

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 12 月 2 日 (02.12.2004)

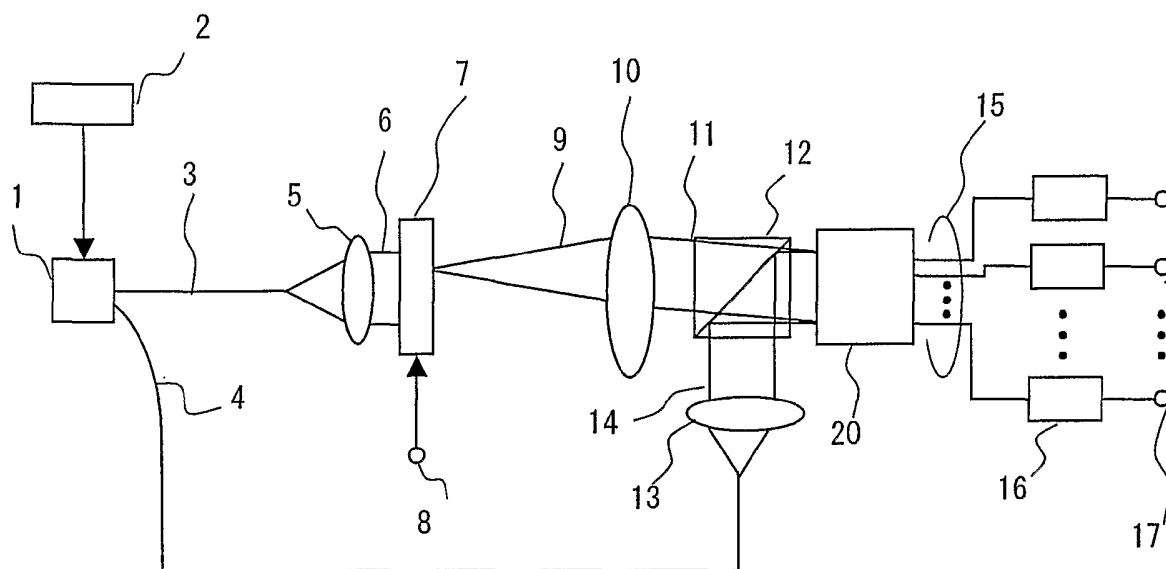
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/105181 A1

- (51) 国際特許分類: H01Q 3/26
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/006408
- (22) 国際出願日: 2003 年 5 月 22 日 (22.05.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 秋山 智浩 (AKIYAMA, Tomohiro) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 平野 嘉仁 (HIRANO, Yoshihito) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 二郎 (SUZUKI, Jiro) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 曾我 道照, 外 (SOGA, Michiteru et al.); 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目 1 番 1 号 国際ビルディング 8 階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): JP, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: OPTICAL CONTROL TYPE PHASED ARRAY ANTENNA

(54) 発明の名称: 光制御型フェーズドアレイアンテナ



(57) Abstract: An optical control type phased array antenna which provides a high antenna radial beam scanning angle resolution and requires a short optical system, and which is provided with a plurality of photoelectric converters that emit, into a space, beams of signal light and local light detuned at a microwave frequency, spatially sample and heterodyne-detect, for conversion into microwave signals, synthesized light beams each formed by spatially superimposing a signal light beam on a local light beam that are modulated by a spatial optical modulator and passed through a Fourier transform lens, and feed the microwave signals to respective antenna elements in the array antenna, wherein the antenna is further provided with a beam expanding optical system for expanding the synthesized light beams so as to control the focal distance of the Fourier transform lens to be shorter.

[続葉有]

WO 2004/105181 A1



(57) 要約: アンテナ放射ビームの走査角の分解能が高く、かつ光学系が短い光制御型フェーズドアレイアンテナを得るもので、マイクロ波周波数で離調した信号光とローカル光のビームを空間に出射し、空間光変調器で変調されフーリエ変換レンズを介した信号光ビームとローカル光ビームとを空間的に重ね合わせた合成ビーム光を空間的にサンプリングしヘテロダイン検波することでマイクロ波信号に変換してアレイアンテナの各アンテナ素子に給電する複数の光電変換器とを備えた光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、前記フーリエ変換レンズの焦点距離を短く制御すべく、合成ビーム光のビームを拡大するビーム拡大光学系を備えた。

明細書

光制御型フェーズドアレイアンテナ

5 技術分野

この発明は、アレイアンテナから放射するマイクロ波ビームを、光波により制御する光制御型フェーズドアレイアンテナに関するものである。

背景技術

10 従来、この種の光制御型フェーズドアレイアンテナとして、マイクロ波信号の
周波数だけ周波数が異なる第1と第2のビーム光を空間に放射し、第1のビーム
光を、信号光として、空間光変調器によりアレイアンテナからの放射ビームのパ
ターンに対応した分布の信号光ビームに変換し、フーリエ変換レンズにより空間
15 的にフーリエ変換すると共に、第2のビーム光を、ローカル光ビームとし、前記
の信号光ビームと空間的に重ね合わせ、重ね合わされた合成ビーム光を光ファイ
バアレイにより空間的にサンプリングし、そのサンプリング光を複数の光電変換
器によるヘテロダイン検波により、複数のマイクロ波信号に変換した後、アレイ
アンテナを用いて空間に放射するものがある（例えば、特許文献1）。

また、前記空間光変調器の代わりに、複数の光ファイバを並べた光ファイバアレイ中、任意の一つ乃至は複数の光ファイバから信号光ビームを放射させるものがある（例えば、特許文献 2 参照）。

特許文献1：特開平03-044202号公報（第1図参照）

特許文献2：特開平09-139620号公報（図1参照）

ここで、信号光ビームの分布と、アレイアンテナから空間に放射するマイクロ波の主ビーム方向との関係を1次元の場合で説明する。例えば、特許文献1では、信号光ビームの分布をイメージマスクにより形成している。イメージマスクとしてピンホール（微少な穴）を用いた場合、アレイアンテナから放射するマイクロ波ビームは細いビームとなる。この時、ピンホールの位置を光軸を基準にXとおく。フーリエ変換レンズの焦点距離をf、光源の波長を λ_0 、サンプリング用光

