

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-234547

(43)公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 N 5/225

H 0 4 N 5/225

Z

G 0 2 B 26/10

G 0 2 B 26/10

Z

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-37486

(71)出願人 598022646

財団法人 リモート・センシング技術センター

東京都港区六本木1丁目9番9号

(22)出願日 平成10年(1998) 2月19日

(72)発明者 小野 誠

東京都港区六本木1丁目9番9号 財団法人
リモート・センシング技術センター内

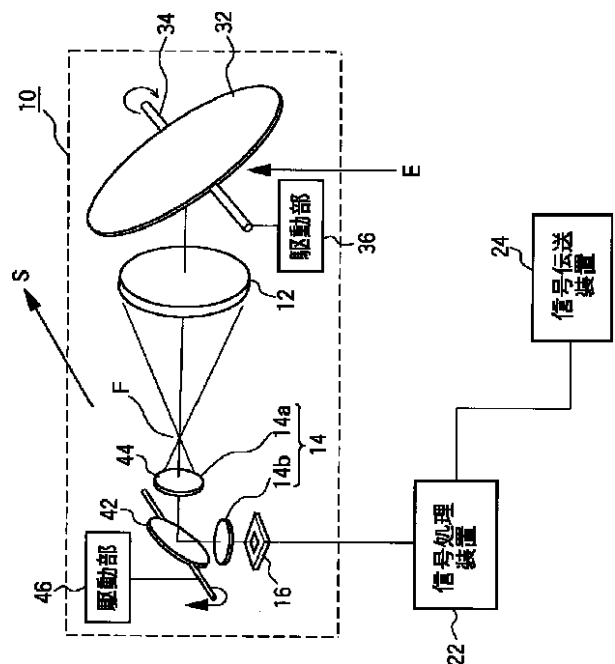
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

(54)【発明の名称】 光学撮像装置

(57)【要約】

【課題】結像光学系や検出器の設計条件を厳しくすることなく、5 mクラスの分解能での地表の撮影を実現する光学撮像装置を提供する。

【解決手段】光学撮像装置10は、結像光学系12と、リレー光学系14と、対物平面走査鏡32と、補償平面走査鏡42と、二次元検出器アレイ16とを有している。対物平面走査鏡32は地球Eからの光を結像光学系12に向けて反射し、結像光学系12は地表の画像を結像し、その画像はリレー光学系14によって二次元検出器アレイ16の受光面に中継される。対物平面走査鏡32は飛行体の進行方向Sに平行な走査回転軸34の周りに一定の角速度で回転され、一枚の画像を取得する間、補償平面走査鏡42は、結像光学系12の焦点面に結像される画像の移動を打ち消すように、走査回転軸44の周りに回転され、その結果、二次元検出器アレイ16の受光面には静止した画像が結像される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 航空機や人工衛星などの飛翔体に搭載され地表を撮影する光学撮像装置であり、地表からの光を結像する結像光学系と、結像光学系の視野を走査する対物平面走査鏡と、結像光学系によって結像された像を中継するリレー光学系と、

リレー光学系の光路内に配置された補償平面走査鏡と、リレー光学系の焦点面に配置された二次元検出器アレイとを有しており、対物平面走査鏡は飛翔体の進行方向に平行な走査回転軸の周りに一定の角速度で回転され、補償平面走査鏡は、二次元検出器アレイが一枚の画像を取得する間、対物平面走査鏡の回転により発生する結像光学系の焦点面上における画像の移動を補償するように走査回転軸の周りに回転され、これにより二次元検出器アレイには静止した画像が結像される、光学撮像装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、さらに補償平面走査鏡は、飛翔体の移動により同一走査中に得られる複数の画像の間に発生する飛翔体の進行方向に沿ったずれを打ち消すように、走査回転軸と異なる回転軸の周りに回転され、これにより同一走査で得られる複数の画像が一直線に並び、光学撮像装置。

