

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-140644  
(P2019-140644A)

(43) 公開日 令和1年8月22日(2019.8.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1Q 21/08 (2006.01)	HO1Q 21/08	5J021
HO1Q 3/26 (2006.01)	HO1Q 3/26	Z
HO1Q 21/06 (2006.01)	HO1Q 21/06	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2018-25032 (P2018-25032)  
(22) 出願日 平成30年2月15日 (2018.2.15)

(出願人による申告)平成29年度、総務省「テラヘルツ波デバイス基盤技術の研究開発-300GHz帯シリコン半導体CMOSトランシーバ技術-に関する研究開発」に関する委託事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 00005821  
パナソニック株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地  
(74) 代理人 100105050  
弁理士 鷺田 公一  
(72) 発明者 村田 智洋  
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 佐藤 潤二  
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内  
Fターム(参考) 5J021 AA07 AB04

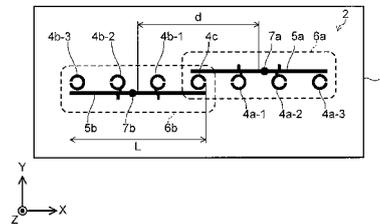
(54) 【発明の名称】 アンテナ装置

(57) 【要約】

【課題】アンテナ間隔を変えずに、サブアレーアンテナのアンテナ素子数を増やすことによって、アンテナ性能の向上を実現できるアンテナ装置の提供に資すること。

【解決手段】アンテナ装置は、第1のアンテナ素子群と、1つ以上の第3のアンテナ素子と、第1のアンテナ素子群及び1つ以上の第3のアンテナ素子に電力を供給する第1の給電線と、を有する、基板に設けられた第1のサブアレーアンテナと、第2のアンテナ素子群と、1つ以上の第3のアンテナ素子と、第2のアンテナ素子群及び1つ以上の第3のアンテナ素子に電力を供給する第2の給電線と、を有する、基板に設けられた第2のサブアレーアンテナと、を備え、1つ以上の第3のアンテナ素子は、第1の給電線および第2の給電線と、離間している。

【選択図】 図2A



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 のアンテナ素子群と、1 つ以上の第 3 のアンテナ素子と、前記第 1 のアンテナ素子群及び前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子に電力を供給する第 1 の給電線と、を有する、基板に設けられた第 1 のサブアレーアンテナと、

第 2 のアンテナ素子群と、前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子と、前記第 2 のアンテナ素子群及び前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子に電力を供給する第 2 の給電線と、を有する、前記基板に設けられた第 2 のサブアレーアンテナと、を備え、

前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子は、前記第 1 の給電線および前記第 2 の給電線と、離間している、  
アンテナ装置。

10

## 【請求項 2】

前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子は、前記第 1 の給電線および前記第 2 の給電線と、電磁界結合する、

請求項 1 に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 3】

前記第 1 のサブアレーアンテナへの電力の供給と、前記第 2 のサブアレーアンテナへの電力の供給は、時分割で行われる、

請求項 1 に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 4】

前記第 1 のサブアレーアンテナの中心と、前記第 2 のサブアレーアンテナの中心との間の第 1 の方向における距離は、前記第 1 のサブアレーアンテナの前記第 1 の方向における長さと同様に前記第 2 のサブアレーアンテナの前記第 1 の方向における長さよりも小さい、

請求項 1 に記載のアンテナ装置。

20

## 【請求項 5】

前記第 1 の給電線から前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子へ供給される電力は、前記第 1 の給電線から前記第 1 のアンテナ素子群のそれぞれに供給される電力以下であり、

前記第 2 の給電線から前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子へ供給される電力は、前記第 2 の給電線から前記第 2 のアンテナ素子群のそれぞれに供給される電力以下である、

請求項 1 に記載のアンテナ装置。

30

## 【請求項 6】

前記第 1 のアンテナ素子群および前記第 2 のアンテナ素子群の少なくとも一方は、第 1 の方向に沿って配置されるアンテナ素子と、前記第 1 の方向に垂直な第 2 の方向に沿って配置されるアンテナ素子を含む、

請求項 1 に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 7】

前記第 1 のサブアレーアンテナおよび前記第 2 のサブアレーアンテナは、10 GHz 以上の周波数帯域の電磁波を放射する、

請求項 1 に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 8】

前記第 1 のサブアレーアンテナおよび前記第 2 のサブアレーアンテナがそれぞれ複数配置される、

請求項 1 に記載のアンテナ装置。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、アンテナ装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

無線通信において、送信機（送信アンテナ）と受信機（受信アンテナ）とを複数有する

50

多入力多出力 (Multiple-Input-Multiple-Output : M I M O ) 方式が、通信速度および / または信頼性を向上させる方法として知られている。例えば、M I M O 方式をレーダシステムに適用することで、目標探知性能を向上できる。

【 0 0 0 3 】

M I M O 方式を適用したレーダでは、送信アンテナ数  $M$ 、かつ、受信アンテナ数  $N$  の場合、 $M \times N$  素子の仮想的なアレーアンテナ (以下「仮想アンテナアレー」と称してもよい) を有する。各々のアンテナの指向性利得を高めるために、複数のアンテナ素子を有するサブアレーアンテナ構成が、各アンテナに用いられる。

【 0 0 0 4 】

例えば、特許文献 1 には、サブアレーアンテナ構成を用いた 2 次元の M I M O レーダ用アンテナ装置が開示されている。このアンテナ装置では、特許文献 1 によれば、4 個の受信サブアレーアンテナを信号波長の  $1/2$  と同程度のアンテナ間隔  $d$  で並べ、かつ、2 個の送信サブアレーアンテナをアンテナ間隔  $4d$  で並べた場合に、アンテナ 8 個分の開口面積が得られる。

10

【 0 0 0 5 】

また、レーダの誤検知を引き起こすグレーティングローブは、アンテナ間隔を信号波長の  $1/2$  と同程度に設定した場合には生じないが、アンテナ間隔が信号波長の  $1/2$  よりも広い場合には発生する可能性があることが知られている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

20

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特表 2 0 1 1 - 5 2 6 3 7 0 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、上述した特許文献 1 の従来技術において、グレーティングローブが発生しないようなアンテナ間隔で仮想アンテナアレーを構築する場合、実アレー配置における実装面積との関係で、アンテナ素子数を増やすことが難しいことがある。そのため、例えば、指向性利得の向上あるいは不要なサイドローブの抑制といったアンテナ性能の向上を実現することは困難であった。

30

【 0 0 0 8 】

本開示の非限定的な実施例は、アンテナ間隔を変えずに、サブアレーアンテナのアンテナ素子数を増やすことによって、アンテナ性能の向上を実現できるアンテナ装置の提供に資する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本開示の一態様に係るアンテナ装置は、第 1 のアンテナ素子群と、1 つ以上の第 3 のアンテナ素子と、前記第 1 のアンテナ素子群及び前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子に電力を供給する第 1 の給電線と、を有する、基板に設けられた第 1 のサブアレーアンテナと、第 2 のアンテナ素子群と、前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子と、前記第 2 のアンテナ素子群及び前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子に電力を供給する第 2 の給電線と、を有する、前記基板に設けられた第 2 のサブアレーアンテナと、を備え、前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子は、前記第 1 の給電線および前記第 2 の給電線と、離間している。

40

【 0 0 1 0 】

なお、これらの包括的または具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム、または、記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラムおよび記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

本開示の一態様によれば、アンテナ間隔を変えずに、サブアレーアンテナのアンテナ素

50

子数を増やすことによって、アンテナ性能の向上の実現に資する。

【0012】

本開示の一態様における更なる利点および効果は、明細書および図面から明らかにされる。かかる利点および/または効果は、いくつかの実施形態並びに明細書および図面に記載された特徴によってそれぞれ提供されるが、1つまたはそれ以上の同一の特徴を得るために必ずしも全てが提供される必要はない。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1A】アンテナ装置の構成の一例を示す上面図

【図1B】図1Aに示すアンテナ装置の断面図

10

【図2A】本開示の実施の形態1に係るアンテナ装置の構成の一例を示す上面図

【図2B】図2Aに示すアンテナ装置の断面図

【図2C】図2Aにおけるアンテナ素子を示す拡大図

【図3】本開示の実施の形態1に係るアンテナ装置の放射特性の一例を示す図

【図4】本開示の実施の形態1に係るアンテナ装置の構成の第1の変形例を示す上面図

【図5】本開示の実施の形態1に係るアンテナ装置の構成の第2の変形例を示す上面図

【図6】本開示の実施の形態2に係るアンテナ装置の構成の一例を示す上面図

【図7A】本開示の実施の形態2に係るアンテナ装置の第1の変形例を示す上面図

【図7B】本開示の実施の形態2に係るアンテナ装置の第2の変形例を示す上面図

20

【図7C】本開示の実施の形態2に係るアンテナ装置の第3の変形例を示す上面図

【図8】本開示の実施の形態3に係るアンテナ装置の構成の一例を示す上面図

【図9】本開示の実施の形態3に係るアンテナ装置の構成の他の一例を示す上面図

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下に説明する各実施形態は一例であり、本開示はこれらの実施形態により限定されるものではない。

