

⑫ 特許公報 (B 2)

昭63-12521

⑤ Int. Cl. 4

G 01 B 11/00  
G 01 C 3/06  
15/00

識別記号

庁内整理番号

A-7625-2F  
A-8505-2F  
A-7119-2F

⑳公告 昭和63年(1988)3月19日

発明の数 1 (全9頁)

㉔発明の名称 物体検出装置

前置審査に係属中

㉑特 願 昭57-51580

㉕公 開 昭58-167902

㉒出 願 昭57(1982)3月30日

㉓昭58(1983)10月4日

㉗発明者 金子 真 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

㉘発明者 箱 暲 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

㉙発明者 小森谷 清 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

㉚出願人 工業技術院長 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

㉛指定代理人 工業技術院 機械技術研究所長

審査官 津田 俊明

出願人において、実施許諾の用意がある。

1

2

㉞特許請求の範囲

1 光学系と、前記光学系の焦点位置に位置する光入射位置の検出機能を有する受光素子と、前記光学系の中心軸回りの閉曲線に沿って移動可能でビーム光を投光することができる光源と、及び前記受光素子上の受光位置と前記ビーム光の角度を入力して被検出物体の位置を演算する処理装置とを備え、前記受光素子の大きさにより決定される画角内領域と前記光源を前記閉曲線に沿って動かした時の前記ビーム光による包絡面との相質体上に存在する物体からの前記ビームの反射光を前記受光素子で受光するように構成したことを特徴とする物体検出装置。

発明の詳細な説明

この発明は、移動ロボット等の移動機械が移動過程で障害物を検出する場合等に使用する物体検出装置に関するものである。

移動ロボット等は自分自身の視覚系により大小の障害物や地面の段差等を確実に認識し、安全領域内のみを動きまわることが理想的である。

障害物の検出方法としては受動的方法、能動的方法の二つに大別することができる。受動的方法としては、例えば、外部の情報をITVカメラ等

で取入れて障害物を検出する方法がある。この方法では外光の影響を受けやすく、また複雑なパターン認識作業を伴うことが多い。一方、能動的方法としては超音波計測法や赤外線等投光法などがある。この方法の最大の利点は外部環境にほとんど存在し得ないような信号を自由に作り出して発振あるいは投光することができる点である。しかしながら超音波計測法は原理上障害物の有無及びその平均的な位置を判定するには適しているが形状を検出するには不向きである。また赤外線等を投光する方法ではビーム径を細くして走査していけば障害物の位置、形状はかなり明確に捕らえることができるが、走査に時間がかかるし信号処理も複雑になる。この様なことから、被検出物体の有無とその三次元位置を容易、かつ確実に検出する事ができる物体検出装置の開発が望まれている。

この発明は上記のごとき事情に鑑みてなされたものであつて、被検出物体の有無とその三次元位置を容易、かつ確実に検出する事ができる物体検出装置を提供することを目的とするものである。

この目的に対応して、この発明の物体検出装置は、光学系と、前記光学系の焦点位置に位置する

3

光入射位置の検出機能を有する受光素子と、前記光学系の中心軸回りの閉曲線に沿って移動可能でビーム光を投光することができる光源と、及び前記受光素子上の受光位置と前記ビーム光の角度を入力して被検出物体の位置を演算する処理装置とを備え、前記受光素子の大きさにより決定される画角内領域と前記光源を前記閉曲線に沿って動かした時の前記ビーム光による包絡面との相貫体上に存在する物体からの前記ビームの反射光を前記受光素子で受光するように構成したことを特徴としている。

以下、この発明の詳細を一実施例を示す図面について説明する。

この発明の物体検出装置 1 の原理的な構成は、第 1 図及び第 2 図に示すように、レンズ 2 等の光学系と、レンズ 2 等の光学系の焦点位置に位置する受光素子 3 と、及び光源 4 とを備える。受光素子 3 の大きさにより画角内領域 5 が決定される。ここで画角内領域というのは、その中に光の照射を受けている被検出物体 6 がある場合に、その被検出物体 6 からの反射光がレンズ 2 を通して受光素子 3 に入射することができる領域であつて、つまり受光素子 3 が光学的に被検出物体 6 を検出可能な領域を意味する。一方、光源 4 を光学系の中心軸回りの任意の閉曲線 10 に沿って動かした時、そのビーム 7 は包絡面 8 (斜線で表示) を形成する。つまり、被検出物体 6 がこの包絡面 8 上にあれば、その被検出物体 6 は光源 4 の移動周期に合せてビーム 7 の照射を受けることになる。したがつて、前記の画角内領域 5 と前記の包絡面との相貫体により探索領域 11 a (AB を直径とし、P を頂点とする円錐の底面を除く表面)、11 b (CD を直径とし、P を頂点とする円錐の底面を除く表面) が定まり、この探索領域 11 a, 11 b に被検出物体 6 が存在すれば、その被検出物体 6 はビーム 7 が照射されかつそのビーム 7 の反射光を受光素子 3 で受光することが可能であるから、その被検出物体 6 の検出が可能である。

