

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5378211号
(P5378211)

(45) 発行日 平成25年12月25日 (2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日 (2013.10.4)

(51) Int. Cl.	F I
G O 3 B 21/00 (2006.01)	G O 3 B 21/00 D
G O 3 B 21/14 (2006.01)	G O 3 B 21/14 A
G O 2 F 1/13357 (2006.01)	G O 2 F 1/13357

請求項の数 13 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2009-520980 (P2009-520980)	(73) 特許権者	504156256
(86) (22) 出願日	平成19年7月18日 (2007.7.18)		リアルディー インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2009-544063 (P2009-544063A)		R e a l D i n c .
(43) 公表日	平成21年12月10日 (2009.12.10)		アメリカ合衆国90210カリフォルニア
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/073809		州ビバリー・ヒルズ、ノース・クレセント
(87) 国際公開番号	W02008/011480		・ドライブ100番、スウィート120
(87) 国際公開日	平成20年1月24日 (2008.1.24)	(74) 代理人	100104156
審査請求日	平成22年7月5日 (2010.7.5)		弁理士 龍華 明裕
(31) 優先権主張番号	60/807,704	(72) 発明者	シャック、ミラー、エイチ.
(32) 優先日	平成18年7月18日 (2006.7.18)		アメリカ合衆国、80301 コロラド州
(33) 優先権主張国	米国 (US)		、ボールダー、スウィート ビー、スターリ
(31) 優先権主張番号	60/829,495		ング ドライブ 5335 カラーリンク
(32) 優先日	平成18年10月13日 (2006.10.13)		・インコーポレイテッド内
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロジェクションシステム用の装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロジェクションシステム用の装置であって、
 第1の光源からの光を受光する第1のライトパイプと、
 第2の光源からの光を受光する第2のライトパイプと、
 第1および第2の入力ポートならびに第1および第2の出力ポートを有する偏光ビーム
 スプリッターと、
 前記第1の出力ポートに光学的に結合されている偏光回転子と、
 前記偏光回転子に光学的に結合され、前記偏光回転子からの光を方向付ける反射素子と
 、
 前記第2の出力ポートおよび前記反射素子に光学的に結合されている第1の端部を有す
 る第3のライトパイプと
 を備え、
 前記第1および第2のライトパイプはそれぞれ、前記第1および第2の入力ポートに光
 学的に結合され、
 前記第3のライトパイプは第2の端部に光を透過させ、
 前記第2の端部から延伸している光路に配置されるリターダスタックフィルタ
 をさらに備え、
 前記リターダスタックフィルタは、第1の軸に沿って加法色スペクトルを偏光して、第
 2の軸に沿って対応する補色スペクトルを偏光する装置。

【請求項 2】

前記第 1 および第 2 のライトパイプのうち少なくとも一方は、第 1 のテーパー状ステージおよび第 2 のテーパー状ステージを有する請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記第 1 および第 2 のテーパー状ステージの断面積は、断面平面に対して垂直な軸に沿って減少していき、前記第 1 のテーパー状ステージの断面積の単位長さ当たりの減少率は、前記第 2 のテーパー状ステージの断面積の単位長さ当たりの減少率よりも高い請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記偏光回転子は、偏光状態を直交する偏光状態に回転させる請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の装置。

10

【請求項 5】

前記偏光回転子は、半波長板である請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の装置。

【請求項 6】

前記反射素子は、プリズムおよびミラーのうちいずれかである請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の装置。

【請求項 7】

変調パネルと、

前記変調パネルに向けて光を方向付けるテレセントリック光学リレーと

をさらに備える請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の装置。

20

【請求項 8】

前記反射素子は、光路上の光を、前記第 2 の出力ポートから出射する光に対して平行になるように方向付ける請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の装置。

【請求項 9】

前記第 1 の光源から発光され前記第 3 のライトパイプから出射する光の偏光状態は、前記第 2 の光源から発光され前記第 3 のライトパイプから出射する光に対して直交している請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 10】

前記第 1 および第 2 の光源は発光ダイオードを有する請求項 1 から 9 の何れか 1 項に記載の装置。

30

【請求項 11】

前記第 1 の光源は、加法色スペクトルを出力し、前記第 2 の光源は、前記加法色スペクトルに対して補色となるスペクトルを出力する請求項 1 から 10 の何れか 1 項に記載の装置。

【請求項 12】

前記第 1 および第 2 のライトパイプはテーパー状である請求項 1 から 11 の何れか 1 項に記載の装置。

【請求項 13】

テーパー状の前記第 1 および第 2 のライトパイプの断面積は、前記第 1 の光源側および前記第 2 の光源側の端部の方が小さい請求項 12 に記載の装置。

40

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0001】

本願は、譲渡人が共通である(1)米国仮特許出願第 60/807,704 号(発明の名称: プロジェクションシステム用のライトパイプ、出願日: 2006 年 7 月 18 日)、(2)米国仮特許出願第 60/829,495 号(発明の名称: 偏光多原色照明システム用の非結像集光器、出願日: 2006 年 10 月 13 日)、および(3)米国仮特許出願第 60/862,414 号(発明の名称: プロジェクションシステム用の集光器、出願日: 2006 年 10 月 20 日)に基づき優先権を主張する。上記仮出願の内容はすべて参照により本願に組み込まれる。

50

【 0 0 0 2 】

本願は、譲渡人が共通である米国特許出願第 1 1 / 7 7 9 , 7 0 4 号（発明の名称：プロジェクションシステム用の集光器、出願日：2 0 0 7 年 7 月 1 8 日）と、譲渡人が共通である米国特許出願第 1 1 / 7 7 9 , 7 0 6 号（発明の名称：プロジェクションシステム用の集光器、出願日：2 0 0 7 年 7 月 1 8 日）と、譲渡人が同じである米国特許出願第 1 1 / 7 7 9 , 7 1 1 号（発明の名称：プロジェクションシステム用の集光器、出願日：2 0 0 7 年 7 月 1 8 日）とに関する。

【技術分野】

【 0 0 0 3 】

本開示内容は概して、集光システムに関する。特に、プロジェクションシステム用の非結像集光器に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 4 】

エタンデュ（etendue）は光学システムの特性である。エタンデュは、（伝播方向に対して垂直な平面における）光錐の断面積と光が定める立体角との積として与えられる。このような特性に対して与えられているほかの名称を挙げると、受け取り度（acceptance）、スループット（throughput）、光取得度（light grasp）、集光能力および A 積（A product）がある。エタンデュは、どのような光学システムであっても増加することがないために、重要な指標である。完全な光学システムは、光源と同一のエタンデュを持つ画像を生成する。

【 0 0 0 5 】

エタンデュの重要性は、光学システムのスループットを決定する際に現れる。任意の光源が光学システムに対して光を発光する場合の効率、システムのエタンデュに左右される。面発光光源（例えば、発光ダイオード）は大抵の場合、プロジェクションパネルが必要とするエタンデュに一致しない。ダイは、小さすぎてダイの追加が必要になるか、または、大きすぎてパネルのエタンデュに一致させることを目的として LED のエタンデュを小さくするべく何らかの絞りを設ける必要が出てくる。

