

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5575894号
(P5575894)

(45) 発行日 平成26年8月20日 (2014. 8. 20)

(24) 登録日 平成26年7月11日 (2014. 7. 11)

(51) Int. Cl.

F I

G O 3 B 21/14 (2006. 01)

G O 3 B 21/14 Z

G O 3 B 21/00 (2006. 01)

G O 3 B 21/00 F

G O 2 B 5/30 (2006. 01)

G O 2 B 5/30

H O 4 N 13/04 (2006. 01)

H O 4 N 13/04

G O 2 B 27/26 (2006. 01)

G O 2 B 27/26

請求項の数 3 (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-520595 (P2012-520595)
 (86) (22) 出願日 平成22年7月13日 (2010. 7. 13)
 (65) 公表番号 特表2012-533767 (P2012-533767A)
 (43) 公表日 平成24年12月27日 (2012. 12. 27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/001965
 (87) 国際公開番号 W02011/008268
 (87) 国際公開日 平成23年1月20日 (2011. 1. 20)
 審査請求日 平成25年6月26日 (2013. 6. 26)
 (31) 優先権主張番号 12/502, 426
 (32) 優先日 平成21年7月14日 (2009. 7. 14)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 590000846
 イーストマン コダック カンパニー
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ
 スター ステート ストリート 343
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 シルバーステイン バリー ディー
 アメリカ合衆国 ニューヨーク ロチェス
 ター ステート ストリート 343
 (72) 発明者 ビートリー ジョセフ レイモンド
 アメリカ合衆国 ニューヨーク ロチェス
 ター ステート ストリート 343
 (72) 発明者 メッツガー ロバート
 アメリカ合衆国 ニューヨーク ロチェス
 ター ステート ストリート 343
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回動多部分ディスクを有する立体像投射機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 偏光状態の偏光照明光を随時生成する光源サブシステムと、

その偏光照明光の光路上にあり、径方向に沿い外寄りに透光部及び遮光部、内寄りに反
 射部及び透光部が互い違いに現れており、且つその内寄り反射部が外寄り透光部に連なる
 回動多部分ディスクを用い、偏光照明光から第 1 及び第 2 光ビームを交番的に生成するビ
 ーム分割サブシステムと、

第 1 及び第 2 光ビームのうち一方の光路上にあり、そのビームの偏光状態を第 1 偏光状
 態からそれと全く又はほぼ直交する第 2 偏光状態へと回転させる偏光回転器と、

第 1 光ビームと第 2 光ビームを結合することで結合光ビームを生成する光結合サブシ
 ステムと、

立体像データに従い結合光ビームを変調することで、結合光ビームを形成する照明光の
 うち第 1 偏光状態のものから第 1 変調像、第 2 偏光状態のものから第 2 変調像を生成する
 空間光変調器と、

第 1 及び第 2 変調像を表示面上に投射する投射サブシステムと、

を備えるデジタル立体像投射機。

【請求項 2】

請求項 1 記載のデジタル立体像投射機であって、上記内寄り透光部を透過した偏光照
 明光が第 1 光ビーム、上記内寄り反射部で反射され上記外寄り透光部を透過した偏光照
 明光が第 2 光ビームとなるデジタル立体像投射機。

10

20

【請求項 3】

請求項 1 記載のデジタル立体像投射機であって、コヒーレンス偽像が低減されるよう上記回動多部分ディスクの一部又は全体に亘り模様が付されたデジタル立体像投射機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はデジタル立体像投射機、特に偏光固体レーザー光源を用いるデジタル立体像投射機及び方法の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

画像を三次元（3D）的な立体像として知覚させる高画質な立体像投射機を実現することへの期待がますます強まっている。大劇場に集う観客に豊かな視覚体験を提供したいからである。映画館、テーマパーク等の場で3D投射を行うエンターテインメント企業も数多くあり、そうした場での3D投射には主にフィルム媒体が使用されている。フィルム媒体を使用した3D投射に際しては、左目用フィルムを左目用投射機、右目用フィルムを右目用投射機に装填し、偏光を用い左目像と右目像を同時に投射する。左目像投射用の偏光は右目像投射用の偏光に対し直交する偏光状態を呈するものである。観客には偏光眼鏡、即ち左目像用偏光を左目へと通すが右目には通さず且つ右目像用偏光を右目へと通すが左目には通さない眼鏡を着用させる。

【0003】

他方、映画産業では映写のデジタル化も進行しており、アイマックス社等の業者からは、二系統の投射機を用いた高画質デジタル立体像投射機が継続的に提供されている。しかし、より一般的なものは、旧来型画像投射機をベースに立体像投射機を実現しようというアプローチである。

【0004】

旧来型画像投射機をベースにカラーデジタル立体像投射機を実現するアプローチのなかで最も見込みのあるのは、画像生成デバイスとして空間光変調器（SLM）を使用するものである。大別して二種類あるSLMのうち一種類目は、米国テキサス州ダラス所在のテキサス・インスツルメンツ社によって開発されたDLP（デジタル光プロセッサ；登録商標；以下注記省略）である。DLPはデジタルマイクロミラーデバイス（DMD）の一種であり、既に幾種類かのデジタル投射機で使用されているほか、特許文献6～8（発明者：いずれもHornbeck）を含め数多くの特許文献に記載されている。

【0005】

図1に、DLP型SLMを用いる画像投射機10の概略ブロック構成を示す。この構成では、光源12からの多色無偏光をプリズムアセンブリ14、例えばフィリップス（登録商標；以下注記省略）プリズムに入射させることで、その波長域に従い赤（R）、緑（G）、青（B）各色の成分に分割する。各色成分に対応するSLM20r、20g、20bに送られそこで変調された光はプリズムアセンブリ14内で再結合され、1本の無偏光ビームとなって投射レンズ29からスクリーン等の表示面へと出射される。

【0006】

こうしたDLP式画像投射機は、優れた光スルーput、コントラスト比及び色域を実現できデスクトップ表示から大画面上映に至る諸用途での要請に応えうる反面、実現できる解像度が生来的に低く現状では高々2148×1080画素に留まっている。更に、その部品コスト及びシステムコストが高いため、デジタル映画を高画質投射する用途では使用しても割に合わないことが多い。加えて、フィリップスプリズム等のビーム再結合プリズムが高価、大型、重量且つ複雑で、それを用い高輝度投射を行うのに長作動距離で高速な投射レンズが必要とされることも、DLP式投射機の普及や使用を妨げる重大な制約となっている。

【0007】

デジタル投射機で使用できる二種類目のSLMは液晶デバイス（LCD）である。L

10

20

30

40

50

C Dは、入射光の偏光状態を画素選択的に変調可能なデバイスであるため、一群の画素からなる画像の生成に使用することができる。その大型化、デバイス歩留まり向上及び解像度向上が比較的容易であるため、LCDは高画質デジタル映写向けのSLMと目されている。ソニー株式会社や日本ビクター株式会社では、その解像度が4096×2160画素のLCDも製造されている。特許文献12（発明者：Shimomura et al.）等には、LCD型SLMを用いる電子式画像投射機の例が記載されている。液晶オンシリコン（LCOS）LCDのように、大画面画像投射向けと目されているものもある。とはいえ、LCDでは、デジタル映写に際し課される高画質条件、特に色及びコントラスト比に関するそれを維持し続けるのが難しい。これは、高輝度投射時に作用する強い熱負荷で、その素材の偏光品質が低下するためである。

10

【0008】

これら、DLP、LCOS-LCD等のマイクロ画像生成デバイスを用い立体像を生成する旧来の手法は、左目用コンテンツ及び右目用コンテンツの分別提供形態に従い二種類に大別することができる。一種類目は、ほとんど普及していないがドルビー・ラボラトリ・ズ社等で採用されている色空間分離法である。特許文献8（発明者：Maximus et al.）等に記載の通り、この手法では、個々の基本色帯域を複数のスペクトル群に分けると共に、白色光照明サブシステム内に設けたフィルタを用い、それらスペクトル群を同じフレーム周期内の相異なる時期に阻止させる。例えば、RGB各波長域内の左目用短波長寄りスペクトル群を阻止する期間と、RGB各波長域内の右目用長波長寄りスペクトル群を阻止する期間とを、同一フレーム周期内で交互に発生させる。次いで、色調整が施された立体像コンテンツのうち左目用のものを左目用変調器、右目用のものを右目用変調器に供給する。観客には対応の眼鏡、即ちRGB各波長域内の長波長寄りスペクトル群及び短波長寄りスペクトル群をフィルタに同期し交互に通す眼鏡を装着させる。こうした色空間分離法は、幾つかの点で光偏光法による画像投射に優っている。例えば、大抵のスクリーン上に画像を投射でき、割高な偏光保持性スクリーンが不要なことである。その反面で短所も抱えている。使用する眼鏡が高価なこと、見る方向、身じろぎ、首傾げ等によって視認画質が低下すること、そして色空間の調整が難しくフィルタリングで多大な光損失が生じることである。多大な光損失を補うには大出力ランプが必要であり、そうしなければ画像輝度が低下してしまう。

20

【0009】

二種類目の立体像生成手法は光偏光法である。特許文献26（発明者：Svardal et al.）等に記載の例では、その偏光状態が互いに直交する二通りの偏光を、互いに別のSLMを経て表示面へと同時に射出させている。観客には、その偏光透過軸が左目・右目間で直交する偏光眼鏡を装着させる。この手法は、光の利用効率が高いものの割高な手法である。ことに、個々の色帯域毎にSLMを設けねばならない構成の投射機ではそうである。

30

【0010】

光偏光法の別例としては、米国カリフォルニア州ビバリーヒルズ所在のリアルディー社によって実用化された手法、即ち偏光状態を高速交番させつつ光を変調して投射対象画像を生成する形態へと旧来型画像投射機を改良する手法がある。この手法に基づくDLP式画像投射機を実現するに当たっては、偏光器等を射出光軸上の所要位置、具体的には図1中に破線で示した位置16に配置する必要がある。偏光器が必要になるのは、DLPの構成上、一般に無偏光状態で入射される光の偏光状態を維持できないからである。DLPパッケージには応力誘起複屈折をもたらす窓があるので、偏光器がないと、そこで入射光の偏光状態に変化が生じてしまう。位置16には、その偏光器に後続するよう無色偏光切替器、例えば特許文献4（発明者：Robinson et al.）に記載のものを配置する必要もある。無色偏光切替器を用いその偏光状態が直交二状態間、例えば二通りの直線偏光状態で交番的に変わる光を使用することで、左目像及び右目像を光偏光法に従い提供することができる。観客には、投射される左目像及び右目像を然るべく捉える偏光眼鏡を装着させる。

40

50

【 0 0 1 1 】

リアルディー社のシステムでは伝統的に左旋円偏光及び右旋円偏光が使用されているので、その偏光眼鏡としては、 $1/4$ 波長リターダに偏光器を付加したもの、即ち円偏光を直線偏光に変換してから偏光状態毎の交替的阻止に供する仕組みのものが使用される。こうしたシステムは首傾げの影響を受けにくく、またその無色偏光切替器も容易に製造可能である。反面、単なる偏光器ではないため、使用する偏光眼鏡が割高になってしまう。また、二例掲げた光偏光法のいずれでも、入射してくる画像担持光の偏光状態が実質的に変化しないタイプの表示スクリーン、例えばシルバー加工されたものを使用する必要がある。同じく、いずれも微細電気機械システム(MEMS)型のシステムで光偏光法を実施しているので、非立体像投射機に比べ光の活用量が $1/2$ になり、光損失が多大になってしまう。偏光切替器を使用する例では、大きな偏光切替器と併せ位置決め手段を準備し、画像投射機の前部にそれを実装する費用も発生する。そのやり方には、改良対象となる様々な画像投射機に対応できるよう柔軟性を持たせる必要がある。可視波長域のほぼ全域にて波長によらず光のリターダンスが一定になるよう構成する必要があることも、偏光切替器の構成が複雑になる原因となっている。この性能を欠く偏光切替器では、画像が別の目に届くクロストークが顕著になって、投射される立体像の質が低下する可能性がある。こうしたクロストークは、ときとして、観客の心身に影響を及ぼす。従って、どちらかといえば、その出射光が既に偏光している点で、LCOS-LCD式画像投射機の方が優れている。

