



特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6

G02B 27/28, G02F 1/13, 1/1335

A1

(11) 国際公開番号

WO96/20422

(43) 国際公開日

1996年7月4日(04.07.96)

(21) 国際出願番号

PCT/JP95/01448

(22) 国際出願日

1995年7月21日(21.07.95)

(30) 優先権データ

特願平6/326813 1994年12月28日(28.12.94) JP
 特願平7/31024 1995年2月20日(20.02.95) JP
 特願平7/50175 1995年3月9日(09.03.95) JP

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

セイコーエプソン株式会社

(SEIKO EPSON CORPORATION)[JP/JP]

〒163 東京都新宿区西新宿二丁目4番1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)

伊藤嘉高(ITO, Yoshitaka)[JP/JP]

米野邦夫(YONENO, Kunio)[JP/JP]

中村旬一(NAKAMURA, Junichi)[JP/JP]

〒392 長野県諏訪市大和三丁目3番5号

セイコーエプソン株式会社内 Nagano, (JP)

中山唯哲(NAKAYAMA, Tadaaki)[JP/JP]

〒618大阪府三島郡島本町江川二丁目24番3号

クロシオハイツ2-101号 Osaka, (JP)

(74) 代理人

弁理士 鈴木喜三郎, 外(SUZUKI, Kisaburo et al.)

〒163 東京都新宿区西新宿二丁目4番1号

セイコーエプソン株式会社内 Tokyo, (JP)

(81) 指定国

US, 欧州特許(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

添付公開書類

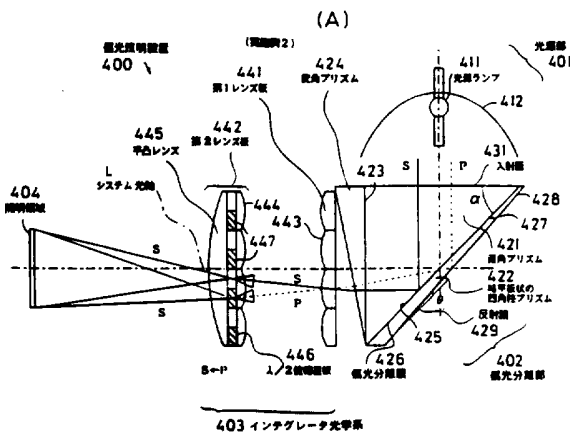
国際調査報告書

(54) Title : POLARIZED LIGHTING APPARATUS AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称 偏光照明装置および投写型表示装置

(57) Abstract

A polarized lighting apparatus according to the present invention comprises a light source (401), an integrator optical system (403), separation means (402) for separating polarized light outgoing from the light source into two polarized light beams (S, P) making an angle less than 90° , and conversion means (442) for aligning the polarization directions of the two polarized light beams. The separation means (402) is disposed either outside or inside a first lens plate (441) of the integrator optical system, or inside a second lens plate. The separation means is preferably a prism beam splitter equipped with a polarizing beam splitter film (426) consisting of a thermally stable dielectric multilayered film. Because the directions of the polarized light beams are aligned according to the present invention, their major proportion can be utilized, and polarized light having uniform brightness can be emitted. Therefore, the present invention is suitable for a projection type display device equipped with a liquid crystal light valve.



(1) ... Example 2

L ... system optical axis

400 ... polarized lighting apparatus

401 ... light source portion

402 ... polarizing beam splitter portion

403 ... integrator optical system

404 ... illumination region

411 ... light source lamp

421 ... rectangular prism

422 ... flat quadrangular prism

424 ... angle changing prism

426 ... polarizing beam splitter film

429 ... reflecting film

431 ... plane of incidence

441 ... first lens plate

442 ... second lens plate

445 ... plano-convex lens

446 ... $\lambda/2$ phase difference plate

(57) 要約

本発明の偏光照明装置は、光源（４０１）と、インテグレート光学系（４０３）と、光源から出射された偏光光を偏光方向が直交する２つの偏光光（Ｓ、Ｐ）に分離して９０度未満の角度で方向分離する偏光分離手段（４０２）と、２つの偏光光の偏光方向を揃える偏光変換手段（４４２）とを有している。偏光分離手段（４０２）は、インテグレート光学系の第１のレンズ板（４４１）の入射側および出射側のうちの何れか一方の側か、あるいは、第２のレンズ板の内部に配置される。偏光分離手段（４０２）としては、熱的に安定した誘電体多層膜からなる偏光分離膜（４２６）を備えたプリズムビームスプリッタが適している。本発明によれば、偏光光の偏光方向を揃えることによりその殆どを利用でき、また明るさも均一な偏光光を出射できるので、液晶ライトバルブを備えた投写型表示装置の照明装置として用いるのに適している。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AL	アルバニア	DK	デンマーク	LK	スリランカ	PT	ポルトガル
AM	アルメニア	EES	エストニア	LR	リベリア	RO	ルーマニア
AT	オーストリア	FR	フランス	LS	レソト	RU	ロシア連邦
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SD	スーダン
AZ	アゼルバイジャン	GB	イギリス	LV	ラトヴィア	SE	スウェーデン
BB	バルバドス	GAB	ガボン	MC	モナコ	SG	シンガポール
BE	ベルギー	GE	グルジア	MD	モルドバ	SI	スロヴェニア
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SK	スロバキア共和国
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	SN	セネガル
BJ	ベナン	HU	ハンガリー	ML	マリ	SZ	スワジランド
BR	ブラジル	IE	アイアランド	MN	モンゴル	TD	チャド
BY	ベラルーシ	IS	アイスランド	MR	モーリタニア	TG	トーゴ
CA	カナダ	IT	イタリア	MW	マラウイ	TJ	タジキスタン
CF	中央アフリカ共和国	JP	日本	MX	メキシコ	TM	トルクメニスタン
CG	コンゴ	KE	ケニア	NE	ニジェール	TR	トルコ
CH	スイス	KGP	朝鮮民主主義人民共和国	NL	オランダ	TT	トリニダード・トバゴ
CI	コート・ジボアール	KR	大韓民国	NO	ノルウェー	UA	ウクライナ
CM	カメルーン	KZ	カザフスタン	NZ	ニュージーランド	UG	ウガンダ
CN	中国	LI	リヒテンシュタイン	PL	ポーランド	US	米国
CZ	チェコ共和国					UZ	ウズベキスタン共和国
DE	ドイツ					VN	ヴェトナム

明 細 書

発 明 の 名 称

偏 光 照 明 装 置 お よ び 投 写 型 表 示 装 置

技 術 分 野

本発明は、偏光方向を揃えた偏光光を用いて矩形の照明領域などを均一に照明する偏光照明装置に関するものである。また、本発明は、この偏光照明装置から出射された偏光光をライトバルブにより変調して映像をスクリーン上に拡大表示する投写型表示装置に関するものである。

背 景 技 術

液晶ライトバルブ等の矩形の照明領域を均一に照明する光学系としては、従来より、2枚のレンズ板を用いたインテグレート光学系が知られている。インテグレート光学系は、例えば、特開平3-111806号公報に開示されており、液晶ライトバルブを用いた投写型表示装置の照明装置としてすでに実用化されている。

偏光光を変調するタイプの液晶ライトバルブを用いた一般的な投写型表示装置では、一種類の偏光光しか利用できないため、明るい投写映像を得るには、光の利用効率を高めることが重要である。

本発明の課題は、偏光光を変調するタイプの液晶ライトバルブを用いた投写型表示装置等における照明装置として使用するのに適した照明装置を提案することにある。

詳しくは、本発明はインテグレート光学系と偏光変換光学系を備え、偏光光を効率良く利用でき、均一な照明を行うことのできる偏光照明装置を提案することにある。また、本発明は、この新規な偏

光照明装置を備えた投写型表示装置を提案することにある。

発明の開示

本発明の偏光照明装置は、偏光方向がランダムな偏光光を出射する光源と、複数のレンズから構成されている第1のレンズ板および複数のレンズから構成される第2のレンズ板を備えたインテグレート光学系とを有し、前記光源からの出射光が前記第1のレンズ板を介して前記第2のレンズ板を構成している各レンズの入射面上にそれぞれ2次光源像として投写され、当該第2のレンズ板からの出射光を用いて被照射対象物を照明する形式のものにおいて、前記光源から出射された偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離して90度未満の角度で方向分離する偏光分離手段と、前記2つの偏光光の偏光方向を揃える偏光変換手段とを有し、前記偏光分離手段が、前記インテグレート光学系の前記第1のレンズ板の入射側および出射側のうちのいずれか一方の側に配置された構成を採用している。

ここで、前記偏光分離手段による2つの偏光光の分離方向は、インテグレート光学系から出射される偏光光の照明領域が長方形等のように一方の側に長い場合には、その長手方向になるようにすることが望ましい。

また、インテグレート光学系を構成している第2のレンズ板においては、これを構成している各レンズの形状を、第1のレンズ板における各レンズと相似形にすることが望ましい。

前記偏光分離手段としては、液晶層をプリズム基板とガラス基板の間に挟み、前記プリズム基板における液晶層との界面が光軸に対して90度未満の角度だけ傾斜した多段の傾斜面となった構造のもの（液晶構造のもの）を採用できる。

前記偏光分離手段としては、液晶を用いたものを採用する代わりに、誘電体多層膜からなる偏光分離膜を備え、該偏光分離膜によって前記光源部から出射された偏光方向がランダムな偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離して90度未満のずれをもつ角度方向に出射するプリズムビームスプリッタを採用することができる。

プリズムビームスプリッタの構成としては、次のものを採用できる。

(1) 平板状の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する2つの側面部のうち一方の側面部に斜面部が接合された三角柱プリズムとを有し、前記四角柱プリズムと前記三角柱プリズムとの接合部分には、前記偏光分離膜が形成され、前記四角柱プリズムの他方の側面部には、前記2つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が形成された構成のプリズムビームスプリッタを採用できる。

上記の三角柱プリズムとしては、その内部に液体を充填したものを使用することができる。

(2) 平板状の第1の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する2つの側面部のうち一方の側面部に側面部が接合された平板状の第2の四角柱プリズムとを有し、前記第1の四角柱プリズムと前記第2の四角柱プリズムとの接合部分には、前記偏光分離膜が形成され、前記第1の四角柱プリズムの他方の側面部には、前記2つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が形成された構成のプリズムビームスプリッタを採用できる。

(3) 平板状の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する2つの側面部のうち一方の側面部に斜面部が接合された複数の三角柱プリズムとを有し、前記四角柱プリズムと前記三角柱プリズムと

の接合部分には、前記偏光分離膜が形成され、前記四角柱プリズムの他方の側面部には、前記２つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が形成された構成のプリズムビームスプリッタを採用できる。

上記の三角柱プリズムとしては、その内部に液体を充填したものを使用することができる。

(４) 斜面部に前記偏光分離膜が形成された第１の三角柱プリズムと、前記２つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が斜面部に形成された第２の三角柱プリズムとを有し、該第２の三角柱プリズムと前記第１の三角柱プリズムとは、斜面部の間に液体を充填した状態で一体化された構成のプリズムビームスプリッタを採用できる。

(５) 平板状の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する２つの側面部のうちの一方向の側面部に斜面部が接合された第１の三角柱プリズムと、前記四角柱プリズムの他方の側面部に斜面部が接合された第２の三角柱プリズムとを備える四角柱状のプリズム合成体を複数有し；該プリズム合成体では、前記四角柱プリズムと前記第１の三角柱プリズムとの接合部分に前記偏光分離膜が形成され、前記四角柱プリズムと前記第２の三角柱プリズムとの接合部分に反射膜が形成されているとともに、前記プリズム合成体は、前記インテグレート光学系の光軸に対して直角の方向に、かつ前記偏光分離膜同士が平行になるように一列に配置され；前記反射膜は、該反射膜が形成されたプリズム合成体に入射された前記光源部からの前記ランダムな偏光光を一方側で隣接するプリズム合成体に出射するとともに、他方側で隣接するプリズム合成体から入射されてくる偏光方向がランダムな偏光光のうち、同じプリズム合成体に形成されている前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するように

なっているプリズムビームスプリッタを採用できる。

この場合、前記プリズム合成体は、前記偏光分離膜が前記インテグレータ光学系の光軸に対して例えば約45度の角度をなすように設定される。

(6) 内部に前記偏光分離膜が形成された四角柱状のプリズム合成体を複数有し、該プリズム合成体は、前記偏光分離膜が略同じ向きで前記インテグレータ光学系の光軸に対して直角の方向に一系列に配置されたプリズムビームスプリッタを採用できる。

(7) 内部に前記偏光分離膜が形成された四角柱状のプリズム合成体を複数有し、該プリズム合成体は、前記インテグレータ光学系の光軸に対して直角の方向に一系列に配置されているとともに、前記インテグレータ光学系の光軸の両側では、前記偏光分離膜の向きが略反対となっているプリズムビームスプリッタを採用できる。

なお、上記のようにプリズムビームスプリッタがプリズム合成体を備えている場合には、このプリズム合成体の幅寸法を次のように設定できる。インテグレータ光学系の第1のレンズ板を構成する各レンズが矩形レンズとすれば、プリズム合成体の幅寸法は、この矩形レンズの幅寸法の $1/n$ (n は1以上の整数)とすることができる。

また、偏光分離手段とインテグレータ光学系の間には、変角プリズムを配置することができる。また、光源と偏光分離手段の間に変角プリズムを配置することもでき、この場合には、変角プリズムを偏光分離手段の入射側光学素子と一体化のものとして構成できる。さらには、変角プリズムと、偏光分離手段と、インテグレータ光学系の第1のレンズ板を一体構造のものとすることもできる。

次に、偏光分離手段としてプリズムビームスプリッタを採用した場合において、上記のように、インテグレータ光学系の第1のレン

ズ板よりも光源側に配置する代わりに、第1のレンズ板と第2のレンズ板の間の光路上に配置する構成を採用できる。この場合には、次の構成のプリズムビームスプリッタを採用すればよい。即ち、平板状の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する2つの側面部のうちの一方の側面部に斜面部が接合された直角プリズムとを有し、前記四角柱プリズムと前記直角プリズムとの接合部分には、前記偏光分離膜が形成され、前記四角柱プリズムの他方の側面部には前記2つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定方向に反射するための反射膜が形成されており；前記直角プリズムの直交する2つの面が入射面および出射面とされ、当該入射面から入射して、前記偏光分離膜および前記反射膜によって分離反射されて前記出射面から出射する2つの前記偏光光が、光軸に対して略対称な角度で振り分けられるようになっているプリズムビームスプリッタを採用すればよい。

この場合においては、上記の直角プリズムの入射面に、インテグレート光学系の第1のレンズ板を接合した状態に配置し、これよりも光源側の位置に変角レンズを配置して、光源からの出射光を、第1レンズ板に対して、直角入射ではなく或る程度の入射角度を持たせて入射させればよい。勿論、第1レンズ板と直角プリズムの入射面の間に変角レンズを配置してもよい。また、プリズムビームスプリッタの出射面と第2レンズ板との間に変角レンズを配置してもよい。

次に、インテグレート光学系としては、第1のレンズ板の代わりに、複数のミラーから構成される第1および第2の集光ミラー板を用いた構成のものを採用してもよい。すなわち、本発明におけるこの構成を採用した偏光照明装置は、偏光方向がランダムな偏光光を出射する光源と；誘電体多層膜からなる偏光分離膜を2つの直角プ

リズムで挟んだ構造を備え、この偏光分離膜によって前記光源からの出射光を偏光方向が互いに直交するP偏光光とS偏光光に分離して出力する偏光分離手段と；矩形状の外形を有する複数の集光ミラーにより構成され、前記偏光分離手段から出射されるP偏光光を集光し、P偏光光からなる複数の2次光源像を形成するための第1の集光ミラー板と；前記第1の集光ミラー板とほぼ同様の寸法形状をなし、前記偏光分離部から出射されるS偏光光を集光して、前記P偏光光からなる複数の2次光源像が形成される位置とは僅かに異なる位置に前記S偏光光からなる複数の2次光源像を形成するための第2の集光ミラー板と；前記第1の集光ミラー板と前記偏光分離手段の間、および前記第2の集光ミラー板と前記偏光分離手段の間に、それぞれ配置された第1および第2の $\lambda/4$ 位相差板と；前記P偏光光からなる複数の2次光源像と前記S偏光光からなる複数の2次光源像が形成される位置の近傍に配置され、前記第1あるいは第2の集光ミラー板を構成する集光ミラーと同数のレンズから構成された集光レンズ板および $\lambda/2$ 位相差板とを有する構成を採用している。

ここで、前記光源と前記偏光分離手段の間に、変角プリズムを配置することができる。

また、前記偏光分離手段と前記第1の集光ミラー板の間、および前記偏光分離手段と前記第2の集光ミラー板の間に、それぞれ、変角プリズムを配置することができる。

変角プリズムを用いる場合には、これを、前記偏光分離手段と一体化してもよい。また、変角プリズムを、前記第1の集光ミラー板と一体化してもよく、あるいは前記第2の集光ミラー板と一体化してもよい。

上記の偏光分離手段は、平板状の偏光分離板から構成することが

できる。

また、前記偏光分離手段を構成している前記直角プリズムは液体充填プリズムとすることができる。

さらには、前記の2つの集光ミラー板によって形成される2種類の2次光源像の分離方向は、照明対象領域が長方形等のように一方の側に長い場合には、その長手方向に一致させることが望ましい。

さらにまた、前記集光レンズ板を構成する各レンズは、前記第1および第2のミラー板を構成している集光ミラーと相似形であることが望ましい。

次に、偏光分離手段としてプリズムビームスプリッタを採用した場合において、上記のように、インテグレート光学系の第1のレンズ板よりも光源側に配置する構成、第1のレンズ板と第2のレンズ板の間の光路上に配置する構成の代わりに、第2のレンズ板の内部に配置する構成を採用できる。

この構成を備えた本発明の偏光照明装置は：偏光方向がランダムな偏光光を出射する光源と；矩形状の外形を有する複数の集光レンズから構成され、前記光源から出射される偏光光を集光して、複数の2次光源像を形成するための第1のレンズ板と；前記複数の2次光源像が形成される位置の近傍に置かれ、集光レンズアレイ、偏光分離プリズムアレイ、 $\lambda/2$ 位相差板、および出射側レンズを備えた第2のレンズ板を有し；前記集光レンズアレイは、前記第1のレンズ板を構成する前記集光レンズと同数の集光レンズからなり；前記偏光分離プリズムアレイは、ランダムな偏光光をP偏光光とS偏光光に分離するものであって、複数の偏光ビームスプリッタと複数の反射ミラーからなり；前記 $\lambda/2$ 位相差板は、偏光分離プリズムアレイの出射面の側に配置され；前記出射側レンズは、前記 $\lambda/2$ 位相差板の出射面側に配置された構成となっている。

この場合にも、前記第2のレンズ板を構成する前記集光レンズは前記第1のレンズ板を構成する前記集光レンズと相似形にすることが望ましい。

また、前記光源と前記第1のレンズ板の間には、変角レンズを配置することができる。この場合、変角レンズを、前記第1のレンズ板と一体化したものとすることができる。

さらに、前記第1のレンズ板を構成する前記集光レンズを偏心系のレンズとすることができる。同様に、前記第2のレンズ板の前記集光レンズアレイを構成する前記集光レンズを偏心系のレンズとすることができる。

また、前記第2のレンズ板の前記集光レンズアレイを構成する前記集光レンズの横幅を、前記偏光ビームスプリッタの横幅に等しくすることが望ましい。

なお、上記の各構成において使用している $\lambda/2$ 位相差板および $\lambda/4$ 位相差板は、TN（ツイステッド・ネマチック）液晶で形成することができる。

一方、本発明は、上記の各構成の偏光照明装置を備えた投写型表示装置に関するものである。すなわち、照明装置と、この照明装置からの光束に含まれる偏光光を変調して画像情報を含ませる液晶ライトバルブを備えた変調手段と、変調光束をスクリーン上に投写表示する投写光学系とを有する投写型表示装置において、前記照明装置として、上記の各構成の偏光照明装置を適用した構成を採用している。

ここで、液晶ライトバルブを用いた投写型表示装置は、液晶ライトバルブを一つ用いた装置（特に単板式と呼ばれる）と複数用いた装置に大別され、明るさと表示品位を重視すると後者の複数の液晶ライトバルブを用いた投写型表示装置が一般的である。複数の液晶

ライトバルブを用いた投写型表示装置では、液晶ライトバルブの数に合わせて照明装置からの光束を分離処理する必要があるため、そのための機構が必要となる。

従って、一般的な投写型表示装置は、前記照明装置からの光束を少なくとも2つの光束に分離する色光分離手段と、前記変調手段によって変調された後の変調光束を合成する色光合成手段とを有し、当該色光合成手段により得られた合成光束を前記投写光学系を介してスクリーン上にカラー映像を投写表示する構成となっている。

図面の簡単な説明

図1は本発明の実施例1に係る偏光照明装置の光学系を示す図であり、(A)はその概略構成図、(B)はその第1のレンズ板の斜視図、(C)はその偏光分離器の概略構成図、(D)はその第2のレンズ板に形成される2次光源像の説明図、(E)はその $\lambda/2$ 位相差板の構造を示す説明図である。

図2は、図1の偏光照明装置が組み込まれた投写型表示装置の一例を示す光学系の概略構成図である。

図3は、図1の偏光照明装置が組み込まれた投写型表示装置の別の例を示す図であり、(A)はその光学系の概略構成図、(B)はそのカラーフィルタの構成を示す説明図である。

図4は、本発明の実施例2に係る偏光照明装置を示す図であり、(A)はその光学系の概略構成図、(B)はその偏光分離部の構成を示す説明図、(C)はその第2のレンズ板における2次光源像の形成位置を示す説明図である。

図5は、本発明の実施例3に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図6は、本発明の実施例4に係る偏光照明装置の光学系の概略構

成図である。

図 7 は、本発明の実施例 5 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 8 は、本発明の実施例 6 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 9 は、本発明の実施例 7 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 10 は、本発明の実施例 8 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 11 は、本発明の実施例 9 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 12 は、本発明の実施例 10 に係る偏光照明装置を示す図であり、(A) はその光学系の概略構成図、(B) はその偏光分離部の構成を示す斜視図である。

図 13 は、実施例 10 に係る偏光照明装置の変形例を示す光学系の概略構成図である。

図 14 は、本発明の実施例 11 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 15 は、本発明の実施例 12 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 16 は、図 12 に示す偏光照明光学系を備えた投写型表示装置の例を示す光学系の概略構成図である。

図 17 は、図 4 に示す偏光照明光学系を備えた投写型表示装置の例を示す光学系の概略構成図である。

図 18 は、本発明の実施例 13 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 19 は、本発明の実施例 14 に係る偏光照明装置を示す図であ

り、（Ａ）はその光学系の概略構成図、（Ｂ）はその集光ミラー板の斜視図、（Ｃ）はその偏光動作を示す説明図、（Ｄ）はその集光レンズ板における２次光源像の形成位置を示す説明図である。

図２０は、本発明の実施例１５に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図２１は、本発明の実施例１６に係る偏光照明装置を示す図であり、（Ａ）はその光学系の概略構成図、（Ｂ）はその集光ミラー板の斜視図である。

図２２は、本発明の実施例１７に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図２３は、本発明の実施例１８に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図２４は、本発明の実施例１９に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図２５は、本発明の実施例２０に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図２６は、本発明の実施例２１に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図２７は、図１９に示す偏光照明光学系を備えた投写型表示装置の例の光学系の概略構成図である。

図２８は、図１９に示す偏光照明装置を備えた投写型表示装置の別の例の光学系の概略構成図である。

図２９は、本発明の実施例２２に係る偏光照明装置を示す図であり、（Ａ）はその光学系の概略構成図、（Ｂ）はその偏光分離部の斜視図である。

図３０は、本発明の実施例２３に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 3 1 は、本発明の実施例 2 4 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 3 2 は、本発明の実施例 2 5 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 3 3 は、本発明の実施例 2 6 に係る偏光照明装置の光学系の概略構成図である。

図 3 4 は、図 3 1 に示す偏光照明装置を備えた投写型表示装置の光学系を示す概略構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

なお、以下の各実施例の説明および添付図面においては、相互に対応する部分には同一の符号を付して、それらの説明の重複を回避している。

(実施例 1)

図 1 を参照して本発明の実施例 1 の偏光照明装置を説明する。図 1 (A) に示すように、本例の偏光照明装置 1 0 0 は、光源 1 0 1 と、インテグレート光学系 1 0 2 と、液晶を用いた偏光分離器 1 0 3 と、偏光変換素子である $\lambda/2$ 位相差板 1 0 4 を備えている。インテグレート光学系 1 0 2 は、第 1 のレンズ板 1 0 5、および第 2 のレンズ板 1 0 6 から構成されている。第 1 のレンズ板 1 0 5 の入射面側、すなわち、その光源 1 0 1 の側には、偏光分離器 1 0 3 が配置されている。第 2 のレンズ板 1 0 6 の出射面には $\lambda/2$ 位相差板 1 0 4 が一体形成されており、さらに、この位相差板 1 0 4 の出射面にはフィールドレンズ 1 0 7 が貼り付けられている。

図 1 (B) に示すように、インテグレート光学系 1 0 2 の第 1 の

レンズ板 105 は、複数の微小な矩形レンズ 108 を備えており、第 2 のレンズ板 106 も、矩形レンズ 108 と相似形の微小なレンズを同数備えるものが用いられる。

光源 101 から出射された偏光方向がランダムな偏光光（実際には、P 偏光光と S 偏光光との混合光と考えられる。）は、液晶材料を主要な構成要素とする偏光分離器 103 に入射され、この偏光分離器 103 が有する偏光光毎の出射角度依存特性によって、出射角度がわずかに異なる P 偏光光と S 偏光光に分離される。図において角度 θ で方向分離される。偏光分離器 103 を出た 2 つの偏光光はインテグレート光学系 102 の第 1 のレンズ板 105 に入射され、それを構成している各矩形レンズ 108 の焦点位置付近、即ち、対応する第 2 のレンズ板 106 の各矩形レンズの内側に、P 偏光光による光源像と S 偏光光による光源像とからなる一对の 2 次光源像を形成する。

2 次光源像の対の数は、第 1 のレンズ板を構成する矩形レンズの数に等しい。ここで、第 2 のレンズ板 106 の出射側には 2 次光源像の各形成位置に合わせて $\lambda/2$ 位相差板 104 が配置されているので、この位相差板 104 を一方の偏光光（例えば、P 偏光光）が通過することにより、この偏光光は偏光面の回転作用を受け、他方の偏光光（たとえば、S 偏光光）と偏光面が揃った状態となる。この後は、出射側のフィールドレンズ 107 を介して偏光方向が揃った光束が液晶ライトバルブ等の照明領域 109 に集められ、この照明領域 109 をほぼ均一に照明する。したがって、原理的には、光源 101 からの光束は、全て照明領域 109 に入射することとなる。

図 1 (C) には、偏光分離器 103 の構成を示してあり、液晶層 111 をのこりぎ状の溝を有するプリズム基板 112 とガラス基板 113 で挟んだ構造となっている。液晶分子はプリズム基板 112

の溝に平行に配向されている（ホモジニアス配向）ので、基板に垂直に入射する光束は、液晶分子に対する異常光と常光に分かれて、方向的に分離されることになる。いま、プリズム基板 112 の平坦面にはほぼ垂直に入射する無偏光光 114 は、プリズム基板 112 の溝傾斜面 115 に対して α の角度で入射するものとする。液晶分子の常光に対する屈折率 n_0 とプリズム基板 112 の屈折率が等しいときに、常光 116 は傾斜面 115 で屈折されずに直進し、異常光 117 は屈折される。これにより、常光と異常光との進行方向には θ の角度差がつく。ここで、異常光の屈折率を n_1 とすると、近似的に次の式が成立する。

$$\alpha = \arctan \{ \sin \theta / (\cos \theta - n_0 / n_1) \}$$

プリズム基板 112 を PMMA で作成すれば、屈折率は 1.48 程度になるので、液晶の常光屈折率も略同じに選ぶことができる。液晶の屈折率差が大きい程角度 θ を大きくすることができる。現在では屈折率差 0.25 程度のものが市販されている。入射光束は光源 101 としてメタルハライドランプを用いた場合、出射光の広がり角度は一般に主光線に対して ± 5 度程度まで分布しているが、アーク長さの短いランプを用いてなお光学系を工夫することで ± 3 度程度まで分布を抑えることができる。そこで、偏光光の分離角 θ が最低 6 度あれば、両偏光光を完全に分離できるので、これらの値を上式に代入して α を求めると、37 度となる。従って、プリズム基板 112 の平坦面と傾斜面のなす角度も約 37 度程度になるので、ポリメチルメタクリレートやポリカーボネート等の有機物を用いて容易に製作することができる。

なお、実際には、入射光束は、図 1 (C) に示すように、プリズム基板 112 の入射面 118 に対して一定の角度 θ で入射させる。そうすることで、偏光分離された光束全体の主光線が偏光分離器に

対して垂直になるので、光学系全体の構成が容易になる。角度 β は $\theta / 2$ に等しく、角度 θ が 6 度では β が 3 度になるので、実際には光源を僅かに傾けるだけでよい。

効率の点では、異常光の屈折率をプリズム基板 112 のそれと一致させる方がよい。この方法では、常光 116 が屈折することになるが、常光 116 はプリズム基板 112 の傾斜面 115 に対して p 偏光であり、しかも、界面における入射角はブリュースター角に近く、反射損失は 1 パーセント以下に抑えることができる。したがって、この方法を用いて、なお空気との界面に対して無反射コートを施せば、理論的には光束透過率を 97 パーセント以上にできる。

図 1 (C) で示した偏光分離器 103 は、液晶を用いて作成されたものである。しかし、原理的には有機フィルムを用いて作ることが可能である。例えば、位相差板をプレス加工してノコリギ状の溝を形成すれば、安価に作成することができ、熱的にも安定であると考えられる。また、液晶の代わりにモノマーを配向させて、紫外線や熱によってポリマー化しても、熱的に安定な偏光分離器が得られる。

インテグレート光学系では、矩形レンズ 121 の形状は照明領域 109 の形状と相似関係にある。一般的な TV 画面の形状は横長の矩形状であるため、インテグレート光学系を投写型表示装置に組み込む場合には、TV 画面の形状に合わせて、矩形レンズ 121 の形状も横長の矩形状となる。

偏光分離器を用いない通常のインテグレート光学系 102 では、第 2 のレンズ板 106 の各矩形レンズの中心に 2 次光源像が形成される。光源光の角度分布が θ 度以内であり、また、第 1 のレンズ板 105 と第 2 のレンズ板 106 の間の距離が L であるとき、その 2 次光源像は、図 1 (D) に示すように、各矩形レンズ 121 の中心

において直径 θL の円形領域 122 内に形成される。ここで、矩形レンズ 121 の両側には 2 次光源像のない領域 123 がかなりあることが判る。そこで、本発明はこの領域 123 を利用して偏光変換を行うものであり、本例では、第 2 のレンズ板 106 上には図 1 (E) で示すように、各矩形レンズ 121 上に両偏光光に対応する 2 種類の 2 次光源像 131、132 が形成される。両 2 次光源像間の距離は 2 次光源像の直径 θL に等しいので、図のように丁度分離される。しかも矩形レンズ 121 内に丁度納まる。勿論、以上の現象は照明領域の形状が横長の場合に限られるが、2 次光源像の大きさを十分小さくできれば、横長でない照明領域に対してもあてはまる現象である。

図 1 (E) では、各偏光光による 2 次光源像 131、132 に対応して、位相差板 104 を構成する位相差層 104a、104b がストライプ状に配置されている。この位相差板 104a、104b はそれぞれ偏光光を 45 度回転させて方向を揃える場合や、本例のように位相差板を何方か一方だけにして、 $\lambda/2$ 波長板 104 を用いて偏光方法を 90 度回転させて揃える場合が考えられる。なお、本例では、この位相差板 104 は図 1 (A) で示すように、第 2 のレンズ板 106 とフィールドレンズ 107 の間に挟み、接着してあるので、界面による反射損失を無くすることができる。

なお、本例においては、偏光分離器 103 を第 1 のレンズ板 105 の手前に配置してあるが、この代わりに、第 1 のレンズ板 105 と第 2 のレンズ板 106 の間に配置することもできる。

(実施例 1 の偏光照明装置を用いた投写型表示装置)

図 2 には、図 1 に示す偏光照明装置 100 を用いた投写型表示装置の概略構成を示してある。図においては、図 1 の偏光照明装置 1

00の構成部分には同一の符号を付してある。

本例の投写型表示装置200において、光源101は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンランプ等の光源で、放射される光束は、反射鏡101aで反射され平行に近い光束となる。光束は青色緑色反射ダイクロイックミラー203によって、赤色光は透過し、緑色光と青色光は反射される。赤色光束は、次に両面全反射ミラー206、全反射ミラー210、211で順次煩瑣され、集光レンズ213を経て、液晶ライトバルブ109Rに達する。緑色光は全反射ミラー207で反射され、次に緑色反射ダイクロイックミラー212で反射され、さらに両面全反射ミラー206で反射され、集光レンズ213を経て、対応する液晶ライトバルブ109Gに達する。青色光は、全反射ミラー207で反射され、緑色反射ダイクロイックミラー212を透過して全反射ミラー217で反射され、他の色光と同様に集光レンズ213を経て、液晶ライトバルブ109Bに入射する。3枚の液晶ライトバルブ109は、それぞれの色光を変調し、各色に対応した映像情報を含ませる。ダイクロイックプリズム215はそれぞれの変調光束を合成するものであり、赤色反射の誘電体多層膜と青色反射の誘電体多層膜が十字状に形成されている。合成された光束は、投写レンズ216を通過してスクリーン上に映像を形成する。

インテグレート光学系102は、青色緑色反射ダイクロイックミラー203を分割されたそれぞれの光束に対して配置される。赤色光束には、両全面反射ミラー206の前後に第1のレンズ板105と第2のレンズ板106を配置し、緑色光束と青色光束には、全反射ミラー207の前後に第1のレンズ板105と第2のレンズ板106を配置する。各レンズ板の間が全反射ミラーであることは重要なことである。各レンズ板の間にダイクロイックミラーを入れる構

成も可能である。この場合には、ダイクロイックミラーには入射角度のばらついた光束が入射するので、誘電体多層膜の角度依存性により、表示画面に色むらが発生し易い。また、図2のような配置にすることにより、実質的なワーキングディスタンスが第2のレンズ板106と液晶ライトバルブ109の距離に等しくなり、インテグレート光学系がない場合に比べて、 $1/2$ になっている。実際、光束の利用効率はインテグレート光学系が無い場合に比べて約二倍になり、表示むらもほとんど無くなる。

前述したように、インテグレート光学系102を構成している第1のレンズ板105の入射側には液晶偏光分離器103が取付けられている。また、第2のレンズ板106の出射面側には偏光変換素子としての $\lambda/2$ 位相差板104が配置されている。

本投写光学系では、投写レンズ216のバックフォーカスが短いので、投写レンズのサイズは小さいままで開口数を大きく設計することが容易にでき、インテグレートによる効果を最大限に発揮することができる。

また、現在実用になっている投写型表示装置（液晶プロジェクター）では、偏光光を変調するタイプの液晶ライトバルブが用いられている。したがって、光源ランプから放射される無偏光光のうち半分は偏光板で吸収されて熱に変わるために、光利用効率の低下と、偏光板の発熱を抑制するための冷却の必要性が問題となっている。しかし本例では、インテグレート光学系に偏光変換系を付加し、光源からの光束を殆ど全て一種類の偏光光に変換して利用している。したがって、光利用効率が向上し、偏光板（図示せず）の発熱も抑制することができる。

図3には、図1に示す偏光照明装置100を用いた投写型表示装置の別の構成例を示してある。ここでは、液晶ライトバルブを2枚

用いた投写型表示装置の例を示す。

図 3 (A) に示すように、本例の投写型表示装置 300 では、光源 101 から放射された光束は、反射鏡 101a で反射された後に第 1 のレンズ板 105 と第 2 のレンズ板 106 で構成されるインテグレート光学系を通過する。次に、緑色反射ダイクロイックミラー 301 によって、白色光束は緑光束とマゼンタ光束に分割される。それぞれの光束は、全反射ミラー 302、317 で反射され、集光レンズ 313 を経て、液晶ライトバルブ 109a、109b に入射する。そして、変調された光束は、緑色光束とマゼンタ光束を合成するダイクロイックプリズム 303 で合成され、投写レンズ 316 によって投写表示される。

本構成においては、液晶ライトバルブが二枚であるので、一方のパネルにはカラーフィルタを設けて 2 色を分離変調する必要がある。図 3 (B) は、液晶ライトバルブ 109b の画素構成を示した図である。赤色透過フィルタ 304 と青色透過フィルタ 305 とが交互に配置されている。

本構成は、液晶ライトバルブを二枚しか用いないので、光学系の構成が図 2 の例に比べて非常に簡素化されている。しかも緑色光に対しては一枚の液晶ライトバルブを用いてるので、解像度的には殆ど劣ることがない。また、投写映像の明るさは緑の明るさによってほぼ決まるので、明るさの点においてもさほど劣らない。従って、コンピュータ画面のように 1 画素に 3 色光の同時表示が必要な場合を除いて、通常の映像を表示する場合には、このような簡易構成を用いても殆ど問題はない。

ただし、色再現性は充分とは言えず、赤色と青色が不足してしまうので、光源ランプのスペクトル構成を調整し、赤色と青色を通常よりも多めに発光させるようにすればよい。たとえば、三波長発光