【 0 0 0 6 】

上述の課題を鑑みて、LED ダイのエタンデュをパネルのエタンデュに一致させて光学システムのスループットを最大化することが求められている。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本明細書では、プロジェクション分野で利用される集光器を開示する。集光器は、異なる色（または一部の実施形態では同一色）の面発光光源（例えば、LED）からの光を入力ライトパイプによって集める。一実施形態に係る集光システムは、偏光ビームスプリッタ（PBS）および反射素子を利用して、光を互いに直交する線形偏光状態に分割して効率的に当該光を伝播させる。さらに、当該集光システムは、PBS 素子の出力から延伸する光路に設けられる出力ライトパイプを用いて、効率的に光を均一化するとしてもよい。また、当該集光システムは、一部の実施形態ではカラーセレクトフィルタ、別の実施形態では半波長スイッチ（LCセル）を用いることで、出力時において単一の線形偏光を与えるとしてもよい。当該集光システムは、単一のモノリシックな、ガラス、プラスチック、またはガラスとプラスチックの組み合わせから成る集合体に一体化されているとしてもよい。

【 0 0 0 8 】

一実施形態に係る、プロジェクションシステム用の装置は、第 1 および第 2 の光源からの光を受光する第 1 および第 2 のライトパイプと、第 1 および第 2 の入力ポートならびに第 1 および第 2 の出力ポートを有する PBS とを備え、第 1 および第 2 のライトパイプはそれぞれ、第 1 および第 2 の入力ポートに光学的に結合されている。当該プロジェクションシステム用集光器はさらに、第 1 の出力ポートに光学的に結合されている偏光回転子と

、偏光回転子に光学的に結合され、偏光回転子からの光を方向付ける反射素子とを備える。本実施形態の変形例によると、当該プロジェクションシステム用装置は、第2の出力ポートおよび反射素子に光学的に結合されている第1の端部を有する第3のライトパイプをさらに備えるとしてもよく、第3のライトパイプは第2の端部に光を透過させる。さらに、第2の端部から延伸している光路に配置されるカラーセレクトフィルタをさらに備えるとしてもよく、カラーセレクトフィルタは、第1の軸に沿って加法色スペクトルを偏光して、第2の軸に沿って対応する補色スペクトルを偏光する。本実施形態の別の変形例によると、当該プロジェクションシステム用装置は、第2の出力ポートおよび反射素子に光学的に結合されている第1の端部を有する第3のライトパイプをさらに備えるとしてもよく、第3のライトパイプは第2の端部に光を透過させる。当該集光器はさらに、出力ライトパイプから延伸する光路に配置される切り替え可能な半波回転子を備えるとしてもよい。

10

【0009】

別の実施形態に係る、プロジェクションシステム用の集光器は、第1の光源からの光を受光する第1のライトパイプと、第2の光源からの光を受光する第2のライトパイプとを備える。当該集光器はさらに、第1および第2の入力ポートならびに第1および第2の出力ポートを有する偏光ビームスプリッタとを備え、第1および第2のライトパイプはそれぞれ、第1および第2の入力ポートに光学的に結合されている。また、当該集光器は、第1の出力ポートに光学的に結合されている反射素子と、反射素子から延伸している光路に配置される偏光回転子とを備える。一実施形態に係るプロジェクションシステム用装置は、第1および第2のライトパイプと、PBSと、第1および第2の4分の1波長板と、反射素子とを備える。第1および第2のライトパイプはそれぞれ、第1および第2の光源からの光を受光する。PBSは、第1および第2の入力ポートならびに第1および第2の出力ポートを有する。第1の4分の1波長板は、第1のライトパイプおよび第1の入力ポートに光学的に結合され、第1のライトパイプと第1の入力ポートとの間に配置される。第2の4分の1波長板は、第2のライトパイプおよび第2の入力ポートに光学的に結合され、第2のライトパイプと第2の入力ポートとの間に配置される。反射素子は、第1の出力ポートに配置され、第1の入力ポートに向けて光を反射する。本実施形態の変形例によると、当該装置はさらに、PBSまたは当該PBSからの光を伝播する出力ライトパイプから延伸している光路に配置されるカラーセレクトフィルタを備えるとしてもよく、カラーセレクトフィルタは、第1の軸に沿って加法色スペクトルを偏光して、第2の軸に沿って対応する補色スペクトルを偏光する。そのような実施形態によると、第1の光源が加法色スペクトルを提供して、第2の光源が補色スペクトルを提供するとしてもよい。この実施形態のさらに別の変形例によると、当該装置はさらに（カラーセレクトフィルタに代えて）、PBSまたは当該PBSからの光を伝播する出力ライトパイプから延伸する光路に配置される切り替え可能な半波回転子を備えるとしてもよい。このような実施形態によると、第1および第2の光源は、同一色であってもよく、強度が高く周期的な出力を交互に提供するべく、時間的に変調されるとしてもよい。

20

30

【0010】

さらに別の実施形態に係る、プロジェクションシステム用の装置は、第1および第2のライトパイプと、第1および第2のPBSと、4分の1波長板と、反射素子とを備える。第1および第2のライトパイプはそれぞれ、第1および第2の光源からの光を受光する。第1のPBSは、第1の入力ポート、第1の偏光操作ポート、および第1の出力ポートを有し、第1の入力ポートが第1のライトパイプに光学的に結合されている。第2のPBSは、第2の入力ポート、第2の偏光操作ポート、および第2の出力ポートを有し、第2の入力ポートが第2のライトパイプに光学的に結合されている。4分の1波長板は、第1および第2の偏光操作ポートに隣接し、反射素子は、4分の1波長板に隣接する。出力ライトパイプは、第1および第2の出力ポートからの光を集光する。本実施形態の変形例によると、当該装置はさらに、出力ライトパイプから延伸している光路に配置されるカラーセレクトフィルタを備えるとしてもよく、カラーセレクトフィルタは、第1の軸に沿って加法色スペクトルを偏光して、第2の軸に沿って対応する補色スペクトルを偏光する。この

40

50

ような実施形態によると、第1の光源が加法色スペクトルを提供して、第2の光源が補色スペクトルを提供するとしてもよい。この実施形態のさらに別の変形例によると、当該装置はさらに（カラーセレクトフィルタに代えて）、出力ライトパイプから延伸する光路に配置される切り替え可能な半波回転子を備えるとしてもよい。このような実施形態によると、第1および第2の光源は、同一色であってもよく、強度が高く周期的な出力を交互に提供するべく、時間的に変調されるとしてもよい。

【0011】

その他の特徴および実施形態を、図面、詳細な説明および請求項で示す。

【図面の簡単な説明】

【0012】

10

【図1】本開示に係る集光システムの第1の実施形態を示す概略図である。

【0013】

【図2】本開示に係る赤色、緑色および青色発光ダイオード（LED）デバイスの一例の遠距離場における角度強度分布を示すグラフである。

【0014】

【図3A】本開示に係るLEDの絞りが設けられたダイ領域と光出力との関係を示す概略図である。

【0015】

【図3B】本開示に係るLEDの絞りが設けられた角度出力と光出力との関係を示す概略図である。

20

【0016】

【図4】本開示に係るテーパ状ライトパイプの一例の3次元構造を示す概略図である。

【0017】

【図5A】図4に示したテーパ状ライトパイプの一例の上面図を示す概略図である。

【0018】

【図5B】図4に示したテーパ状ライトパイプの一例の側面図を示す概略図である。

【0019】

【図6A】本開示に係る図1の出力ライトパイプにおける、光軸に沿った0mmの位置において、断面輝度を示すグラフである。

【0020】

30

【図6B】本開示に係る図1の出力ライトパイプにおける、光軸に沿った2mmの位置において、断面輝度を示すグラフである。

【0021】

【図6C】本開示に係る図1の出力ライトパイプにおける、光軸に沿った10mmの位置において、断面輝度を示すグラフである。

【0022】

【図6D】本開示に係る図1の出力ライトパイプにおける、光軸に沿った18mmの位置において、断面輝度を示すグラフである。

【0023】

【図7】本開示に係る、レンズアレイおよびコンデンサ均一化光学系を備える、集光システムの第2の実施形態を示す概略図である。

40

【0024】

【図8】本開示に係る、第1のレンズアレイがプリズム集合体に結合されるコンデンサ均一化光学系およびレンズアレイを備える、集光システムの第3の実施形態を示す概略図である。