10

【 0 0 1 2 】

照明効率に関わる未解決問題もある。エタンデュ、別称ラグランジュ不変量に係るものである。光学分野で周知の通り、エタンデュは光学系で扱える光量に係る量であり、一般にはその値が大きいほど明るい像が得られる。エタンデュの値は二種類の特性値の積、即ち像面積と数値開口との積に比例する。図2に、光源12、光学系18及びSLM20のみからなる単純な装置を示す。こうした装置では、光源側エタンデュが光源側像面積 A_1 と光源出射角の値域 θ_1 との積で表される。秀逸な装置であれば、これは、SLM面積 A_2 とSLM入射角の値域 θ_2 との積たるSLM側エタンデュに等しくなる。輝度を高めるには光源12からできるだけ多くの光を捉えるべきであるので、一般に、秀逸な装置とするには光源・SLM間でエタンデュの差をできるだけなくすることが必要になる。

20

【 0 0 1 3 】

まず、光源から得られる光量を増すには、多くの光を捉えようその光学系の数値開口を増すか、広範囲から光がもたらされるよう光源側像面積を増す必要がある。こうすると光源側エタンデュが増すが、SLM側エタンデュが光源側エタンデュ以上なら光源側エタンデュの大きさを活かすことができる。しかし、光源側像面積を増すと一般に光学部品及び周辺部品が高価化、大型化する。シリコン基板の価格や欠陥発生確率が大型化につれて増すため、LCOS-LCD型SLMやDLP型SLMではことにそうである。エタンデュの増大は光学系の複雑化や高価化にもつながりやすい。例えば、特許文献13(発明者: Sprottery et al.)に概述されている光学系では、レンズ素子のエタンデュを大きくすることが求められる。それは、系内光学系で収束させるべき光の光源側像面積が、RGB各色光路上に存するSLMの合計面積になるためである。これは、最終的に生じるカラー像の三倍にも上る。この文献のように、収束させるべき光の光路がRGB別の構成では、系内レンズ部品を、大きな像面積を扱える大エタンデュ部品とせざるを得ない。しかも、同文献に記載の構成では、光路1本当たりの光強度が全体の $1/3$ に過ぎないため、最終的に生じるカラー像の面積に比し三倍の像面積を扱えるのに、輝度向上のメリットを享受することができない。

30

40

【 0 0 1 4 】

次に、光源側エタンデュとSLM側エタンデュをできるだけ一致させる必要があるのは、そうしないと効率が低下するからである。仮に、エタンデュの一致度が貧弱だと、光学系が光枯渇してSLMに十分な量の光を入射させ得なくなるか、変調用に生成された光が不効率にもかなり捨てられてしまうこととなる。

50

【 0 0 1 5 】

デジタル映写機に求められる輝度をリズナブルなシステムコストで実現する、という課題も、LCD式投射機やDLP式投射機的设计者にとって悩みの種である。この点で問題となるのは、LCD式投射機の場合、偏光が必要であるため低効率且つ大エタンデュとなり、偏光回復技術を適用しても十分な輝度が得られない点である。DLP式投射機の場合は、偏光を必要としないので若干高効率だが、高価で短命なランプや高価な光学系が必要で、旧来の映写機と競うには高価すぎる点が問題になる。

【 0 0 1 6 】

ハイエンドな旧来型フィルム式映写機に劣らない性能でいわゆる電子映写乃至デジタル映写を行えることも求められる。そのためには、ハイエンドなフィルム式投射機と比肩しうる輝度での映写を行えるようデジタル映写機を構成する必要がある。使用されるスクリーンの種類により5000～40000ルーメンといった幅が生じるが、一般的な映画館で使用される40フィート対角級スクリーンへの映写には10000ルーメン級の光束での投射が求められよう。しかも、この最低輝度条件を満たすだけでは足りず、2048×1080画素以上の高解像度、2000：1程度のコントラスト比、並びに広い色域を実現することも求められる。

【 0 0 1 7 】

これまでに提案されているデジタル映写機のなかには、こうした性能条件を充足するものもあるが、その装置価格や稼働費用が高むことが障害となっている。具体的には、当該性能条件を満たす映写機の価格が一般に50000米ドル超になること、その映写機で使用される大出力キセノンアークランプを500～2000時間毎に交換する必要があること、その交換毎に往々にして1000米ドル超の費用がかかることである。キセノンアークランプのエタンデュが大きく、従って光源からの集光及びその投射に高速な光学系が必要なことも、コストや複雑さに重大な影響を及ぼしている。

【 0 0 1 8 】

DLP型SLM及びLCOS-LCD型SLMに共通する問題点としては、固体光源例えば固体レーザ光源との併用が難しい、という点がある。固体光源には、他種光源に比べスペクトル純度や最高輝度が高いという長所があるが、従来通りの手法ではそれを活かすことができない。即ち、旧来の集光、転向及び各色ビーム結合方法及び装置を使用する構成のデジタル投射機では、レーザ光源に備わる長所を存分に活かすことができない。

【 0 0 1 9 】

固体レーザ光源には、エタンデュや寿命が良好で、全体としてスペクトル安定性や輝度安定性が高いという長所がある。近年では、デジタル映写に適した輝度、適したコストで可視光を輻射できるようになっている。開発が進み市販に至ったレーザ光源アレイのなかには、デジタル映写機用光源として使用できそうなものもある。しかし、一色当たり9個以上のアレイを使用しないと必要な輝度を得ることができない。

【 0 0 2 0 】

また、レーザ光源アレイのなかで投射機用と目されているものの一つは種々の垂直共振器面発光レーザ(VCSSEL)アレイである。その例としては、垂直外部共振器面発光レーザ(VECSSEL)アレイや、米国カリフォルニア州サニービル所在のノバラックス社で製造されているNECSSEL(ノバラックス外部共振器面発光レーザ；登録商標；以下注記省略)アレイを掲げることができる。しかし、従来手法をこれらに適用すると様々な問題が発生する。その一つはデバイス歩留まり上の制約である。例えば、市販のVECSSELアレイが長尺且つ狭幅で、輻射部の配置行数が一般に二行であるのは、密に配置すると熱が逃げにくくなって繊細な構成部材に影響が生じるため、即ち三行以上にするとデバイス歩留まりが劇的に低下するためである。加えて、既存のVECSSELアレイでは給電及び放熱に関する問題も生じる。この種のアレイがハイパワーなためである。例えば、単一行型のNECSSELアレイを並べて二行にした構成では、その有効光出力が3W超にもなりうる。そのため、発光につながらない電流やその電流による熱負荷を厳しく制限しないと、温度を十分安定させることができず寿命やビーム品質がひどく損なわれてしまう。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

そして、投射機におけるレーザ光源の使用については、これまでの提案では十分に考慮されていない問題点が残っている。例えば、多くの映画館で必要とされる10000ルーメンの光束を提供するには、2行×24列型のNECSELアレイを9個程度使用する、といった工夫をする必要がある。その際、アレイ同士を密に配置すると、熱に敏感な光学系基幹部に対する信号及び電力の供給並びにそこからの放熱がうまくいかず、投射機の性能を十分に発揮することができなくなる。さりとて、旧来型の端発光レーザダイオードを初めとする他種レーザ光源をアレイ化するのは更に難しいし、輝度を高めると寿命が縮まることが従来から指摘されている。

【 先行技術文献 】

10

【 特許文献 】

【 0 0 2 2 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第2002/0114057号明細書

【 特許文献 2 】 米国特許出願公開第2002/0196414号明細書

【 特許文献 3 】 米国特許出願公開第2006/0023173号明細書

【 特許文献 4 】 米国特許出願公開第2006/0291053号明細書

【 特許文献 5 】 米国特許出願公開第2007/0127121号明細書

【 特許文献 6 】 米国特許第4441791号明細書

【 特許文献 7 】 米国特許第5535047号明細書

【 特許文献 8 】 米国特許第5600383号明細書

20

【 特許文献 9 】 米国特許第5704700号明細書

【 特許文献 10 】 米国特許第5719695号明細書

【 特許文献 11 】 米国特許第5798819号明細書

【 特許文献 12 】 米国特許第5808795号明細書

【 特許文献 13 】 米国特許第5907437号明細書

【 特許文献 14 】 米国特許第5914818号明細書

【 特許文献 15 】 米国特許第5918961号明細書

【 特許文献 16 】 米国特許第5930050号明細書

【 特許文献 17 】 米国特許第6008951号明細書

【 特許文献 18 】 米国特許第6010121号明細書

30

【 特許文献 19 】 米国特許第6062694号明細書

【 特許文献 20 】 米国特許第6089717号明細書

【 特許文献 21 】 米国特許第6240116号明細書

【 特許文献 22 】 米国特許第6445487号明細書

【 特許文献 23 】 米国特許第6600590号明細書

【 特許文献 24 】 米国特許第6625381号明細書

【 特許文献 25 】 米国特許第6747781号明細書

【 特許文献 26 】 米国特許第6793341号明細書

【 特許文献 27 】 米国特許第6950454号明細書

【 特許文献 28 】 米国特許第6975294号明細書

40

【 特許文献 29 】 米国特許第7052145号明細書

【 特許文献 30 】 米国特許第7116017号明細書

【 特許文献 31 】 米国特許第7244028号明細書

【 特許文献 32 】 米国特許第7296987号明細書

【 特許文献 33 】 国際公開第WO2002/031575号パンフレット

【 特許文献 34 】 特開2002-323675号公報

【 特許文献 35 】 特開2002-344050号公報

【 非特許文献 】

【 0 0 2 3 】

【 非特許文献 1 】 "High Power Extended Vertical Cavity Surface Emitting Diode Lase

50

rs and Arrays and Their Applications", by Aram Mooradian et al., Micro-Optics Conference, Tokyo, November 2, 2005

【非特許文献2】"Speckle Phenomena in Optics : Theory and Applications", by Joseph W. Goodman (Roberts & Company Publishers, Greenwood Village, CO, 2007

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0024】

ここに、前述の通り、エタンデュが大きな光学系は複雑且つ高価なものになることが多い。一般に、最善の性能及び最小のコストが両立するのは、エタンデュが小さく且つ光源・SLM間でその値がよく一致している場合である。しかし、旧来型立体像投射機のうち光偏光法によるものでは、使用する偏光状態間で同じ光路が投射に使用されるため、そのエタンデュがおおよそ倍の値になる。従って、光偏光法に従い左目像及び右目像を別々に生成する仕組みの立体像投射機を、従来より小さなエタンデュで実現することが望まれている。

10

【0025】

即ち、エタンデュが小さく輝度が高いカラー立体像投射機を固体光源を用い実現し、旧来の方式では実現できなかった映画向け又はそれに近い性能及び輝度を実現することが求められている。

【課題を解決するための手段】

【0026】

20

本発明の目的は、MEMS型デジタルSLM、例えばDLP等のマイクロ画像生成デバイスを用いた立体像投射機に関し、上掲の課題を解決することである。この目的に鑑み、本願では、

第1偏光状態の偏光照明光を随時生成する光源サブシステムと、

その偏光照明光の光路上にあり、径方向に沿い外寄りに透光部及び遮光部、内寄りに反射部及び透光部が互い違いに現れており、且つその内寄り反射部が外寄り透光部に連なる回動多部分ディスクを用い、偏光照明光から第1及び第2光ビームを交差的に生成するビーム分割サブシステムと、

第1及び第2光ビームのうち一方の光路上にあり、そのビームの偏光状態を第1偏光状態からそれと全く又はほぼ直交する第2偏光状態へと回転させる偏光回転器と、

30

第1光ビームと第2光ビームを結合することで結合光ビームを生成する光結合サブシステムと、

立体像データに従い結合光ビームを変調することで、結合光ビームを形成する照明光のうち第1偏光状態のものから第1変調像、第2偏光状態のものから第2変調像を生成するSLMと、

第1及び第2変調像を表示面上に投射する投射サブシステムと、

を備えるデジタル立体像投射機を提案する。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、光源・SLM間でエタンデュをより好適に一致させることができる。

40

【0028】

本発明によれば、光源を周期的にオンオフさせることなく、その偏光状態が異なる複数種類の光ビームを単一光源で発生させることができる。

【0029】

また、本発明によれば、それら二種類の偏光状態間で光出力を好適にバランスさせうる簡便な機構を提供することや、当該偏光状態間の遷移に必要な時間を短縮することができる。