は図外の回路に電氣的に接続されている。接点 7 9 は、可動子 7 1 の回動動作における接点 7 3 の軌道上に配されている。

このような構造を有する電気接点装置 X 3 の接点 7 4 および接点 7 9 の間に所定の電圧が印加されている状態において、可動子 7 1 が固定子 7 2 へと回動して、
5 図 1 3 に示すように接点 7 4 および接点 7 9 が接触すると、電流は、例えば、導体片 7 8 から、接点 7 9、接点 7 4、および導体片 7 3 を介して、リード 7 6 へと流れる。この後、可動子 7 1 が固定子 7 2 から離反する方向へ回動して、図 1 2 に示すように接点 7 4 および接点 7 9 が離隔すると、通電は停止される。このようにして、電気接点装置 X 3 は、電流通路の接続および切断を実行する。

- 10 電気接点の技術の分野においては、閉状態にある接点間に閾値（最小放電電流）以上の電流が流れている状態あるいは閾値（最小放電電圧）以上の電位差が生じている状態で、接点对を離隔すると、接点間にアーク放電が発生することが知られている。例えば閾値以上の電流が流れている状態で接点对を離隔する際、まず、開離が進行するにつれて接点間の接触面積は次第に縮小し、接点間を流れる電流
15 は集中していく。電流の集中化に起因して接点の温度は上昇し、接点表面は熔融する。そのため、接点对が開離した後でも離隔距離が短い間は、熔融した接点材料により当該接点間は掛け渡される。すなわち、接点間にブリッジが形成される。このブリッジから金属蒸気が発生し、当該金属蒸気を媒介としてアーク放電が開始する。アーク放電は、周囲気体を媒介とする放電現象へと移行した後、接点对
20 が十分な距離で離隔したときに切断される。このような開離時アークと略同様の機構で、電気接点の開成時においてもアーク放電が生じる場合がある。電気接点の開成時においては、接点对は間欠的開閉動作（バウンス）を繰り返すためである。

- 図 1 4 は、アーク放電発生確率の接点間電流依存性の一例を表すグラフである。
25 本グラフにおいては、金よりなる接点对を所定の押圧力（1 0 mN、1 0 0 mN、または 2 0 0 mN）で接触させ、接点間に 3 6 V の電圧を印加しながら当該接点对を開離させる際にアーク放電の発生する確率が、プロットされている。3 6 V 定電圧電源に電気接点を接続し、当該電気接点と直列に接続した抵抗の値を変化させることによって、通電電流を変化させている。接点間の実質的な接触面積は、

ファイバアレイの隣接光ファイバ間隔を d_o 、マイクロ波の波長を λ_m 、アレイアンテナの素子間隔を d_m とし、アンテナ放射ビームの主ビーム方向を正面方向を基準に θ_m とおくと、角度 θ_m は、式 (1) とおける。

$$\sin \theta_m = (d_o / \lambda_o) / (d_m / \lambda_m) \cdot X / f \quad (1)$$

- 5 式 (1) のように、イメージマスクのピンホール位置 X を変えることにより、アンテナ放射ビームの主ビーム方向 θ_m を変えることができる。例えば、 $d_o = 1 \text{ mm}$ 、 $\lambda_o = 1.3 \mu\text{m}$ 、 $d_m = 5 \text{ cm}$ 、 $\lambda_m = 10 \text{ cm}$ 、 $f = 500 \text{ mm}$ で、 $X = 100 \mu\text{m}$ とした場合、主ビーム方向 θ_m は、 18 度となる。

(課題 1)

- 10 イメージマスクとしては、マスクパターン生成の柔軟性から、特許文献 1 の実施例に記載されたように、液晶素子による空間光変調器や、特許文献 2 に記載のように、光ファイバアレイを代わりに用いても良い。

- 例えば、空間光変調器を用いた場合の主ビームの方向 θ_m について計算例を示す。空間光変調器を構成する各素子のピッチが $50 \mu\text{m}$ の場合、イメージマスク
15 のピンホール位置に相当する X は、 $X = 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, \dots, \mu\text{m}$ の離散的な値をとる。この時、アンテナ放射ビームの主ビームの方向 θ_m は、式 (1) 及び前記の条件から、 $\theta_m = 0, 8.8, 18, 28, 38, 50, 67$ 度となる。

- しかし、この構成では、これらの方向の間、例えば 23 度方向には主ビームを
20 向けることができないという欠点がある。

また、前記の波長の光源、マイクロ波、素子ピッチの空間光変調器、サンプリング光ファイバアレイ、アレイアンテナを用いて、アレイアンテナ放射ビームを、例えば正面付近で 2 度以下の間隔で走査するためには、フーリエ変換レンズの焦点距離 f は 2.2 m 以上が必要である。

- 25 このように、アンテナ放射ビームを細かい間隔で走査するには、光学系の焦点距離を長くする必要があるために装置が大きくなる。更に、光学系が長いために、空間光変調器から出力した信号光ビームの波面は、大気の変乱や光学系の振動による劣化の影響を受けやすくなるなどの課題がある。

(課題 2)

更に、アレイアンテナ放射ビームの方向は、式（１）のように、イメージマスクのパターンの位置 X 、フーリエ変換レンズ、光ファイバアレイ、アレイアンテナなどの装置が同一でも、マイクロ波の周波数（波長）が異なると、アレイアンテナから放射するビームの方向 θ_m が変わるという欠点もある。

- 5 例えば、 $d_o = 1 \text{ mm}$ 、 $\lambda_o = 1.3 \mu\text{m}$ 、 $d_m = 10 \text{ cm}$ 、 $f = 500 \text{ mm}$ 、 $X = 100 \mu\text{m}$ とした場合、マイクロ波の周波数が 1.5 GHz （波長 $\lambda_m = 20 \text{ cm}$ ）では、アンテナ放射ビームの主ビーム方向 θ_m は 18 度であるが、マイクロ波の周波数が 2.0 GHz （波長 $\lambda_m = 15 \text{ cm}$ ）になると、主ビーム方向 θ_m は 13.3 度方向となり、マイクロ波周波数によりアンテナ放射ビームが異なる方向を向いてしまうという課題がある。

（発明の目的）

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、第１の目的は、アンテナ放射ビームの走査角の分解能が高く、かつ光学系が短い光制御型フェーズドアレイアンテナを得るものである。

