

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5349679号  
(P5349679)

(45) 発行日 平成25年11月20日 (2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月30日 (2013.8.30)

|              |             |                  |                    |
|--------------|-------------|------------------|--------------------|
| (51) Int.Cl. |             | F I              |                    |
| <b>H03F</b>  | <b>1/06</b> | <b>(2006.01)</b> | <b>H03F</b> 1/06   |
| <b>H03F</b>  | <b>1/32</b> | <b>(2006.01)</b> | <b>H03F</b> 1/32   |
| <b>H03F</b>  | <b>3/24</b> | <b>(2006.01)</b> | <b>H03F</b> 3/24   |
| <b>H04B</b>  | <b>7/10</b> | <b>(2006.01)</b> | <b>H04B</b> 7/10 A |

請求項の数 17 (全 23 頁)

|               |                              |           |                   |
|---------------|------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2012-502940 (P2012-502940) | (73) 特許権者 | 000006013         |
| (86) (22) 出願日 | 平成22年3月4日 (2010.3.4)         |           | 三菱電機株式会社          |
| (86) 国際出願番号   | PCT/JP2010/053558            |           | 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 |
| (87) 国際公開番号   | W02011/108103                | (74) 代理人  | 100110423         |
| (87) 国際公開日    | 平成23年9月9日 (2011.9.9)         |           | 弁理士 曾我 道治         |
| 審査請求日         | 平成24年6月6日 (2012.6.6)         | (74) 代理人  | 100094695         |
|               |                              |           | 弁理士 鈴木 憲七         |
|               |                              | (74) 代理人  | 100111648         |
|               |                              |           | 弁理士 梶並 順          |
|               |                              | (74) 代理人  | 100122437         |
|               |                              |           | 弁理士 大宅 一宏         |
|               |                              | (74) 代理人  | 100147566         |
|               |                              |           | 弁理士 上田 俊一         |
|               |                              | (74) 代理人  | 100161171         |
|               |                              |           | 弁理士 吉田 潤一郎        |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送信モジュールおよびフェーズドアレイアンテナ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

高周波増幅器と、  
 前記高周波増幅器の入力信号の利得を可変設定する振幅制御手段と、  
 前記高周波増幅器の入力信号の位相を可変設定する位相制御手段と  
 により構成された送信モジュールにおいて、  
 前記高周波増幅器の電源電圧を可変設定する電源電圧制御手段と、  
 前記振幅制御手段、前記位相制御手段および前記電源電圧制御手段を制御する制御回路  
 とを備え、

前記制御回路および前記電源電圧制御手段は、前記高周波増幅器の出力電力に応じて、  
 前記高周波増幅器の利得が一定となるように、前記電源電圧を制御し、

前記制御回路は、前記電源電圧の変化に応じて発生する前記高周波増幅器の利得および  
 通過位相の各変化を補償するように、前記振幅制御手段および前記位相制御手段を制御す  
 る、

ことを特徴とする送信モジュール。

【請求項2】

前記高周波増幅器の出力電力に対する電源電圧設定値と、前記振幅制御手段に対する利  
 得変化設定値と、前記位相制御手段に対する位相変化設定値とが格納された制御テーブル  
 を備え、

前記制御回路および前記電源電圧制御手段は、前記電源電圧設定値に基づいて前記電源

10

20

電圧を制御し、

前記制御回路および前記振幅制御手段は、前記利得変化設定値に基づいて前記利得を制御し、

前記制御回路および前記位相制御手段は、前記位相変化設定値に基づいて前記位相を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の送信モジュール。

【請求項 3】

前記高周波増幅器の出力信号の位相を検出する第 1 の位相検出手段を備え、

前記制御回路および前記位相制御手段は、前記第 1 の位相検出手段により検出された出力位相情報に基づいて、前記位相を制御することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の送信モジュール。

10

【請求項 4】

前記高周波増幅器の入力信号の位相を検出する第 2 の位相検出手段を備え、

前記制御回路および前記位相制御手段は、前記第 1 および第 2 の位相検出手段により検出された出力位相情報および入力位相情報に基づいて、前記位相を制御することを特徴とする請求項 3 に記載の送信モジュール。

【請求項 5】

前記入力位相情報と前記出力位相情報との位相差を検出する位相差検出手段を備え、

前記制御回路および前記位相制御手段は、前記位相差検出手段により検出された位相差情報に基づいて、前記位相を制御することを特徴とする請求項 4 に記載の送信モジュール。

20

【請求項 6】

温度を検出する温度検出手段を備え、

前記制御回路および前記振幅制御手段は、前記温度検出手段により検出された温度情報に基づいて前記高周波増幅器の入力信号の利得を制御し、

前記制御回路および前記位相制御手段は、前記温度情報に基づいて前記位相を制御することを特徴とする請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項に記載の送信モジュール。

【請求項 7】

前記電源電圧制御手段は、DC-DC コンバータを含むことを特徴とする請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項に記載の送信モジュール。

【請求項 8】

30

前記振幅制御手段は、可変利得増幅器を含むことを特徴とする請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項に記載の送信モジュール。

【請求項 9】

前記振幅制御手段は、可変減衰器を含むことを特徴とする請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項に記載の送信モジュール。

【請求項 10】

前記位相制御手段は、移相器を含むことを特徴とする請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項に記載の送信モジュール。

【請求項 11】

前記位相制御手段は、

40

発振器と、前記振幅制御手段の入力側に接続された周波数変換器と、前記周波数変換器の入力側に接続された DDS とを含み、

前記 DDS で発生したベースバンド信号を、前記発振器で発生したローカル信号と前記周波数変換器とを用いて周波数変換することにより、前記高周波増幅器の入力信号を生成することを特徴とする請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項に記載の送信モジュール。

【請求項 12】

前記位相制御手段は、

発振器と、前記振幅制御手段の入力側に接続された周波数変換器と、前記発振器と前記周波数変換器との間に挿入された移相器とを含み、

前記周波数変換器に入力されるベースバンド信号を、前記発振器で発生したローカル信

50

号と前記周波数変換器とを用いて周波数変換することにより、前記高周波増幅器の入力信号を生成することを特徴とする請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項に記載の送信モジュール。

【請求項 1 3】

前記位相制御手段は、

発振器と、前記振幅制御手段の入力側に接続された第 1 の周波数変換器と、前記発振器と前記第 1 の周波数変換器との間に挿入された第 2 の周波数変換器と、前記第 2 の周波数変換器に接続された第 1 の D D S とを含み、

前記発振器および前記第 1 の D D S の各出力信号を第 2 の周波数変換器で周波数変換した信号をローカル信号として用い、前記第 1 の周波数変換器に入力されるベースバンド信号を、前記ローカル信号と前記第 1 の周波数変換器とを用いて周波数変換することにより、前記高周波増幅器の入力信号を生成することを特徴とする請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項に記載の送信モジュール。

10

【請求項 1 4】

高周波増幅器と、

前記高周波増幅器の入力信号の利得を可変設定する振幅制御手段と、

前記高周波増幅器の入力信号の位相を可変設定する位相制御手段と

により構成された送信モジュールにおいて、

前記高周波増幅器の電源電圧を可変設定する電源電圧制御手段と、

前記振幅制御手段、前記位相制御手段および前記電源電圧制御手段を制御する制御回路とを備え、

20

前記制御回路および前記電源電圧制御手段は、前記高周波増幅器の出力電力に応じて、前記高周波増幅器の利得が一定となるように、前記電源電圧を制御し、

前記位相制御手段は、

発振器と、前記振幅制御手段の入力側に接続された第 1 の周波数変換器と、前記発振器と前記第 1 の周波数変換器との間に挿入された第 2 の周波数変換器と、前記第 2 の周波数変換器に接続された第 1 の D D S とを含み、

前記発振器および前記第 1 の D D S の各出力信号を第 2 の周波数変換器で周波数変換した信号をローカル信号として用い、前記第 1 の周波数変換器に入力されるベースバンド信号を、前記ローカル信号と前記第 1 の周波数変換器とを用いて周波数変換することにより、前記高周波増幅器の入力信号を生成する、

30

ことを特徴とする送信モジュール。

【請求項 1 5】

高周波増幅器と、

前記高周波増幅器の入力信号の利得を可変設定する振幅制御手段と、

前記高周波増幅器の入力信号の位相を可変設定する位相制御手段と

により構成された送信モジュールにおいて、

前記高周波増幅器の電源電圧を可変設定する電源電圧制御手段と、

前記振幅制御手段、前記位相制御手段および前記電源電圧制御手段を制御する制御回路とを備え、

40

前記制御回路および前記電源電圧制御手段は、前記高周波増幅器の出力電力に応じて前記電源電圧を制御する送信モジュールであって、

前記位相制御手段は、

発振器と、前記振幅制御手段の入力側に接続された周波数変換器と、前記発振器と前記周波数変換器との間に挿入された移相器と、前記周波数変換器の入力側に接続されて前記ベースバンド信号を生成する D D S と、を含み、

前記周波数変換器に入力されるベースバンド信号を、前記発振器で発生したローカル信号と前記周波数変換器とを用いて周波数変換することにより、前記高周波増幅器の入力信号を生成し、

前記高周波増幅器で発生する通過位相の変化を補償するために、前記 D D S を用い、

50

フェーズドアレイアンテナ装置のビーム形成のために、前記移相器を用いることを特徴とする送信モジュール。

【請求項 16】

高周波増幅器と、  
前記高周波増幅器の入力信号の利得を可変設定する振幅制御手段と、  
前記高周波増幅器の入力信号の位相を可変設定する位相制御手段と  
により構成された送信モジュールにおいて、  
前記高周波増幅器の電源電圧を可変設定する電源電圧制御手段と、  
前記振幅制御手段、前記位相制御手段および前記電源電圧制御手段を制御する制御回路とを備え、