【0030】

更に、本発明によれば、光偏光法に従い左目像及び右目像を個別生成する仕組みの立体像投射機を、小エタンデュ光学系を使用し実現することができる。

50

【 0 0 3 1 】

そして、本発明によれば、繊細な系内部品に作用する熱負荷を抑えることができる。

【 0 0 3 2 】

加えて、本発明によれば、熱負荷及びゴーストを減らすと同時に輝度及びコントラスト比を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 3 】

【図 1】各色ビーム同士をプリズムで結合させる従来型投射機を示す模式的ブロック図である。

【図 2】光学系におけるエタンデュの概念を示す図である。

10

【図 3 A】固体光源アレイ・照明光結合器間関係の例を示す平面図である。

【図 3 B】フィルファクタが異なる別例を示す平面図である。

【図 4】照明光結合器を備える立体像投射機の全体構成を示す模式的ブロック図である。

【図 5】別々の固体光源アレイに発した偏光照明光ビーム同士を結合させ共通の照明光路上に出射する照明光結合器を示す模式的側面図である。

【図 6】図 5 に示した照明光結合器の斜視図である。

【図 7 A】別々の固体光源アレイ群に発した偏光照明光ビームを偏光ビームスプリッタで共通の光路上に出射させる照明光結合器の一例に関し、ある偏光状態に係る動作を示す模式的側面図である。

【図 7 B】同じ例の照明光結合器に関し、直交する別の偏光状態に係る動作を示す模式的側面図である。

20

【図 8】立体像投射時の偏光状態交番タイミングを示すタイミングチャートである。

【図 9 A】別々の固体レーザ光源アレイに発した照明光ビーム同士を結合させる光轉向プリズムの一例を示す模式的側面図である。

【図 9 B】図 9 A に示した光轉向プリズムの斜視図である。

【図 1 0】光轉向プリズムの別例を示す模式的側面図である。

【図 1 1】互いに別の偏光状態で照明光を出射する固体レーザ光源アレイ群毎に都合 2 個の光轉向プリズムを使用する例を示す模式的側面図である。

【図 1 2】入射面を複数個有する光轉向プリズムの例を示す模式的側面図である。

【図 1 3】図 1 2 に示した光轉向プリズムを光の偏光状態毎に備える照明光結合器を示す模式的側面図である。

30

【図 1 4】図 1 2 に示した光轉向プリズムを用い且つ光導波路無しで偏光照明光を交番投射する投射機を示す模式図である。

【図 1 5】図 1 4 に示した投射機に広帯域電子式偏光回転器を付加した構成の立体像投射機を示す模式図である。

【図 1 6】図 1 4 に示した投射機に色帯域別電子式偏光回転器を付加した構成の立体像投射機を示す模式図である。

【図 1 7】単一画素変調器及びその回動軸を示す斜視図である。

【図 1 8】相直交する偏光状態の光を交番出射させるシャッタ付照明光結合器を示す模式図である。

40

【図 1 9 A】ある部分への入射光を反射させ他の部分への入射光を透過させるシャッタの前面図である。

【図 1 9 B】その側面図である。

【図 2 0】光の偏光状態を変換することでその偏光状態が直交二状態間で交番する光を生成する回収式照明光結合器を示す模式図である。

【図 2 1】図 2 0 に示した回収式照明光結合器の別例を示す図である。

【図 2 2】図 2 1 に示した回収式照明光結合器を用い偏光状態を直交二状態間で交番させる立体像投射機を示す模式図である。

【図 2 3】透光部及び遮光部が交互に形成されたシャッタディスクを示す図である。

【図 2 4】ある半サイクルにおけるビーム分割サブシステム内光挙動を示す模式図である

50

。【図 2 5】他の半サイクルにおけるビーム分割サブシステム内光挙動を示す模式図である。

。【図 2 6】そのビーム分割サブシステムを介し出射される光の偏光状態を示すタイミングチャートである。

【図 2 7】立体像投射機の一例構成を示す模式図である。

【図 2 8 A】吸光素子付多部分ディスクの例を示す図である。

【図 2 8 B】そのディスクから出射される光の偏光状態が二状態間で交番する様子を示す図である。

【図 2 9】反射素子がビーム結合サブシステムの機能を担う実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、本件技術分野で習熟を積まれた方々（いわゆる当業者）が上述のものを含め本発明の構成及び効果を一読で理解できるよう、別紙図面を参照しつつ本発明の実施形態に関し詳細に説明する。本発明の構成要素については別紙特許請求の範囲中で端的に定義されているが、以下の説明を別紙図面と併せ参照した方がより好適に理解できるであろう。その説明の対象は、本発明に係る装置を構成する部材及び本発明に係る装置に密接に関連する部材に絞ることとする。具体的な説明や図示のない部材については、いわゆる当業者にとり周知の諸形態を採りうるものと了解されたい。図示及び説明は本発明の動作原理を示すためのものであり、実物の寸法乃至その比率に忠実なものとは限らない。諸実施形態で使用されるレーザ光源アレイの寸法が小さいことから、その基本構造、形状及び動作原理がわかるよう若干強調が施されている。諸実施形態の説明で使用する用語のうち、第 1、第 2 等々の用語は、特定の順位乃至優先度を示す趣旨ではなく、複数個ある部材乃至要素間を区別する趣旨で使用されている。

【0035】

以下の説明中で使用する用語のうち、「左目像」とは、立体像投射装置で生成される像のうち観客の左目に届けたい像、「右目像」とは右目に届けたい像のことである。同様に、「第 1 観客像」とは、デュアル観客向け投射機で生成される像のうち第 1 群の観客に見せたい像、「第 2 観客像」とは第 2 群の観客に見せたい像のことである。

【0036】

本発明の諸実施形態によれば、光偏光法に従い左目像及び右目像を個別生成する仕組みの立体像投射機を、小エタンデュ光学系で実現することができる。V E C S E L アレイ等の固体光源アレイから輻射される光の生来的偏光状態を活用することもできる。熱負荷を抑え輝度を高めることもできる。

【0037】

本発明の実施に当たり使用しうる熱負荷抑制法としては、光導波路を用い光源・S L M 間を分離する手法がある。その例は、固体光源アレイ群に発する光を偏光保持性の光導波路に入射し S L M へと送る手法である。この手法を採るに当たっては、光導波路出射開口・S L M 間で形状例えばそのアスペクト比が概ね一致することとなるよう、光源・光導波路間界面の形状を適宜設定するのが望ましい。実際、光導波路出射開口が S L M によって完全に又はほとんど満たされるようにすることで、エタンデュ値を最適値に保つことができる。更に、照明用光学系に課される速度条件も緩和される。図 3 A 及び図 3 B に、光導波路 5 2 に生じる入射開口の断面例を示す。両図では、固体光源アレイ 4 4 にスケール調整を施し、あたかも導波路 5 2 の入射開口上にあるかのように描いてある。まず、図 3 A に示す例では、導波路 5 2 の入射開口が円形であるため、導波路 5 2 の S L M 側端部でエタンデュの一致度が不十分になりやすい。これに対し、図 3 B に示す例では、アレイ 4 4 で十分に満たされる形状へと導波路 5 2 の入射開口が変形されているため、アレイ 4 4 のアスペクト比と導波路 5 2 のそれとが好適に一致することとなる。更に、図示は省略したが、より大きなアレイが実質的に形成されるようアレイ 4 4 を複数個組みあわせる手法もある。これについては後により詳細に説明することとする。

【 0 0 3 8 】

そして、方形コア光ファイバ等の光ファイバを光導波路 5 2 として用いこの手法を適用することもできる。例えば、フィンランド共和国口ホヤ所在のリエッキ社から、光源側アスペクト比に見合った形状の方形コア光ファイバを入手すればよい。

【 0 0 3 9 】

本発明をより好適にご理解頂くには、本発明に係る装置及び方法が稼働する環境について説明するのが有益であろう。図 4 に、本発明を適用しうる画像投射機 1 0 の基本構成を模式的に示す。この投射機 1 0 には、R G B 各基本色に対応し 3 個の光変調アセンブリ 4 0 r , 4 0 g , 4 0 b が設けられている。個々のアセンブリ 4 0 r , 4 0 g , 4 0 b 内では、対応する照明光結合器 4 2 から入射される基本色光がレンズ 5 0 (省略可) 経由で偏光保持性の光導波路 5 2 (省略可) 内に送られ、レンズ 5 0 乃至導波路 5 2 を経た光がレンズ 5 4 経由でインテグレータ 5 1、例えばフライアイインテグレータやインテグレーションバーに送られ、それを経た光が S L M 6 0 で変調される。S L M 6 0 は反射又は回折を通じ光を変調させるデバイス、例えば D L P を初めとする反射型の M E M S デバイスである。この種のデバイスは、個々の画素における偏光状態の操作で光を変調する仕組みを採らないことから、「偏光状態ニュートラル」なデバイスと見なされる。但し、光が M E M S デバイス表面に入射し反射される際に、個々の画素で偶発的な偏光状態変化が生じることがあり得る。反射型 M E M S デバイスを S L M として使用する場合、その度合いはデバイス表面の画素相当部位に対する入射角に依存するので、後述の如く、その S L M に対する光の入射角の調整によって、そうした不要な偏光効果を抑えることができる。本発明を実施するに当たっては、その S L M が、その偏光状態が相直交する二通りの入射光を受け入れうるものでなければならず、またその入射光の偏光状態に応じた偏光状態で光を出射するものでなければならない。入射時偏光状態に対し出射時偏光状態間が角度差を有するものであってもかまわない。

【 0 0 4 0 】

そして、変調された光は投射サブシステム 7 0 によって表示面 8 0 に向け像として投射される。図 4 中、このサブシステム 7 0 が破線で括られているのは様々な形態を採りうるからである。また、この図に示した構成、例えば照明光結合器 4 2 に関わる諸部材は、本発明を実施するに当たり様々に変形することができる。例えば、光変調アセンブリ 4 0 r , 4 0 g , 4 0 b に発する照明光を光導波路 5 2 を介さずインテグレータ 5 1 に直接入射させ、偏光状態ニュートラルな S L M 6 0 を経て投射サブシステム 7 0 内のレンズに偏光を送る形態にすることができる。

【 0 0 4 1 】

図 5 に、別々の固体光源アレイ 4 4 , 4 4 ' に発したビーム同士を結合させアレイを実質的に大規模化する形態の照明光結合器を示す。図 6 に示したのはその斜視外観である。この形態では、ミラー 4 6 を幾つか挿入することでアレイ 4 4 の光軸に対しアレイ 4 4 ' の光軸を揃えている。これにより、レンズ 5 0 に光を送るアレイを実質的に大規模化できるが、熱的及び間隔的な制約が課され固体光源アレイ集積個数が制限されることも自明である。

【 0 0 4 2 】

図 5 及び図 6 に示した形態は、その偏光状態が異なる複数通りの偏光を扱える形態に変形することができる。図 7 A 及び図 7 B にその構成を、図 8 にその作動タイミングを示す。図 8 から読み取れるように、個々の変調アセンブリ 4 0 r , 4 0 g , 4 0 b 内では、二組の偏光レーザ光源アレイを用い発生させた光を、図 4 に示す共通の S L M 4 0 に送る際、生成すべき左目像及び右目像に対応しその偏光状態を直交二状態間で高速交番させる。ここで偏光レーザ光源アレイとして使用されているのは偏光固体レーザ光源アレイ 4 4 a , 4 4 b である。アレイ 4 4 a ・ 4 4 b 間で光の偏光状態が直交することとなるよう、そのうち一方には図 7 A 及び図 7 B の如く半波長板 6 4 が設けられている。照明サイクルのうち図 7 A の如くアレイ 4 4 a が作動する半サイクルでは、発生した偏光が偏光ビームスプリッタ 6 2 で反射される。同照明サイクルのうち図 7 B の如くアレイ 4 4 b が作動す

る他の半サイクルでは、発生した偏光が偏光状態回転を経てスプリッタ62を透過する。これらの偏光に係るビームは次いでレンズ50へと送られる。非立体像投射時には、より明るい像が生じるよう両アレイ44a, 44bからの光を併用してもよいし、個別レーザー光源の寿命がバランスするよう半分のパワーで作動させてもよい。