【0015】

図1Aは、アンテナ装置102の構成の一例を示す上面図である。図1Bは、図1Aに示すアンテナ装置102の断面図である。なお、図1Aおよび図1Bには、説明の便宜上、X軸、Y軸、および、Z軸が示される。

30

【0016】

アンテナ装置102は、Z軸の正方向に電磁波を放射する。アンテナ装置102は、例えば、サブアレーアンテナ106aとサブアレーアンテナ106bとを有する。

【0017】

サブアレーアンテナ106aおよびサブアレーアンテナ106bは、例えば、誘電体基板101上に形成される。サブアレーアンテナ106aおよびサブアレーアンテナ106bは、例えば、金属導体によって形成される。

【0018】

サブアレーアンテナ106aは、例えば、給電点107aにおいて電力を受ける給電線路105aと、給電線路105aから電力を受ける2つのアンテナ素子104aと、を有する。

40

【0019】

サブアレーアンテナ106bは、例えば、給電点107bにおいて電力を受ける給電線路105bと、給電線路105bから電力を受ける2つのアンテナ素子104bと、を有する。

【0020】

サブアレーアンテナ106aの2つのアンテナ素子104aの中間、または、給電線路105aの中間をサブアレーアンテナ106aの中心と称されてもよい。サブアレーアンテナ106bの2つのアンテナ素子104bの中間、または、給電線路105bの中間を

50

サブアレーアンテナ106bの中心と称されてもよい。サブアレーアンテナ106aの中心と、サブアレーアンテナ106bの中心との間のX軸方向の距離は、サブアレーアンテナ106aとサブアレーアンテナ106bのアンテナ間隔dと規定する。

【0021】

サブアレーアンテナ106aおよびサブアレーアンテナ106bへの電力の供給は、裏面配線109および給電ビア108を介して行われる。なお、以下では、電力の供給を、適宜、給電と呼ぶ。なお、本実施の形態では、給電点107とアンテナ素子104の中心とは、一致しないが、実施するシステムによっては一致してもよい。

【0022】

また、誘電体基板101の内層には、例えば、反射板103が形成される。反射板103は、例えば、内層に金属導体によって形成される金属層である。反射板103は、サブアレーアンテナ106aおよびサブアレーアンテナ106bがZ軸の負方向へ放射する電磁波を反射する。なお、反射板103は、反射層または反射部と称されてもよい。

10

【0023】

アンテナ装置102において、アンテナの放射利得（以下「アンテナ利得」と称してもよい）を改善するためには、アンテナ素子の数を増加することが考えられる。例えば、アンテナ素子104aに対して、X軸の正方向およびX軸の負方向それぞれに1波長程度離れた位置に、アンテナ素子を追加してもよい。また、アンテナ素子104bに対して、X軸の正方向およびX軸の負方向それぞれに1波長程度離れた位置に、アンテナ素子を追加してもよい。

20

【0024】

しかしながら、アンテナ間隔dを維持しようとした場合、サブアレーアンテナ106aとサブアレーアンテナ106bの間において、追加のアンテナ素子を配置できるスペースが不足することがある。スペース不足によってアンテナ素子を追加することが困難である場合、例えば、アンテナ装置102の指向性利得の向上、あるいは、不要なサイドローブの抑制といったアンテナ性能の向上を期待することは困難である。

【0025】

また、アンテナ装置102は、水平方向（X軸方向）にサブアレーアンテナ106aおよびサブアレーアンテナ106bが並ぶ2次元MIMOレーダである。例えば、サブアレーアンテナを水平方向および垂直方向（Y軸方向）の両方向に並べた3次元MIMOレーダの場合、水平方向および垂直方向の一方又は双方において、追加のアンテナ素子を配置するスペースが不足し得る。スペース不足によってアンテナ素子を追加することが困難である場合、アンテナ性能を向上することは、より困難である。

30

【0026】

本開示は、上記の事情に鑑みて成されたものであり、アンテナ間隔を変えずに、各サブアレーアンテナのアンテナ素子数増やすことによって、アンテナ性能の向上を実現できるアンテナ装置の提供に資する。

【0027】

図2Aは、本実施の形態に係るアンテナ装置2の構成の一例を示す上面図である。図2Bは、図2Aに示すアンテナ装置2の断面図である。図2Cは、図2Aにおけるアンテナ素子4cを示す拡大図である。図2Aは、アンテナ装置2のアンテナパターンを示している。

40

【0028】

なお、図2Aおよび図2Bには、説明の便宜上、X軸、Y軸、および、Z軸が示される。また、以降に示す図においても、適宜、X軸、Y軸、および、Z軸が示される。

【0029】

アンテナ装置2は、例えば、誘電体基板1上に金属導体を用いて形成される。誘電体基板1の内層における、アンテナ装置2と対向する位置には、金属導体層の反射板3が形成される。反射板3とアンテナ装置2との間隔は、例えば、アンテナ装置2の放射方向であるZ軸の正方向に放射された電磁波と、Z軸の負方向へ放射され反射板3によって反射さ

50

れた電磁波の放射方向の成分と、が強め合うように調整される。なお、反射板 3 は、反射層または反射部と称されてもよい。

【0030】

アンテナ装置 2 は、例えば、裏面配線 9 から給電ビア 8 を介して電力を受ける。給電ビア 8 は、例えば、給電線路 5 a の給電点 7 a および給電線路 5 b の給電点 7 b に対して電力を供給する。

【0031】

アンテナ装置 2 は、例えば、サブアレーアンテナ 6 a とサブアレーアンテナ 6 b とを含む。サブアレーアンテナ 6 a は、例えば、アンテナ素子 4 a - 1 ~ アンテナ素子 4 a - 3 およびアンテナ素子 4 c と、給電線路 5 a と、を含む。サブアレーアンテナ 6 b は、例え

10

【0032】

なお、以下の説明では、適宜、サブアレーアンテナ 6 a とサブアレーアンテナ 6 b をサブアレーアンテナ 6 と称してもよい。また、アンテナ素子 4 a - 1 ~ アンテナ素子 4 a - 3、アンテナ素子 4 b - 1 ~ アンテナ素子 4 b - 3 およびアンテナ素子 4 c を、アンテナ素子 4 と称してもよい。

【0033】

サブアレーアンテナ 6 a とサブアレーアンテナ 6 b は、時分割 MIMO のアンテナとして機能するため、給電点 7 a と給電点 7 b から同時に電力が供給されるのではなく、異なるタイミング（時分割）で電力が供給される。

20

【0034】

サブアレーアンテナ 6 a において、アンテナ素子 4 c とアンテナ素子 4 a - 1 との間隔と、アンテナ素子 4 a - 2 とアンテナ素子 4 a - 3 との間隔と、がそれぞれ等しいので、サブアレーアンテナ 6 a の中心は、サブアレーアンテナ 6 a のアンテナ素子 4 a - 1 とアンテナ素子 4 a - 2 の中間、または、給電線路 5 a の中間としてもよい。

【0035】

また、サブアレーアンテナ 6 b において、アンテナ素子 4 c とアンテナ素子 4 b - 1 との間隔と、アンテナ素子 4 b - 2 とアンテナ素子 4 b - 3 との間隔と、がそれぞれ等しい

30

【0036】

サブアレーアンテナ 6 a の中心とサブアレーアンテナ 6 b の中心との間の X 軸方向の距離は、サブアレーアンテナ 6 a とサブアレーアンテナ 6 b のアンテナ間隔 d と規定する。

【0037】

サブアレーアンテナ 6 a およびサブアレーアンテナ 6 b のサイズ（X 軸方向の長さ）L に対して、アンテナ間隔 d は、例えば L 以上である。なお、「給電線路」に設定される「給電点」の位置と、「給電線路」の中心位置とは、必ずしも一致しない。「給電点」は、例えば、「給電線路」に沿って配置された「アンテナ素子」のそれぞれに、同じ位相の電

40

【0038】

給電線路 5 a は、例えば、誘電体基板 1 上に、X 軸に沿って配置される。給電線路 5 a は、給電点 7 a において電力を受ける。給電線路 5 b は、例えば、誘電体基板 1 上に、X 軸に沿って配置される。給電線路 5 b は、給電点 7 b において電力を受ける。

【0039】

アンテナ素子 4 a - 1 ~ アンテナ素子 4 a - 3、アンテナ素子 4 b - 1 ~ アンテナ素子 4 b - 3 およびアンテナ素子 4 c は、それぞれ、切り欠き 10 を有するループ形状（円環形状またはドーナツ形状と称されてもよい）の素子である。アンテナ素子 4 a - 2、アン

50

テナ素子 4 a - 3、アンテナ素子 4 b - 1、および、アンテナ素子 4 c の切り欠き 1 0 の向きは、例えば、X 軸の正方向である。アンテナ素子 4 a - 1、アンテナ素子 4 b - 2、および、アンテナ素子 4 b - 3 の切り欠き 1 0 の向きは、例えば、X 軸の負方向である。なお、アンテナ装置 2 における切り欠き 1 0 の向きは、あくまで一例であり、本開示はこれに限定されない。例えば、切り欠き 1 0 の向きは、アンテナ特性によって設定されてもよい。