10

前記制御回路および前記電源電圧制御手段は、前記高周波増幅器の出力電力に応じて前記電源電圧を制御する送信モジュールであって、

前記位相制御手段は、  
発振器と、前記振幅制御手段の入力側に接続された第1の周波数変換器と、前記発振器と前記第1の周波数変換器との間に挿入された第2の周波数変換器と、前記第2の周波数変換器に接続された第1のDDSと、前記第1の周波数変換器の入力側に接続されて前記ベースバンド信号を生成する第2のDDSと、を含み、

前記発振器および前記第1のDDSの各出力信号を第2の周波数変換器で周波数変換した信号をローカル信号として用い、前記第1の周波数変換器に入力されるベースバンド信号を、前記ローカル信号と前記第1の周波数変換器とを用いて周波数変換することにより、  
前記高周波増幅器の入力信号を生成し、

20

前記高周波増幅器で発生する通過位相の変化を補償するために、前記第2のDDSを用い、

フェーズドアレイアンテナ装置のビーム形成のために、前記第1のDDSを用いることを特徴とする送信モジュール。

【請求項 17】

請求項1から16までのいずれか1項に記載の送信モジュールも用いたフェーズドアレイアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

この発明は、フェーズドアレイアンテナ装置に用いられる送信モジュールに関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、フェーズドアレイアンテナ装置に用いる送信モジュールにおいては、送信モジュール内の高周波増幅器（高出力増幅器）の低消費電力化を目的とした高効率動作に加えて、アンテナの指向性を変化させるために、出力信号の位相を制御する手段が必要である。また、ビーム形成を行うために、フェーズドアレイアンテナの各素子アンテナに接続される送信モジュール間の振幅誤差および位相誤差を抑える必要がある。

40

【0003】

従来から、フェーズドアレイアンテナ装置に用いられる送信モジュールは、高周波増幅器および移相器を備え、高周波増幅器により信号を増幅し、かつ、移相器によりビーム形成を行うために、各送信モジュールの位相を制御するように構成されている（たとえば、特許文献1参照）。

【0004】

また、従来から、複数の送信モジュールを用いたフェーズドアレイアンテナ装置においては、出力電力が同じ送信モジュールを用いてフェーズドアレイアンテナを形成する際に、素子アンテナを間引くことによって振幅分布を与えることにより、位相のみでなく振幅も制御し、十分な指向性利得を得るとともに、サイドローブレベルを低減する方法が提案

50

されている（たとえば、非特許文献1参照）。

【0005】

さらに、非特許文献1に記載のフェーズドアレイアンテナ装置においては、精度を向上させるために、また、フェーズドアレイアンテナ装置の消費電力を低減するために、飽和出力電力の異なる送信モジュールを複数用意し、アンテナの間引き、およびアンテナの組み合わせが行われている。

【0006】

この場合、飽和出力電力が同じ送信モジュールを用いてフェーズドアレイアンテナを形成する際に、アンテナを間引くことによって適切な振幅分布を与え、位相のみでなく振幅も制御し、十分な指向性利得を取得すること、または、サイドローブレベルを低減することを実現している。

10

また、飽和出力電力の異なる送信モジュールを複数用意し、アンテナの間引きと組み合わせによって振幅分布を与えることにより、アンテナ装置の消費電力を低減している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2007-174090号公報、図1(a)、図3、図4

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Robert J. Mailloux, 「Phased Array Antenna Handbook」, Artech House Inc., 1994. Section 2.4.2 Fig. 2.13, Section 2.4.3 Fig. 2.17.

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

従来の送信モジュールは、たとえば特許文献1においては、高周波増幅器が移相器を含み、信号を増幅し、かつビーム形成を行うために、各送信モジュールの位相を制御可能に構成されているが、送信モジュール間の振幅誤差および位相誤差については、特に触れられておらず、送信モジュール間の振幅誤差および位相誤差を各モジュールで等しくするように、ばらつきを管理する必要がある、コストが高くなるという課題があった。

30

【0010】

また、各送信モジュールの振幅を制御する手段を備えていないことから、送信モジュールの出力電力がすべて同じになるので、特許文献1に記載の送信モジュールを用いてフェーズドアレイアンテナ装置を形成した場合には、各アンテナ素子から放射される信号の位相のみしか制御することができず、アンテナの十分な指向性利得を得ることができない、または、サイドローブレベルを十分に低減することができないという課題があった。

さらに、振幅制御を行うために、一部の送信モジュール出力電力を低く抑えることも考えられるが、この場合には、出力電力を低くした送信モジュール内の高周波増幅器の効率が低くなってしまい、アンテナ装置の消費電力が大きくなるという課題があった。

40

【0011】

一方、非特許文献1によるフェーズドアレイアンテナ装置の位相および振幅の制御方法においては、間引きによって離散的に振幅分布を与えているものの、連続的ではないうえ、大きく振幅分布を与える場合には、振幅が小さな箇所については素子アンテナの間隔が大きくなりすぎるので、連続的に振幅分布を与えた場合に得られる大きな指向性利得や、サイドローブレベルの低減を実現することができないという課題があった。

【0012】

また、飽和出力電力の異なる送信モジュールを複数用意した場合においては、振幅が小さな箇所について、素子アンテナの間隔が大きくなりすぎる課題が解消されることはなく、また、飽和出力電力の異なる送信モジュール間の振幅誤差および位相誤差を小さくする

50

ことは困難なので、誤差が大きくなるうえ、複数の飽和出力電力の異なる送信モジュールを開発する必要があることから、コストが高くなるという課題があった。

【0013】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、フェーズドアレイアンテナ装置において、位相制御のみでなく振幅制御も連続的に行うための送信モジュールを実現し、かつ、その振幅、位相ばらつきを抑え、さらに、送信モジュール内の高周波増幅器の高効率化を実現することを目的とする。

また、送信モジュールを用いたフェーズドアレイアンテナ装置として、大きな指向性利得、低いサイドローブレベル、低消費電力化を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

【0014】

この発明に係る送信モジュールは、高周波増幅器と、高周波増幅器の入力信号の利得を可変設定する振幅制御手段と、高周波増幅器の入力信号の位相を可変設定する位相制御手段とにより構成された送信モジュールにおいて、高周波増幅器の電源電圧を可変設定する電源電圧制御手段と、振幅制御手段、位相制御手段および電源電圧制御手段を制御する制御回路とを備え、制御回路および電源電圧制御手段は、高周波増幅器の出力電力に応じて、高周波増幅器の利得が一定となるように、電源電圧を制御し、制御回路は、電源電圧の変化に応じて発生する高周波増幅器の利得および通過位相の各変化を補償するように、振幅制御手段および位相制御手段を制御するもの等にある。

【発明の効果】

20

【0015】

この発明によれば、位相制御のみでなく振幅制御も連続的に行うための送信モジュールを実現し、かつ、その振幅、位相ばらつきを抑え、さらに、送信モジュール内の高周波増幅器の高効率化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】この発明の実施例1に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。（実施例1）

【図2】この発明の実施例1における電源電圧の変化時の入出力特性の測定結果を示す説明図である。（実施例1）

30

【図3】この発明の実施例1における出力電力依存性を示す説明図である。

【図4】この発明の実施例2に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。（実施例2）

【図5】この発明の実施例3に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。（実施例3）

【図6】この発明の実施例4に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。（実施例4）

【図7】この発明の実施例5に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。（実施例5）

【図8】この発明の実施例6に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。（実施例6）

40

【図9】この発明の実施例7に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。（実施例7）

【図10】図9内の制御テーブルに格納されたデータ例を示す説明図である。（実施例7）

【図11】この発明の実施例8に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。（実施例8）

【図12】図11内の制御テーブルに格納されたデータ例を示す説明図である。（実施例8）

【図13】この発明の実施例9に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。（実

50

施例 9)

【図 1 4】この発明の実施例 1 0 に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。(実施例 1 0)

【図 1 5】この発明の実施例 1 1 に係る送信モジュールを示す回路ブロック図である。(実施例 1 1)

【図 1 6】この発明の実施例 1 2 に係るフェーズドアレイアンテナ装置を示す回路ブロック図である。(実施例 1 2)

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 7】

(実施例 1)

図 1 はこの発明の実施例 1 に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、図 1 (a)、図 1 (b) は、それぞれ異なる構成例を示している。

図 1 (a) において、送信モジュールは、高周波信号入力端子 1 と、高周波信号出力端子 2 と、高周波増幅器 3 と、可変利得増幅器 4 と、可変電圧源 5 と、移相器 6 と、制御回路 7 と、高周波増幅器 3 の電源端子 8 と、可変利得増幅器 4 (利得制御手段、振幅制御手段) の制御端子 9 と、移相器 6 (位相制御手段) の制御端子 1 0 と、可変電圧源 5 (電圧制御手段) の制御端子 1 1 と、可変電圧源 5 の電源端子 1 2 とを備えている。

【0 0 1 8】

一方、図 1 (b) においては、図 1 (a) 内の可変利得増幅器 4 に代えて、可変減衰器 1 3 を備えている。

図 1 (a) および図 1 (b) の各回路構成における相違点は、利得可変手段(振幅制御手段)として、可変利得増幅器 4 または可変減衰器 1 3 のいずれか一方を用いた点のみである。

【0 0 1 9】

次に、図 1 (a) に示した送信モジュールの動作について説明する。ここでは、代表的に、図 1 (a) の回路構成において説明し、同様の図 1 (b) については、動作説明を省略する。

高周波信号入力端子 1 から入力された高周波信号は、移相器 6 により位相制御され、可変利得増幅器 4 により振幅制御された後、高周波増幅器 3 により所要の出力電力まで増幅され、高周波信号出力端子 2 から出力される。これにより、高周波信号の位相のみでなく振幅も制御することができる。

【0 0 2 0】

高周波増幅器 3 の電源電圧は、可変電圧源 5 から、高周波増幅器 3 の電源端子 8 を介して供給される。また、電源電圧は、可変電圧源 5 の電源端子 1 2 から印加された電圧に基づいて生成され、可変電圧源の制御端子 1 1 を介して、制御回路 7 により制御される。