【0043】

この形態では、その偏光状態が異なる光の送出先が同じ照明光路であり、そのエタンドュが図5に示したチャンネル1個分と同程度に留まる。従って、非立体像投射時には、両偏光状態を像生成に使用し、光源側輝度を実質的に倍化することができる。反面、立体像投射時には、どの時点でも片側の光源しか使用されないため、実質的な輝度が図5に示した形態のそれと同程度に留まる。構成が簡略でありSLM60に送る光の偏光状態を直交二状態間で交番させうるとはいえ、結合光ビームの偏光状態を直交二状態間で判然と切り替えるには、所要周波数帯域全体に亘りレーザー光源を均質に作動させる必要がある。昨今のデジタル映写機では当該帯域が120Hz帯か144Hz帯に設定されるが、この帯域でレーザー光源を作動させると熱的不安定性による不安定なパワー揺らぎが生じることが多い。従って、直交二状態間交番を間接的に、即ち光源側ではなくSLM以降の段で実行することが必要になる場合もある。

【0044】

図9A及び図9Bに、照明光結合器42の一例として、4個ある固体光源アレイ44に発したレーザー光を光転向プリズム30で結合させて狭い範囲に集中させるものの側面及び斜視外観を示す。図9Bに示す如く、アレイ44上には長手方向Lに沿い複数個のレーザー光源26が並んでいる。プリズム30は、そのアレイ44から方向D1に沿い輻射された光が入射する面32、その方向D1に対し略直交する方向D2に沿い進むよう転向された光が出射していく面34、並びに複数個の転向ファセット38を有する転向面36を備えている。転向ファセット38等のファセットは長手方向Lに沿い転向面36上に延設されている。光源26から輻射された光が内部全反射するようファセット38が輻射方向D1に対し傾けられているため、図9A及び図9Bに示した形態では、照明光路ひいてはそれを辿る光のビームをより細くすることができる。

【0045】

この形態は様々に変形することができる。例えば、図10にその立側面を示すように、個々のファセット38でレーザー光源26複数行分の光が転向されるよう、光転向プリズム30における転向ファセット38の寸法を設定するとよい。入射面32を輻射方向D1に対し直交させる必要がないので、光源アレイ44の配列に幾ばくかのずれを持たせることもできる。その際には、プリズム30の屈折率nを考慮に入れる必要がある。

【0046】

図11に、偏光状態交番型照明光結合器42の別形態として、光転向プリズム30を複数個使用し輝度を向上させるもののブロック構成を模式的に示す。この形態では、光源アレイ44a, 44bが図7A及び図7Bを参照して説明した半波長板64及び偏光ビームスプリッタ62と併用されている。アレイ44a, 44bで生じる照明光は、その偏光状態が直交二状態間で交番する光である。その光はレンズ50経由で図4中のSLM60に送られ、立体像の生成に使用される。

【0047】

図12に、照明光結合器42で使用される光転向プリズム30の別形態として、複数個の固体光源アレイを用いる図9A～図10の形態に比べ照明関連部材がコンパクトにまとまるようにしたものの立側面を示す。この形態では、互いに向かい合う固体光源アレイ44から互いに逆の方向D1, D1'沿いに輻射される光がそこに入射するよう、プリズム30上に転向面36が2個設けられている。各アレイ44は複数個のレーザー光源26で構成されている。各転向面36は、対応するアレイ44からの光入射方向に直交する入射ファセット28と、その入射光を出射方向D2沿いに転向させる光転向ファセット38を併せ、二種類のファセットを有している。

【0048】

この図の形態では、抗反射被覆面に発する微弱な残留光を再帰反射で個々の光源例えばレーザ光源に返戻することで、光転向プリズム 30 に対し諸固体レーザ光源アレイを容易に整列させることができる。この再帰反射には、レーザ光源にモード不安定性をもたらす微弱な外部共振器を発生させる働きがある。そうしたモード不安定性乃至モードホッピングは、分野によってはノイズと見なされるものであるが、投射機の場合は寧ろ有用である。レーザ光のコヒーレンス例えばレーザ光源間のそれが抑圧され、ひいては像面上の可視スペックルが低減されるからである。更に、両面型の形態であるので、隣り合う固体光源アレイから輻射される光同士の隙間を縫うよう、その向かい側に位置する固体光源アレイから光を輻射させることができる。そのため、装置内で空間的に稠密化するよう、輻射光を光学的に集積させることができる。このことも、スペックル低減及びシステム均質性向上のため有用なことである。

10

【 0 0 4 9 】

図 1 3 に、図 1 2 に示した光転向プリズム 30 を対にして使用する形態を示す。この形態では、二組の固体レーザ光源アレイ 44 a , 44 b から互いに直交する偏光状態にて発せられる光を、半波長板 64 及び偏光ビームスプリッタ 62 経由でレンズ 50 に送るようにしている。

【 0 0 5 0 】

ご理解頂けるように、図 1 2 に示した光転向プリズム 30 対固体光源アレイ 44 配置姿勢は様々な分野で都合がよい姿勢であるが、照明光ビーム同士を結合させる部材の入射面乃至出射面に対し光ビームを直交させる必要はない。重要なのは、寧ろ、プリズム 30 内で転向されたのち面 34 から出射される光のビーム同士を平行にすることである。これを実現するには、幾つかの事項に注意を払う必要がある。その一つは、各側のアレイ 44 から対応する入射ファセット 28 に光が入射する角度と、その形成素材の屈折率で決まるプリズム 30 内屈折角との組合せである。ファセット 28 への入射角は面間で異なりうる。更に、転向ファセット 38 の各側における反射角について、面 34 から出射される光ビーム同士が平行になるようプリズム 30 内屈折角との関係で検討する必要もある。ファセット 38 における反射角も面間で異なりうる。

20

【 0 0 5 1 】

図 1 4 に、画像投射機 10 の一例として、光転向プリズム 30 付の照明光結合器 42 を R G B の各色チャンネル毎に都合 3 個備えるもののブロック構成を模式的に示す。その光変調アセンブリ 40 r , 40 g , 40 b 内には、図 1 3 に示した偏光状態選別的構成に倣いプリズム 30 が一対ずつ設けられている。個々の光変調アセンブリ内では、あるときは第 1 のプリズム 30 からの偏光、別のときは第 2 のプリズム 30 からの偏光が偏光ビームスプリッタ 62 に入射し、更にレンズ 50 及びインテグレータ 51 を介し S L M 60 に入射された光で変調像が生成される。S L M 60 たる M E M S デバイス例えば D M D は、入射時の偏光状態間直交関係が出射光でも保たれるよう入射光を変調する。変調された光は、図示の通り、薄膜被覆性のダイクロイック面 68 によってダイクロイック結合器 82 に送られる。S L M 60 にて角度変調も生じることから、この面 68 は、ある入射角では入射光を反射し、他の入射角では透過させるように処理されている。ダイクロイック結合器 82 には、アセンブリ 40 r , 40 g , 40 b 間で変調光ビームが結合し投射サブシステム 70 を通る共通の光路沿いに出射されるよう、ある波長の光を反射させ他の波長の光を透過させるダイクロイック面 84 が複数個配置されている。レーザ光源・S L M 間を結ぶ光導波路がないので、この構成では、光が光導波路を通ることによる偏光状態劣化が生じない。偏光状態が保たれるので、レンズレットアレイを使用し照明光の均質化を図ることもできる。逆に、照明用レーザ光源と S L M 及び投射サブシステムとの間の熱分離等、その光導波路によってもたらされる利益を享受するため、図示しないがレーザ光源・S L M 間に光導波路を設けてもよい。いずれにせよ、発生するレーザ光を近視野条件でも遠視野条件でも使用できる。その場合、光の事前混合によって、スペックルを低減し且つインテグレータ 51 向け出射光の均質性を高めることができる。単一の照明光源が形成されるよう複数個の個別レーザ光源を配列すると共に、レンズレットアレイ等のユニフォマイズサブ

30

40

50

システムを使用することで、レーザ光によるスペckルを更に低減することもできる。

【0052】

本発明を実施するに当たっては、上述した諸形態に様々な変形を施すことができる。例えば、V E C S E L等のレーザ光源アレイに限らず、様々な種類の偏光レーザ光源を使用することができる。光転写プリズム30の形成素材としては、多々ある高透過率素材を使用するのが望ましい。小出力用にはプラスチック、大出力用にはガラスを使用するとよい。

【0053】

レーザ光源を使用するメリットのうち最たるものは、エタンデュが小さいため高効率且つ簡略な光学系を実現できることである。ただ、既述の通り、エタンデュが小さいと諸部材でのエネルギー密度が高めになり、デジタル映写機での使用に差し障ることになりかねない。レーザ光の直接変調により光の偏光状態を直交二状態間で交番させることができないシステムの場合、一方の偏光状態に係る光を阻止し又はその偏光状態を回転させるのに他の手段を使用する必要がある。その手段としては、電子式偏光回転器乃至シャッタ、例えば液晶リターダや液晶シャッタを使用することができる。

【0054】

図15に、立体像投射機の一例として、出射光の偏光状態を左目像用偏光状態・右目像用偏光状態間で交番的に切り替えるのに電子式広帯域偏光回転器75を使用するものの立体像投射機を示す。この回転器75は、諸光源で生成される可視スペクトルの全域に亘り均一に偏光状態を回転させうる広帯域なものであり、変調光ビーム同士を結合するビーム結合器82に後続する光路上に配置されている。この位置では光のビームが太めであるため、そこに回転器75を配置することで、回転器75上でのエネルギー密度を下限近くまで抑えることができる。所望の偏光特性が実現されるよう、回転器75の直前又は直後に1/4波長板76を配置してもよい。その場合、諸光源間でレーザ光の偏光状態乃至方向が同一になるよう、各光路沿いに半波長板や色選択リターダを設けて偏光状態をきちんと揃えるのが望ましい。更に、回転器75に偏光器を前置し、スプリアスな偏光状態に係る光をそこで阻止し又は反射させるようにしてもよい。

【0055】

可変液晶リターダは偏光回転器75として使用できるデバイスの一例である。入射光の偏光状態が円偏光なら、比較的均一な波長対リターダンス特性を有する可変液晶リターダを比較的容易に作成することができる。これを回転器75として使用する場合、その回転器75の直前且つビーム結合器82の直後に、1/4波長板76を配置するのが望ましい。部材点数が多くなるが、各基本色光路上に1/4波長板を配置してもよい。立体像を生成する際には、回転器75と同期するタイミングで左目像コンテンツ及び右目像コンテンツを供給する。偏光保持性の表示スクリーンに向け光を出射することで、偏光眼鏡を装着している観客の目に、相直交する偏光状態のうちその目に対応する偏光状態の光のみを届けることができる。

【0056】

図15に示した形態によれば、ビーム結合器を経た光のエネルギー密度を好適に抑えることができるが、入射光のエネルギー密度が高すぎると偏光回転器が損傷する可能性がある。従って、構成がさほど複雑にならない限りで、狭帯域な電子式偏光回転器を使用するようにしてもよい。図16に、光変調アセンブリ40r, 40g, 40bそれぞれに狭帯域な偏光回転器75r, 75g, 75bを設けた形態を示す。この形態では、回転器75r, 75g, 75bに対する電子的な制御で偏光状態を略半波長回転させるべき帯域が、その幅が1nm程度と狭い単一色帯域に留まる。電子式の液晶リターダは回転器75r, 75g, 75bたるに相応しいデバイスであり、その使用により構成を大きく簡略化し直線偏光下での動作を好適なものにすること、即ち簡略で低価格な構成にすることができる。また、レーザ光が直接照射されないようその液晶リターダをインテグレート51より後段に配置することで、エネルギー密度が高い「ホットスポット」が液晶リターダ付近で発生しないようにすることができる。即ち、光及び熱負荷をバランスさせることで、液晶リターダ

の安定性及び性能を高めることができる。更に、液晶リターダへの入射光が単一色帯域に属する未変調光であるので、図15を参照して説明した形態に比べ、出射光のエネルギー密度が一定且つ低レベルとなる。また、前述の如く、各色光路上に1/4波長リターダを設けてもよいし、図15の如くビーム結合器の後段に設けてもよい。同様に、電子式偏光回転器に偏光器を前置し、出射光の偏光状態を最適化するようにしてもよい。

