセーフティシステム（プリクラッシュ）といったADAS（アドバンスト・ドライバー・アシスタンス・システム）が標準搭載されつつある。そのようなニーズの高まりを受けて、レーダ装置のための新たな周波数帯域（79GHz帯）の標準化が推進され、2015年度から利用可能となる見込みである。

【0003】

10

20

30

40

50

ミリ波レーダ装置とは、ミリ波の電波（レーダ波）を所望の方向に送信してその反射波を受信し、障害となりうる物体を予め検知するというものである。車載のミリ波レーダ装置において、レーダ波の送受信は、例えば、平面型のパッチアンテナ又は導波管に形成されたスロットアンテナを用いて行われるが、アンテナの設置場所としては、レーダ波を通過する自動車の非金属製の外装体のうち、必ず自動車の進行方向を向いているバンパーの内側が一般的である。また、一般的に、自動車のバンパーの内側は密閉された空間ではないので、雨及び埃などが侵入する。従って、アンテナを保護するために、アンテナが取り付けられた固定部において、その前方を塞ぐレドームを設ける必要がある。耐久性及び密封性を確保するためには、レドーム自体にもある程度の厚さや強度が必要になる。

【0004】

10

以上のように構成されたミリ波レーダ装置において、アンテナ素子から放射されたレーダ波は、レドームを通過して探査対象の物体に向けて放射され、探査対象の物体からの反射波は、再びレドームを通過してアンテナ素子に到達する。レドームを通過する際、レドーム及び空気層の波動インピーダンスの差異から、レーダ波の一部がレドームの内側の面（アンテナ素子に近接した面）及び外側の面（アンテナ素子から遠隔した面）で反射する。レドームによる反射波は、レーダ波のビームパターンに影響し、アンテナ利得の低下及びサイドローブレベルの増大を誘発する。かかる問題を解決するために、特許文献1及び2において、レドーム中におけるレーダ波の経路の電気長に基づいてレドームの厚さを決定する方法が提案されている。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第4065268号公報

【特許文献2】特許第3419675号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1及び2の方法は、レーダ波のメインローブ方向が固定されている場合には有効であるが、レーダ波のメインローブ方向を変化させる場合には成り立なくなる。これは、レドームに入射するレーダ波の角度によって、レドーム中におけるレーダ波の経路の電気長が変化するからである。従って、レーダ波のメインローブの傾斜を大きくすると、特許文献1及び2の方法により決定された厚さを有するレドームでは、レドームの反射損を抑制することは困難である。

30

【0007】

従って、可変なメインローブ方向を有するアンテナ装置であっても、レドームに起因するアンテナ利得の低下及びサイドローブレベルの増大を防止することが求められる。

【0008】

本開示の目的は、以上の課題を解決し、可変なメインローブ方向を有するアンテナ装置において、レドームに起因するアンテナ利得の低下及びサイドローブレベルの増大を防止することができるアンテナ装置を提供することにある。

40

【0009】

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】

【0010】

本開示の態様に係るアンテナ装置は、

アンテナ素子と、

前記アンテナ素子から放射されるメインローブの電波及びサイドローブの電波が通過するレドームと、を備えるアンテナ装置であって、

前記レドームは、

50

前記レドームを通過する前記メインローブの電波を集束する集束レンズ構造部と、前記レドームを通過する前記サイドローブの電波を発散する発散レンズ構造部と、を備える。

【発明の効果】

【0011】

本開示の一態様に係るアンテナ装置によれば、可変なメインローブ方向を有するアンテナ装置において、レドームに起因するアンテナ利得の低下及びサイドローブレベルの増大を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1の実施形態に係るアンテナ装置10の構成を示す断面図である。

【図2】図1のレドーム1の詳細構成を示す断面図である。

【図3】図1のアンテナ素子2及びアンテナ回路4の詳細構成を示すブロック図である。

【図4】図1のレドーム1による反射損を低減させる第1の方法を説明する図である。

【図5】比較例に係るレドーム1'による反射損の発生を説明する図である。

【図6】図1のレドーム1による反射損を低減させる第2の方法を説明する図である。

【図7】第1の実施形態の実施例に係るアンテナ装置10及び比較例のアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、仰角の傾斜に対するメインローブの利得を示すグラフである。

【図8】第1の実施形態の実施例に係るアンテナ装置10及び比較例のアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、仰角の傾斜に対するサイドローブの利得を示すグラフである。

【図9】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10】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。

【発明を実施するための形態】

【0013】

第1の実施形態 .

以下、図面を参照しながら、第1の実施形態に係るアンテナ装置について説明する。

【0014】

図1は、第1の実施形態に係るアンテナ装置10の構成を示す断面図である。図2は、図1のレドーム1の詳細構成を示す断面図である。図3は、図1のアンテナ素子2及びアンテナ回路4の詳細構成を示すブロック図である。アンテナ装置10は、例えば、車載用のミリ波レーダ装置のためのアンテナ装置である。

【0015】

図1のアンテナ装置10は、所定方向にメインローブを有するアンテナ素子2と、アンテナ素子2のメインローブ及びサイドローブの電波が通過するように設けられたレドーム1とを備える。図2に示すように、レドーム1は、レドーム1を通過するメインローブの電波を集束する集束レンズ構造部11と、レドーム1を通過するサイドローブの電波を発散する発散レンズ構造部12、13とを備える。