【0025】

【図9】本開示に係る、コンデンサレンズおよび均一化光学系として非結像集光器を備える、集光システムの第4の実施形態を示す概略図である。

【0026】

【図10】本開示に係る、コンデンサレンズおよび均一化光学系として視野レンズを備え

50

る、集光システムの第5の実施形態を示す概略図である。

【0027】

【図11】本開示に係る、光のリサイクルを行う、集光システムの第6の実施形態を示す概略図である。

【0028】

【図12】本開示に係る、出力箇所に設けられる均一化光学系で光のリサイクルを行う、集光システムの第7の実施形態を示す概略図である。

【0029】

【図13】本開示に係る、ダブルPBS構造の集光システムの第8の実施形態を示す概略図である。

【0030】

【図14】本開示に係る集光システムの第9の実施形態を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

本明細書では、プロジェクション分野で利用される光源合成デバイスが開示される。前述した通り、面発光源（例えばLED）の出力をプロジェクションシステムの光変調パネルに一致させることが望ましい。一般的に、光源合成デバイスは、LCOS（Liquid crystal on silicon）、DLP（デジタル・ライト・プロセッシング）またはLCD変調パネルに対して、出力領域および分布角が良好に定義されており、線形偏光され且つ空間的に均一である出力を与え得る。多色光源を利用することによって、照明器が任意のエタンドューについて与える発光出力は大きくなる。

【0032】

図1は、集光システム100の第1の実施形態を示す概略図である。集光システム100は、図示されるように配置されている、テーパー状ライトパイプ102、106と、偏光ビームスプリッタ（PBS）110と、偏光回転子120と、反射素子122と、出力ライトパイプ124と、G'/Gカラーセレクト（Color Select（登録商標））フィルタ126とを備える。

【0033】

第1のテーパー状ライトパイプ102は、PBS110の第1の入力ポート112に光学的に結合されている。PBS110は、多層複屈折性構造を有するPBS（例えば、3M Corp.社製のVikuiti（登録商標）PBS）、誘電性PBS等であってもよい。第2のテーパー状ライトパイプ106は、PBS110の第2の入力ポート114に光学的に結合されている。第1の光源G104および第2の光源G'108は、発光ダイオード（LED）のような面発光色源によって実現されとしてもよい。光源104および108は、テーパー状ライトパイプ102および106の入力ポートに光学的に結合されている。偏光回転子120は、PBS110の第1の出力ポート116に配置されている2分の1波長板（HWP）によって実現されとしてもよい。偏光回転子120は、偏光状態をP偏光からS偏光およびその逆に変換する機能を有する。一部の実施形態によると、偏光回転子120はフィルムによって実現されとしてもよい。反射素子122は偏光回転子120に光学的に結合されとしてもよく、出力ライトパイプ124はPBS110の第2の出力ポート118および反射素子122に光学的に結合されて、これらの素子から光を集光するとしてもよい。偏光回転子120は、本実施形態では出力ポート116と反射素子122との間に配置されているが、他の実施形態では反射素子122と出力ライトパイプ124との間に配置されとしてもよい。

【0034】

G'/G カラーセレクトフィルタ126は、出力ライトパイプ124からの出射光の光路に配置されている。本明細書では、G'/G Color Select（登録商標）フィルタ126は、光源104および108それぞれが出力する色であるGおよびG'に対するフィルタの一例として用いられている。カラーセレクトフィルタは、カラーリンクインコーポレーテッド（Color Link Inc.）社（米国コロラド州ボルダ

10

20

30

40

50

ー (Boulder) が製造している製品で、リターダスタックを用いて加法色帯域 (例えば、色 G) の偏光状態を 90 度回転させる一方、補色帯域 (例えば、色 G') は入力時の偏光状態を保持させる。G' / G の組み合わせ例は、これらに限定されないが、緑 / マゼンタ、赤 / シアン、青 / 黄などがある。このようなフィルタは、譲渡人が同じである米国特許第 5, 751, 384 号および 5, 953, 083 号 (ゲーリー・ディー、シャープ: Gary D. Sharp) で説明されている。これらの特許の内容は、参照により本願に組み込まれる。光路には、G' / G Color Select (登録商標) フィルタ 126 の後に、線形クリーンアップ偏光子 (不図示) をさらに設けて、より均一に偏光された出力光を実現するとしてもよい。レンズ 128 および 130 は、出力光を LCOS、DLP または LCD 変調パネル 132 に対して方向付けるテレセントリックリレーシステムとして構成されるときもよい。そのうち一部は本明細書で説明するが、他の実施形態では、上述のものとは異なる撮像光学ネットワークまたはリレー光学ネットワークを用いて光をパネル 132 に方向付けるときもよいことに留意されたい。

【0035】

処理について説明すると、明確に異なる面発光色源 104 および 108 (本例では G および G' と示すが、一部の実施形態ではスペクトル範囲が重複するとしてもよい) からの光を、集光して PBS 110 の第 1 および第 2 の入力ポート (112 および 114) に向けて透過させる。一般的に、光源 104 および 108 のそれぞれからの S 偏光は PBS 110 によって反射される一方、P 偏光は透過される。例えば、G' の P 偏光 138 および G の S 偏光 140 は、第 1 の出力ポート 116 において偏光回転子 120 に向けて伝播され、第 1 の出力ポート 116 でそれぞれ S 偏光および P 偏光に 90 度回転させられる。そして反射素子 122 は、偏光回転子 120 からの光をライトパイプ 124 に向けて反射する。G の P 偏光 134 および G' の S 偏光 136 は、第 2 の出力ポート 118 に向けて伝播される。

【0036】

このため、本実施形態例で示すように、G の光はすべて P 偏光で出力ライトパイプに入射し、G' の光はすべて S 偏光で入射する。出力ライトパイプは、G および G' の光の空間分布を別々に均質化するときもよく (この場合、偏光純度に何らかの損失が発生する)、HWP 120 に起因し得るエッジ効果 (edge effect) を除去する効果を奏する。G および G' の光は続いて、G' / G カラーセレクトフィルタ 126 を通過して、この際に G' の光は 90 度回転させられ、G の光は回転させられない。こうして得られる出力は、P 偏光の G および G' の光を均質に混合したもので、リレー光学系によってパネルに結像され得る。カラーセレクトフィルタの後方に線形偏光子 (不図示) を設けて、偏光クリーンアップを行うときもよい。1 つの共通の偏光で光を出力することは、液晶パネルを用いて光を変調する場合に特に有効であるが、マイクロミラーを用いて光を変調するプロジェクション分野 (つまり、DLP 技術) の場合にはあまり望ましくない場合もある。

【0037】

図 2 は、高出力の赤色、緑色および青色 LED デバイス (本例では、ルミナス・デバイス (Luminus Devices) 社のもの) の一例の、遠距離場における角度強度分布を示すグラフ 150 である。グラフ 150 から分かるように、赤色、緑色および青色 LED デバイスそれぞれの強度は角度に対して一様ではない。また、赤色 LED デバイス (ライン 152 で示す) は、正規化強度プロファイルが略ランバーティアン (Lambertian) である一方、青色および緑色 LED デバイス (ライン 154 で示す) の正規化強度プロファイルはよりピークが明瞭である。