なお、制御回路 7 には、高周波増幅器 3 の入出力特性(出力電圧の値を含む)が、既知のデータ値としてあらかじめ格納されているものとする。

【0 0 2 1】

移相器 6 の通過位相は、移相器 6 (位相制御手段) の制御端子 1 0 を介して、制御回路 7 によって制御される。

同様に、可変利得増幅器 4 の利得は、可変利得増幅器 4 (利得制御手段、振幅制御手段) の制御端子 9 を介して、制御回路 7 によって制御される。

【0 0 2 2】

図 2 は高周波増幅器 3 (3 段増幅器) の入出力特性の測定結果を示す説明図であり、図 2 (a) は効率 [%] の出力電力依存性、図 2 (b) は利得 [dB] の出力電力依存性、図 2 (c) は通過位相 [deg] の出力電力依存性、をそれぞれ示している。

【0 0 2 3】

図 2 (a) ~ 図 2 (c) において、横軸は出力電力  $P_{out}$  [dBm] であり、ここでは、3 段増幅器のすべての電源電圧  $V_c$  [V] を 1 V ~ 4 V の範囲で変化させた場合の各測定結果が示されている。なお、測定周波数は、2.5 GHz である。

## 【0024】

図2 (a) において、特性曲線が左側にシフトするように電源電圧  $V_c$  を低くすると、効率が最大（極大）となる出力電力  $P_{out}$  が低くなる。

したがって、図1 (a) に示す送信モジュールにおいては、送信モジュール内の高周波増幅器3の出力電力  $P_{out}$  が低くなるにつれて、電源電圧が低くなるように制御することにより、高周波増幅器3の効率を高めることが可能なことが分かる。

## 【0025】

すなわち、フェーズドアレイアンテナ装置において、各素子アンテナの出力信号に振幅分布を持たせる場合に、出力電力が小さい素子アンテナに接続する送信モジュールにおいては、送信モジュール内の高周波増幅器3の出力電力の低下にともなって電源電圧が低くなるように制御することにより、高周波増幅器3の効率を高めることができ、フェーズドアレイアンテナ装置としての消費電力を低減させることができる。

10

## 【0026】

一方、図2 (b)、図2 (c) において、高周波増幅器3の利得および通過位相は、電源電圧  $V_c$  の変化にともなって変化するので、フェーズドアレイアンテナ装置を構成する他の送信モジュールとの間で、振幅誤差および位相誤差が発生することが分かる。

ただし、図1 (a) の送信モジュールにおいては、可変利得増幅器4（振幅制御手段）を、可変利得増幅器4（利得制御手段）の制御端子9を介して、制御回路7により制御することによって、高周波増幅器3の電源電圧の変化による利得変化を補償することができる。

20

## 【0027】

同様に、移相器6（位相制御手段）を、移相器6（位相制御手段）の制御端子10を介して、制御回路7により制御することによって、高周波増幅器3の電源電圧の変化による通過位相変化を補償することができる。

これにより、フェーズドアレイアンテナ装置を構成する他の送信モジュールとの間の振幅誤差および位相誤差を低減することができる。

## 【0028】

図3は出力電力依存性を示す説明図であり、図3 (a) は電源電圧  $V_c$  [V] の出力電力依存性、図3 (b) は効率 [%] の出力電力依存性、図3 (c) は利得 [dB] および通過位相 [deg] の出力電力依存性、をそれぞれ示している。

30

## 【0029】

図3 (a) ～図3 (c) においては、図2（電源電圧  $V_c$  を変えた場合の3段増幅器の入出力特性の測定結果データ）に基づき、「効率最大電源電圧制御（高周波増幅器3の効率が最大となるように、出力電力に応じて電源電圧を制御）」した場合と、「利得一定電源電圧制御（高周波増幅器3の利得が29 [dB] で一定となるように、出力電力に応じて電源電圧を制御）」した場合とにおける、出力電力依存性が示されている。

## 【0030】

図3 (b) においては、電源電圧  $V_c$  を制御せずに、4Vで一定とした場合の効率 [%] の出力電力依存性も、合わせて示されている（黒四角による特性曲線参照）。

図3 (b) から明らかなように、電源電圧  $V_c$  を制御しない場合（黒四角の特性曲線）と比較して、効率最大電源電圧制御（黒三角の特性曲線）においても、利得一定電源電圧制御（黒丸の特性曲線）においても、出力電力  $P_{out}$  が低い場合には、大幅に効率が高くなっていることが分かる。

40

## 【0031】

したがって、図1 (a) の送信モジュールにおいて、出力電力に応じて効率が最大となるように、高周波増幅器3の電源電圧を制御すること、または、利得が一定となるように高周波増幅器3の電源電圧を制御することにより、送信モジュール内の高周波増幅器3の効率を高くすることができる。

## 【0032】

また、図3 (c)（利得および通過位相の出力電力依存性）において、出力電力  $P_{ou}$

50



tに応じて、効率 [%] が最大となるように 3 段増幅器の電源電圧  $V_c$  を制御した場合（黒丸の特性曲線）と比較して、利得が一定となるよう 3 段増幅器（高周波増幅器 3）の電源電圧  $V_c$  を制御した場合（黒三角の特性曲線）には、利得が一定になるとともに、通過位相の変化についても大幅に小さく抑制されていることが分かる。

#### 【0033】

したがって、図 1（a）の送信モジュールにおいて、出力電力に応じて利得が一定となるように、高周波増幅器 3 の電源電圧を制御することにより、高周波増幅器 3 の利得を一定にすることができ、通過位相の変化も小さくすることができる。

#### 【0034】

これにより、送信モジュールの入力信号の振幅および位相が変わらないとした場合に、出力電力の変化に応じて高周波増幅器 3 の電源電圧を変化させた場合には、高周波増幅器 3 の利得変化が生じないので、可変利得増幅器 4（振幅制御手段）の利得の制御は、出力電力に合わせて線形に制御すればよく、制御を簡単にすることができる。

#### 【0035】

また、高周波増幅器 3 の通過位相の変化も小さく抑制することができるので、移相器 6（位相制御手段）の制御範囲も小さくなり、高精度に位相を制御することができる。

また、フェーズドアレイアンテナの各素子アンテナから出力される信号に対して求められる振幅誤差および位相誤差によっては、位相に対する制御を不要にすることができる。

#### 【0036】

以上、図 1（a）の送信モジュールによる効果について説明したが、図 1（b）の送信モジュールについても、図 1（a）の送信モジュールと比較して、利得可変手段（振幅制御手段）として、可変利得増幅器 4 の代わりに可変減衰器 13 を用いている点のみが異なるので、図 1（a）の送信モジュールと同様の作用効果を奏することは言うまでもない。

#### 【0037】

また、図 1（a）および図 1（b）の送信モジュールにおいては、可変電圧源 5 として DC-DC コンバータを想定し、高周波増幅器 3 の電源端子 8 に供給する可変電圧源 5 に対して制御端子 11 および電源端子 12 を設けているが、可変電圧源 5 の内部で基準となる電圧を生成して、可変電圧源 5 の電源端子 12 を設けない構成としてもよい。

#### 【0038】

以上のように、この発明の実施例 1（図 1）に係る送信モジュールは、高周波増幅器 3 と、高周波増幅器 3 の入力信号の利得を可変設定する振幅制御手段（可変利得増幅器 4、可変減衰器 13）と、高周波増幅器 3 の入力信号の位相を可変設定する移相器 6（位相制御手段）、高周波増幅器 3 の電源電圧を可変設定する可変電圧源 5（電源電圧制御手段）と、振幅制御手段、位相制御手段および電源電圧制御手段を制御する制御回路 7 とを備え、制御回路 7 および可変電圧源 5（電源電圧制御手段）は、高周波増幅器 3 の出力電力に応じて電源電圧を制御する。

#### 【0039】

制御回路 7 は、電源電圧の変化に応じて発生する高周波増幅器 3 の利得および通過位相の各変化を補償するように、振幅制御手段（可変利得増幅器 4、可変減衰器 13）および移相器 6（位相制御手段）を制御する。

また、制御回路 7 および可変電圧源 5（電源電圧制御手段）は、高周波増幅器 3 の利得が一定となるように、電源電圧を制御する。

#### 【0040】

可変電圧源 5（電源電圧制御手段）は、DC-DC コンバータを含み、振幅制御手段は、図 1（a）内の可変利得増幅器 4、または、図 1（b）内の可変減衰器 13 を含み、位相制御手段は、移相器 6 を含む。

#### 【0041】

これにより、フェーズドアレイアンテナ装置において、位相制御のみでなく振幅制御も連続的に行うための送信モジュールを実現することができる。

また、送信モジュール内の高周波増幅器 3 の振幅および位相のばらつきを抑え、高効率

10

20

30

40

50

化を実現することができる。

さらに、送信モジュールを用いたフェーズドアレイアンテナ装置として、大きな指向性利得、低いサイドローブレベル、および低消費電力化を実現することができる。

#### 【0042】

(実施例2)

なお、上記実施例1(図1)では、位相制御手段として移相器6を用いたが、図4のように、移相器6に代えて、周波数変換器19、発振器20およびDDS(ダイレクトデジタルシンセサイザ)21を用いてもよい。

図4はこの発明の実施例2に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前述(図1参照)と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

10

#### 【0043】

図4(a)、図4(b)は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における相違点は、利得可変手段(振幅制御手段)として、可変利得増幅器4または可変減衰器13のいずれか一方を用いた点のみである。

図4(a)において、送信モジュールは、前述の高周波信号入力端子1に代えて、ベースバンドデジタル信号入力端子25を備えており、また、前述の移相器6に代えて、可変利得増幅器4(振幅制御手段)の入力側に接続された周波数変換器19と、周波数変換器19に接続された発振器20と、周波数変換器19の入力側に接続されたDDS21とを備えている。