【0016】

アンテナ装置10はアンテナ基板3を含み、例えば、アンテナ基板3の上面上にはアンテナ素子2が形成され、その下面上にはアンテナ回路4が搭載される。図3に示すように、アンテナ素子2は、例えばアンテナ素子部分2a、2bを含む2給電アンテナであり、アンテナ回路4は、例えば移相器4a、4b及びビーム操向回路4cを含む。ビーム操向回路4cが移相器4a、4bの移相量を変化させることにより、アンテナ素子2は、例えば図1のYZ平面内において、±数度（例えば±2度）の範囲でメインローブ方向を変化させることができる。

【0017】

アンテナ回路4は、例えばシステムLSIなどの集積回路であってもよい。

【0018】

10

20

30

40

50

アンテナ装置10は、例えば、50～60GHzの範囲内のミリ波帯又は準ミリ波帯で動作する。アンテナ装置10は、レーダ波を送受信してもよく、また、他の無線信号の送信及び受信の一方又は両方を行ってもよい。

【0019】

図1に示すように、筐体6は枠部6a及び底部6bを含む。底部6bは、その上面から下面に貫通する開口部6cを有し、枠部6aは、開口部6cを囲むように底部6bの上面に設けられる。底部6bの上面にアンテナ基板3が設けられる。具体的には、アンテナ基板3の下面に搭載されたアンテナ回路4が開口部6c内に位置するように、アンテナ基板3の下面の外周部分が底部6bの上面の開口部6cの周囲に固定される。枠部6aは、アンテナ基板3を囲むように、底部6bの上面に、例えばネジ9により固定される。

10

【0020】

また、アンテナ基板3の保護及びアンテナ回路4の放熱のために、ヒートシンク5が、底部6bの下面において、開口部6cを塞ぎ且つアンテナ回路4に接触するように設けられる。ヒートシンク5は、底部6bの下面に、例えばネジ9により固定される。さらに、アンテナ基板3を保護するために、レドーム1が、アンテナ素子2の正面（放射方向）にアンテナ素子2から所定の距離だけ隔てた位置において、ゴムなどの固定部材7により枠部6aに取り付けられる。さらに、例えば固定部材7及びレドーム1の間の少なくとも一部に、電波吸収体8が設けられる。

【0021】

以上のようにして、アンテナ基板3は、筐体6と、筐体6の底部6bの下面で開口部6cを塞ぐヒートシンク5と、アンテナ素子2の正面を覆うレドーム1とにより形成された密閉空間（アンテナ保護空間ともいう。）内に設けられて保護される。車載用のレーダ装置に用いられるアンテナ装置10は、降雨又は降雪などの悪天候下で使用されたり、走行中に小石の衝突等の物理的な衝撃に曝されたりするなど、厳しい外部環境に耐えうることが必要とされる。従って、アンテナ基板3を保護する筐体6及びレドーム1等には、粉塵の進入を防ぐ密封性に加え、一定以上の機械的強度が求められる。なお、本明細書において、密封性は、自動車に搭載されたときに水分及び粉塵等の進入を防ぐことができればよく、例えば、真空状態を維持するような気密性までは必ずしも必要ない。

20

【0022】

アンテナ素子2から放射される電波がアンテナ素子2の正面を覆うレドーム1を通過するので、レドーム1の反射損を極力減らす必要がある。そこで、第1の実施形態に係るアンテナ装置10では、レドーム1は、図2に示すように、送受信される電波が通過するように設けられた集束レンズ構造部11と、送受信される電波が発散及び反射するように設けられた発散レンズ構造部12, 13とを有している。以下、図4及び図5を参照して、集束レンズ構造部11及び発散レンズ構造部12, 13を用いて反射損を低減させる方法を説明する

30

【0023】

図4は、図1のレドーム1による反射損を低減させる第1の方法を説明する図である。集束レンズ構造部11は、アンテナ素子2から放射される電波のメインローブ21の実質的に大部分が通過するようなレドーム1の領域に形成される。一方、発散レンズ構造部12, 13は、アンテナ素子2から放射される電波の第1サイドローブ22, 23（メインローブの次に大きいローブ）の実質的に大部分が通過するようなレドーム1の領域に形成される。第1サイドローブ22, 23は、例えば、メインローブ21に対して10～20度の角度を有する。集束レンズ構造部11及び発散レンズ構造部12, 13を形成するレドーム1の領域は、具体的には、アンテナ素子2の指向性を考慮して決定される。集束レンズ構造部11は、例えば、メインローブの半値角に含まれる方向に伝搬する電波が通過するレドーム1の領域（メインローブ通過領域）に形成される。発散レンズ構造部12, 13は、例えば、サイドローブの半値角に含まれる方向に伝搬する電波が通過するレドーム1の領域（サイドローブ通過領域）に形成される。

40

【0024】

50

メインローブ通過領域及びサイドローブ通過領域は、メインローブ方向をアンテナ素子 2 の正面から変化させたときにも、メインローブ 2 1 の実質的に大部分及び第 1 サイドローブ 2 2 , 2 3 の実質的に大部分がそれぞれ通過するように形成される。

【 0 0 2 5 】

集束レンズ構造部 1 1 は、アンテナ素子 2 によりメインローブ方向に送受信される電波を集束することにより、メインローブの利得を向上することができる。一方、発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 は、アンテナ素子 2 によりサイドローブ方向に送受信される電波を発散することにより、サイドローブレベルの増大を防止することができる。