そこで始めに、二次元位置検出素子としての機能をもつ受光素子 3 とレンズ 2 により形成される画角内領域 5 への投光方法について検討する。任意の点から画角内領域 5 内に投光する場合、検査域は第 1 図のように投光 a の場合は線分 A が、投光 b の場合は半直線 B がそれぞれ対応する。した

4

がつて投光位置を一次元的に動かした場合の検査域は面となる。なお検査域とは、仮にその部分に物体があるとき、その物体に当たつたスポット光の反射光の一部が受光素子 3 に入光する領域として定義する。ここで簡単な例として投光位置すなわち光源 4 をレンズ系の軸と中心を一致させた円に沿って動かす場合を考える。投光方法としては第 3 図のように 4 通り考えられる。ここで斜線部は受光素子 3 の利用可能部分で、斜線部の重なり部は検査域との対応が 2 : 1 対応になる領域である。物体からの反射光の強度は距離の 2 乗に反比例するため、遠くの物体を検出することは本質的に困難である。また、②の場合  $Z = \infty$  に近づくにつれて位置検出精度は極端に悪くなる。それに対して④の場合の利点として(1)受光素子表面の有効利用率が最も高い、(2)位置検出分解能は最も良い、(3)有限検査域にある物体からの反射光のみが受光素子上に入るため、限られた領域内の物体の有無を ON, OFF 的に調べることができる。したがつて以後④のタイプの投光方法を採用する。

第 4 図、第 5 図にはこの発明の一実施例に係わる物体検出装置が示されており、この第 4 図、第 5 図において、1 は物体検出装置であり、物体検出装置 1 はレンズ 2 を備えている。レンズ 2 は焦点距離  $f$  の集光レンズである。レンズ 1 の焦点位置に位置検出素子として機能する受光素子 3 が置かれている。受光素子 3 の後方にはレンズ 2 の光軸と一致して光源 4 が配置されている。なお光源としては散乱等がほとんどないレーザー光が最適で、以下光源としてレーザーを使用するものとする。この場合、外光の無い場所で使用する場合を除き、レーザー光による反射光と外光との区別を明確にするため、レーザー光をパルス的に発振させる方が良い。なお半導体レーザーには数 MHz のパルス発振可能なタイプもあり、反射ミラーの回転数を物理的に可能な領域まで増加させたとしても分解能の低下は無視できる。光源 4 の前方には光軸上に反射ミラー 12 が配設されており、また、光軸の外側に反射ミラー 13 が配設されている。反射ミラー 12, 13 は相互に固定された位置関係をなしており、光軸に関して回転可能である。反射ミラー 12 は光源 4 からのビームを反射ミラー 13 に向けて光路変更し、反射ミラー 13 はそのビームをレンズ 2 前方の光軸に向けて反射

する。したがって反射ミラー13からの反射光は光軸とP点において交わる。反射ミラー12, 13の回転はモーター14によつて行ない、またその回転角度の検出はポテンシヨメーター22により行なう。

受光素子としては以下のようなものを使用することができる。つまり画像の走査を行わないで、照射させた入射光の位置を検出することのできる二次位置検出素子 (Position Sensitive Device ; PSD) で半導体表面における

“Lateral Photo Effect” を利用したものである。第14図に二次位置検出素子の断面構造を示す。高抵抗半導体 (シリコン) 25の片面、或いは両面が均一な抵抗層26により形成されており、層の両端に信号取り出し用の一對の電極27 (電極A)、電極28 (電極B) が設けられている。また表面層は光電効果を持っている。二次位置検出素子の電極A及びBの間の距離をL、抵抗R<sub>L</sub>とし、電極Aより光入射位置までの距離をX、その部分の抵抗をR<sub>x</sub>とすると、光入射位置で発生した光エネルギーは入射エネルギーに比例する光電流として抵抗層26に到達し、それぞれの電極までの抵抗値に逆比例するように分割され、電極A及びBより取り出される。入射光より生成された光電流をI<sub>0</sub>とし、電極A及びBに取り出される電流をI<sub>A</sub>、I<sub>B</sub>とすると

$$I_A = I_0 \{ (R_L - R_x) / R_L \}$$

$$I_B = I_0 (R_x / R_L)$$

ここで抵抗層26が均一で、長さ抵抗値が比例するとすれば、

$$I_A = I_0 \{ (L - x) / L \}$$

$$I_B = I_0 (x / L)$$

$$\therefore I_A / I_B = (L / x) - 1$$

つまり入射エネルギーに無関係に光の入射位置を知ることができる。従つて、第15図のような処理装置31, 32, 33をもつ回路を構成すればxに対応した出力を得ることができる。