型のメタルハライドランプでは、各原色光に対応するハロゲン化物が添加され、現在実用になっているものでは、リチウム、タリウム、インジウム等のハロゲン化物を封入したものがある。この場合には、リチウムが赤に、インジウムが青に対応するので、それぞれ通常よりも多めに添加すればよい。

現在実用になっている映像表示用のメタルハライドランプでは、赤色が不足しやすいという共通の問題点がある。そこで、図3(A)の変形例として、赤色光束には液晶ライトバルブを一枚用意し、緑色光束と青色光束に対しては共通のパネルで変調するという方法が考えられる。一般的な投写型表示装置では、赤色の不足を補うために、緑を減少させる方法がとられているが、本例の方法では、赤色が十分に得られるので、緑色を減らす必要がなく、投写映像はほぼ同じ光量となる。

本例の投写型表示装置は、前述の投写型表示装置の場合と同様に投写レンズのバックフォーカスが短いので、インテグレータを用いているにもかかわらず、投写レンズを小さく設計でき、全体の構成は非常に単純になる。また、解像度、明るさにおいても前述の装置の場合とさほど劣ることがなく通常の映像表示には非常に適している。

(実施例2)

実施例1の偏光照明装置では、偏光分離手段として液晶材料を用いた光学システムが用いられ、この光学システムでは、光の利用効率が向上するので、明るい投写映像を得ることができるという点で優れている。しかし、液晶材料は、屈折率の温度依存性が大きいので、著しい温度変化が生じるような投写型表示装置の光源系に組み込むと、偏光分離角が不安定なるおそれがある。

本例では、次のように、偏光分離角の温度依存性に優れたプリズムビームスプリッタを偏光分離手段として用いることにより、著しい温度変化を伴う環境下においてもすぐれた性能を安定して発揮できる照明装置を実現している。

図４は本例の偏光照明装置を平面的に見た場合の概略構成を示している。図４（Ａ）において、本例の偏光照明装置４００は、その直角に折れ曲がるシステム光軸Ｌに沿って、光源部４０１、偏光分離部４０２、およびインテグレート光学系４０３を有し、光源部４０１から放射された光は、偏光分離部４０２およびインテグレート光学系４０３を通して矩形状の照明領域４０４に至るようになっている。

光源部４０１は、光源ランプ４１１と、放物面リフレクター４１２から大略構成されており、光源ランプ４０１から放射された偏光方向がランダムな偏光光（以下、単に、ランダムな偏光光という。）は、放物面リフレクター４１２によって一方向に反射され、略平行な光束となって偏光分離部４０２に入射されるようになっている。ここで、放物面リフレクター４１２に代えて、楕円面リフレクター、球面リフレクターなどを用いることもできる。

偏光分離部４０２は、一般的なビームスプリッタをベースに改良したものであり、三角柱形状を有する直角プリズム４２１（三角柱プリズム）と、平板状の四角柱プリズム４２２から大略構成されている。本例では、偏光分離部４０２の出射面４２３には、三角柱形状をもつ変角プリズム４２４が光学的に接着されている。

図４（Ｂ）に示すように、直角プリズム４２１の斜面部４２５には、偏光分離膜４２６が形成され、この偏光分離膜４２６を挟むようにして、直角プリズム４２１の斜面部４２５に四角柱プリズム４２２の第１の側面部４２７が光学的に接着されている。四角柱プリ

ズム 4 2 2 では、第 1 の側面部 4 2 7 に対向する第 2 の側面部 4 2 8 には、反射膜 4 2 9 が形成されている。偏光分離膜 4 2 6 は、偏光分離部 4 0 2 の入射面 4 3 1 に対して角度 α をなすように形成され、本例において、角度 α は、45 度である。反射膜 4 2 9 は、偏光分離膜 4 2 6 に対して θ の角度をなすように形成されている。但し、偏光分離膜 4 2 6 と入射面 4 3 1 とがなす角度 α については、45 度に限定されることなく、光源部 4 0 1 からの入射光束の入射角に応じて設定すればよい。

本例において、直角プリズム 4 2 1 および四角柱プリズム 4 2 2 は、熱的に安定なガラス材料から構成されている。偏光分離膜 4 2 6 は、無機材料からなる誘電体多層膜で構成されている。反射膜 4 2 9 は、一般的なアルミニウム蒸着膜で構成されている。

偏光分離部 4 0 2 および変角プリズム 4 2 4 の後段には、第 1 のレンズ板 4 4 1 および第 2 のレンズ板 4 4 2 を備えるインテグレート光学系 4 0 3 が構成されている。第 1 のレンズ板 4 4 1 および第 2 のレンズ板 4 4 2 は、図 1 (B) を用いて説明したように、いずれも同じ数の微小なレンズ 4 4 3、4 4 4 を備える複合レンズ体である。ここで、第 1 のレンズ板 4 4 1 の微小レンズ 4 4 3 は、照明領域 4 0 4 と相似形の横長の矩形形状を有している。

さらに、本例においては、第 2 のレンズ板 4 4 2 には、微小レンズ 4 4 4 と、出射側の平凸レンズ 4 4 5 との間に、偏光変換素子としての $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 が形成されている。 $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 は、後述する過程を経て第 1 のレンズ板 4 4 1 が 2 次光源像を形成する位置にシステム光軸 L に対して垂直な向きに形成されている。また、 $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 に形成されている位相差層 4 4 7 は、S 偏光光および P 偏光光が形成する 2 次光源像のうち、P 偏光光が 2 次光源像を形成する位置に対応するように規則的に形成され

ている。

このように構成した偏光照明装置 4 0 0 において、図 4 (A) に示すように、光源部 4 0 1 からは、ランダムな偏光光が放射され、偏光分離部 4 0 2 に入射される。偏光分離部 4 0 2 に入射されたランダムな偏光光は、P 偏光光と S 偏光光との混合光として考えることができ、偏光分離部 4 0 2 において、混合光は、偏光分離膜 4 2 6 によって P 偏光光と S 偏光光の 2 種類の偏光光に横方向 (図 4 (A) の上下方向) に分離される。すなわち、ランダムな偏光光に含まれる S 偏光成分は、偏光分離膜 4 2 6 で反射されてその進行方向を変えるが、P 偏光成分は、偏光分離膜 4 2 6 をそのまま透過し、反射膜 4 2 9 で初めて反射される。ここで、反射膜 4 2 9 は、偏光分離膜 4 2 6 に対して θ の角度をなすように形成されているため、2 種類の偏光光は、ガラス材料で構成された各プリズム内で 2θ の角度差をもって進行方向が横方向 (図 4 (A) の上下方向、すなわち、照明領域 4 0 4 の長手方向に相当する。) にわずかに分離されたことになる。

また、わずかに進行方向を分離された 2 種類の偏光光は、変角プリズム 4 2 4 を出射する際に、横方向において、システム光軸 L を挟んでほぼ対称な入射角をもつように出射角が設定され、この状態でインテグレータ光学系 4 0 3 に入射される。

インテグレータ光学系 4 0 3 において、2 種類の偏光光は、第 1 のレンズ板 4 4 1 に入射して、第 2 のレンズ板 4 4 2 の中に 2 次光源像をそれぞれ形成する。この 2 次光源像を形成する位置に $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 が配置されている。

ここで、2 種類の偏光光は、偏光分離部 4 0 2 で進行方向を横方向にわずかに分離されているため、第 1 のレンズ板 4 4 1 に対する入射角がわずかに異なる。従って、照明領域 4 0 4 の側から第 2 の

レンズ板 4 4 2 を見た場合に 2 種類の偏光光が形成する 2 次光源像を図 4 (C) に示すと、2 種類の偏光光は、P 偏光光が形成する 2 次光源像 C 1 (円形の像のうち、左上がりの斜線を付した領域) と S 偏光光が形成する 2 次光源像 C 2 (円形の像のうち、右上がりの斜線を付した領域) の 2 つの 2 次光源像を横方向に並ぶ状態で形成されることになる。しかも、第 1 のレンズ板 4 4 1 を構成する各微小レンズ 4 4 3 は、P 偏光光による 2 次光源像 C 1 と、S 偏光光による 2 次光源像 C 2 をそれぞれ形成する。これに対して、 $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 では、P 偏光光による 2 次光源像 C 1 の形成位置に対応して位相差層 4 4 7 が選択的に形成されている。従って、P 偏光光は、位相差層 4 4 7 を通過する際に偏光面の回転作用を受け、P 偏光光は、S 偏光光へと変換される。一方、S 偏光光は、位相差層 4 4 7 を通過しないので、偏光面の回転作用を受けずに $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 を通過する。従って、インテグレータ光学系 4 0 3 から出射される光束のほとんどは、S 偏光光に揃えられる。

このようにして S 偏光光に揃えられた光束は、平凸レンズ 4 4 5 によって照明領域 4 0 4 に照射される。すなわち、第 1 のレンズ 4 4 1 の微小レンズ 4 4 3 で切り出されたイメージ面は、第 2 のレンズ板 4 4 2 によって一か所に重畳結像され、 $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 を通過する際に 1 種類の偏光光に変換されてほとんど全ての光が照明領域 4 0 4 へと達するので、照明領域 4 0 4 は、ほとんど一種類の偏光光で均一に照明される。

以上説明したように、本例の偏光照明装置 4 0 0 によれば、光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光を偏光分離部 4 0 2 で 2 種類の偏光光に方向分離した後、各偏光光を $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 の所定の領域に導いて、P 偏光光を S 偏光光に変換する。従って、光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光をほとんど S 偏光光

に揃えた状態で照明領域 404 に照射できる。

しかも、2種類の偏光光をそれぞれ $\lambda/2$ 位相差板 446 の所定の領域に導くには、偏光分離部 402 の偏光分離性能が高いことが必要であるが、本例では、ガラス製のプリズムと、無機材料からなる誘電体多層膜とを利用して偏光分離部 402 を構成してあるので、偏光分離部 402 の偏光分離性能は、熱的に安定である。それゆえに、大きな光出力が要求される照明装置においても常に安定した偏光分離性能を発揮するので、満足の得られる性能を有する偏光照明装置を実現できる。

また、変角プリズム 424 は、偏光分離部 402 とインテグレート光学系 403 との間において偏光分離部 402 の出射面 423 に接合され、偏光分離部 402 と一体化してある。このため、直角プリズム 421 と変角プリズム 424 との界面における光反射による光量損失を削減できる。

さらに、本例では、偏光分離部 402 から出射された2種類の偏光光は、横方向に分離されていることから、第2のレンズ板 442 の微小レンズ 444 を横長の矩形にしてある。このため、横長の矩形形状を有する照明領域 404 を形成する場合でも、光量が無駄にすることがない。ここで、横長の矩形形状を有する照明領域 404 は、たとえば、各種の映像を写し出すのに用いたとき、縦長の映像よりも見やすいとともに、画像に迫力があるという利点がある。

なお、第2のレンズ板 442 の出射側に配置されている平凸レンズ 445 は、第2のレンズ板 442 から出射される光束を照明領域 404 に導くために配置されている。従って、第2のレンズ板 442 を偏心レンズとすれば、平凸レンズ 445 を省略することができる。

また、本例では、P偏光光による集光位置に $\lambda/2$ 位相差板 44

6 の位相差層 4 4 7 を形成したが、逆に、S 偏光光による集光位置に位相差層 4 4 6 を形成してもよい。この場合には、S 偏光光が P 偏光に変換するので、P 偏光光に揃えた状態で照明領域 4 0 4 に照射できる。また、 $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 を配置する位置については、微小レンズ 4 4 9 と平凸レンズ 4 4 5 との間に限らず、2 次光源像が形成される位置近傍ならば他の位置でもよく、限定がない。

さらに、特性の異なる 2 種類の位相差層を、P 偏光光による集光位置と、S 偏光光による集光位置のそれぞれに配置し、ある特定の偏光方向を有する 1 種類の偏光光に揃えてもよい。

なお、本例では、第 1 のレンズ板 4 4 1 の微小レンズ 4 4 3 を横長の矩形レンズとしたが、第 2 のレンズ板 4 4 2 の微小レンズ 4 4 4 については、その形状についての限定がない。但し、図 4 (C) に示すように、P 偏光光が形成する 2 次光源像 C 1 と、S 偏光光が形成する 2 次光源像 C 2 は、横方向に並ぶ状態で形成されるので、かかる像の形成位置に対応させて、第 2 のレンズ板 4 4 2 の微小レンズ 4 4 4 の形状については、第 1 のレンズ板 4 4 1 の微小レンズ 4 4 3 と相似形の横長の矩形レンズとしてもよい。

(実施例 3)

実施例 2 において、変角プリズム 4 2 4 は、2 種類の偏光光の出射方向を所定の方法に設定するために配置されているので、その配置位置については、偏光分離部の出射側に限らず、偏光分離部の入射側、すなわち、光源部側やインテグレート光学系の第 1 のレンズ板に隣接する位置であってもよい。

すなわち、図 5 に示す実施例 3 に係る偏光照明装置のように構成してもよい。この偏光照明装置、および、以下に説明する各実施例では、基本的な構成が実施例 2 に係る偏光照明装置と同じであるた

め、同じ機能を有する部分には同じ符号を付して、その説明を省略する。

図 5 に示す偏光照明装置 5 0 0 では、変角プリズム 4 2 4 を、同じく偏光分離部 4 0 2 とインテグレータ光学系 4 0 3 との間に配置してあるが、インテグレータ光学系 4 0 3 の第 1 のレンズ板 4 4 1 に接合されて、インテグレータ光学系 4 0 3 と一体化してある。このため、変角プリズム 4 2 4 と、第 1 のレンズ板 4 4 1 との界面における光反射による光量損失を削減できる。

(実施例 4)

また、図 6 に示す偏光照明装置 6 0 0 のように、変角プリズム 4 2 4 を偏光分離部 4 0 2 と光源部 4 0 1 との間に配置すると共に、偏光分離部 4 0 2 の入射面 4 3 1 に接合し、偏光分離部 4 0 2 と一体化してもよい。この場合には、変角プリズム 4 2 4 と直角プリズム 4 2 1 との界面における光反射による光量損失を削減できる。また、かかる構造の場合には、偏光分離部 4 0 2 の出射面 4 2 3 に対して、インテグレータ光学系 4 0 3 の第 1 のレンズ板 4 4 1 を接続して、変角プリズム 4 2 4、偏光分離部 4 0 2、およびインテグレータ光学系 4 0 3 を一体化してもよい。この場合には、さらに、界面における光反射による光量損失を削減できる。

なお、光源部 4 0 1 の向きを、点線で示すように、システム光軸 L に対してわずかに傾ければ、変角プリズム 4 2 4 を省略することもできる。

(実施例 5)

なお、図 7 に示す偏光照明装置 7 0 0 では、偏光分離部 4 0 2 において、入射面 4 3 1 と偏光分離膜 4 2 6 とがなす角度が 45 度で

あり、入射面 4 3 1 と反射膜 4 2 9 とがなす角度が 4 5 度以下の場合には、変角レンズ 4 2 4 の向きを図 4 (A) に示す場合とは逆にすればよい。従って、偏光分離部 4 0 2 の構造が変わっても、インテグレート光学系 4 0 3 などの構造は、そのままよく、変更する必要がない。

(実施例 6)

図 8 に示す偏光照明装置 8 0 0 では、各光学系の配置は、実施例 2 と同じであるが、偏光分離部 4 0 2 を構成する直角プリズム 4 2 1 (三角柱プリズム) および四角柱プリズム 4 2 2 のうち、直角プリズム 4 2 1 は、その壁面を構成する 6 枚の透明板を備えるプリズム構造体 4 2 1 G と、その内部に充填された液体 4 2 1 L で構成されている。従って、直角プリズム 4 2 1 の低コスト化を図ることができる。また、直角プリズム 4 2 1 では、液体 4 2 1 L として比重の小さな液体をプリズム構造体 4 2 1 G の内部に充填することによって、その軽量化を図ることができる。

同様に、偏光分離膜 4 2 6 と反射膜 4 2 9 との挟まれた部分、すなわち、四角柱プリズム 4 2 2 の内部に透明な液体を充填した場合には、四角柱プリズム 4 2 2 の低コスト化および軽量化を図ることができる。

(実施例 7)

図 9 に示す偏光分離装置 9 0 0 の偏光分離部 4 0 2 では、対向する 2 つの側面部のうちの第 1 の側面部 9 2 1 に偏光分離膜 4 2 6 が形成され、第 2 の側面部 9 2 2 に反射膜 4 2 9 が形成された平板状の四角柱プリズム 4 2 2 を用いてある。四角柱プリズム 4 2 2 の第 1 の側面部 9 2 1 に対しては、偏光分離膜 4 2 6 を挟むようにして

複数の小型の直角プリズム 9 1 A、9 1 B、9 1 C、9 1 D（三角柱プリズム）の斜面部 9 1 1 A、9 1 1 B、9 1 1 C、9 1 1 D が接合されている。偏光分離部 4 0 2 の出射面、すなわち、各直角プリズム 9 1 A～9 1 D の出射面には、小型の変角プリズム 9 0 A、9 0 B、9 0 C、9 0 D が接合されている。ここで、直角プリズム 9 1 A～9 1 D（三角柱プリズム）の数と、第 1 のレンズ板 4 1 1 において幅方向に整列する微小レンズ 4 4 3 の数とは、一致している必要はない。

このように構成すると、直角プリズム 9 1 A～9 1 D、および変角プリズム 9 0 A～9 0 D としては、数は多いが、小型のものでよいので、全体としては、軽量化および低コスト化を図ることができる。

（実施例 8）

図 1 0 に示す偏光照明装置 1 0 0 0 の偏光分離部 4 0 2 では、対向する 2 つの側面部のうちの第 1 の側面部 4 2 7 に偏光分離膜 4 2 6 が形成され、第 2 の側面部 4 2 8 に反射膜 4 2 9 が形成された平板状の第 1 の四角柱プリズム 4 2 2 と、偏光分離膜 4 2 6 を挟むようにして第 1 の四角柱プリズム 4 2 2 に一体化された平板状の第 2 の四角柱プリズム 4 2 2 A とを有している。このように構成した偏光照明装置 1 0 0 0 では、薄い第 1 および第 2 の四角柱プリズム 4 2 2、4 2 2 A で偏光分離部 4 0 2 を構成できるので、その軽量化を図ることができる。

（実施例 9）

図 1 1 に示す偏光照明装置 1 1 0 0 の偏光分離部 4 0 2 では、斜面部 1 1 0 1 に偏光分離膜 4 2 6 が形成された第 1 の三角柱プリズ

ム 1 1 0 2 と、斜面部 1 1 0 3 に反射膜 4 2 9 が形成された第 2 の三角柱プリズム 1 1 0 4 とが用いられている。第 1 の三角柱プリズム 1 1 0 2 と、第 2 の三角柱プリズム 1 1 0 4 とは、斜面部 1 1 0 1 (偏光分離膜 4 2 6) と斜面部 1 1 0 3 (反射膜 4 2 9) とが所定の隙間 G を隔てた状態に枠体 (図示せず) など固定され、一体になっている。ここで、隙間 G の内部には、液体 H が充填されるとともに、液体 H は、シール材 1 1 0 5 によって隙間 G の内部に保持されている。

このように構成した偏光照明装置 1 1 0 0 では、実施例 2 ないし実施例 8 のようにプリズムの厚さを利用して偏光分離膜 4 2 6 と反射膜 4 2 9 との間に隙間を確保して所定の角度 θ を形成する場合と相違して、隙間 G を任意に狭くできるので、光の損失を低減できるという利点がある。

(実施例 10)

図 1 2 は、実施例 10 に係る偏光照明装置の要部を平面的にみた概略構成図、およびその偏光分離部に用いたプリズムの構成を示す外観図である。

図 1 2 (A) において、本例の偏光照明装置 1 2 0 0 も、実施例 2 の偏光照明装置と同様に、システム光軸 L に沿って、光源部 4 0 1、偏光分離部 1 2 0 1、およびインテグレート光学系 4 0 3 を有し、光源部 4 0 1 から放射された光は、偏光分離部 1 2 0 1 およびインテグレート光学系 4 0 3 を通って矩形形状の照明領域 4 0 4 に至るようになっている。但し、光源部 4 0 1 は、矩形形状の照明領域 4 0 1 に向いており、システム光軸 L は全体として直線的である。

光源部 4 0 1 は、実施例 2 と同様、光源ランプ 4 1 1 から放射されたランダムな偏光光が放物面リフレクター 4 1 2 によって一方方

向に反射され、略平行な光束となって偏光分離部 1201 に入射されるようになっている。ここで、光源部 401 は、システム光軸 L に対して所定の角度をなす方向に向いている。

偏光分離部 1201 は、三角柱形状を有する第 1 および第 2 の直角プリズム 1202、1203（三角柱プリズム）と、平板状の四角柱プリズム 1204 から構成された四角柱形状のプリズム合成体 1205A、1205B、1205C、1205D、1205E から構成されている。

プリズム合成体 1205A～1205D では、図 12（B）に示すように、まず、四角柱プリズム 1204 の対向する 2 つの側面部 1211、1212 のうち、第 1 の側面部 1211 に偏光分離膜 426 が形成され、第 2 の側面部 1212 に反射膜 429 が形成されている。第 1 の直角プリズム 1202 の斜面部 1221 は、偏光分離膜 426 を挟むようにして四角柱プリズム 1204 の第 1 の側面部 1211 に接合されている。また、第 2 の直角プリズム 1203 の斜面部 1231 は、反射膜 429 を挟むようにして四角柱プリズム 1204 の第 2 の側面部 1212 に接合されている。但し、プリズム合成体 1205E については、光源部 401 からのランダムな偏光光を反射する機能のみを担っているため、偏光分離膜 426 が形成されていない。従って、プリズム合成体 1205E に代えて、その他の反射機能を有する光学部品を用いることもできる。

このように構成した四角柱状のプリズム合成体 1205A～1205E は、いずれも同じ向きでシステム光軸 L に対して直角をなす横方向に一行に配列されている。従って、各プリズム合成体 1205A～1205D の間では、偏光分離膜 426 同士が平行であり、反射膜 429 同士も平行である。

ここで、偏光分離膜 426 は、偏光分離部 1201 の入射面 12

4 1 に対して角度 α をなすように形成され、本例では、角度 α は、4 5 度である。反射膜 4 2 9 は、偏光分離膜 4 2 6 に対して θ の角度をなすように形成されている。

本例でも、第 1 および第 2 の直角プリズム 1 2 0 2、1 2 0 3、および四角柱プリズム 1 2 0 4 は、熱的に安定なガラス材料から構成されている。偏光分離膜 4 2 6 は、誘電体多層膜で構成されている。反射膜 4 2 9 は、一般的なアルミニウム蒸着膜で構成されている。

再び、図 1 2 (A) において、本例では、光源部 4 0 1 をシステム光軸 L に対して所定の角度をなす方向に向けることにより、偏光分離部 1 2 0 1 から出射される偏光光の向きを調整してあるため、変角プリズムを省いてある。

本例では、後述のように、光源部 4 0 1 からの光がプリズム合成体 1 2 0 5 A ~ 1 2 0 5 E の 1 個分に相当する幅だけ横方向 (図 1 2 (B) に対して上方) にシフトしながら偏光分離部 1 2 0 1 を通過する。したがって、光源部 4 0 1 をシステム光軸 L に対してプリズム合成体 1 2 0 5 A ~ 1 2 0 5 E の 1 個分に相当する幅寸法だけ光のシフト方向とは反対側 (図 1 2 (A) に対して下方) にずらしてある。

偏光分離部 1 2 0 1 の後段には、第 1 のレンズ板 4 4 1 および第 2 のレンズ板 4 4 2 からなる 2 つのレンズ板で構成されたインテグレート光学系 4 0 3 が構成されている。第 1 のレンズ板 4 4 1 および第 2 のレンズ板 4 4 2 は、同じ数の微小なレンズ 4 4 3、4 4 4 を備える複合レンズ体である。微小レンズ 4 4 3 は、照明領域 4 0 4 に対応して矩形であり、かつ、照明領域 4 0 4 の相似形になっている。さらに、第 2 のレンズ板 4 4 2 には、微小レンズ 4 4 4 と、出射側の平凸レンズ 4 5 1 との間に $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 が形成さ

れている。 $\lambda/2$ 位相差板446には、第1のレンズ板441が2次光源像を形成する位置に位相差層447が形成され、位相差層447は、S偏光光およびP偏光光が形成する2次光源像のうち、P偏光光が2次光源像を形成する位置に規則的に形成されている。

このように構成した偏光照明装置1200において、光源部401からは、ランダムな偏光光が放射され、偏光分離部402に入射される。偏光分離部402に入射したランダムな偏光光は、まず、反射膜429で横方向に反射し、隣接するプリズム合成体1205A～1205Dに入射される。ここで、ランダムな偏光光は、P偏光光とS偏光光との混合光として考えることができるので、混合光は、偏光分離膜426によってP偏光光とS偏光光の2種類の偏光光に横方向に分離される。すなわち、隣接するプリズム合成体1205A～1205Dにシフトしたランダムな偏光光のうち、S偏光成分は、偏光分離膜426で反射されてその進行方向を変えるが、P偏光成分は、偏光分離膜426をそのまま透過し、反射膜429で初めて反射される。ここで、反射膜429は、偏光分離膜426に対して θ の角度をなすように形成されているため、2種類の偏光光は、ガラス材料で構成された各プリズム内で 2θ の角度差をもって進行方向が横方向にわずかに分離されたことになる。

そして、進行方向を分離された2種類の偏光光は、インテグレート光学系403に入射される。インテグレート光学系403において、偏光分離部1201で進行方向をわずかに分離された2種類の偏光光は、第1のレンズ板441に入射して、第2のレンズ板442の中に2次光源像を形成する。ここで、2次光源像を形成する位置は $\lambda/2$ 位相差板446が形成されている位置である。しかも、 $\lambda/2$ 位相差板446では、P偏光光による2次光源像の形成位置に対応して位相差層447が選択的に形成されている。したがって

P 偏光光は、位相差層 4 4 7 を通過する際に偏光面の回転作用を受け、P 偏光光は、S 偏光光へと変換される。一方、S 偏光光は、位相差層 4 4 7 を通過しないので、偏光面の回転作用を受けずに $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 を通過する。従って、インテグレータ光学系 4 0 3 から出射される光束のほとんどは、S 偏光の状態にある。このようにして S 偏光とされた状態の光束は、偏心レンズ 1 2 3 1 によって照明領域 4 0 4 に照射される。

以上説明したように、本例の偏光照明装置 1 2 0 0 によれば、光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光を偏光分離部 1 2 0 1 で 2 種類の偏光光に方向分離した後、各偏光光を $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 の所定の領域に導いて、P 偏光光を S 偏光光に変換する。従って、光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光をほとんど S 偏光光に揃えた状態で照明領域 4 0 4 に照射できるという効果を奏する。ここで、2 種類の偏光光をそれぞれ $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 の所定の領域に導くには、偏光分離部 1 2 0 1 の偏光分離性能が高いことが必要であるが、本例では、ガラス製のプリズムと、誘電体多層膜とを利用して偏光分離部 1 2 0 1 を構成してあるので、偏光分離部 1 2 0 1 の偏光分離性能は、熱的に安定である。それ故、大きな光出力が要求される照明装置においても常に安定した偏光分離性能を発揮するので、満足の得られる性能を有する偏光照明装置を実現できる。

また、本例では、偏光分離部 1 2 0 1 から出射された 2 種類の偏光光は、横方向に分離されていることから、第 2 のレンズ板 4 4 2 の微小レンズ 4 4 4 を横長の矩形に形成してある。このため、光量が無駄にすることなく、横長の矩形形状を有する照明領域 4 0 4 を形成できる。かかる横長の矩形形状を有する照明領域 4 0 4 は、たとえば、各種の映像を写し出したときに、縦長の投写パターンより

も見やすいとともに、迫力があるという利点がある。

(実施例 10 の変形例)

なお、実施例 10 では、第 1 のレンズ板 441 の微小レンズ 443 の幅と、四角柱プリズム合成体 1205A～1205E の 1 個分に相当する幅とを同じにしてある。すなわち、 n を 1 以上の整数としたときに、プリズム合成体 1205A～1205E の幅寸法 $W1$ を、第 1 のレンズ板 441 の矩形レンズ 443 の幅寸法 $W2$ の $1/n$ 倍として表せば、 n が 1 である条件に相当する。 n を 2、3・・・と大きくしていくと、それに伴って、プリズム合成体 1205A～1205E の 1 個分に相当する幅が狭くなるので、プリズム合成体 1205A～1205E の厚さを薄くできる。

たとえば、 n を 2 に設定した場合には、図 13 に示す偏光照明装置 1250 の偏光分離部 1201 となる。すなわち、四角柱状のプリズム合成体 1205A、1205B、1205C・・・の幅寸法 $W1$ は、第 1 のレンズ板 441 の矩形レンズ 443 の幅寸法 $W2$ の $1/2$ 倍である。この場合には、偏光分離部 1201 の薄型化を図ることができるとともに、光源部 401 をシステム光軸 L からずらす距離 X を短くできる。

一方、図 12 に示す例では、偏光分離部 1201 を第 1 のレンズ板 441 の光源部に配置しているが、この代わりに、第 1 のレンズ板 441 と第 2 のレンズ板 442 の間に配置することもできる。

(実施例 11)

図 14 は、実施例 11 に係る偏光照明装置の要部を平面的にみた概略構成図である。本例の偏光照明装置 1400 も、実施例 2 の偏光照明装置と同様、システム光軸 L に沿って、光源部 401、偏光

分離部 1 4 0 1、およびインテグレータ光学系 4 0 3 を有し、光源部 4 0 1 から放射された光は、偏光分離部 1 4 0 1 およびインテグレータ光学系 4 0 3 を通って矩形状の照明領域 4 0 4 に至るようになっている。但し、光源部 4 0 1 は、矩形状の照明領域 4 0 4 に向いており、システム光軸 L は、全体として直線的である。

光源部 4 0 1 は、実施例 2 と同様、光源ランプ 4 1 1 から放射されたランダムな偏光光が放物面リフレクター 4 1 2 によって一方向に反射され、略平行な光束となって偏光分離部 1 4 0 1 に入射されるようになっている。

偏光分離部 1 4 0 1 は、三角柱形状を有する第 1 および第 2 の直角プリズム 1 4 0 2 および 1 4 0 3 (三角柱プリズム) から構成された四角柱形状のプリズム合成体 1 4 0 4 A、1 4 0 1 B、1 4 0 4 C、1 4 0 4 D、1 4 0 4 E から構成されている。

プリズム合成体 1 4 0 4 B ~ 1 4 0 4 E では、第 1 の直角プリズム 1 4 0 2 の斜面部 1 4 1 1 に偏光分離膜 4 2 6 が形成され、第 2 の直角プリズム 1 4 0 3 の斜面部 1 4 1 2 は、偏光分離膜 4 2 6 を挟むようにして第 1 の直角プリズム 1 4 0 2 の斜面部 1 4 1 1 に接合されている。なお、プリズム合成体 1 4 0 4 A は、プリズム合成体 1 4 0 4 B で分離された S 偏光光を反射する機能のみを担っている。

このように構成したプリズム合成体 1 4 0 4 A ~ 1 4 0 4 E は、いずれも略同じ向きでシステム光軸 L に対して直角をなす横方向に配列されている。但し、本例では、各プリズム合成体 1 4 0 4 A ~ 1 4 0 4 E は、いずれも幅は同じ寸法であるが、各プリズム合成体 1 4 0 4 A ~ 1 4 0 4 E の厚さが異なっている。従って、偏光分離部 1 4 0 1 の入射面 1 4 2 1 に対して各プリズム合成体 1 4 0 4 B ~ 1 4 0 4 E の偏光分離膜 4 2 6 がなす角度が少しずつ異なる。

本例においては、第1および第2の直角プリズム1402、1403は、熱的に安定なガラス材料から構成されている。また、偏光分離膜426は、誘電体多層膜で構成されている。

本例でも、変角レンズを用いて偏光分離部1401から出射される偏光光の向きを調整してもよいが、本例では、光源部401をシステム光軸Lに対して所定の角度をなす方向に向けることにより、偏光分離部1401から出射される偏光光の向きを調整してあるため、変角プリズムを省いてある。

また、実施例10と同様、偏光分離部1401では、光源部401からの光がプリズム合成体1404A～1404Eの1個分に相当する幅だけ横方向（図14に対して上方）にシフトしながら偏光分離部1401を通過するため、本例では、光源部401をシステム光軸Lに対してプリズム合成体1404A～1404Eの1個分に相当する幅寸法だけ光のシフト方向とは反対側（図14に対して下方）にずらしてある。

偏光分離部1404の後段には、第1のレンズ板441および第2のレンズ板442を備えるインテグレート光学系403が構成されている。また、レンズ板441および第2のレンズ板442は、いずれも同じ数の微小なレンズ443、444を備える複合レンズ体である。ここで、第1のレンズ板441の微小レンズ443は、照明領域404に対応して矩形であり、かつ、照明領域404の相似形になっている。なお、第1のレンズ板441の微小レンズ443のうち、両端に位置する微小レンズ443A（斜線を付した微小レンズ）では、P偏光光またはS偏光光のみが入射されるため、その出射方向を他の部分と変えてある。

本例では、第2のレンズ板442は、微小レンズ444と、出射側の平凸レンズ445との間に $\lambda/2$ 位相差板1430が形成され

ている。この $\lambda/2$ 位相差板1430では、S偏光光およびP偏光光が形成する2次光源像のうち、P偏光光が2次光源像を形成する位置に位相差層1431が規則的に形成されている。

このように構成した偏光照明装置1400においても、光源部401からのランダムな偏光光が偏光分離部1401に入射され、ランダムな偏光光は、偏光分離膜426によってP偏光光とS偏光光の2種類の偏光光に横方向に分離される。

この原理を、プリズム合成体1404Cに入射したランダムな偏光光を例に説明する。まず、プリズム合成体1404Cに入射したランダムな偏光光に含まれるS偏光成分は、偏光分離膜426で反射されてその進行方向を変えて、隣接するプリズム合成体1404Bに入射される。次に、S偏光成分は、プリズム合成体1404Bにおいて、偏光分離膜426で反射され、偏光分離部1401から出射される。一方、ランダムな偏光光に含まれるP偏光成分は、プリズム合成体1404Cにおいて、偏光分離膜426をそのまま透過する。ここで、各プリズム合成体1404B～1404Eでは、偏光分離部1401の入射面1421に対して偏光分離膜426がなす角度 θ' が僅かな角度ずつずれているので、2種類の偏光光は、ガラス材料で構成された各プリズム内で僅かに角度差をもって進行方向が横方向に分離されたことになる。

進行方向を分離された2種類の偏光光は、インテグレータ光学系403に入射される。インテグレータ光学系403において、偏光分離部1401で進行方向をわずかに分離された2種類の偏光光は、第1のレンズ板441に入射して、第2のレンズ板442の中に2次光源像を形成する。この2次光源像を形成する位置は、 $\lambda/2$ 位相差板1430が形成されている位置である。しかも、 $\lambda/2$ 位相差板1430では、P偏光光による2次光源像の形成位置に対応し

て位相差層 1 4 3 1 が選択的に形成されている。従って、P 偏光光は、位相差層 1 4 3 1 を通過する際に偏光面の回転作用を受け、P 偏光光は、S 偏光光へと変換される。一方、S 偏光光は、位相差層 1 4 3 1 を通過しないので、偏光面の回転作用を受けずに $\lambda/2$ 位相差板 1 4 3 0 を通過する。従って、インテグレータ光学系 4 0 3 から出射される光束のほとんどは、S 偏光の状態にある。このようにして S 偏光とされた状態の光束は、偏心レンズ 1 2 3 1 によって照明領域 4 0 4 に照射される。

以上説明したように、本例の偏光照明装置 1 4 0 0 によれば、光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光を偏光分離部 1 4 0 1 で 2 種類の偏光光に方向分離した後、各偏光光を $\lambda/2$ 位相差板 1 4 3 0 の所定の領域に導いて、P 偏光光を S 偏光光に変換する。従って、光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光をほとんど S 偏光光に揃えた状態で照明領域 4 0 4 に照射できるという効果を奏する。しかも、ガラス製のプリズムと、誘電体多層膜とを利用して偏光分離部 1 4 0 1 を構成してあるので、偏光分離部 1 4 0 1 の偏光分離性能は、熱的に安定である。それゆえに、大きな光出力が要求される照明装置においても常に安定した偏光分離性能を発揮するので、満足の得られる性能を有する偏光照明装置を実現できる。

また、本例では、偏光分離部 1 4 0 1 から出射された 2 種類の偏光光は、横方向に分離されていることから、横長の矩形形状を有する照明領域 4 0 4 を形成するのに適している。

なお、本例では、偏光分離部 1 4 0 1 を第 1 のレンズ板 4 4 1 の光源部に配置しているが、この代わりに、第 1 のレンズ板 4 4 1 と第 2 のレンズ板 4 4 2 の間に配置してもよい。

(実施例 1 2)

図 15 は、実施例 12 に係る偏光照明装置の要部を平面的にみた概略構成図である。図において、本例の偏光照明装置 1500 も、実施例 10 の偏光照明装置と同様、システム光軸 L に沿って、光源部 401、偏光分離部 1501、およびインテグレート光学系 403 を有し、光源部 401 から放射された光は、偏光分離部 1501 およびインテグレート光学系 403 を通って矩形状の照明領域 404 に至るようになっている。光源部 401 は、矩形状の照明領域 404 に向いており、システム光軸 L は、全体として直線的である。本例でも、光源部 401 をシステム光軸 L に対して所定の角度をなす方向に向けることにより、偏光分離部 1501 から出射される偏光光の向きを調整してあるため、変角プリズムを省いてある。