【 0 0 2 6 】

アンテナ装置 1 0 は、集束レンズ構造部 1 1 及び発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 を備えたことにより、メインローブ方向をアンテナ素子 2 の正面から変化させたときにも、メインローブの利得を向上し、サイドローブレベルの増大を防止することができる。

10

【 0 0 2 7 】

図 5 は、比較例に係るレドーム 1 ' による反射損の発生を説明する図である。レドーム 1 ' が図 2 のような集束レンズ構造部 1 1 及び発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 を持たない場合、特許文献 1 及び 2 のようにレドーム 1 ' 中におけるメインローブ 2 1 ' の電波の経路の電気長に基づいてメインローブ通過領域の厚さ D を決定すると、第 1 サイドローブの伝搬経路長  $L 1 ' , L 2 ' , L 3 '$  が成り立つので、メインローブ 2 1 ' の電波だけでなく第 1 サイドローブ 2 2 ' 及び 2 3 ' の電波もほぼ反射なく通過し、サイドローブレベルが増大する。また、図 5 のレドーム 1 ' では、メインローブの傾斜を大きくするとレドーム 1 ' の反射損を抑制することは困難になる。

20

【 0 0 2 8 】

以上説明したように、第 1 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 では、集束レンズ構造部 1 1 をレドーム 1 に設けることにより、メインローブ 2 1 の電波を集束し、これにより、ビームパターンが絞られてアンテナ利得が向上する。また、発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 をレドーム 1 に設けることにより、第 1 サイドローブ 2 2 , 2 3 の電波を発散し、メインローブ方向をアンテナ素子 2 の正面から変化させたときにも、サイドローブレベルの増大を抑制できる。

【 0 0 2 9 】

次に、図 6 を参照しながら、反射損を減少させるもう 1 つの方法を説明する。図 6 は、図 1 のレドーム 1 による反射損を低減させる第 2 の方法を説明する図である。

30

【 0 0 3 0 】

図 6 に示すように、レドーム 1 は、アンテナ素子 2 (又は、アンテナ基板 3 上にアンテナ素子 2 が形成された面) に平行に対向するように設けられる。レドーム 1 は、レドーム 1 と自由空間との境界面である第 1 の面 1 a 及び第 2 の面 1 b を有する。アンテナ素子 2 から放射された電波は第 1 の面 1 a 及び第 2 の面 1 b を順に通過する。

【 0 0 3 1 】

ここで、レドーム 1 は例えば合成樹脂からなり、当該合成樹脂の各パラメータを、比誘電率  $\epsilon$ 、管内波長  $\lambda$ 、厚さ  $D 1 , D 2$ 、波数  $k (= 2 \pi / \lambda)$  とする。ここで、管内波長  $\lambda$  は、真空中の波長を  $\lambda_0$  であるとする、  $\lambda = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon}$  で与えられる。またアンテナ素子 2 から放射される電波に対する反射係数はいずれも  $R$  であるとする。

40

【 0 0 3 2 】

次に、第 1 の面 1 a 及び第 2 の面 1 b に起因する反射波について考える。アンテナ素子 2 から電波が放射されたとき、第 1 の面 1 a における第 1 の反射波と第 2 の面 1 b における第 2 の反射波とは、合成されてアンテナ素子 2 に再入射される。ゆえに、第 1 の反射波と第 2 の反射波とが逆位相 (位相差  $\pi$ ) で合成されるようにすれば、理論上、反射波の影響はゼロになる。以下、このことを、図 4 ~ 図 6 を参照しながらより具体的に説明する。

【 0 0 3 3 】

まず、アンテナ素子 2 から放射された平面波  $E_i$  が第 1 の面 1 a からレドーム 1 に垂直に入射する場合、レドーム 1 及び空気の波動インピーダンスが異なるので、平面波  $E_i$  の

50

一部が反射される。この第1の面1aで反射される第1の反射波 $E_{r1}$ は、次式で表される。

【0034】

$$E_{r1} = E_i \cdot \dots\dots (1)$$

【0035】

また、平面波 $E_i$ が第1の面1aからレドーム1に垂直に入射してレドーム1内部を伝搬する透過成分 $E_{t1}$ は、次式で表される。

【0036】

$$E_{t1} = E_i \cdot (1 - |\dots|^2)^{1/2} \dots\dots (2)$$

【0037】

透過成分 $E_{t1}$ が第2の面1bに到達すると、第2の面1bでは誘電率が不連続に変化するので、透過成分 $E_{t1}$ の一部が反射される。この第2の面1bで反射される第2の反射波 $E_{r2}$ がレドーム1内部を伝搬し、第1の面1aに到達した時、その第2の反射波 $E_{r2}$ は次式で表される。

【0038】

$$E_{r2} = -E_i \cdot \dots \cdot (1 - |\dots|^2)^{1/2} \cdot e^{-2j} \dots\dots$$