【請求項 3】 請求項 1 において、リレー光学系の光路内に配置された分光フィルターを更に有しており、これにより特定の波長帯域の画像が得られる、光学撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、人工衛星等の飛翔体に搭載され、地上の映像を撮影する光学撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】このような光学撮像装置には、いくつかのタイプがあり、以下、その代表的な二例について図面を参照しながら説明する。図 7 は例えばランドサット 1 号に搭載された走査型マルチスペクトル放射計と称される光学撮像装置の構成を示している。

【0003】この光学撮像装置 100 は、地球 E からの光を結像する結像光学系 112 と、結像光学系 112 の視野を走査する対物平面走査鏡 132 と、結像光学系 112 の焦点 F に配置された検出器列 126 とを備えている。

【0004】結像光学系 112 の視野は、対物平面走査鏡 132 が飛翔体の進行方向 S に平行な走査回転軸 134 の周りに回転されることにより、飛翔体の進行方向 S に直交する方向に走査される。走査中、地球 E からの光は結像光学系 112 によって検出器列 126 に結像され、そこで光電変換され、検出器列 126 の出力信号は信号処理装置 122 で信号形式が整えられ、データ伝送

装置 124 を介して地上に伝送される。

【0005】地上あるいは地表の画像は、検出器列 126 で得られる信号を、走査方向に関する視野の位置および飛翔体の進行方向に関する視野の位置と関連づけて処理することにより得られる。つまり、各走査で得られる線的な情報を、飛翔体の進行方向 S に重ねていくことで得られる。

【0006】図 8 は海洋観測衛星 1 号（通称もも 1 号）に搭載された電子走査マルチスペクトル放射計と呼ばれる光学撮像装置の構成を示している。この光学撮像装置 100 では、地球 E からの光を結像する結像光学系 112 と、結像光学系 112 の焦点 F に配置された観測領域幅分の情報を一度に取得する検出器列いわゆるラインセンサー 128 とを備えており、結像光学系 112 の視野は直接、地球 E の方向に向けられている。

【0007】地球 E からの光は結像光学系 112 によって検出器列 128 に結像され、そこで光電変換され、検出器列 128 の出力信号は信号処理装置 122 で信号形式が整えられ、データ伝送装置 124 を介して地上に伝送される。

【0008】この光学撮像装置 100 では、検出器列 128 は、通常、数千画素からなる直線配列アレイ素子を使用され、観測範囲の幅分を同時に撮像するので、図 7 に示すような対物平面走査鏡を必要としない。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図 7 に示した装置では、飛翔体が光学撮像装置の分解能に対応する距離を進む時間内に一走査を完了する必要がある。このため、一画素当たりの露光時間は数マイクロ秒程度である。このような条件の下で十分な信号強度を得るため、検出器列 126 に高感度のものを使用するか、結像光学系 112 に大口径のものを使用するかしなければならない。

【0010】また図 8 に示した装置では、撮影領域の一行分を同時に撮影するため、図 7 の装置と比べると、露光時間が千分の一秒程度と長いため、検出器列 128 に要求される感度は低くて済むという利点はあるが、その反面、検出器列 128 は相当に長いものであることが要求され、また、結像光学系は広い画角に亘って収差が小さくなるように設計されなければならない。

【0011】これらの光学撮像装置では、現在、10mクラスの分解能が実現されているが、更に高い分解能、例えば 5mクラスの分解能を実現するには、図 7 の光学撮像装置においては、結像光学系を更に大口径のものに変更するか、検出器列を更に高感度のものに変更する必要に迫られ、また、図 8 の光学撮像装置においては、更に長い検出器列を開発したり、非常に広い画角に亘って収差の小さい結像光学系を新たに設計する必要に迫られ、このために光学撮像装置の開発経費の高騰を招くことが予想され、これは衛星全体の設計にとっても好ましいものではない。