20

#### 【0044】

図4(a)において、前述の図1(a)との相違点は、入力信号を、高周波信号ではなく、ベースバンドデジタル信号とした点と、位相制御手段として、移相器6に代えて、周波数変換器19、発振器20およびDDS21を用いた点とである。

#### 【0045】

この場合、入力信号(ベースバンドデジタル信号)をDDS21によりアナログベースバンド信号に変換した後、周波数変換器19により、発振器20で生成したローカル信号とミキシングして、高周波信号を生成している。

また、DDS21は、位相制御手段の制御端子10を介して、制御回路7により制御されることによって、通過位相を制御する。

30

#### 【0046】

図4(b)の送信モジュールにおいても、前述と同様に、図4(a)と同様に動作する。したがって、図4(a)、図4(b)に示したこの発明の実施例2においても、前述の実施例1と同様の作用効果を奏することができる。

#### 【0047】

以上のように、この発明の実施例2(図4)によれば、位相制御手段は、発振器20と、振幅制御手段の入力側に接続された周波数変換器19と、周波数変換器19の入力側に接続されたDDS21とを含み、DDS21で発生したベースバンド信号を、発振器20で発生したローカル信号と周波数変換器19とを用いて周波数変換することにより、高周波増幅器3の入力信号を生成するので、前述と同様の作用効果を奏することができる。

また、DDS21において位相制御を行うので、デジタル制御が可能であり、アナログの移相器6が不要となり、小形化を実現することが可能となる。

40

#### 【0048】

(実施例3)

なお、上記実施例2(図4)では、位相制御手段においてDDS21を用いたが、図5のように、DDS21に代えて、周波数変換器19と発振器20との間に挿入された移相器22を用いてもよい。

図5はこの発明の実施例3に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前述(図4参照)と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

#### 【0049】

図5(a)、図5(b)は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における

50

相違点は、利得可変手段（振幅制御手段）として、可変利得増幅器 4 または可変減衰器 13 のいずれか一方を用いた点のみである。

図 5（a）において、送信モジュールは、前述のベースバンドデジタル信号入力端子 25 に代えて、ベースバンドアナログ信号入力端子 26 を備えており、また、前述の DDS 21 に代えて、周波数変換器 19 と発振器 20 との間に挿入された移相器 22 を備えている。

#### 【0050】

図 5（a）において、前述の図 4（a）との相違点は、入力信号を、ベースバンドデジタル信号ではなく、ベースバンドアナログ信号とした点と、位相制御手段において、DDS 21 に代えて、移相器 22 を用いた点とである。

10

#### 【0051】

この場合、周波数変換器 19 は、入力信号（ベースバンドアナログ信号）を、発振器 20 で生成したローカル信号とミキシングすることにより、高周波信号を生成する。

また、発振器 20 と周波数変換器 19 との間に設けられた移相器 22 は、位相制御手段の制御端子 10 を介して、制御回路 7 により制御されることによって、発振器 20 からのローカル信号の位相を制御し、送信モジュールの通過位相を制御する。

したがって、図 5（a）、図 5（b）に示したこの発明の実施例 3 においても、前述の実施例 1 と同様の作用効果を奏する。

#### 【0052】

以上のように、この発明の実施例 3（図 5）によれば、位相制御手段は、発振器 20 と、振幅制御手段の入力側に接続された周波数変換器 19 と、発振器 20 と周波数変換器 19 との間に挿入された移相器 22 とを含み、周波数変換器 19 に入力されるベースバンド信号を、発振器 20 で発生したローカル信号と周波数変換器 19 とを用いて周波数変換することにより、高周波増幅器の入力信号を生成するので、前述と同様の作用効果を奏することができる。

20

#### 【0053】

##### （実施例 4）

なお、上記実施例 3（図 5）では、位相制御手段において移相器 22 を用いたが、図 6 のように、移相器 22 に代えて、第 2 の周波数変換器 23 および第 1 の DDS 24 を用いてもよい。

30

図 6 はこの発明の実施例 4 に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前述（図 5 参照）と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

#### 【0054】

図 6（a）、図 6（b）は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における相違点は、利得可変手段（振幅制御手段）として、可変利得増幅器 4 または可変減衰器 13 のいずれか一方を用いた点のみである。

図 6（a）において、送信モジュールは、前述の移相器 22 に代えて、第 1 の周波数変換器 19 と発振器 20 との間に挿入された第 2 の周波数変換器 23 と、第 2 の周波数変換器 23 に接続された第 1 の DDS 24 とを備えている。

図 6（a）において、前述の図 5（a）との相違点は、位相制御手段において、移相器 22 に代えて、第 2 の周波数変換器 23 および第 1 の DDS 24 を用いた点である。

40

#### 【0055】

この場合、第 2 の周波数変換器 23 は、発振器 20 で生成した信号と、第 1 の DDS 24 で生成した信号とを、ミキシングしてローカル信号を生成する。

このとき、第 1 の DDS 24 は、位相制御手段の制御端子 10 を介して、制御回路 7 により制御されることによって、ローカル信号の位相を制御して、送信モジュールの通過位相を制御する。

#### 【0056】

第 1 の周波数変換器 19 は、入力信号（ベースバンドアナログ信号）と、第 2 の周波数変換器 23 からのローカル信号とを、ミキシングして高周波信号を生成する。

50

したがって、図6(a)、図6(b)に示したこの発明の実施例4においても、前述の実施例3と同様の作用効果を奏する。

【0057】

以上のように、この発明の実施例4(図6)によれば、位相制御手段は、発振器20と、振幅制御手段の入力側に接続された第1の周波数変換器19と、発振器20と第1の周波数変換器19との間に挿入された第2の周波数変換器23と、第2の周波数変換器23に接続された第1のDDS24とを含み、発振器20および第1のDDS24の各出力信号を第2の周波数変換器23で周波数変換した信号をローカル信号として用い、第1の周波数変換器19に入力されるベースバンド信号を、ローカル信号と第1の周波数変換器19とを用いて周波数変換することにより、高周波増幅器3の入力信号を生成するので、前

10

述の実施例1と同様の作用効果を奏することができる。

また、DDS24において通過位相の制御を行うので、デジタル制御が可能であり、図5内のアナログの移相器22が不要となって小形化が可能となる。

【0058】

(実施例5)

なお、前述の実施例2(図4)では、位相制御手段においてDDS21を用い、前述の実施例3(図5)では、位相制御手段において移相器22を用いたが、図7のように、DDS21および移相器22の両方を用いてもよい。

図7はこの発明の実施例5に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前述(図4、図5参照)と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

20

【0059】

図7(a)、図7(b)は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における相違点は、利得可変手段(振幅制御手段)として、可変利得増幅器4または可変減衰器13のいずれか一方を用いた点のみである。

図7(a)において、送信モジュールの位相制御手段は、周波数変換器19と、発振器20と、DDS21と、移相器22と、ベースバンドデジタル信号入力端子25と、第1の制御端子10とは別に追加された第2の位相制御手段の制御端子27とを備えている。

【0060】

図7(a)において、前述の図5(a)との相違点は、位相制御手段において、入力信号として、ベースバンドアナログ信号に代えて、ベースバンドデジタル信号を用い、DDS21によりベースバンドアナログ信号を生成する点である。

30

また、この場合、位相制御手段として、フェーズドアレイアンテナ装置のビーム形成のための第1の位相制御手段と、高周波増幅器3で発生する通過位相の変化を補償するための第2の位相制御手段とを備えている。

【0061】

すなわち、ビーム形成に必要な第1の位相制御手段は、発振器20と周波数変換器19との間に設けられた移相器22を含み、移相器22は、第1の位相制御手段の制御端子10を介して、制御回路7により制御されることにより、ローカル信号の位相を制御して、送信モジュールの通過位相を制御する。

一方、高周波増幅器3で発生する通過位相の変化を補償するための第2の位相制御手段は、DDS21を含み、DDS21は、第2の位相制御手段の制御端子27を介して制御回路7で制御する。

40

【0062】

以上のように、この発明の実施例5(図7)による位相制御手段は、前述の実施例3(図5)の構成に加えて、周波数変換器19の入力側に接続されてベースバンド信号を生成するDDS21を含み、高周波増幅器3で発生する通過位相の変化を補償するために、DDS21を用い、フェーズドアレイアンテナ装置のビーム形成のために、移相器22を用いるので、前述の実施例3と同様の作用効果を奏することができる。

また、ビーム形成のための第1の位相制御手段と、高周波増幅器3で発生する通過位相の変化を補償するための第2の位相制御手段と別に設けることにより、フェーズドアレイ

50

アンテナ装置において、受信モジュールとローカル信号源を共通化した場合に、送受信ともにビーム形成をすることができる。

【0063】

(実施例6)

なお、前述の実施例4(図6)では、位相制御手段において、第2の周波数変換器23に第1のDD S 24を設けたが、図8のように、さらに、第1の周波数変換器19の入力側に第2のDD S 21を設けてもよい。

図8はこの発明の実施例5に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前述(図4、図6参照)と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

【0064】

図8(a)、図8(b)は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における相違点は、利得可変手段(振幅制御手段)として、可変利得増幅器4または可変減衰器13のいずれか一方を用いた点のみである。

図8(a)において、送信モジュールの位相制御手段は、第1の周波数変換器19と、発振器20と、第2のDD S 21と、第2の周波数変換器23と、第1のDD S 24と、ベースバンドデジタル信号入力端子25と、第2の位相制御手段の制御端子27とを備えている。

【0065】

図8(a)において、前述の図6(a)との相違点は、位相制御手段において、入力信号として、ベースバンドアナログ信号に代えて、ベースバンドデジタル信号を用い、第2のDD S 21によりベースバンドアナログ信号を生成する点である。