なお、実際には背光の影響を除くためビームは変調される。従つて変調光としての取扱いとなり、X<sub>1</sub>に対応する信号を得るためには例えば第16図に示すような、増幅機34, バンドパスフィルタ35及びAC/DCコンバータ36を有する処理手段が必要となる。つまり第16図に示す処理手段を使用した場合は増幅器34→バンドパス

フィルタ35→AD/DCコンバータ36→直流出力となり、X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>に対応した信号となる。

この様な構成において、光源4からのビームは一定、同一回転数で回転する反射ミラー12, 13によりレンズ系の画角内領域内に投光される。検査域は点Pを頂点としてAB, CDを直径とする円錐表面の底面を除く部分である。この円錐形状はレンズ2の焦点距離f、画角α、投光角β、反射ミラーの半径l<sub>1</sub>、及びミラー回転面と受光素子3との距離l<sub>2</sub>により決定される。円錐の頂点Pは受光素子3の中心に対応し、直径AB, CDの円の円周は受光素子3の外周上に対応する。例えば、第6図のようにS, S'は受光素子3上では同一点を示すが、レーザーの投光位置が180°ずれているため、判定は極めて容易におこなうことができる。すなわち、被検出物体6の検出位置の座標を(x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub>, z<sub>0</sub>)とし、受光素子3上でのスポットの位置を(r, θ)、レーザー投光位置の角度をθ'とするとき

(1) θ' = θ の場合

$$x_0 = -r_0 \cdot \cos \theta$$

$$y_0 = -r_0 \cdot \sin \theta$$

$$z_0 = \{ f \cdot l_1 - r \cdot (l_2 + f) \} / (f \cdot \tan \beta - r)$$

ただし r<sub>0</sub> = r { l<sub>1</sub> - (l<sub>2</sub> + f) · tan β } / { f · tan β - r }

(2) θ' = θ + 180° の場合

$$x_0 = -r'_0 \cdot \cos \theta$$

$$y_0 = -r'_0 \cdot \sin \theta$$

$$z_0 = \{ f \cdot l_1 + r (l_2 + f) \} / \{ f \cdot \tan \beta + r \}$$

ただし r'\_0 = r { l<sub>1</sub> - (l<sub>2</sub> + f) tan β } / { f · tan β + r }

以上の式より被検出物体6の検出位置がわかる。ここにθ, θ'はz軸を回転軸としてx軸より計った角度で、方向はレーザー発振器側から見て反時計回りの方向を正とする。なお被検出物体6の検出において実質的に使用されるのは(1)のケース、すなわちCDを含む円錐の底面を除く表面上である。したがって被検出物体6がこのCDをふくむ円錐の内部にあつて円錐の表面と接していない時はその被検出物体6は理論上は検出できないけれども、第7図に示すように、円錐の底面内に被検出物体6が存在すると、それが空中に浮いているものでないかぎり、どこかに脚16が出てい

るはずであり、この脚 1 6 が円錐の表面と接するから、したがって光源 4 を一回転させるだけで実質的に円内を走査するのと等価な効力を発揮し、実際は被検出物体 6 の検出が可能である。この物体検出装置を実際に移動ロボットに搭載した例を第 8 図に示す。移動ロボット 1 8 が障害物 1 9 に近づくと円錐頂点が P の位置にあるときは、レーザー光が仮に障害物 1 9 に当たってもその反射光は受光素子 3 に入っていないが、ロボット 1 8 が前進して障害物 1 9 の一部が円錐の底面を除く表面の一部に接すると、レーザーの反射光の一部が受光素子 3 上で受光され、投光された周波数と同じ周波数の信号を含んだ出力が得られる。さらに検出位置の情報を得る場合には、出力信号を  $r$ 、 $\theta$  に変換して前述の演算を行えばよい。

次に第 9 図に示すように、円錐底面の円の一部が地面と交わるように設定すると、もし地面に段差がなければ、地面からの反射光による影響が反射ミラーの回転角  $\theta'$  に対して規則的に現われるはずであるが、地面に段差があれば、その規則性が崩れる。このことを利用して段差まで含めた障害物の検出も可能である。以上の物体検出の操作の流れ図を第 10 図に示す。

以上の物体検出装置 1 を ON, OFF 的に使用する場合には第 11 図に示すように、受光素子 3 を 3 a, 3 b の上下二つの部分に分割し、それぞれの部分の電圧  $E_a$ 、 $E_b$  を検出し得るように構成する。この場合受光素子としては安価な太陽電池で十分である。光源 4 の回転角  $\theta'$  が