【0039】

ここで、 $|\dots|^2 = 1$ が成り立つとすると、第2の反射波 $E_{r2}$ は次式で近似される。

【0040】

$$E_{r2} \approx -E_i \cdot \dots \cdot e^{-2j} \dots\dots (3)$$

【0041】

ただし、式(3)において、レドーム1中における電波の経路の電気長は、次式で表される。

【0042】

$$= k \cdot D$$

【0043】

よって、レドーム1の第1の面1aにおける合成反射波 $E_r$ は、次式で表される。

【0044】

$$E_r = E_{r1} + E_{r2} = E_i \cdot \dots \cdot (1 - e^{-2j} \dots) \dots\dots (4)$$

【0045】

この式(4)から明らかなように、 $e^{-2j}$ が-1になるとき、すなわち電気長が $\pi/4$ ( $\pi/2$ )の奇数倍になるとき、反射波 $E_{r1}$ 及び $E_{r2}$ が同位相で合成され、合成反射波 $E_r$ は最大になる。

【0046】

また、 $e^{-2j}$ が+1になるとき、すなわち $\pi/2$ ( $\pi$ )の整数倍になるとき、 $(1 - e^{-2j} \dots) = 0$ となり、合成反射波 $E_r$ が最小化される。

【0047】

アンテナ装置10の利得を向上するためには、通常、第1の反射波 $E_{r1}$ と第2の反射波 $E_{r2}$ とが同位相で合成されないようにレドーム1の厚さ $D_1$ を設定する。特に、レドーム1中における電波の経路の電気長が $\pi/2$ の整数倍となるように、レドーム1の厚さ $D_1$ を設定し、このとき、第1の反射波 $E_{r1}$ と第2の反射波 $E_{r2}$ との合成反射波 $E_r$ が最小化される。

【0048】

しかしながら、メインローブ21及び第1サイドローブ22, 23を含むアンテナ素子2の全放射範囲にわたってレドーム1中における電波の経路の電気長が均一に $\pi/2$ の整数倍となるようにレドーム1の厚さ $D_1$ を設定すると、メインローブ21の合成反射波 $E_r$ だけでなく、第1サイドローブ22, 23の合成反射波 $E_r$ も最小化され、サイドローブレベルが増大する。また、メインローブ方向をアンテナ素子2の正面から変化させたときは、電波の伝搬経路が変化するのでその物理長及び電気長も変化する。従って、メインローブ方向をアンテナ素子2の正面から変化させたとき、電気長が均一に $\pi/2$ の

10

20

30

40

50

整数倍となるようにレドーム 1 の厚さ  $D_1$  を設定する構造では、合成反射波  $E_r$  が最小化されなくなる。

【0049】

従って、第 1 の実施形態におけるレドーム 1 では、集束レンズ構造部 11 及び発散レンズ構造部 12, 13 は以下のように構成される。集束レンズ構造部 11 の厚さ  $D_1$  は、アンテナ素子 2 から放射された電波が第 1 の面 1a により反射された第 1 の反射波  $E_{r1}$  と、アンテナ素子 2 から放射された電波が第 1 の面 1a を通過して第 2 の面 1b で反射されて再び第 1 の面 1a を通過した第 2 の反射波  $E_{r2}$  とが、実質的に逆位相になるように設定される。このため、集束レンズ構造部 11 の厚さ  $D_1$  (すなわち、メインローブ通過領域における電波の経路長  $L_1$ ) は、例えば、メインローブ通過領域における電波の経路の電気長が  $\lambda/2$  の整数倍に近い値となるように設定される。発散レンズ構造部 12, 13 の厚さ  $D_2$  は、アンテナ素子 2 から放射された電波が第 1 の面 1a により反射された第 1 の反射波  $E_{r1}$  と、アンテナ素子 2 から放射された電波が第 1 の面 1a を通過して第 2 の面 1b で反射されて再び第 1 の面 1a を通過した第 2 の反射波  $E_{r2}$  とが、実質的に同位相になるように設定される。このため、発散レンズ構造部 12, 13 の厚さ  $D_2$  (すなわち、サイドローブ通過領域における電波の経路長  $L_{21}$ ,  $L_{31}$ ) は、例えば、サイドローブ通過領域における電波の経路の電気長が  $\lambda/4$  ( $\lambda/2$ ) の奇数倍に近い値となるように設定される。

10

【0050】

この条件において、式 (4) の合成反射波  $E_r$  は、メインローブ 21 では次式を満たす。

20

【0051】

$$\begin{aligned} E_r &= E_{r1} + E_{r2} \\ &= E_i \cdot \left( 1 - e^{-2j} \right) \\ &= E_i \cdot (1 - 1) \\ &= 0 \dots \dots (5) \end{aligned}$$

【0052】

また、この条件において、式 (4) の合成反射波  $E_r$  は、第 1 サイドローブ 22, 23 では次式を満たす。

【0053】

$$\begin{aligned} E_r &= E_{r1} + E_{r2} \\ &= E_i \cdot \left( 1 - e^{-2j} \right) \\ &= E_i \cdot (1 + 1) \\ &= 2 \cdot E_i \cdot \dots \dots (6) \end{aligned}$$

30

【0054】

これにより、メインローブ通過領域では反射損ゼロになり、第 1 サイドローブ通過領域では全反射になるという理想的な状態を実現できる。

【0055】

集束レンズ構造部 11 の厚さ  $D_1$  は、第 1 の反射波と第 2 の反射波との位相差が  $0.9 \sim 1.1$  の範囲内にあるように設定されてもよい。発散レンズ構造部 12, 13 の厚さ  $D_2$  は、第 1 の反射波と第 2 の反射波との位相差が  $0.3 \sim 0.8$  の範囲内にあるように設定されてもよい。