#### 【 0 0 4 0 】

アンテナ素子 4 a - 1 ~ アンテナ素子 4 a - 3 は、例えば、給電線路 5 a に沿って配置される。アンテナ素子 4 a - 1 ~ アンテナ素子 4 a - 3 のうち、給電点 7 a に比較的近い位置に配置されるアンテナ素子 4 a - 1 およびアンテナ素子 4 a - 2 は、例えば、給電線路 5 a と金属導体パターンによって接続されて、給電線路 5 a から電力を受ける。アンテナ素子 4 a - 1 ~ アンテナ素子 4 a - 3 のうち、給電点 7 a に比較的遠い位置に配置されるアンテナ素子 4 a - 3 は、例えば、給電線路 5 a と金属導体パターンによって接続されず、給電線路 5 a と電磁界的に結合（電磁界結合）し、給電線路 5 a から電力を受ける。これによって、各アンテナ素子 4 に供給する電力を調整することができる。

10

#### 【 0 0 4 1 】

アンテナ素子 4 b - 1 ~ アンテナ素子 4 b - 3 は、例えば、給電線路 5 b に沿って配置される。アンテナ素子 4 b - 1 ~ アンテナ素子 4 b - 3 のうち、給電点 7 b に比較的近い位置に配置されるアンテナ素子 4 b - 1 およびアンテナ素子 4 b - 2 は、例えば、給電線路 5 b と金属導体パターンによって接続されて、給電線路 5 b から電力を受ける。アンテナ素子 4 b - 1 ~ アンテナ素子 4 b - 3 のうち、給電点 7 b に比較的遠い位置に配置されるアンテナ素子 4 b - 3 は、例えば、給電線路 5 b と金属導体パターンによって接続されず、給電線路 5 b と電磁界的に結合し、給電線路 5 b から電力を受ける。これによって、各アンテナ素子 4 に供給する電力を調整することができる。

20

#### 【 0 0 4 2 】

アンテナ素子 4 c は、例えば、アンテナ素子 4 a - 1 とアンテナ素子 4 b - 1 との間において、給電線路 5 a および給電線路 5 b に沿って配置される。アンテナ素子 4 c は、例えば、給電線路 5 a と電磁界的に結合し、給電線路 5 a から電力を受ける。また、アンテナ素子 4 c は、例えば、給電線路 5 b と電磁界的に結合し、給電線路 5 b から電力を受ける。ただし、アンテナ素子 4 c は、給電線路 5 a 及び給電線路 5 b の両方から、同じタイミングで、電力を受けることはない。アンテナ素子 4 c は、給電線路 5 a および給電線路 5 b と金属導体パターンによって接続されない。アンテナ素子 4 c は、給電線路 5 a および給電線路 5 b と、離間している。

30

#### 【 0 0 4 3 】

アンテナ素子 4 a - 1 およびアンテナ素子 4 a - 2 は、結合度を高めるために金属導体パターンを介して物理的に給電線路 5 a と接触し、アンテナ素子 4 a - 3 およびアンテナ素子 4 c は金属導体パターンを介して給電線路 5 a と接触しない。この構成により、給電線路 5 a からアンテナ素子 4 a - 3 およびアンテナ素子 4 c に対して供給される電力は、アンテナ素子 4 a - 1 およびアンテナ素子 4 a - 2 に対して供給される電力よりも小さくなる。

40

#### 【 0 0 4 4 】

アンテナ素子 4 b - 1 およびアンテナ素子 4 b - 2 は、結合度を高めるために金属導体パターンを介して物理的に給電線路 5 b と接触し、アンテナ素子 4 b - 3 およびアンテナ素子 4 c は金属導体パターンを介して給電線路 5 b と接触しない。この構成により、給電線路 5 b からアンテナ素子 4 b - 3 およびアンテナ素子 4 c に対して供給される電力は、アンテナ素子 4 b - 1 およびアンテナ素子 4 b - 2 に対して供給される電力よりも小さくなる。

#### 【 0 0 4 5 】

このように、アンテナ素子 4 c は、給電線路 5 a および給電線路 5 b と離間し、金属導体パターンを介して物理的に給電線路 5 a および給電線路 5 b と接触していない。さらに

50

、アンテナ素子 4 c に対して給電される電力は、アンテナ素子 4 a - 1、アンテナ素子 4 a - 2、アンテナ素子 4 b - 1 およびアンテナ素子 4 b - 2 に対して給電される電力よりも小さい。この構成により、サブアレーアンテナ 6 a が、例えば電磁波の放射する動作の時に、サブアレーアンテナ 6 b へ漏洩する電力を抑制できる。また、サブアレーアンテナ 6 b が、例えば電磁波の放射する動作の時に、サブアレーアンテナ 6 a へ漏洩する電力を抑制できる。なお、サブアレーアンテナ 6 a が、例えば電磁波の放射する動作を実施する場合、サブアレーアンテナ 6 b は、電磁波の放射する動作を実施しない。

【 0 0 4 6 】

なお、アンテナ素子 4 c に供給される電力は、アンテナ素子 4 a - 1 ~ アンテナ素子 4 a - 3 およびアンテナ素子 4 b - 1 ~ アンテナ素子 4 b - 3 に供給される電力よりも小さい、もしくは等しくなるように調整することが望ましい。

10

【 0 0 4 7 】

このように、供給される電力が調整されることによって、サブアレーアンテナ 6 a に電力が供給された場合、サブアレーアンテナ 6 b へ漏洩する電力を抑制できる。また、サブアレーアンテナ 6 b に電力が供給された場合、サブアレーアンテナ 6 a へ漏洩する電力を抑制できる。

【 0 0 4 8 】

例えば、4 素子のアンテナ素子から構成されるサブアレーアンテナ 6 a およびサブアレーアンテナ 6 b の場合、給電線路 5 a を介してアンテナ素子 4 c へ供給される電力は、給電点 7 a から給電線路 5 a に供給される電力の 20 % 以下に調整することが望ましい。また、給電線路 5 b を介してアンテナ素子 4 c へ供給される電力は、給電点 7 b から給電線路 5 b に供給される電力の 20 % 以下に調整することが望ましい。

20

【 0 0 4 9 】

また、サブアレーアンテナ 6 a とサブアレーアンテナ 6 b は、時分割 M I M O のアンテナとして機能するため、アンテナ素子 4 c への給電は、給電点 7 a と給電点 7 b から同時に電力が供給されるのではなく、異なるタイミング（時分割）で電力が供給される。このため、アンテナ素子 4 c は、給電点 7 a から電力が供給された場合にサブアレーアンテナ 6 a のアンテナ素子として動作し、給電点 7 b から電力が供給された場合にサブアレーアンテナ 6 b のアンテナ素子として動作する。

【 0 0 5 0 】

次に、本実施の形態 1 に係るアンテナ装置 2 の放射特性について説明する。

30

【 0 0 5 1 】

図 3 は、本実施の形態 1 に係るアンテナ装置 2 の放射特性を示す図である。なお、図 3 には、図 1 A および図 1 B に示したアンテナ装置 1 0 2 の放射特性が比較例として示されている。図 3 に示す放射特性は、電磁界シミュレーションを用いて算出した、Z 軸の正方向に放射される 7 9 G H z の電磁波の放射特性である。図 3 の横軸は、電磁波の放射角度（単位は、[ d e g ]）であり、縦軸は、アンテナ利得（単位は、[ d B i ]）である。なお、図 3 の横軸の放射角度は、図 1 A および図 2 A の X - Z 平面に平行な平面において、Z 軸を 0 [ d e g ] とした場合の Z 軸とのなす角度である。また、アンテナ装置 2 のアンテナ素子 4 c に供給される電力は、給電点 7 a および給電点 7 b から供給される電力の 1 2 % に調整される。

40

【 0 0 5 2 】

図 3 に示すように、アンテナ装置 2 のアンテナ利得の最大値は、アンテナ装置 1 0 2 のアンテナ利得の最大値と比較して、1 . 8 [ d B ] 程度高くなっている。また、アンテナ装置 2 のサイドローブは、アンテナ装置 1 0 2 と比較して、2 ~ 3 [ d B ] 程度抑制できている。

【 0 0 5 3 】

以上、本実施の形態 1 に係るアンテナ装置 2 は、サブアレーアンテナ 6 a およびサブアレーアンテナ 6 b においてアンテナ素子 4 c を共用することによって、アンテナ間隔 d を維持し、各サブアレーアンテナのアンテナ素子の数を 2 素子から 4 素子へ増やすことがで

50

きるため、アンテナ利得（指向性利得）を向上させ、不要なサイドローブを抑制することができ、アンテナ性能の向上を実現できる。

【0054】

なお、アンテナ装置2は、アンテナ素子4をX軸に沿って一列に配置する例であった。本開示は、これに限定されない。次に、Y軸方向に複数のアンテナ装置を配置し、並列接続する例について説明する。

【0055】

図4は、本実施の形態1に係るアンテナ装置の構成の第1の変形例を示す上面図である。図4に示すアンテナ装置は、4つのアンテナ装置2（アンテナ装置2-1～アンテナ装置2-4）がY軸方向に並ぶ構成を採る。各アンテナ装置2の給電点7aおよび給電点7bには、裏面配線19および給電ビア（図示省略）を介して電力が供給される。