【0038】

LED 製品は大抵の場合、プロジェクションパネルが必要とするエタンドューに正確に一致しない。ダイは、小さすぎるか (ダイの追加が必要になる)、または、大きすぎてパネルのエタンドューに一致させることを目的として LED のエタンドューを小さくするべく何らかの絞りを設ける必要が出てくる。図 3 A および図 3 B は、LED 160 および 1

10

20

30

40

50

70におけるエタンドューを小さくするための2つの方法を示す。第1の方法は、ダイ162における絞り164を変更することに基づく。ダイ162は無数の点状発光源を含む面と考えられ得るので、ダイ面積を小さくすると光出力もこれに比例して小さくなる。第2のエタンドュー低減方法は、図3BにLED170として示すように、集光された角度出力を変更することに基づく。しかし、発光源の角度分布が本質的に均一でないことを考えると、角度出力を小さくすると、同じように低減されたエタンドューについて光出力が大きくなる。第1の方法に比べ、第2の方法を用いる場合には、ピークを持つ緑色および青色のダイにおいて、光出力の損失が小さくなり得る。

【0039】

図4は、テーパ状ライトパイプ180の一例の3次元構造を示す概略図である。テーパ状ライトパイプ180は、高伝送効率を維持しつつ、角度出力が均一でないLED光源からの集光角度分布を小さくするための角度-角度変換器を実現する。一般的に、テーパ状ライトパイプ180は、光源入力端182および光源出力端184を有する。本例によると、ライトパイプ180はy-z平面におけるダブルテーパ形状を有しており、第1および第2のテーパ状ステージ186および188は、断面平面に対して垂直である軸(z軸)に沿って断面積が減少し、第1のテーパ状ステージ186は、第2のテーパ状ステージ188よりも、単位長さ当たりの断面積の減少率が多い。

【0040】

本例によると、ライトパイプ180は53度までのLEDの出力角度を23度以下の出力角度に変換する。直交次元(x)では、当該ライトパイプはテーパ形状を有してはならず(しかし、他の実施形態ではx方向にもテーパ形状を有するとしてもよい)、23度以下のLED出力角度は23度以下の円錐として出力される。これらの角度は、ダイ面の略すべてが集光システムに対して光を発光でき、且つ、ライトパイプ180の出力が選択パネルのエタンドューに一致するように選択された。本例のテーパ状ライトパイプ180は、ダイ面にエタンドュー低減用絞りを載置する場合に比べて1.5倍から1.75倍の光を集光して所望のエタンドューを実現する。他の実施形態によると、当該角度-角度変換器は、より高効率を実現するべくテーパ状ライトパイプ/トンネルおよびCPCを用いても実施され得る。当該角度-角度変換器の出力に設けられるレンズによってさらに効率が高まり得る。

【0041】

図5Aは、図4に示したテーパ状ライトパイプ180の一例の上面図を示す概略図である。同図から分かるように、テーパ状ライトパイプ180はx-z平面ではテーパ形状を有していない。本明細書ではある1つの次元でテーパ形状を有し別の次元ではテーパ形状を有しないテーパ状ライトパイプの例を開示するが、他の実施形態では、テーパ状ライトパイプがテーパ形状を有する次元を上記とは別に設定するとしてもよい。例えば、x-z平面でテーパ形状を有するとしてもよい。

【0042】

図5Bは、図4に示したライトパイプ180の一例の側面図を示す概略図である。

【0043】

図6Aから図6Dは、光軸に沿った位置の関数として、出力ライトパイプ124(図1を参照のこと)における断面輝度200、210、220および230を示す図である。ライトパイプ124内の光は、PBSおよび反射素子(直角プリズム構造)を通過する際に生じ得る損失について適切に増減されている。図6Aは、光軸に沿った0mmの位置において(つまり、出力ライトパイプ124の入力箇所において)、2分の1波長板がPBSと反射素子の間に配置されている陰影の領域202が顕著であることを示している。図6Bおよび図6Cは、出力ライトパイプをさらに奥に進み、例えば光軸の方向において入力面から2mmおよび10mmの箇所において、HWPの陰影が小さくなっているが、光の蓄積(light pooling)が2つの端部(例えば、図6Bでは斜線領域212および214として示されており、図6Cでは斜線領域222および224として示されている)に沿って明らかであることを示している。図6Dからは、出力ライトパイプの

入力箇所から約18mmの位置において、光がプロジェクションアプリケーションでの使用に適するだけ十分に均質化されていることが分かる。他の実施形態によれば、上述の構成に代えて、出力ライトパイプは、Fナンバーがより小さいリレー光学系を実施することを目的として複合放物面集光器(Compound Parabolic Concentrator: CPC)を有するダブルテーパ状ライトパイプまたはテーパ状ライトパイプとして実施されてもよい。角度-角度変換器の出力箇所に設けられているレンズによって、さらに効率が高くなり得る。

【0044】

図7は、集光モジュール260および均一化光学モジュール270を備える集光システム250の第2の実施形態例を示す図である。集光モジュール260は、第1および第2の光源252および254からの光を受光し、図1に示した素子102から122と、同様の構造を有し同様に動作するとしてもよい。均一化光学モジュール270は通常、均一化光学系を実現し、第1のレンズアレイ272および第2のレンズアレイ274(それぞれは、2つ以上の小型レンズを含む)と、コンデンサレンズ276とを有する。第1のレンズアレイ272の各小型レンズの像は、第2のレンズアレイ274およびコンデンサレンズ276によって照明平面278に結像されるとしてもよい。像が重複することによって、照明平面278では、略均一な光を得られる。一実施形態によると、カラーセレクトフィルタ280をレンズトレイン(train)に載置して、すべての光を1つの共通した偏光に回転させるとしてもよい。第1および第2の光源252および254を時間的に切り替える別の実施形態によると、カラーセレクトフィルタ280に代えてLCセル(切り替え可能な半波回転子)を設けて1つの共通の偏光を有する出力光を提供するとしてもよい。このような実施形態例を図14に図示するが、当該実施形態例に関連して説明される切り替え法は本例の構成にも用いられるとしてもよい。

【0045】

図8は、集光モジュール310および均一化光学モジュール320を備える集光システム300の第3の実施形態例を示す図である。ここで、集光モジュール310の構造および機能は、図1を参照しつつ説明した第1の実施形態と同様である。本実施形態例によると、均一化光学モジュール320は、光の全反射(TIR)を最適化するべく、プリズム集合体312の面とPBS314の出力ポートに低屈折率接着剤で接着されている、第1のレンズアレイ322を有している。第1のレンズアレイ322は、第2のレンズアレイ324およびコンデンサレンズ326と協同して、光を照明平面328に方向付ける。カラーセレクト素子330は、レンズトレインに載置されて、すべての光を1つの共通した偏光に回転させるとしてもよい。レンズ素子322-326の複屈折率が低い場合、本実施形態によれば、図1に示したライトパイプ均一化光学系124に比べて、出力箇所における偏光純度が高くなるという効果を奏し得る。第1および第2の光源302および304を時間的に切り替える別の実施形態によると、カラーセレクトフィルタ330に代えてLCセル(切り替え可能な半波回転子)を設けて1つの共通の偏光を有する出力光を提供するとしてもよい。このような実施形態例を図14に図示するが、当該実施形態例に関連して説明される切り替え法は本例の構成にも用いられるとしてもよい。