- 15 また、第２の目的は、アレイアンテナから放射する主ビームの方向が、マイクロ波周波数に依存しない、光制御型フェーズドアレイアンテナを得るものである。

発明の開示

- 20 この発明に係る光制御型フェーズドアレイアンテナは、マイクロ波周波数で離調した信号光とローカル光の二つのレーザ光を出力する光出力装置と、前記光出力装置から出力された信号光を信号光ビームとして空間に出射する信号光出射装置と、前記光出力装置から出力されたローカル光をローカル光ビームとして空間に出射するローカル光出射装置と、前記信号光ビームの空間強度分布に強度変調を行う空間光変調器と、前記空間光変調器で変調された信号光ビームを空間的にフーリエ変換するフーリエ変換レンズと、前記フーリエ変換レンズを介した信号光ビームと前記ローカル光ビームとを空間的に重ね合わせて合成ビーム光を得る光ビーム合成器と、前記合成ビーム光を空間的にサンプリングする光ファイバアレイと、前記光ファイバアレイから出射された光をヘテロダイン検波することで

マイクロ波信号に変換してアレイアンテナの各アンテナ素子に給電する複数の光電変換器とを備えた光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、前記フーリエ変換レンズの焦点距離を短く制御する光学系を備えたことを特徴とする。

- また、他の発明に係る光制御型フェーズドアレイアンテナは、マイクロ波周波
- 5 数で離調した信号光とローカル光の二つのレーザ光を出力する光出力装置と、前記光出力装置から出力された信号光を信号光ビームとして空間に出射する信号光出射装置と、前記光出力装置から出力されたローカル光をローカル光ビームとして空間に出射するローカル光出射装置と、前記信号光ビームの空間強度分布に強度変調を行う空間光変調器と、前記空間光変調器で変調された信号光ビームを空間的にフーリエ変換するフーリエ変換レンズと、前記フーリエ変換レンズを介した信号光ビームと前記ローカル光ビームとを空間的に重ね合わせて合成ビーム光を得る光ビーム合成器と、前記合成ビーム光を空間的にサンプリングする光ファイバアレイと、前記光ファイバアレイから出射された光をヘテロダイン検波することでマイクロ波信号に変換してアレイアンテナの各アンテナ素子に給電する複
- 10 数の光電変換器とを備えた光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、前記アレイアンテナから放射する主ビームの方向を前記マイクロ波周波数によらず一定に制御する光学系を備えたことを特徴とする。

- さらに、他の発明に係る光制御型フェーズドアレイアンテナは、マイクロ波周波数で離調した信号光とローカル光の二つのレーザ光を出力する光出力装置と、
- 20 前記光出力装置から出力された信号光を信号光ビームとして空間に出射する信号光出射装置と、前記光出力装置から出力されたローカル光をローカル光ビームとして空間に出射するローカル光出射装置と、前記信号光ビームの空間強度分布に強度変調を行う空間光変調器と、前記空間光変調器で変調された信号光ビームを空間的にフーリエ変換するフーリエ変換レンズと、前記フーリエ変換レンズを介した信号光ビームと前記ローカル光ビームとを空間的に重ね合わせて合成ビーム光を得る光ビーム合成器と、前記合成ビーム光を空間的にサンプリングする光ファイバアレイと、前記光ファイバアレイから出射された光をヘテロダイン検波することでマイクロ波信号に変換してアレイアンテナの各アンテナ素子に給電する複
- 25 数の光電変換器とを備えた光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、前記

光出力装置として、信号光とローカル光の波長を、前記マイクロ波周波数に比例した波長に制御する波長可変型光出力装置を備えたことを特徴とする。

図面の簡単な説明

- 5 図 1 は、この発明の実施の形態 1 による光制御型フェーズドアレイアンテナの構成図、
- 図 2 は、信号光ビームの波面を簡易的に示す図、
- 図 3 は、この発明の実施の形態 2 による光制御型フェーズドアレイアンテナの構成図、
- 10 図 4 は、この発明に実施の形態 3 による光制御型フェーズドアレイアンテナの構成図、
- 図 5 は、この発明に実施の形態 4 による光制御型フェーズドアレイアンテナの構成図、
- 図 6 は、この発明の実施の形態 5 による光制御型フェーズドアレイアンテナの
- 15 構成図である。

発明を実施するための最良の形態

実施の形態 1.

- 図 1 は、この発明の実施の形態 1 による光制御型フェーズドアレイアンテナの
- 20 構成を示す図である。図 1 において、光出力装置 1 は、マイクロ波信号源 2 から入力されるマイクロ波信号周波数により、所望のマイクロ波周波数で離調した信号光 3 とローカル光 4 の二つのレーザ光を出力する。このような光出力装置 1 を実現する手段としては、例えば、音響光学効果を用いた光周波数シフタなどの適用がある。

- 25 信号光 3 は、必要に応じて光ファイバで伝送した後、レンズ 5 により所定のビーム幅に変換し、信号光ビーム 6 として空間に出射する。空間に出射した信号光ビーム 6 は、空間光変調器 7 に入射する。空間光変調器 7 は、入射した信号光ビーム 6 を、空間光変調器制御端子 8 から入力した制御信号により、アレイアンテナから放射させるビームのパターンに対応した、所望の強度分布の信号光ビーム

9に変換し、再び空間に出射する。空間光変調器7としては、例えば液晶を用いたものが既に商品化されている。

フーリエ変換レンズ10は、空間光変調器7のビーム出射面がレンズ10の前側焦点面となる位置に設置される。フーリエ変換レンズ10にて回折した信号光
5 ビーム11は、ビーム合成器12に入射する。

一方、光出力装置1から出射したローカル光4は、必要に応じて光ファイバで伝送した後、レンズ13により所定のビーム幅に変換され、ローカル光ビーム14として空間に出射し、ビーム合成器12に入射する。

ビーム合成器12は、入射した信号光ビーム11とローカル光ビーム14とを
10 空間的に重ね合わせ、合成ビーム光とする。合成光ビームは、前記フーリエ変換レンズ10の後側焦点面を入射面とする位置に設置したビーム拡大光学系20に入射し、合成ビーム光のビーム径が拡大され、かつビームの波面傾き角が小さくされ、ビーム拡大光学系20から出射される。

ビーム拡大光学系20から出射したビーム光は、ビーム拡大光学系20の出射
15 面、もしくはその近傍を入射端とする光ファイバアレイ15の各光ファイバに入力し、空間的にサンプリングされる。

光ファイバアレイ15は、所定の間隔をおいて、光ファイバの長手方向が平行になるように、並置された複数本の光ファイバから構成される。光ファイバアレイ15の入射端には、光ファイバアレイ15を構成する各光ファイバへの入射光
20 ビームとの結合効率を高める為に、レンズアレイを備えても良い。