10

【0056】

この構成により、水平方向（X軸方向）に加えて垂直方向（Y軸方向）において、アンテナ利得（指向性利得）を向上させ、不要なサイドローブを抑制することができ、アンテナ性能の向上を実現できる。また、アンテナ装置がZ軸の正方向に放射する電磁波のメインビーム（主ビーム）の水平方向（X軸方向）に加えて、垂直方向（Y軸方向）の半値角を小さくできる。

【0057】

なお、本実施の形態1において説明した動作周波数は一例であり、本開示はこれに限定されない。本開示におけるアンテナ装置は、ミリ波帯、テラヘルツ帯を含む、10GHz以上の高い周波数帯域で動作させても良い。

20

【0058】

また、本実施の形態1では、サブアレーアンテナ6の数が2である例について説明した。本開示はこれに限定されない。サブアレーアンテナ6の数は、3以上であっても良い。例えば、アンテナ装置2に対して、3つ目のサブアレーアンテナ6c（図示なし）をサブアレーアンテナ6aよりもX軸の正方向に設ける場合、サブアレーアンテナ6aと当該3つ目のサブアレーアンテナ6cにおいて、アンテナ素子4a-3が共用される。

【0059】

また、本実施の形態1では、2つのサブアレーアンテナ6の間において共用されるアンテナ素子4の数が1素子である例について説明した。本開示はこれに限定されない。2つのサブアレーアンテナ6の間において共用されるアンテナ素子4の数は、2素子以上であっても良い。例えば、1つのサブアレーアンテナ6が8素子のアンテナ素子4によって構成される場合、2つのサブアレーアンテナ6の間において2素子のアンテナ素子4を共用することによって、2つのサブアレーアンテナ6が、14素子のアンテナ素子4によって構成される。

30

【0060】

また、本実施の形態1では、アンテナ素子4が、一部に切り欠き10を有するループ形状を有する例について説明した。本開示はこれに限定されない。アンテナ素子4は、矩形、または、四角形といった、ループ形状とは異なる形状を有していても良い。

【0061】

図5は、本実施の形態1に係るアンテナ装置の構成の第2の変形例を示す上面図である。図5に示すアンテナ装置12は、アンテナ装置2におけるループ形状のアンテナ素子4が、矩形のアンテナ素子14（アンテナ素子14a-1～アンテナ素子14a-3、アンテナ素子14b-1～アンテナ素子14b-3、および、アンテナ素子14c）に置き換わっている。

40

【0062】

図5に示すアンテナ装置12は、サブアレーアンテナ16aとサブアレーアンテナ16bとの間においてアンテナ素子14cを共用することによって、アンテナ装置2と同様のアンテナ間隔を維持し、サブアレーアンテナのアンテナ素子の数を2素子から4素子へ増やすことができるため、アンテナ利得（指向性利得）を向上させ、不要なサイドローブを

50

抑制することができ、アンテナ性能の向上を実現できる。

【0063】

なお、図5に示すアンテナ装置12では、サブアレーアンテナ16aとサブアレーアンテナ16bの2つの間でアンテナ素子14cが共用される例を示したが、これに限定されない。例えば、3つ以上のサブアレーアンテナがX軸に沿って配置されていて、隣接するサブアレーアンテナ間でアンテナ素子が共用されていても上記と同様の効果が得られる。

【0064】

(実施の形態2)

上述した実施の形態1では、一方向(X軸方向)に延びる給電線路に沿ってアンテナ素子が直線上に(1次元的に)配置されたアンテナ装置の例について説明した。本実施の形態2では、アンテナ素子が平面的に(2次元的に)配置されるアンテナ装置の例について説明する。

10

【0065】

図6は、本実施の形態2に係るアンテナ装置22の構成の一例を示す上面図である。

【0066】

アンテナ装置22は、アンテナ装置2における一部のアンテナ素子の配置を変更している。アンテナ装置22に電力を供給する給電ビアおよび裏面配線は、アンテナ装置2の給電ビア8および裏面配線9と同様であるので図示は省略する。また、アンテナ装置22が形成される誘電体基板および誘電体基板の内層に設けられる反射板についても、アンテナ装置2と同様のため、図示は省略する。

20

【0067】

アンテナ装置22は、例えば、サブアレーアンテナ26aとサブアレーアンテナ26bを含む。サブアレーアンテナ26aは、アンテナ素子24a-1~アンテナ素子24a-3およびアンテナ素子24cと、給電線路25aと、を含む。サブアレーアンテナ26bは、アンテナ素子24b-1~アンテナ素子24b-3およびアンテナ素子24cと、給電線路25bと、を含む。アンテナ素子24cは、サブアレーアンテナ26aおよびサブアレーアンテナ26bにおいて共用されるアンテナ素子である。

【0068】

なお、以下の説明では、適宜、アンテナ素子24a-1~アンテナ素子24a-3を、アンテナ素子24aと称してもよい。また、アンテナ素子24b-1~アンテナ素子24b-3を、アンテナ素子24bと称してもよい。

30

【0069】

サブアレーアンテナ26aとサブアレーアンテナ26bは、時分割MIMOのアンテナとして機能するため、給電点27aと給電点27bから同時に電力が供給されるのではなく、異なるタイミング(時分割)で電力が供給される。

【0070】

アンテナ素子24a-1~アンテナ素子24a-3、アンテナ素子24b-1~アンテナ素子24b-3およびアンテナ素子24cは、それぞれ、切り欠き10を有するループ形状の素子である。アンテナ素子24a-2、アンテナ素子24a-3、アンテナ素子24b-1、および、アンテナ素子24cの切り欠き10の向きは、X軸の正方向である。アンテナ素子24a-1、アンテナ素子24b-2、および、アンテナ素子24b-3の切り欠き10の向きは、X軸の負方向である。なお、アンテナ装置22における切り欠き10の向きは、あくまで一例であり、本開示はこれに限定されない。例えば、切り欠き10の向きは、アンテナ特性によって設定されてもよい。

40

【0071】

アンテナ素子24a-1、アンテナ素子24a-2、アンテナ素子24b-1、アンテナ素子24b-2、および、アンテナ素子24cは、X軸方向に沿って直線上に配置される。アンテナ素子24a-3は、Y軸方向に沿ってアンテナ素子24a-2と並び、アンテナ素子24a-2よりもY軸の正方向に配置される。アンテナ素子24b-3は、Y軸方向に沿ってアンテナ素子24b-2と並び、アンテナ素子24b-2よりもY軸の負方

50

向に配置される。

【0072】

アンテナ素子24a-1～アンテナ素子24a-3は、給電線路25aに沿って配置される。給電点27aよりもX軸の正方向に延びる給電線路25aの一部は、アンテナ素子24a-3の配置に合わせてY軸の正方向に折れ曲がり、アンテナ素子24a-3に沿うように形成される。

【0073】

アンテナ素子24a-1～アンテナ素子24a-3のそれぞれと、給電線路25aとの接続状態および位置関係は、例えば、実施の形態2におけるアンテナ装置22を使用するシステムによって、決定されてもよい。

【0074】

なお、実施の形態1と同様に、アンテナ素子24aは、給電線路25aに金属導体パターンで接続される、給電線路25aと電磁界的に結合する、給電点27aとの位置関係、との組み合わせによって、受ける電力を調整することができる。

【0075】

アンテナ素子24b-1～アンテナ素子24b-3は、給電線路25bに沿って配置される。給電点27bよりもX軸の負方向に延びる給電線路25bの一部は、アンテナ素子24b-3の配置に合わせてY軸の負方向に折れ曲がり、アンテナ素子24b-3に沿うように形成される。

【0076】

アンテナ素子24b-1～アンテナ素子24b-3のそれぞれと、給電線路25bとの接続状態および位置関係は、例えば、実施の形態2におけるアンテナ装置22を使用するシステムによって、決定されてもよい。

【0077】

なお、実施の形態1と同様に、アンテナ素子24bは、給電線路25bに金属導体パターンで接続される、給電線路25bと電磁界的に結合する、給電点27bとの位置関係、との組み合わせによって、受ける電力を調整することができる。

【0078】

アンテナ素子24cは、例えば、アンテナ素子24a-1とアンテナ素子24b-1との間において、給電線路25aおよび給電線路25bに沿って配置される。アンテナ素子24cは、例えば、給電線路25aと電磁界的に結合し、給電線路25aから電力を受ける。また、アンテナ素子24cは、例えば、給電線路25bと電磁界的に結合し、給電線路25bから電力を受ける。ただし、アンテナ素子24cは、給電線路25a及び給電線路25bの両方から、同じタイミングで、電力を受けることはない。アンテナ素子24cは、給電線路25aおよび給電線路25bと金属導体パターンによって接続されない。アンテナ素子24cは、給電線路25aおよび給電線路25bと、離間している。

【0079】

なお、給電線路25aからアンテナ素子24cに対して供給される電力は、アンテナ素子24a-1、アンテナ素子24a-2およびアンテナ素子24a-3に対して供給される電力以下となるように設計される。

【0080】

また、給電線路25bからアンテナ素子24cに対して供給される電力は、アンテナ素子24b-1、アンテナ素子24b-2およびアンテナ素子24b-3に対して供給される電力以下となるように設計される。