【0012】本発明は、このような現状に鑑みて成されたもので、その目的は、結像光学系や検出器の設計条件を厳しくすることなく、さらに高い分解能で撮影可能な小型で軽量の光学撮像装置を提供することである。より具体的には、非常に高感度な検出器や非常に大口径の光学系を使用することなく、また、新たな検出器の開発や新たな結像光学系の設計を必要とすることなく、5mクラスの分解能での撮影を達成する小型で軽量の光学撮像装置を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明による航空機や人工衛星などの飛翔体に搭載され地表を撮影する光学撮像装置は、地表からの光を結像する結像光学系と、結像光学系の視野を走査する対物平面走査鏡と、結像光学系によって結像された像を中継するリレー光学系と、リレー光学系の光路内に配置された補償平面走査鏡と、リレー光学系の焦点面に配置された二次元検出器アレイとを有しており、対物平面走査鏡は飛翔体の進行方向に平行な走査回転軸の周りに一定の角速度で回転され、補償平面走査鏡は、二次元検出器アレイが一枚の画像を取得する間、対物平面走査鏡の回転により発生する結像光学系の焦点面上における画像の移動を補償するように走査回転軸の周りに回転される。これにより、一枚の画像を取得する間、二次元検出器アレイには静止した画像が結像される。つまり、光学撮像装置の視野はステップ的に走査され、二次元検出器アレイは、一枚の画像を取得する間の比較的長い時間の間、露光され続ける。従って、大口径の光学系や高感度の検出器を用いずに、高分解能の画像を得ることができる。

【0014】光学撮像装置は、好適な一実施形態では、さらに補償平面走査鏡が、飛翔体の移動により同一走査中に得られる複数の画像の間に発生する飛翔体の進行方向に沿ったずれを打ち消すように、走査回転軸と異なる回転軸の周りに回転される。これにより、同一走査で得られる複数の画像は、一直線に並んだものとなる。

【0015】光学撮像装置は、別の好適な一実施形態では、リレー光学系の光路内に配置された分光フィルターを更に有しており、これにより特定の波長帯域の画像が得られる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。まず、本発明の第一の実施の形態の光学撮像装置について図1を用いて説明する。

【0017】光学撮像装置10は、例えば、矢印Sで示される方向に移動する人工衛星等の飛翔体に搭載され、その視野は地球Eに向けられている。光学撮像装置10は、結像光学系12と、リレー光学系14と、対物平面走査鏡32と、補償平面走査鏡42と、二次元検出器アレイ16とを有している。

【0018】対物平面走査鏡32は走査回転軸34の周りに回転可能に支持されており、地球Eからの光を結像光学系12に向けて反射する。結像光学系12は、入射してくる光を焦点Fに集光し、観測対象である地表の像を結像する。

【0019】リレー光学系14は二枚のリレーレンズ14aと14bを含んでおり、リレー光学系14の光路内すなわち二枚のリレーレンズ14aと14bの間には、補償平面走査鏡42が走査回転軸44の周りに回転可能に支持されている。

【0020】リレーレンズ14aは、結像光学系12の焦点Fからの発散光を平行光に変え、リレーレンズ14bは、リレーレンズ14aからの平行光を収束光に変える。つまり、リレー光学系14は、結像光学系12の焦点面に結像された像を二次元検出器アレイ（例えばCCD）16の受光面に中継する。

【0021】二次元検出器アレイ16の出力信号は信号処理装置22で処理された後、信号伝送装置24によって地上局へ送られる。対物平面走査鏡32は、駆動部36によって、飛翔体の進行方向Sに平行な走査回転軸34の周りに、一方向に回転あるいは揺動される。これにより、撮像装置10により撮影される領域すなわち視野が、飛翔体の進行方向Sに直交する方向に走査される。