偏光分離部 1501 は三角柱形状を有する第 1 および第 2 の直角プリズム 1502、1503（三角柱プリズム）から構成された四角柱形状のプリズム合成体 1504A、1504B、1504C、1504D、1504E、1504F から構成されている。

プリズム合成体 1504B～1504E では、第 1 の直角プリズム 1502 の斜面部 1510 に偏光分離膜 426 が形成され、第 2 の直角プリズム 1503 の斜面部 1511 は、偏光分離膜 426 を挟むようにして第 1 の直角プリズム 1502 の斜面部 1510 に接合されている。

このように構成したプリズム合成体 1504B～1504E は、各偏光分離膜 426 の向きがシステム光軸 L の両側において反対である。すなわち、光源部 401 の側からみると、システム光軸 L に対して右側では、分離膜 426 が外側を向き、システム光軸 L に対して左側でも、分離膜 426 が外側を向いている。また、各プリズム合成体 1504A～1504F は、いずれも幅は同じ寸法であるが、各プリズム合成体 1504A～1504F の厚さが異なる。従

って、偏光分離部 1 5 0 1 の入射面 1 5 3 0 に対して各プリズム合成体 1 5 0 4 B ~ 1 5 0 4 E の偏光分離膜 4 2 6 がなす角度が異なる。なお、プリズム合成体 1 5 0 4 A、1 5 0 4 F は、プリズム合成体 1 5 0 4 B、1 5 0 4 E で分離された S 偏光光を反射する機能のみを担っている。

本例においても、第 1 および第 2 の直角プリズム 1 5 0 2、1 5 0 3 は、熱的に安定なガラス材料から構成されている。また、偏光分離膜 4 2 6 は、誘電体多層膜で構成されている。

偏光分離部 1 5 0 1 の後段には、第 1 のレンズ板 4 4 1 および第 2 のレンズ板 4 4 2 からなる 2 つのレンズ板を備えるインテグレート光学系 4 0 3 が構成されている。第 1 のレンズ板 4 4 1 および第 2 のレンズ板 4 4 2 は、いずれも同じ数の微小なレンズ 4 4 3、4 4 4 を備える複合レンズ体である。第 1 のレンズ板 4 4 1 の微小レンズ 4 4 3 は、照明領域 4 0 4 に対応して矩形であり、かつ、照明領域 4 0 4 の相似形になっている。なお、第 1 のレンズ板 4 4 1 の微小レンズ 4 4 3 のうち、両端に位置する微小レンズ 4 4 3 A (斜線を付した微小レンズ) では、S 偏光光のみが入射されるため、その出射方向を他の部分と変えてある。

第 2 のレンズ板 4 4 2 には、微小レンズ 4 4 4 と、出射側の平凸レンズ 4 4 5 との間に $\lambda/2$ 位相差板 1 5 5 0 が形成されている。また、 $\lambda/2$ 位相差板 1 5 5 0 に形成されている位相差層 1 5 5 1 は、S 偏光光および P 偏光光が形成する 2 次光源像のうち、P 偏光光が 2 次光源像を形成する位置に形成されている。

このように構成した偏光照明装置 1 5 0 0 において、光源部 4 0 1 からのランダムな偏光光は、偏光分離部 1 5 0 1 に入射され、P 偏光光と S 偏光光の 2 種類の偏光光に横方向に分離される。ここにおいて、各プリズム合成体 1 5 0 4 B ~ 1 5 0 4 E では、偏光分離

部 1 5 0 1 の入射面 1 5 3 0 に対して偏光分離膜 4 2 6 がなす角度 θ' が僅かな角度ずつずれているので、2 種類の偏光光は、ガラス材料で構成された各プリズム内で僅かに角度差をもって進行方向が横方向に分離されたことになる。そして、進行方向を分離された 2 種類の偏光光は、インテグレート光学系 4 0 3 に入射される。インテグレート光学系 4 0 3 において、偏光分離部 1 5 0 1 で進行方向をわずかに分離された 2 種類の偏光光は、第 1 のレンズ板 4 4 1 に入射して、第 2 のレンズ板 4 4 2 の中に 2 次光源像を形成する。この 2 次光源像を形成する位置のうち、P 偏光光による 2 次光源像の形成位置には位相差層 1 5 5 1 が選択的に形成されている。従って、P 偏光光は、位相差層 1 5 5 1 を通過する際に偏光面の回転作用を受け、P 偏光光は、S 偏光光へと変換される。一方、S 偏光光は、位相差層 1 5 5 1 を通過しないので、偏光面の回転作用を受けずに $\lambda/2$ 位相差板 1 5 5 0 を通過する。従って、インテグレート光学系 4 0 3 から出射される光束のほとんどは、S 偏光の状態にある。このようにして S 偏光とされた状態の光束は、平凸レンズ 4 4 5 によって照明領域 4 0 4 に照射される。

以上説明したように、本例の偏光照明装置 1 5 0 0 でも、光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光を偏光分離部 1 5 0 1 で 2 種類の偏光光に方向分離した後、各偏光光を $\lambda/2$ 位相差板 1 5 5 0 の所定の領域に導いて、P 偏光光を S 偏光光に転換する。したがって、光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光をほとんど S 偏光光に揃えた状態で照明領域 4 0 4 に照射できるという効果を奏する。また、ガラス製のプリズムと、誘電体多層膜とを利用して偏光分離部 1 5 0 1 を構成してあるので、偏光分離部 1 5 0 1 の偏光分離性能は、熱的に安定である。それ故、大きな光出力が要求される照明装置においても常に安定した偏光分離性能を発揮するので、

満足の得られる性能を有する偏光照明装置を実現できる。

また、本例では、偏光分離部 1 5 0 1 から出射された 2 種類の偏光光は、横方向に分離されていることから、横長の矩形形状を有する照明領域 4 0 4 を形成するのに適している。

なお、本例では偏光分離部 1 5 0 1 を第 1 のレンズ板の光源部に配置しているが、この代わりに、第 1 のレンズ板 4 4 1 と第 2 のレンズ板 4 4 2 の間に配置してもよい。

(実施例 1 0 の偏光照明装置を用いた投写型表示装置の例)

上述した実施例 2 乃至 1 2 の偏光照明装置は、液晶ライトバルブを備えた投写型表示装置に用いることができる。

図 1 6 には、上記の実施例 1 0 の装置を投写型表示装置（液晶プロジェクター）に適用した例である。

図に示す投写型表示装置 1 6 0 0 には、ランダムな偏光光を一方向に出射する光源部 4 0 1 が構成され、この光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光は、偏光分離部 1 2 0 1 において、2 種類の偏光光に分離するとともに、分離された各偏光光のうち、P 偏光光については、インテグレート光学系 4 0 3 の $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 によって、S 偏光光に転換するようになっている。

かかる偏光照明装置 1 6 0 0 から出射された光束は、まず、青色緑色反射ダイクロイックミラー 1 6 0 1 において、赤色光が透過して、青色光および緑色光が反射するようになっている。赤色光は、反射ミラー 1 6 0 2 で反射され、第 1 の液晶ライトバルブ 1 6 0 3 に達する。一方、青色光および緑色光のうち、緑色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 1 6 0 4 によって反射され、第 2 の液晶ライトバルブ 1 6 0 5 に達する。

ここで、青色光は、他の 2 色光に比べて長い光路長（赤色光の光

路長と緑色光の光路長は等しい)をもつため、青色光に対しては、入射側レンズ1606、リレーレンズ1608、および出射側レンズ1610からなるリレーレンズ系で構成した導光手段1650を設けてある。すなわち、青色光は、緑色反射ダイクロイックミラー1604を透過した後、まず、出射側レンズ1606、および反射ミラー1607を経て、リレーレンズ1608に導かれ、このリレーレンズ1608内に集束された後、反射ミラー1609を経て出射側レンズ1610に導かれ、しかる後に、第3の液晶ライトバルブ1611に達する。ここで、第1および第3の液晶ライトバルブ1603、1605、1611は、それぞれの色光を変調し、各色に対応した映像情報を含ませた後、変調した色光をダイクロイックプリズム1613(色合成手段)に入射する。ダイクロイックプリズム1613は、赤色反射の誘電体多層膜と、青色反射の誘電体多層膜とを十字状に有しており、それぞれの変調光束を合成する。ここで合成された光束は、投写レンズ1614(投写手段)を通過してスクリーン1615上に映像を形成することになる。

このように構成した投写型表示装置1600では、1種類の偏光光を変調するタイプの液晶ライトバルブが用いられている。したがって、従来の照明装置を用いてランダムな偏光光を液晶ライトバルブに導くと、ランダムな偏光光のうちの半分は、偏光板で吸収されて熱に変わってしまうため、光の利用効率が低いとともに、偏光板の発熱を抑える大型で騒音が大きな冷却装置が必要であるという問題点があったが、本例の投写型表示装置1600では、かかる問題点が大幅に解消されている。

すなわち、本例の投写型表示装置1600では、偏光照明装置1200において、一方の偏光光(たとえば、P偏光光)のみに対して、 $\lambda/2$ 位相差板446によって偏光面の回転作用を与え、他方

の偏光光（たとえば、S偏光光）と偏光面が揃った状態とする。それゆえ、偏光方向の揃った偏光光が第1ないし第3の液晶ライトバルブ1603、1605、1611に導かれるので、光の利用効率が向上し、明るい投写映像を得ることができる。また、偏光板（図示せず）による光吸収量が低減するので、偏光板での温度上昇が抑制される。それ故、冷却装置の小型化や低騒音化を実現できる。しかも、偏光照明装置1200では、偏光分離膜として熱的に安定な誘電体多層膜を用いているため、偏光分離部1201の偏光分離性能は、熱的に安定である。それ故、大きな光出力が要求される投写型表示装置1600においても常に安定した偏光分離性能を発揮する。

さらに、偏光照明装置1200では、偏光分離部1201から出射された2種類の偏光光は、横方向に分離されていることから、光量が無駄にすることなく、横長の矩形形状を有する照明領域を形成できる。それゆえ、偏光照明装置1200は、見やすく、かつ、迫力のある映像を投写できる横長の液晶ライトバルブ用に適している。

それに加えて、本例では、色合成手段として、ダイクロイックプリズム1613を用いているため、小型化が可能であると共に、液晶ライトバルブ1603、1605、1611と投写レンズ1614との間の光路長が短い。従って、比較的小口径の投写レンズを用いても、明るい投写映像を実現できる特徴がある。また、本例では、光路長が他の2色光よりも長い青色光に対しては、入射側レンズ1606、リレーレンズ1608、および出射側レンズ1610からなるリレーレンズ系で構成した導光手段1650を設けてあるため、色ムラなどが生じない。

（実施例2の偏光照明装置を用いた投写型表示装置の例）

投写型表示装置としては、図 17 に示すように、ミラー光学系で色合成手段を構成してもよい。図 17 に示す投写型表示装置 1700 には、図 4 に示した偏光照明装置 400 が用いられており、この偏光照明装置 400 でも、光源部 401 から放射されたランダムな偏光光は、偏光分離部 402 において、2 種類の偏光光に分離するとともに、分離された各偏光光のうち、P 偏光光については、インテグレート光学系 403 の $\lambda/2$ 位相差板 446 によって、S 偏光光に変換するようになっている。

かかる偏光照明装置 400 から出射された光束は、まず、赤色反射ダイクロイックミラー 1701 において、赤色光が反射し、青色光および緑色光が透過するようになっている。ここで、赤色光は、反射ミラー 1705 で反射され、第 1 の液晶ライトバルブ 1707 に達する。一方、青色光および緑色光のうち、緑色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 1702 によって反射され、第 2 の液晶ライトバルブ 1708 に達する。青色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 1702 を透過した後、第 3 の液晶ライトバルブ 1709 に達する。しかる後、第 1 および第 3 の液晶ライトバルブ 1707、1708、1709 は、それぞれの色光を変調し、各色に対応した映像情報を含ませた後、変調した色光を出射する。ここで、色変調された赤色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 1703 および青色反射ダイクロイックミラー 1704 を透過して、投写レンズ 1710（投写手段）に達する。色変調された緑色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 1703 で反射した後、青色反射ダイクロイックミラー 1704 を透過して、投写レンズ 1710 に達する。色変調された青色光は、青色反射ダイクロイックミラー 1704 で反射した後、投写レンズ 1710 に達する。

このように、ダイクロイックミラーからなるミラー光学系で色合

成手段を構成した投写型表示装置 1700 においても、1 種類の偏光光を変調するタイプの液晶ライトバルブが用いられているため、従来の照明装置を用いてランダムな偏光光を液晶ライトバルブに導くと、ランダムな偏光光のうちの半分は、偏光板で吸収されて熱に変わってしまう。従って、従来の照明装置では光の利用効率が低いとともに、偏光板の発熱を抑える大型で騒音の大きな冷却装置が必要であるという問題点があったが、本例の投写型表示装置 1700 では、かかる問題点が大幅に解消されている。

すなわち、本例の投写型表示装置 1700 では、偏光照明装置 400 において、一方の偏光光（例えば、P 偏光光）のみに対して、 $\lambda/2$ 位相差板 446 によって偏光面の回転作用を与え、他方の偏光光（たとえば、S 偏光光）と偏光面が揃った状態とする。それゆえ、偏光方向の揃った偏光光が第 1 ないし第 3 の液晶ライトバルブ 1707、1708、1709 に導かれるので、光の利用効率が向上し、明るい投写映像を得ることができる。また、偏光板（図示せず）による光吸収量が低減するので、偏光板での温度上昇が抑制される。それゆえ、冷却装置の小型化や低騒音化を実現できる。しかも、偏光照明装置 400 では、偏光分離膜として熱的に安定な誘電体多層膜を用いているため、偏光分離部 402 の偏光分離性能は、熱的に安定である。それ故、大きな光出力が要求される投写型表示装置 1700 においても常に安定した偏光分離性能を発揮する。

（実施例 13）

図 18 には、本例の別の偏光照明装置を示してある。本例の偏光照明装置 1800 も、基本的には、光源 401 と、偏光分離部 402 と、インテグレータ光学系 403 を備えている。しかし、上記の各実施例においては、偏光分離部を構成しているプリズムビームス

ブリッタをインテグレータ光学系の第1のレンズ板よりも光源の側に配置した構成を採用している。しかるに、本例の装置では、偏光分離部を構成するプリズムビームスプリッタを、第1のレンズ板と第2のレンズ板の間に配置した構成を採用し、光学系を一層コンパクトに構成している。

図18に示すように、光源401からのランダムな偏光光は、システム光軸Lに沿って出射されて、偏光分離部402の入射側に配置されている変角レンズ1801に入射する。この変角プリズムにより偏光光の進行方向は僅かに傾けられる。従って、偏光光は、変角プリズム1801の出射側に配置されているインテグレータ光学系403を構成している第1のレンズ板441に対して垂直入射方向に対して θ だけ傾斜して入射する。図においては、システム光軸Lに対して右側に θ だけ傾斜した方向に沿って入射する。

第1のレンズ板441は、プリズムビームスプリッタ1810の構成素子である直角プリズム1811の入射面1812に光学的に貼り合わされている。直角プリズム1811の入射面1812に直交する出射面1813には、偏光変換素子である $\lambda/2$ 位相差板446が貼り合わされており、この $\lambda/2$ 位相差板446の出射面にはインテグレータ光学系の第2のレンズ板442が貼り合わされている。

プリズムビームスプリッタ1810は、直角プリズム1811と、この傾斜面1813に貼り合わせた略平板状の四角柱プリズム1820を備えている。そして、前述した例と同様に、直角プリズム1811の傾斜面1814には偏光分離膜426が形成されており、ここに当たった偏光光のうち、たとえば、S偏光のみが全面反射され、P偏光はそのまま通過するように構成されている。また、四角柱プリズム1820の外側傾斜面1821には反射膜429が形成

されており、ここに当たったP偏光が全面反射されるようになっている。

本例では、偏光分離膜426と反射膜429のなす角度を適切に設定することにより、変角レンズ1801を通して僅かに屈折した状態で入射したランダムな偏光光が、これらの膜426、429で反射されて、システム光軸Lに対して対称な角度で反対側に振り分けられて $\lambda/2$ 位相差板446の側に出射するように構成されている。図においては、システム光軸Lに対して上下に同一の角度だけ振り分けられた状態となる。

$\lambda/2$ 位相差板446は、通過する偏光の方向を90度回転させる位相差層（図において斜線で示す部分）447と、偏光をそのまま通過させる層448とを備えている。この構成は前述の各実施例と同様である。偏光分離部402において分離されると共に、システム光軸Lに対して上下に対称な方向に振り分けられたP偏光とS偏光のうち、S偏光は位相差層447の部分に入射する。これに対してP偏光の側は層448の側に入射する。したがって、S偏光は偏光方向が90度回転してP偏光となって出射する。この結果、第2のレンズ板442にはP偏光に揃った光が入射し、ここを介して、照明領域404に向かうことになる。

このように構成した本例の偏光照明装置1800を用いても、前記の各実施例と同様な効果を得ることができる。また、本例の構成では、インテグレート光学系を構成している第1および第2のレンズ板がそれぞれ、プリズムビームスプリッタの入射面および出射面に貼り合わされて一体化されている。したがって、構成をコンパクトにできると共に、光学素子の大気との界面を少なくすることができるので、光の利用効率を高めることができる。

ここで、変角レンズ1801を光学経路に配置する理由は、上記

のように分離された P 偏光および S 偏光をシステム光軸に対して対称となるように振り分けるためである。従って、変角レンズ 1801 は、第 1 のレンズ板の入射側ではなく、その出射側に配置してもよい。例えば、図 18 (B) に示すように、プリズムビームスプリッタの入射面に変角レンズ 1801 を貼り合わせ、この変角レンズ 1801 の入射面に第 1 のレンズ板を貼り合わせるようにしてもよい。このようにすれば、変角レンズと第 1 のレンズ板の間の大気との界面も無くすることができ、更に光の利用効率を高めることが出来る。

さらに、変角レンズを省略して、第 1 のレンズ板として、図 18 (C) に示すように、偏心系のレンズから構成したものを使用してもよい。

次に、本例では、第 2 のレンズ板 442 を構成する微少レンズ 444 の数は、第 1 のレンズ板 441 を構成する微少レンズ 443 の数と同数とすることもできる。しかし、その 2 倍として、例えば、図 18 (D) に示すように、第 2 のレンズ板 444 のそれぞれを、 $\lambda/2$ 位相差板 446 の位相差層 447 およびそれ以外の層 448 に対応した一対のレンズ 444 A、444 B から構成することが望ましい。その理由は、それぞれの偏光光に対応させてレンズの特性を変えることにより、第 1 のレンズ板と第 2 のレンズ板との間にある僅かに異なる P、S 偏光光の光路差を吸収し、第 2 のレンズ板により形成される第 1 のレンズ板の像の大きさを、照明領域において全て同じにするためである。

(実施例 14)

図 19 は更に別の偏光照明装置の概略構成図である。本例は、インテグレータ光学系として第 1 の集光ミラー板および第 2 の集光ミ

ラー板を備えた構成のものを用いたものである。図に示すように、本例の偏光照明装置 1900 は、その直角に折れ曲がるシステム光軸 L (L') に沿って、光源部 401、偏光分離部 402、第 1 の集光ミラー板 1901 および、第 2 の集光ミラー板 1902 を備えたインテグレート光学系 403、および集光レンズ部 1940 を有し、光源部 401 から出射された光束は、偏光分離部 402 において 2 種類の偏光光束に分離された後、第 1 の集光ミラー板 1901 と第 2 の集光ミラー板 1902 と偏光分離部 402 及び集光レンズ部 1940 により再び 1 種類の偏光光束に合成され、矩形状の照明領域 404 に至るようになっている。

光源部 401 は、光源ランプ 411 と、放物面リフレクター 412 とから大略構成されており、光源ランプ 411 から放射された偏光方向がランダムな偏光光は、放物面リフレクター 412 によって一方向に反射され、略平行な光束となって偏光分離部 402 に入射される。ここで、放物面リフレクター 412 に代えて、楕円面リフレクター、球面リフレクターなども用いることができる。

偏光分離部 402 は一般的な四角柱状の偏光ビームスプリッターであり、誘電体多層膜からなる偏光分離膜 426 を 2 つのガラス製の直角プリズム（三角柱プリズム）1910 の斜面で挟持した構造となっている。この時、偏光分離膜 426 は偏光分離部 402 の入射面 1911 に対して角度 $\alpha = 45$ 度をなすように形成されている。但し、偏光分離膜 426 と入射面 1911 とがなす角度 α については、45 度に限定されることなく、光源部 401 からの入射光束の入射角に応じて設定すればよい。

偏光分離部 402 の第 1 の出射面 1912 には第 1 の $\lambda/4$ 位相差板 1921 が、また第 2 の出射面 1913 には第 2 の $\lambda/4$ 位相差板 1922 が各々形成され、それらの位相差板の外側には、偏光

分離部 4 0 2 の略中心を向くように第 1 の集光ミラー板 1 9 0 1 及び第 2 の集光ミラー板 1 9 0 2 が設置されている。これらの集光ミラー板は、その外観図を図 1 9 (B) に示すように、いずれも矩形状の外形を有する同一の微小集光ミラー 1 9 0 3 をマトリックス状に複数配列し、その表面に一般的なアルミニウムの蒸着膜からなる反射面 1 9 0 4 を形成してなるもので、本例では、微小集光ミラー 1 9 0 3 の反射面 1 9 0 4 は放物面状に形成されている。但し、この反射面 1 9 0 4 の曲率形状は、球面状、楕円面状、或いは、トーリック面状であってもよく、それらは、光源部 4 0 1 からの入射光束の特性に応じて設定することが出来る。

偏光分離部 4 0 2 の第 3 の出射面 1 9 1 4 の照明領域 4 0 4 の側には、集光レンズ板 1 9 4 1 と $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 により構成された集光レンズ部 1 9 4 0 が、後述する過程を経て第 1 の集光ミラー板 1 9 0 1 及び第 2 の集光ミラー板 1 9 0 2 によって 2 次光源像が形成される位置にシステム光軸 L に対して垂直な向きに設置されている。集光レンズ板 1 9 4 1 は、先に図 1 (B) で示したような矩形状の微小レンズ 1 9 4 2 からなる複合レンズ体であり、集光レンズ板 1 9 4 1 を構成する微小レンズの数は第 1 及び第 2 の集光ミラー板 (1 9 0 1 及び 1 9 0 2) を構成する微小集光ミラー 1 9 0 3 の数に等しい。尚、本例の場合、複数の微小レンズ (1 9 4 2) の一部には偏心レンズを使用している。また、 $\lambda/2$ 位相差板 4 2 6 に形成されている $\lambda/2$ 位相差層 4 2 7 は、S 偏光光および P 偏光光が形成する 2 次光源像のうち、P 偏光光が 2 次光源像を形成する位置に対応するように規則的に形成されている。

以上のように構成された偏光照明装置 1 9 0 0 において、図 1 9 (A) に示すように、光源部 4 0 1 からは、ランダムな偏光光が放射され、偏光分離部 4 0 2 に入射される。偏光分離部 4 0 2 に入射

されたランダムな偏光光は、P偏光光とS偏光光との混合光として考えることができ、偏光分離部402において、混合光は、偏光分離膜426によってP偏光光とS偏光光の2種類の偏光光に分離される。すなわち、ランダムな偏光光に含まれるP偏光光は、偏光分離膜426をそのまま透過し第1の出射面1912へと向かうが、S偏光光は、偏光分離膜426で反射されて偏光分離部402の第2の出射面1913へと進行方向を変える。

偏光分離部402により分離された2種類の偏光光は、 $\lambda/4$ 位相差板を通過し、集光ミラー板により反射され、再度 $\lambda/4$ 位相差板を通過する間に、偏光光の進行方向を略180度反転されると同時に偏光面が90度反転する。この偏光光の変化の様子を図19

(C)により説明する。尚、この図では説明の簡略化のために、第1或いは第2の集光ミラー板1901、1902を平面状のミラー板1960として描いてある。 $\lambda/4$ 位相差板1921、1922に入射したP偏光光1961は、 $\lambda/4$ 位相差板により右回りの円偏光光1962（但し、 $\lambda/4$ 位相差板の設置の仕方によっては左回りの円偏光光となる。）に変換されミラー板1960へと達する。ミラー板1960により光は反射されるが、同時に偏光面の回転方向も変化する。すなわち、右回りの偏光光は左回りの偏光光へと

（左回りの偏光光は右回りの偏光光へと）変化する。ミラー板1960により光の進行方向を180度反転され、同時に左回りの円偏光光1963となった偏光光は、再度 $\lambda/4$ 位相差板1921、1922を通過する際にS偏光光1964へと変換される（右回りの円偏光光はP偏光光へと変換される）。また、同様の過程を経て、S偏光光はP偏光光へと変換される。

したがって、第1の出射面1912に達したP偏光光は、第1の $\lambda/4$ 位相差板1921及び第1の集光ミラー板1901により偏

光の進行方向を略180度反転されると同時にS偏光へと変換され、偏光分離膜426で反射され進行方向を変えて、第3の出射面1914へと向かう。他方、第2の出射面1913に達したS偏光は、第2の $\lambda/4$ 位相差板1922及び第2の集光ミラー板1902により偏光の進行方向を略180度反転されると同時にP偏光へと変換され、今度は偏光分離膜426をそのまま透過し、第3の出射面1914へと向かう。すなわち、この時偏光分離膜426は偏光合成膜としても作用していることになる。

第1の集光ミラー板1901及び第2の集光ミラー板1902は集光作用を有する微小集光ミラー1903により構成されているため、偏光の進行方向を略反転させると同時に、各々の集光ミラー板を構成する微小集光ミラーと同数の複数の集光像を形成する。

この時、第1の集光ミラー板1901及び第2の集光ミラー板1902は、各々僅かに傾けられた状態（第1の集光ミラー板1901はシステム光軸 L' に対して、また、第2の集光ミラー板1902はシステム光軸 L に対して各々 β 度の角度をなすように設定されている。）で設置されているため、P偏光による2次光源像とS偏光による2次光源像とは僅かに異なった位置に形成されることになる。すなわち、偏光分離部402側からレンズ部1940を見た場合に2種類の偏光が形成する2次光源像を図19(D)に示すと、P偏光が形成する2次光源像C1（円形の像のうち、左上がりの斜線を付した領域）と、S偏光が形成する2次光源像C2（円形の像のうち、右上がりの斜線を付した領域）の2つの2次光源像が横方向に並ぶ状態で形成されることになる。これに対して、 $\lambda/2$ 位相差板446では、S偏光による2次光源像C1の形成位置に対応して位相差板447が選択的に形成されている（光源部から出射されたP偏光は、図19(C)で説明したプロセスによ

り S 偏光光に変換され、 $\lambda/2$ 位相差板 446 に入射する)。従って、S 偏光光は、位相差板 447 を通過する際に偏光面の回転作用を受け、P 偏光光へと変換される。一方、P 偏光光は、位相差板 447 を通過しないので、偏光面の回転作用を受けずに $\lambda/2$ 位相差板 446 を通過する。従って、集光レンズ部 1940 から出射される光束のほとんどは、P 偏光光に揃えられる。

このようにして P 偏光光に揃えられた光束は、集光レンズ部 1940 によって照明領域 404 に照射される。すなわち、第 1 の集光ミラー板 1901 及び第 2 の集光ミラー板 1902 の微小集光ミラー 1903 で切り出されたイメージ面は、集光レンズ板 1941 によって一か所に重畳結像され、 $\lambda/2$ 位相差板 446 を通過する際に 1 種類の偏光光に変換されてほとんど全ての光が照明領域 404 へと達するので、照明領域 404 は、ほとんど一種類の偏光光で均一に照明される。

以上説明したように、本例の偏光照明装置 1900 によれば、光源部 401 から放射されたランダムな偏光光を偏光分離部 402 で 2 種類の偏光光に方向分離した後、各偏光光を $\lambda/2$ 位相差板 446 の所定の領域に導いて、S 偏光光を P 偏光光に変換する。したがって、光源部 401 から放射されたランダムな偏光光をほとんど P 偏光光に揃えた状態で照明領域 404 に照射できるという効果を奏する。

しかも、2 種類の偏光光をそれぞれ $\lambda/2$ 位相差板 446 の所定の領域に導くには、偏光分離部 402 の偏光分離性能が高いことが必要であるが、本例においては、ガラス製のプリズムと、無機材料からなる誘電体多層膜とを利用して偏光分離部 402 を構成してあるので、偏光分離部 402 の偏光分離性能は、熱的に安定である。それ故、大きな光出力が要求される照明装置においても常に安定し

た偏光分離性能を発揮するので、満足の得られる性能を有する偏光照明装置を実現できる。

さらに、本例では、横長の矩形形状である照明領域 4 0 4 の形状に合わせて、第 1 の集光ミラー板 1 9 0 1 及び第 2 の集光ミラー 1 9 0 2 の微小集光ミラー 1 9 0 3 を横長の矩形形状とし、同時に偏光分離部 4 0 2 から出射された 2 種類の偏光光は横方向に分離される状態となっている。このため、横長の矩形形状を有する照明領域 4 0 4 を形成する場合でも、光量を無駄にすることなく、照明効率を高めることができる。

実施例 1 4 においては、 $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 を集光レンズ板 1 9 4 1 の照明領域側に配置したが、2 次光源像が形成される位置近傍ならば他の位置でもよく、限定がない。例えば、 $\lambda/2$ 位相差板 4 4 6 を集光レンズ 1 9 4 1 の光源部側に配置してもよい。

さらに、集光レンズ板 1 9 4 1 を構成する微小レンズ 1 9 4 2 は横長の矩形レンズとしたが、その形状については特に限定がない。但し、図 1 9 (D) に示すように、P 偏光光が形成する 2 次光源像 C 1 と、S 偏光光が形成する 2 次光源像 C 2 は、横方向に並ぶ状態で形成されるので、かかる像の形成位置に対応させて、集光レンズ板 1 9 4 1 を構成する微小レンズ 1 9 4 2 の形状を決定することが望ましい。

また、特性の異なる 2 種類の位相差層を、P 偏光光による集光位置と、S 偏光光による集光位置のそれぞれに配置し、ある特定の偏光方向を有する 1 種類の偏光光に揃えてもよい。

(実施例 1 5)

実施例 1 4 においては、P 偏光光による 2 次光源像と S 偏光光による 2 次光源像の形成位置を空間的に分離させるため、第 1 の集光

ミラー板 1901 及び集光ミラー板 1902 を、各々僅かに傾けた状態（第 1 の集光ミラー板 1901 はシステム光軸 L' に対して、また、第 2 の集光ミラー板 1902 はシステム光軸 L に対して各々 β の角度をなすように設定されている。）で配置する必要があったが、変角プリズムを使用することにより、片方の集光ミラー板或いは両方の集光ミラー板をシステム光軸 L （或いは L' ）に対し垂直に配置することが出来る。後述するように、垂直な配置が実現できれば、偏光分離部 402 や $\lambda/4$ 位相差板 1921（或いは $\lambda/4$ 位相差板 1922）等との一体化が容易になる。

図 20 に示す実施例 15 に係る偏光照明装置 2000 はこの点を考慮したものである。この偏光照明装置 2000 は、基本的な構成が実施例 14 に係る偏光照明装置 1900 と同じであるので、同じ機能を有する部分には同じ符号を付して、その説明を省略する。

偏光照明装置 2000 では、変角プリズム 2001 が光源部 401 と偏光分離部 402 の間に配置されている。この位置に変角プリズム 2001 を配置することにより、第 1 の集光ミラー板 1901 はシステム光軸 L' に対して垂直な位置に配置することが出来、光学系の作製が容易になる。勿論、変角プリズム 2001 の向きを逆にすれば、（図 20 で、変角プリズムの鋭角部分が第 2 の集光ミラー板 1902 の方を向くように配置する。）、第 1 の集光ミラー板 1901 に代えて、第 2 の集光ミラー板 1902 をシステム光軸 L に対して垂直な位置に配置することが出来る。

更に、変角プリズム 2001 は偏光分離部 402 と一体化することが出来、その場合には変角プリズム 2001 と偏光分離部 402 の入射面 1911 との界面における光の反射損失を削減できる効果がある。

(実施例 16)

実施例 15 においては、変角プリズム 2001 を光源部 401 と偏光分離部 402 の間に配置したことにより、第 1 の集光ミラー板 1901 をシステム光軸 L' (或いは第 2 の集光ミラー板 1902 をシステム光軸 L) に対して垂直な位置に配置することができ、偏光分離部 402 や $\lambda/4$ 位相差板 1921 (或いは $\lambda/4$ 位相差板 1922) 等との一体化が容易になると述べたが、その具体例を、実施例 16 に係わる偏光照明装置 2100 として、図 21 に示す。

本例では、図 21 (B) にその外観を示すような集光ミラー板 2101 を使用している。すなわち、光の入射面 2102 は平面であり、ガラス製ブロック 2103 の裏面に曲面状の反射面 2104 が形成されている。この様な形状とすることで、図 21 (A) に示したように、偏光分離部 402 の出射面 (この場合は第 1 の出射面 1912) と $\lambda/4$ 位相差板 (この場合は第 1 の $\lambda/4$ 位相差板 1921) と、および、集光ミラー板 2101 (この場合は第 1 の集光ミラー板に相当する) を一体化することが出来、光学系がより小型化できると共に、界面における光の反射損失を削減できる効果がある。

(実施例 17)

また、図 22 に示す偏光照明装置 2200 におけるように、変角プリズム 2001 を偏光分離部 402 と、第 1 の集光ミラー板 1901 及び第 2 の集光ミラー 1902 の 2 ヲ所に配置した構成としてもよい。この場合には、第 1 の集光ミラー板 1901 及び第 2 の集光ミラー板 1902 の両方を、システム光軸 L' (或いはシステム光軸 L) に対して垂直な位置に配置でき、集光ミラー板の設置が容易となる。

尚、本例の場合には、変角プリズム 2 0 0 1 を偏光分離部 4 0 2 の第 1 の出射面 1 9 1 2 と、及び第 2 の出射面 1 9 1 3 とに光学接着により一体化してあり、界面における光の反射損失を削減できる効果がある。

さらに、第 1 の $\lambda/4$ 位相差板 1 9 2 1 (或いは第 2 の $\lambda/4$ 位相差板 1 9 2 2) は、偏光分離部の 4 0 2 の第 1 の出射面 1 9 1 2 (或いは第 2 の出射面 1 9 1 3) と変角プリズム 2 0 0 1 の間に配置してもよい。

(実施例 1 8)

実施例 1 7 で 2 ヲ所の位置に配置した変角プリズム 2 0 0 1 を第 1 の集光ミラー板 1 9 0 1 及び第 2 の集光ミラー板 1 9 0 2 に一体化した形態で配置することもでき、その場合にも、界面における光の反射損失を削減できる効果がある。その場合の構成例を実施例 1 8 に係わる偏光照明装置 2 3 0 0 として図 2 3 に示す。本例においては、変角プリズム 2 0 0 1 と第 1 の集光ミラー板 1 9 0 1 と、及び変角プリズム 2 0 0 1 と第 2 の集光ミラー板 1 9 0 2 を一体化するために、先の実施例 1 6 で示したものと同様の集光ミラー板 2 1 0 1 を用いている。

また、第 1 の $\lambda/4$ 位相差板 1 9 2 1 (或いは第 2 の $\lambda/4$ 位相差板 1 9 2 2) は、第 1 の集光ミラー板 2 1 0 1 (或いは第 2 の集光ミラー板 2 1 0 2) と変角プリズム 2 0 0 1 の間に配置してもよい。

(実施例 1 9)

さらに、図 2 4 に示す偏光照明装置 2 4 0 0 のように、偏光分離部 4 0 2 と第 1 の $\lambda/4$ 位相差板 1 9 2 1 と変角プリズム 2 0 0 1

と第1の集光ミラー板2101と、また、偏光分離部402と第2の $\lambda/4$ 位相差板1922と変角プリズム2001と第2の集光ミラー板2102とを全て一体化することも出来、その場合には、界面における光の反射損失を削減できると共に、光学系全体を小型化できる効果がある。なお、本例においても、先の実施例16で示したものと同様の集光ミラー板2101を用いている。

また、第1の $\lambda/4$ 位相差板1921（或いは第2の $\lambda/4$ 位相差板1922）は、第1の集光ミラー板2101（或いは第2の集光ミラー板2102）と変角プリズム2001の間に配置してもよい。

（実施例20）

図25に示す偏光照明装置2500では、各光学系の配置は、実施例14と同じであるが、壁面を構成する6枚の透明板2501でプリズム構造体402を構成し、その内部に偏光分離膜426が形成されている平板状の偏光分離板2502を配置し、さらに液体2503を充填してなる構造体を偏光分離部402として用いている点に特徴がある。これにより、偏光分離部402の低コスト化及び軽量化を図ることができる。

（実施例21）

図26に示す偏光照明装置2600では、各光学系の配置は、実施例14と同一であるが、偏光分離部402を平板状の構造体としているところに特徴がある。すなわち、偏光分離膜426が形成された偏光分離板2502をシステム光軸 L' に対して $\gamma = 45$ 度の角度をなすように配置することによって、図14に示した主に2つの直角プリズムからなる偏光分離部402とほぼ同一の機能を発揮

させている。これにより、偏光分離部 402 の低コスト化および軽量化を図ることができる。

(実施例 14 の偏光照明装置を用いた投写型表示装置)