$0^\circ < \theta' < 180^\circ$  の場合で

もし  $E_a = 0$ 、 $E_b \neq 0$  ならば円錐面 a に被検出物体 6 が存在することとなり

また  $E_a \neq 0$ 、 $E_b = 0$  ならば円錐面 b に被検出物体 6 が存在することとなる。

$180^\circ < \theta' < 360^\circ$  の場合で

もし  $E_a = 0$ 、 $E_b \neq 0$  ならば円錐面 b に被検出物体 6 が存在することとなり

また  $E_a \neq 0$ 、 $E_b = 0$  ならば円錐面 a に被検出物体 6 が存在することとなる。

この物体検出装置を使用した場合の最大の長所は、被検出物体 6 の位置情報を犠牲にすれば、受光素子出力に対して投光されたパルス周波数と同じ周波数の信号の有無のみを調べることにより、演算をおこなうことなしに、予め決められた領域

における被検出物体 6 の有無を決定することができる点である。したがって移動ロボットに限らず、自動車を含む高速移動機械、マニピュレータ等の視覚系の一部として使用することが可能である。

第 12 図及び第 13 図にはこの発明の他の実施例に係わる物体検出装置 1 a が示されている。この第 12 図及び第 13 図に示す物体検出装置 1 a では光源 4、レンズ 2 と受光素子 3 を向かい合せにして探査方向の軸 2 3 と直角に配置したもので、その間に両面反射鏡 2 4 が配置してある。光源 4 からのビームは両面反射鏡 2 4 で反射し、次に反射ミラー 1 2 で反射し、さらに反射ミラー 1 3 で反射して画角内領域に投光される。また、画角内領域の被検出物体からの反射光は両面反射鏡 2 4 で反射してレンズ 2 を通り、受光素子 3 に入射する。

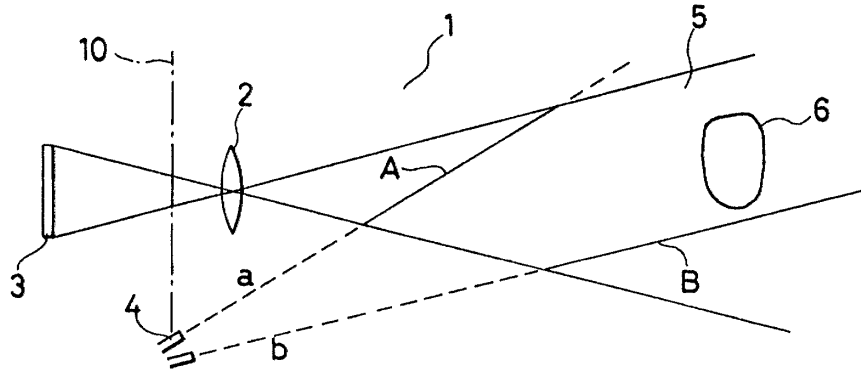
以上の説明から明らかな通り、この発明によれば、被検出物体の有無とその三次元位置を容易かつ確実に検出する事ができる物体検出装置を得ることができる。

#### 図面の簡単な説明

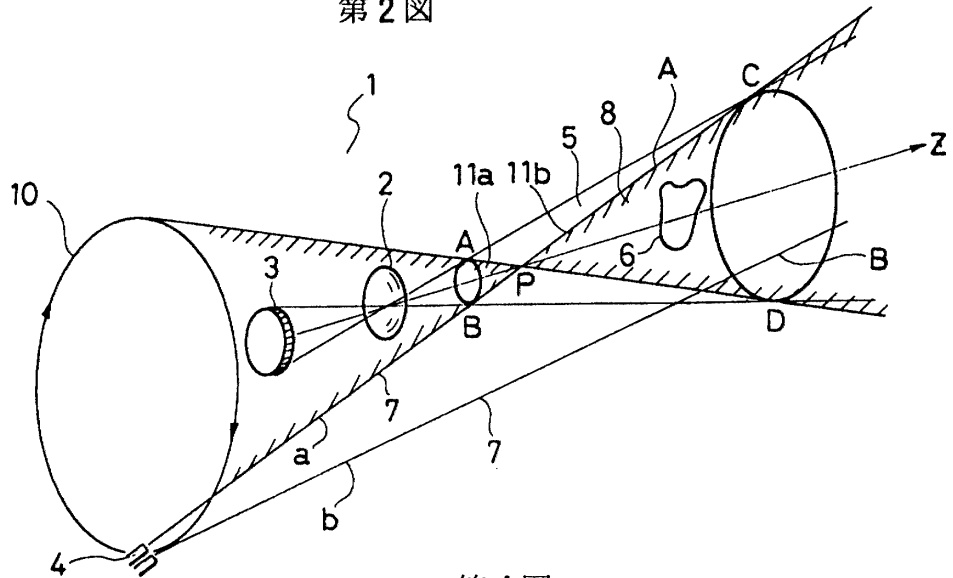
第 1 図は画角内領域と検査域との関係を示す説明図、第 2 図は画角内領域と検査域との関係を示す斜視説明図、第 3 図は投光方法を示す説明図、第 4 図はこの発明の一実施例に係わる物体検出装置の斜視説明図、第 5 図は物体検出装置の側面説明図、第 6 図は被検出物体位置と受光素子上の対応関係を示す説明図、第 7 図は被検出物体認識の基本的な考え方を示す説明図、第 8 図は物体検出装置をロボットに搭載した例を示す説明図、第 9 図は地面の段差を検出する状態を示す説明図、第 10 図は検出操作の手順を示す流れ図、第 11 図は物体検出装置を ON, OFF 的に使用する場合の変形例を示す説明図、第 12 図は他の実施例に係わる物体検出装置を示す平面説明図、第 13 図は他の実施例に係わる物体検出装置を示す側面説明図、第 14 図は二次位置検出素子を示す断面説明図、第 15 図は演算回路の構成図、及び第 16 図は変調処理回路の構成図である。