40

【0056】

以上に説明した内容に基づき、レドーム 1 の反射損及び吸収損を低減するための具体的な構成について説明する。

【0057】

以上の説明から明らかなように、原理的には、集束レンズ構造部 11 は、メインローブ通過領域における電波の経路の電気長が  $\lambda/2$  の整数倍に近い値となるように構成され、発散レンズ構造部 12, 13 は、サイドローブ通過領域における電波の経路の電気長が  $\lambda/4$  ( $\lambda/2$ ) の奇数倍に近い値となるように構成される。これにより、メインロー

50



ブ 2 1 の反射損を小さく且つ第 1 サイドローブ 2 2 , 2 3 の反射損を大きくすることができる。また、集束レンズ構造部 1 1 及び発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 による屈折効果により、メインローブ 2 1 は集束し、第 1 サイドローブ 2 2 , 2 3 は発散する。従って、アンテナ利得の向上と、第 1 サイドローブ 2 2 , 2 3 のレベルのさらなる低下とが見込まれる。

【 0 0 5 8 】

以上の思想に基づき、レドーム 1 は、放射される電波のメインローブ 2 1 を集束し、ビームパターンを絞る集束レンズ構造部 1 1 と、サイドローブのビームパターンを発散する発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 とを具備し、集束レンズ構造部 1 1 はメインローブ通過領域に形成され、発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 はサイドローブ通過領域に形成される。

10

【 0 0 5 9 】

次に、図 7 及び図 8 を参照して、図 1 のアンテナ装置 1 0 のシミュレーション結果について説明する。

【 0 0 6 0 】

図 7 は、第 1 の実施形態の実施例に係るアンテナ装置 1 0 及び比較例のアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、仰角の傾斜に対するメインローブの利得を示すグラフである。図 8 は、第 1 の実施形態の実施例に係るアンテナ装置 1 0 及び比較例のアンテナ装置に係るシミュレーション結果であって、仰角の傾斜に対するサイドローブの利得を示すグラフである。図 7 及び図 8 は、図 1 の Z 軸に平行な方向を 0 度のメインローブ方向に設定し、Y Z 面内において ± 4 度 ( 仰角 ) の範囲でメインローブ方向を変化させた場合を示す。

20

【 0 0 6 1 】

第 1 の実施形態の実施例に係るアンテナ装置 1 0 ( 図 7 及び図 8 において「実施例」として示す ) は、厚さ 1 . 2 mm の集束レンズ構造部 1 1 と、厚さ 0 . 8 mm の発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 とを備えるレドーム 1 を備えるものであった。このシミュレーションでは、集束レンズ構造部 1 1 を通過するメインローブ 2 1 の電波の経路の電気長を  $\lambda / 2$  ( ) になるように設定し、また、発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 を通過する第 1 サイドローブ 2 2 , 2 3 の電波の経路の電気長を  $\lambda / 4$  (  $\lambda / 2$  ) の奇数倍に近い値となるように設定した。比較例のアンテナ装置は、均一の厚さ 1 . 2 mm を有するレドーム 1 ' を備えるものであった。また、レドーム 1 及び 1 ' を構成する材料の比誘電率を 3 . 0 とした。

30

【 0 0 6 2 】

図 7 を参照すると、仰角の傾斜が 0 度であるときのメインローブの利得は、比較例のアンテナ装置では 1 4 . 6 d B i であったのに対して、実施例のアンテナ装置 1 0 では 1 5 . 1 d B i であり、実施例により 0 . 5 d B の性能向上が得られた。

【 0 0 6 3 】

図 8 を参照すると、仰角の傾斜が 0 度であるときのサイドローブの利得 ( Y Z 面における第 1 サイドローブレベル ) は、比較例のアンテナ装置では - 1 7 . 5 d B であったのに対して、実施例のアンテナ装置 1 0 では - 1 9 . 1 d B であり、1 . 5 d B の性能向上が得られた。

40

【 0 0 6 4 】

図 7 及び図 8 によれば、メインローブ方向を変化させた場合にも、実施例のアンテナ装置 1 0 は、比較例のアンテナ装置よりも向上した性能を有することがわかる。

【 0 0 6 5 】

本シミュレーション結果よれば、集束レンズ構造部 1 1 及び発散レンズ構造部 1 2 , 1 3 を設けたレドーム 1 を用いることがアンテナ特性の向上に有効であることが確認できた。

【 0 0 6 6 】

50

ここで、第 1 の実施形態では、上面にアンテナ素子 2 が形成されたアンテナ基板 3 を用いて構成したが、本開示の実施形態に係るアンテナ装置はこれに限定されるものではなく、種々のアンテナ構造を採用することができる。

【 0 0 6 7 】

第 2 の実施形態 .

図 9 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 9 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 と、無線通信回路 3 1 と、信号処理回路 3 2 とを備える。無線通信回路 3 1 は、信号処理回路 3 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 から放射し、アンテナ装置 1 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 3 2 に送る。

10

【 0 0 6 8 】

第 3 の実施形態 .