また、この場合、位相制御手段として、前述の実施例5と同様に、フェーズドアレイアンテナ装置のビーム形成のための第1の位相制御手段と、高周波増幅器3で発生する通過位相の変化を補償するための第2の位相制御手段とを備えている。

【0066】

すなわち、ビーム形成に必要な第1の位相制御手段は、第1のDD S 24を含み、第1のDD S 24は、位相制御手段の制御端子10を介して、制御回路7により制御されることによって、ローカル信号の位相を制御して、送信モジュールの通過位相を制御する。

一方、高周波増幅器3で発生する通過位相の変化を補償するための第2の位相制御手段は、第2のDD S 21を含み、第2のDD S 21は、第2の位相制御手段の制御端子27を介して、制御回路7により制御される。

【0067】

以上のように、この発明の実施例6(図8)による位相制御手段は、前述の実施例4(図6)の構成に加えて、第1の周波数変換器19の入力側に接続されてベースバンド信号を生成する第2のDD S 21を含み、高周波増幅器3で発生する通過位相の変化を補償するために、第2のDD S 21を用い、フェーズドアレイアンテナ装置のビーム形成のために、第1のDD S 24を用いるので、前述の実施例4と同様の作用効果を奏することができる。

また、ビーム形成のための第1の位相制御手段と、高周波増幅器3で発生する通過位相の変化を補償するための第2の位相制御手段と設けることにより、フェーズドアレイアンテナ装置において、受信モジュールとローカル信号源を共通化した場合に、送受信ともにビーム形成をすることができる。

【0068】

(実施例7)

なお、上記実施例1~6(図1~図8)では特に言及しなかったが、図9のように、制御回路7と協働する制御テーブル14を設け、制御テーブル14内の設定値に基づいて、高周波増幅器3の電源電圧、利得および位相を制御するように構成してもよい。

【0069】

図9はこの発明の実施例7に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前述(図1参照)と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

ここでは、代表的に、実施例 1（図 1）の回路構成に制御テーブル 14 を追加した例を示すが、他の実施例構成（図 4～図 8）にも適用可能なことは言うまでもない。

また、図 9（a）、図 9（b）は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における相違点は、利得可変手段（振幅制御手段）として、可変利得増幅器 4 または可変減衰器 13 のいずれか一方を用いた点のみである。

#### 【0070】

図 9（a）において、送信モジュールは、前述（図 1）の構成に加えて、制御回路 7 に接続された制御テーブル 14 を備えている。

制御回路 7 は、高周波増幅器 3 の出力電力に応じて、制御テーブル 14 内の各種設定値に基づき、可変電圧源 5（電源電圧制御手段）、可変利得増幅器 4（振幅制御手段）および移相器 6（位相制御手段）と協働して、高周波増幅器 3 の電源電圧、利得（振幅）および位相を制御する。

#### 【0071】

図 10 は制御テーブル 14 内の具体的なデータ例（設定値）を示す説明図である。

図 10 に示すように、制御テーブル 14 には、各出力電力に対する高周波増幅器 3 への印加電圧（電源電圧）の設定値と、利得変化手段の利得の設定値と、位相変化手段の位相の設定値とが、テーブルデータとして格納されている。

#### 【0072】

制御回路 7 は、あらかじめ送信モジュールに用いられる高周波増幅器 3、可変利得増幅器 4（または、可変減衰器 13）および移相器 6 の特性を把握し、その結果に基づいて、送信モジュールの振幅、通過位相が設定値となるような各コンポーネントの設定値を求め、制御テーブル 14 を作成する。

#### 【0073】

以下、制御回路 7 は、制御テーブル 14 に基づいて各コンポーネント（各種制御手段および各種増幅器パラメータ）を制御することにより、高精度の送信モジュールの振幅と通過位相を設定値にすることができる。

なお、制御テーブル 14 を送信モジュールごと、および環境条件（環境温度など）ごとに設けておくことにより、複数の送信モジュールの相互間のばらつき、温度などの環境条件の変化による振幅および通過位相のばらつきを抑えることが可能である。

#### 【0074】

以上のように、この発明の実施例 7（図 9、図 10）に係る送信モジュールは、前述（図 1）の構成に加えて、高周波増幅器 3 の出力電力に対する電源電圧設定値と、振幅制御手段（可変利得増幅器 4 または可変減衰器 13）に対する利得変化設定値と、移相器 6（位相制御手段）に対する位相変化設定値とが格納された制御テーブル 14 を備えている。

#### 【0075】

制御回路 7 および可変電圧源 5（電源電圧制御手段）は、制御テーブル 14 内の電源電圧設定値に基づいて電源電圧を制御し、制御回路 7 および振幅制御手段（可変利得増幅器 4 または可変減衰器 13）は、制御テーブル 14 内の利得変化設定値に基づいて利得を制御し、制御回路 7 および移相器 6（位相制御手段）は、制御テーブル 14 内の位相変化設定値に基づいて位相を制御する。

これにより、前述の実施例 1 と同様の作用効果を奏する。

また、前述の実施例 2～6（図 4～図 8）の送信モジュールに対して制御テーブル 14 を設けた場合も、同様の作用効果を奏する。

#### 【0076】

（実施例 8）

なお、上記実施例 1～7（図 1～図 10）では特に言及しなかったが、図 11 のように、高周波増幅器 3 の出力信号の位相を検出する第 1 の位相検出器 15 を設け、検出された出力位相情報を制御回路 7 にフィードバックするように構成してもよい。

図 11 はこの発明の実施例 8 に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前述（図 9 参照）と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

## 【0077】

ここでは、代表的に、実施例7（図9）の回路構成に第1の位相検出器15を追加した例を示すが、他の実施例構成（図1、図4～図8）にも適用可能なことは言うまでもない。

また、図11（a）、図11（b）は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における相違点は、利得可変手段（振幅制御手段）として、可変利得増幅器4または可変減衰器13のいずれか一方を用いた点のみである。

## 【0078】

図11（a）において、送信モジュールは、前述（図9）の構成に加えて、高周波増幅器3の出力信号の位相を検出する第1の位相検出器15を備えている。

10

図11（a）において、図9（a）との相違点は、第1の位相検出器15を設けた点と、第1の位相検出器15により検出された出力位相情報に基づいて、制御回路7が、位相制御手段の制御端子10を介して、移相器6（位相制御手段）を制御して、送信モジュールの移相を制御する点とである。

## 【0079】

図12は制御テーブル14内の具体的なデータ例（設定値）を示す説明図である。

図12に示すように、図11内の制御テーブル14には、各出力電力に対する高周波増幅器3への印加電圧（電源電圧）の設定値と、利得変化手段の利得の設定値とが、テーブルデータとして格納されている。

この場合、位相変化手段の位相の設定値（図10参照）を、テーブルデータに含めなくても制御可能であり、制御テーブル14に使用するメモリの大きさを小さくすることができる。

20

## 【0080】

以上のように、この発明の実施例8によれば、高周波増幅器3の出力信号の位相を検出する第1の位相検出器15を備え、制御回路7および移相器6（位相制御手段）は、第1の位相検出器15により検出された出力位相情報に基づいて、位相を制御するので、前述の実施例7と同様の作用効果を奏する。

また、出力位相情報に基づいて位相を制御するので、さらに高精度に送信モジュールの通過位相を設定値に制御することが可能である。

また、温度などによる環境変化、および複数の送信モジュールの相互間のばらつきに対しても、影響を受けずに位相を制御することが可能である。

30

さらに、前述の実施例1～6（図1、図4～図8）の送信モジュールに対して第1の位相検出器15を設けた場合も、同様の作用効果を奏する。

## 【0081】

（実施例9）

なお、上記実施例8（図11）では、出力位相情報を検出する第1の位相検出器15のみを追加したが、図13のように、さらに第2の位相検出器16を設け、入力位相情報も制御回路7にフィードバックするように構成してもよい。

図13はこの発明の実施例9に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前述（図11参照）と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

40

## 【0082】

ここでは、代表的に、実施例8（図11）の回路構成に第2の位相検出器16を追加した例を示すが、他の実施例構成（図1、図4～図9）にも適用可能なことは言うまでもない。

図13（a）、図13（b）は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における相違点は、利得可変手段（振幅制御手段）として、可変利得増幅器4または可変減衰器13のいずれか一方を用いた点のみである。

## 【0083】

図13（a）において、送信モジュールは、前述（図11）の構成に加えて、高周波増幅器3の入力信号の位相を検出する第2の位相検出器16を備えている。

50

図13(a)において、図11(a)との相違点は、入力信号の位相を検出する第2の位相検出器16を設け、制御回路7が、検出された入出力位相情報に基づき、位相制御手段の制御端子10を介して移相器6を制御し、送信モジュールの位相を制御する点のみである。

#### 【0084】

以上のように、この発明の実施例9(図13)によれば、図11の構成に加えて、高周波増幅器3の入力信号の位相を検出する第2の位相検出器16を備え、制御回路7および移相器6(位相制御手段)は、第1および第2の位相検出器15、16により検出された出力位相情報および入力位相情報に基づいて、位相を制御するので、前述の実施例8と同様の作用効果を奏する。

また、出力信号の位相のみでなく、入力信号の位相を検出して、入出力位相から送信モジュールの通過位相の情報を求め、通過位相の情報に基づき位相制御するので、さらに高精度に送信モジュールの通過位相を設定値に制御することが可能である。

さらに、温度などによる環境変化、複数の送信モジュールの相互間のばらつきに対しても、影響を受けずに制御することが可能である。

#### 【0085】

##### (実施例10)

なお、上記実施例8、9(図11、図13)では、入出力位相情報に基づき位相制御したが、図14のように、位相差検出器17(位相比較器など)を設け、入力位相情報と出力位相情報との位相差に基づき位相制御してもよい。

図14はこの発明の実施例10に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前述(図9、図11、図13参照)と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