【0022】一走査の間、図3に示されるように、一定の周期（例えば1/30秒の周期）で、二次元検出器アレイ16に対応した領域の地表の画像（例えば I_{m-1} 、 I_m 、 I_{m+1} ）が連続的に取得される。図中、画像 I_{m-1} 、画像 I_m 、画像 I_{m+1} は、それぞれ、時刻 t_{m-1} ～時刻 t_m の間、時刻 t_m ～時刻 t_{m+1} の間、時刻 t_{m+1} ～時刻 t_{m+2} の間に撮影される画像を意味している。

【0023】一走査中の画像取得の周期は、走査速度に応じて、隣り合う画像がちょうど隣接するように、あるいは一部が重なるように選ばれる。また、この走査は連続的に行なわれ、走査の周期は、飛翔体の移動速度に応じて、連続する二走査の間に得られる画像が隣接するように、あるいは一部が重なるように選ばれる。

【0024】その結果、複数の走査によって得られる多数の画像がつなぎ合わされ、最終的に、広範囲の地表の画像が得られる。以下、光学撮像装置10の動作について更に詳しく説明する。

【0025】図2(A)に示されるように、結像光学系12の視野の方向は対物平面走査鏡32の角度によって決まり、一走査の間、結像光学系12の視野は一定の速度で移動される。つまり、対物平面走査鏡32は駆動部36により一定の角速度で回転される。従って、対物平面走査鏡32の角度は、図2(B)に示されるように、時間 t に対して直線的に変化する。

【0026】二次元検出器アレイ16が一枚の画像を取得する間も対物平面走査鏡32は一定の角速度で回転しているため、結像光学系12によって結像される像は時

間の経過と共に移動する。つまり、結像光学系 12 の焦点面に結像される像は、時間の経過と共に移動しており、結像光学系 12 の焦点面では、いわゆる画像の流れが生じている。

【0027】補償平面走査鏡 42 は、駆動部 46 により、この画像の流れを補償するように駆動される。つまり、二次元検出器アレイ 16 が一枚の画像を取得する間、補償平面走査鏡 42 は、対物平面走査鏡 32 の回転による画像の移動を打ち消すように、その向きが制御される。具体的には、図 2 (C) に示されるように、補償平面走査鏡 42 の角度は時間 t に対して鋸歯状に周期的に変化する。

【0028】その結果、対物平面走査鏡 32 と結像光学系 12 とリレー光学系 14 と補償平面走査鏡 42 とで構成された光学系全体の視野の方向、すなわち、光学撮像装置 10 の視野の方向は、図 2 (D) に示されるように、時間の経過と共に階段状に変化し、二次元検出器アレイ 16 が一枚の画像を取得する間は一定に保たれ、その間、二次元検出器アレイ 16 の受光面には静止した像が投影される。

【0029】上述した画像の流れの補償は、対物平面走査鏡 32 の角度を階段状に変化させることによって実現可能であるが、対物平面走査鏡 32 は約 30 cm 径で約 2 kg と大きく重い場合、慣性モーメントが大きく共振周波数が低く、現実的には、対物平面走査鏡 32 の角度を高い精度で感度良く制御することは難しい。

【0030】このため、本発明では、対物平面走査鏡 32 は一定の角速度で回転させ、比較的容易に高感度かつ高精度に制御できる小型で軽量の補償平面走査鏡 42 の角度を制御することで、画像の流れを補償している。補償平面走査鏡 42 は、例えば、約 3 cm 径で約 5 g と軽量小型であり、上述の動作を実現するにおいて、十分な精度と感度を持って制御可能である。

【0031】このような制御の結果、図 3 に概略的に示されるように、各走査に対して、走査方向に並んだ複数の画像が取得される。各走査の間に得られる隣接する二つの画像は、一枚の画像を取得する間に飛翔体が移動する分だけ、飛翔体の移動方向 S にずれている。