各光ファイバに入射した光は、光ファイバ中を伝搬し、各光ファイバの出射端側に接続した各光電変換器16に入力され、ヘテロダイン検波によりマイクロ波信号に変換され、それぞれマイクロ波信号出力端17より出力される。

本装置をアレイアンテナへ適用する場合、マイクロ波信号出力端子17からの
25 各出力信号を、必要に応じてマイクロ波増幅器などを介して、アレイアンテナの各アンテナ素子に給電し、空間に放射させる。

以上の構成において、マイクロ波信号出力端子17から出力されるマイクロ波信号の位相分布について1次元の場合で説明する。図2は、信号光ビームの波面を簡易的に示す図である。空間光変調器7の出力をフーリエ変換レンズ10の光

軸から距離Xの点光源とすると、焦点距離fのフーリエ変換レンズ10の透過後、ビーム拡大光学系20へ入射する信号光ビーム11の波面の傾き角 θ_1 は、距離Xが焦点距離fに対して十分に小さいとき、 $\sin \theta_1 = X/f$ とおける。ビーム拡大光学系20の倍率をMとおくと、ビーム拡大光学系20からの出力光ビームの波面の傾き角 θ_2 は、式(2)となる。

$$\sin \theta_2 = X / (M \times f) = \sin \theta_1 / M \quad (2)$$

従って、光ファイバアレイ15を構成する各光ファイバの隣接ファイバの間隔を d_o とおくと、任意の隣接する光ファイバに入射するビーム光間の位相差 $\Delta \phi_o$ は、式(3)とおける。但し、 λ_o は光源の波長とする。

$$\begin{aligned} \Delta \phi_o &= 2\pi / \lambda_o d_o \sin \theta_2 \\ &= 2\pi / \lambda_o d_o \sin \theta_1 (1/M) \end{aligned} \quad (3)$$

M=1の場合が、ビーム拡大光学系20を使用しない場合の隣接光ファイバ間の位相差 $\Delta \phi_o$ である。ビーム拡大光学系20を適用することにより、隣接ファイバ間の位相差を $1/M$ にすることが可能になる。前記位相差 $\Delta \phi_o$ の関係を維持したまま光ファイバに入射した光は、各光電変換素子16で光電変換され、各々同一の位相差 $\Delta \phi_o$ をもつマイクロ波信号に変換される。

このマイクロ波信号を、素子間隔 d_m のアレイアンテナに給電し、空間から放射させた時のアンテナ放射ビームの主ビーム方向 θ_m は、式(4)とおける。

$$\begin{aligned} \sin \theta_m &= (d_o / \lambda_o) / (d_m / \lambda_m) \times (X / f) \times (1/M) \\ &= (d_o / \lambda_o) / (d_m / \lambda_m) \times X / (f \times M) \end{aligned} \quad (4)$$

このように、ビーム拡大率Mのビーム拡大光学系20を適用することにより、ビーム走査角 θ_m の分解能を $1/M$ にすることが可能となる。あるいは、ビーム走査角の分解能を変えずに、フーリエ変換レンズ10の焦点距離を $1/M$ にすることが可能であり、装置の小型化を実現することが可能である。

ビーム拡大光学系20を適用したときのアレイアンテナから放射する主ビームの方向の計算例を1次元の場合で示す。例えば、光ファイバアレイ15の隣接ファイバの間隔を $d_o = 1 \text{ mm}$ 、光の波長を $\lambda_o = 1.3 \mu \text{ m}$ 、アレイアンテナの素子間隔を $d_m = 5 \text{ cm}$ 、マイクロ波の波長を $\lambda_m = 10 \text{ cm}$ 、フーリエ変換レンズ10の焦点距離を $f = 500 \text{ mm}$ とする。

空間光変調器 7 を構成する各変調素子のピッチが $50 \mu\text{m}$ の場合、 X は、 $X = 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, \dots \mu\text{m}$ の離散的な値をとる。この時、アンテナ放射ビームの主ビームの方向 θ_m は、式 (1) 及び前記の条件から $\theta_m = 0, 8.8, 18, 28, 38, 50, 67, \dots$ 度となる。

5 光ファイバアレイ 15 の前面にビームの倍率 $M = 5$ のビーム拡大光学系 20 を挿入した場合、アンテナ放射ビームの主ビームの方向 θ_m は、 $\theta = 0, 1.8, 3.5, 5.3, 7.1, 8.8, 10, \dots$ 度となり、同一の装置を用いてもアンテナ放射ビームの走査角の分解能を細かくすることが可能となる。

また、ビーム拡大光学系 20 を用いずに同様の走査角分解能を得るには、フーリエ変換レンズの焦点距離 f は 2.5 m と、約 5 倍の長さが必要であることから、

10 ビーム拡大光学系 20 を適用することにより、光学系の全長を短くすることが可能となり、大気の変乱や光学系の振動による劣化への要求を緩和することができる。

15 実施の形態 2.

図 3 は、この発明の実施の形態 2 による光制御型フェーズドアレイアンテナの構成図である。図 3 において、図 1 に示す実施の形態 1 と同一の構成部品に関しては説明を省略する。空間光変調器 7 から出力した信号光ビームはビーム縮小光学系 21 にてビームサイズが縮小されて、ビーム縮小光学系 21 から出射する。

20 例えば、ビーム縮小光学系 21 の倍率を m ($m < 1$) とすると、空間光変調器 7 から出射しビーム縮小光学系 21 に入射した、光軸を中心に半径 R のビーム光は、半径 mR のビームに変換される。また、ビーム縮小光学系 21 に入射した、光軸から X の位置の点光源は、光軸から mX の位置に変換される。

ビーム縮小光学系 21 から出射した信号光ビーム 9 は、実施の形態 1 と同様に、

25 ビーム縮小光学系の出力端 21 を前側焦点面にしたフーリエ変換レンズ 10 で回折した後、ビーム合成器 12 にてローカル光ビーム 14 と重ね合わせ、合成ビーム光として、フーリエ変換レンズ 10 の後側焦点面を入射面とした光ファイバアレイ 15 に入射する。

光ファイバアレイ 15 の各光ファイバに入射した合成光は、各光ファイバの出

射端に接続した各光電変換に入力され、ヘテロダイン検波によりマイクロ波信号に変換され、それぞれ、マイクロ波信号出力端より出射する。

- 以上で構成した光制御型フェーズドアレイアンテナを用いてアレイアンテナからマイクロ波を放射させた場合の主ビームの方向 θ_m は、前記の実施の形態 1 と
- 5 同様の変数を用いて式 (5) とおける。

$$\sin \theta_m = (d_o / \lambda_o) / (d_a / \lambda_m) m X / f \quad (5)$$

- 式 (5) のように、ビーム縮小率 m のビーム縮小光学系 21 を空間光変調器 7 とフーリエ変換レンズ 10 の間に備えることにより、フーリエ変換レンズ 10 の焦点距離 f 、空間光変調器 7 の空間分解能を変えずに、アレイアンテナからの放
- 10 射ビームの走査角の分解能を概ね m 倍に向上することが可能となる。あるいは、ビーム走査角の分解能を劣化させることなく、フーリエ変換レンズ 10 の焦点距離を m 倍に短くすることが可能であり、装置の小型化が可能となる。

実施の形態 3.