【0057】

図14に示した形態に倣い複合的照明光結合器、即ち出射光の偏光状態が互いに直交しその波長域が互いにずれるよう結合手段が複数個設けられた照明光結合器を使用してもよい。例えば、直線p偏光状態の光を出射する第1結合手段、その主スペクトルが第1結合手段のそれに対し15~25nmずれた直線s偏光状態の光を出射する第2結合手段、並びにそれらp, s偏光の出射光路同士を結合させる偏光ビームスプリッタ62を備える照明光結合器を、光変調アセンブリ40b等に設けるとよい。そのスプリッタ62に後続する光路上には色選択リターダを配置し、結合手段に発する二通りのスペクトル群間でその偏光状態が揃うこととなるよう、その色選択リターダで一方のスペクトル群の偏光状態を90°回転させる。このようにすれば、系内でエタンドュが増大しないのに加え、図15に示した電子式偏光回転器75を用いその偏光状態を直交二状態間で交番させつつ、対応する偏光状態の光を左目及び右目に届けることができる。

【0058】

図18に、立体像生成に備え直交二状態間で偏光状態を交番させる手段の別形態として、各偏光状態の光を機械式シャッタで交互に遮るものを示す。この照明光結合器43では、第1直線偏光状態の光が固体レーザ光源アレイ44bの働きで生成される一方、第1直線偏光状態と直交する第2直線偏光状態の光が固体レーザ光源アレイ44a及び半波長板64の働きで生成される。出射光の偏光状態が相直交することとなるよう二組のうち一方の固体レーザ光源アレイを単純に回転させるだけでも、その偏光状態が互いに直交する二通りの光を発生させることができる。第1, 第2各直線偏光状態に係る光路上には回転シャッタディスク65があり、そこが出射光路の始点となっている。このディスク65の角度位置は、制御論理プロセッサ90配下のモータ66によって制御されている。

【0059】

図19A及び図19Bに回転シャッタディスク65、具体的には多部分型ガラスディスクの前面及び側面を示す。これは、入射光をほぼ全て透過させる透光部65a及びほぼ全て反射させる反射部65bを有している。透光部65aが光軸上に存するときは、固体レーザ光源アレイ44bからの光がそこを透過し後段の系内部品に送られる一方、固体レーザ光源アレイ44aからの光がビームダンプ69によって吸収される。逆に、反射部65bが光軸上に存するときは、アレイ44aからの光がそこで反射され後段の系内部品に送られる一方、アレイ44bからの光がビームダンプ69によって吸収される。従って、SLM上での立体像生成に同期しディスク65を回転させることで、その偏光状態が直交二状態間で交番する光をSLMに送り立体像を生成させることができる。なお、一方の偏光状態から他方の偏光状態に移行する時期には、図19Aに示す移行領域73内に光ビームが当たり、透光部65aと反射部65bに跨ってしまう。即ち、照明光67が透光部65a・反射部65b間境界に重なってしまう。この状態では、どちらの偏光状態に係る光もSLMに届くので、左目像・右目像間クロストーク、別称ゴーストが生じてコントラスト比が低下する。若干であればクロストークも許容できるが、クロストークが多すぎるとこの領域73でSLMがオフ状態に転じ、クロストークがなくなると引替に光損失が発生する。従って、こうした領域73は狭い方がよい。領域73を狭くするには、照明光のスポットサイズを抑えるか、実現可能な範囲でディスク65を大きめにしその外縁寄りに照明光を送るようにすればよい。

【0060】

図18に示した形態によれば、SLMに送られる光の偏光状態を交番させることができる。その反面、光の50%以上がビームダンプ69に送られ損失となるので、システム効率が旧来手法のそれと同程度に留まってしまう。図20に、先の形態ではビームダンプ6

10

20

30

40

50

9 に送られていた光が回収されるようシャッタディスク 65 を機能拡張した形態を示す。この照明光結合器 45 では、ディスク 65 から直に SLM 側に送られる光と同じ偏光状態になるよう、ビームダンプ 69 ではなく半波長板 64' に光を送り偏光状態を変換するようにしている。その偏光状態変換を経た光は、ミラー 71 の働きで、ディスク 65 から直に来る光の光路と並ぶ光路上に送られる。即ち、その偏光状態を揃えた上で、各レーザ光源アレイに係る光が、同じ方向に沿いユニフォマイズサブシステム更には SLM へと送られる。こうした形態でも、モータ 66 でディスク 65 を回転させることで、相直交する二状態間で偏光状態を交番させることができる。

【0061】

また、この形態では、図 18 に示した形態に比し光源側エタンドュが倍になることがわかる。直接光のビームと偏光状態変換光のビームとが同じ角度空間内で横並びになる結果、ユニフォマイズサブシステムにおける像面積が倍化するためである。従って、レーザ光源に発する光同士を空間的にある程度重複させること、例えば角度的に重複させることが望ましい。角度重複が望ましいのは、投射レンズが一般にテレセントリックであるため、この空間での混合を通じ比較的容易に、全画素に亘り均質な照明を実現できるからである。照明光路下流の光学部品で大エタンドュを然るべく扱えないと効率が下がるが、始点となるレーザ光源のエタンドュがそもそも小さいためその実現はさほど面倒な事柄ではない。

【0062】

図 21 に、同様の偏光回収をより少ない部材で実現する形態を示す。この形態では、光をビームダンプ 69 に吸収させるのではなく反射プリズム 72 で転向させ、更に半波長板 64' にてその偏光状態を回転させるようにしている。図 22 に、内蔵する 3 個の照明光結合器 45r, 45g, 45b を図 21 の形態にした投射機を示す。各結合器 45r, 45g, 45b からはその偏光状態が直交二状態間で交番する光が発せられ、各色チャンネル内の SLM 60 はその光によって直に照明される。SLM 60 を経た光は、ダイクロイック面 84 による光路結合を経て投射サブシステム 70 から出射されることとなる。

【0063】

この形態は、移行領域内を含め光損失を増加させることなく、非立体像投射時に好適に作動させることができる。従って、旧来手法と違い、その投射機で旧来の非立体像投射を行う際にシャッタディスク乃至偏光切替器を取り外してスループット効率向上を図る必要もない。投射機で旧来の非立体像投射を行う際には、シャッタの透光部が光軸上にあるときモータ 66 を停止させることで、不要な被覆損傷及び熱ビルドアップを抑え、寿命延長や消費電力節約を図ることができる。

【0064】

図 19A 及び図 19B に示した回転シャッタ機構は、偏光状態を直交二状態間で交番させる機能に加え、スペックルを低減する機能も有している。スペックルは、従来からレーザ光投射に潜む問題として議論されてきた。レーザ光源を複数個使用することでレーザ光のコヒーレンスを概ね抑え、スペックルを大きく低減することができるものの、レーザ光源の使用個数が少ない小スクリーン投射時等にはコヒーレンスが幾らか残留してしまう。その点、上掲のシャッタディスクであれば、その片面又は両面にコヒーレンス破壊性の被覆を設けることで、スペックル性の偽像を低減することができる。更に、そのシャッタ基板で生じる波頭偏差に起因する光路変動を踏まえ、空間的乃至角度的に光を混ぜ合わせるユニフォマイズサブシステムを使用することで、残留コヒーレンスひいてはスペックルを大きく低減することができる。

【0065】

図 19B に示すように、シャッタディスク 65 の片面は散光面 65c、他面は円滑面 65d となっている。散光面 65c はヤスリがけで形成された面、円滑面 65d は表面研磨で形成された面である。本発明を実施するに際しては、円滑面 65d の一部に抗反射被覆、他の一部に鏡面被覆を施すのが望ましい。散光面 65c の表面粗さは、可視スペックルが生じない程度に高く、しかし光源側角度成分が大きく増さないように低くする必要があ

10

20

30

40

50

ろう。こうした粗めの面を有するディスク 65 を空間的に回転させることで、スペックル性の残留偽像が系内で発生することを防ぎ又はそれを低減することができる。

【0066】

前述の通り、シャッタディスク 65 の両面を円滑面にすることもできる。但し、その場合、ディスク 65 の回転に伴う光ビーム光路長の変化が複数波長相当分にならないよう、それらの面を光学的に非平坦な面にする必要がある。散光面を使用する形態に比しこの形態が優れている点は、照明光の角度成分ひいてはエタンドュが大きく増さない点である。

【0067】

本発明の好適な実施形態としては、可回転部材、例えば多部分型可回転シャッタディスクをビーム分割サブシステムの一部として用いる形態がある。ここでいうビーム分割サブシステムとは、その偏光状態に角度差がある第 1 及び第 2 光ビームを 1 本の偏光ビームから交番的且つ個別的に生成するサブシステムのことである。図 23 に、偏光回転器と共にそのビーム分割サブシステムの一部として使用され、共通の光源に発した照明光ビームからその偏光状態が交番する光を生成する多部分ディスク 122 について、その前面及び側面を模式的に示す。このディスク 122 の内寄り部分には反射部 124 及び透光部 126a が、また外寄り部分には遮光部 125 及び透光部 126b が互い違いに形成されており、それらによって一種の交番的光ビーム生成機構が形成されている。内寄り反射部 124 と外寄り透光部 126b、内寄り透光部 126a と外寄り遮光部 125 は径方向沿いに並んでおり、外寄り透光部 126b は内寄り反射部 124、外寄り遮光部 125 は内寄り透光部 126a に連なっている。なお、この図では内側に反射部 124 及び透光部 126a の二部分、外側に透光部 126b 及び遮光部 125 の二部分があるのみだが、本発明はそれぞれ三部分以上ある形態で実施することもできる。外寄り遮光部 125 は反射性でも吸光性でもかまわない。

【0068】

多部分ディスク 122 で第 1 光ビームと第 2 光ビームを交番的に発生させることやそれによる様々なメリットを理解するには、立体像投射に適した光がこのディスク 122 で生じる仕組みを考えるとよい。まず、図 24 及び図 25 に示すビーム分割サブシステム 120 には光源サブシステム 110 から偏光照明光が入射されている。その光源サブシステム 110 は、図示の通り前述した光轉向プリズム 30 及びその周辺部材で構成することも、他の種類の偏光照明光源で構成することもできる。ビーム分割サブシステム 120 内にはディスク 122 がある。前掲の回転シャッタディスクに入射される光がほぼ平行光化されていたのと違い、レンズ、ミラー等の集光素子 112 で偏光照明光を収束させる構成であるため、ディスク 122 では光ビーム直径が小さくなっている。ビーム結合サブシステム 130 は、その偏光状態が異なる光ビームを共通の光路上に送り出せるよう、一群の補助ミラー、反射素子 128、129、偏光回転器 134 及び偏光ビーム結合器 132 で構成されている。図示しないが、第 1 及び第 2 光ビームを発生させるべくディスク 122 を回転させるモータ等のアクチュエータも設けられている。反射素子 128、129 として、ワイヤグリッド型、薄膜プレート型乃至キューブ型の偏光ビームスプリッタや、プリュースター角ビーム結合素子を使用することもできる。薄膜プレート型偏光ビームスプリッタは一般に低価格であるが、反射素子 128、129 としての性能に問題はない。

【0069】

図 24 に示したのはある半サイクルにおける光路である。この半サイクルでは、多部分ディスク 122 の角度位置が、偏光照明光が内寄り反射部 124 で反射され反射素子 128 に向かうような位置となっている。轉向ミラーたる反射素子 128 で轉向された光は外寄り透光部 126b を透過し、偏光状態変換用の偏光回転器 134 例えば半波長板、反射リターダ、電子式リターダ等を透過する。図示例の場合、光源サブシステム 110 から来る光は s 偏光 S、回転器 134 から出る光はそれと直交する偏光状態の光即ち p 偏光 P となっている。自明な通り、半波長板以外のデバイスを回転器 134 として使用して、光源サブシステム 110 から来る光の偏光状態に対し回転器 134 から出る光の偏光状態

が直交しない形態にしてもよい。また、円偏光の入射を受け回転器 134 が逆向きの円偏光を出射する形態にしてもよい。反射素子 128 が回転器 134 としても機能するよう反射リターダを反射素子 128 として使用する形態にしてもよい。

【0070】

同図中、ビーム結合サブシステム 130 内の偏光ビーム結合器 132 は、そうした偏光状態の光を透過させることで、変調対象となる第 1 光ビーム 104 を生成する。結合器 132 としては、ワイヤグリッド型、薄膜プレート型又はキューブ型の偏光ビームスプリッタ、プリュースター角ビーム結合素子等を使用することができる。薄膜プレート型偏光ビームスプリッタは一般に低価格であるが、結合器 132 としての性能に問題はない。