【0032】さらに、このように各走査で得られる複数の画像を、飛翔体の移動方向 S に沿って並べることにより、広範囲の地表の画像が得られる。二次元検出器アレイ 16 に入射する光量は結像光学系 12 の開口面積 (口径) と二次元検出器アレイ 16 の露光時間との積に比例するので、二次元検出器アレイ 16 は一枚の画像を取得する間に多量の光を受ける。従って、光学撮像装置 10 は、二次元検出器アレイ 16 の感度がそれほど高くなくとも、また、光学系の口径がそれほど大きくなくとも、十分な光量を取得し得る。つまり、二次元検出器アレイ 16 に要求される感度および光学系に要求される口径が低減される。

【0033】本実施形態における光学系の口径と分解能の関係を図 4 に示す。このグラフから、15 cm 程度の口径の光学系を用いて、5 m の分解能を達成できることがわかる。また、二次元検出器アレイ 16 としては、現行のデジタルビデオカメラ等に用いられている 30 万画素クラスの CCD が適用できる。

【0034】以上の説明から分かるように、本実施形態の撮像装置は、非常に大口径で大型の光学系や非常に高感度の検出器を用いることなく、5 m 程度の分解能での地表の撮影を実現している。

【0035】続いて、本発明の第二の実施の形態の光学撮像装置について図 5 を用いて説明する。図 5 に示されるように、本実施形態の光学撮像装置 10 は、前述の第一の実施の形態の光学撮像装置とほとんど同じであるが、相違箇所として、走査回転軸 44 の周りに回転可能に支持されている補償平面走査鏡 42 が、さらに走査回転軸 44 に直交する回転軸 11 の周りに回転可能に支持されている。

【0036】第一の実施の形態では、一走査の間に連続的に撮影される複数の画像は、図 3 に示したように、飛翔体の進行方向 S に少しずつずれていく。また、一枚の画像を取得する間も飛翔体は進行方向 S に移動しているため、やはり、二次元検出器アレイ 16 で得られる画像はわずかながら進行方向 S に流れたものとなっている。

【0037】本実施形態では、二次元検出器アレイ 16 が一枚の画像を取得する間、飛翔体の進行方向 S に沿った移動により生じる画像の流れを打ち消すように、また、同一走査中に得られる複数の画像の間の進行方向 S のずれを打ち消すように、駆動部 52 により補償平面走査鏡 42 が回転軸 11 の周りに回転制御される。

【0038】つまり、補償平面走査鏡 42 は、第一実施形態で説明したように、駆動部 46 により走査回転軸 44 の周りに鋸歯状に回転されると共に、駆動部 52 により回転軸 11 の周りに鋸歯状に回転される。このような制御の結果、二次元検出器アレイ 16 の受光面には常に静止した画像が結像される。しかも、同一走査中に取得される複数の画像は一直線に並んだものとなる。

【0039】従って、本実施形態の光学撮像装置 10 は、より正確な地表の画像を得ることができる。また、画像データを全く無駄にすることとなる、正確に矩形の広範囲な地表の画像を得ることができる。

【0040】次に、第三の実施の形態の光学撮像装置について図 6 を用いて説明する。図 6 に示されるように、本実施形態の光学撮像装置 10 は、前述の第一の実施の形態の光学撮像装置とほとんど同じであるが、相違箇所として、リレー光学系 14 の光路内つまり二枚のリレーレンズ 14 a と 14 b の間に分光フィルター 18 が配置されている。

【0041】上述したように、リレー光学系 14 の二枚のリレーレンズ 14 a と 14 b の間を伝搬する光は平行

光であり、従って、分光フィルター 1 8 には常に平行光線が入射するので、二次元検出器アレイ 1 6 の各検出器の位置に関係なく、同一の分光特性が得られる。

【0042】これにより、分光特性のばらつきのない所望の波長帯域の地表の画像が得られる。また、当業者であれば容易に思い付くことであるが、分光フィルター 1 8 の代わりに、ダイクロイックミラー等の分光素子を用いて複数の波長帯域毎の画像を同時に得ることもできる。例えば、ダイクロイックミラーを複数組み合わせる用いることにより、RGBの各色に対応した画像を同時に得ることもできる。