#### 【0086】

ここでは、代表的に、実施例7(図9)の回路構成に位相差検出器17を受けた例を示すが、他の実施例構成にも適用可能なことは言うまでもない。

図14(a)、図14(b)は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における相違点は、利得可変手段(振幅制御手段)として、可変利得増幅器4または可変減衰器13のいずれか一方を用いた点のみである。

#### 【0087】

図14(a)において、送信モジュールは、前述(図9)の構成に加えて、入力信号と出力信号との位相差を検出する位相差検出器17を備えている。

図14(a)において、図9(a)との相違点は、位相差検出器17を設け、制御回路7が、検出された位相差情報に基づき、位相制御手段の制御端子10を介して移相器6を制御し、送信モジュールの位相を制御する点のみである。

位相差検出器17は、図13に示した第1および第2の位相検出器15、16の機能も含むものとする。

#### 【0088】

以上のように、この発明の実施例10(図14)によれば、入力位相情報と出力位相情報との位相差を検出する位相差検出器17を備え、制御回路7および移相器6(位相制御手段)は、位相差検出器17により検出された位相差情報に基づいて、位相を制御するので、前述の実施例9と同様の作用効果を奏する。

また、2つの位相検出器15、16を、1つの位相差検出器17(位相比較器)で実現することができるので、小形化が可能である。

#### 【0089】

##### (実施例11)

なお、上記実施例8~10(図11、図13、図14)では、位相を検出して位相をフィードバック制御したが、図15のように、温度検出器18を設け温度情報に基づいて、電源電圧、利得および位相をフィードバック制御してもよい。

図15はこの発明の実施例11に係る送信モジュールを示す回路ブロック図であり、前

10

20

30

40

50



述（図 9 参照）と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

【0090】

ここでは、代表的に、実施例 7（図 9）の回路構成に温度検出器 18 を受けた例を示すが、他の実施例構成にも適用可能なことは言うまでもない。

図 15（a）、図 15（b）は、それぞれ異なる構成例を示しており、各回路構成における相違点は、利得可変手段（振幅制御手段）として、可変利得増幅器 4 または可変減衰器 13 のいずれか一方を用いた点のみである。

【0091】

図 15（a）において、送信モジュールは、前述（図 9）の構成に加えて、高周波信号出力端子 2 の近傍の環境温度を検出する温度検出器 18 を備えている。

10

図 15（a）において、図 9（a）との相違点は、温度検出器 18 を設け、制御回路 7 が、検出された温度情報に基づき、出力電力に応じて高周波増幅器 3 の電源電圧を制御するとともに、可変利得増幅器 4（振幅制御手段）、移相器 6（位相制御手段）を制御する点のみである。

【0092】

以上のように、この発明の実施例 11 によれば、温度を検出する温度検出器 18 を備え、制御回路 7 および可変利得増幅器 4（振幅制御手段）は、温度検出器 18 により検出された温度情報に基づいて利得を制御し、制御回路 7 および移相器 6（位相制御手段）は、温度情報に基づいて位相を制御するので、前述の実施例 7 と同様の作用効果を奏する。

【0093】

20

また、温度検出器 18 による温度情報に基づいて制御を行うので、温度変化に起因した送信モジュールの振幅および通過位相の変動を補償することができ、温度が変化しても正確に設定値に制御することが可能である。

また、図 15 のように制御テーブル 14 を用いた場合には、前述（図 10、図 12）の制御テーブルを、各温度に対応して設定することにより、さらに高精度に送信モジュールの振幅および通過位相を設定値に制御することができる。

さらに、図 9 の送信モジュールに対して温度検出器 18 を設けたが、図 1、図 4～図 8、図 11、図 13、図 14 の送信モジュールに対して温度検出器 18 を設けた場合も、同様の作用効果を奏することができる。

【0094】

30

（実施例 12）

なお、上記実施例 1～11（図 1～図 15）では、送信モジュールに注目して説明したが、図 16 のように、複数の送信モジュール 100 を用いてフェーズドアレイアンテナ装置を構成してもよい。

図 16 はこの発明の実施例 12 に係るフェーズドアレイアンテナ装置を示す回路ブロック図であり、前述（図 15 参照）と同様のものについては、前述と同一符号を付して詳述を省略する。

【0095】

ここでは、代表的に、実施例 11（図 15）の送信モジュールを用いてフェーズドアレイアンテナ装置を構成した例を示すが、他の実施例構成にも適用可能なことは言うまでもない。

40

また、ここでは、振幅制御手段の代表例として、可変利得増幅器 4 を用いた場合のみを示している。

【0096】

図 16 において、フェーズドアレイアンテナ装置は、並設された複数の送信モジュール 100 により構成されており、各送信モジュール 100 の高周波信号出力端子 2 には、それぞれ素子アンテナ 101 が設けられている。

各送信モジュール 100 には、制御テーブル 14 および温度検出器 18 が設けられているので、各送信モジュール 100 の振幅および通過位相が高精度に設定値に制御されている。また、フェーズドアレイアンテナ装置として、各素子アンテナ 101 から放射される

50

信号は、位相のみでなく、振幅も制御することができる。

#### 【0097】

したがって、図16に示したフェーズドアレイアンテナ装置は、高い指向性利得を実現することができるとともに、低いサイドロブレベルを実現することができる。

また、各送信モジュール100内の高周波増幅器3に印加される電源電圧は、各送信モジュール100の出力電力の設定値に応じて制御されているので、高効率に動作することができ、フェーズドアレイアンテナ装置として、消費電力を低減することができる。

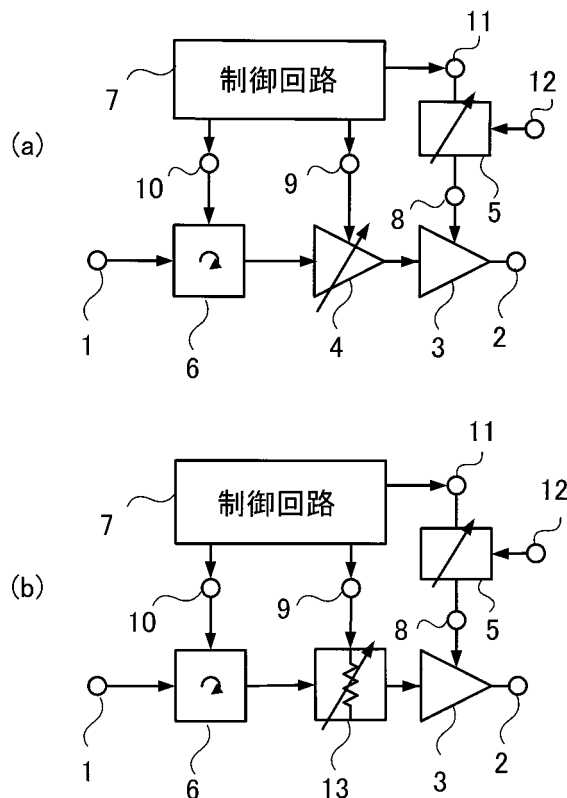
さらに、送信モジュール100として、図15(a)の構成を用いたが、図1、図4～図9、図11、図13、図14および図15(b)の構成を用いても、同様の作用効果を奏することができる。

#### 【符号の説明】

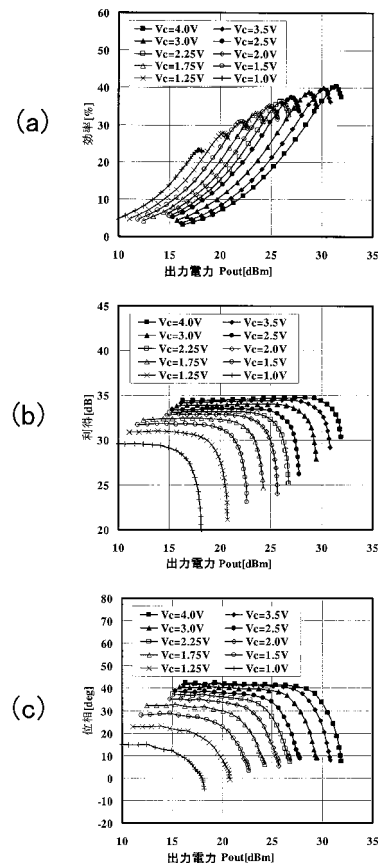
#### 【0098】

1 高周波信号入力端子、2 高周波信号出力端子、3 高周波増幅器、4 可変利得増幅器（振幅制御手段）、5 可変電圧源（電源電圧制御手段）、6 移相器（位相制御手段）、7 制御回路、13 可変減衰器（振幅制御手段）、14 制御テーブル、15 位相検出器（第1の位相検出器）、16 位相検出器（第2の位相検出器）、17 位相差検出器、18 温度検出器、19 周波数変換器（第1の周波数変換器）、20 発振器、21 DDS（第2のDDS）、22 移相器、23 周波数変換器（第2の周波数変換器）、24 DDS（第1のDDS）、25 ベースバンドデジタル信号入力端子、26 ベースバンドアナログ信号入力端子、100 送信モジュール、101 素子アンテナ。