図 1 0 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 0 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 と、レーダ送受信回路 4 1 と、信号処理回路 4 2 と、表示装置 4 3 とを備える。レーダ送受信回路 4 1 は、信号処理回路 4 2 の制御下でレーダ波をアンテナ装置 1 0 から放射し、目標物で反射されてアンテナ装置 1 0 に入射したレーダ波を受信する。信号処理回路 4 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 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 4 3 に表示する。

【 0 0 6 9 】

20

アンテナ装置 1 0 のアンテナ回路 4 が集積回路である場合、第 2 及び第 3 の実施形態において、無線通信回路 3 1、信号処理回路 3 2、レーダ送受信回路 4 1、信号処理回路 4 2、及び表示装置 4 3 の少なくとも一部は、アンテナ装置 1 0 のアンテナ回路 4 と一体化されていてもよい。

【 0 0 7 0 】

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、以下の構成を備える。

【 0 0 7 1 】

第 1 の態様に係るアンテナ装置は、  
 所定方向にメインローブを有するアンテナ素子と、  
 前記アンテナ素子のメインローブ及びサイドローブの電波が通過するように設けられたレドームとを備えるアンテナ装置であって、  
 前記レドームは、  
 前記レドームを通過する前記メインローブの電波を集束する集束レンズ構造部と、  
 前記レドームを通過する前記サイドローブの電波を発散する発散レンズ構造部とを備える。

30

【 0 0 7 2 】

第 2 の態様に係るアンテナ装置によれば、第 1 の態様に係るアンテナにおいて、  
 前記集束レンズ構造部は、前記メインローブの半値角に含まれる方向に伝搬する電波が通過する前記レドームの領域に形成される。

40

【 0 0 7 3 】

第 3 の態様に係るアンテナ装置によれば、第 1 又は第 2 の態様に係るアンテナにおいて、  
 前記レドームは、前記レドームと自由空間との境界面である第 1 の面及び第 2 の面を有し、前記アンテナ素子から放射された電波は前記第 1 の面及び前記第 2 の面を順に通過し、  
 前記集束レンズ構造部の厚さは、前記アンテナ素子から放射された電波が前記第 1 の面により反射された第 1 の反射波と、前記アンテナ素子から放射された電波が前記第 1 の面を通過して前記第 2 の面で反射されて再び前記第 1 の面を通過した第 2 の反射波とが、実質的に逆位相になるように設定される。

50

## 【 0 0 7 4 】

第4の態様に係るアンテナ装置によれば、第3の態様に係るアンテナにおいて、前記集束レンズ構造部の厚さは、前記第1の反射波と前記第2の反射波との位相差が  $0.9 \sim 1.1$  の範囲内にあるように設定される。

## 【 0 0 7 5 】

第5の態様に係るアンテナ装置によれば、第1～第4のうちの1つの態様に係るアンテナにおいて、

前記発散レンズ構造部は、前記サイドローブの半値角に含まれる方向に伝搬する電波が通過する前記レドームの領域に形成される。

## 【 0 0 7 6 】

第6の態様に係るアンテナ装置によれば、第1～第5のうちの1つの態様に係るアンテナにおいて、

前記レドームは、前記レドームと自由空間との境界面である第1の面及び第2の面を有し、前記アンテナ素子から放射された電波は前記第1の面及び前記第2の面を順に通過し、

前記発散レンズ構造部の厚さは、前記アンテナ素子から放射された電波が前記第1の面により反射された第1の反射波と、前記アンテナ素子から放射された電波が前記第1の面を通過して前記第2の面で反射されて再び前記第1の面を通過した第2の反射波とが、実質的に同位相になるように設定される。

## 【 0 0 7 7 】

第7の態様に係るアンテナ装置によれば、第6の態様に係るアンテナにおいて、

前記発散レンズ構造部の厚さは、前記第1の反射波と前記第2の反射波との位相差が  $0.3 \sim 0.8$  の範囲内にあるように設定される。

## 【 0 0 7 8 】

第8の態様に係るアンテナ装置によれば、第1～第7のうちの1つの態様に係るアンテナにおいて、

前記アンテナ装置はミリ波帯で動作する。

## 【 0 0 7 9 】

第9の態様に係る無線通信装置は、

第1～第8のうちの1つの態様に係るアンテナと、無線通信回路とを備える。

## 【 0 0 8 0 】

第10の態様に係るレーダ装置は、

第1～第8のうちの1つの態様に係るアンテナと、レーダ送受信回路とを備える。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 8 1 】

ミリ波アンテナ装置は、例えば車載レーダ装置に使用される。この車載レーダ装置は、移動体である車両に搭載され、例えば、前方を走行する移動体などの障害物の方位、相対距離、相対速度などを検出する。

## 【 0 0 8 2 】

以上の実施形態では、本開示に係るアンテナ装置を用いて車載レーダ装置を構成する例を示したが、本開示に係るアンテナ装置は、これに限定されるものではなく、ミリ波無線通信装置などにも応用展開可能である。

## 【 0 0 8 3 】

本開示に係るアンテナ装置は、車載レーダ装置をはじめ、WiGig規格に基づく短距離高速デジタル無線伝送、IEEE 802.11ad規格に基づく無線LAN、もしくは非圧縮HD-TV映像伝送などのミリ波無線通信装置にも搭載することができ、種々の用途に利用できる。