【0043】ここに説明した実施形態の光学撮像装置は、10～15cmのレンズ径の結像光学系 1 2 を用いて 5 m クラス分解能を実現でき、その重量は 2 0 ～ 3 0 k g 程度に収まる。

【0044】上述した実施形態では、補償平面走査鏡 4 2 の走査回転軸 4 4 は対物平面走査鏡 3 2 の走査回転軸 3 4 に対して平行であったが、補償平面走査鏡 4 2 は、対物平面走査鏡 3 2 の回転による画像の移動を打ち消すように、その向きが制御されさえすればよく、走査回転軸 4 4 の方向は任意である。

【0045】また、対物平面走査鏡の回転も結像光学系の視野が地球方向を向くような限られた範囲のみを走査するように往復回転させても全く同様に動作させることが可能である。本発明は上述した実施の形態に何等限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で行なわれるすべての実施を含む。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、結像光学系や検出器の設計条件を厳しくすることなく、更に高い分解能で撮影できる光学撮像装置が提供される。具体的には、大口径の光学系や高感度の検出器を必要とすることなく、ま

* た、新たな検出器の開発や新たな結像光学系の設計を必要とすることなく、5 m 程度の分解能で地表を撮影できる小型で軽量の光学撮像装置が提供される。これにより人工衛星等の飛翔体に搭載されるセンサーの小型軽量化が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一の実施の形態の光学撮像装置の構成を示している。

【図 2】図 1 の光学撮像装置の動作を説明するための図である。

【図 3】図 1 の光学撮像装置により同一走査中に連続的に撮影される三つの領域を示している。

【図 4】高度 8 0 0 k m の条件下において、図 1 の光学撮像装置における分解能と光学系口径の関係を示したグラフである。

【図 5】第二の実施の形態の光学撮像装置の構成を示している。

【図 6】第三の実施の形態の光学撮像装置の構成を示している。

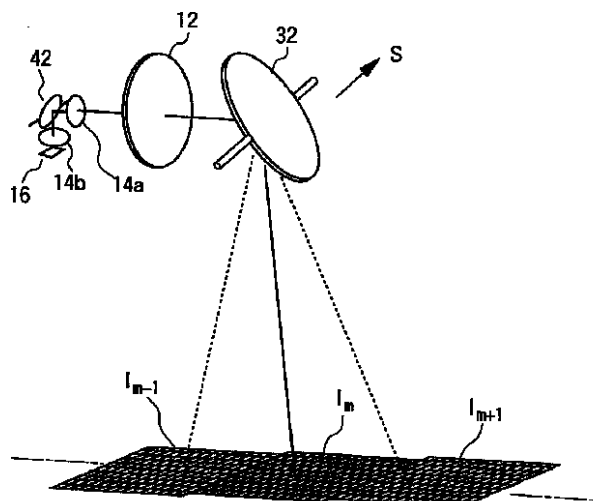
【図 7】従来の光学撮像装置の構成例を示している。

【図 8】従来の光学撮像装置の他の構成例を示している。

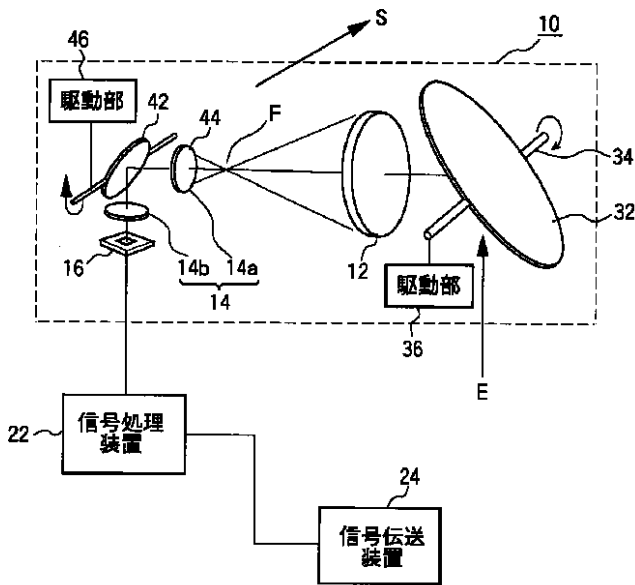
【符号の説明】

- 1 0 光学撮像装置
- 1 2 結像光学系
- 1 4 リレー光学系
- 1 6 二次元検出器アレイ
- 3 2 対物平面走査鏡
- 3 4 走査回転軸
- 4 2 補償平面走査鏡
- 4 4 走査回転軸