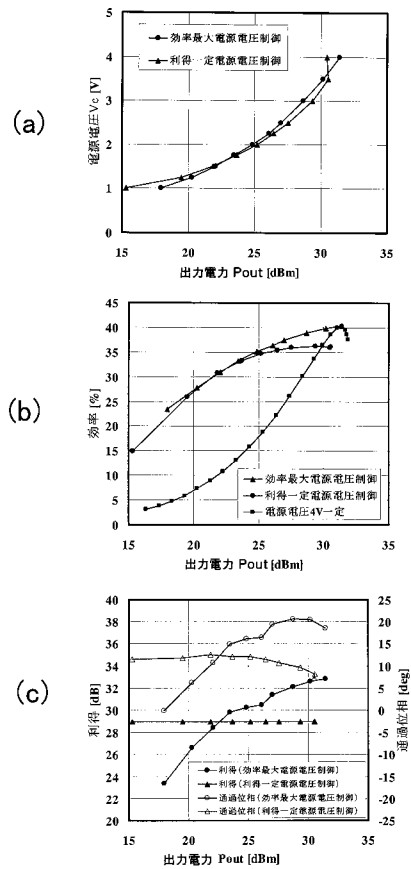
【図1】



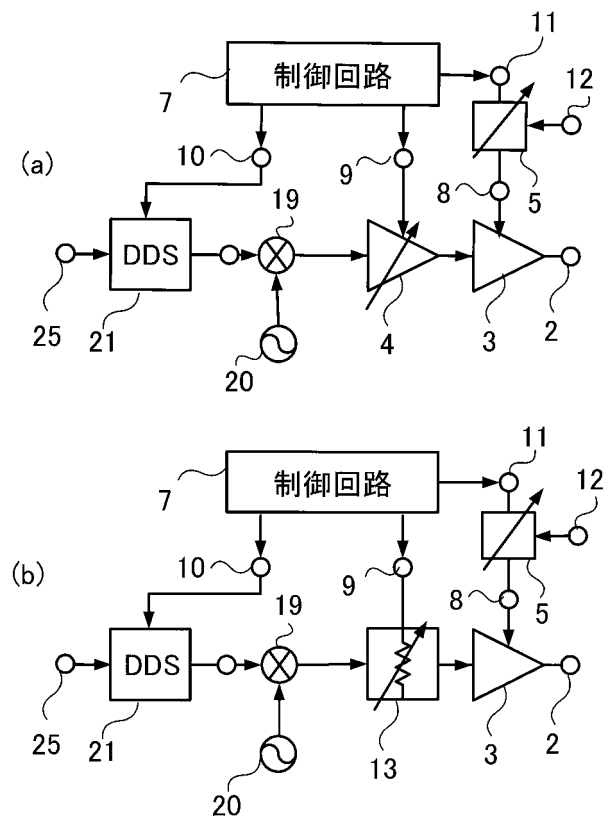
【図2】



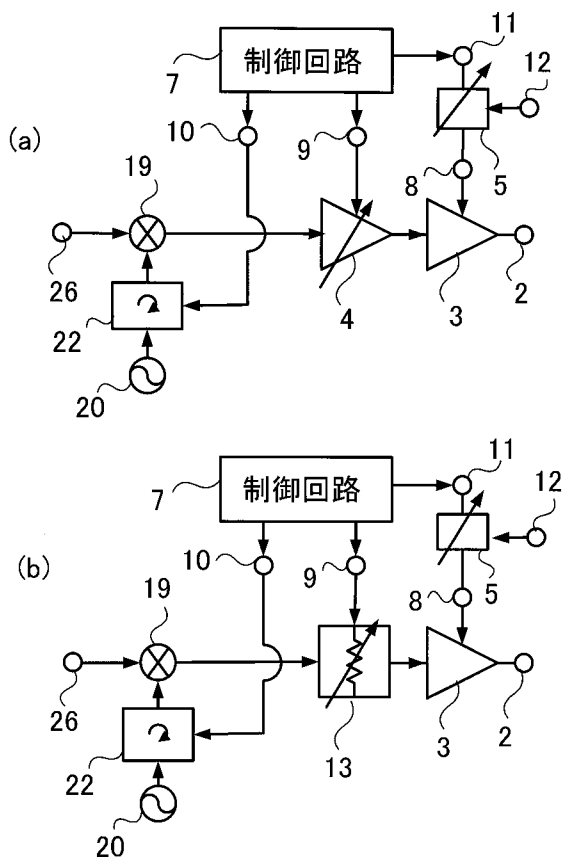
【図 3】



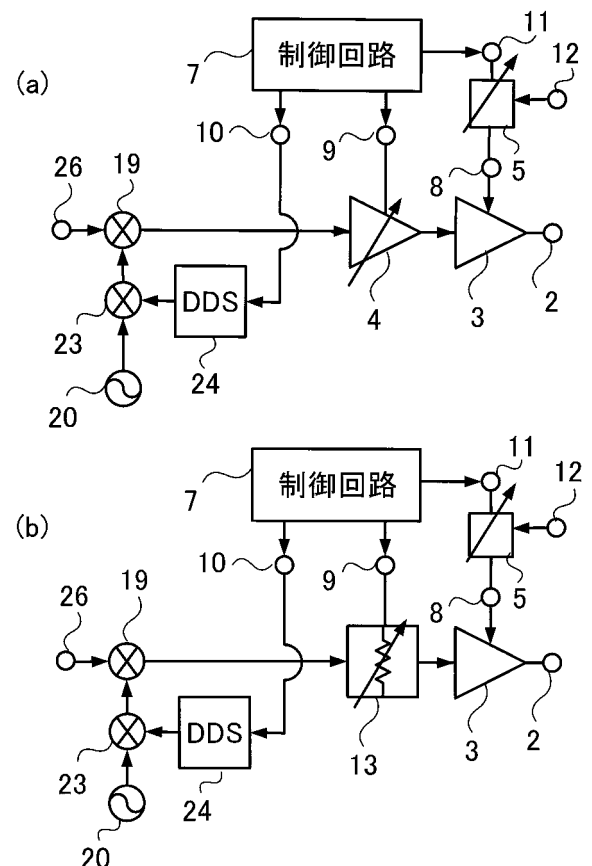
【図 4】



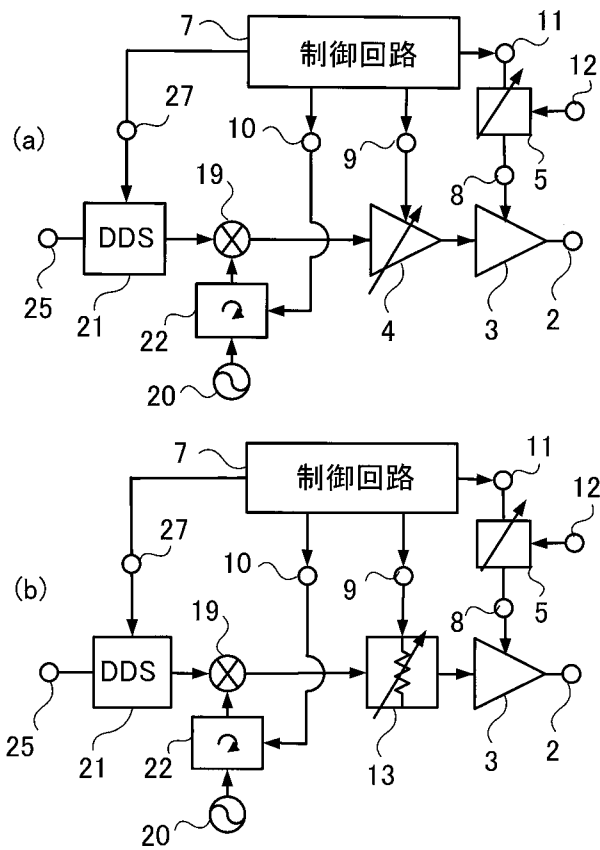
【図 5】



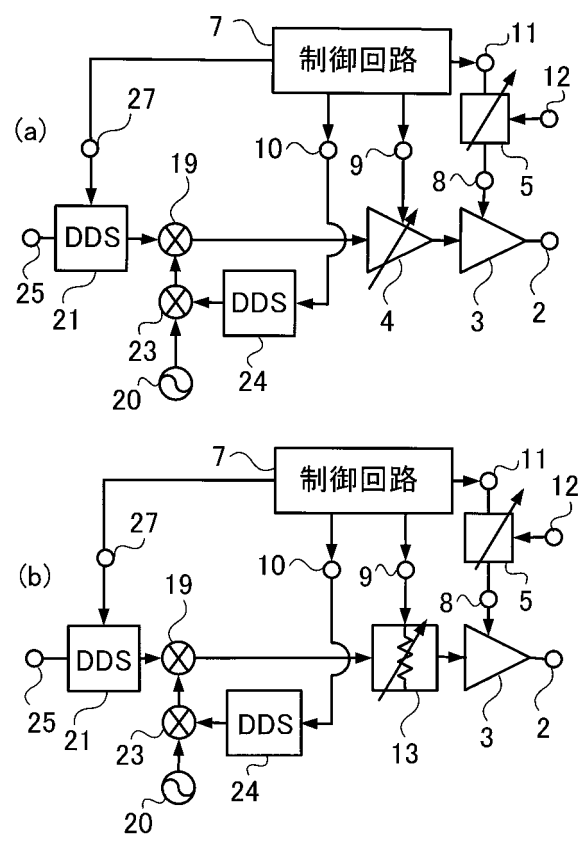
【図 6】



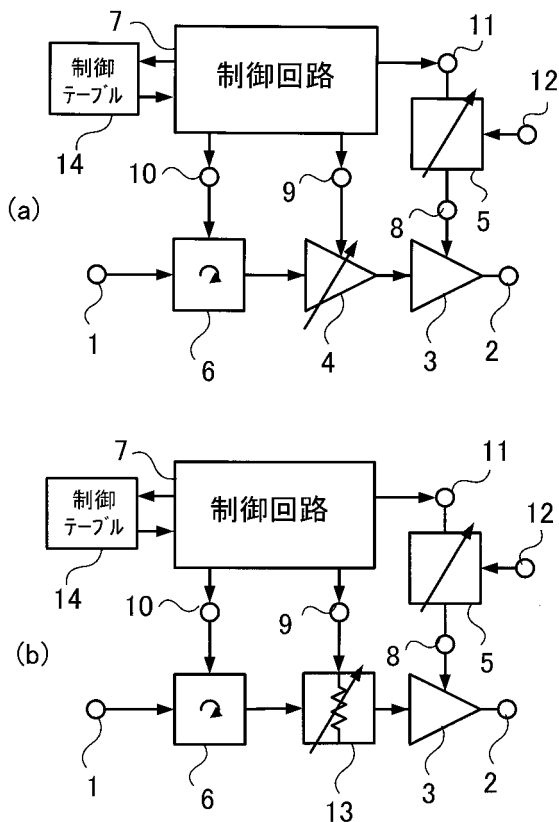
【図 7】



【図 8】



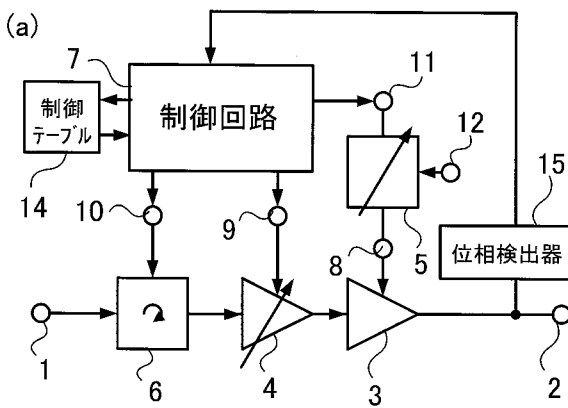
【図 9】



【図 10】

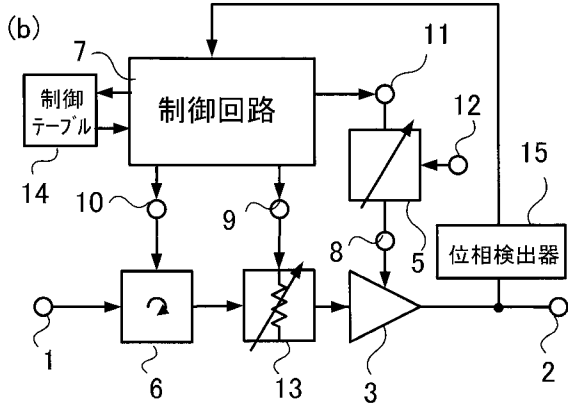
| 出力電力 | 増幅器の<br>印加電圧 | 利得変化手段<br>の利得設定値 | 位相変化手段<br>位相設定値 |
|------|--------------|------------------|-----------------|
| ...  | ...          | ...              | ...             |
| ...  | ...          | ...              | ...             |
| ...  | ...          | ...              | ...             |

【図 1 1】

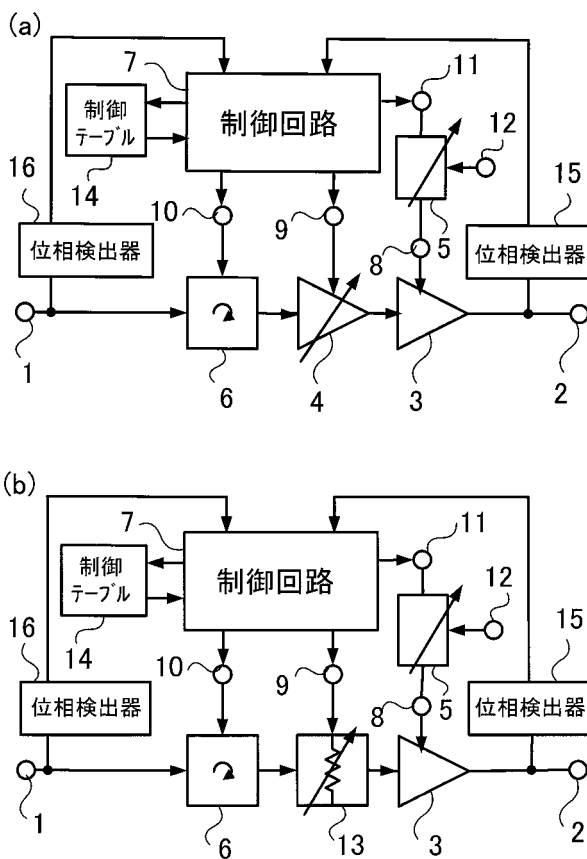


【図 1 2】

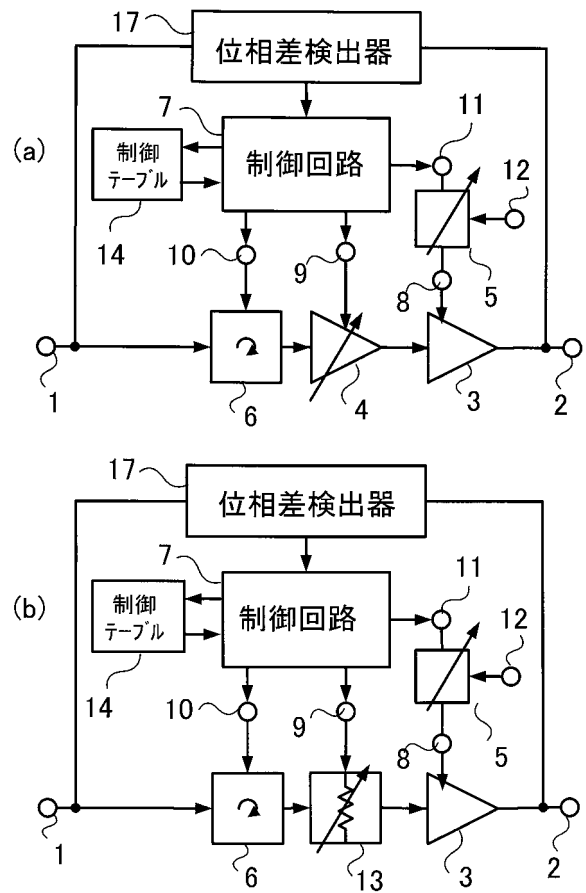
| 出力電力 | 増幅器の<br>印加電圧 | 利得変化手段<br>の利得設定値 |
|------|--------------|------------------|
| ⋮    | ⋮            | ⋮                |
| ⋮    | ⋮            | ⋮                |
| ⋮    | ⋮            | ⋮                |
| ⋮    | ⋮            | ⋮                |



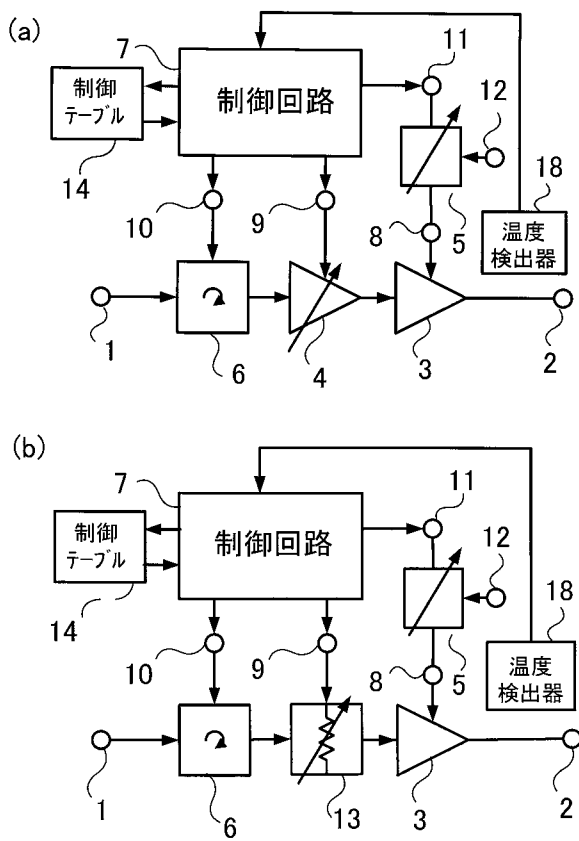
【図 1 3】