【0046】

図9は、集光モジュール360および均一化光学モジュール370を備える集光システム350の第4の実施形態例を示す図である。ここで、集光モジュール360の構造および機能は、図1を参照しつつ説明した第1の実施形態と同様である。均一化光学モジュール370は、コンデンサレンズ372と、均一化光学系として機能するライトパイプ374(または、同様の非結像集光器、例えば、ライトトンネル、中実な複合放物面集光器(CPC)、中空なCPC、中実な角度-角度変換器または中空の角度-角度変換器)とを有する。

【0047】

処理について説明すると、図1に示した実施形態と同様に、集光モジュール360は、第1および第2の光源352および354から光を受光して、PBS出力ポート362お

10

20

30

40

50

よびプリズム出力ポート 364 に向けて光を方向付ける。コンデンサレンズ 372 は、集光モジュール 360 の出力からの光を、非結像集光器 370 の入力に方向付ける。非結像集光器 370 によって光は均一化される。他の実施形態によると、非結像集光器 374 をテーパ状にすること、または、成形することによって、所望のリレーレンズ開口数に一致するように照明の角度分布を調整するとしてもよい。本実施形態によると、コンデンサレンズ 372 は、当該レンズとプリズム集合体との間に空隙を設けるように図示されている。しかし、ほかの実施形態によると、これに代えて、コンデンサレンズ 372 は低屈折率接着剤でプリズム集合体に光学的に結合されるとしてもよい。第 1 および第 2 の光源 352 および 354 を時間的に切り替える別の実施形態によると、カラーセレクトフィルタ 380 に代えて LC セル（切り替え可能な半波回転子）を設けて 1 つの共通の偏光を有する出力光を提供するとしてもよい。このような実施形態例を図 14 に図示するが、当該実施形態例に関連して説明される切り替え法は本例の構成にも用いられるとしてもよい。

10

【0048】

図 10 は、第 1 および第 2 の光源 402 および 404 から光を受光して、集光モジュール 410 および均一化光学モジュール 420 を備える集光システム 400 の第 5 の実施形態例を示す図である。ここで、集光モジュール 410 の構造および機能は、図 1 を参照しつつ説明した第 1 の実施形態と同様である。均一化光学モジュール 420 は、コンデンサレンズ 422 および視野レンズ 424 を有する。コンデンサレンズ 422 は、照明平面 428 においてテレセントリックソースを作成する機能を有する。一部の実施形態によると、システム 400 は、コンデンサレンズ 422 および視野レンズ 424 それぞれについて複数のレンズを利用するとしてもよい。均一化光学モジュール 420 を用いるので、集光システム 400 は、ライトパイプまたはライトトンネルベースのシステムに比べると、偏光純度が高くなる可能性がある。なお、コンデンサレンズ 422 は、低屈折率接着剤で集光モジュール 410 に光学的に結合されるとしてもよい。第 1 および第 2 の光源 402 および 404 を時間的に切り替える別の実施形態によると、カラーセレクトフィルタ 430 に代えて LC セル（切り替え可能な半波回転子）を設けて 1 つの共通の偏光を有する出力光を提供するとしてもよい。このような実施形態例を図 14 に図示するが、当該実施形態例に関連して説明される切り替え法は本例の構成にも用いられるとしてもよい。

20

【0049】

図 11 は、別の構成を提供する、集光システム 450 の第 6 の実施形態例を示す図である。集光システム 450 は、第 1 および第 2 の光源 452 および 454 から光を受光する第 1 および第 2 の集光器 456 および 458 を備える。集光システム 450 はさらに、第 1 および第 2 の集光器 456 および 458 と、PBS 470 の第 1 および第 2 の入力ポート 464 および 466 との間に配置されている、第 1 および第 2 の 4 分の 1 波長板（QWP）460 および 462 を備える。本実施形態例によると、フラットミラー 472 が PBS 470 のポート 474 に配置されている。カラーセレクト素子は、出力光に 1 つの共通の偏光を与えるべく、出力ポート 476 を介して透過される光の出力光路に配置されるとしてもよい。第 1 および第 2 の光源 452 および 454 を時間的に切り替える別の実施形態によると、カラーセレクトフィルタ 480 に代えて LC セル（切り替え可能な半波回転子）を設けて 1 つの共通の偏光を有する出力光を提供するとしてもよい。このような実施形態例を図 14 に図示するが、当該実施形態例に関連して説明される切り替え法は本例の構成にも用いられるとしてもよい。

30

40

【0050】

処理について説明すると、第 1 の光源 452 が発光するランダム偏光（G）は第 1 の集光器 456 を介して QWP 460 および PBS 470 に対して透過される。第 1 の光源 452 から光 G の場合は、S 偏光が PBS の出力ポート 476 に向けて反射される一方、P 偏光はミラー 472 に向けて透過される。P 偏光は、ミラー 472 によって反射されて、PBS 表面 465 を通過して、QWP 460 を通過し、QWP 460 で円偏光状態に変換される。円偏光は再度、LED 452 の表面 453 で反射され（表面反射率は約 25%）、左右像が変化し、再度 QWP 460 を通過する。QWP 460 を通過した後の時点に

50

において、この光はS偏光で、PBS表面465によってPBSの出力ポート476に向けて反射される。第2の光源452(G'のLED)からの照明は、P偏光がそのまま透過される一方でS偏光がリサイクルされる点を除いては、同様の経路/リサイクルを経る。

【0051】

この構成によると、第1および第2の集光器456および458、ならびにPBS470の寸法は、全パネルのエタンドューを得るように決められるとしてもよい(図1および図7から図10の前出の構成では、パネル半分のエタンドューであった)。また、出力表面はシームレスであるので、PBS470の出力はそのまま変調パネルに結像するとしてもよい。最後に、PBS470の出力表面476における偏光純度は、非常に良好なはずである。

10

【0052】

図12は、集光システム500の第7の実施形態例を示す図である。本システム500は、ライトパイプ502(またはその他の非結像集光器、例えば、ライトトンネル、中実または中空のCPC、またはレンズアレイおよびコンデンサ)が照明を均一化するべく出力箇所に追加されている点以外は、図11に図示したシステム450と同様の構成である。ライトパイプ502または同等の素子は、低屈折率接着剤で接着されるとしてもよい。

【0053】

図13は、集光システム550の第8の実施形態例を示す図である。当該構成例によると、直交配向される第1および第2の偏光ビームスプリッタが利用される。詳細を説明すると、第1のPBS552がS偏光を反射して、第2のPBS554がP偏光を反射する。スリーエムコープ(3M Corp.)社製のデュアル・ブライツネス・エンハンスメント・フィルム(Dual Brightness Enhancement Film: DBEF)であれば、この種の処理を実行することができる。

20

【0054】

本例によると、第1の光源(G'のLED)556からのランダム偏光は、第1のPBS層560に対して透過され、第1のPBS層560はS偏光561を出力562に向けて反射して、P偏光563を透過させる。P偏光563は続いて、第2のPBS層566で反射されて、QWP568を通過した後で円偏光に変換される。円偏光は、ミラー570で左右像が変化し、QWP568を再度通過した後でS偏光に変換される。S偏光は続いて、PBSを透過して出力562に向かう。ライトパイプ572(またはその他の均一化光学構造)が出力562に含まれており均一な照明を実現する。ライトパイプ572もまた、低屈折率接着剤で接着されるとしてもよい。第2の光源(GのLED)558からのランダム偏光は、P偏光が第2のPBS層566で出力562に対して反射されて、S偏光が透過される点を除いては、第1の光源からの光と略同じ方法で処理される。カラーセレクト素子を出力光路に載置して、1つの共通した偏光を持つ出力光を提供するとしてもよい。第1および第2の光源556および558を時間的に切り替える別の実施形態によると、カラーセレクトフィルタ574に代えてLCセル(切り替え可能な半波回転子)を設けて1つの共通の偏光を有する出力光を提供するとしてもよい。このような実施形態例を図14に図示するが、当該実施形態例に関連して説明される切り替え法は本例の構成にも用いられるとしてもよい。