【0081】

このように、サブアレーアンテナ26aおよびサブアレーアンテナ26bは、実施の形態1と同様に時分割で給電されて動作し、アンテナ素子24cが、給電線路25aおよび給電線路25bと離間し、電磁界的に結合することによって、サブアレーアンテナ26aが、例えば電磁波の放射する動作の時に、サブアレーアンテナ26bへ漏洩する電力を抑制できる。また、サブアレーアンテナ26bが、例えば電磁波の放射する動作の時に、サ

10

20

30

40

50

ブアレーアンテナ 2 6 a へ漏洩する電力を抑制できる。

【 0 0 8 2 】

なお、アンテナ素子 2 4 c に供給される電力は、アンテナ素子 2 4 a - 1 ~ アンテナ素子 2 4 a - 3 およびアンテナ素子 2 4 b - 1 ~ アンテナ素子 2 4 b - 3 に供給される電力以下となるように調整することが望ましい。

【 0 0 8 3 】

このように、供給される電力が調整されることによって、サブアレーアンテナ 2 6 a に電力が供給された場合、サブアレーアンテナ 2 6 b へ漏洩する電力を抑制できる。また、サブアレーアンテナ 2 6 b に電力が供給された場合、サブアレーアンテナ 2 6 a へ漏洩する電力を抑制できる。

【 0 0 8 4 】

また、実施の形態 1 と同様に、サブアレーアンテナ 2 6 a およびサブアレーアンテナ 2 6 b は、時分割 M I M O のアンテナとして機能するため、アンテナ素子 2 4 c への給電は、給電点 2 7 a と給電点 2 7 b から同時に電力が供給されるのではなく、異なるタイミング（時分割）で電力が供給される。このため、アンテナ素子 2 4 c は、給電点 2 7 a から電力が供給された場合にサブアレーアンテナ 2 6 a のアンテナ素子として動作し、給電点 2 7 b から電力が供給された場合にサブアレーアンテナ 2 6 b のアンテナ素子として動作する。

【 0 0 8 5 】

以上、本実施の形態 2 に係るアンテナ装置 2 2 は、サブアレーアンテナ 2 6 a およびサブアレーアンテナ 2 6 b においてアンテナ素子 2 4 c を共用することによって、アンテナ間隔を維持し、各サブアレーアンテナのアンテナ素子の数を増やすことができるため、アンテナ利得（指向性利得）を向上させ、不要なサイドローブを抑制することができ、アンテナ性能の向上を実現できる。

【 0 0 8 6 】

また、本実施の形態 2 に係るアンテナ装置 2 2 において、アンテナ素子 2 4 a - 1、アンテナ素子 2 4 a - 2、アンテナ素子 2 4 b - 1、アンテナ素子 2 4 b - 2 およびアンテナ素子 2 4 c は、水平方向（X 軸方向）に配置され、アンテナ素子 2 4 a - 3 およびアンテナ素子 2 4 b - 3 は、水平方向に配置されたアンテナ素子に対して垂直方向（Y 軸方向）に配置される。この構成により、アンテナ装置 2 2 が Z 軸の正方向に放射する電磁波のメインビーム（主ビーム）の水平方向（X 軸方向）の半値角に加えて、垂直方向（Y 軸方向）の半値角を小さくできる。

【 0 0 8 7 】

なお、図 6 は、アンテナ素子が平面的に（2 次元的に）配置されるアンテナ装置の一例であり、本開示はこれに限定されない。次に、アンテナ素子が平面的に（2 次元的に）配置されるアンテナ装置の変形例について図 7 A ~ 図 7 C を用いて説明する。

【 0 0 8 8 】

図 7 A は、本実施の形態 2 に係るアンテナ装置の第 1 の変形例を示す上面図である。図 7 B は、本実施の形態 2 に係るアンテナ装置の第 2 の変形例を示す上面図である。図 7 C は、本実施の形態 2 に係るアンテナ装置の第 3 の変形例を示す上面図である。なお、図 7 A ~ 図 7 C において、図 6 と同様の構成については同一の符番を付し、説明を省略する。

【 0 0 8 9 】

図 7 A に示すアンテナ装置 3 2 は、図 6 のアンテナ装置 2 2 に対して、アンテナ素子 2 4 a - 3 の位置が異なる。

【 0 0 9 0 】

アンテナ装置 3 2 のアンテナ素子 2 4 a - 3 は、Y 軸方向に沿ってアンテナ素子 2 4 a - 2 と並び、アンテナ素子 2 4 a - 2 よりも Y 軸の負方向に配置される。給電点 2 7 a よりも X 軸の正方向に延びる給電線路 3 5 a の一部は、アンテナ素子 2 4 a - 3 の配置に合わせて Y 軸の負方向に折れ曲がり、アンテナ素子 2 4 a - 3 に沿うように形成される。

【 0 0 9 1 】

10

20

30

40

50

図7Bに示すアンテナ装置42は、図6のアンテナ装置22に対して、アンテナ素子24a-3とアンテナ素子24b-3の位置が異なる。

【0092】

アンテナ装置42のアンテナ素子24a-3は、Y軸方向に沿ってアンテナ素子24a-1と並び、アンテナ素子24a-1よりもY軸の正方向に配置される。給電点27aよりもX軸の正方向に延びる給電線路45aの一部は、アンテナ素子24a-3の配置に合わせてY軸の正方向に折れ曲がり、アンテナ素子24a-3に沿うように形成される。

【0093】

アンテナ装置42のアンテナ素子24b-3は、Y軸方向に沿ってアンテナ素子24b-1と並び、アンテナ素子24b-1よりもY軸の負方向に配置される。給電点27bよりもX軸の負方向に延びる給電線路45bの一部は、アンテナ素子24b-3の配置に合わせてY軸の負方向に折れ曲がり、アンテナ素子24b-3に沿うように形成される。

10

【0094】

アンテナ素子24a-3の切り欠き10は、X軸の負方向に設けられる。アンテナ素子24b-3の切り欠き10は、X軸の正方向に設けられる。

【0095】

図7Cに示すアンテナ装置52は、図7Bに示すアンテナ装置42に対して、アンテナ素子24a-3の位置が異なる。

【0096】

アンテナ装置52のアンテナ素子24a-3は、Y軸方向に沿ってアンテナ素子24a-1と並び、アンテナ素子24a-1よりもY軸の負方向に配置される。給電点27aよりもX軸の正方向に延びる給電線路55aの一部は、アンテナ素子24a-3の配置に合わせてY軸の負方向に折れ曲がり、アンテナ素子24a-3に沿うように形成される。

20

【0097】

このような構成により、アンテナ装置がZ軸の正方向に放射する電磁波のメインビーム（主ビーム）の水平方向（X軸方向）の半値角に加えて、垂直方向（Y軸方向）の半値角を小さくできる。

【0098】

また、図6および図7A～図7Cに示すアンテナ装置は、それぞれ、異なるビームパターンを形成する。例えば、アンテナ装置の設計条件に基づいて、適宜、所望のビームパターンを得るために、図6および図7A～図7Cを含むアンテナ素子の平面配置から選択できる。

30

【0099】

なお、図6および図7A～図7Cに示すアンテナ装置における各アンテナ素子の切り欠き10の向きは、あくまで一例であり、本開示はこれに限定されない。例えば、切り欠き10の向きは、アンテナ特性によって設定されてもよい。

【0100】

なお、本実施の形態2に示したアンテナ装置をX軸方向に複数配置してもよいし、Y軸方向に複数配置してもよい。

【0101】

40

（実施の形態3）

上述した実施の形態1では、2つのサブアレーアンテナの間において1つのアンテナ素子が共用される例について説明した。本実施の形態3では、2つのサブアレーアンテナの間において複数のアンテナ素子が共用される例について説明する。

【0102】

図8は、本実施の形態3に係るアンテナ装置62の構成の一例を示す上面図である。なお、図8は、2つのアンテナ素子が2つのサブアレーアンテナにおいて共用され、アンテナ素子を一直線状に配置している。なお、共用されるアンテナ素子が、3つ以上であっても、図8と同様に、アンテナ素子を一直線状に配置することができる。

【0103】

50

また、図 8 では、共用されるアンテナ素子を 2 つにすることで、サブアレーアンテナの間隔を維持しながら、サブアレーアンテナのアンテナ素子の数を 4 から 6 に増加させて、アンテナ利得を向上させることができる。さらに、時分割 MIMO として動作する本アンテナの素子稼働率を向上できる。

【0104】

アンテナ装置 62 は、例えば、サブアレーアンテナ 66a とサブアレーアンテナ 66b を含む。サブアレーアンテナ 66a は、アンテナ素子 64a - 1 ~ アンテナ素子 64a - 4 およびアンテナ素子 64c - 1 ~ アンテナ素子 64c - 2 と、給電線路 65a と、を含む。サブアレーアンテナ 66b は、アンテナ素子 64b - 1 ~ アンテナ素子 64b - 4 およびアンテナ素子 64c - 1 ~ アンテナ素子 64c - 2 と、給電線路 65b と、を含む。アンテナ素子 64c - 1 ~ アンテナ素子 64c - 2 は、サブアレーアンテナ 66a およびサブアレーアンテナ 66b において共用されるアンテナ素子である。