【0071】

図 25 に示したのは他の半サイクルにおける光路である。この半サイクルでは、多部分ディスク 122 の角度位置が、偏光照明光が内寄り透光部 126a を透過し反射素子 129 向かうような位置となっている。反射素子 129 は転向ミラーとして働き、その光を元の偏光状態のまま偏光ビーム結合器 132 の方向に転向させる。結合器 132 はその光を反射させることで第 2 光ビーム 106 を生成する。この第 2 光ビーム 106 の偏光状態は第 1 光ビーム 104 のそれと略直交する状態、具体的には s 偏光状態となる。このようにして、ビーム 104、106 間の結合で生じた結合光ビームはある同じ光路上に出射される。即ち、相直交する二状態間で結合光ビームの偏光状態が交番するよう、ビーム 104、106 が互いに別の期間に出射される。

【0072】

このとき、図 23 に示した平面外観から読み取れるように、多部分ディスク 122 の回転途上で幾ばくかの移行期間、即ち入射された照明光ビームのうち一部が透過し他の一部が反射される期間が発生する。ディスク 122 の回転サイクルのうちこの移行期間は、出射光の偏光状態が揃わない無益な期間である。これを補うため、その入射位置の直後で最小値になるようビーム径を縮小させ、ディスク 122 に細いビームが入射するようにしている。光源サブシステム 110 に発した光を収束させつつディスク 122 に入射させているので、ディスク 122 に入射する光のビーム径ひいては移行期間が大きく削られ、変調に供される照明光の量がかなり多くなっている。ディスク 122 に入射する光のビーム径は、透過時でも反射時でも変わらない。平行に近い光を使用している場合は、内寄り透光部 126a を通った第 1 光ビームと外寄り透光部 126b を通った第 2 光ビームが全く又はほぼ同じ径になる。ビーム分割サブシステム 120 からもたらされる第 1 及び第 2 光ビームが SLM にて収束する形態や、インテグレーションバー、レンズレットアレイ等、ビーム結合サブシステム 130 内光インテグレート素子にて収束する形態にしてもよい。

【0073】

ビーム分割デバイスたる多部分ディスク 122 の角度及び位置は、ビーム結合サブシステム 130 から出射される際の光強度を第 1 光ビーム 104・第 2 光ビーム 106 間で概ね一致することとなるよう、調整することが可能である。また、光学系内の各所で生じる誤差分が修正されるようディスク 122 乃至偏光回転器 134 の角度、位置及び光学パラメタを意図的にずらすこと、例えば偏光回転量が最大値未満になるよう偏光ビーム結合器を配置することもできる。

【0074】

ビーム分割サブシステム 120 の利点としては、更に、二通りの偏光状態に対応して光源を分ける必要や、その光源を周期的にオンオフさせる必要がないことがある。即ち、本発明の諸実施形態では、それらの偏光状態に係る光の生成に、同じ光源サブシステム 110 を使用することができる。また、よく知られているように、コヒーレント光源の使用で生じるスペックルを、偏光状態の交番で幾らか低減することができる。このことは、そのデジタル投射機を、立体像投射ではなく、旧来の動画投射手順に従い且つ本発明における偏光状態交番手法に則り使用する場合でも成り立つ。

【0075】

投射機内色チャネルそれぞれに備わる SLM への信号供給に同期したタイミングで多部

10

20

30

40

50

分ディスク 122 を作動させる手段としては、図示しないが、電子制御画像投射の分野で周知のセンサ及び論理制御装置を活用することができる。図 26 に、光源例えば固体光源アレイ 44b が作動するタイミングの概要を示す。図示の通り、出射光の偏光状態が変化するにもかかわらず、アレイ 44b はオン状態に留まっている。図示しないが、前述の通り集光素子 112 の働きで光路が収束しているため、偏光状態間の移行期間は短くなっている。

【0076】

図 27 に、本発明の一実施形態に係る画像投射機 100 として、その偏光状態を交番させつつ RGB 各色変調チャンネル 140r, 140g, 140b 内 SLM60 に照明光を入射させるものを模式的に示す。光源サブシステム 110、ビーム分割サブシステム 120 及びビーム結合サブシステム 130 は色変調チャンネル毎に設けられている。各色変調チャンネル内の SLM60 は、対応するビーム結合サブシステム 130 からの結合光ビームを立体像データに従い変調することによって、結合光ビームを形成する照明光のうち第 1 偏光状態の照明光から第 1 変調像を、また第 2 偏光状態の照明光から第 2 変調像を生成する。この投射機 100 には、各色変調チャンネルからの光同士を結合させるための部材例えばダイクロイック面 84 や、立体像を表示面上に投射するための投射サブシステム 70 も備わっている。

【0077】

この形態では、図 23 ~ 図 26 を参照して説明したビーム分割手法を実施し、半サイクル別偏光特性に関わる長所を享受することができる。その場合、光源サブシステム 110 内で使用される光源が偏光状態間で同一であるため、交番する偏光状態間で結合光ビームの空間特性及び角度特性をほぼ等価にすることができる。そうした空間特性及び角度特性の等価性乃至略等価性は、第 1 及び第 2 光ビームが辿る光路上に配する諸部品に関し、その厚み、入射角及び屈折率を相応値に設定することで実現することができる。

【0078】

ただ、多部分ディスク 122 を使用しているので、左目像・右目像間クロストークによるゴーストが、意図しない反射光乃至透過光たる漏洩光が原因で生じる可能性もある。目に見えるようなゴーストが生じることを防ぐ手法としては、ディスク 122 をできるだけ薄めに製造する手法のほか、ディスク 122 の前面（光入射面）又はその裏面に何らかの吸光素材を配するという手法がある。例えば、遮光部 125 上に吸光素材を配するとよい。図 28A たる模式的側面図に示す通り、遮光部 125 の裏側を占めるよう吸光素子 136 をディスク 122 の背面に配することで、透光部 126a の前面における反射で生じた漏洩光 116 を部分的に遮光部 125 で吸収又は反射させ、その残りを吸光素子 136 で吸収させることができる。また、図 28B たる模式的側面図に示す通り、反射部 124 の裏側を占めるよう吸光素子 136' をディスク 122 の背面に配することで、反射部 124 を透過する漏洩光を抑えることができる。

【0079】

多部分ディスク 122 の前面、背面若しくはその双方又はその一部分に対する処置により、光挙動を様々に修正することができる。例えば、外寄り遮光部 125 を反射性、吸光性、散光性等の特性にすることや、吸光性と散光性の組合せといった具合にそれらを組み合わせた特性にすることもできる。コヒーレンス偽像等の問題が軽減されるようディスク 122 の一部又は全体に亘り模様を付すこともできる。

【0080】

光結合サブシステムに光ユニフォマイズサブシステムを付設することもできる。例えば、図 24 及び図 25 に示すように、光源サブシステム 110 から出た偏光ビームが通る光路上にユニフォマイズサブシステム 138 を配置してもよいし、同じく図 24 及び図 25 に示すように、結合光ビームが通る光路上にユニフォマイズサブシステム 138' を配置してもよい。ユニフォマイズサブシステムとしては様々なユニフォマイズ素子、例えばインテグレーションバーやレンズレットアレイを使用することができる。前述の通り、ユニフォマイズサブシステム 138' 上への集光は集光素子 112 に行わせることができる

。

【 0 0 8 1 】

図 2 9 に本発明の他の実施形態を示す。この形態では、偏光ビーム結合器を廃止し、反射素子 1 2 8 にビーム結合サブシステム 1 3 0 の機能を担わせている。多部分ディスク 1 2 2 の姿勢が図示の姿勢であれば、光源サブシステムに発した光ビームが内寄り反射部 1 2 4 及び反射素子 1 2 8 で反射され、外寄り透光部 1 2 6 b を透過し、そして偏光回転器 1 3 4 を透過することで第 1 光ビーム 1 0 4 が生成される。ディスク 1 2 2 の姿勢が更に回転した姿勢であれば、光源サブシステムに発した光ビームが内寄り透光部 1 2 6 a を透過し第 2 光ビーム 1 0 6 が生成される。反射素子 1 2 8 には、光ビーム 1 0 4 , 1 0 6 が共に S L M 6 0 上に収束するよう傾斜が付されている。S L M 6 0 に入射する光のエタ

10

【 0 0 8 2 】

D L P デバイスを初めとする M E M S デバイスには、アルミニウム等を素材とする金属反射器が設けられることが多い。金属製のミラーには、斜め方向入射時の反射光位相シフトが非常に小さい、という性質がある。図 1 7 に示すように、D L P デバイスでの反射後も偏光状態が維持される好適な偏光方向では、マイクロミラー 7 4 のヒンジ傾斜方向に対し平行な軸又は直交する軸が偏光軸となる。軸 A は D L P 型マイクロミラーのヒンジ傾斜方向を表している。無論、残留偏光に対する影響を抑えつつ、マイクロミラーの鏡面に対し他軸沿いに傾斜した偏光状態を用いることも可能である。

20

【 0 0 8 3 】

従来型 D L P パッケージに修正を施し、カバープレート気密パッケージの代わりに使用するにしてもよい。従来型 D L P パッケージとは、散光による画質劣化を抑えるため、対外シールと併せ無欠陥面を設けたもののことである。こうしたパッケージの製造時には、窓枠内に窓をレーザ熔接乃至熱熔着するプロセスが実行されるので、重度且つ不均一な複屈折が個々のパッケージ内に誘起されてしまう。実測してみたところ、3 n m 超にも亘るリターダンスばらつきが見られた。これは、D L P デバイスから出射される光の偏光状態を維持する上で妨げとなる。従って、その D L P デバイスで偏光を適正に扱えるよう、新たな窓パッケージを導入するのが望ましい。例えば、応力誘起複屈折や熱誘起複屈折が生じにくい低係数ガラス、例えば S F 5 7 を用いパッケージを形成すればよい。また、窓枠に対する窓の実装を応力フリーな手法、例えば R T V を用い窓を固定する手法で実行してもよい。窓枠の機構が窓に対してはリジッドだが対チップフレーム接合面に対してはフレキシブルになるよう、アイソレーションを高めるのも望ましい。その逆の手法を採ってもよい。そして、窓を窓枠に接合しその窓枠を実装先のチップに接合するプロセスを、その温度を注意深くチップ作動温度に制御しつつ実行することで、作動温度とパッケージング時温度との差による応力発生を回避することができる。

30

【 0 0 8 4 】

偏光レーザ光源を使用することは、立体像を投射する上でかなり有益なことである。例えば、上述した旧来の照明光源に比べ効率が高いため、旧来の二次元 (2 D) 投射におけるそれに比肩する輝度を呈する像を投射機にて容易に発生させることができる。

40

【 0 0 8 5 】

以上、特定の実施形態を参照しつつ本発明を詳細に説明してきたが、本発明の技術的範囲には様々な変形例乃至修正例も包含されるので、その点を了解されたい。例えば、レーザ光源アレイを念頭に置き諸実施形態を詳細に説明したが、それに代え他種固体輻射源を使用することもできる。補助レンズその他の光学部品を個々の光路上に付加することもできる。図示した光学系における光ユニフォマイズ、インテグレータ及び中継の順序は、大きな影響なく入れ替えることができる。