30

40

【0055】

明度倍増照明器(ダブル・ブライツネス・イルミネータ)について説明する。

【0056】

発光ダイオード(LED)が出力する瞬時光束は、デバイスに入力される瞬時電流に対して略線形に変化する。LEDは、連続波(CW)電流でも駆動できるし、または、電流の変調が短い時間(1秒未満)である場合にはピークがより高い電流でパルス印加することもできる。LEDメーカーは、自社製品に対して、デバイスの寿命(通常は2万時間から10万時間)を実現するための、パルス電流およびCW電流の最大限を決める。尚、デバイスの寿命はどちらの駆動方法でも同程度である。一般的には、長時間にわたってメーカーが限度として示すパルス電流でパルスを印加するLEDが生成する平均光束は、

50

メーカーが限度として示すC W電流で駆動されるL E Dが生成する平均光束以下である。これは、1つのL E Dについて、最高明度の光出力は通常C Wで駆動されるL E Dで得られることを意味する。

【0057】

図14は、単一色L E D入力に比べて同一システムの明度を略倍増させる非結像集光システム(図1から図13に示すさまざまな実施形態と比較されたい)の変形例を示す図である。集光システム600の構造は、いくつかの変形を除いて、図1に示す集光システム100の構造と同様である。例えば、本実施形態によると、第1および第2の光源(L E D)602および604は同一の色(または同様の色)の光を発光し、図1のカラーセレクトフィルタに代えて、切り替え可能な半波回転子(例えば、液晶セル)およびアナライザ606が設けられている。

10

【0058】

図1から図13は、まず、集光器の入力箇所において実質的に相違する2つの色(またはスペクトル分布)を用いると共に出力箇所においてカラーセレクトデバイスを設けることによって、より明るい光源が得られることを図示している。L E Dに代えて同一の色(または同様の色)のL E D602および604を設けて、カラーセレクトフィルタに代えて切り替え可能な半波板回転子(例えば、液晶セル)およびアナライザ606を設けると、光源602および604のいずれかからの光を半波回転子606の駆動位相に基づいて出力箇所において選択することができる。また、L E D602および604をC W電流の限界値よりも約1/(デューティーサイクル)だけ大きいパルス電流で駆動すると、回転子606はL E D駆動電流のそれぞれと同期して切り替えられるので、L E Dからの光はどちらもアナライザを通過する。よって、照明器からの平均光束は単一のL E D光源のC Wの場合の出力の略2倍となり得る。

20

【0059】

一部の実施形態によると、同じシステムを複数の光源に対して用いることが可能で、それぞれの光源の帯域幅の半分の和よりも小さい量だけ光源のスペクトルは互いに分離している。例えば、青みがかかった緑色のL E Dと黄色がかかった緑色のL E Dとを組み合わせると、2次元ディスプレイにおいて明るい緑色の光源が実現され得る。この照明器をフレームレートがより高いディスプレイと組み合わせると、スペクトル分割3次元アプリケーションにおいて2つの画像を表示し得る。

30

【0060】

本明細書で説明される集光システムは、モノリシックなガラス、プラスチックまたはガラス/プラスチックの組み合わせから成る集合体として実施されるときにもよい。光の当該構造内の移動に際してエタンデュールおよび効率を維持するべく、P B Sおよび直角プリズムの複数の表面において全反射(T I R)が必要となる。光路における折り返しに先立ってT I Rを維持するためには、高屈折率ガラス(例えば、 $n = 1.78$)を低屈折率接着剤(例えば、 $n = 1.51$)と共に用いて所望の表面に沿ってT I Rを維持するとしてもよい。これに代えて、ガラス表面に設けられる誘電層によって低屈折率ガラスまたはプラスチックを接着剤と共に利用できるようにしてT I Rを維持するとしてもよい。モノリシックな集合体によれば、構成要素をプラスチックで成形することができれば、ロバスト性、位置合わせ、および、可能性としては、コストの面においても効果が得られる。

40

【0061】

尚、図1に示したテーパー状のライトパイプは、米国特許出願公開公報第2006/0007538号 A1(発明者:エム・ジー・ロビンソン(M. G. Robinson)、発明の名称:「照明システム(Illumination System)」、出願日:2005年7月6日)で開示されている色合成および偏光スプリット構成によってL E D光源に対する接続を実現するべく用いられるとしてもよい。当該米国特許出願公開公報は、参照により本願に組み込まれる。また、出力ライトパイプは、出力光を均一化することを目的として、本開示の教示内容に従って、上記公開公報第2006/0007538号で説明するP B S/ミラーの出力ポートからの光を方向付けるために利用されるとき

50

もよい。本開示および上記公開公報第2006/0007538号の教示内容を組み合わせ、プロジェクションシステム用のさまざまな集光システムを提供するとしてもよい。本明細書で使用される場合、「プロジェクションシステム」という用語は、スクリーン上に画像を投影するディスプレイを意味し、リアプロジェクションシステムとフロントプロジェクションシステムを含むものとする。

【0062】

本明細書で使用される場合、「光学的に結合されている」という表現は、ある構成要素から別の構成要素に対して光路および光透過を実現するべく光学素子同士を結合することを意味する。光学素子は別の光学素子と一体化されて、単一のモノリシックなガラス、プラスチックまたはガラス/プラスチックの組み合わせから成る集合体を形成するとしてもよいが、機能的にはこれらの光学素子は「光学的に結合されている」という状態としてもよい。光学的な結合には、構成要素同士が直接的または間接的に接触していることが含まれるとしてもよく、屈折率整合材を利用して構成要素同士を結合することが含まれるとしてもよいし含まなくてもよい。屈折率整合材は、これに限定されないが、屈折率整合接着剤であってもよい。例えば、ある構成要素と別の構成要素との間で光路が設けられている限り当該構成要素同士は、互いに接触していても、単一の集合体として一体化されていても、その間に透光性の物体があっても、および/またはその間に間隙が設けられていても、光学的に結合されているとしてもよい。

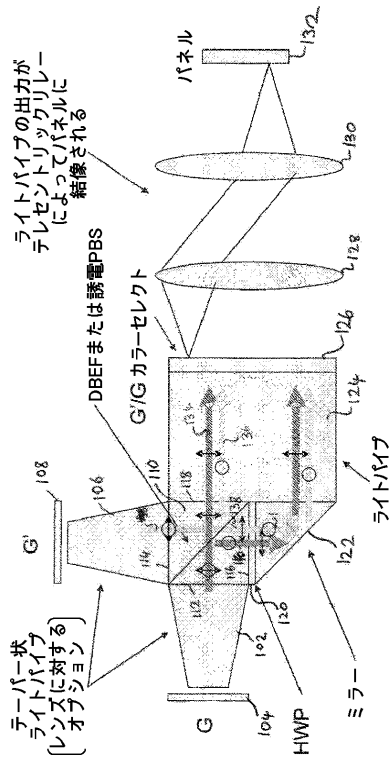
【0063】

本明細書の教示内容は上記以外の具体的な形態でもその目的または本質的な特徴から離れることなく実施できるということは、当業者には明らかである。このため、本明細書で開示した実施形態は、例示を目的としたものに過ぎず本発明を限定するものではない。本発明の範囲は上記の説明よりはむしろ添付の特許請求の範囲によって示されるものであり、特許請求の範囲の均等物の意味および範囲内で行われる変更はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。