1……物体検出装置、2……レンズ、3……受光素子、4……光源、5……画角内領域、6……被検出物体、7……ビーム、8……包絡面、11, 12……反射ミラー。

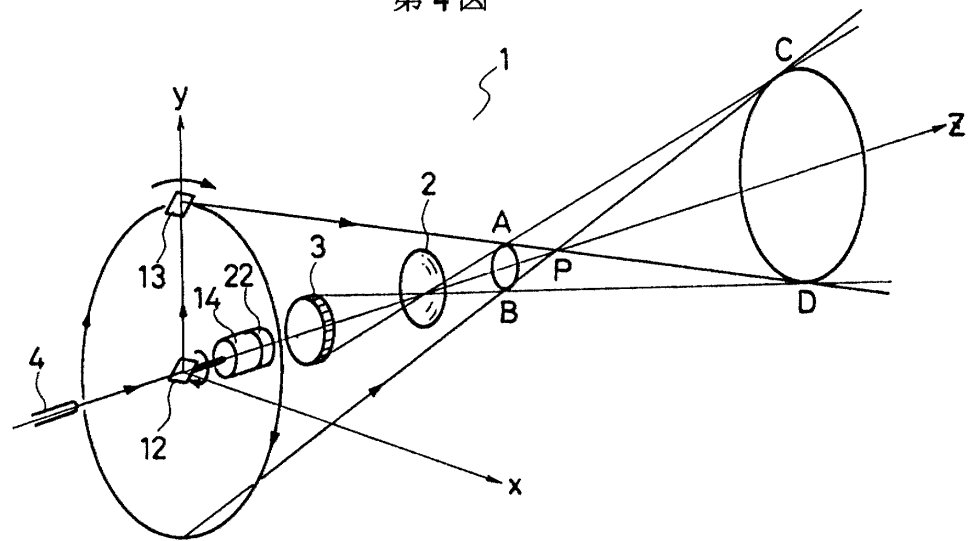
第 1 図



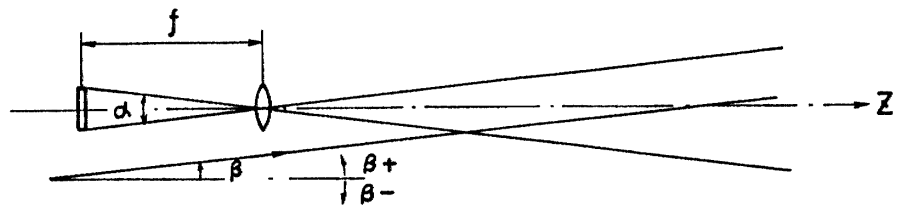
第 2 図



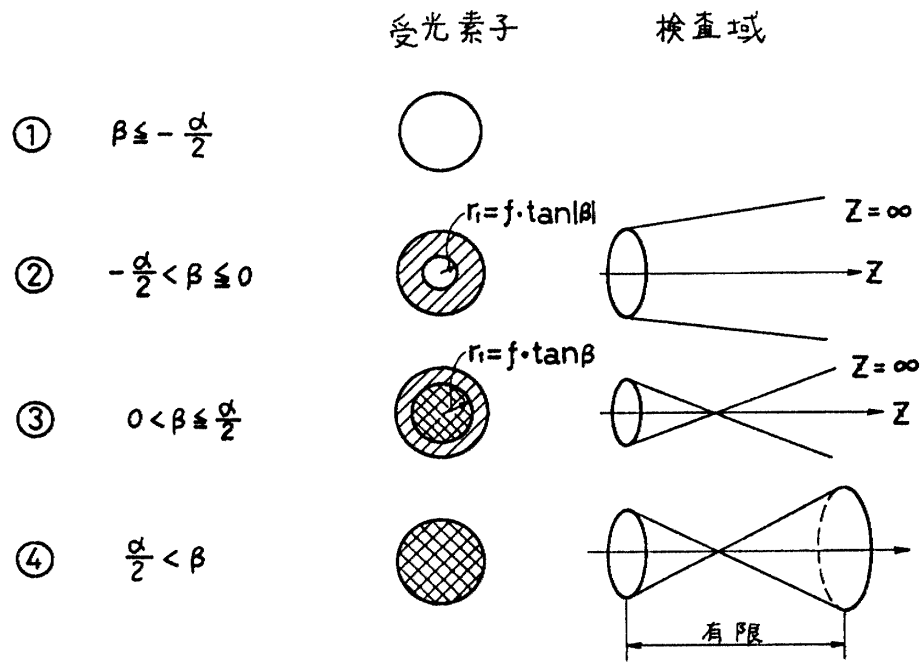