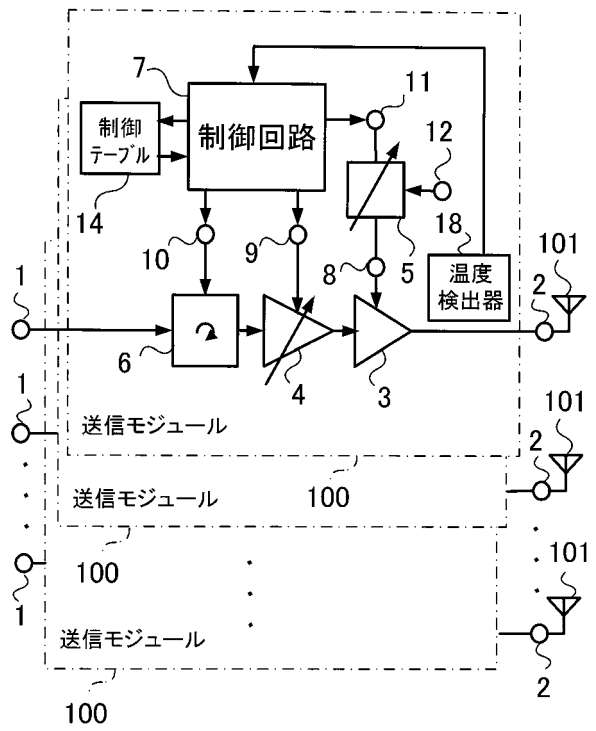
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100161115  
弁理士 飯野 智史
- (72)発明者 森 一富  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 上馬 弘敬  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 高橋 貴紀  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 秋山 智浩  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 林 亮司  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 下沢 充弘  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 井上 晃  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 檜枝 護重  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 酒井 清秀  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 平野 嘉仁  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 ▲徳▼田 賢二

- (56)参考文献 特開平03-174810 (JP, A)  
特開平07-079116 (JP, A)  
特開平06-196921 (JP, A)  
国際公開第2008/090721 (WO, A1)  
実開昭61-052812 (JP, U)  
特開2002-124840 (JP, A)  
特開2006-135488 (JP, A)  
特開2004-320368 (JP, A)  
特開2009-302627 (JP, A)  
国際公開第2008/072700 (WO, A1)  
特開2001-257540 (JP, A)  
特開平08-037744 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

|      |      |
|------|------|
| H03F | 1/06 |
| H03F | 1/32 |
| H03F | 3/24 |
| H04B | 7/10 |