10

【0105】

なお、以下の説明では、アンテナ素子 64a - 1 ~ アンテナ素子 64a - 4 を、適宜、アンテナ素子 64a と称してもよい。また、アンテナ素子 64b - 1 ~ アンテナ素子 64b - 4 を、適宜、アンテナ素子 64b と称してもよい。また、アンテナ素子 64c - 1 ~ アンテナ素子 64c - 2 を、適宜、アンテナ素子 64c と称してもよい。

【0106】

サブアレーアンテナ 66a とサブアレーアンテナ 66b は、時分割 MIMO のアンテナとして機能するため、給電点 67a と給電点 67b から同時に電力が供給されるのではなく、異なるタイミング（時分割）で電力が供給される。

20

【0107】

アンテナ素子 64a - 1 ~ アンテナ素子 64a - 4、アンテナ素子 64b - 1 ~ アンテナ素子 64b - 4、および、アンテナ素子 64c - 1 ~ アンテナ素子 64c - 2 は、X 軸方向に沿って直線上に配置される。なお、アンテナ装置 62 における各アンテナ素子の切り欠き 10 の向きは、あくまで一例であり、本開示はこれに限定されない。例えば、切り欠き 10 の向きは、アンテナ特性によって設定されてもよい。

【0108】

アンテナ素子 64a - 1 ~ アンテナ素子 64a - 4 は、給電線路 65a に沿って配置される。アンテナ素子 64b - 1 ~ アンテナ素子 64b - 4 は、給電線路 65b に沿って配置される。

30

【0109】

アンテナ素子 64a - 1 ~ アンテナ素子 64a - 4 のそれぞれと、給電線路 65a との接続状態および位置関係は、例えば、実施の形態 3 におけるアンテナ装置 62 を使用するシステムによって、決定されてもよい。

【0110】

なお、実施の形態 1 と同様に、アンテナ素子 64a は、給電線路 65a に金属導体パターンで接続される、給電線路 65a と電磁界的に結合する、給電点 67a との位置関係、との組み合わせによって、受ける電力を調整することができる。

【0111】

アンテナ素子 64b - 1 ~ アンテナ素子 64b - 4 のそれぞれと、給電線路 65b との接続状態および位置関係は、例えば、実施の形態 3 におけるアンテナ装置 62 を使用するシステムによって、決定されてもよい。

40

【0112】

なお、実施の形態 1 と同様に、アンテナ素子 64b は、給電線路 65b に金属導体パターンで接続される、給電線路 65b と電磁界的に結合する、給電点 67b との位置関係、との組み合わせによって、受ける電力を調整することができる。

【0113】

アンテナ素子 64c は、例えば、アンテナ素子 64a - 1 とアンテナ素子 64b - 1 との間において、給電線路 65a および給電線路 65b に沿って配置される。アンテナ素子

50

64cは、例えば、給電線路65aと電磁界的に結合し、給電線路65aから電力を受ける。また、アンテナ素子64cは、例えば、給電線路65bと電磁界的に結合し、給電線路65bから電力を受ける。アンテナ素子64cは、給電線路65aおよび給電線路65bと金属導体パターンによって接続されない。アンテナ素子64cは、給電線路65aおよび給電線路65bと、離間している。

【0114】

なお、給電線路65aからアンテナ素子64cに対して供給される電力は、アンテナ素子64aに対して供給される電力以下となるように設計される。

【0115】

また、給電線路65bからアンテナ素子64cに対して供給される電力は、アンテナ素子64bに対して供給される電力以下となるように設計される。

10

【0116】

また、実施の形態1と同様に、サブアレーアンテナ66aおよびサブアレーアンテナ66bは、時分割MIMOのアンテナとして機能するため、アンテナ素子64cへの給電は、給電点67aと給電点67bから同時に電力が供給されるのではなく、異なるタイミング(時分割)で電力が供給される。このため、アンテナ素子64cは、給電点67aから電力が供給された場合にサブアレーアンテナ66aのアンテナ素子として動作し、給電点67bから電力が供給された場合にサブアレーアンテナ66bのアンテナ素子として動作する。

【0117】

20

また、アンテナ装置62は、図4のように、垂直方向(X軸方向)の共用されるアンテナ素子数を増やすことで、アンテナ利得向上のためにサブアレーアンテナのアンテナ素子数を6素子に増やしても、より効果的にアンテナ間隔を小さくすることができる。

【0118】

図9は、本実施の形態3に係るアンテナ装置62の構成の他の一例を示す上面図である。なお、図9では、3つのアンテナ素子を共用し、共用されるアンテナ素子は、共用されないアンテナ素子に対して、垂直に配置される。つまり、共用するアンテナ素子が、3つ以上の奇数個の場合、図2A、図8と異なり、共用されないアンテナ素子に対して、共用されるアンテナ素子を垂直に配置することができる。

【0119】

30

アンテナ装置72は、アンテナ装置2に対して、2つのサブアレーアンテナの間において共用されるアンテナ素子の数を3つにした例である。アンテナ装置72に電力を供給する給電ビアおよび裏面配線は、アンテナ装置2の給電ビア8および裏面配線9と同様であるので図示は省略する。また、アンテナ装置72が形成される誘電体基板および誘電体基板の内層に設けられる反射板についても、アンテナ装置2と同様のため、図示は省略する。

【0120】

アンテナ装置72は、例えば、サブアレーアンテナ76aとサブアレーアンテナ76bを含む。サブアレーアンテナ76aは、アンテナ素子74a-1~アンテナ素子74a-3およびアンテナ素子74c-1~アンテナ素子74c-3と、給電線路75aと、を含む。サブアレーアンテナ76bは、アンテナ素子74b-1~アンテナ素子74b-3およびアンテナ素子74c-1~アンテナ素子74c-3と、給電線路75bと、を含む。アンテナ素子74c-1~アンテナ素子74c-3は、サブアレーアンテナ76aおよびサブアレーアンテナ76bにおいて共用されるアンテナ素子である。

40

【0121】

サブアレーアンテナ76aとサブアレーアンテナ76bは、時分割MIMOのアンテナとして機能するため、給電点77aと給電点77bから同時に電力が供給されるのではなく、異なるタイミング(時分割)で電力が供給される。

【0122】

各アンテナ素子は、それぞれ、切り欠き10を有するループ形状の素子である。アンテ

50

ナ素子 74a-2、アンテナ素子 74a-3、アンテナ素子 74b-1、および、アンテナ素子 74c-1～アンテナ素子 74c-3 の切り欠き 10 の向きは、X 軸の正方向である。アンテナ素子 74a-1、アンテナ素子 74b-2、および、アンテナ素子 74b-3 の切り欠き 10 の向きは、X 軸の負方向である。なお、アンテナ装置 72 における切り欠き 10 の向きは、あくまで一例であり、本開示はこれに限定されない。例えば、切り欠き 10 の向きは、アンテナ特性によって設定されてもよい。

【0123】

アンテナ素子 74a-1～アンテナ素子 74a-3、アンテナ素子 74b-1～アンテナ素子 74b-3、および、アンテナ素子 74c-1 は、X 軸方向に沿って直線上に配置される。アンテナ素子 74c-2 は、Y 軸方向に沿ってアンテナ素子 74c-1 と並び、  
アンテナ素子 74c-1 よりも Y 軸の正方向に配置される。アンテナ素子 74c-3 は、  
Y 軸方向に沿ってアンテナ素子 74c-1 と並び、アンテナ素子 74c-1 よりも Y 軸の  
負方向に配置される。

10

【0124】

アンテナ素子 74a-1～アンテナ素子 74a-3 は、給電線路 75a に沿って配置される。給電線路 75a の一部は、アンテナ素子 74a-1 とアンテナ素子 74c-1 の間  
において分岐する。分岐した給電線路 75a の一部は、アンテナ素子 74c-2 とアンテナ  
素子 74c-3 の配置に合わせて、アンテナ素子 74c-2 とアンテナ素子 74c-3  
に沿うように形成される。

【0125】

アンテナ素子 74a-1～アンテナ素子 74a-3 のそれぞれと、給電線路 75a との  
接続状態および位置関係は、例えば、実施の形態 3 におけるアンテナ装置 72 を使用する  
システムによって、決定されてもよい。

20

【0126】

なお、実施の形態 1 と同様に、アンテナ素子 74a は、給電線路 75a に金属導体パター  
ンで接続される、給電線路 75a と電磁界的に結合する、給電点 77a との位置関係、  
との組み合わせによって、受ける電力を調整することができる。

【0127】

アンテナ素子 74b-1～アンテナ素子 74b-3 は、給電線路 75b に沿って配置さ  
れる。給電線路 75b の一部は、アンテナ素子 74b-1 とアンテナ素子 74c-1 の間  
において分岐する。分岐した給電線路 75b の一部は、アンテナ素子 74c-2 とアンテナ  
素子 74c-3 の配置に合わせて、アンテナ素子 74c-2 とアンテナ素子 74c-3  
に沿うように形成される。

30

【0128】

アンテナ素子 74b-1～アンテナ素子 74b-3 のそれぞれと、給電線路 75a との  
接続状態および位置関係は、例えば、実施の形態 3 におけるアンテナ装置 72 を使用する  
システムによって、決定されてもよい。