第 4 図



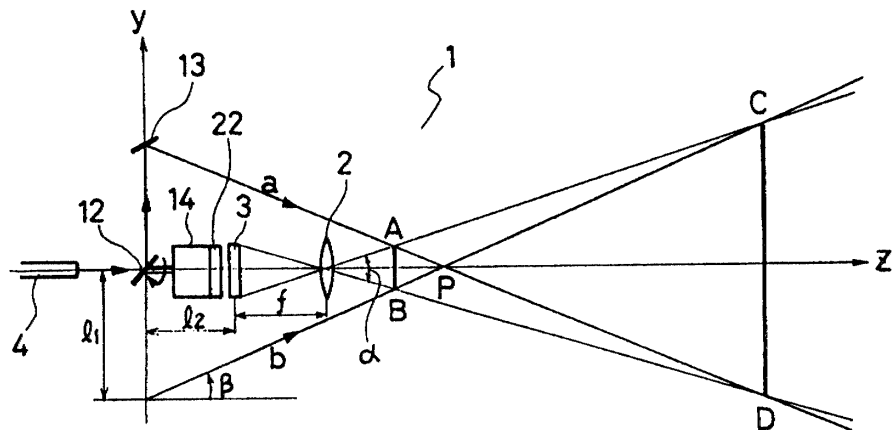
第3図



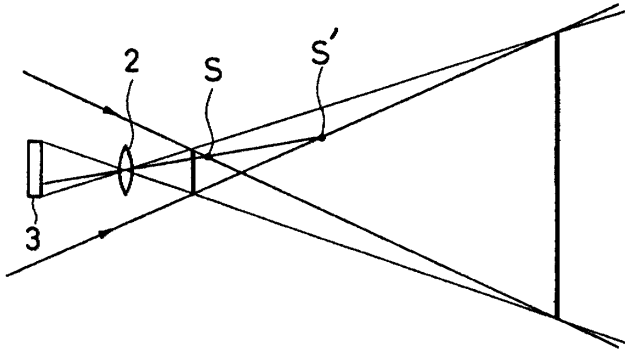
$\beta, \alpha$  の定義



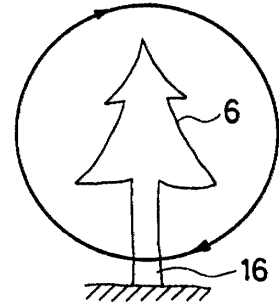
第5図



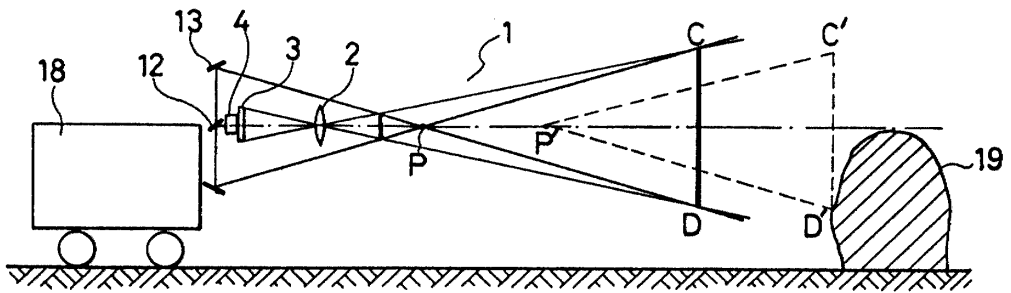