## 【 符号の説明 】

10

20

30

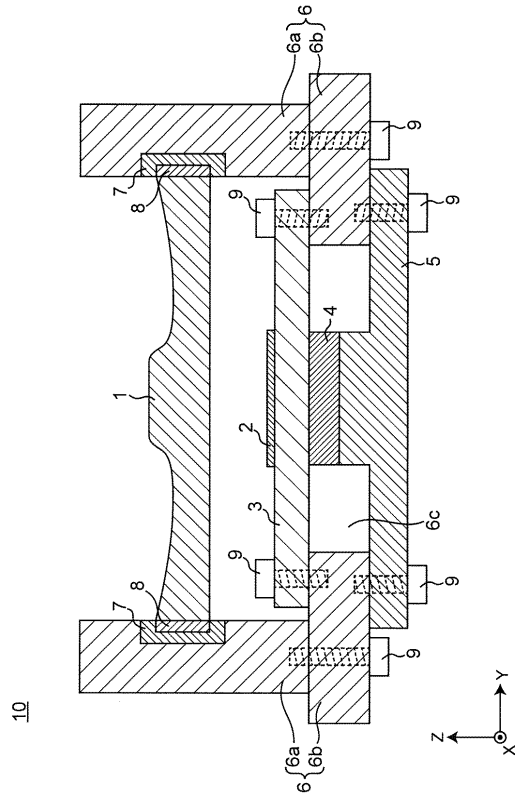
40

50

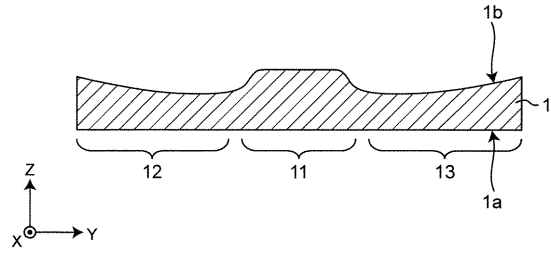
## 【 0 0 8 4 】

- 1 ... レドーム、
- 2 ... アンテナ素子、
- 2 a , 2 b ... アンテナ素子部分、
- 3 ... アンテナ基板、
- 4 ... アンテナ回路、
- 4 a , 4 b ... 移相器、
- 4 c ... ビーム操向回路、
- 5 ... ヒートシンク、
- 6 ... 筐体、 10
- 6 a ... 枠部、
- 6 b ... 底部、
- 6 c ... 開口部、
- 7 ... 固定部材、
- 8 ... 電波吸収体、
- 9 ... ネジ、
- 1 0 ... アンテナ装置、
- 1 1 ... 集束レンズ構造部、
- 1 2 , 1 3 ... 発散レンズ構造部、
- 2 1 ... メインローブ、 20
- 2 2 , 2 3 ... 第1サイドローブ、
- 3 1 ... 無線通信回路、
- 3 2 ... 信号処理回路、
- 4 1 ... レーダ送受信回路、
- 4 2 ... 信号処理回路、
- 4 3 ... 表示装置。