- 15 図 4 は、この発明に実施の形態 3 による光制御型フェーズドアレイアンテナの構成図である。図 4 において、図 1 に示す実施の形態 1 と同一の構成部品に関しては説明を省略する。この実施の形態 3 においては、光ビーム合成器 12 と光ファイバアレイ 15 との間に、アレイアンテナから放射する主ビームの方向をマイクロ波周波数によらず一定に制御する光学系として、マイクロ波周波数に比例して
- 20 てズーム倍率が制御されるズーム光学系 22 を備えている。

- 空間光変調器 7 から出射した信号光ビーム 9 は、フーリエ変換レンズ 10 にて回折し、ビーム合成器 12 によりローカル光ビーム 14 と重ね合わされ、合成ビーム光となり、ズーム光学系 22 に入射する。マイクロ波周波数設定装置 23 にて設定したマイクロ波周波数を元にズーム倍率制御装置 24 によりズーム光学系 2
- 25 2 の倍率をマイクロ波周波数に比例させる。

ズーム光学系 22 の倍率を変化させたときに光学系の出射端が移動する場合は、光ファイバアレイ 15 の入射端もあわせて移動させる。

ズーム光学系から出力したビーム光は、光ファイバアレイ 15 にてサンプリングし、光電変換器 16 にてヘテロダイン検波によりマイクロ波信号に変換され、

マイクロ波信号出力端子 17 から出力する。出力信号はアレイアンテナの各アンテナ素子に給電する。

本実施の形態 3 におけるアレイアンテナからの放射ビームの主ビームの方向 θ_m は、ズーム光学系の倍率を $Z = z_0 \cdot \lambda_m$ とおくと、式 (6) とおける。但し、

5 z_0 は定数である。

$$\begin{aligned} \sin \theta_m &= (d_o / \lambda_o) / (d_m / \lambda_m) \cdot X / f \cdot 1 / Z \\ &= (d_o / \lambda_o) / (d_m / \lambda_m) \cdot X / f \cdot 1 / (z_0 \lambda_m) \\ &= (d_o / \lambda_o) / d_m \cdot X / f \cdot 1 / z_0 \quad (6) \end{aligned}$$

式 (6) に示したように、ビームの方向 θ_m はマイクロ波の波長 λ_m に依存しないので、マイクロ波の周波数（波長）を変化させても、アレイアンテナから放射するビームの主ビームの方向を一定とすることが可能となる。

実施の形態 4.

図 5 は、この発明に実施の形態 4 による光制御型フェーズドアレイアンテナの構成図である。この実施の形態 4 においては、図 1 に示すフーリエ変換レンズ 10 の代わりに、アレイアンテナから放射する主ビームの方向をマイクロ波周波数によらず一定に制御する光学系として、マイクロ波周波数に比例してズーム倍率が制御されるズーム光学系 22 を備えている。

すなわち、空間光変調器 7 からの信号光ビーム 9 をズーム光学系 22 に入力している。この時、ズーム光学系 22 の倍率つまり焦点距離をズーム倍率制御装置 24 の信号に従い、マイクロ波周波数に比例させることにより、アレイアンテナからの放射ビームの主ビーム方向はマイクロ波周波数によらず一定とすることが可能となる。

25 実施の形態 5.

図 6 は、この発明の実施の形態 5 による光制御型フェーズドアレイアンテナの構成図である。図 6 において、既に述べた構成部品に関しては説明を省略する。マイクロ波周波数設定装置 23 にて設定したマイクロ波の周波数（波長）情報を光波長設定装置 25 に入力する。光波長設定装置 25 は、入力マイクロ波波長情

報に従い、波長可変型光出力装置 26 の波長を制御し、マイクロ波の波長に比例させて変化させる。

この波長可変型光出力装置 26 では、波長が変化すると同時に、実施の形態 1 の光出力装置 1 と同様に、マイクロ波周波数で離調した信号光 3 とローカル光 4
5 を出力する。

波長可変型光出力装置 26 を適用した場合の、アレイアンテナ放射ビームの主ビーム方向 θ_m について説明する。波長可変型光出力装置 26 から出力する光の波長 λ_o はマイクロ波信号の波長 λ_m に比例させるので、 $\lambda_o = a \cdot \lambda_m$ とおける。 a は所定の定数である。この時、アンテナ放射ビームの主ビーム方向 θ_m は、
10 式 (1) より式 (7) とおける。

$$\begin{aligned} \sin \theta_m &= (d_o / \lambda_o) / (d_m / \lambda_m) \cdot X / f \\ &= (d_o / (a \cdot \lambda_m)) / (d_m / \lambda_m) \cdot X / f \\ &= (d_o / a) / d_m \cdot X / f \quad (7) \end{aligned}$$

θ_m は、マイクロ波周波数 λ_m に依存しなくなる。例えば、マイクロ波の周波
15 数を 10.0 GHz から 10.5 GHz に変化させたときに、波長可変型光出力装置 26 の出力光の周波数（波長）を 1515 nm から 1590 nm まで変化させることにより、アンテナ放射ビームの主ビーム方向を一定に保つことが可能である。また、同一の波長可変量によりマイクロ波周波数が 30 GHz から 31.5 GHz まで対応することも可能である。

20 このように、波長可変型光出力装置 26 の波長をマイクロ波の周波数に応じて変化させることにより、マイクロ波周波数が増減しても、アンテナ放射ビームの主ビーム方向を一定にすることが可能となる。

産業上の利用の可能性

25 以上のように、この発明によれば、アンテナ放射ビームの走査角の分解能が高く、かつ光学系が短い光制御型フェーズドアレイアンテナを得ることができる。また、アレイアンテナから放射する主ビームの方向が、マイクロ波周波数に依存しない、光制御型フェーズドアレイアンテナを得ることができる。