第 6 图



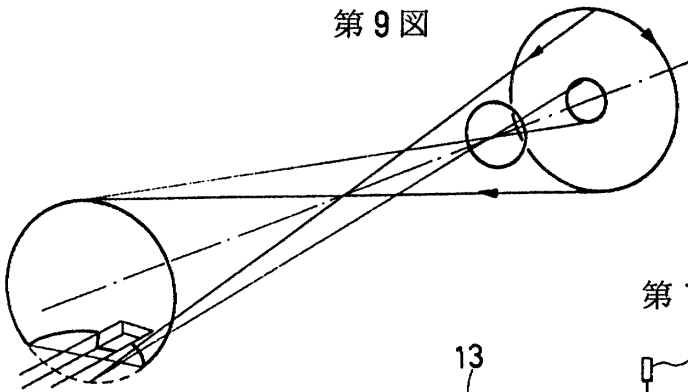
第 7 图



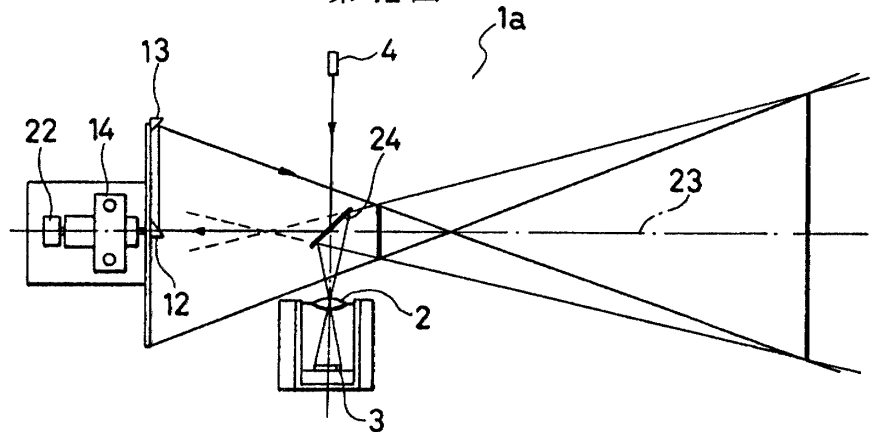
第 8 图

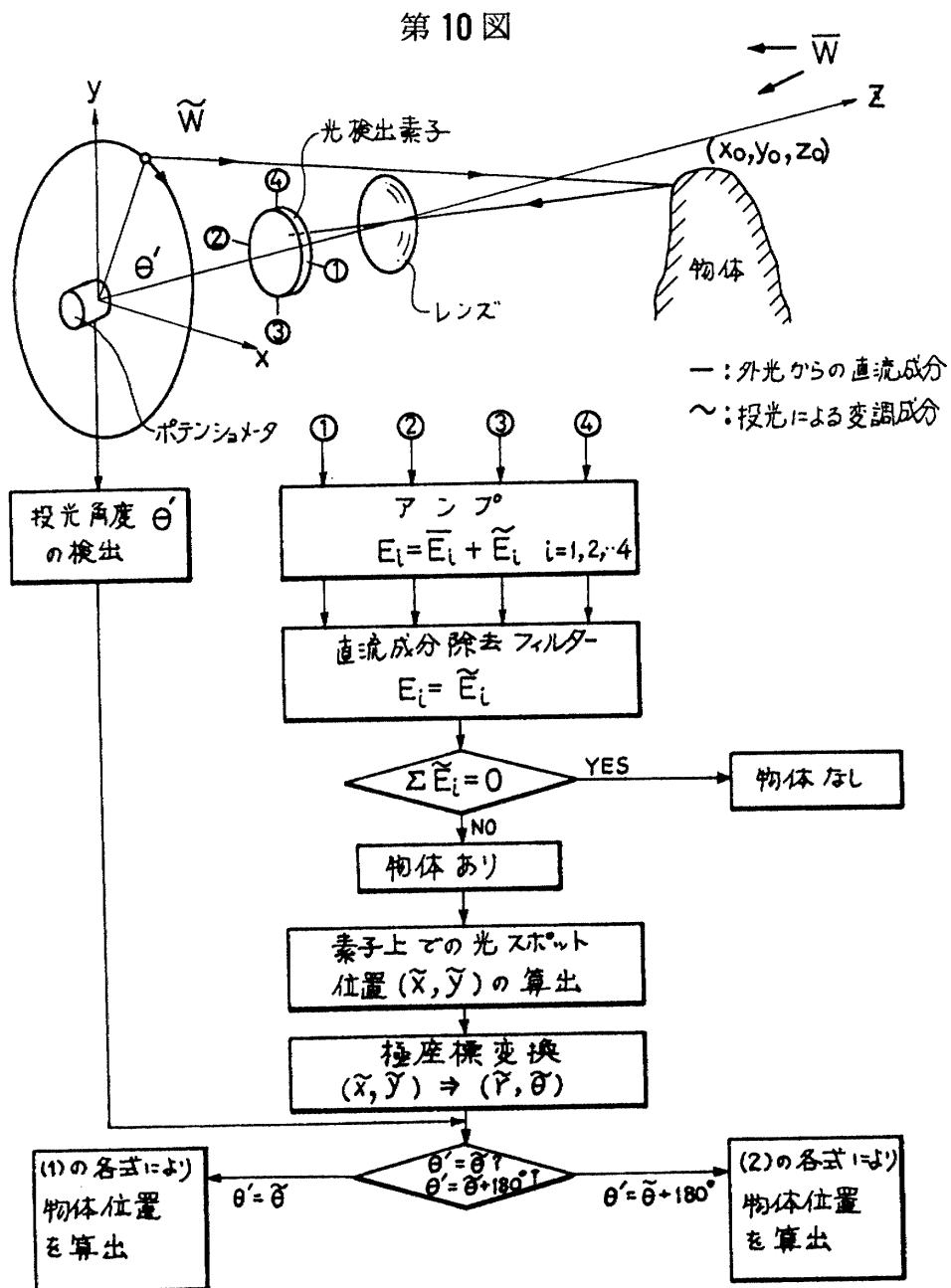
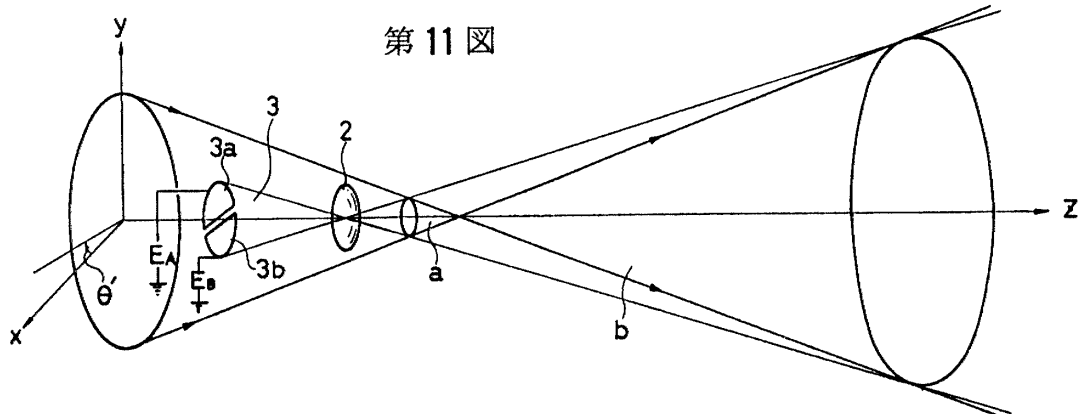