図 27 には、実施例 14 乃至実施例 21 の偏光照明装置のうち、実施例 14 のものを用いて、その映像の明るさを向上させた投写型表示装置の一例を示してある。

図 27 において、本例の投写型表示装置 2700 に組み込まれた偏光照明装置 1400 は、ランダムな偏光光を一方向に出射する光源部 401 を有し、この光源部 401 から出射されたランダムな偏光光は、偏光分離部 402 において 2 種類の偏光光に分離されると共に、分離された各偏光光のうち、S 偏光光については集光レンズ部 1940 の $\lambda/2$ 位相差板 446 によって、P 偏光光に変換するようになっている。

この偏光照明装置 1900 から出射される光束は、まず、青色緑色反射ダイクロイックミラー 2701 において、赤色光が透過し、青色光および緑色光が反射される。赤色光は、反射ミラー 2702 で反射され、第 1 の液晶ライトバルブ 2703 に達する。一方、青色光および緑色光のうち、緑色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 2704 によって反射されて、第 2 の液晶ライトバルブ 2705 に達する。

ここで、青色光は他の 2 色光に比べて光路長が長いので、青色光に対しては、入射側レンズ 2706、リレーレンズ 2708、および出射側レンズ 2710 なるリレーレンズ系で構成した導光手段 2750 を設けてある。すなわち、青色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 2704 を透過した後に、まず、出射側レンズ 2706 および反射ミラー 2707 を経てリレーレンズ 2708 に導かれ、

このリレーレンズ 2708 内に集束された後に、反射ミラー 2709 を経て出射側レンズ 2710 に導かれる。しかる後に、第 3 の液晶ライトバルブ 2711 に達する。ここで、第 1 および第 3 の液晶ライトバルブ 2703、2705、2711 は、それぞれの色光を変調し、各色に対応した映像情報を含ませた後に、変調した色光をダイクロイックプリズム 2713（色合成手段）に入射する。ダイクロイックプリズム 2713 は、赤色反射の誘電体多層膜と、青色反射の誘電体多層膜とが十字状になった構成を有しており、それぞれの変調光束を合成する。合成された光束は、投写レンズ 2714（投写手段）を通過してスクリーン 2715 上に映像を形成することとなる。

このように構成した投写型表示装置 2700 では、1 種類の偏光光を変調するタイプの液晶ライトバルブが用いられている。したがって、従来の照明装置を用いてランダムな偏光光を液晶ライトバルブに導くと、ランダムな偏光光のうちの半分は、偏光板で吸収されて熱に変わってしまうため、光の利用効率が低いとともに、偏光板の発熱を抑える大型で騒音が大きな冷却装置が必要であるという問題点があったが、本例の投写型表示装置 2700 では、かかる問題点が大幅に解消されている。

すなわち、本例の投写型表示装置 2700 では、偏光照明装置 1900 において、一方の偏光光（たとえば、S 偏光光）のみに対して、 $\lambda/2$ 位相差板 446 によって偏光面の回転作用を与え、他方の偏光光（たとえば、P 偏光光）と偏光面が揃った状態とする。それゆえ、偏光方向の揃った偏光光が第 1 ないし第 3 の液晶ライトバルブ 2703、2705、2711 に導かれるので、光の利用効率が向上し、明るい投写映像を得ることができる。また、偏光板（図示せず）による光吸収量が低減するので、偏光板での温度上昇が抑

制される。それ故、冷却装置の小型化や低騒音化を実現できる。しかも、偏光照明装置 1900 では、偏光分離膜として熱的に安定な誘電体多層膜を用いているため、偏光分離部 402 の偏光分離性能は、熱的に安定である。それ故、大きな光出力が要求される投写型表示装置 2700 においても常に安定した偏光分離性能を発揮する。

さらに、偏光照明装置 1900 では、偏光分離部 402 から出射された 2 種類の偏光光は、横方向に分離されていることから、光量が無駄にすることなく、横長の矩形形状を有する照明領域を形成できる。それゆえに、偏光照明装置 1900 は、見やすく、かつ、迫力のある映像を投写できる横長の液晶ライトバルブ用に適している。

これに加えて、本例では、色合成手段として、ダイクロイックプリズム 2713 を用いているので、小型化が可能であると共に、液晶ライトバルブ 2703、2705、2711 と投写レンズ 2714 との間の光路長が短い。したがって、比較的小口径の投写レンズを用いても、明るい投写映像を実現できる特徴がある。また、各色光は、3 光路の内の一光路のみ、その光路長が異なるが、本例においては、光路長が最も長い青色光に対しては、入射側レンズ 2706、リレーレンズ 2708、および出射側レンズ 2710 からなるリレーレンズ系で構成した導光手段 2750 を設けてあるため、色ムラなどが生じない。

なお、照明装置 1900 の代りに他の実施例に係る照明装置を用いても良いことは勿論である。

投写型表示装置としては、図 28 に示すように、ミラー光学系で色合成手段を構成してもよい。色合成手段にミラー光学系を用いた場合には、3 箇所の液晶ライトバルブ 2703、2705、2711 と光源部 401 との光路長が何れも等しいため、特別な導光手段

を用いなくても、明るさムラや色ムラの少ない効果的な照明を行い得る特徴がある。

すなわち、図 28 に示す投写型表示装置 2800 では、図 19 に示した偏光照明装置 1900 が用いられており、光源部 401 から放射されたランダムな偏光光は、偏光分離部 402 において、2 種類の偏光光に分離するとともに、分離された各偏光光のうち、S 偏光光については、集光レンズ部 1940 の $\lambda/2$ 位相差板 446 によって、P 偏光光に変換するようになっている。

かかる偏光照明装置 1900 から出射された光束は、まず、赤色反射ダイクロイックミラー 2801 において、赤色光が反射し、青色光および緑色光が透過するようになっている。ここで、赤色光は反射ミラー 2802 で反射され、第 1 の液晶ライトバルブ 2703 に達する。一方、青色光および緑色光のうち、緑色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 2803 によって反射され、第 2 の液晶ライトバルブ 2705 に達する。青色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 2803 を透過した後、第 3 の液晶ライトバルブ 2711 に達する。しかる後、第 1 および第 3 の液晶ライトバルブ 2703、2705、2711 は、それぞれの色光を変調し、各色に対応した映像情報を含ませた後、変調した色光を出射する。ここで、強度変調された赤色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 2804 および青色反射ダイクロイックミラー 2805 を透過して、投写レンズ 2714 (投写手段) に達する。強度変調された緑色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 2804 で反射した後、青色反射ダイクロイックミラー 2805 を透過して、投写レンズ 2714 に達する。強度変調された青色光は、青色反射ダイクロイックミラー 2805 で反射した後、投写レンズ 2714 に達する。

このように、ダイクロイックミラーからなるミラー光学系で色合

成手段を構成した投写型表示装置 2800 においても、1 種類の偏光光を変調するタイプの液晶ライトバルブが用いられているため、従来の照明装置を用いてランダムな偏光光を液晶ライトバルブに導くと、ランダムな偏光光のうちの半分は、偏光板で吸収されて熱に変わってしまう。従って、従来の照明装置では光の利用効率が低いとともに、偏光板の発熱を抑える大型で騒音の大きな冷却装置が必要であるという問題点があったが、本例の投写型表示装置 2800 では、かかる問題点が大幅に解消されている。

すなわち、本例の投写型表示装置 2800 では、偏光照明装置 1900 において、一方の偏光光（たとえば、S 偏光光）のみに対して、 $\lambda/2$ 位相差板 446 によって偏光面の回転作用を与え、他方の偏光光（たとえば、P 偏光光）と偏光面が揃った状態とする。それゆえ、偏光方向の揃った偏光光が第 1 ないし第 3 の液晶ライトバルブ 2703、2705、2711 に導かれるので、光の利用効率が向上し、明るい投写映像を得ることができる。また、偏光板（図示せず）による光吸収量が低減するので、偏光板での温度上昇が抑制される。それ故、冷却装置の小型化や低騒音化を実現できる。しかも、偏光照明装置 1900 では、偏光分離膜として熱的に安定な誘電体多層膜を用いているため、偏光分離部 402 の偏光分離性能は、熱的に安定である。それ故、大きな光出力が要求される投写型表示装置 2800 においても常に安定した偏光分離性能を発揮する。

（実施例 22）

図 29 は、本発明の偏光照明装置の更に別の例を示してある。本例の偏光照明装置 2900 はシステム光軸 L に沿って配置した光源部 401、第 1 のレンズ板 441、第 2 のレンズ板 2901 から大略構成されている。光源部 401 から出射された光は、第 1 のレン

ズ板 4 4 1 により第 2 のレンズ板 2 9 0 1 内に集光され、第 2 のレンズ板 2 9 0 1 を通過する過程においてランダムな偏光光は偏光方向が揃った 1 種類の偏光光に変換され、照明領域 4 0 4 に至るようになっている。

光源部 4 0 1 は、光源ランプ 4 1 1 と、放物面リフレクター 4 1 2 とから大略構成されており、光源ランプ 4 1 1 から放射されたランダムな偏光光は、放物面リフレクター 4 1 2 によって一方向に反射されて、略平行な光束となって第 1 のレンズ板 4 4 1 に入射される。ここで、放物面リフレクター 4 1 2 に代えて、楕円面リフレクター、球面リフレクターなども用いることができる。

第 1 のレンズ板 4 4 1 は矩形状の外形状を有する微小集光レンズ 4 4 3 が複数配列してなるものであり、第 1 のレンズ板 4 4 1 に入射した光は、微小集光レンズ 4 4 3 の集光作用により、システム光軸 L と垂直な平面内に微小集光レンズ 4 4 3 の数と同数の集光像を形成する。この複数の集光像は光源ランプの投写像に他ならないため、以下では 2 次光源像と呼ぶものとする。

本例の第 2 のレンズ板 2 9 0 1 は、前述した各実施例における第 2 のレンズ板とは異なり、集光レンズアレイ 2 9 0 2、偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3、 $\lambda/2$ 位相差板 2 9 0 4、及び出射側レンズ 2 9 0 5 より構成される複合積層体であり、第 1 のレンズ板 4 4 1 による 2 次光源像が形成される位置の近傍の、システム光軸 L に対して垂直な平面内に配置されている。この第 2 のレンズ板 2 9 0 1 は、インデクレータ光学系の第 2 のレンズ板としての機能、偏光分離素子としての機能、および偏光変換素子としての機能を併せ持っている。

集光レンズアレイ 2 9 0 2 は第 1 のレンズ板 4 4 1 とほぼ同様な構成を成しており、即ち、第 1 のレンズ板 4 4 1 を構成する微小集

光レンズ 4 4 3 と同数の集光レンズ 2 9 1 0 を複数配列したものであり、第 1 のレンズ板 4 4 1 からの光を集光する作用がある。ここで、集光レンズアレイ 2 9 0 2 を構成する集光レンズ 2 9 1 0 と第 1 のレンズ板 4 4 1 を構成する微小集光レンズ 4 4 3 とは、全く同一の寸法形状及びレンズ特性を有する必要はなく、光源部 4 0 1 からの光の特性に応じて各々最適化されることが望ましい。しかし、偏光ビームプリズムアレイ 2 9 0 3 に入射する光は、その主光線の傾きがシステム光軸 L と平行であることが理想的であり、この点から、集光レンズ 2 9 1 0 は第 1 のレンズ板 4 4 1 を構成する微小集光レンズ 4 4 3 と同一のレンズ特性を有するものか、或いは微小集光レンズ 4 4 3 と相似形の形状をなし同じレンズ特性を有するものとする場合が多い。このように、集合レンズアレイ 2 9 0 2 は、インテグレート光学系の第 2 のレンズ板に相当するものである。

偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 は、その外観を図 2 9 (B) に示すように、1 つの四角柱状の偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 と 1 つの四角柱状の反射ミラー 2 9 2 2 からなる対を基本構成単位とし、その対が平面的に複数配列（2 次光源像が形成される平面内に配列される）してなるもので、集光レンズアレイ 2 9 0 2 を構成する集光レンズ 2 9 1 0 に対して 1 対の基本構成単位が対応するように規則的に配置されている。また、1 つの偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 の横幅 W_p と 1 つの反射ミラー 2 9 2 2 の横幅 W_m は等しく、且つ集光レンズアレイ 2 9 0 2 を構成する集光レンズ 2 9 1 0 の横幅の $1/2$ に W_p と W_m は設定されている。

ここで、第 1 のレンズ板 4 4 1 により形成される 2 次光源像が偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 の部分に位置するように、偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 を含む第 2 のレンズ板 2 9 0 1 は配置されており、そのため、光源部 4 0 1 はその光源光軸 R がシステム光軸

L に対して僅かな角度をなすように配置されている。

偏光分離プリズムアレイ 2 9 2 1 に入射したランダムな偏光光は偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 により偏光方向の異なる P 偏光光と S 偏光光の 2 種類の偏光光に分離される。P 偏光光は進行方向を変えずに偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 をそのまま通過するが、他方、S 偏光光は偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 の偏光分離面 2 9 3 1 で反射して進行方向を約 90 度変え、再び隣接する反射ミラー 2 9 2 2 (対をなす反射ミラー) の反射面 2 9 4 1 で反射して進行方向を約 90 度変え、最終的には P 偏光光とはほぼ平行な角度で偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 より出射される。

偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 の出射面には、 $\lambda/2$ 位相差膜 2 9 5 1 が規則的に配置された $\lambda/2$ 位相差板 2 9 0 4 が設置されている。すなわち、偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 を構成する偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 の出射面部分にのみ $\lambda/2$ 位相差膜 2 9 5 1 が配置され、反射ミラー 2 9 2 2 の出射面部分には $\lambda/2$ 位相差膜 2 9 5 1 は配置されていない。このような $\lambda/2$ 位相差膜 2 9 5 1 の配置状態により、偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 から出射された P 偏光光は、 $\lambda/2$ 位相差膜 2 9 5 1 を通過する際に偏光面の回転作用を受け S 偏光光へと変換され、他方、反射ミラー 2 9 2 2 から出射された S 偏光光は $\lambda/2$ 位相差膜 2 9 5 1 を通過しないため、偏光面の回転作用は一切受けず、S 偏光光のまま $\lambda/2$ 位相差板 2 9 0 4 を通過する。以上をまとめると、偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 と $\lambda/2$ 位相差板 2 9 0 4 により、ランダムな偏光光は 1 種類の偏光光 (この場合は S 偏光光) に変換されたことになる。

このようにして S 偏光光に揃えられた光束は、出射側レンズ 2 9 0 5 により照明領域 4 0 4 へと導かれ、照明領域 4 0 4 上で重畳結

合される。すなわち、第1のレンズ板441により切り出されたイメージ面は、第2のレンズ板2901により照明領域404上に重畳結像され、同時に、途中の偏光分離プリズムアレイ2903によりランダムな偏光光は偏光方向が異なる2種類の偏光光に空間的に分離され、 $\lambda/2$ 位相差板2904を通過する際に1種類の偏光光に変換されて、殆ど全ての光が照明領域404へと達するため、照明領域404は殆ど1種類の偏光光ではほぼ均一に照明されることになる。

以上説明したように、本例の偏光照明装置2900によれば、光源部401から放射されたランダムな偏光光を第1のレンズ板441により偏光分離プリズムアレイ2903の所定の微小な領域に集光し、偏光方向が異なる2種類の偏光光に空間的に分離した後、各偏光光を $\lambda/2$ 位相差板2904の所定の領域に導いて、P偏光光をS偏光光に変換する。従って、光源部401から放射されたランダムな偏光光を殆どS偏光光に揃えた状態で照明領域404に照射出来るという効果を奏する。また、偏光光の変換過程においては光損失を殆ど伴わないため、光源光の利用効率が極めて高いという特徴を有する。

さらに、本例では、横長の矩形形状である照明領域404の形状に合わせて、第1のレンズ板441を構成する微小集光レンズ443を横長の矩形形状とし、同時に、偏光分離プリズムアレイ2903から出射された2種類の偏光光を横方向に分離する形態となっている。このため、横長の矩形形状を有する照明領域404を照明する場合でも、光量を無駄にすることがなく、照明効率を高めることが出来る。

(実施例23)

実施例 2 2 においては、第 1 のレンズ板 4 4 1 により形成される 2 次光源像が偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 部分に位置するように、光源部 4 0 1 はその光源光軸 R がシステム光軸 L に対して僅かな角度をなすように配置する必要があったが、変角プリズムを配置することで、光源光軸 R をシステム光軸 L と一致させ、光源部を傾けずに配置させることが出来る。

すなわち、図 3 0 に示す実施例 2 3 に係わる偏光照明装置 3 0 0 0 のように構成してもよい。図 3 0 に示す偏光照明装置 3 0 0 0 では、変角プリズム 3 0 0 1 が光源部 4 0 1 と第 1 のレンズ板 4 4 1 の間に配置されている。光源部 4 0 1 から変角プリズム 3 0 0 1 に入射した光は、変角プリズムにより進行方向を僅かに曲げられ、垂直ではないある角度を伴って第 1 のレンズ板 4 4 1 に入射し、偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 の所定の位置に達する。

つまり、第 1 のレンズ板 4 4 1 により形成される 2 次光源像の位置を変角プリズム 3 0 0 1 の設置により自在に設定できるため、光源部 4 0 1 をシステム光軸 L 上に配置することが出来、光学系の作製がより簡単、且つ容易となる。

更に、変角プリズム 3 0 0 1 と第 1 のレンズ板 4 4 1 を一体化することが出来、その場合には変角プリズムと第 1 のレンズ板 4 4 1 との間で光の反射損失の原因となる界面の数を減少できるため、光源部 4 0 1 からの光を損失することなく第 2 のレンズ板 2 9 0 1 へと導くことが出来る。

(実施例 2 4)

システム光軸 L に対して僅かに傾けた状態で配置する必要がある光源部 4 0 1 をシステム光軸 L 上に配置させるには、先の実施例 2 3 で示した方法以外にも、第 1 のレンズ板 4 4 1 を構成する微小集

光レンズ 4 4 3 を偏心系のレンズとする方法によっても実現可能である。その具体例を、実施例 2 4 に係わる偏光照明装置 3 1 0 0 として、図 3 1 に示す。

図 3 1 に示すように、本例の照明装置 3 1 0 0 では偏心系微小集光レンズ 3 1 0 1 により第 1 のレンズ板 4 4 1 を構成し、第 1 のレンズ板 4 4 1 を出射する光束の主光線を僅かに傾け、偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 の所定の位置に 2 次光源像が形成されるように設定している。このため、光源部 4 0 1 をシステム光軸 L 上に配置でき、光学系の作製がより簡単、且つ容易となる。

(実施例 2 5)

上記の実施例 2 2 ～実施例 2 4 において用いた第 2 のレンズ板 2 9 0 1 は、何れも集光レンズアレイ 2 9 0 2 と出射側レンズ 2 9 0 5 を備えていた。偏光ビームプリズムアレイ 2 9 0 3 に入射する光は、その主光線の傾きがシステム光軸 L と平行であることが理想的であることから、集光レンズアレイ 2 9 0 2 は第 1 のレンズ板 4 4 1 を構成する微小集光レンズ 4 4 3 と同一のレンズにより構成される場合が多く、また、出射側レンズ 2 9 0 5 は第 2 のレンズ板 2 9 0 1 上のシステム光軸 L から離れた異なる位置を通過した光束を所定の照明領域 4 0 4 上に重畳結合させるために必要である。

しかし、集光レンズアレイ 2 9 0 2 を偏心系のレンズとすると共に、反射ミラー 2 9 2 2 の反射面 2 9 4 1 の設置角度を工夫することにより、出射側レンズ 2 9 0 5 を省略することが可能である。その具体例を、実施例 2 5 に係わる偏光照明装置 3 2 0 0 として、図 3 2 に示す。

図 3 2 に示すように、本例では偏心系集光レンズ 3 2 0 2 を用いて集光レンズアレイ 2 9 0 2 を構成しているため、集光レンズアレ

イ 2 9 0 2 の部分において偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 を通過する P 偏光光の主光線を照明領域の中心 4 0 4 a に向けることが出来る。システム光軸 L から離れた位置にある偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 を通過する光束に対しては、偏心系集光レンズ 3 2 0 1 の偏心量を大きくすることにより対応できる。一方、偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 及び反射ミラー 2 9 2 2 を経て出射される S 偏光光に対しても、反射ミラー 2 9 2 2 の反射面 2 9 4 1 の設置角度を適当な値とすることで、S 偏光光の主光線を照明領域の中心 4 0 4 a に向けることが出来る。勿論、この場合には、システム光軸 L からの距離に応じて反射面の設置角度を個々に最適化する必要がある。

以上のような構成とすることにより、出射側レンズ 2 9 0 5 は不要となり、光学系の低コスト化が可能となる。

また、本例のように出射側レンズを使用しない構成では、集光レンズアレイ 2 9 0 2 の設置場所は偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 の光源側に限定されることはなく、集光レンズアレイ 2 9 0 2 を構成する偏心系集光レンズ 3 2 0 1 のレンズ特性、及び偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 の偏光分離面 2 9 3 1 と反射面 2 9 4 1 の配置角度によっては、集光レンズアレイ 2 9 0 2 を偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 の照明領域側に設置することも可能である。

(実施例 2 6)

上記の実施例 2 2 ～実施例 2 5 においては、何れの場合も光源部 4 0 1 及び第 1 のレンズ板 4 4 1 をシステム光軸 L 上に配置し、光源部 4 0 1 の向きや、或いは第 1 のレンズ板 4 4 1 のレンズ特性を調節することにより、偏光ビームスプリッター 2 9 2 1 の所定の位置に 2 次光源像を結像させていた。これらに対して、光源部 4 0 1

及び第1のレンズ板441をシステム光軸に対して平行シフトさせることによって、同様の結果を得ることが出来る。

さらに、第2のレンズ板2901の集光レンズアレイ2902を構成する集光レンズ2910の横方向の大きさ（横幅）に着目すると、2次光源像の結像位置は常に偏光ビームスプリッター2921上に限定されることから、集光レンズ2910の横幅は偏光ビームスプリッター2921の横幅 W_p に等しい大きさであれば、十分機能することが判る。

以上の内容を盛り込んだ具体例を、実施例26に係わる偏光照明装置3300として、図33に示す。本例においては、システム光軸 L に対して、偏光ビームスプリッター43の横幅 W_p の $1/2$ に相当するシフト量（ $=D$ ）で、偏光分離プリズムアレイ2903において偏光ビームスプリッター2921が存在する方向（図では下方向）に、光源部401及び第1のレンズ板441を平行シフトした状態で配置し、さらに、偏光ビームスプリッター2921の横幅 W_p と等しいレンズ幅（横幅）を有する集光ハーフレンズ3301を用いて、偏光ビームスプリッターの存在場所に対応させて配列することにより、第2のレンズ板2901の集光レンズアレイ2902を構成している。

以上のような構成とすることにより、光学系の設計が容易になると共に、光学系の低コスト化が可能となっている。

（実施例24の照明装置を用いた投写型表示装置）

図34には、実施例23ないし26の照明装置のうち、図31に示した偏光照明装置3100を用いた投写型表示装置の例を示してある。

図34に示すように、本例の装置3400の偏光照明装置3100

0 は、ランダムな偏光光を一方向に出射する光源部 4 0 1 が構成され、この光源部 4 0 1 から放射されたランダムな偏光光は、第 1 のレンズ板 4 4 1 によって集光された状態で第 2 のレンズ板 2 9 0 1 の所定の位置に導かれた後、第 2 のレンズ板 2 9 0 1 の中の偏光分離プリズムアレイ 2 9 0 3 により 2 種類の偏光光に分離される。また、分離された各偏光光のうち、P 偏光光については $\lambda/2$ 位相差板 2 9 0 4 によって S 偏光光に変換される。

この偏光照明装置 3 1 0 0 から出射された光束は、まず、青色緑色反射ダイクロイックミラー 3 4 0 1 において、赤色光が透過し、青色光および緑色光が反射する。赤色光は、反射ミラー 3 4 0 2 で反射され、第 1 の液晶ライトバルブ 3 4 0 3 に達する。一方、青色光および緑色光のうち、緑色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 3 4 0 4 によって反射され、第 2 の液晶ライトバルブ 3 4 0 5 に達する。

ここで、青色光は各色光のうちで最も長い光路長を持つので、青色光に対しては、入射側レンズ 3 4 0 6、リレーレンズ 3 4 0 8 および出射側レンズ 3 4 1 0 からなるリレーレンズ系で構成された導光手段 3 4 5 0 を設けてある。すなわち、青色光は、緑色反射ダイクロイックミラー 3 4 0 4 を透過した後に、まず、入射側レンズ 3 4 0 6 および反射ミラー 3 4 0 7 を経て、リレーレンズ 3 4 0 8 に導かれ、このリレーレンズ 3 4 0 8 内に集束された後、反射ミラー 3 4 0 9 を経て出射側レンズ 3 4 1 0 に導かれ、しかる後に、第 3 の液晶ライトバルブ 3 4 1 1 に達する。ここで、第 1 乃至第 3 の液晶ライトバルブ 3 4 0 3、3 4 0 5、3 4 1 1 は、それぞれの色光を変調し、各色に対応した映像情報を含ませた後に、変調した色光をダイクロイックプリズム 3 4 1 3（色合成手段）に入射する。ダイクロイックプリズム 3 4 1 3 には、赤色反射の誘電体多層膜と青

色反射の誘電体多層膜とが十字状に形成されており、それぞれの変調光束を合成する。ここで合成された光束は、投写レンズ 3 4 1 4（投写手段）を通過してスクリーン 3 4 1 5 上に映像を形成することになる。

このように構成した投写型表示装置 3 4 0 0 では、1 種類の偏光光を変調するタイプの液晶ライトバルブが用いられている。したがって、従来の照明装置を用いてランダムな偏光光を液晶ライトバルブに導くと、ランダムな偏光光のうちの半分は、偏光板で吸収されて熱に変わってしまうので、光の利用効率が悪いと共に、偏光板の発熱を抑える大型で騒音が大きな冷却装置が必要であるという問題点があった。しかし本例の装置 3 4 0 0 では、かかる問題点が大幅に改善される。

すなわち、本例の投写型表示装置 3 4 0 0 では、偏光照明装置 3 1 0 0 において、一方の偏光光、例えば P 偏光光のみに対して、 $\lambda/2$ 位相差板 2 9 0 4 によって偏光面の回転作用を与え、他方の偏光光、例えば S 偏光光と偏光面が揃った状態とする。それ故、偏光方向の揃った偏光光が第 1 乃至第 3 の液晶ライトバルブ 3 4 0 3、3 4 0 5、3 4 1 1 に導かれるので、偏光板（図示せず）による光吸収は非常に少なく、したがって、光の利用効率が向上し、明るい投写映像を得ることができる。また、偏光板による光吸収量が低減するので、偏光板での温度上昇が抑制される。したがって、冷却装置の小型化、低騒音化を達成でき、高性能な投写型表示装置を実現できる。

さらに、偏光照明装置 3 1 0 0 では、第 2 のレンズ板 2 9 0 1 において、集光レンズ 2 9 1 1 の形状に合わせて 2 種類の偏光光を横方向に分離している。したがって、光量が無駄にすることがなく、横長の矩形形状をした照明領域を形成できる。そのために、偏光照

明装置 3 1 0 0 は、見やすく、かつ、迫力のある映像を投写できる横長の液晶ライトバルブ用に適している。

先の実施例 2 2 で述べたように、本例の偏光照明装置では、偏光変換光学要素を組み入れているにもかかわらず、偏光変換プリズムアレイ 2 9 0 3 を出射する光束幅の広がりが抑えられている。このことは、液晶ライトバルブを照明する際に、大きな角度を伴って液晶ライトバルブに入射する光が殆どないことを意味している。したがって、F ナンバーの小さい極めて大口径の投写レンズを用いなくとも、明るい投写映像を実現できる。

また、本例では、色合成手段として、ダイクロイックプリズム 3 4 1 3 を用いているので、小型化が可能である。また、液晶ライトバルブ 3 4 0 3、3 4 0 5、3 4 1 1 と投写レンズ 3 4 1 4 の間の光路長が短いので、比較的小さな口径の投写レンズを用いても、明るい投写映像を実現できる。また、各色光は、3 光路のうちの 1 光路のみ、その光路長が異なるが、本例では光路長が最も長い青色光に対しては、入射側レンズ 3 4 0 6、リレーレンズ 3 4 0 8 および出射側レンズ 3 4 1 0 からなるリレーレンズ系で構成した導光手段 3 4 5 0 を設けてあるので、色ムラ等が生じない。

なお、投写型表示装置としては、色合成手段に 3 枚のダイクロイックミラーを用いたミラー光学系により構成することもできる。勿論、その場合においても本例の偏光照明装置を組み込むことが可能であり、本例の場合と同様に、光の利用効率に優れた明るい高品位の投写映像を形成できる。

(その他の実施形態)

なお、上記の実施例においては、多くの場合、偏光変換手段において、例えば P 偏光を S 偏光に揃えるようにしているが、勿論、偏

光方向はいずれの方向に揃えてもよい。また、P偏光光およびS偏光光の双方に対して、位相差層によって偏光面の回転作用を与えて、偏光面を揃えてもよい。

一方、各実施例では、 $\lambda/2$ 位相差板、 $\lambda/4$ 位相差板として一般的な高分子フィルムからなるものを想定している。しかし、これらの位相差板をツイステッド・ネマチック液晶（TN液晶）を用いて構成してもよい。TN液晶を用いた場合には、位相差板の波長依存性を小さくできるので、一般的な高分子フィルムを用いた場合に比べ、 $\lambda/2$ 位相差板および $\lambda/4$ 位相差板の偏光変換性能を向上させることができる。

産業上の利用の可能性

本発明の偏光照明装置では、インテグレート光学系を備えた照明装置において、光源から出射された偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離して90度未満の角度で方向分離する偏光分離手段と、これらの偏光光の偏光方向を揃える偏光変換手段とを有し、偏光分離手段を、インテグレート光学系を構成している第1のレンズ板の入射側および出射側のうちの何れか一方の側か、あるいは、第2のレンズ板の内部に配置した構成を採用している。

したがって、本発明の偏光照明装置によれば、偏光方向の揃った偏光光を照射領域に照射できる。従って、液晶ライトバルブを用いた投写型表示装置に本発明に係る偏光照明装置を用いた場合には、偏光面が揃った偏光光を液晶ライトバルブに供給できるので、光の利用効率が向上し、投写映像の明るさを向上させることができる。また、偏光板による光吸収量が低減するので、偏光板での温度上昇が抑制される。それ故、冷却装置の小型化や低騒音化を実現できる。

また、本発明では、インテグレート光学系の特徴である微小な2

次光源像を生成するというプロセスを利用して偏光光の分離により生ずる空間的な広がり回避している。したがって、偏光変換素子を備えた光学系であるにもかかわらず、装置寸法を、従来の照明装置と同じ程度の寸法に抑えることができる。

さらにまた、偏光分離手段として、プリズムビームスプリッタを用いた構成によれば、偏光分離膜として熱的に安定な誘電体多層膜を用いているので、偏光分離部の偏光分離性能は、熱的に安定である。このため、大きな光出力が要求される投写型表示装置においても常に安定した偏光分離性能を発揮できる。

プリズムビームスプリッタを第1のレンズ板の入射面側に配置する構成を採用すると、P偏光光とS偏光光との分離特性が良好になる。なぜならば、プリズムビームスプリッタは光の入射角に対して偏光光の分離特性が左右される。そのため、リフレクターによって略平行化した光をプリズムビームスプリッタに入射させることにより偏光光の分離特性が、より良好で安定したものとなるからである。

また、プリズムビームスプリッタを第1のレンズ板の出射面側に配置する構成を採用すると、より装置を小型化することができる。なぜならば、第1のレンズ板と第2のレンズ板との隙間を狭くできるからである。

請求の範囲

1. 偏光方向がランダムな光を出射する光源と、複数のレンズから構成されている第1のレンズ板および複数のレンズから構成される第2のレンズ板を備えたインテグレート光学系とを有し、前記光源からの出射光が前記第1のレンズ板を介して前記第2のレンズ板を構成している各レンズの入射面上にそれぞれ2次光源像として投写され、当該第2のレンズ板からの出射光を用いて被照明対象物を照明する照明装置において、

前記光源から出射された偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離して90度未満の角度で方向分離する偏光分離手段と、前記2つの偏光光の偏光方向を揃える偏光変換手段とを有し、前記偏光分離手段が、前記インテグレート光学系の前記第1のレンズ板の入射側および出射側のうちの何れか一方の側に配置されていることを特徴とする偏光照明装置。

2. 請求の範囲第1項において、前記偏光分離手段は、液晶層をプリズム基板とガラス基板の間に挟んだ構成であり、前記プリズム基板における液晶層との界面は光軸に対して90度未満の角度だけ傾斜した多段の傾斜面となっており、前記プリズム基板と前記液晶層との界面によって、前記光源部から出射された偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離して90度未満のずれをもつ角度方向に出射することを特徴とする偏光照明装置。

3. 請求の範囲第1項において、前記偏光分離手段は、誘電体多層膜からなる偏光分離膜を備え、該偏光分離膜によって前記光源部から出射された偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離

して90度未満のずれをもつ角度方向に出射するプリズムビームスプリッタであることを特徴とする偏光照明装置。

4. 請求の範囲第3項において、前記偏光分離手段としてのプリズムビームスプリッタは、平板状の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する2つの側面部のうち一方の側面部に斜面部が接合された三角柱プリズムとを有し、前記四角柱プリズムと前記三角柱プリズムとの接合部分には、前記偏光分離膜が形成され、前記四角柱プリズムの他方の側面部には、前記2つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が形成されていることを特徴とする偏光照明装置。

5. 請求の範囲第3項において、前記偏光分離手段としてのプリズムビームスプリッタは、平板状の第1の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する2つの側面部のうち一方の側面部に側面部が接合された平板状の第2の四角柱プリズムとを有し、前記第1の四角柱プリズムと前記第2の四角柱プリズムの接合部分には、前記偏光分離膜が形成され、前記第1の四角柱プリズムの他方の側面部には、前記2つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が形成されていることを特徴とする偏光照明装置。

6. 請求の範囲第3項において、前記偏光分離手段としてのプリズムビームスプリッタは、平板状の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する2つの側面部のうち一方の側面部に斜面部が接合された複数の三角柱プリズムを有し、前記四角柱プリズムと前記三角柱プリズムの接合部分には、前記偏光分離膜が形成され、前

記四角柱プリズムの他方の側面部には、前記２つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が形成されていることを特徴とする偏光照明装置。

７． 請求の範囲第３項において、前記偏光分離手段としてのプリズムビームスプリッタは、斜面部に前記偏光分離膜が形成された第１の三角柱プリズムと、前記２つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が斜面部に形成された第２の三角柱プリズムとを有し、該第２の三角柱プリズムと前記第１の三角柱プリズムとは、斜面部の間に液体を充填した状態で一体化されていることを特徴とする偏光照明装置。

８． 請求の範囲第３項において、前記偏光分離手段としてのプリズムビームスプリッタは、平板状の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する２つの側面部のうちの一側の側面部に斜面部が接合された第１の三角柱プリズムと、前記四角柱プリズムの他方の側面部に斜面部が接合された第２の三角柱プリズムとを備える四角柱状のプリズム合成体を複数有し、

該プリズム合成体では、前記四角柱プリズムと前記第１の三角柱プリズムとの接合部分に前記偏光分離膜が形成され、前記四角柱プリズムと前記第２の三角柱プリズムとの接合部分に反射膜が形成されているとともに、前記プリズム合成体は、前記インテグレート光学系の光軸に対して直角の方向に、かつ前記偏光分離膜同士が平行になるように一列に配置され、

前記反射膜は、該反射膜が形成されたプリズム合成体に入射された前記光源部からの前記ランダムな偏光光を一方側で隣接するプリズム合成体に出射するとともに、他方側で隣接するプリズム合成体

から入射されてくる偏光方向がランダムな偏光光のうち、同じプリズム合成体に形成されている前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射することを特徴とする偏光照明装置。

9. 請求の範囲第3項において、前記偏光分離手段としてのプリズムビームスプリッタは、内部に前記偏光分離膜が形成された四角柱状のプリズム合成体を複数有し、該プリズム合成体は、前記偏光分離膜が略同じ向きで前記インテグレート光学系の光軸に対して直角の方向に一系列に配置されていることを特徴とする偏光照明装置。

10. 請求の範囲第3項において、前記偏光分離手段としてのプリズムビームスプリッタは、内部に前記偏光分離膜が形成された四角柱状のプリズム合成体を複数有し、該プリズム合成体は、前記インテグレート光学系の光軸に対して直角の方向に一系列に配置されているとともに、前記インテグレート光学系の光軸の両側では、前記偏光分離膜の向きが略反対であることを特徴とする偏光照明装置。

11. 請求の範囲第1項において、前記偏光分離手段は、誘電体多層膜からなる偏光分離膜を備え、該偏光分離膜によって前記光源部から出射された偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離して90度未満のずれをもつ角度方向に出射するプリズムビームスプリッタであり、前記第1のレンズ板と前記第2のレンズ板の間に配列されており、

このプリズムビームスプリッタは、平板状の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する2つの側面部のうち一方の側面部に斜面部が接合された直角プリズムとを有し、前記四角柱プリズムと前記直角プリズムとの接合部分には前記偏光分離膜が形成され、前

記四角柱プリズムの他方の側面部には、前記2つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が形成されており、