【 0 0 8 6 】

50

このように、本願記載の装置及び方法によれば、偏光照明光を用いた立体像デジタル映写を高い輝度及び秀逸なコントラスト比で実行することができる。

【符号の説明】

【0087】

10, 100 画像投射機、12 光源、14 プリズムアセンブリ、16 位置、18 光学系、20, 20r, 20g, 20b, 60 空間光変調器 (SLM)、26 レーザ光源、28 入射ファセット、29 投射レンズ、30 光転向プリズム、32 入射面、34 出射面、36 転向面、38 転向ファセット、40r, 40g, 40b 光変調アセンブリ、42, 43, 45, 45r, 45g, 45b 照明光結合器、44, 44' 固体光源アレイ、44a, 44b 偏光固体レーザ光源アレイ、46, 71 ミラー、50, 54 レンズ、51 インテグレータ、52 光導波路、62 偏光ビームスプリッタ、64, 64' 半波長板、65 回動シャッタディスク、65a, 126a, 126b 透光部、65b, 124 反射部、65c 散光面、65d 円滑面、66 モータ、67 照明光、68, 84 ダイクロイック面、69 ビームダンプ、70 投射サブシステム、72 反射プリズム、73 移行領域、74 マイクロミラー、75, 75r, 75g, 75b, 134 偏光回転器、76 1/4波長板、80 表示面、82 ダイクロイック結合器、90 制御論理プロセッサ、104 第1光ビーム、106 第2光ビーム、110 光源サブシステム、112 集光素子、116 漏洩光、120 ビーム分割サブシステム、122 回動多部分ディスク、125 遮光部、128, 129 反射素子、130 ビーム結合サブシステム、132 偏光ビーム結合器、136, 136' 吸光素子、138, 138' ユニフォマイズサブシステム、140r 赤色チャネル、140g 緑色チャネル、140b 青色チャネル、A 軸、A1 光源面積、A2 変調器面積、D1, D1' 輻射方向、D2 出射方向、L 長手方向、1 光源出射角の値域、2 変調器入射角の値域、S, P s, p 偏光光。

【図1】

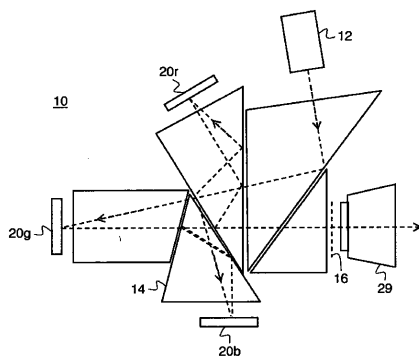
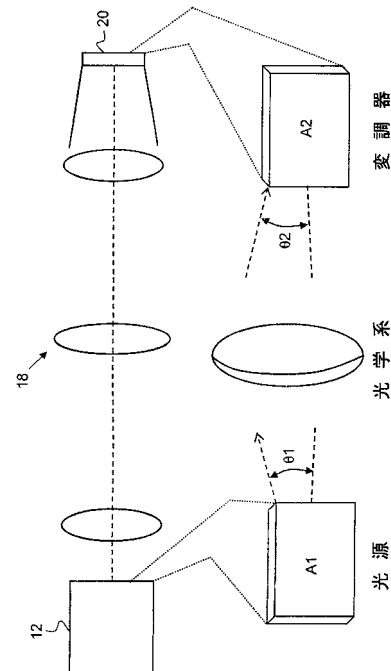
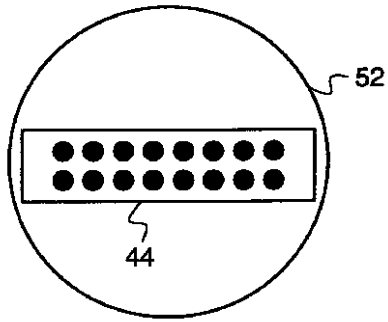


FIG. 1
(PRIOR ART)

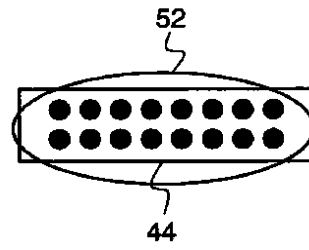
【図2】



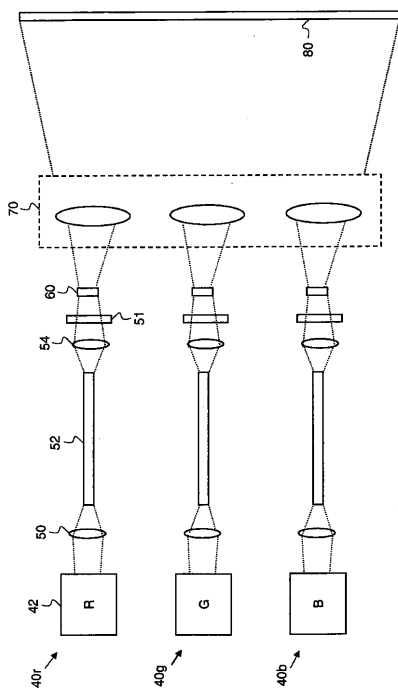
【図 3 A】

**FIG. 3A**

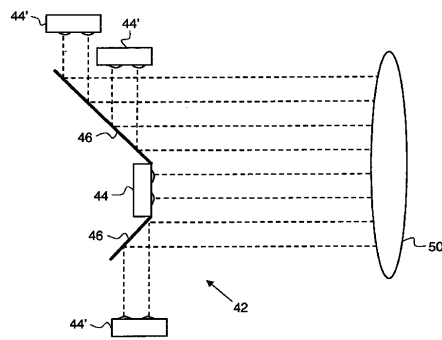
【図 3 B】

**FIG. 3B**

【図 4】

**FIG. 4**

【図 5】

**FIG. 5**

【図 6】

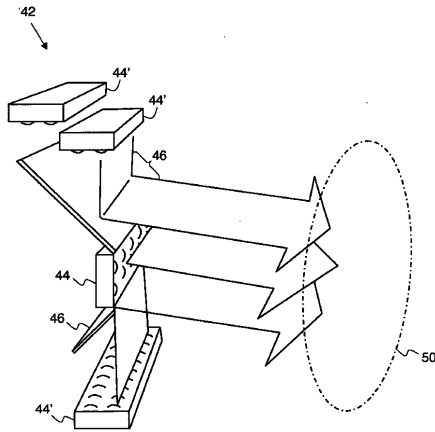


FIG. 6

【図 7 A】

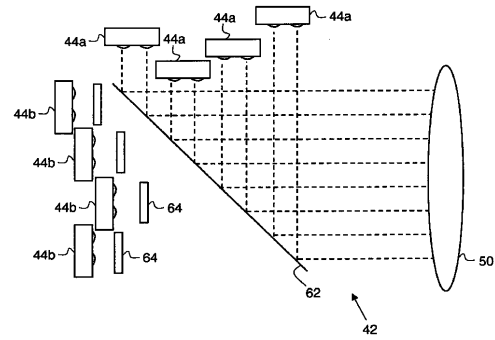


FIG. 7A

【図 7 B】

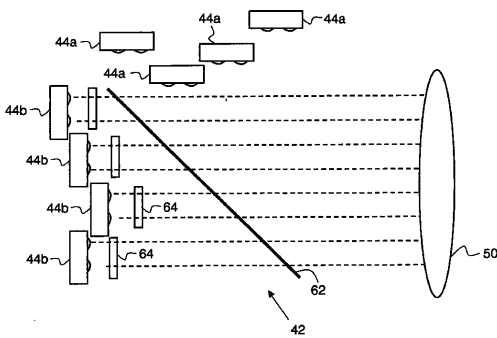


FIG. 7B

【図 9 A】

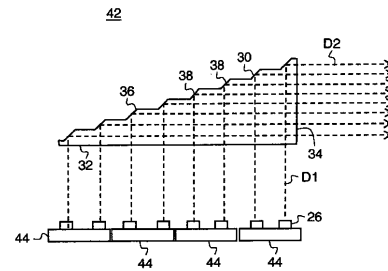
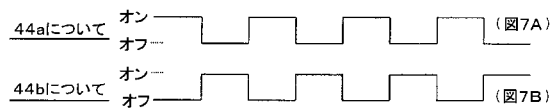