【0129】

なお、実施の形態 1 と同様に、アンテナ素子 74b は、給電線路 75b に金属導体パター  
ンで接続される、給電線路 75b と電磁界的に結合する、給電点 77b との位置関係、  
との組み合わせによって、受ける電力を調整することができる。

40

【0130】

アンテナ素子 74c-1～アンテナ素子 74c-3 は、例えば、アンテナ素子 74a-  
1 とアンテナ素子 74b-1 との間において、給電線路 75a および給電線路 75b に沿  
って配置される。アンテナ素子 74c-1～アンテナ素子 74c-3 は、例えば、給電線  
路 75a と電磁界的に結合し、給電線路 75a から電力を受ける。アンテナ素子 74c は  
、例えば、給電線路 75b と電磁界的に結合し、給電線路 75b から電力を受ける。ただ  
し、アンテナ素子 74c-1～アンテナ素子 74c-3 は、給電線路 75a 及び給電線路  
75b の両方から、同じタイミングで、電力を受けることはない。アンテナ素子 74c-  
1～アンテナ素子 74c-3 は、給電線路 75a および給電線路 75b と金属導体パター

50

ンによって接続されない。アンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-3 は、給電線路 75a および給電線路 75b と、離間している。

【0131】

なお、給電線路 75a からアンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-3 に供給される電力は、アンテナ素子 74a-1 およびアンテナ素子 74a-2 に供給される電力以下となるように設計される。

【0132】

また、アンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-3 において電力が分配されるため、給電線路 75a からアンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-3 に供給される電力は、アンテナ素子 74a-3 に供給される電力よりも小さくなる。

10

【0133】

なお、給電線路 75b からアンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-3 に対して供給される電力は、アンテナ素子 74b-1 およびアンテナ素子 74b-2 に対して供給される電力以下となるように設計される。

【0134】

また、アンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-3 において電力が分配されるため、給電線路 75b からアンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-3 に供給される電力は、アンテナ素子 74b-3 に供給される電力よりも小さくなる。

【0135】

このように、アンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-3 が、給電線路 75a および給電線路 75b と離間し、金属導体パターンを介して物理的に給電線路 75a および給電線路 75b と接触していない。さらに、アンテナ素子 74c に対して給電される電力は、アンテナ素子 74a およびアンテナ素子 74b に対して給電される電力よりも小さい。この構成により、サブアレーアンテナ 76a が、例えば電磁波の放射する動作の時に、サブアレーアンテナ 76b へ漏洩する電力を抑制できる。また、サブアレーアンテナ 76b が、例えば電磁波の放射する動作の時に、サブアレーアンテナ 76a へ漏洩する電力を抑制できる。なお、サブアレーアンテナ 76a が、例えば電磁波の放射する動作を実施する場合、サブアレーアンテナ 76b は、電磁波の放射する動作を実施しない。

20

【0136】

なお、アンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-3 に供給される電力は、アンテナ素子 74a-1 ~ アンテナ素子 74a-3 およびアンテナ素子 74b-1 ~ アンテナ素子 74b-3 に供給される電力よりも小さくなるように調整することが望ましい。

30

【0137】

このように、供給される電力が調整されることによって、サブアレーアンテナ 76a に電力が供給された場合、サブアレーアンテナ 76b へ漏洩する電力を抑制できる。また、サブアレーアンテナ 76b に電力が供給された場合、サブアレーアンテナ 76a へ漏洩する電力を抑制できる。

【0138】

また、サブアレーアンテナ 76a とサブアレーアンテナ 76b は、時分割 MIMO のアンテナとして機能するため、アンテナ素子 74c への給電は、給電点 77a と給電点 77b から同時に電力が供給されるのではなく、異なるタイミング（時分割）で電力が供給される。このため、アンテナ素子 74c は、給電点 77a から電力が供給された場合にサブアレーアンテナ 76a のアンテナ素子として動作し、給電点 77b から電力が供給された場合にサブアレーアンテナ 76b のアンテナ素子として動作する。

40

【0139】

以上、本実施の形態 3 に係るアンテナ装置 62 では、サブアレーアンテナ 66a およびサブアレーアンテナ 66b においてアンテナ素子 64c-1 ~ アンテナ素子 64c-3 が共用される。また、アンテナ装置 72 では、サブアレーアンテナ 76a およびサブアレーアンテナ 76b においてアンテナ素子 74c-1 ~ アンテナ素子 74c-2 が共用される。一部のアンテナ素子を複数のサブアレーアンテナにおいて共用することによって、アン

50

テナ間隔を維持し、各サブアレーアンテナのアンテナ素子の数を増やすことができるため、アンテナ利得（指向性利得）を向上させ、不要なサイドローブを抑制することができ、アンテナ性能の向上を実現できる。

【0140】

また、本実施の形態3に係るアンテナ装置62は、アンテナ素子64c-1～64c-3が垂直方向（Y軸方向）に配置される。この構成により、アンテナ装置62がZ軸の正方向に放射する電磁波のメインビーム（主ビーム）の水平方向（X軸方向）の半値角に加えて、垂直方向（Y軸方向）の半値角を小さくできる。

【0141】

なお、本実施の形態3では、2つのサブアレーアンテナ間で2つ、および3つのアンテナ素子が共用される例を示したが、本開示はこれに限定されない。例えば、3つ以上のサブアレーアンテナがX軸に沿って配置され、隣接するサブアレーアンテナ間でアンテナ素子が共用されていても上記と同様の効果が得られる。

10

【0142】

また、本実施の形態3に係るアンテナ装置72は、2つのサブアレーアンテナの間において共用されるアンテナ素子（アンテナ素子74c-1～74c-3）が複数設けられることにより、共用されるアンテナ素子に供給される電力の調整の自由度が増える。そのため、より柔軟なアンテナ装置の設計を行うことができる。

【0143】

なお、上述した各実施の形態では、サブアレーアンテナの中央付近に給電点が設けられる例について説明した。本開示はこれに限定されない。

20

【0144】

また、上述した各実施の形態では、裏面配線を介して給電される例について説明した。本開示はこれに限定されない。例えば、基板の表面の配線を介して、給電されてもよい。

【0145】

また、上述した各実施の形態では、1つのサブアレーアンテナに含まれるアンテナ素子の数が4素子である例について説明した。本開示はこれに限定されない。1つのサブアレーアンテナに含まれるアンテナ素子の数は、2素子、3素子、または、5素子以上であっても良い。

【0146】

また、上述した各実施の形態では、サブアレーアンテナの数が2である例について説明した。本開示はこれに限定されない。サブアレーアンテナの数は、3以上であっても良い。

30

【0147】

また、各実施の形態に示したアンテナ装置をX軸方向に複数配置してもよいし、Y軸方向に複数配置してもよい。

【0148】

また、上述した各実施の形態では、アンテナ素子が、切り欠きを有するループ形状または矩形である例について説明した。本開示はこれに限定されない。アンテナ素子は、パッチアンテナであってもよい。あるいは、アンテナ装置に含まれるアンテナ素子には、異なる形状のアンテナ素子が含まれていてもよい。例えば、サブアレーアンテナに含まれるアンテナ素子のうち、他のサブアレーアンテナと共用するアンテナ素子がパッチアンテナであり、共用するアンテナ素子以外のアンテナ素子が、パッチアンテナと異なる形状のアンテナ素子であってもよい。

40

【0149】

また、上述した各実施の形態では、複数のサブアレーアンテナにおいて共用されるアンテナ素子について説明した。複数のサブアレーアンテナにおいて共用されるアンテナ素子、複数のサブアレーアンテナにおいて共有されるアンテナ素子と称されてもよい。

【0150】

また、上記実施の形態の説明に用いた各機能ブロックは、典型的には集積回路であるL

50

LSIとして実現される。集積回路は、上記実施の形態の説明に用いた各機能ブロックを制御し、入力と出力を備えてもよい。これらは個別に1チップ化されてもよいし、各機能ブロックの一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。ここでは、LSIとしたが、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。

【0151】

また、集積回路化の手法にはLSIに限らず、専用回路または汎用プロセッサを用いて実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)、又は、LSI内部の回路セルの接続、設定が再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサを利用してよい。

10

【0152】

更には、半導体技術の進歩または派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、別技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。バイオ技術の適用等が可能性としてあり得る。

【0153】

なお、本開示は、無線通信装置、または制御装置において実行される制御方法として表現することが可能である。また、本開示は、かかる制御方法をコンピュータにより動作させるためのプログラムとして表現することも可能である。更に、本開示は、かかるプログラムをコンピュータによる読み取りが可能な状態で記録した記録媒体として表現することも可能である。すなわち、本開示は、装置、方法、プログラム、記録媒体のうち、いずれの

20

カテゴリーにおいても表現可能である。

【0154】

以上、図面を参照しながら各種の実施の形態について説明したが、本開示はかかる例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範囲内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。また、開示の趣旨を逸脱しない範囲において、上記実施の形態における各構成要素を任意に組み合わせてもよい。