前記直角プリズムの直交する2つの面が入射面および出射面とされており、当該入射面から入射して、前記偏光分離膜および前記反射膜によって分離反射されて前記出射面から出射する2つの前記偏光光が、光軸に対して略対称な角度で振り分けられるようになっていることを特徴とする偏光照明装置。

12. 偏光方向がランダムな光を出射する光源と、

誘電体多層膜からなる偏光分離膜を2つの直角プリズムで挟んだ構造を備え、この偏光分離膜によって前記光源からの出射光を偏光方向が互いに直交するP偏光光とS偏光光に分離して出力する偏光分離手段と、

矩形状の外形を有する複数の集光ミラーにより構成され、前記偏光分離手段から出射されるP偏光光を集光し、P偏光光からなる複数の2次光源像を形成するための第1の集光ミラー板と、

前記第1の集光ミラー板とほぼ同様の寸法形状をなし、前記偏光分離部から出射されるS偏光光を集光し、前記P偏光光からなる複数の2次光源像が形成される位置とは僅かに異なる位置に前記S偏光光からなる複数の2次光源像を形成するための第2の集光ミラー板と、

前記第1の集光ミラー板と前記偏光分離手段の間、および前記第2の集光ミラー板と前記偏光分離手段の間に、それぞれ配置された第1および第2の $\lambda/4$ 位相差板と、

前記P偏光光からなる複数の2次光源像と前記S偏光光からなる複数の2次光源像が形成される位置の近傍に配置され、前記第1あ

るいは第2の集光ミラー板を構成する集光ミラーと同数のレンズから構成された集光レンズ板および $\lambda/2$ 位相差板とを有することを特徴とする偏光照明装置。

13. 請求の範囲第12項において、前記偏光分離手段は平板状の偏光分離板から構成されていることを特徴とする偏光照明装置。

14. 偏光方向がランダムな光を出射する光源と、
矩形状の外形を有する複数の集光レンズから構成され、前記光源から出射される光を集光して、複数の2次光源像を形成するための第1のレンズ板と、

前記複数の2次光源像が形成される位置の近傍に置かれ、集光レンズアレイ、偏光分離プリズムアレイ、 $\lambda/2$ 位相差板、および出射側レンズを備えた第2のレンズ板とを有し、

前記集光レンズアレイは、前記第1のレンズ板を構成する前記集光レンズと同数の集光レンズからなり、前記偏光分離プリズムアレイは、ランダムな偏光光をP偏光光とS偏光光に分離するものであって、複数の偏光ビームスプリッタと複数の反射ミラーから構成され、前記 $\lambda/2$ 位相差板は、偏光分離プリズムアレイの出射面の側に配置され、前記出射側レンズは、前記 $\lambda/2$ 位相差板の出射面の側に配置されている

ことを特徴とする偏光照明装置。

15. 照明装置と、この照明装置からの光束に含まれる偏光光を変調して画像情報を含ませる液晶ライトバルブを備えた変調手段と、変調光束をスクリーン上に投写表示する投写光学系とを有する投写型表示装置において、

前記照明装置は、偏光方向がランダムな光を出射する光源と、複数のレンズから構成されている第1のレンズ板および複数のレンズから構成される第2のレンズ板を備えたインテグレート光学系とを有し、前記光源からの出射光が前記第1のレンズ板を介して前記第2のレンズ板を構成している各レンズの入射面上にそれぞれ2次光源像として投写され、当該第2のレンズ板からの出射光により前記変調手段を照明するようになっており、

当該照明装置は、更に、前記光源から出射された偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離して90度未満の角度で方向分離する偏光分離手段と、前記2つの偏光光の偏光方向を揃える偏光変換手段とを有し、前記偏光分離手段が、前記インテグレート光学系の前記第1のレンズ板の入射側および出射側のうちの何れか一方の側に配置されていることを特徴とする投写型表示装置。

16. 請求項15において、更に、前記照明装置からの光束を少なくとも2つ光束に分離する色光分離手段と、前記変調手段によって変調された後の変調光束を合成する色光合成手段とを有し、当該色光合成手段により得られた合成光束が前記投写光学系を介してスクリーン上に投写表示されるようになっていないことを特徴とする投写型表示装置。

17. 請求項15または16において、前記偏光分離手段は、液晶層をプリズム基板とガラス基板の間に挟んだ構成であり、前記プリズム基板における液晶層との界面は光軸に対して90度未満の角度だけ傾斜した多段の傾斜面となっていることを特徴とする投写型表示装置。

18. 請求項15または16において、前記偏光分離手段は、誘電体多層膜からなる偏光分離膜を備え、該偏光分離膜によって前記光源部から出射された偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離して90°以下のずれをもつ角度方向に出射するプリズムビームスプリッタであり、前記第1のレンズ板の入射側に配置されていることを特徴とする投写型表示装置。

19. 請求項15または16において、前記偏光分離手段は、誘電体多層膜からなる偏光分離膜を備え、該偏光分離膜によって前記光源部から出射された偏光光を偏光方向が直交する2つの偏光光に分離して90°以下のずれをもつ角度方向に出射するプリズムビームスプリッタであり、前記第1のレンズ板と前記第2のレンズ板の間に配列されており、

このプリズムビームスプリッタは、平板状の四角柱プリズムと、該四角柱プリズムの対向する2つの側面部のうち一方の側面部に斜面部が接合された直角プリズムとを有し、前記四角柱プリズムと前記直角プリズムとの接合部分には前記偏光分離膜が形成され、前記四角柱プリズムの他方の側面部には、前記2つの偏光光のうち、前記偏光分離膜を透過した偏光光を所定の方向に反射するための反射膜が形成されており、

前記直角プリズムの直交する2つの面が入射面および出射面とされ、当該入射面から入射して前記偏光分離膜および前記反射膜によって分離反射されて前記出射面から出射する2つの前記偏光光が、光軸に対して略対称な角度で振り分けられるようになっていることを特徴とする投写型表示装置。

20. 照明装置と、この照明装置からの光束に含まれる偏光光を

変調して画像情報を含ませる変調手段と、変調光束をスクリーン上に投写表示する投写光学系とを有する投写型表示装置において、前記照明装置は、

偏光方向がランダムな光を出射する光源と、

誘電体多層膜からなる偏光分離膜を2つの直角プリズムで挟んだ構造を備え、この偏光分離膜によって前記光源からの出射光を偏光方向が互いの直交するP偏光光とS偏光光に分離して出力する偏光分離手段と、

矩形状の外形を有する複数の集光ミラーにより構成され、前記偏光分離手段から出射されるP偏光光を集光し、P偏光光からなる複数の2次光源像を形成するための第1の集光ミラー板と、

前記第1の集光ミラー板とはほぼ同様の寸法形状をなし、前記偏光分離部から出射されるS偏光光を集光し、前記P偏光光からなる複数の2次光源像が形成される位置とは僅かに異なる位置に前記S偏光光からなる複数の2次光源像を形成するための第2の集光ミラー板と、

前記第1の集光ミラー板と前記偏光分離手段の間、および前記第2の集光ミラー板と前記偏光分離手段の間に、それぞれ配置された第1および第2の $\lambda/4$ 位相差板と、

前記P偏光光からなる複数の2次光源像と前記S偏光光からなる複数の2次光源像が形成される位置の近傍に配置され、前記第1あるいは第2の集光ミラー板を構成する集光ミラーと同数のレンズから構成された集光レンズ板および $\lambda/2$ 位相差板と

を有することを特徴とする投写型表示装置。

21. 請求項20において、更に、前記照明装置からの光束を少なくとも2つ光束に分離する色光分離手段と、前記変調手段によっ

て変調された後の変調光束を合成する色光合成手段とを有し、当該色光合成手段により得られた合成光束が前記投写光学系を介してスクリーン上に投写表示されるようになっていることを特徴とする投写型表示装置。

22. 照明装置と、この照明装置からの光束に含まれる偏光光を変調して画像情報を含ませる変調手段と、変調光束をスクリーン上に投写表示する投写光学系とを有する投写型表示装置において、前記照明装置は、

偏光方向がランダムな光を出射する光源と、

矩形状の外形を有する複数の集光レンズから構成され、前記光源から出射される光を集光して、複数の2次光源像を形成するための第1のレンズ板と、

前記複数の2次光源像が形成される位置の近傍に置かれ、集光レンズアレイ、偏光分離プリズムアレイ、 $\lambda/2$ 位相差板、および出射側レンズを備えた第2のレンズ板とを有し、

前記集光レンズアレイは、前記第1のレンズ板を構成する前記集光レンズと同数の集光レンズからなり、前記偏光分離プリズムアレイは、ランダムな偏光光をP偏光光とS偏光光に分離するものであって、複数の偏光ビームスプリッタと複数の反射ミラーから構成され、前記 $\lambda/2$ 位相差板は、偏光分離プリズムアレイの出射面の側に配置され、前記出射側レンズは、前記 $\lambda/2$ 位相差板の出射面の側に配置されている

ことを特徴とする投写型表示装置。

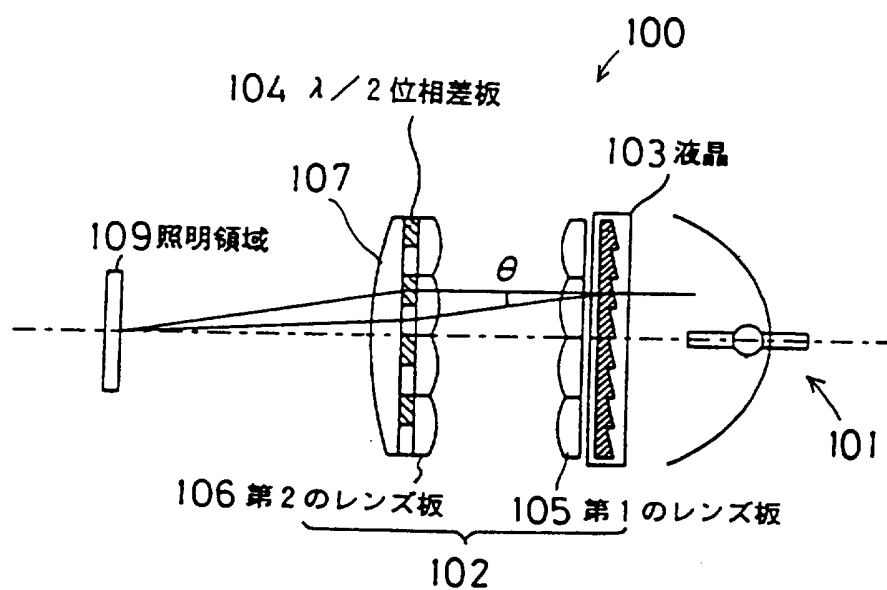
23. 請求項22において、更に、前記照明装置からの光束を少なくとも2つ光束に分離する色光分離手段と、前記変調手段によっ

て変調された後の変調光束を合成する色光合成手段とを有し、当該色光合成手段により得られた合成光束が前記投写光学系を介してスクリーン上に投写表示されるようになっていることを特徴とする投写型表示装置。

図 1

(A)

(実施例 1)



(B)

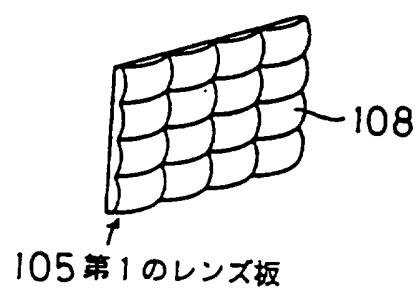
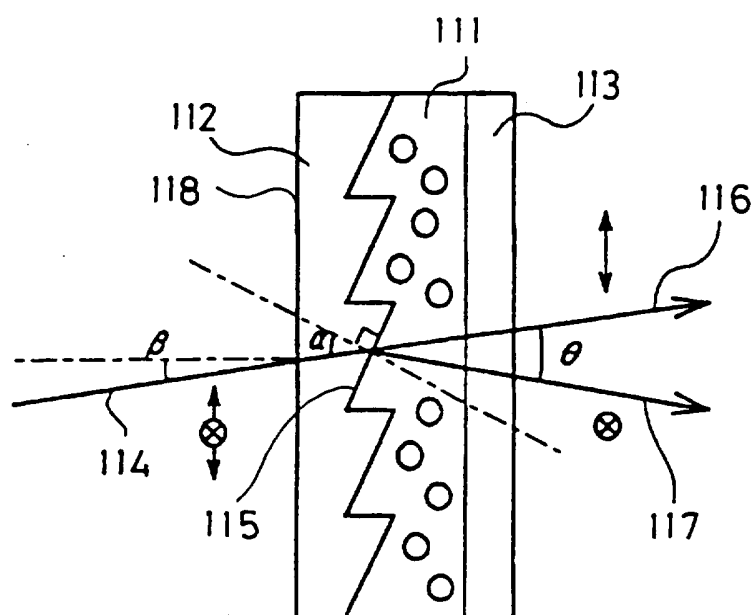


図 1

(C)

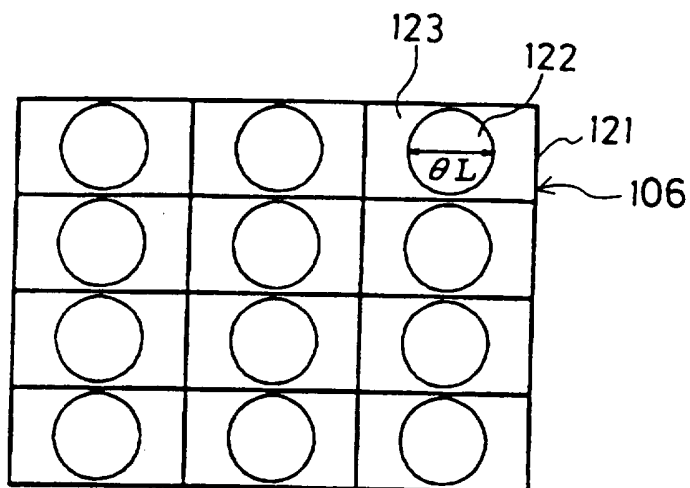


(液晶偏光分離器)

103

図 1

(D)



(E)

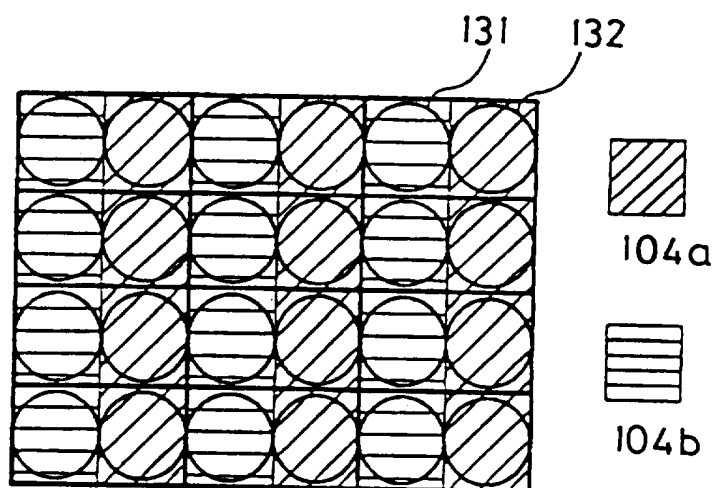


図 2

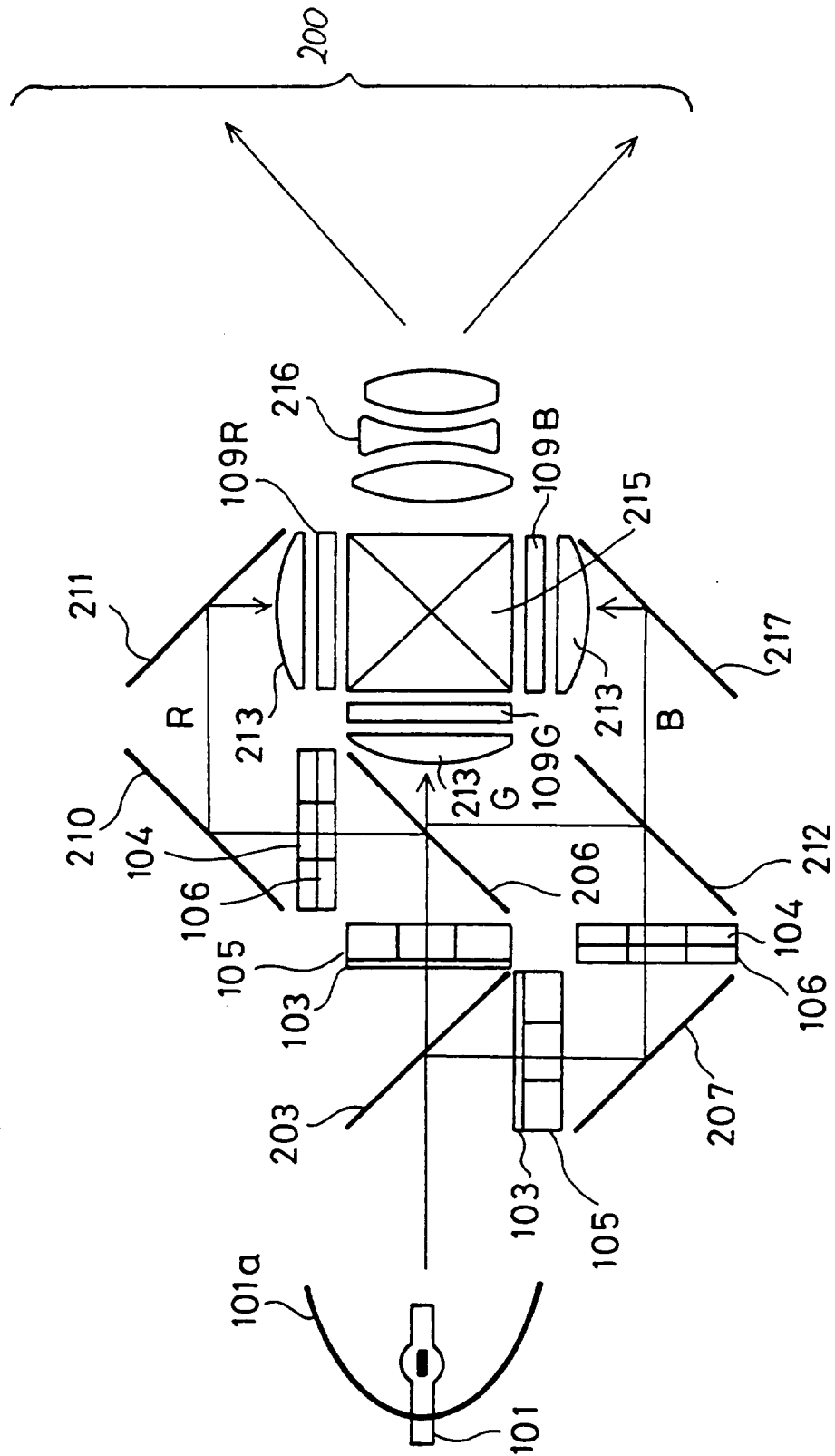


図 3

(A)

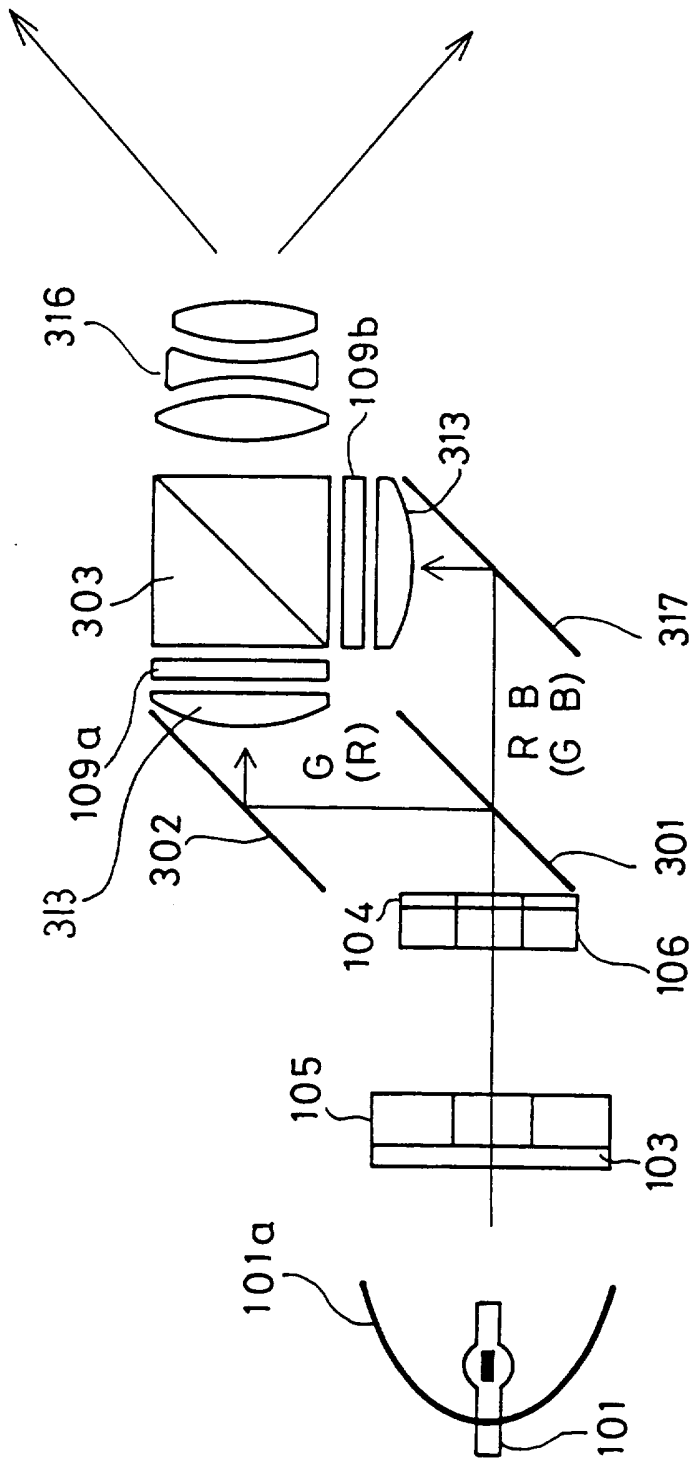


図 3

(B)

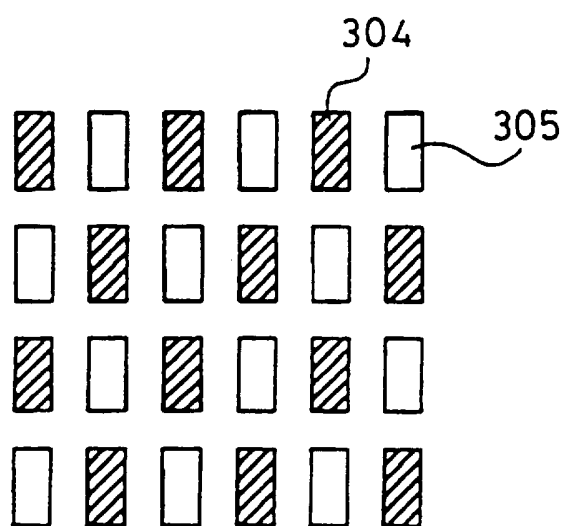
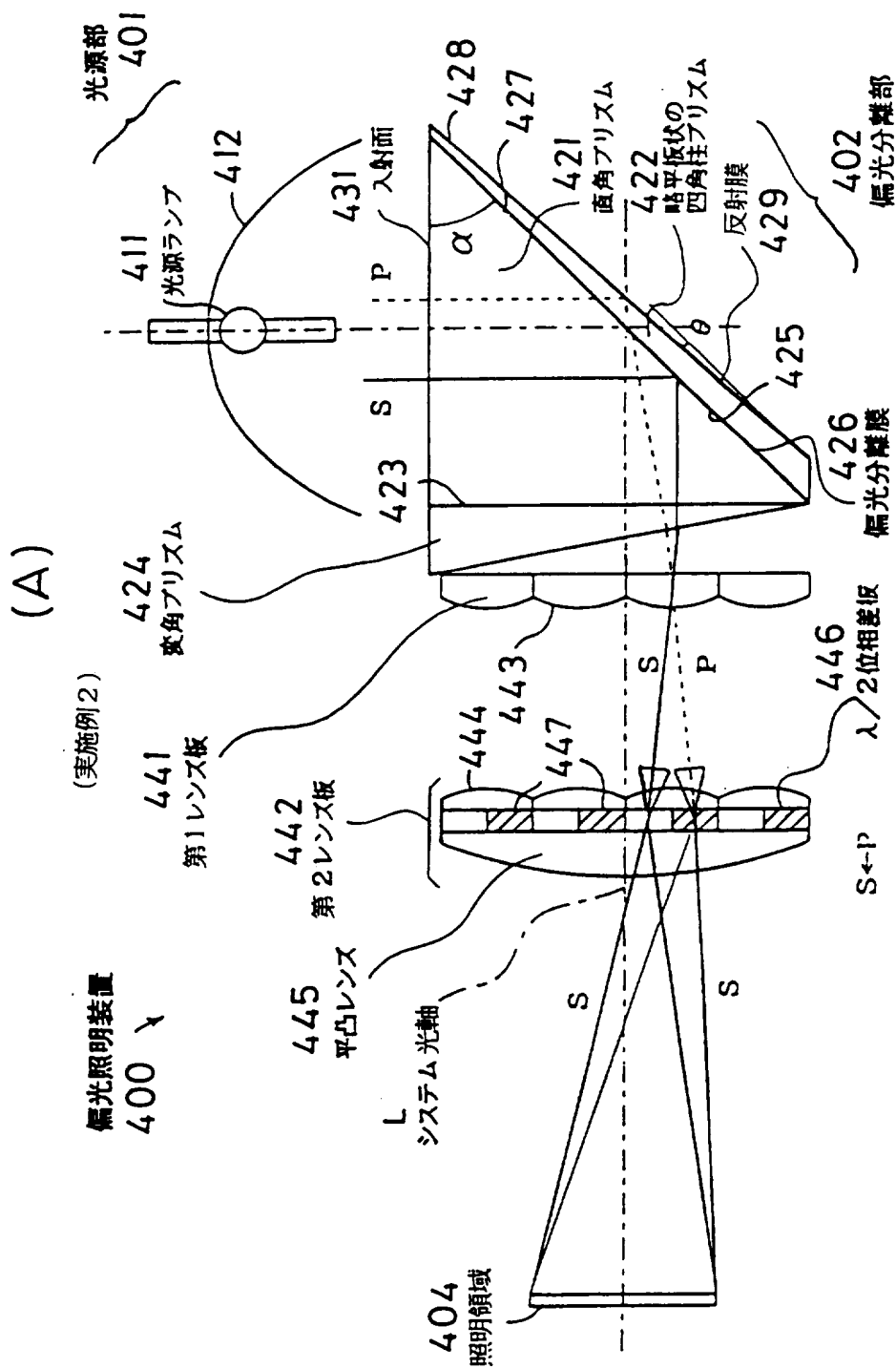


図 4



403 インテグレート光学系

図 4

(B)

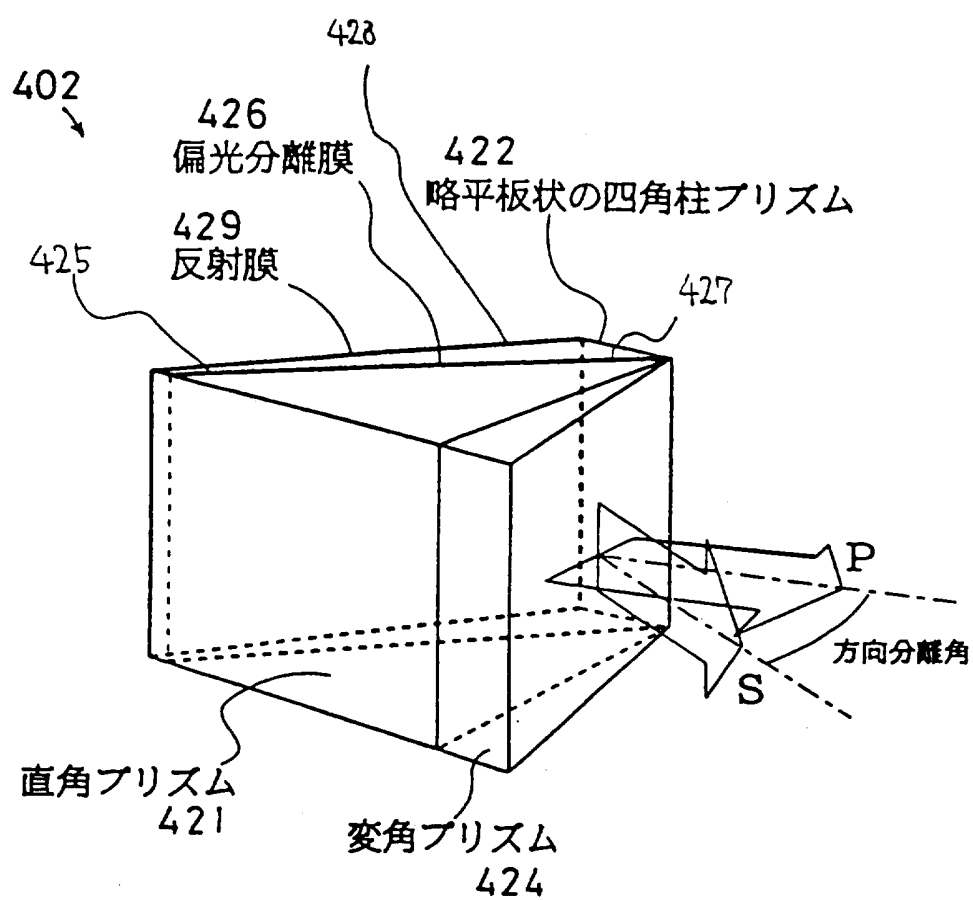


図 4

(C)

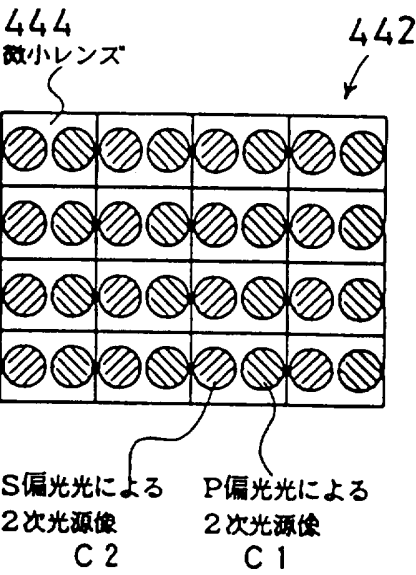


図5

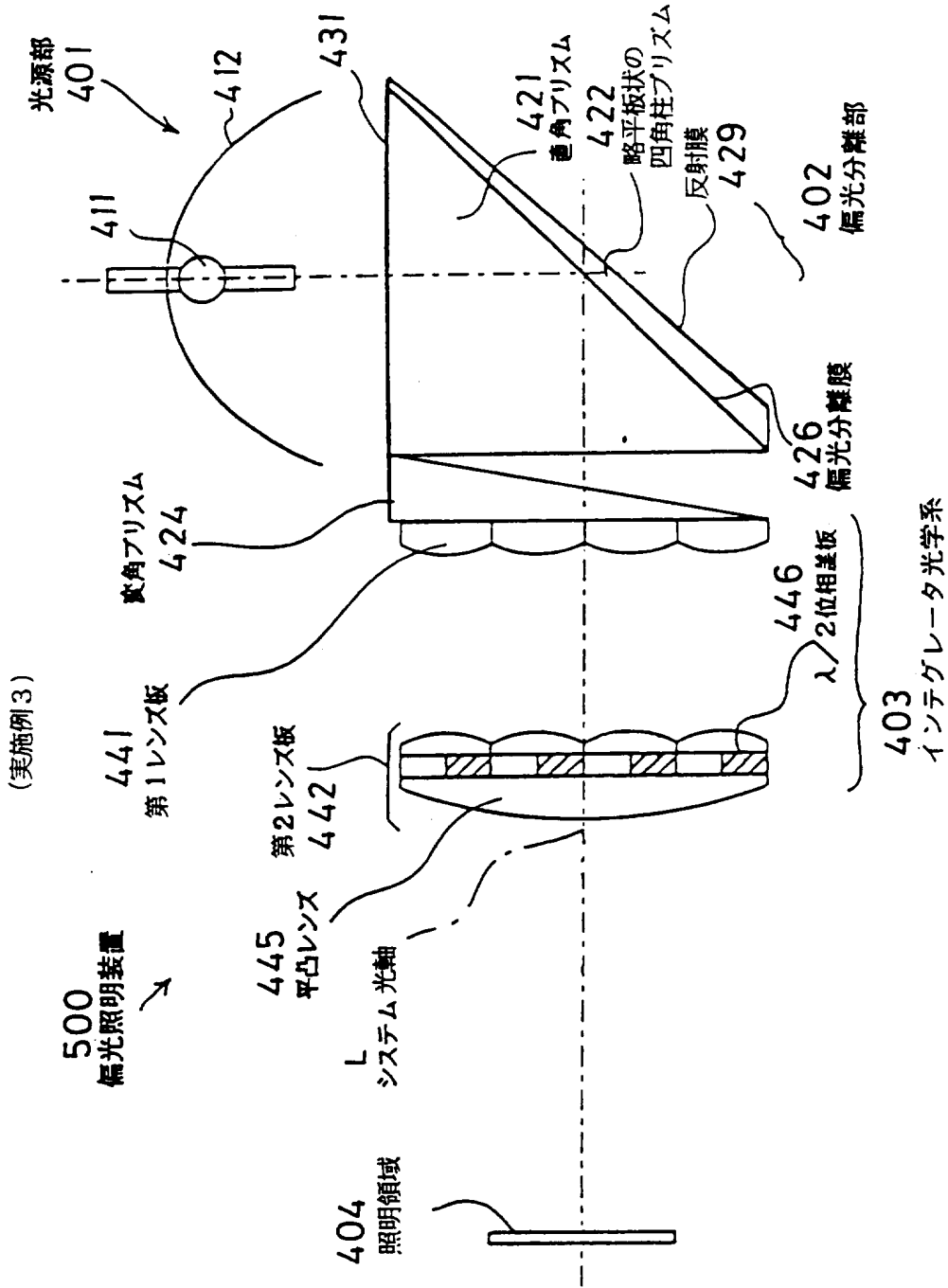
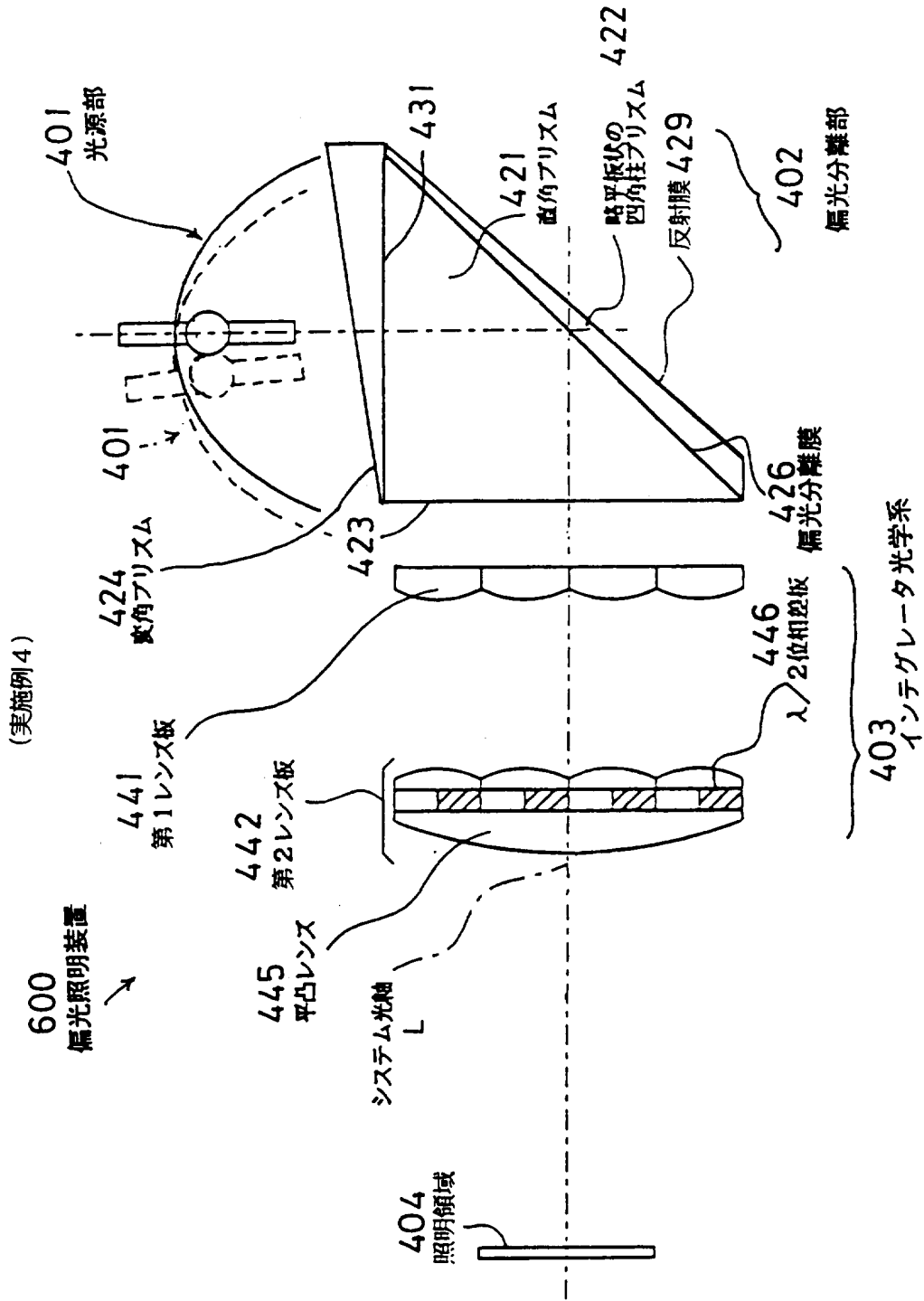