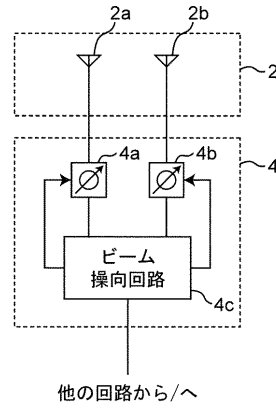
【図1】



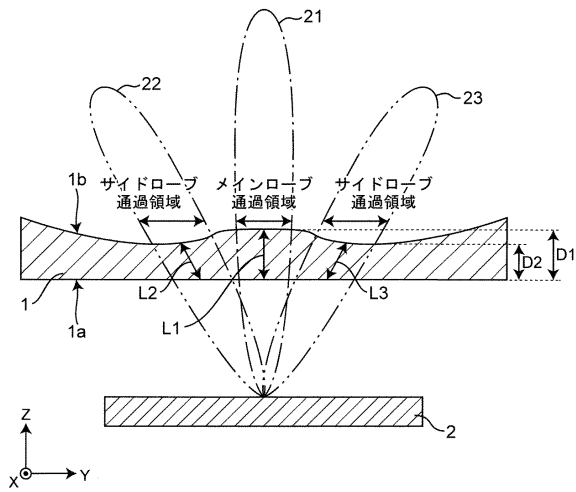
【図2】



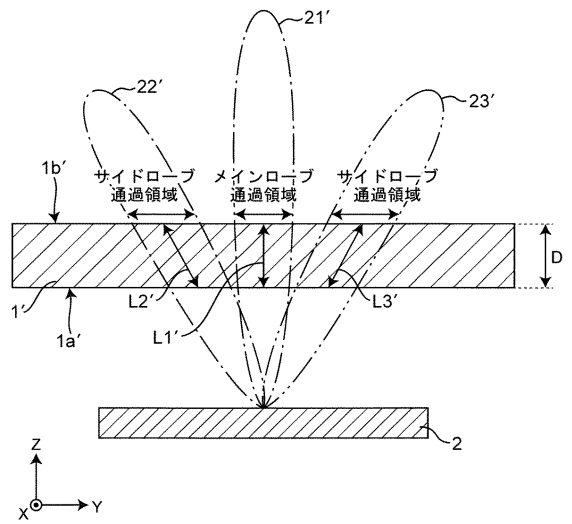
【図3】



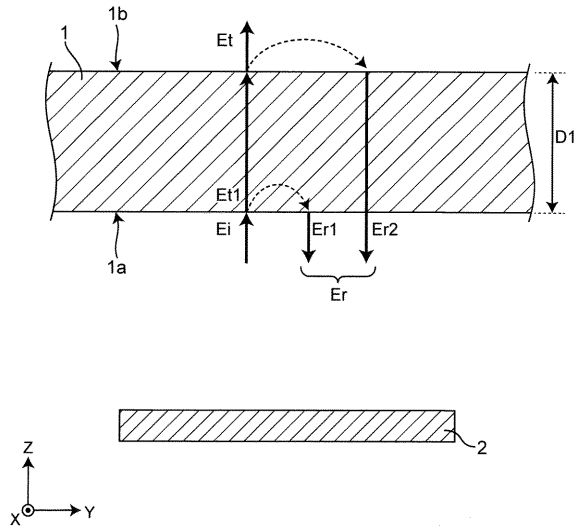
【図4】



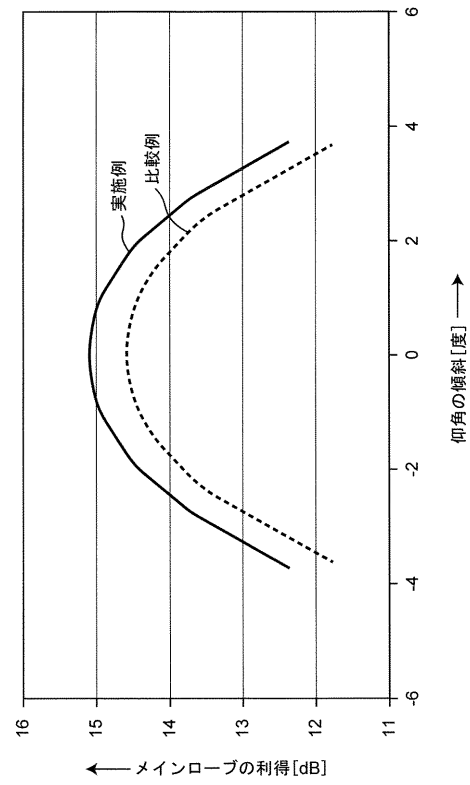
【図5】



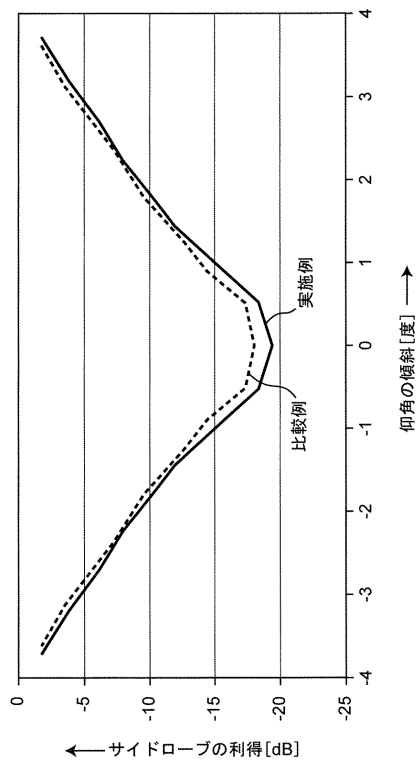
【図6】



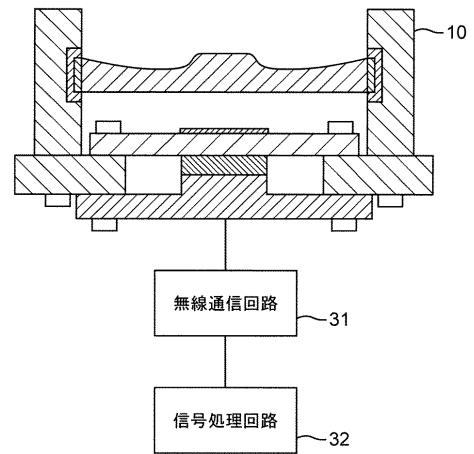
【図7】



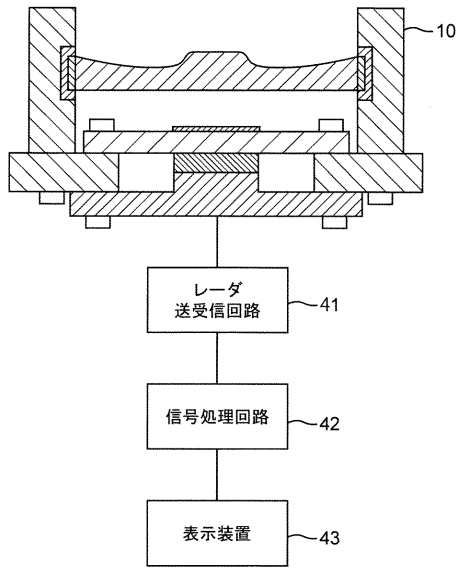
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-127523(JP,A)  
特開平11-004118(JP,A)  
特開2005-142913(JP,A)  
特開2000-174543(JP,A)  
特開2003-142917(JP,A)  
特開2006-086808(JP,A)  
米国特許出願公開第2013/0141269(US,A1)  
米国特許出願公開第2014/0132448(US,A1)  
米国特許出願公開第2014/0091969(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q1/00-25/04