請 求 の 範 囲

1. マイクロ波周波数で離調した信号光とローカル光の二つのレーザ光を
- 5 出力する光出力装置と、
前記光出力装置から出力された信号光を信号光ビームとして空間に出射する信号光出射装置と、
前記光出力装置から出力されたローカル光をローカル光ビームとして空間に出射するローカル光出射装置と、
- 10 前記信号光ビームの空間強度分布に強度変調を行う空間光変調器と、
前記空間光変調器で変調された信号光ビームを空間的にフーリエ変換するフーリエ変換レンズと、
前記フーリエ変換レンズを介した信号光ビームと前記ローカル光ビームとを空間的に重ね合わせて合成ビーム光を得る光ビーム合成器と、
- 15 前記合成ビーム光を空間的にサンプリングする光ファイバアレイと、
前記光ファイバアレイから出射された光をヘテロダイン検波することでマイクロ波信号に変換してアレイアンテナの各アンテナ素子に給電する複数の光電変換器と
を備えた光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、
- 20 前記フーリエ変換レンズの焦点距離を短く制御する光学系を備えたことを特徴とする光制御型フェーズドアレイアンテナ。
2. 請求項 1 に記載の光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、
前記光学系として、前記光ビーム合成器と前記光ファイバアレイとの間に、前
- 25 記合成ビーム光のビームを拡大するビーム拡大光学系を備えたことを特徴とする光制御型フェーズドアレイアンテナ。
3. 請求項 1 に記載の光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、
前記光学系として、前記空間光変調器と前記フーリエ変換レンズとの間に、前

記空間光変調器で変調された信号光ビームのビームを縮小するビーム縮小光学系を備えた

ことを特徴とする光制御型フェーズドアレイアンテナ。

- 5 4. マイクロ波周波数で離調した信号光とローカル光の二つのレーザ光を出力する光出力装置と、

前記光出力装置から出力された信号光を信号光ビームとして空間に出射する信号光出射装置と、

- 10 前記光出力装置から出力されたローカル光をローカル光ビームとして空間に出射するローカル光出射装置と、

前記信号光ビームの空間強度分布に強度変調を行う空間光変調器と、

前記空間光変調器で変調された信号光ビームを空間的にフーリエ変換するフーリエ変換レンズと、

- 15 前記フーリエ変換レンズを介した信号光ビームと前記ローカル光ビームとを空間的に重ね合わせて合成ビーム光を得る光ビーム合成器と、

前記合成ビーム光を空間的にサンプリングする光ファイバアレイと、

前記光ファイバアレイから出射された光をヘテロダイン検波することでマイクロ波信号に変換してアレイアンテナの各アンテナ素子に給電する複数の光電変換器と

- 20 を備えた光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、

前記アレイアンテナから放射する主ビームの方向を前記マイクロ波周波数によらず一定に制御する光学系を備えた

ことを特徴とする光制御型フェーズドアレイアンテナ。

- 25 5. 請求項 4 に記載の光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、

前記光学系として、前記光ビーム合成器と前記光ファイバアレイとの間に、前記マイクロ波周波数に比例してズーム倍率が制御されるズーム光学系を備えた

ことを特徴とする光制御型フェーズドアレイアンテナ。

6. 請求項 4 に記載の光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、
前記光学系として、前記フーリエ変換レンズの代わりに、前記マイクロ波周波数に比例してズーム倍率が制御されるズーム光学系を備え、
前記光ビーム合成器は、前記ズーム光学系を介した信号光ビームと前記ローカル光ビームとを空間的に重ね合わせて合成ビーム光を得る
5 ことを特徴とする光制御型フェーズドアレイアンテナ。
7. マイクロ波周波数で離調した信号光とローカル光の二つのレーザ光を出力する光出力装置と、
10 前記光出力装置から出力された信号光を信号光ビームとして空間に出射する信号光出射装置と、
前記光出力装置から出力されたローカル光をローカル光ビームとして空間に出射するローカル光出射装置と、
前記信号光ビームの空間強度分布に強度変調を行う空間光変調器と、
15 前記空間光変調器で変調された信号光ビームを空間的にフーリエ変換するフーリエ変換レンズと、
前記フーリエ変換レンズを介した信号光ビームと前記ローカル光ビームとを空間的に重ね合わせて合成ビーム光を得る光ビーム合成器と、
前記合成ビーム光を空間的にサンプリングする光ファイバレイと、
20 前記光ファイバレイから出射された光をヘテロダイン検波することでマイクロ波信号に変換してアレイアンテナの各アンテナ素子に給電する複数の光電変換器と
を備えた光制御型フェーズドアレイアンテナにおいて、
前記光出力装置として、信号光とローカル光の波長を、前記マイクロ波周波数
25 に比例した波長に制御する波長可変型光出力装置を備えた
ことを特徴とする光制御型フェーズドアレイアンテナ。