図6



12/45

図7

(実施例5)

700 偏光照明装置

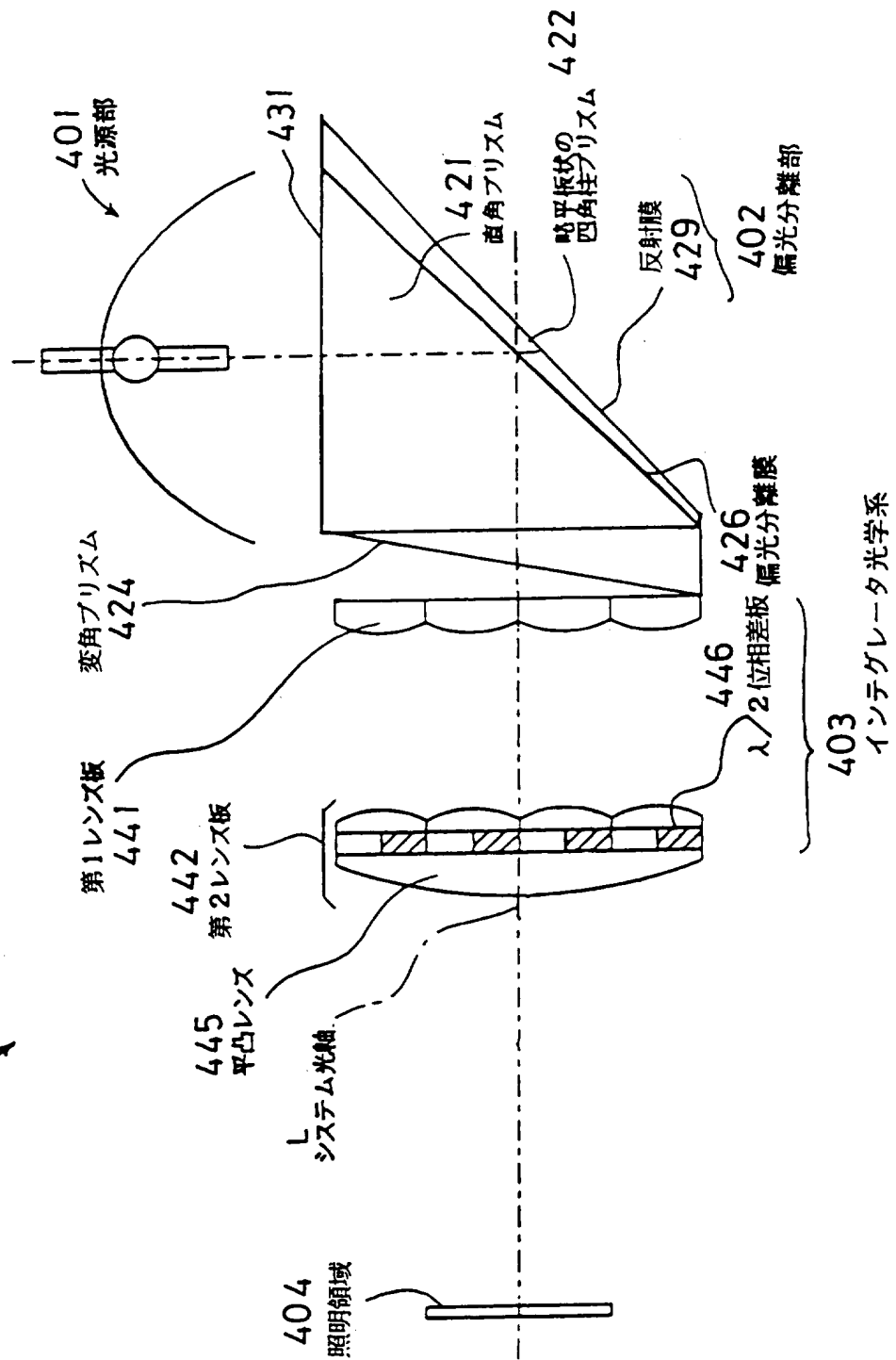


図8

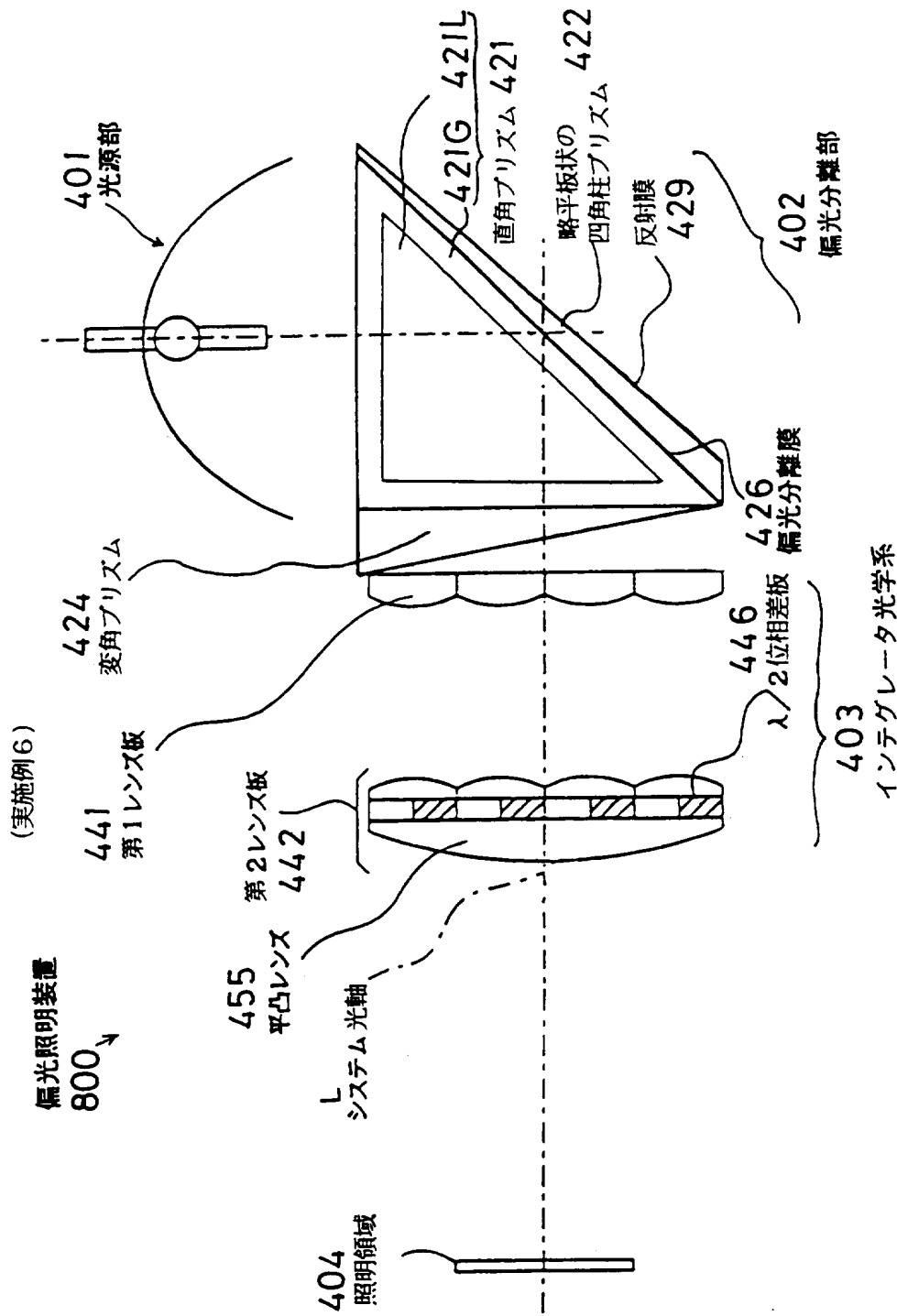
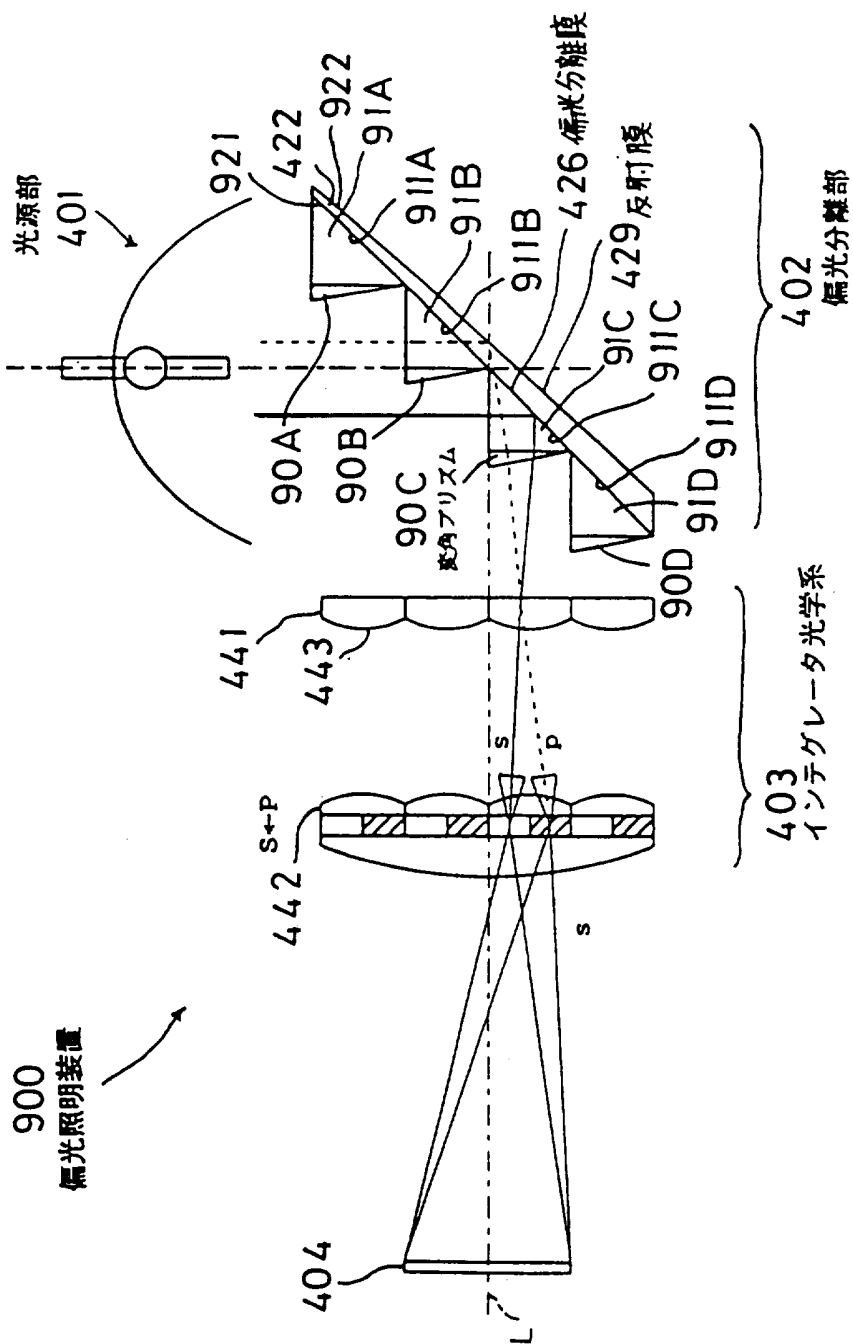


図9

(実施例7)





(实施例8)

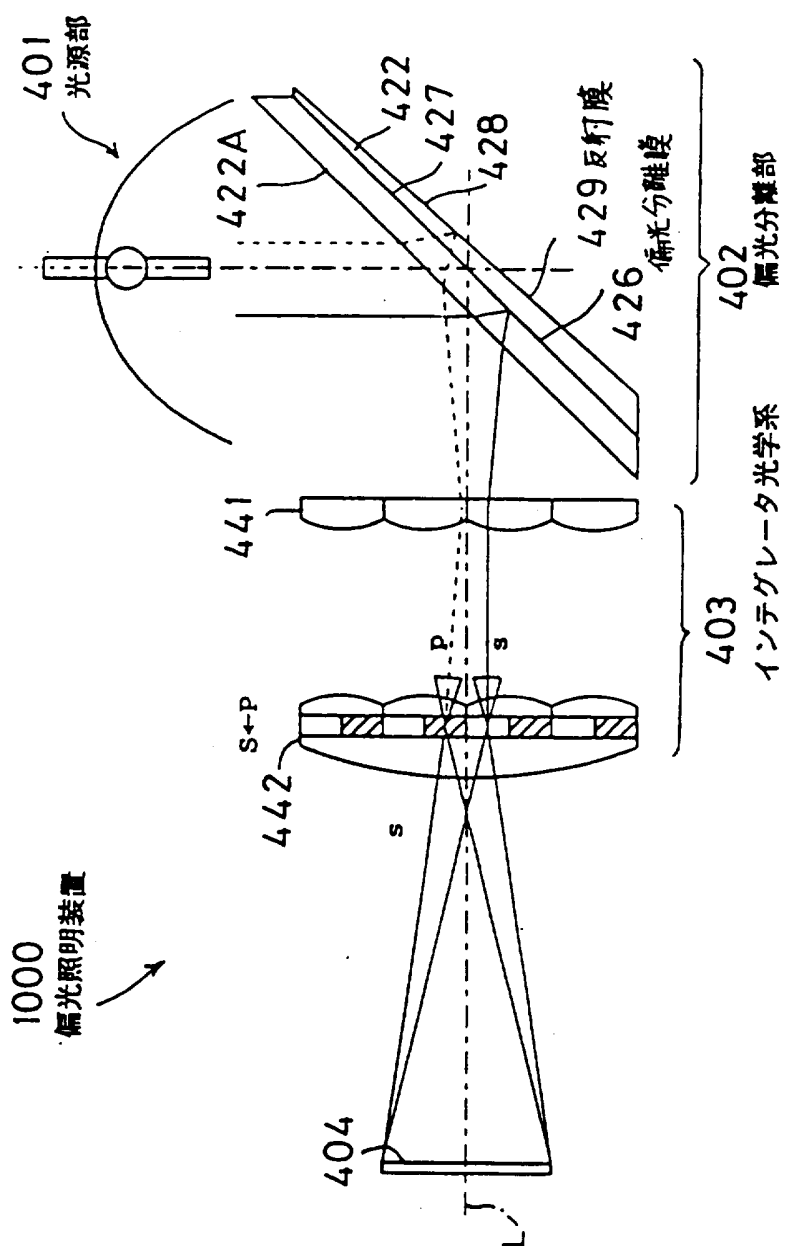


図 1 2

(B)

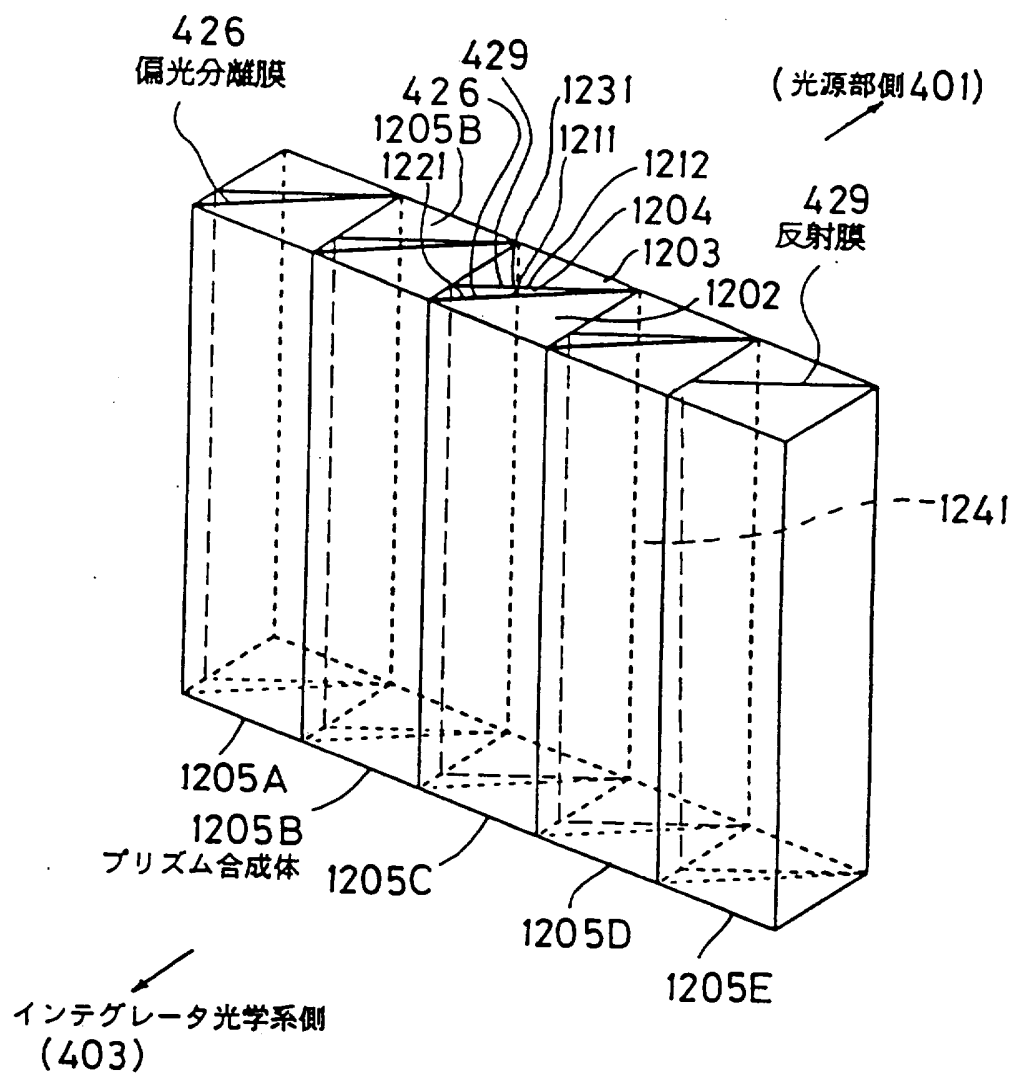


図 13

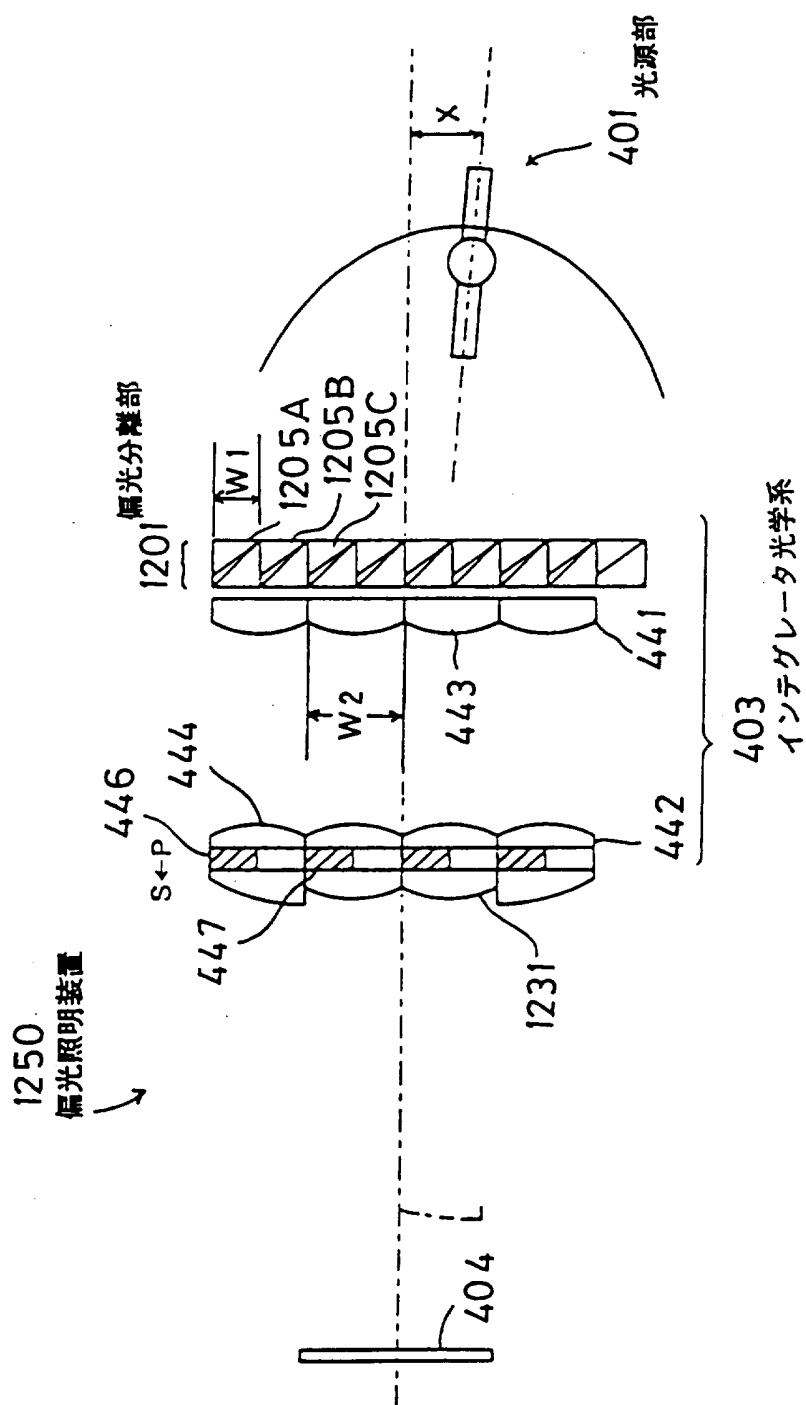


図 14

(実施例 11)

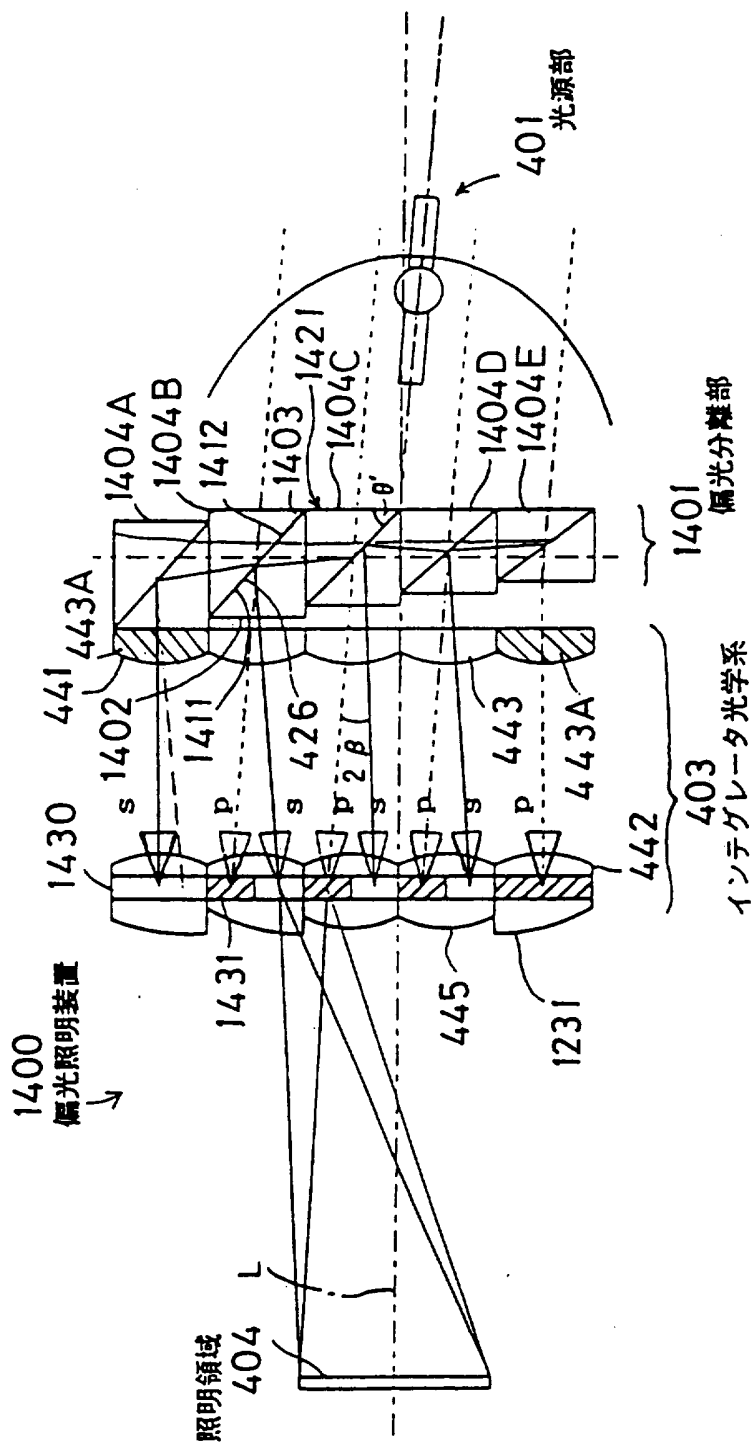


図 15

(実施例 12)

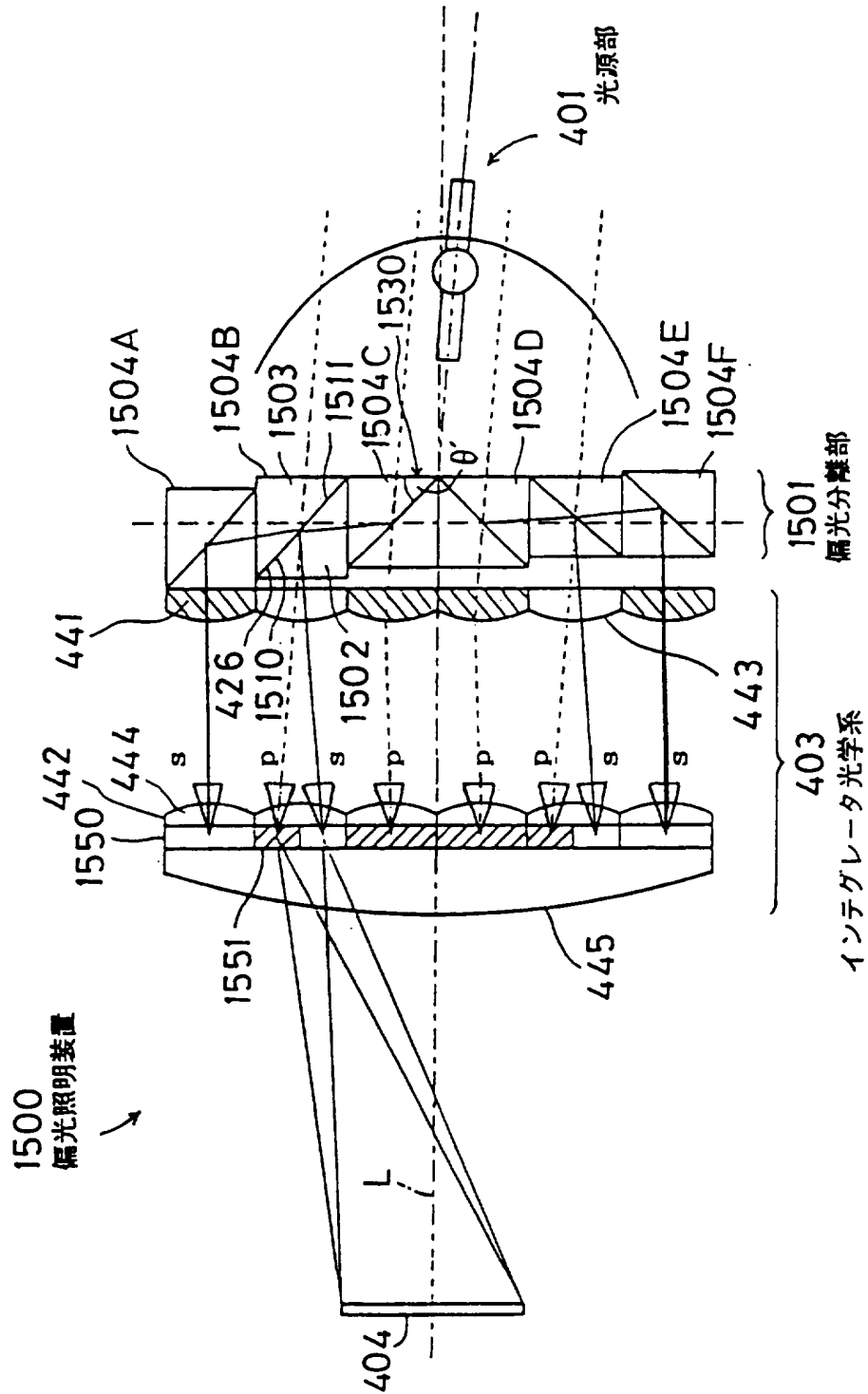


図 16

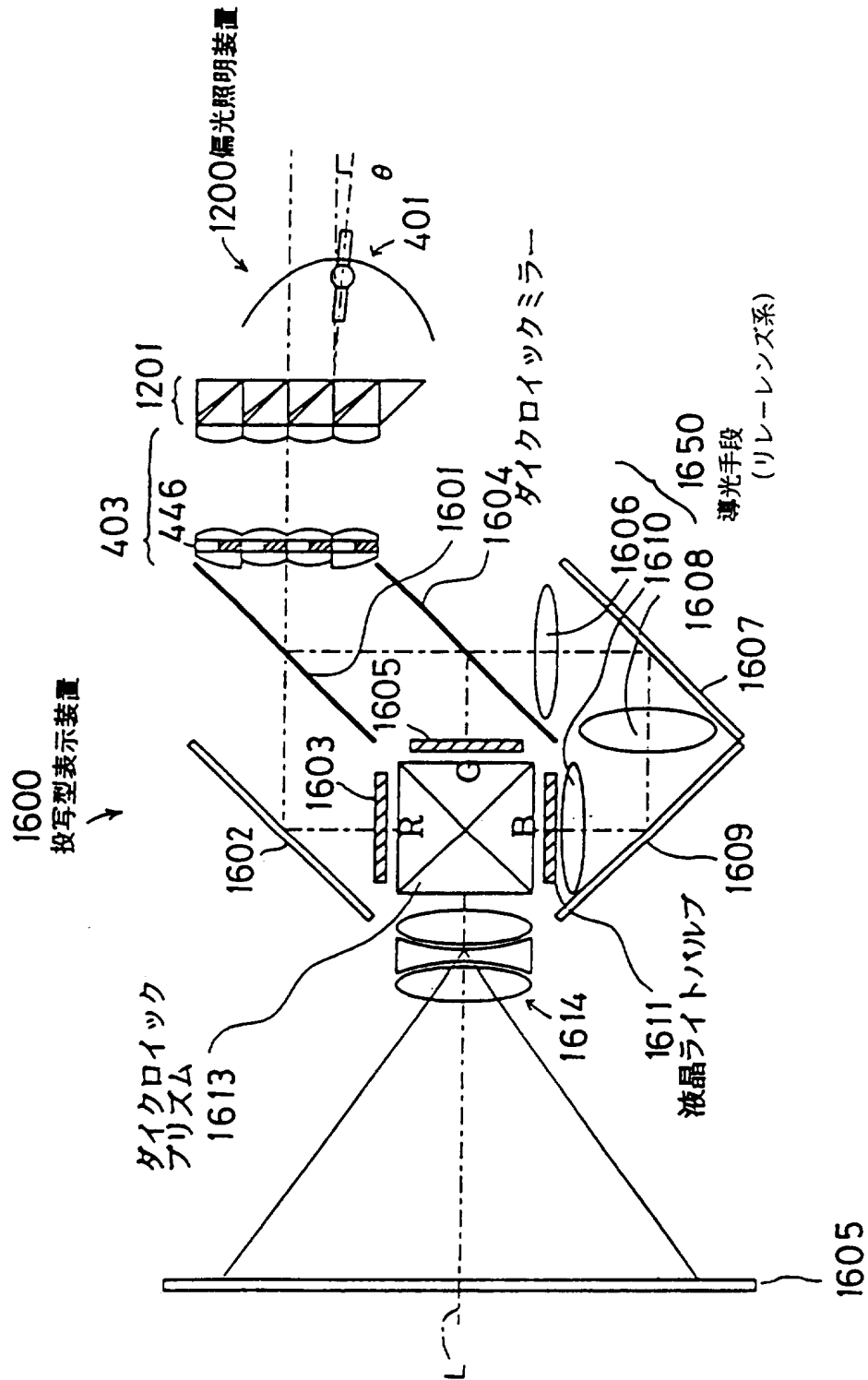


図 17

1700
投影型表示装置

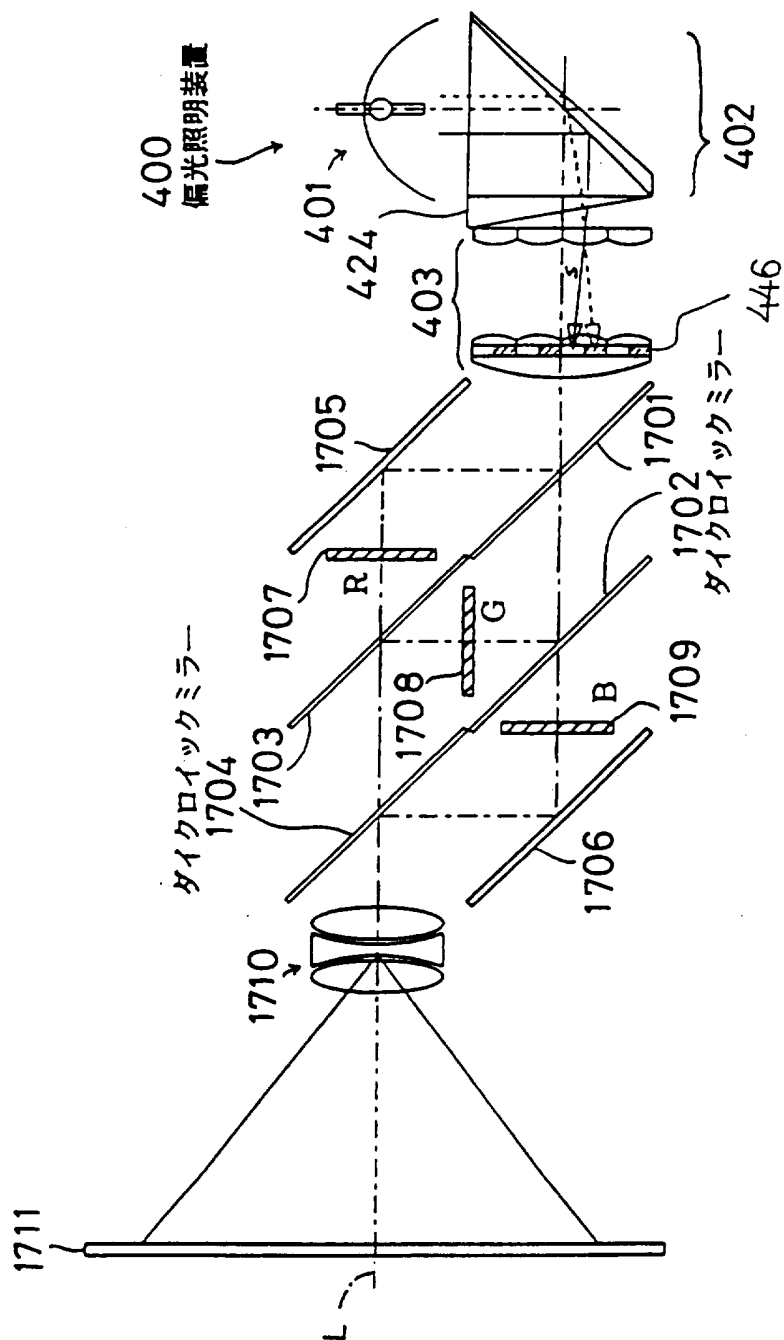
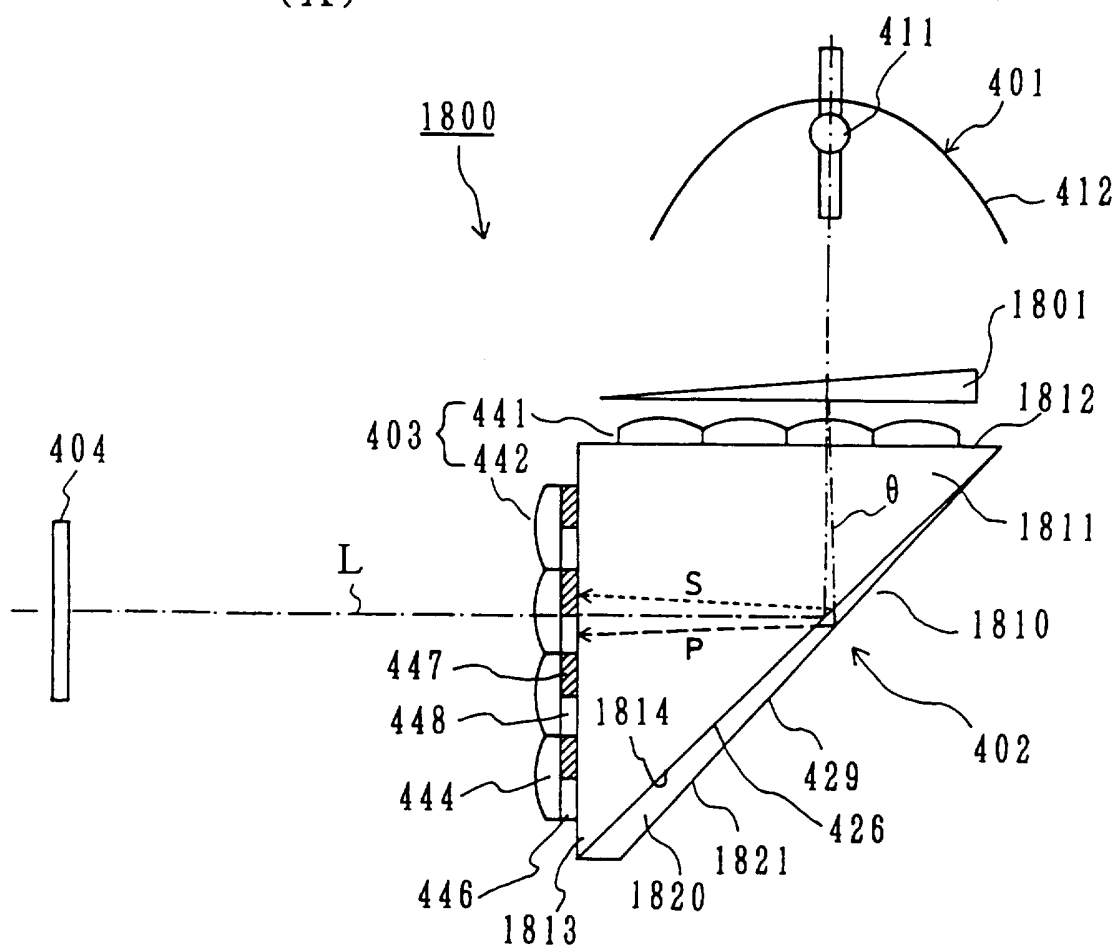
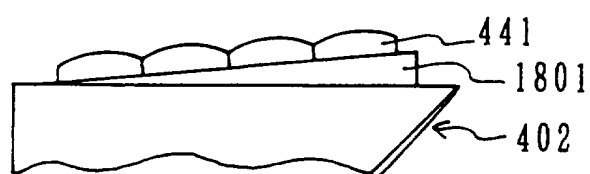