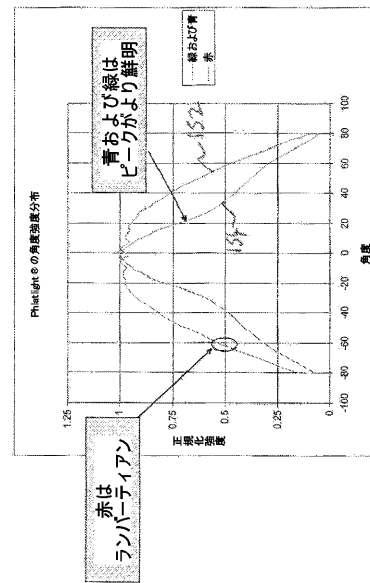
【0064】

また、本明細書で用いたセクションのタイトルは米国特許法施行規則§1.77に基づく提言を遵守して、もしくはそれ以外では本明細書の構成を分かりやすくするべく設けたものである。これらのタイトルは、本開示に基づく請求項に明記した発明を限定または特徴づけるものではない。具体的に例を挙げると、「技術分野」としてタイトルが設けてあるが、本願請求項は、いわゆる「技術分野」を説明するべくこのタイトル以下の内容に基づき選択される用語によって限定されるべきではない。また、「背景技術」のセクションにおける技術の説明は、当該技術を本明細書で開示された発明に対する先行技術と自認したものと解されるべきではない。同様に、「発明の説明」セクションの内容も本願の請求項に記載する発明を特徴づけるものとして解釈されるべきではない。またさらに、本開示において「発明」と言及しているが、本開示において請求している新規性が1点しかないとは解されるべきではない。本開示内容に対応する複数の請求項の限定に基づき複数の発明が記載されているとしてもよく、このため請求項は1または複数の発明を定義しており、当該発明と同等のものは請求項によって保護される。どのような場合においても、請求項の範囲は明細書に鑑みてそれ自体で解釈されるべきであり、本明細書に記載されたタイトルによって限定されるべきではない。

【図 1】

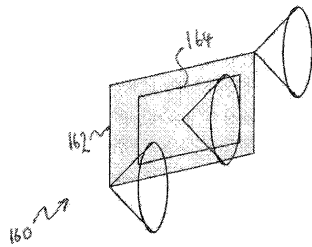


【図 2】



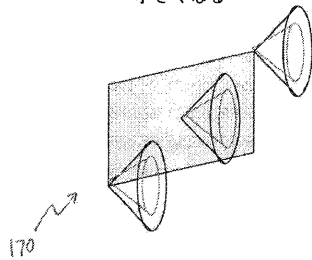
【図 3 A】

ダイ領域に絞りを設ける:
光出力の損失が比例

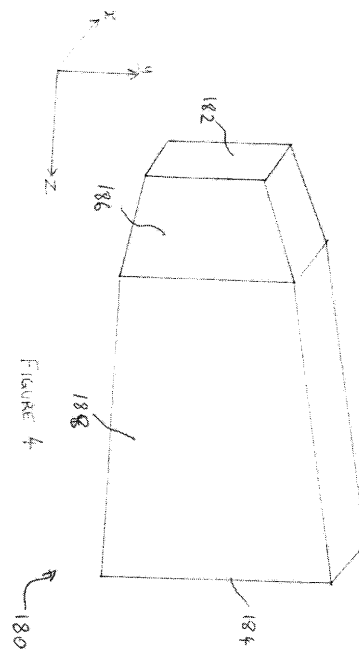


【図 3 B】

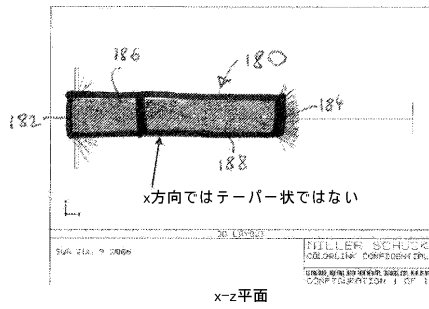
角度出力に「絞り」を設ける:
「ピークがある」緑および青の
ダイについては光出力の損失が
小さくなる