図 1

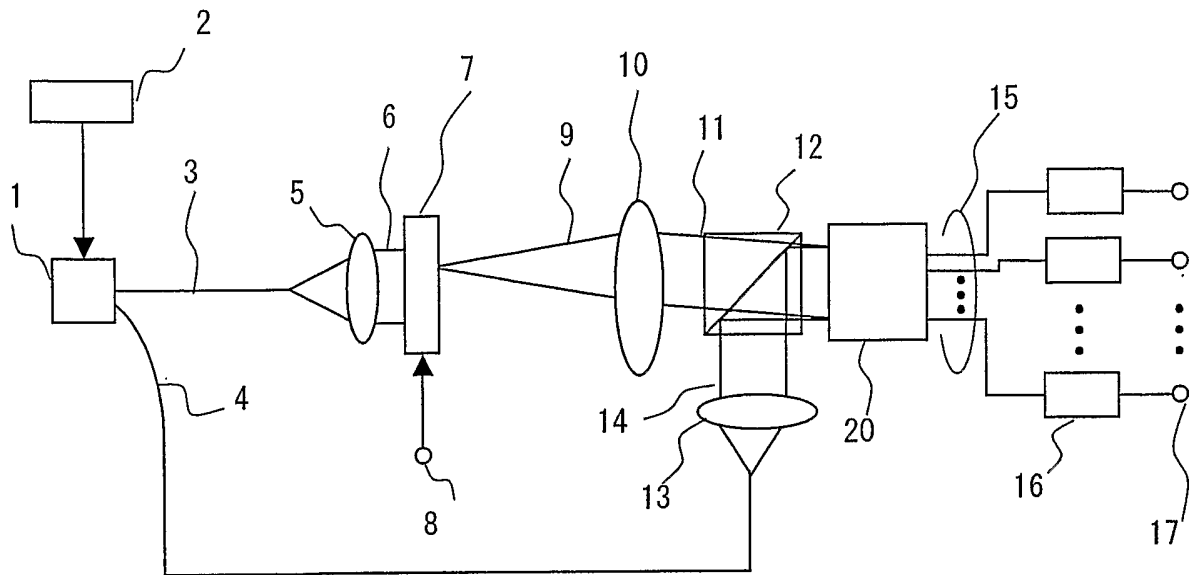


図 2

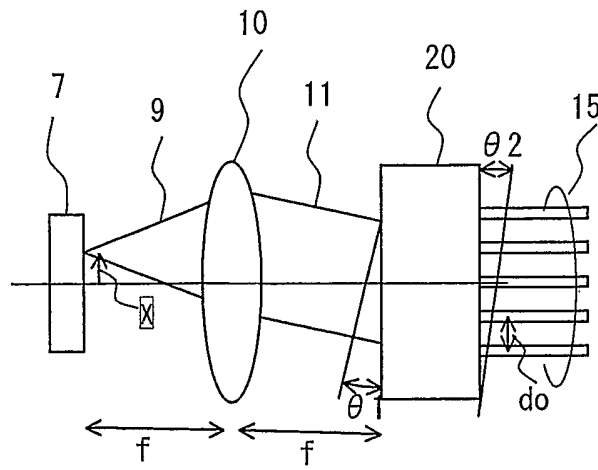


図 3

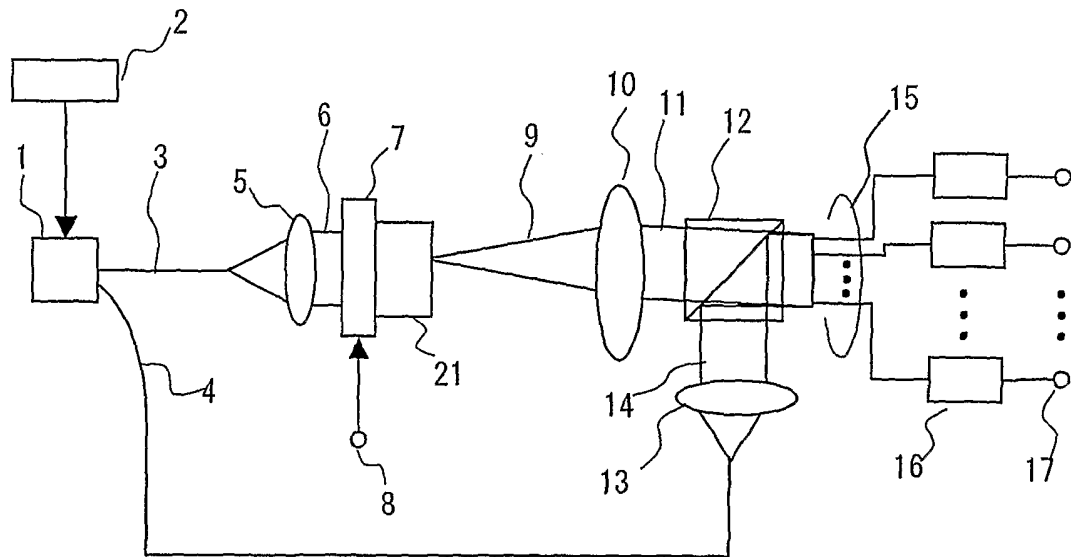


図 4

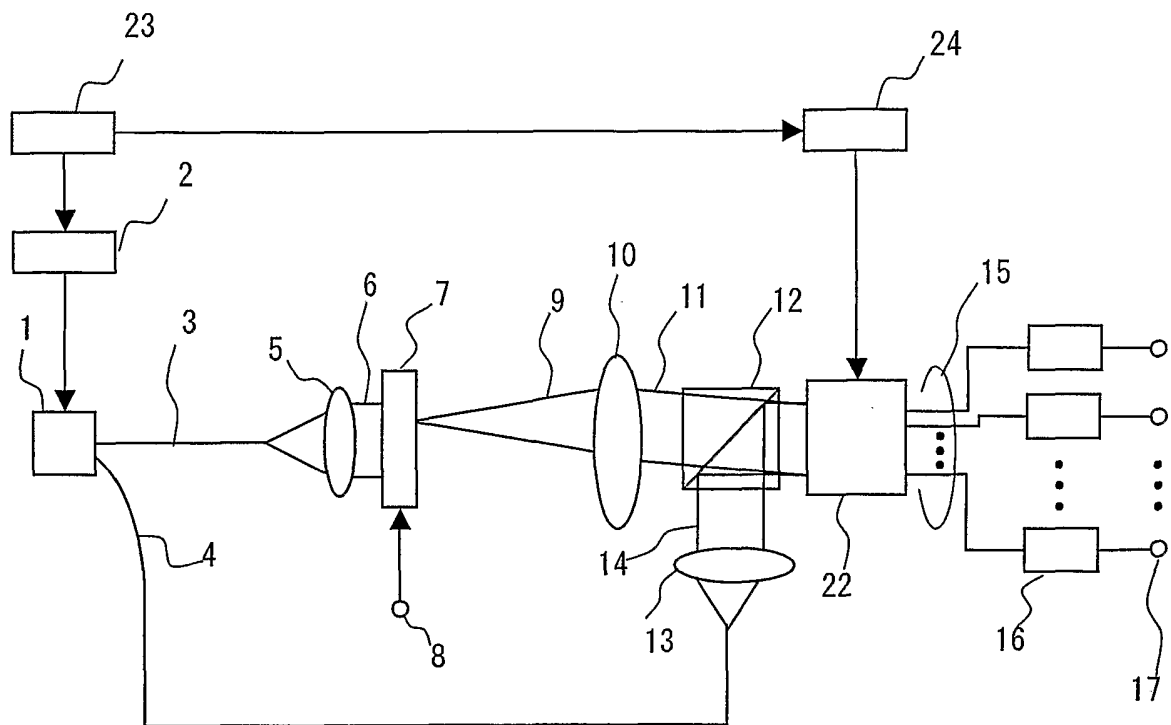


図 5

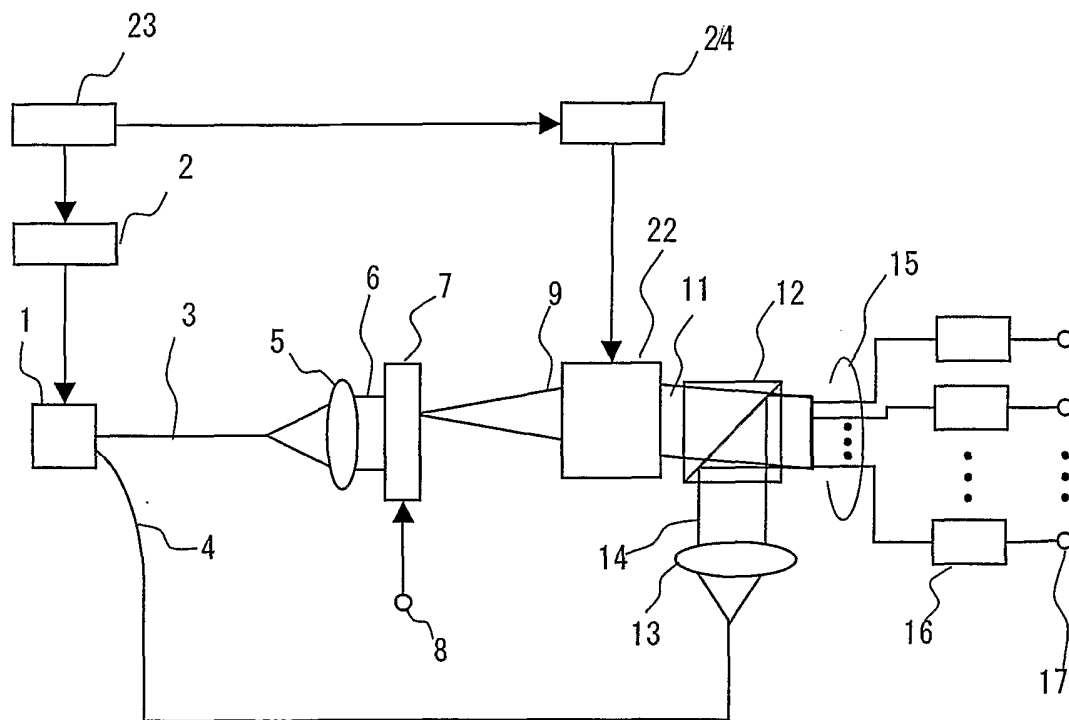
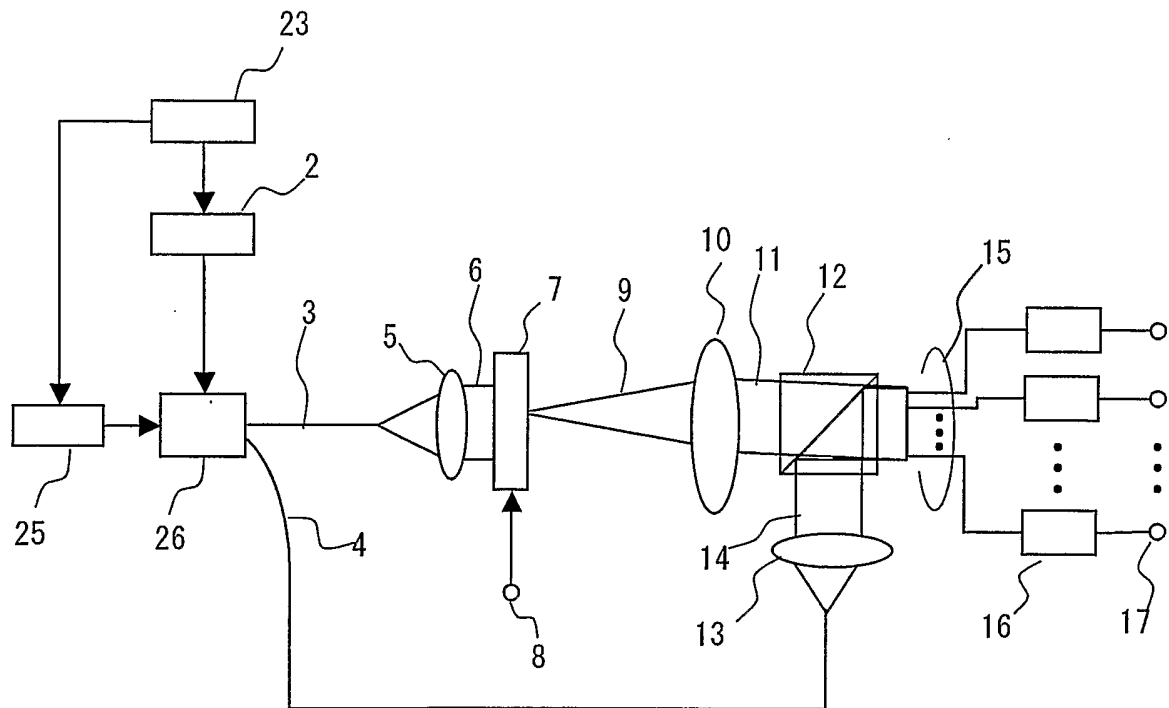


図 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/06408

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01Q3/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ H01Q3/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-44202 A (ATR Optical and Radio Communications), 26 February, 1991 (26.02.91), (Family: none)	1-7
A	JP 69-139620 A (ATR Optical and Radio Communications), 27 May, 1997 (27.05.97), (Family: none)	1-7
A	JP 6-268427 A (ATR Optical and Radio Communications), 22 September, 1994 (22.09.94), (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
09 September, 2003 (09.09.03)

Date of mailing of the international search report
24 September, 2003 (24.09.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl⁷ H01Q 3/26

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl⁷ H01Q 3/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 3-44202 A (株式会社エイ・テイ・アール光電波通信研究所) 1991. 2. 26 (ファミリーなし)	1-7
A	J P 9-139620 A (株式会社エイ・テイ・アール光電波通信研究所) 1997. 5. 27 (ファミリーなし)	1-7
A	J P 6-268427 A (株式会社エイ・テイ・アール光電波通信研究所) 1994. 9. 22 (ファミリーなし)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.09.03

国際調査報告の発送日

24.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

緒方 寿彦

5T

8321

電話番号 03-3581-1101 内線 3526