【0155】

<本開示のまとめ>

本開示におけるアンテナ装置は、第1のアンテナ素子群と、1つ以上の第3のアンテナ素子と、前記第1のアンテナ素子群及び前記1つ以上の第3のアンテナ素子に電力を供給する第1の給電線と、を有する、基板に設けられた第1のサブアレーアンテナと、第2のアンテナ素子群と、前記1つ以上の第3のアンテナ素子と、前記第2のアンテナ素子群及び前記1つ以上の第3のアンテナ素子に電力を供給する第2の給電線と、を有する、前記基板に設けられた第2のサブアレーアンテナと、を備え、前記1つ以上の第3のアンテナ素子は、前記第1の給電線および前記第2の給電線と、離間している。

30

【0156】

本開示のアンテナ装置において、前記1つ以上の第3のアンテナ素子は、前記第1の給電線および前記第2の給電線と、電磁界結合する。

【0157】

本開示のアンテナ装置において、前記第1のサブアレーアンテナへの電力の供給と、前記第2のサブアレーアンテナへの電力の供給は、時分割で行われる。

40

【0158】

本開示のアンテナ装置において、前記第1のサブアレーアンテナの中心と、前記第2のサブアレーアンテナの中心との間の第1の方向における距離は、前記第1のサブアレーアンテナの前記第1の方向における長さと同様に前記第2のサブアレーアンテナの前記第1の方向における長さよりも小さい。

【0159】

本開示のアンテナ装置において、前記第1の給電線から前記1つ以上の第3のアンテナ素子へ供給される電力は、前記第1の給電線から前記第1のアンテナ素子群のそれぞれに

50

供給される電力以下であり、前記第 2 の給電線から前記 1 つ以上の第 3 のアンテナ素子へ供給される電力は、前記第 2 の給電線から前記第 2 のアンテナ素子群のそれぞれに供給される電力以下である。

【0160】

本開示のアンテナ装置において、前記第 1 のアンテナ素子群および前記第 2 のアンテナ素子群の少なくとも一方は、第 1 の方向に沿って配置されるアンテナ素子と、前記第 1 の方向に垂直な第 2 の方向に沿って配置されるアンテナ素子を含む。

【0161】

本開示のアンテナ装置において、前記第 1 のサブアレーアンテナおよび前記第 2 のサブアレーアンテナは、10 GHz 以上の周波数帯域の電磁波を放射する。

10

【0162】

本開示のアンテナ装置において、前記第 1 のサブアレーアンテナおよび前記第 2 のサブアレーアンテナがそれぞれ複数配置される。

【産業上の利用可能性】

【0163】

本開示にかかるアンテナ装置は、レーダ装置等に用いるのに好適である。

【符号の説明】

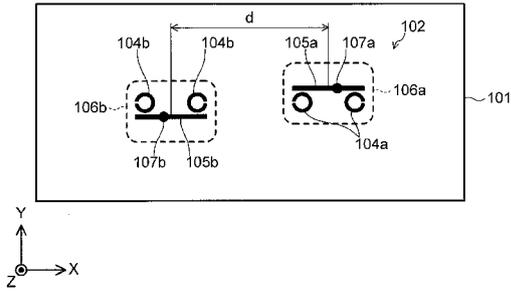
【0164】

- 1、101 誘電体基板
- 2、2-1、2-2、2-3、2-4、12、22、32、42、52、62、72、
- 102 アンテナ装置
- 3、103 反射板
- 4a-1~4a-3、4b-1~4b-3、4c、14a-1~14a-3、14b-1~14b-3、14c、24a-1~24a-3、24b-1~24b-3、24c、64a-1~64a-4、64b-1~64b-4、64c-1~64c-2、74a-1~74a-3、74b-1~74b-3、74c-1~74c-3、104a、104b
- b アンテナ素子
- 5a、5b、25a、25b、35a、45a、45b、55a、65a、65b、75a、75b、105a、105b 給電線路
- 6a、6b、16a、16b、26a、26b、66a、66b、76a、76b、106a、106b サブアレーアンテナ
- 7a、7b、27a、27b、67a、67b、77a、77b、107a、107b 給電点
- 8、108 給電ビア
- 9、19、109 裏面配線

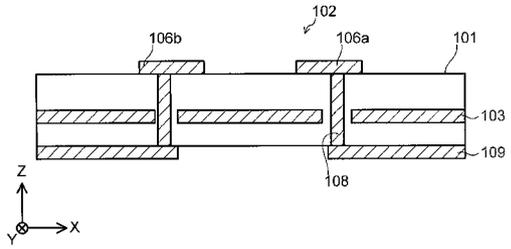
20

30

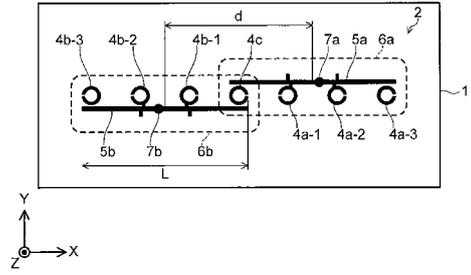
【図 1 A】



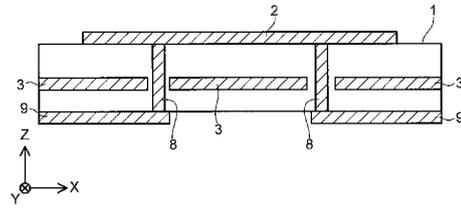
【図 1 B】



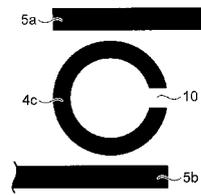
【図 2 A】



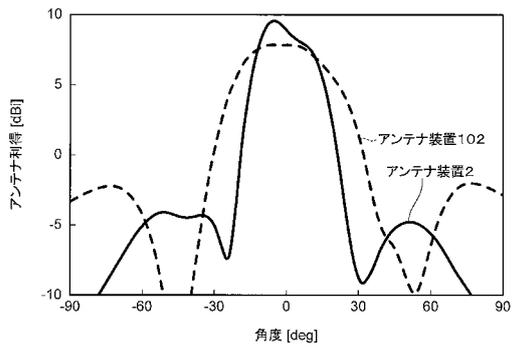
【図 2 B】



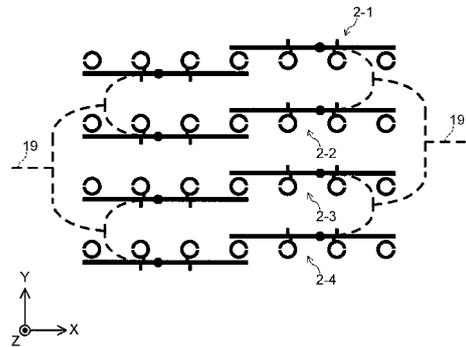
【図 2 C】



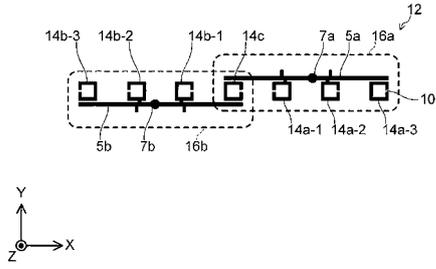
【図 3】



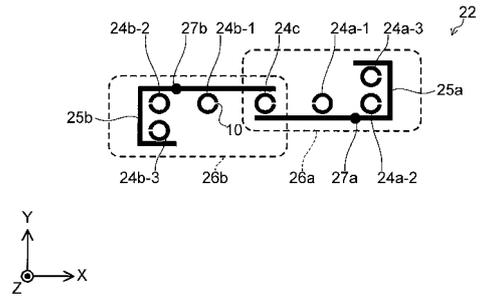
【図 4】



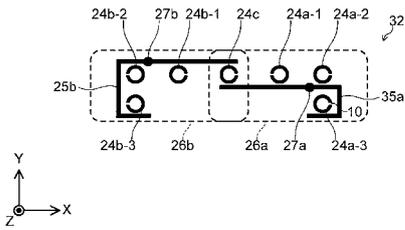
【 図 5 】



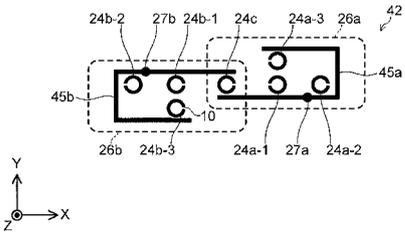
【 図 6 】



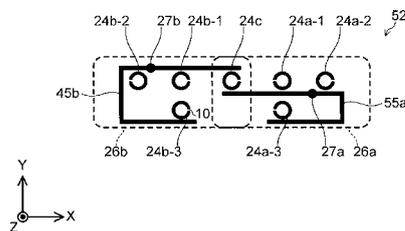
【 図 7 A 】



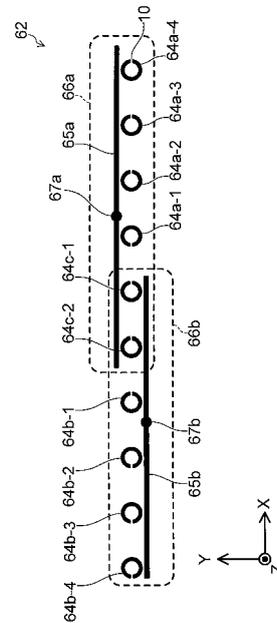
【 図 7 B 】



【 図 7 C 】



【 図 8 】



【 図 9 】