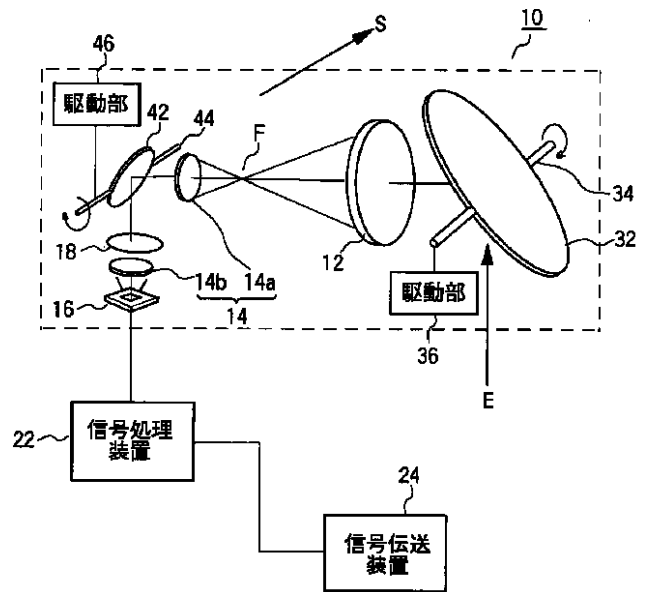
【図 3】



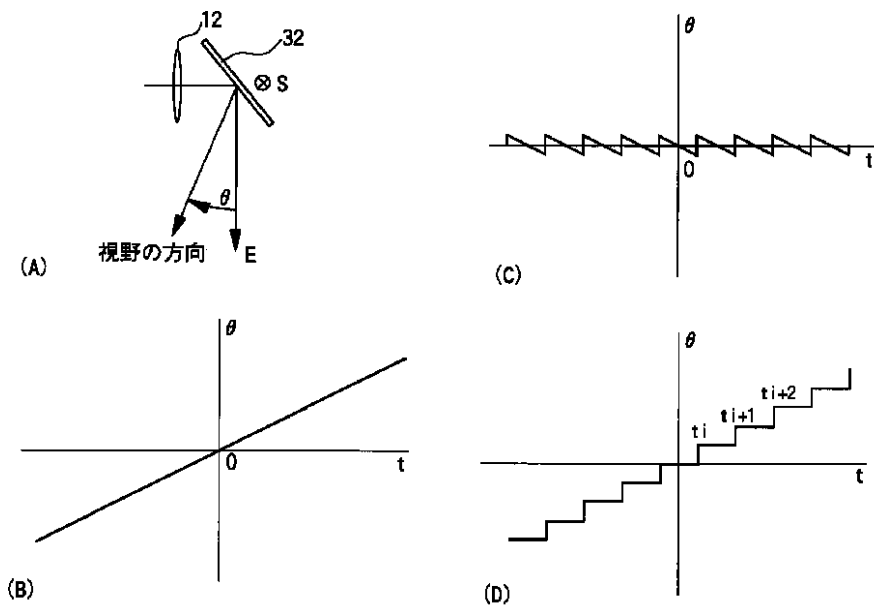
【図1】



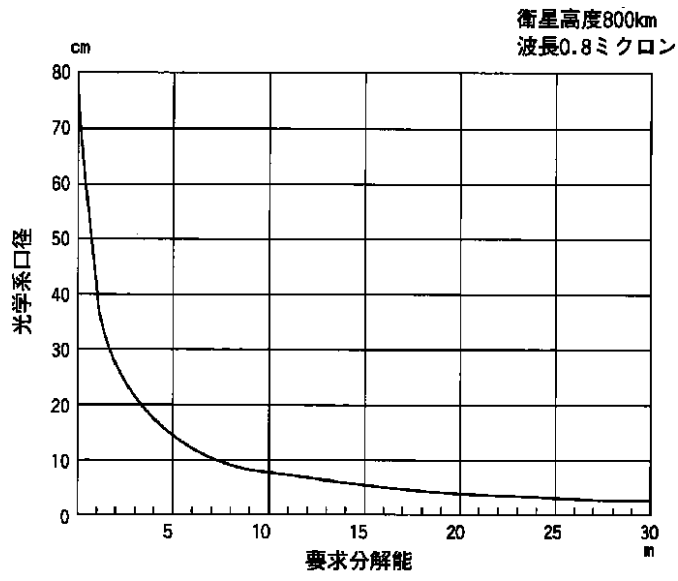