FIG. 9A

【図 8】



【図 9 B】

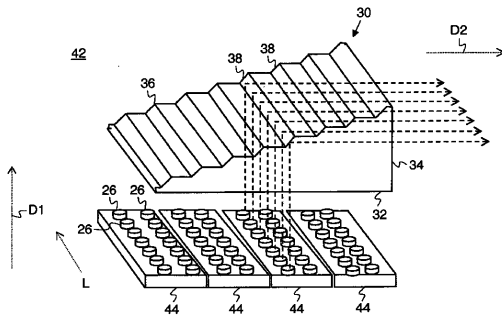


FIG. 9B

【図 10】

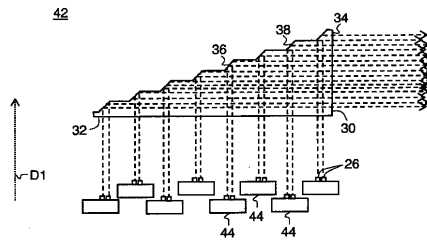


FIG. 10

【図 11】

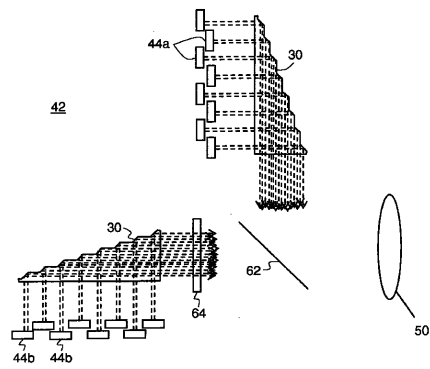


FIG. 11

【図 12】

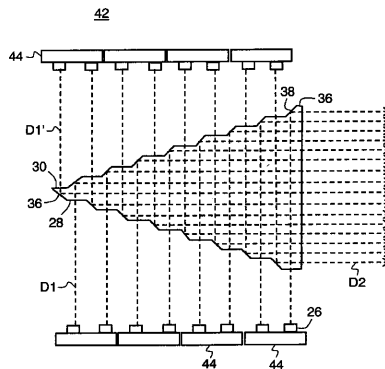


FIG. 12

【図 13】

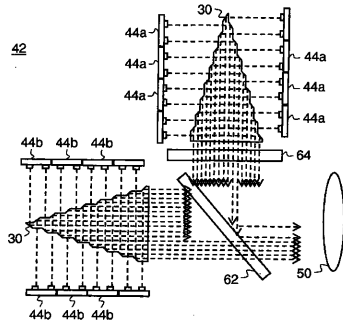


FIG. 13

【図 14】

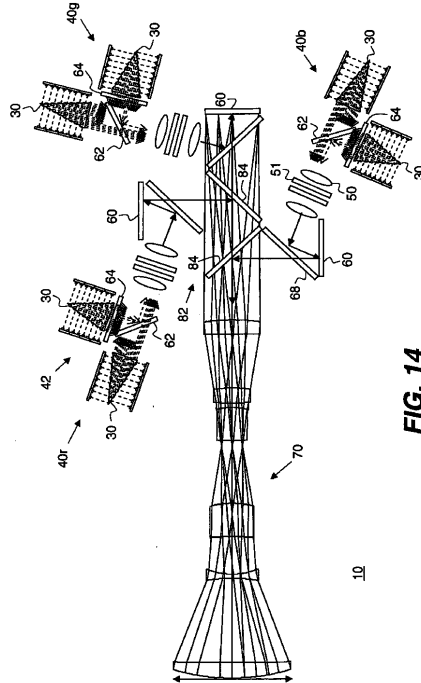


FIG. 14

【図 15】

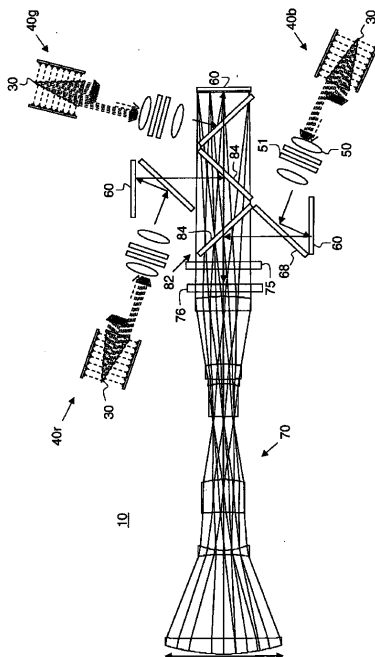


FIG. 15

【図 16】

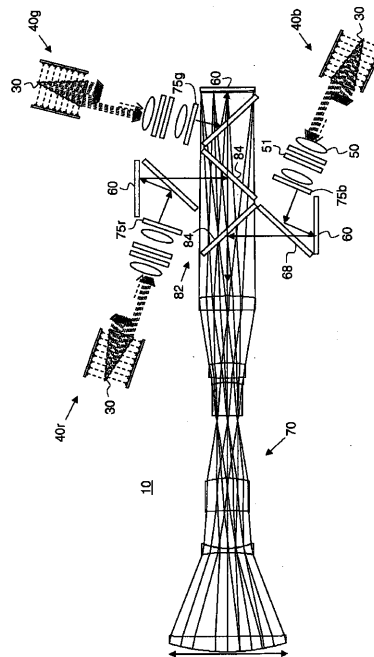


FIG. 16

【図 17】

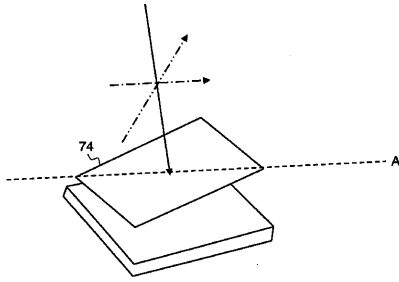


FIG. 17

【図 18】

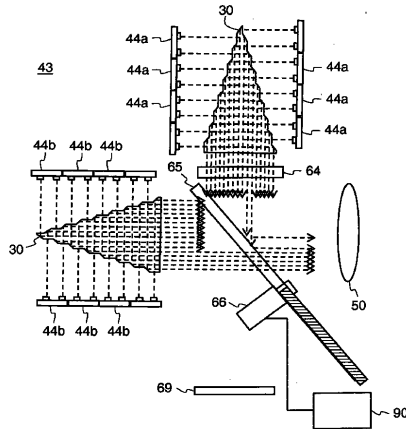


FIG. 18

【図 19 A】

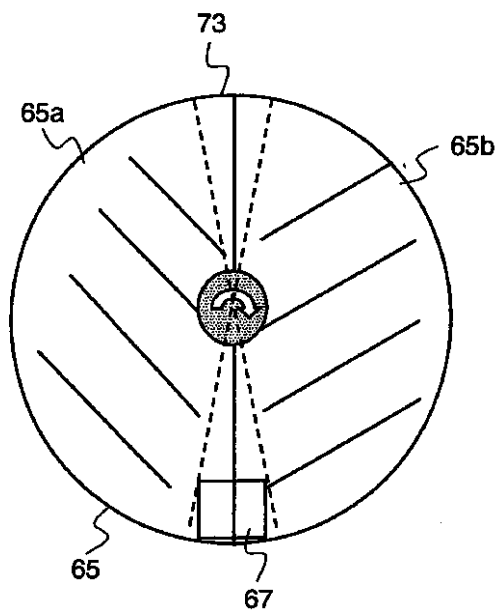


FIG. 19A

【図 19 B】

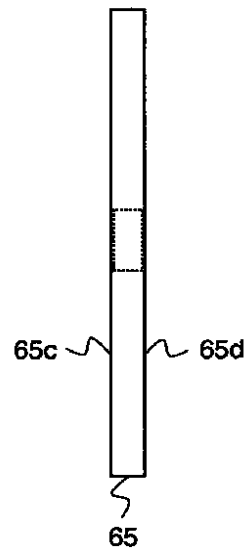
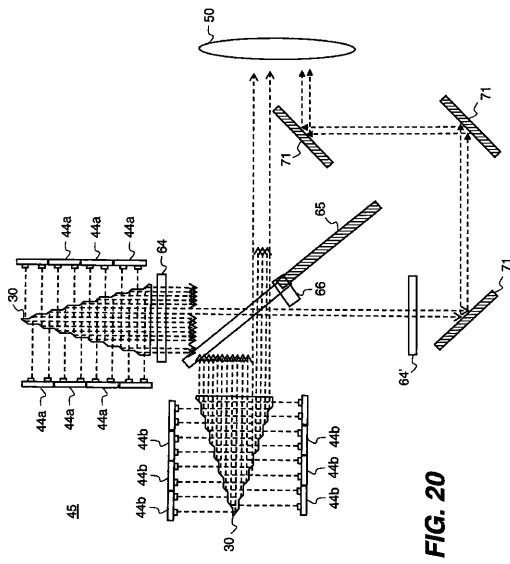
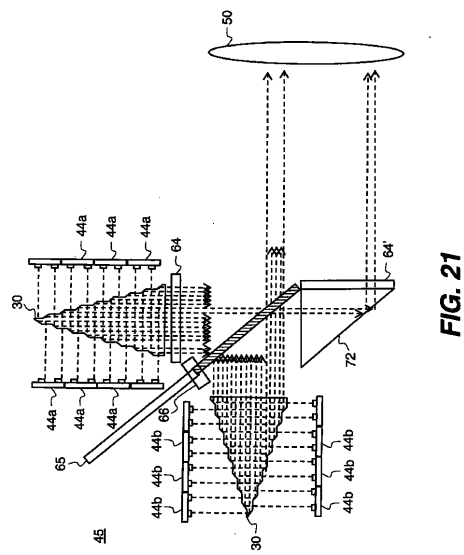


FIG. 19B

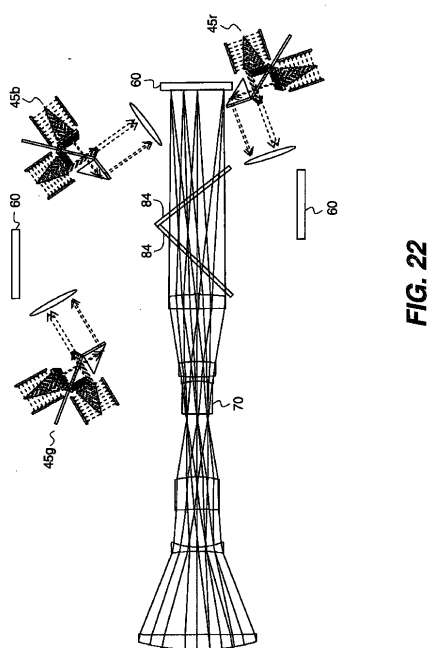
【図 20】



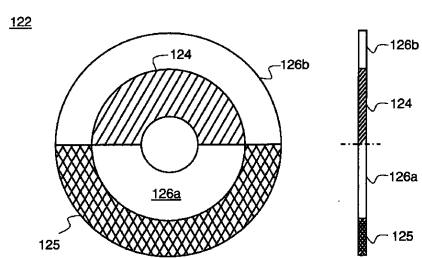
【図 21】



【図 22】



【図 23】



【図 24】

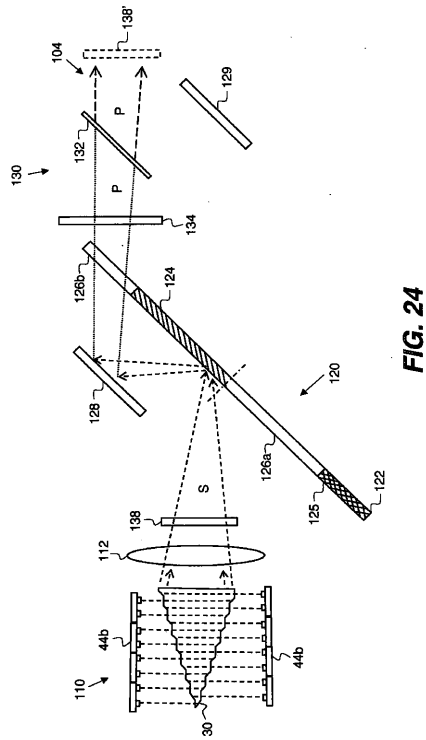


FIG. 24

【図 25】

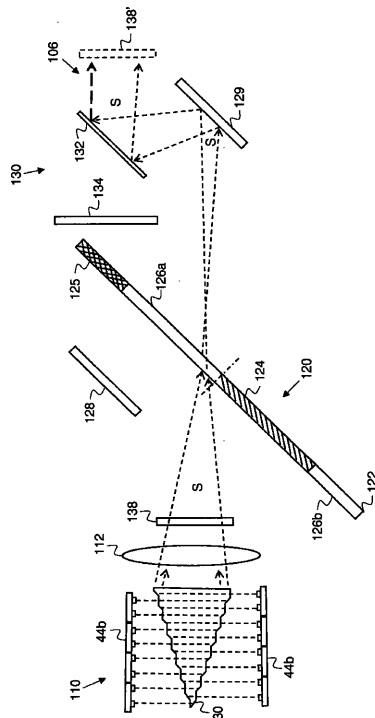
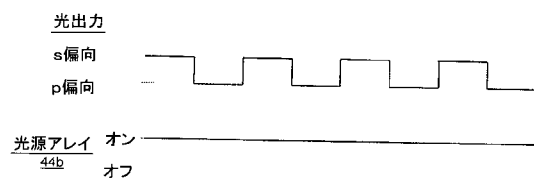


FIG. 25

【図 26】



【図 27】

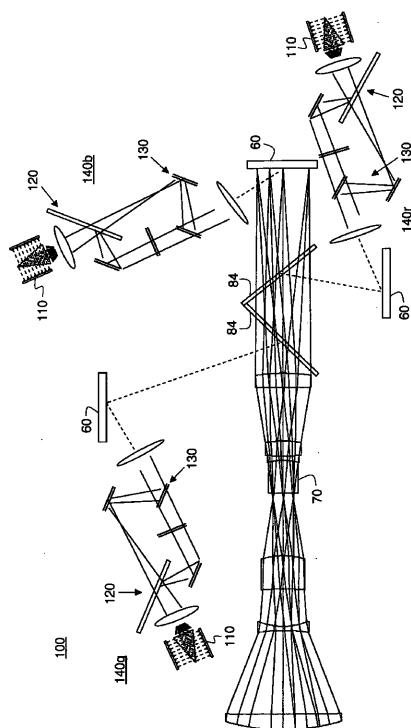


FIG. 27

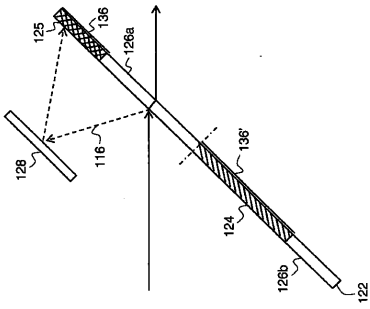
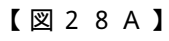


FIG. 28A

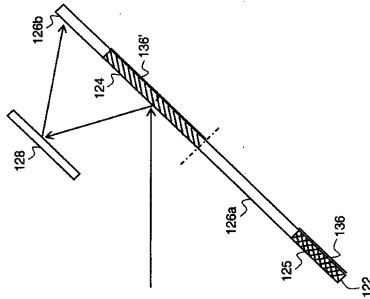
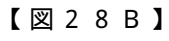


FIG. 28B

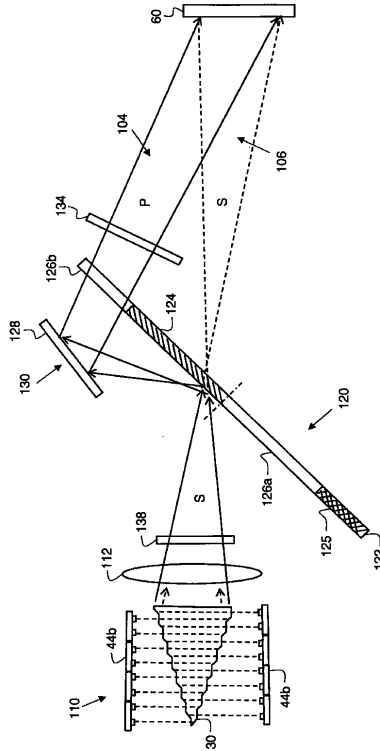
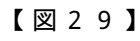


FIG. 29

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 2 B 26/00 (2006.01) G 0 2 B 26/00
G 0 3 B 35/16 (2006.01) G 0 3 B 35/16

(72)発明者 キルシャー ジェームス ロバート
アメリカ合衆国 ニューヨーク ロチェスター ステート ストリート 343

審査官 田井 伸幸

(56)参考文献 特表2011-505593(JP,A)
特開2004-206046(JP,A)
特開2006-301114(JP,A)
特表2012-533087(JP,A)
特表2011-510333(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0096991(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B 5 / 1 8、 5 / 3 0 - 5 / 3 2、 2 6 / 0 0 - 2 6 / 0 8
2 7 / 0 0 - 2 7 / 6 4
G 0 2 F 1 / 2 1 - 1 / 2 5
G 0 3 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 1 0、 2 1 / 1 2 - 2 1 / 1 3
2 1 / 1 3 4 - 2 1 / 3 0、 3 3 / 0 0 - 3 3 / 1 6
H 0 4 N 1 3 / 0 0 - 1 7 / 0 6