第 9 图



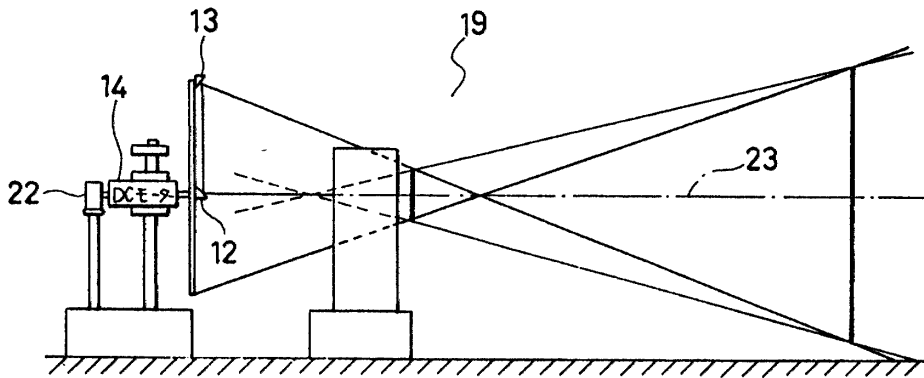
第 12 图



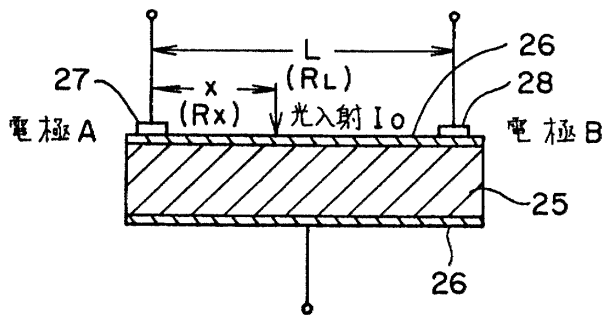




第 13 図

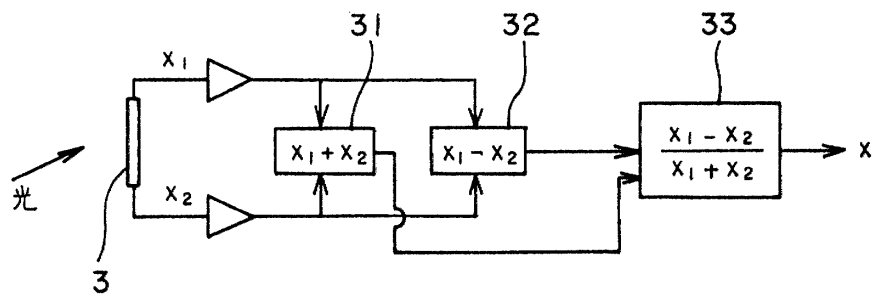


第 14 図



第 15 図

x : 電圧



第 16 図