【図6】



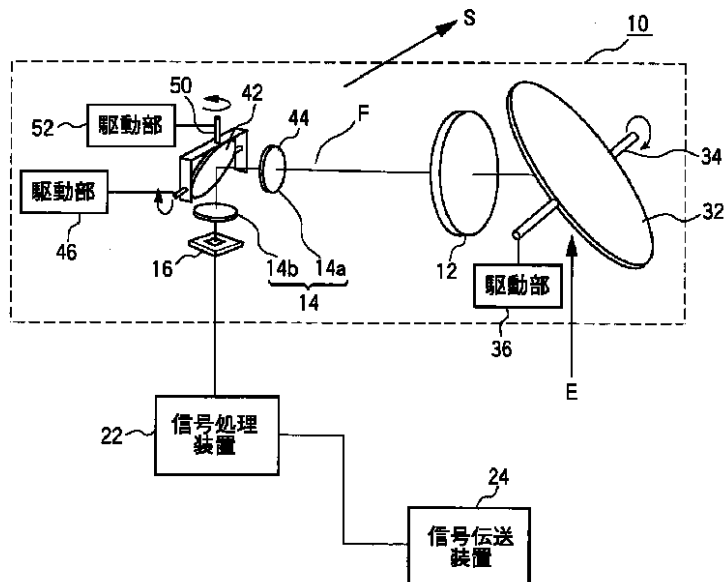
【図2】



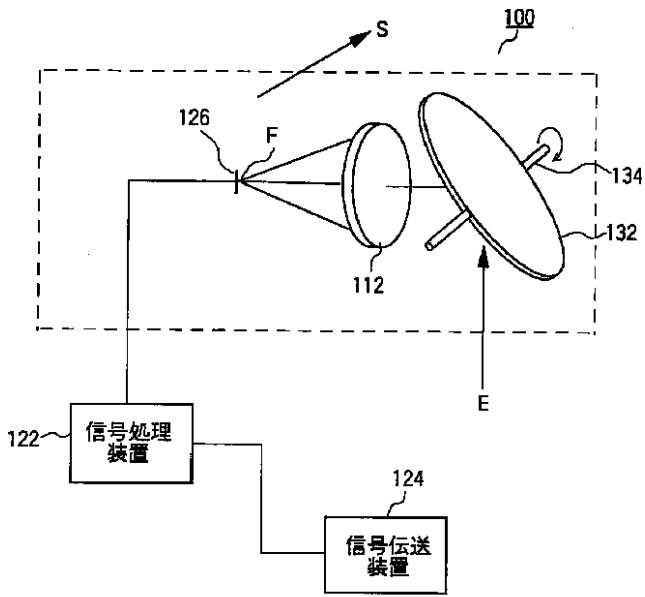
【図4】



【図5】



【圖7】



【圖8】