図 18

(A)



(B)



(C)



(D)

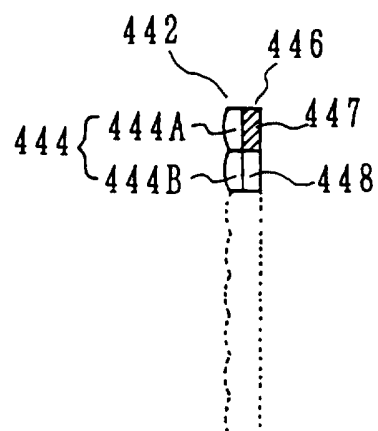


図19(A)

(実施例14)

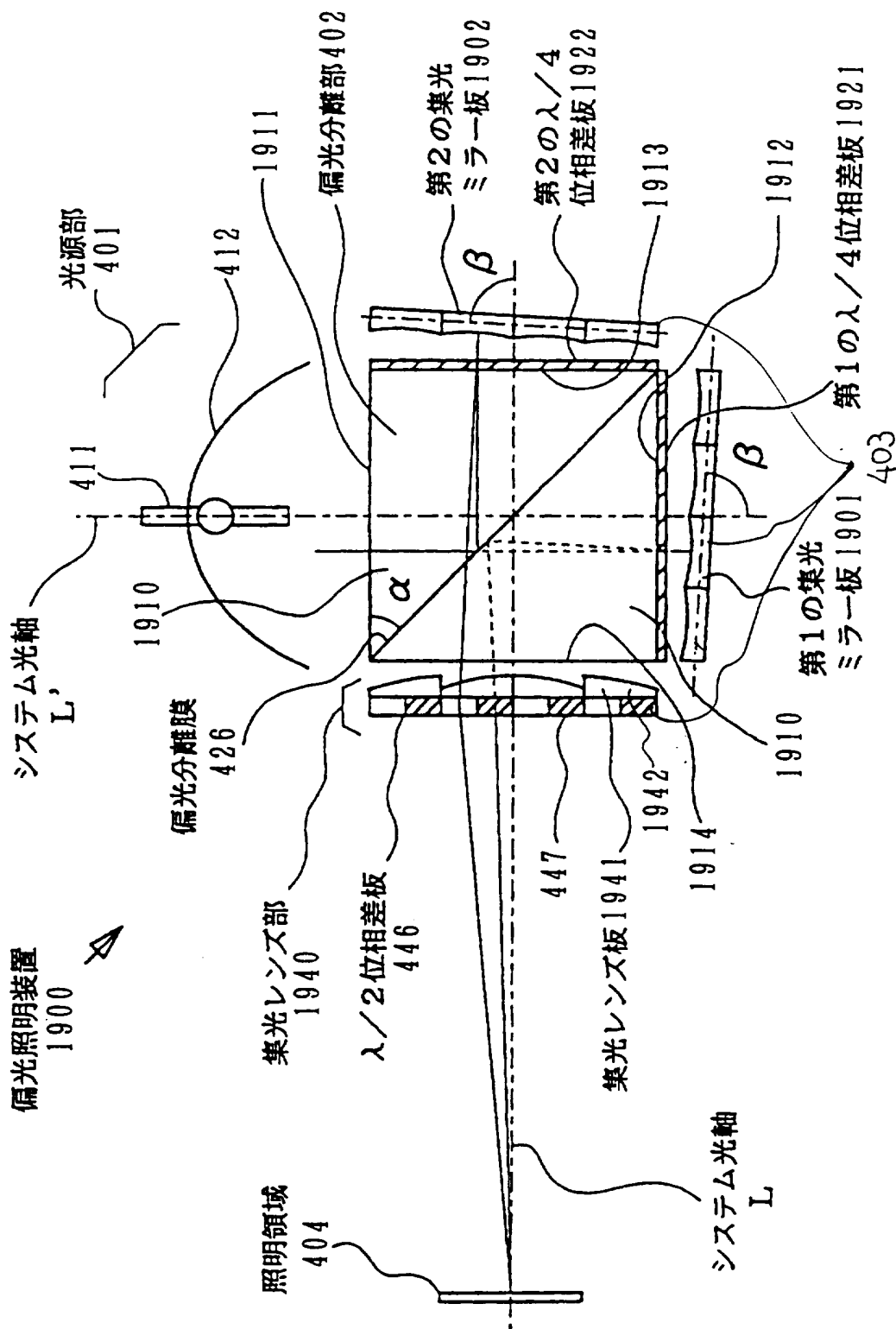


図19(B)

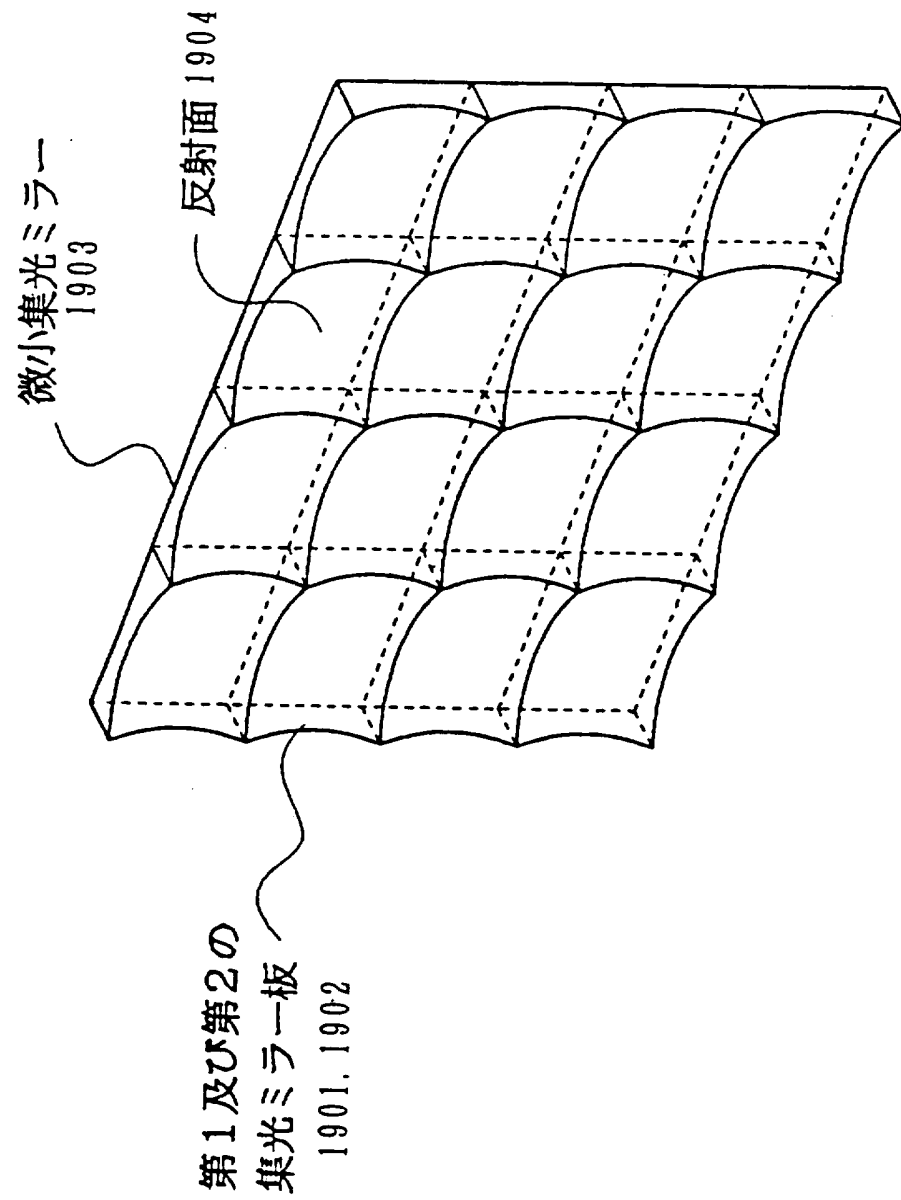


図19(C)

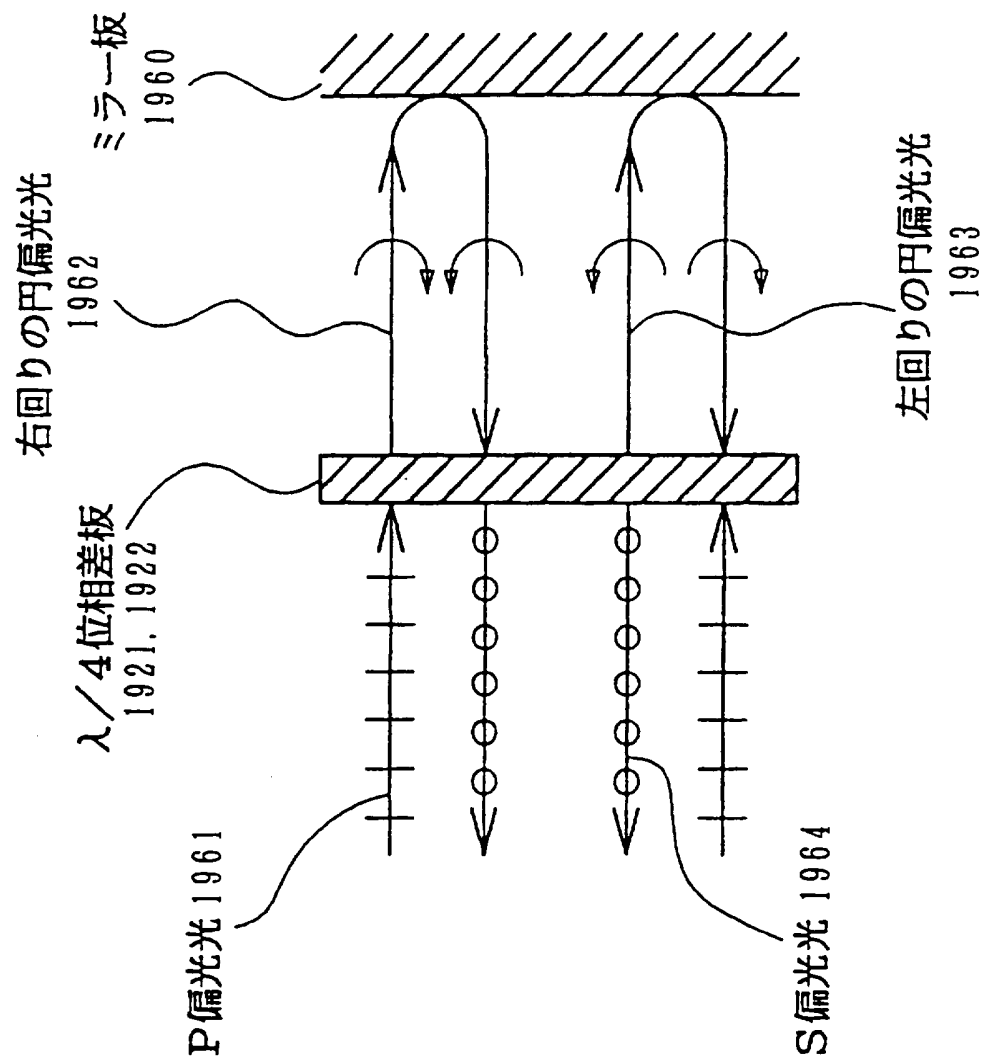


図 19 (D)

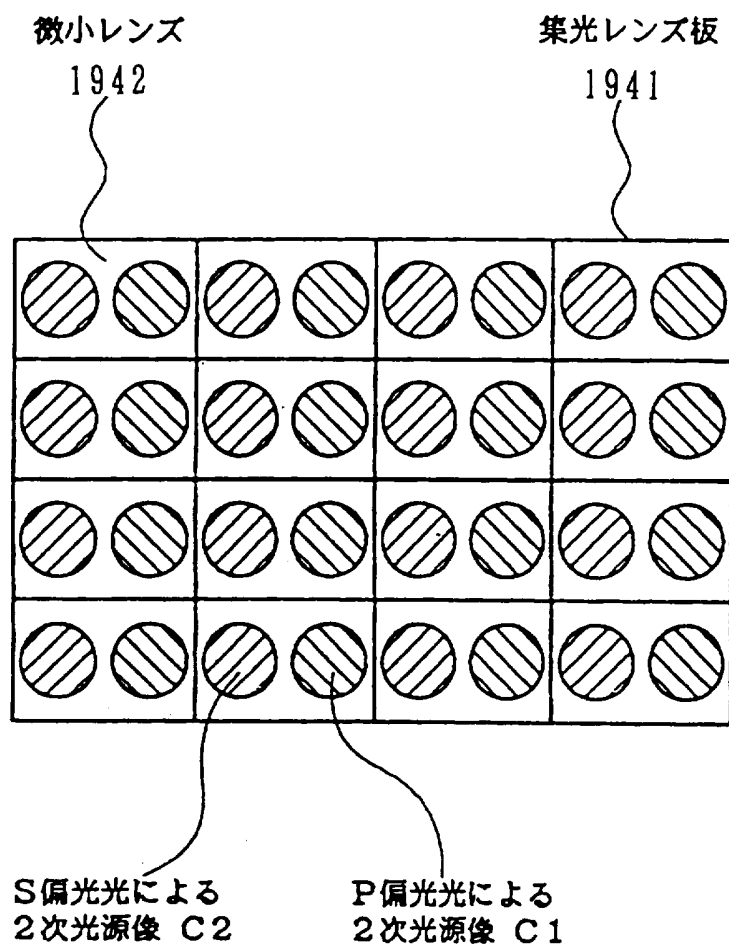


図20

(実施例15)

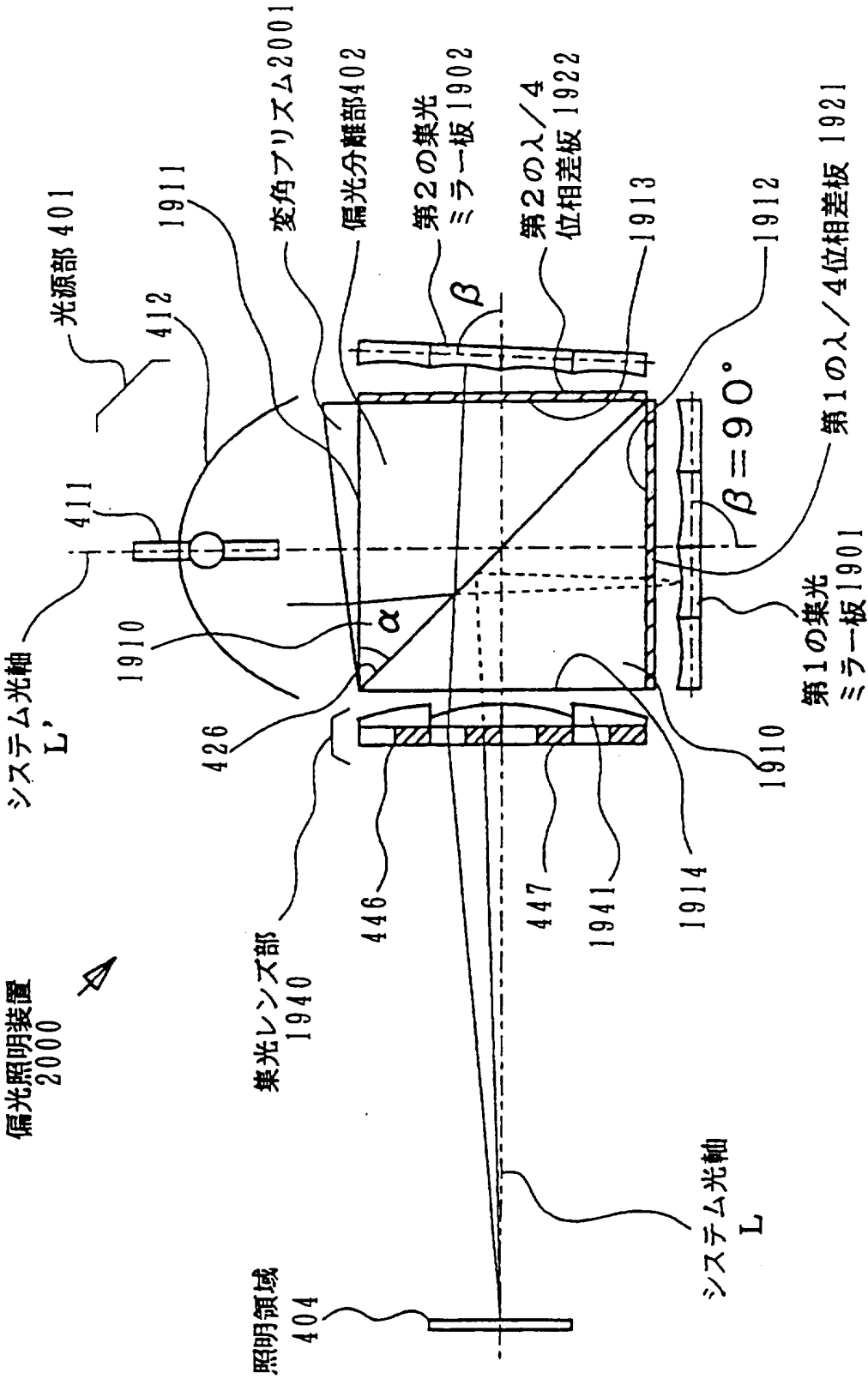


図 21 (A)

(実施例 16)

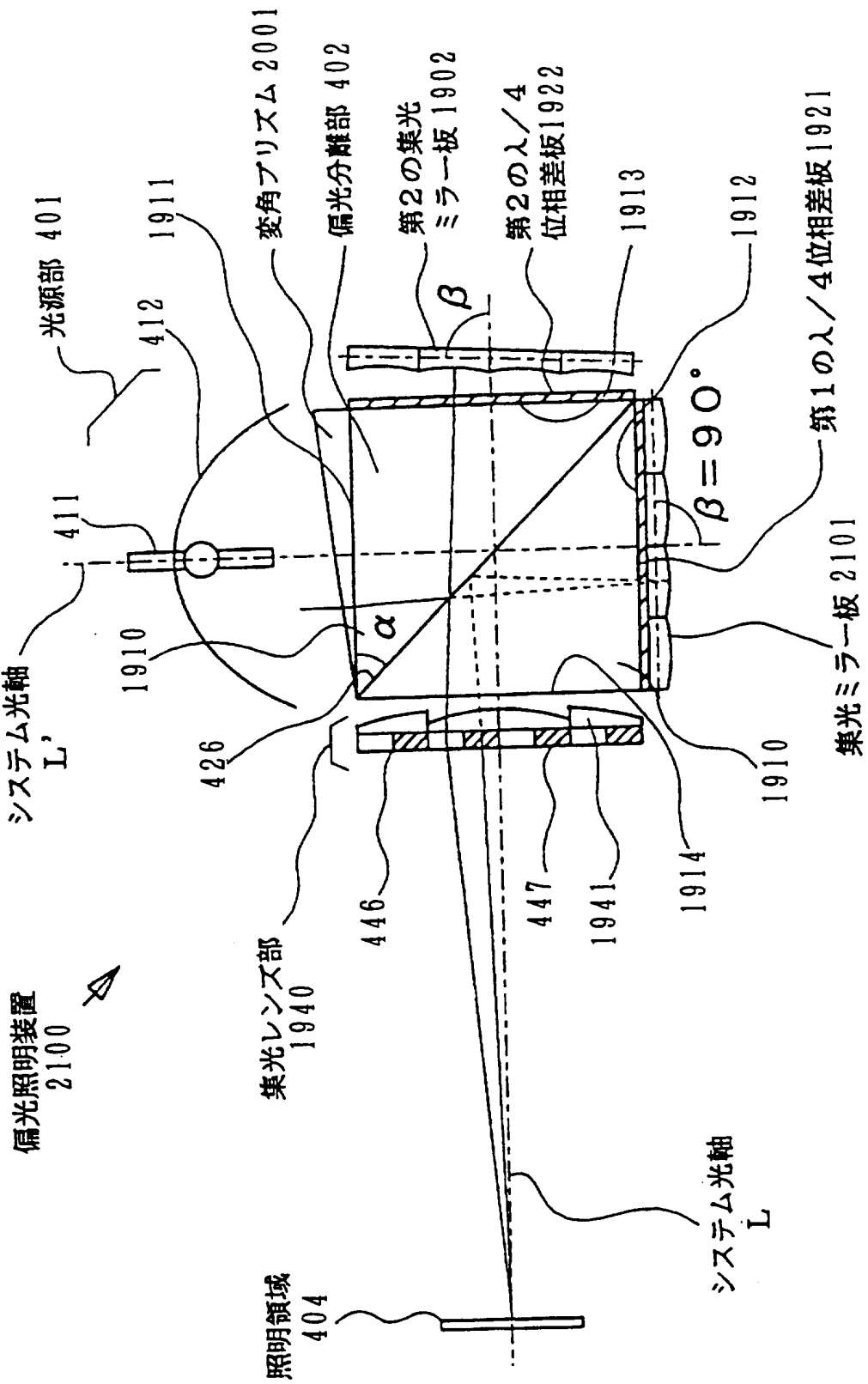


図 22

(実施例 17)

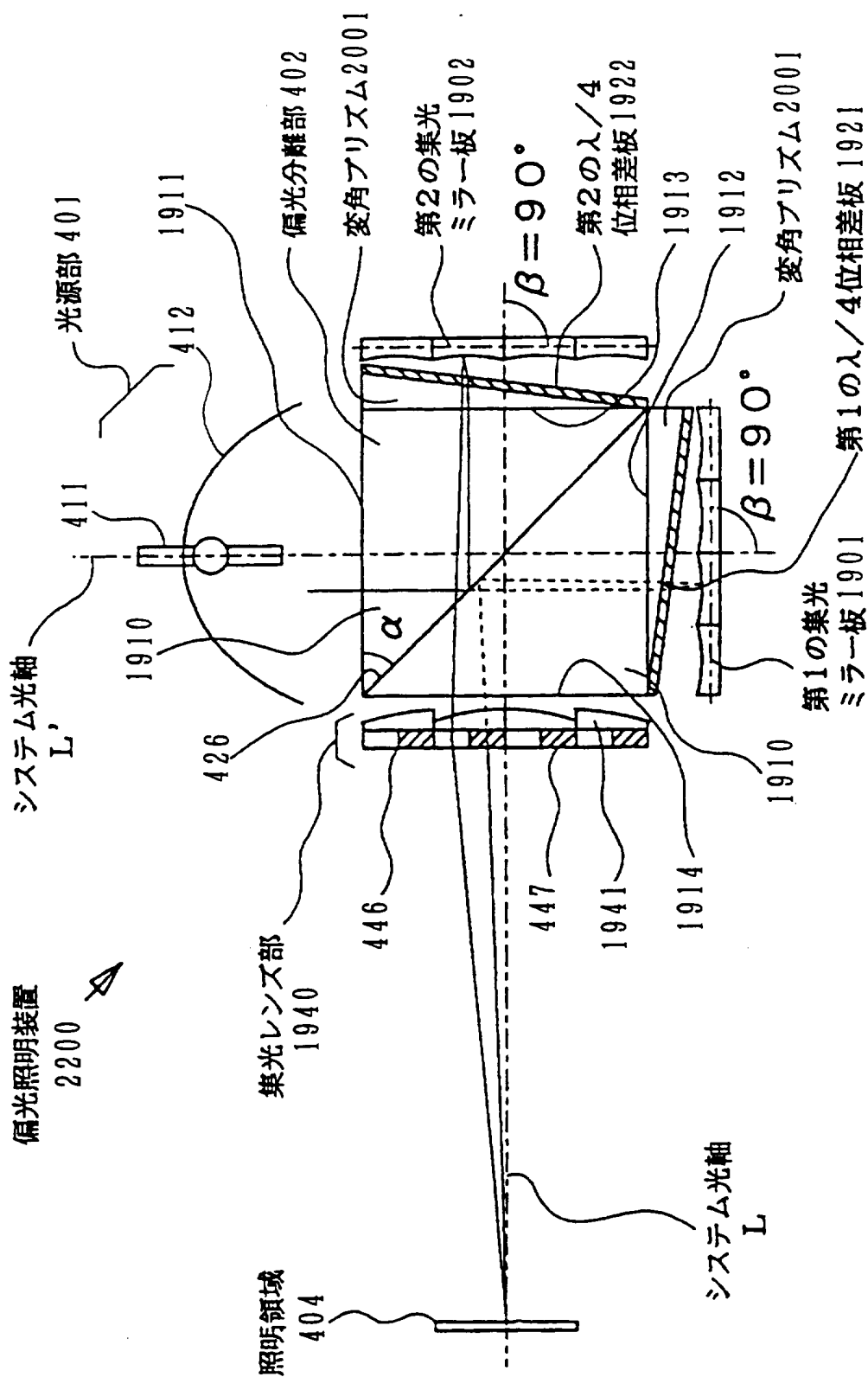


図 23

(実施例 18)

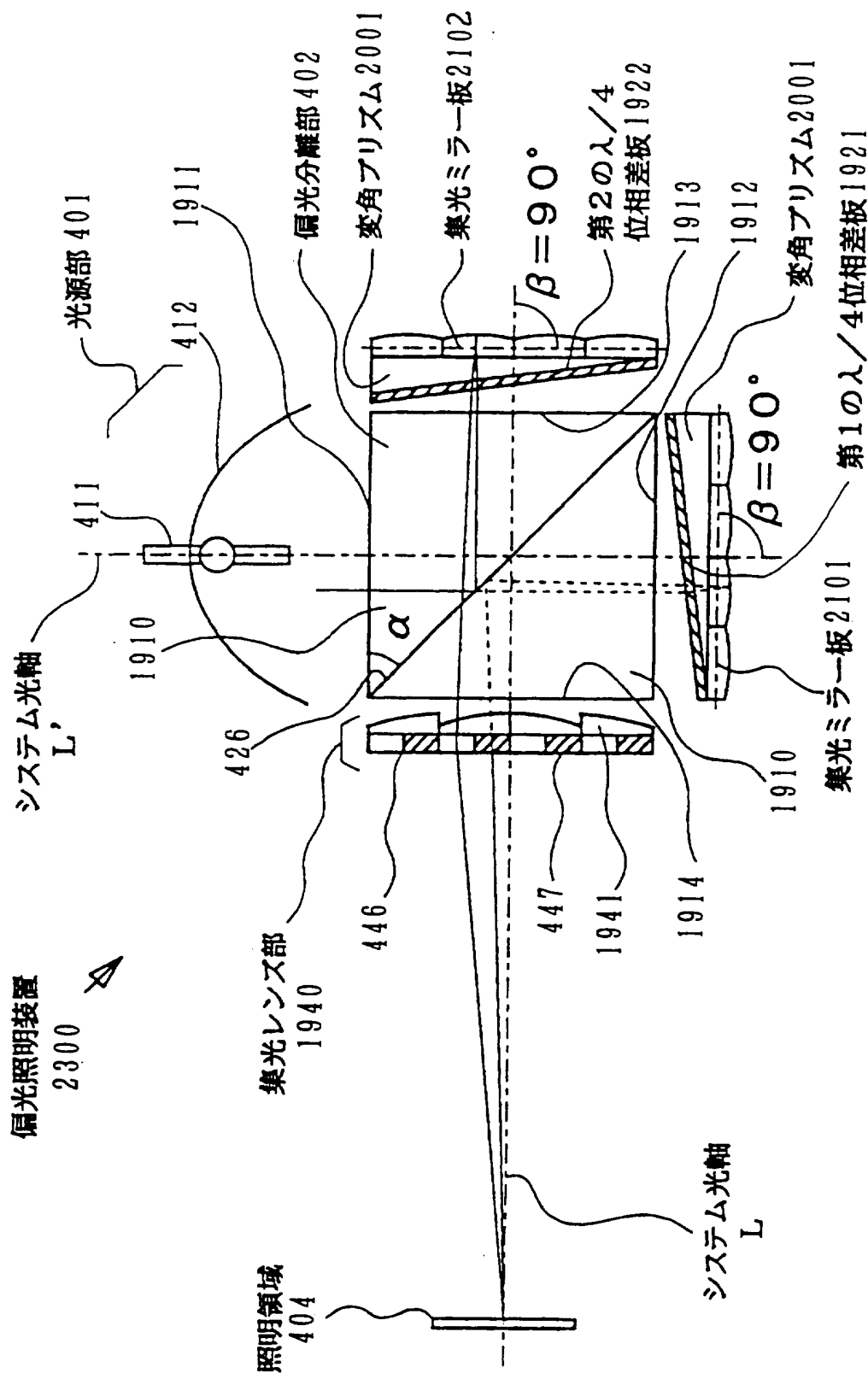


図 24

(実施例 19)

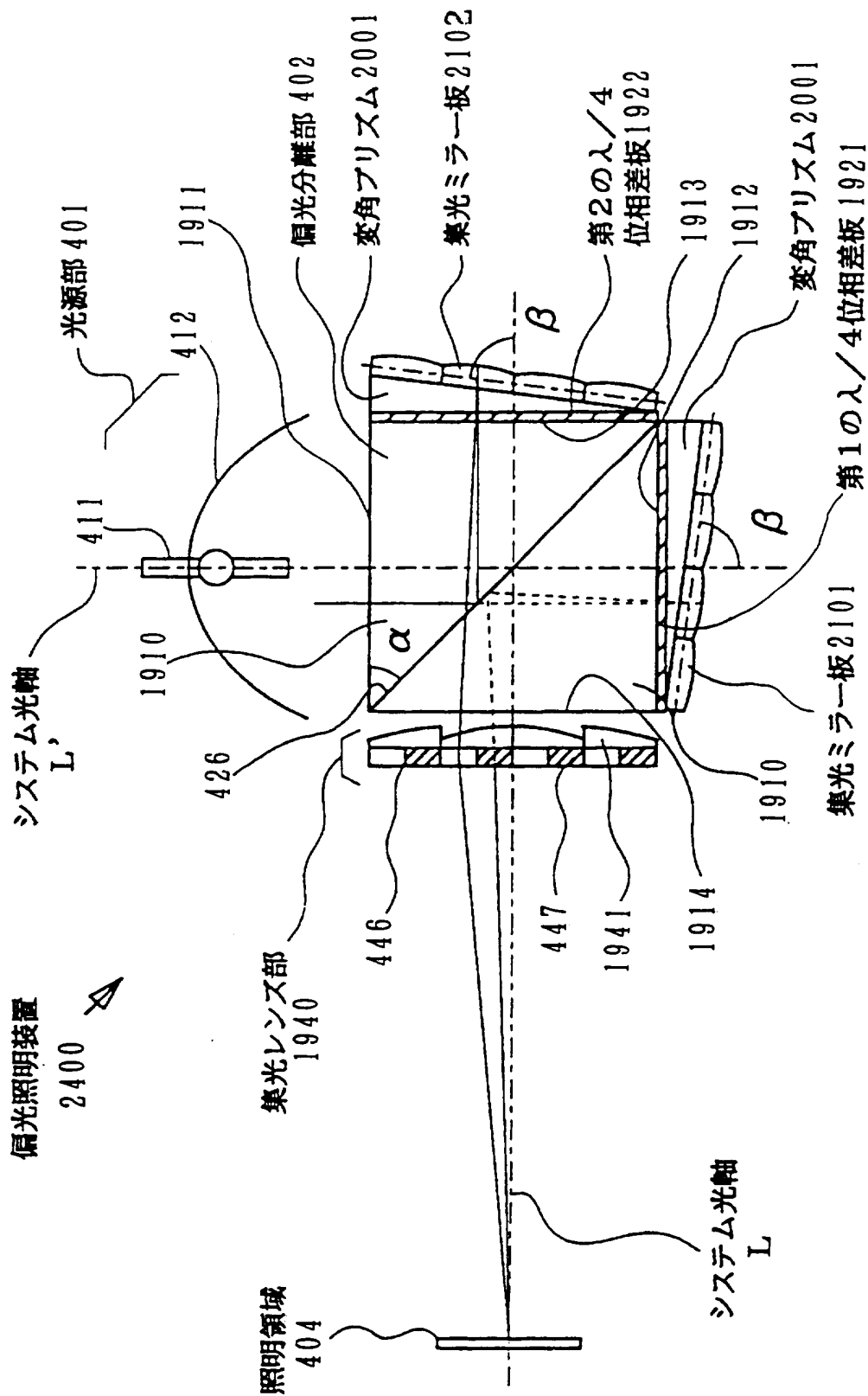


図 25

(実施例 20)

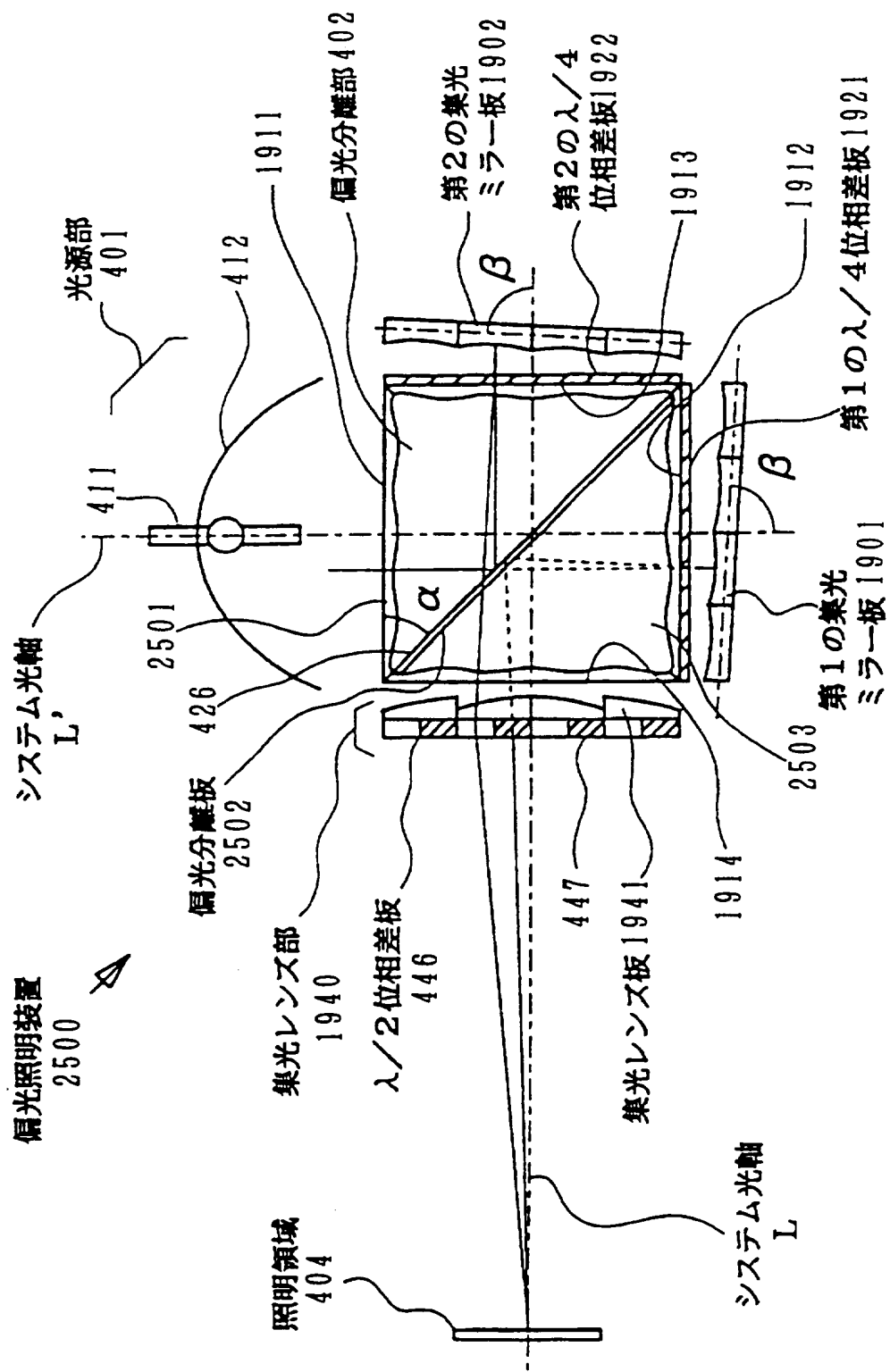


図 26

(実施例 21)

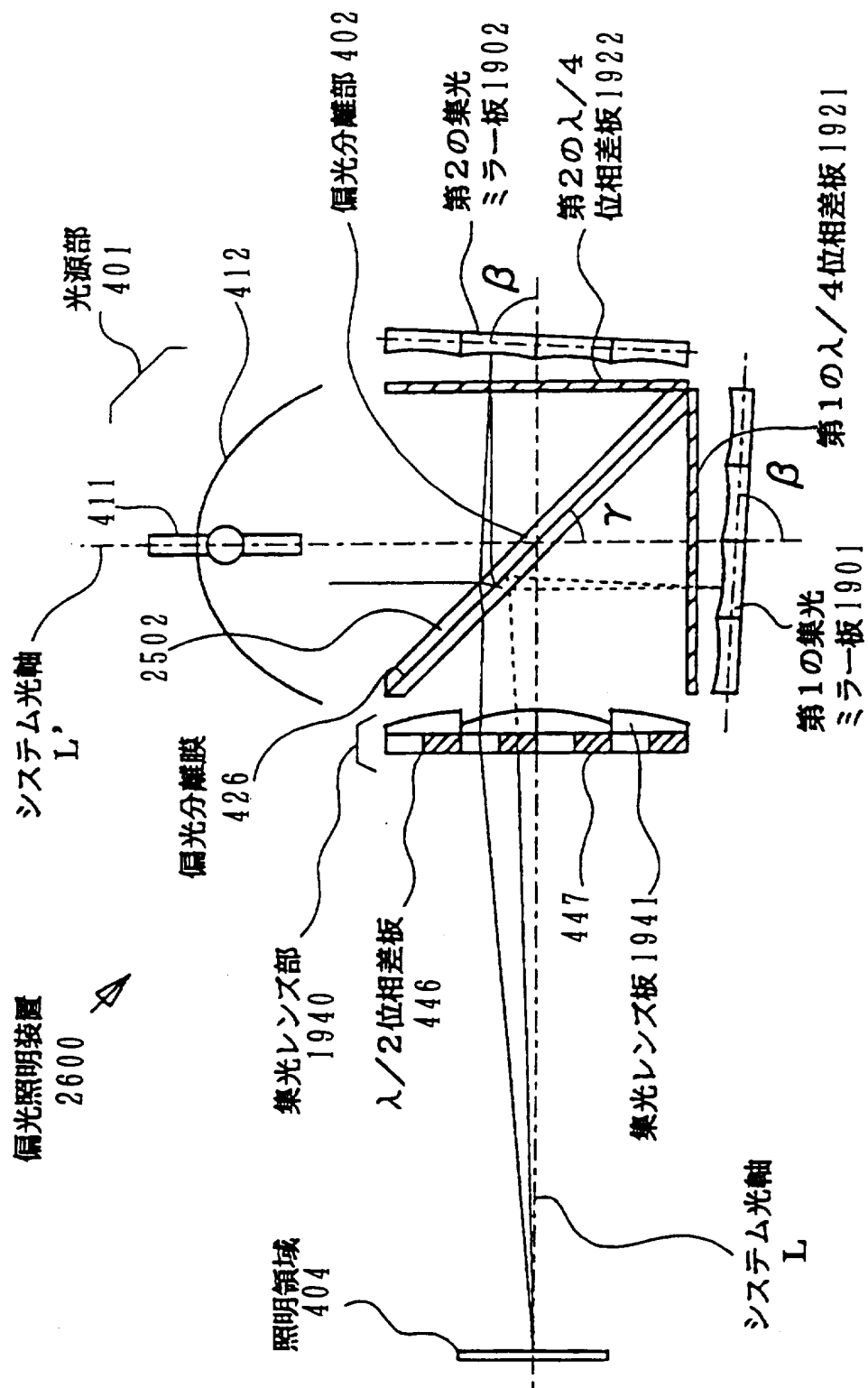


図 28

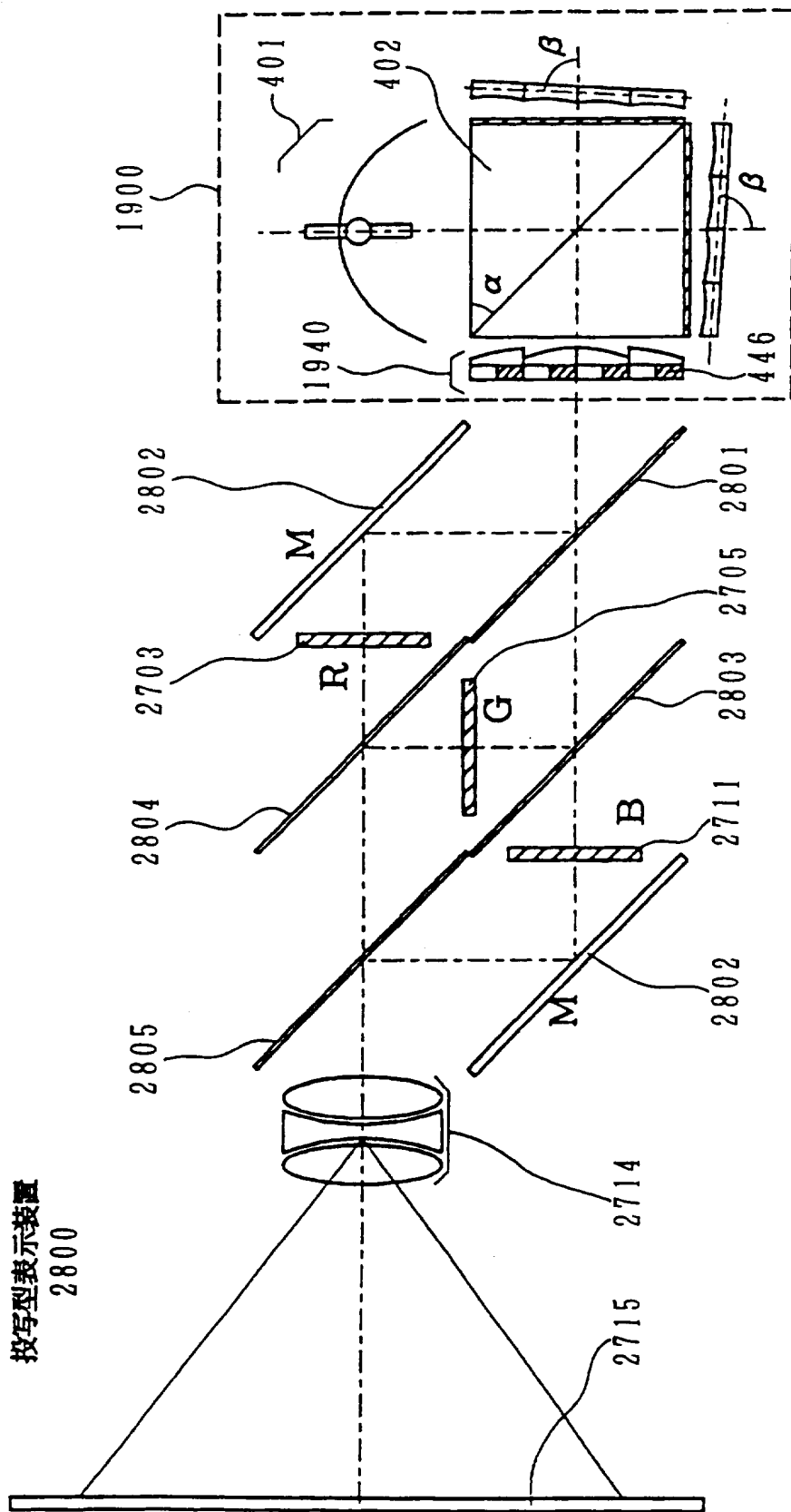


図 29 (A)

(実施例 22)

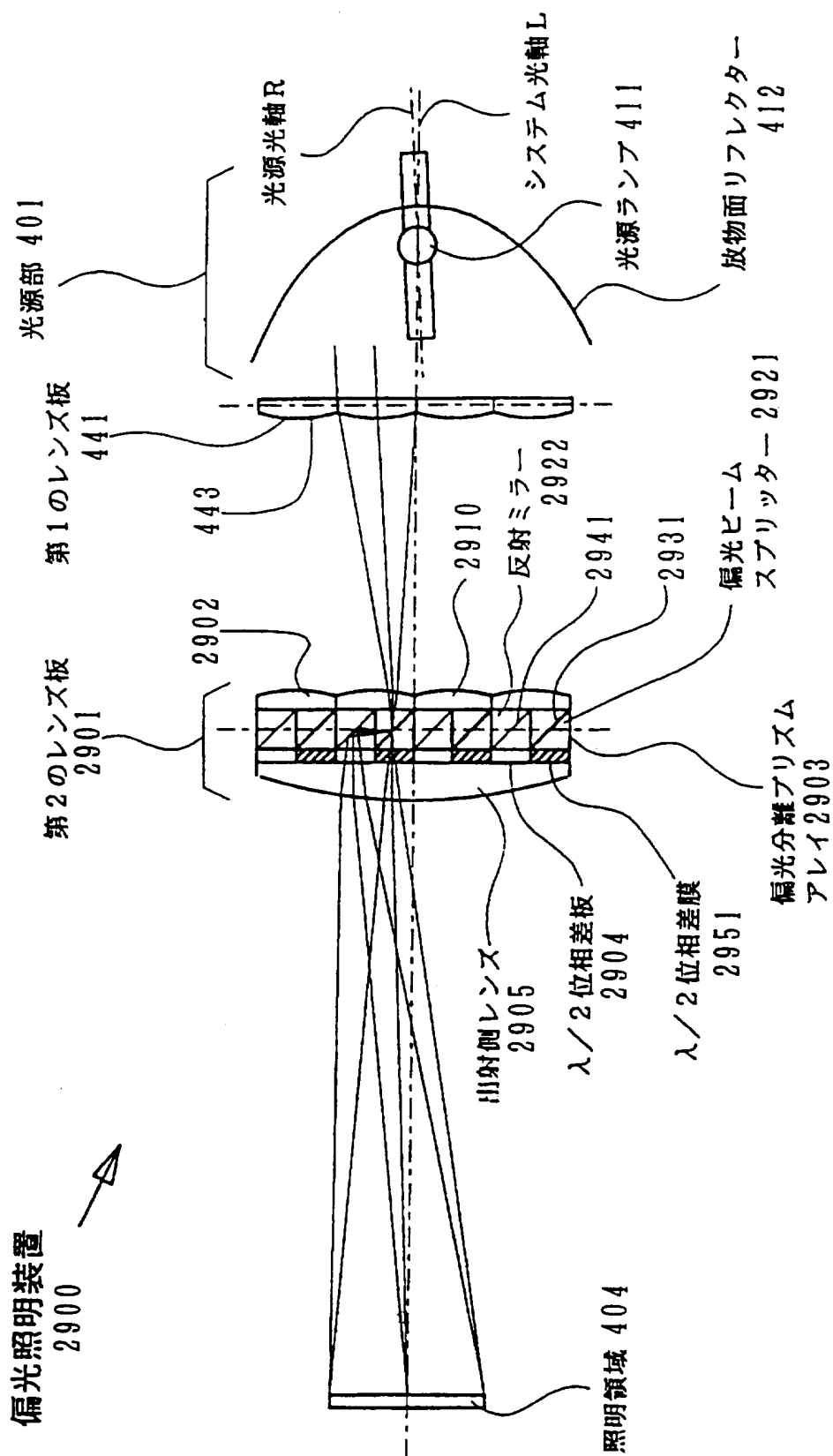
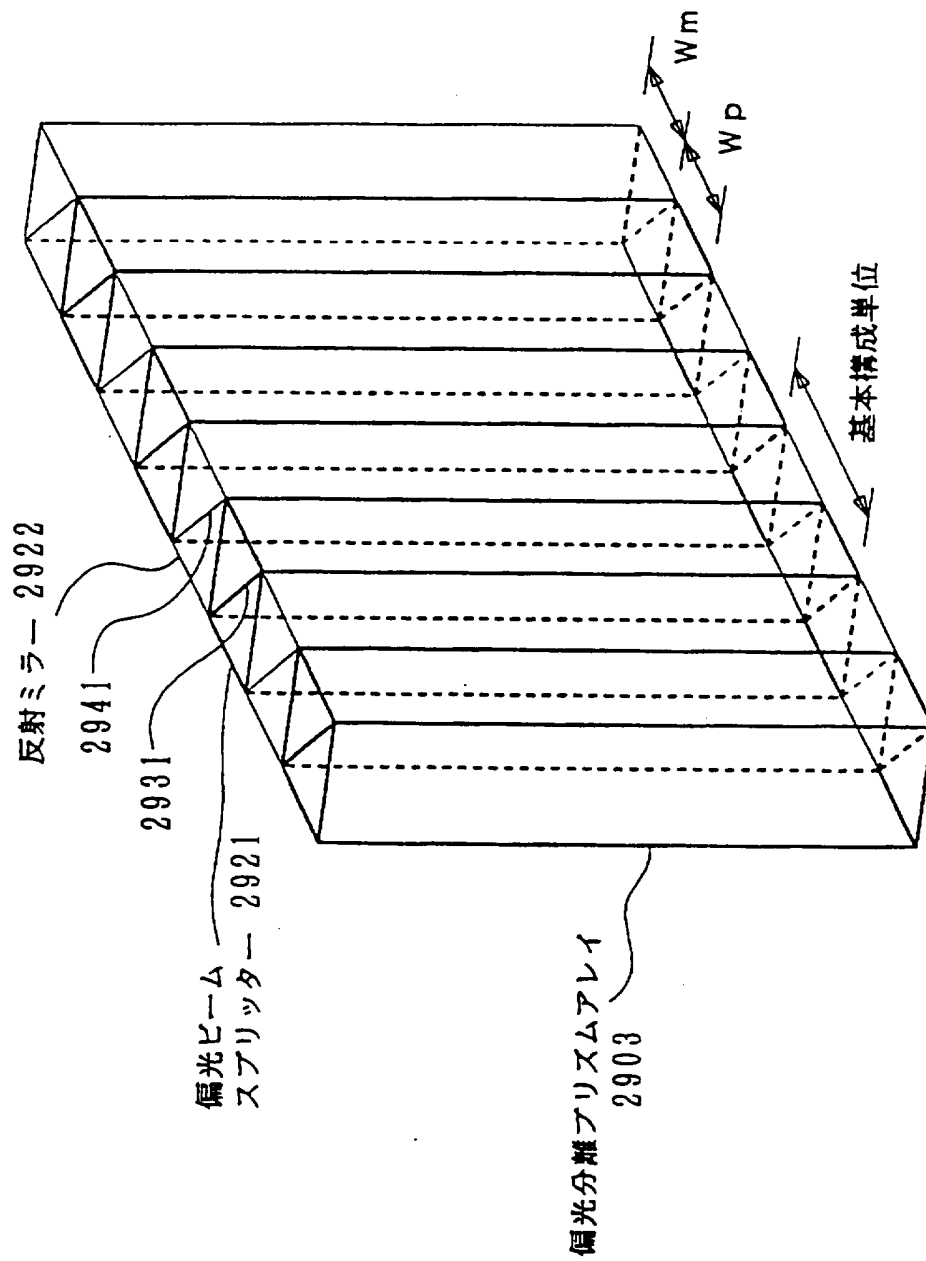


図 29 (B)



03X

偏光照明装置

3000

(实施例 23)

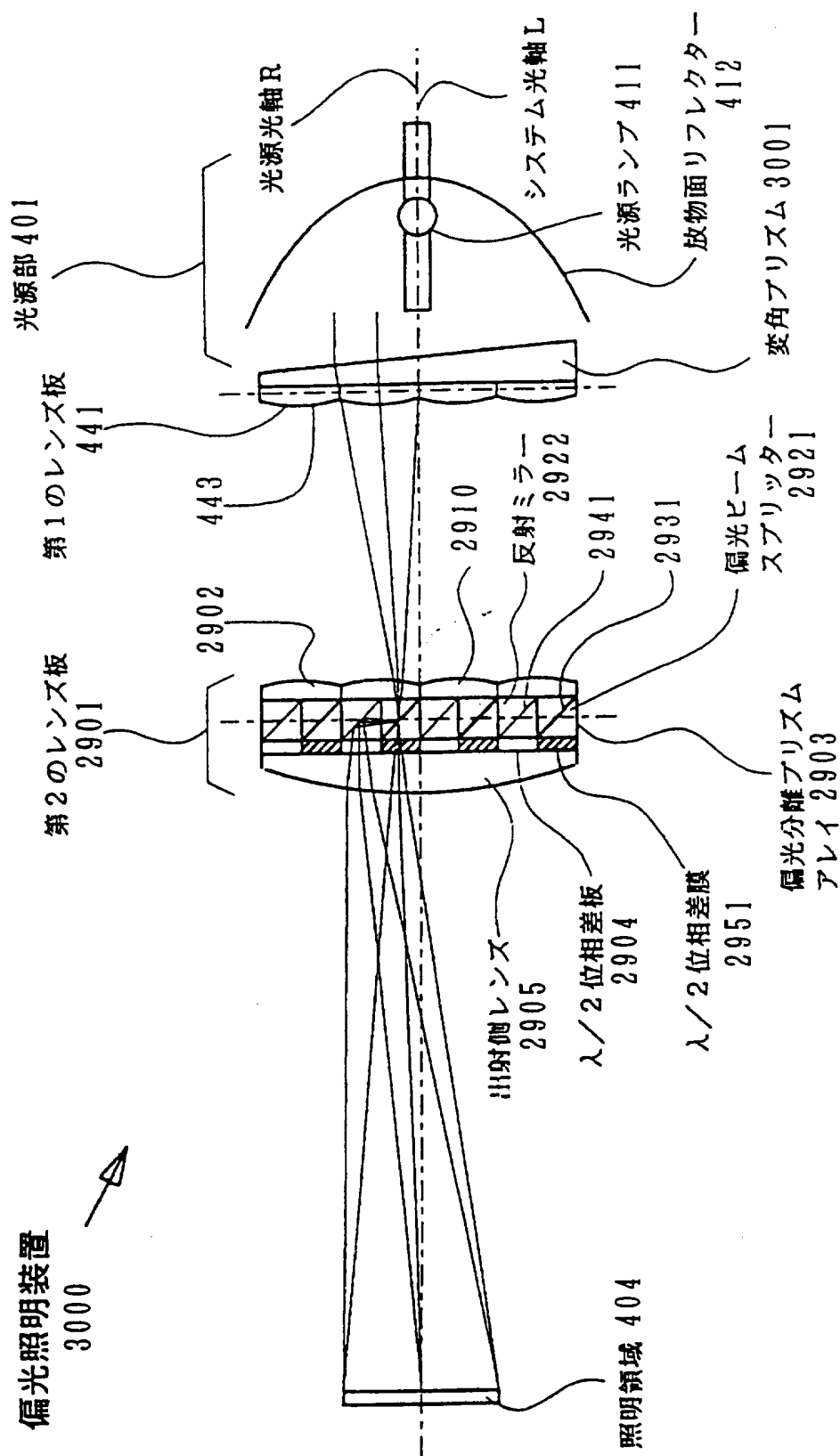


図 31

(実施例 24)

偏光照明装置

3100

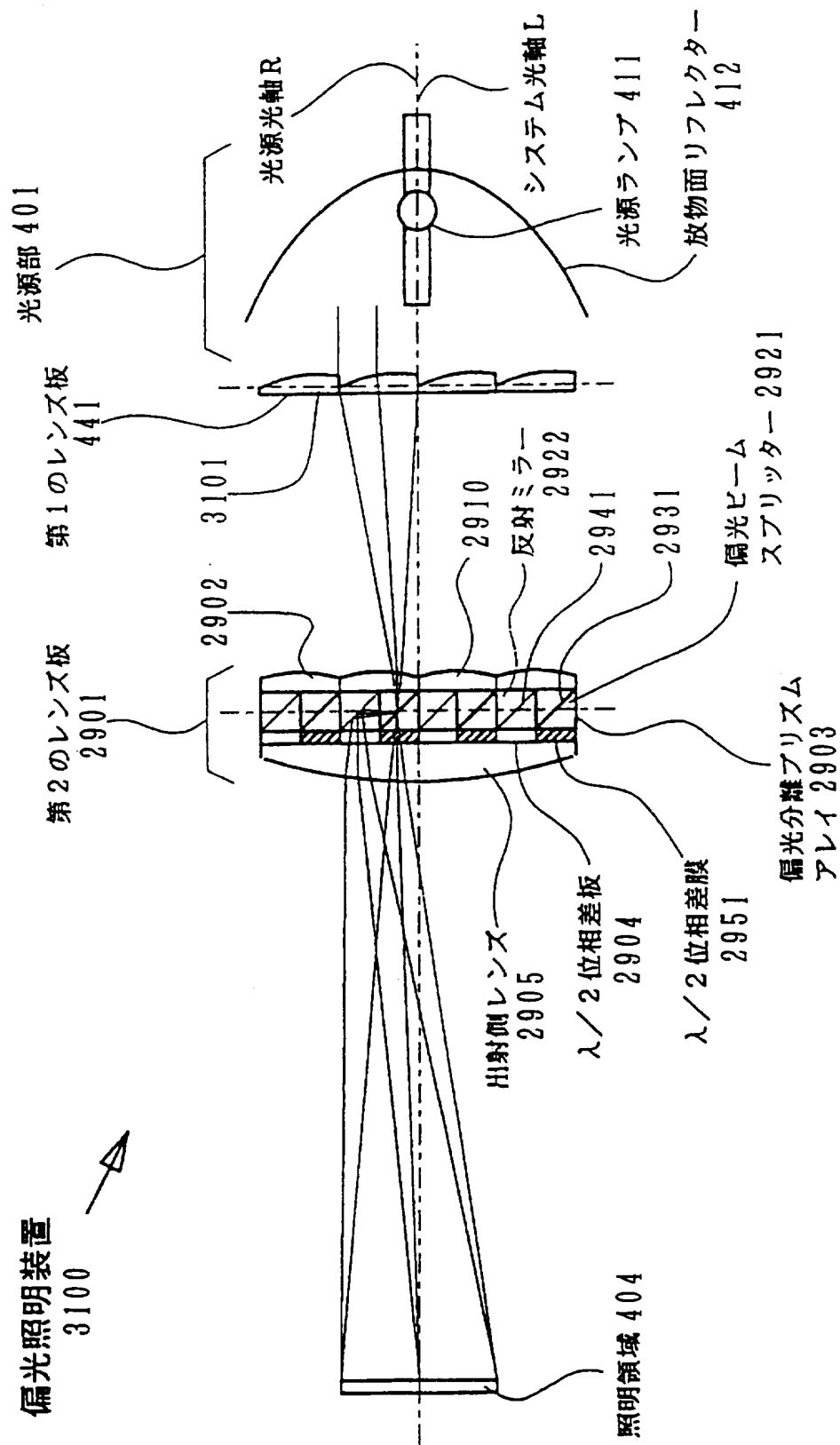
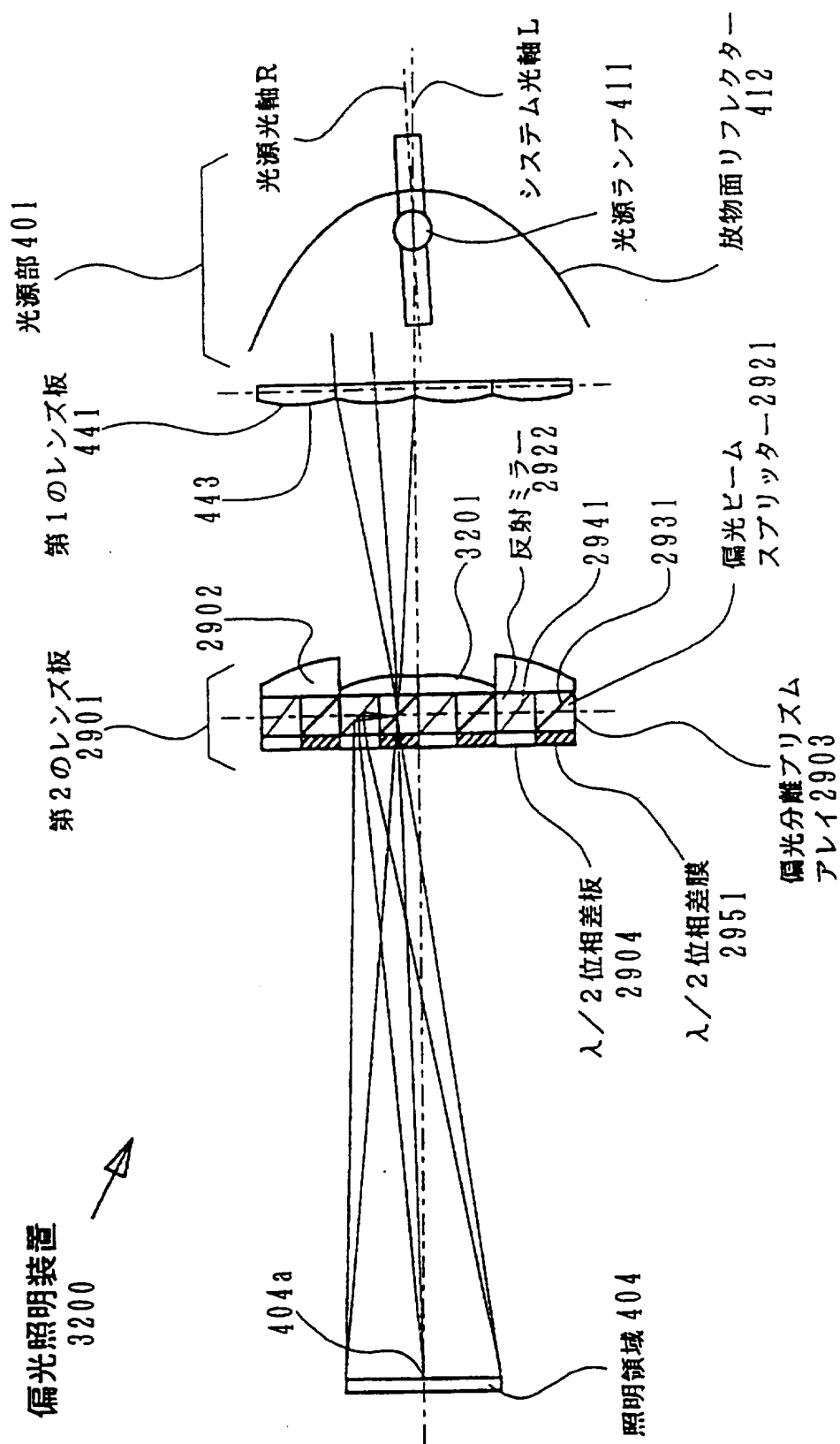


図 32

(実施例 25)

偏光照明装置

3200



3
3
☒

(実施例 26)

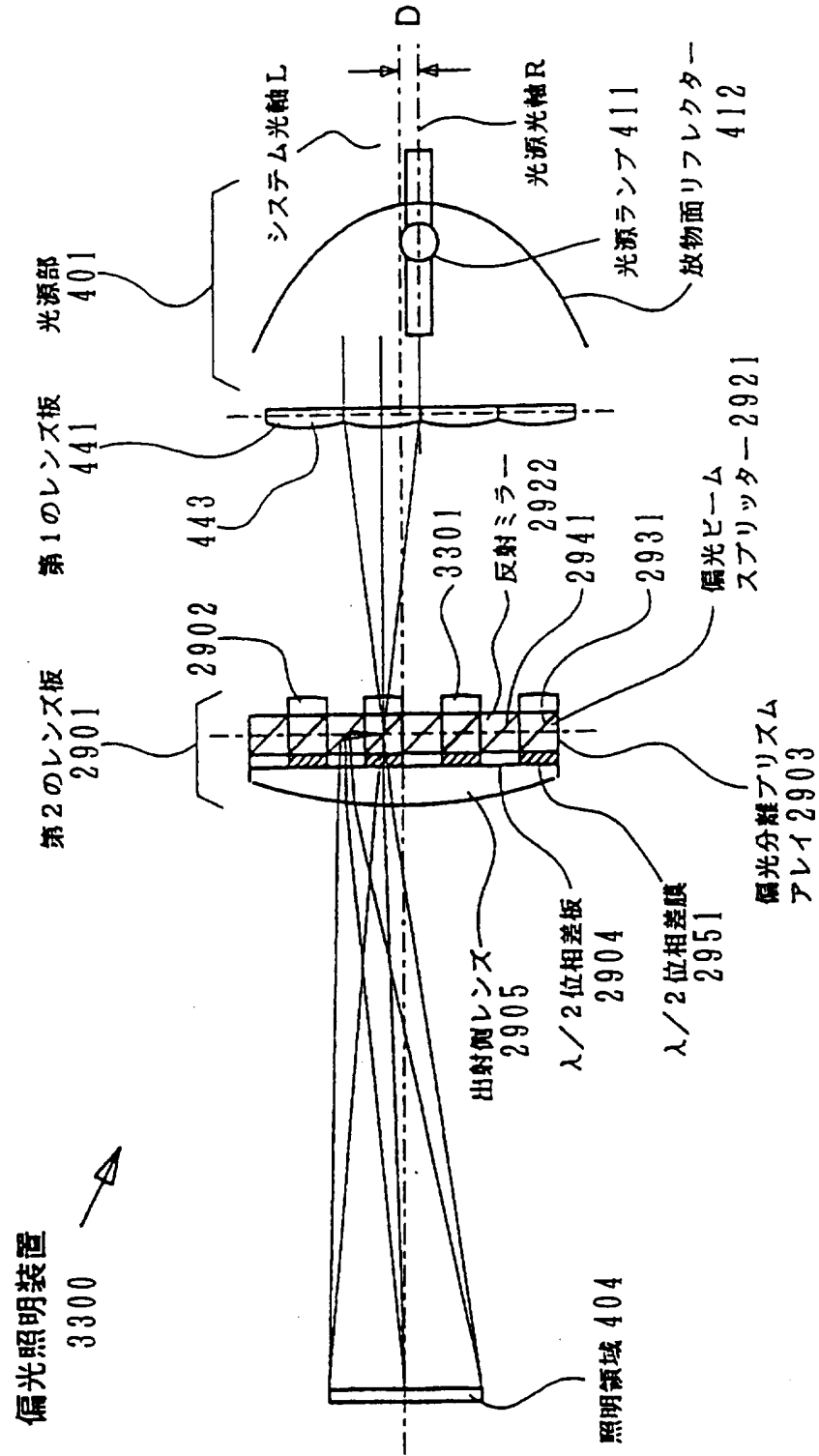
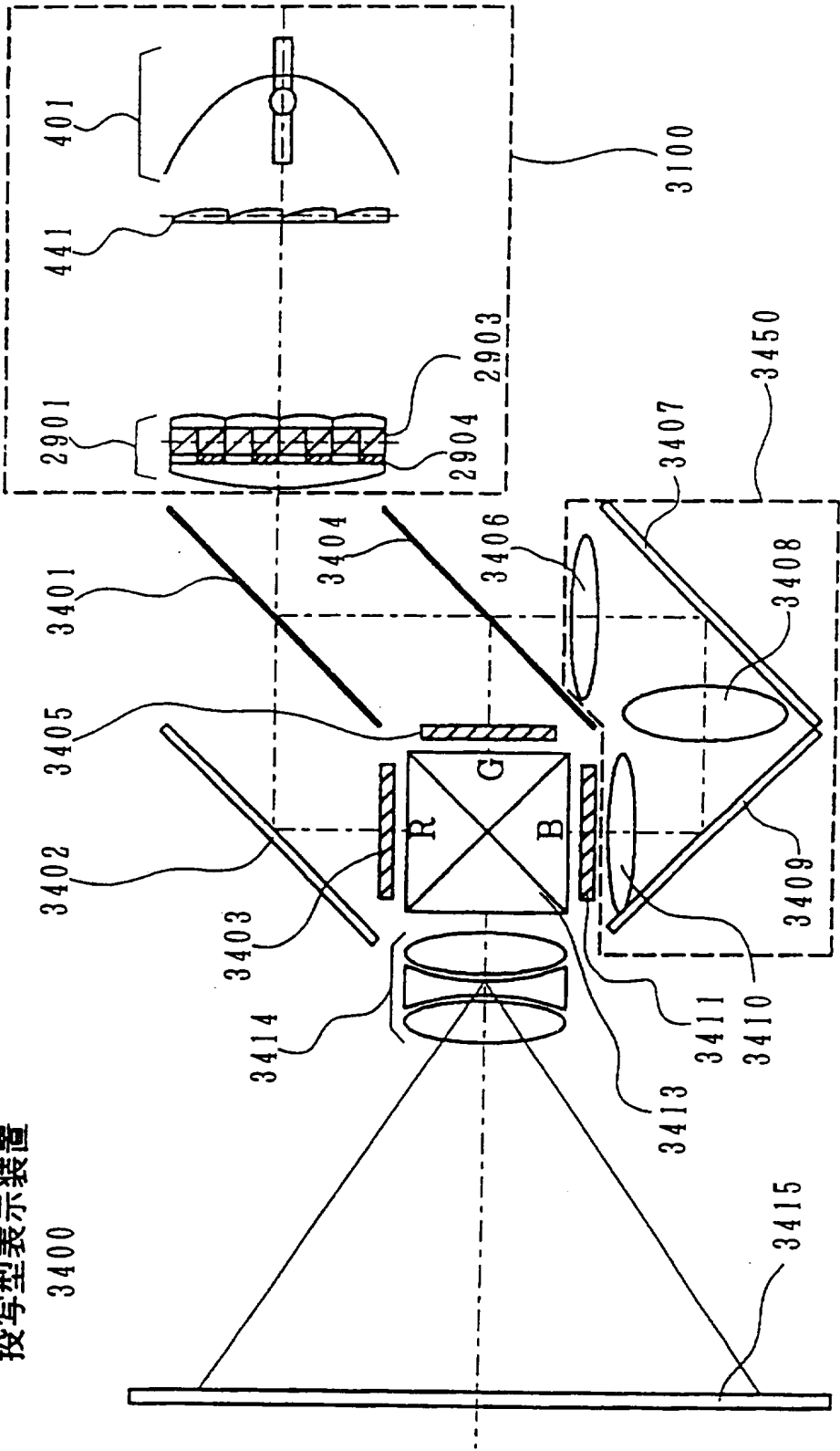


图 3 4

投写型表示装置

3400



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/01448

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ G02B27/28, G02F1/13, G02F1/1335

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. Cl⁶ G02B27/28, G02F1/13, G02F1/1335

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

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1995

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1995

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.
Y A	JP, 6-289387, A (Seiko Epson Corp.), October 18, 1994 (18. 10. 94) (Family: none)	1, 3-5, 15, 16, 18 2, 6-14, 17, 19-23
Y	JP, 2-128103, U (Citizen Watch Co., Ltd.), October 23, 1990 (23. 10. 90), Figs. 1, 4 (Family: none)	1, 3, 15, 16, 18
Y	JP, 5-196891, A (Asahi Kogaku Kogyo K.K.), August 6, 1993 (06. 08. 93), Paragraph 11, Fig. 4 (Family: none)	4, 5

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

September 14, 1995 (14. 09. 95)

Date of mailing of the international search report

October 3, 1995 (03. 10. 95)

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. Cl.⁸ G 0 2 B 2 7 / 2 8 , G 0 2 F 1 / 1 3 , G 0 2 F 1 / 1 3 3 5

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. Cl.⁸ G 0 2 B 2 7 / 2 8 , G 0 2 F 1 / 1 3 , G 0 2 F 1 / 1 3 3 5

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 1926-1995年

日本国公開実用新案公報 1971-1995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 *	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
Y A	JP, 6-289387, A (セイコーエプソン株式会社), 18. 10月. 1994 (18. 10. 94) (ファミリーなし)	1.3-5 15.16.18 2.6-14, 17.19-23
Y	JP, 2-128103, U (シチズン時計株式会社), 23. 10. 1990 (23. 10. 90), 第1図, 第4図 (ファミリーなし)	1.3.15. 16.18

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。

☐ 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

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、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

14. 09. 95

国際調査報告の発送日

03.10.95

名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100

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)

瀬川 勝久

2 K 9 1 2 0

電話番号 03-3581-1101 内線

3254

C (続き). 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
Y	JP, 5-196891, A (旭光学工業株式会社), 6. 8月. 1993 (06. 08. 93), 段落 11, 第 4 図 (ファミリーなし)	4, 5