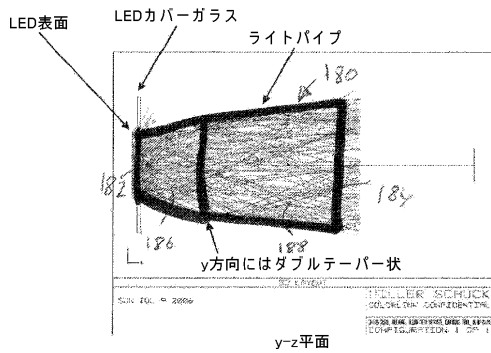
【図 4】



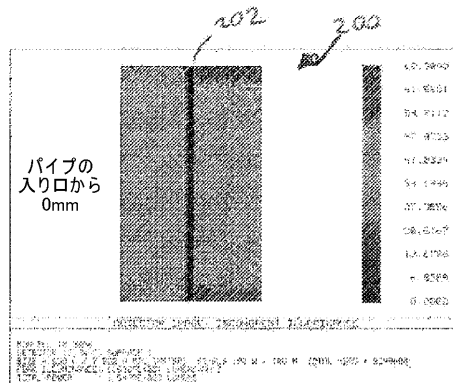
【 ㊦ 5 A 】



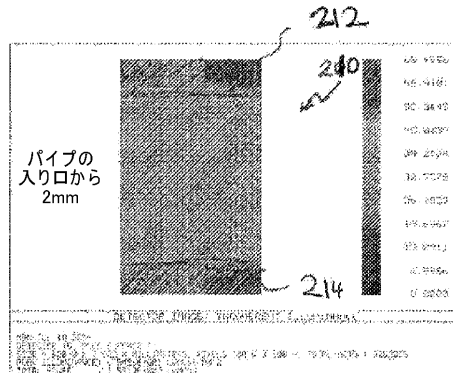
【 ㄨ 5 B 】



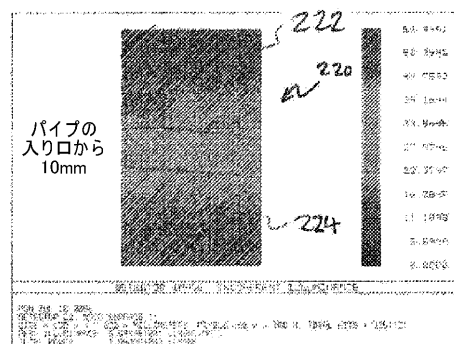
【 図 6 A 】



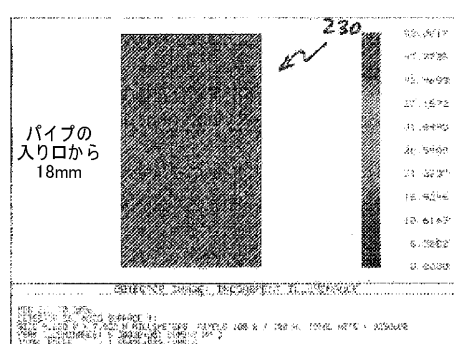
【 図 6 B 】



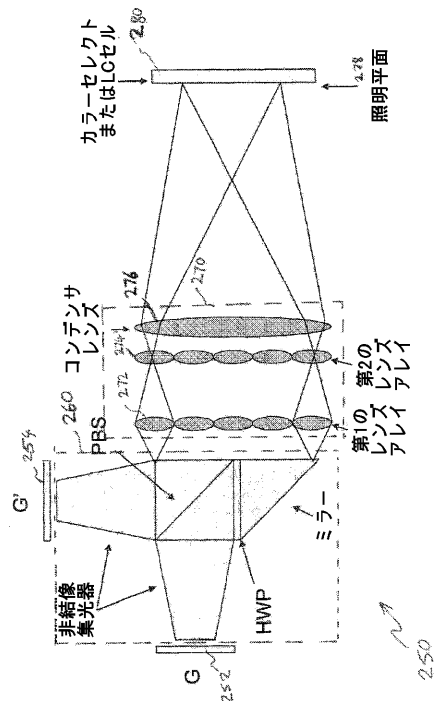
【 図 6 C 】



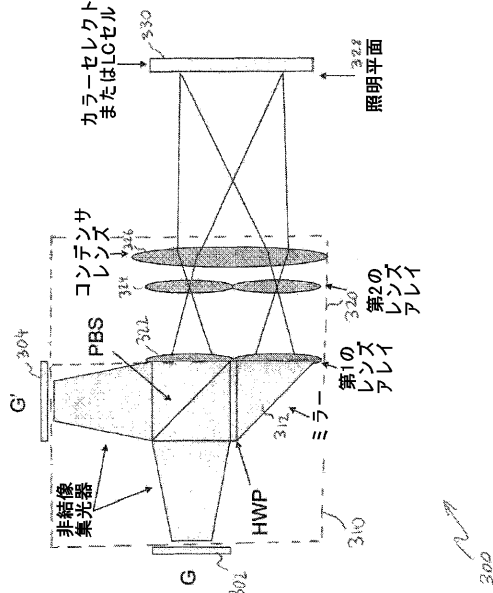
【 図 6 D 】



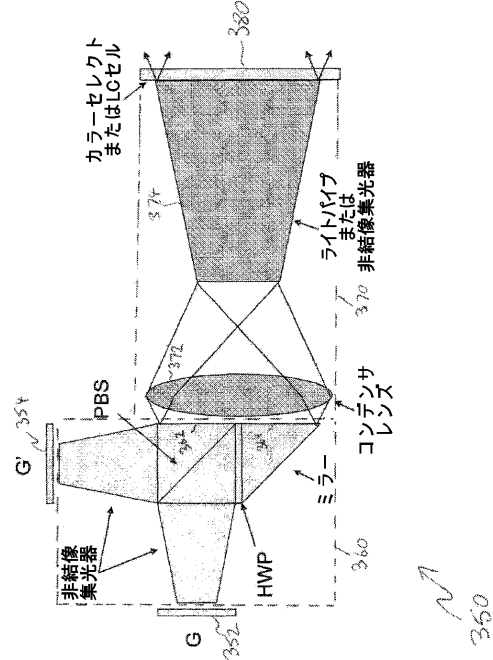
【圖 7】



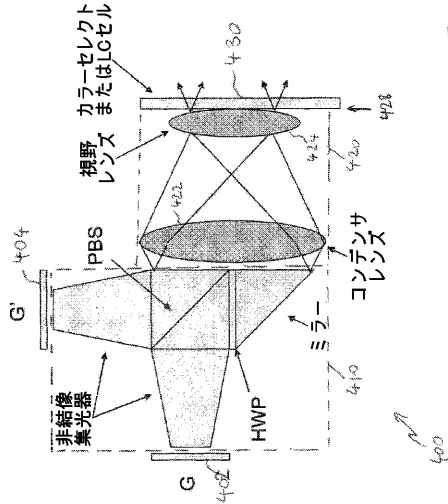
【図 9】



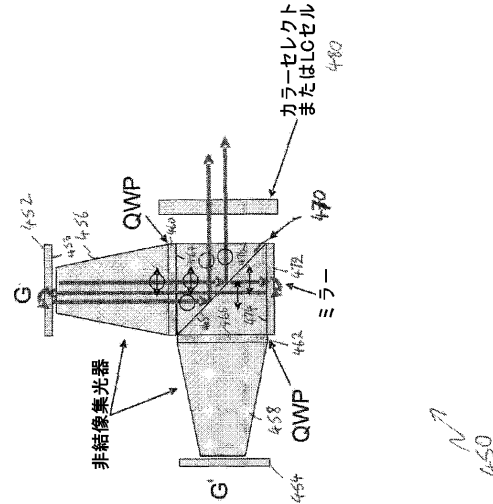
【図 10】



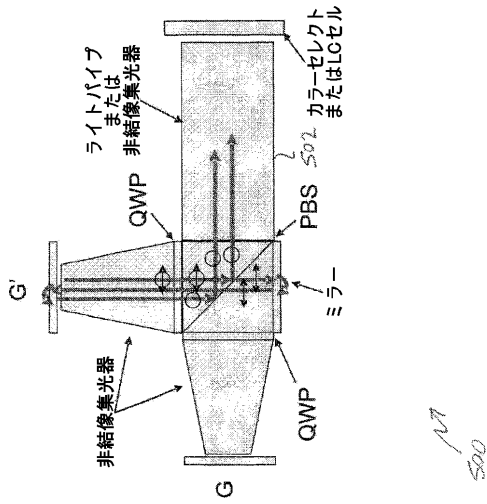
【図 11】



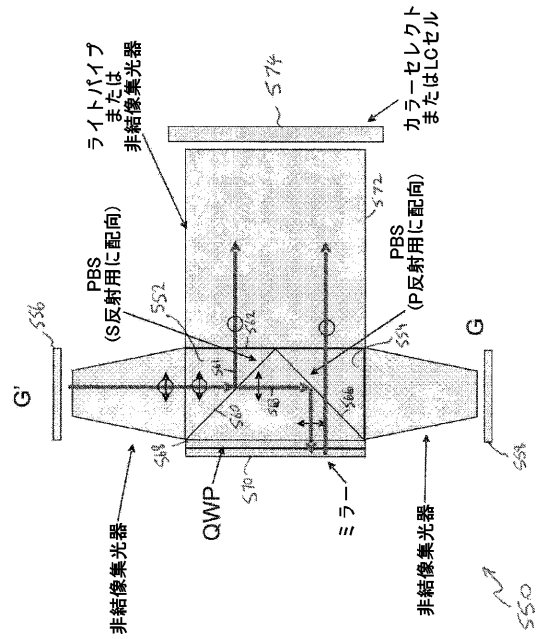
【図 12】



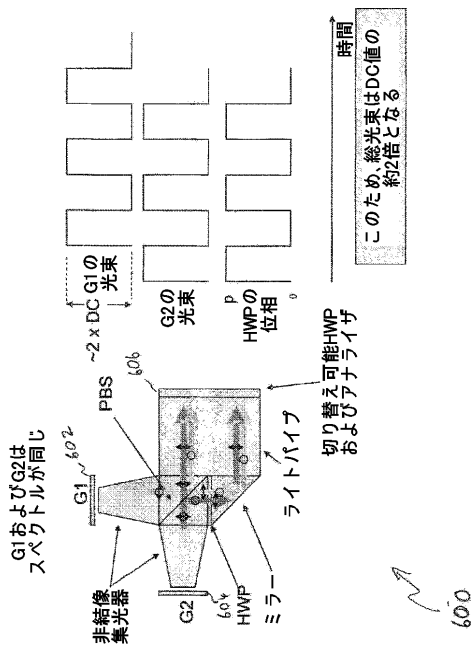
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 60/862,414

(32)優先日 平成18年10月20日(2006.10.20)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ロビンソン、マイケル、ジー、

アメリカ合衆国、80301 コロラド州、ボールダー、スイート ビー、スターリング ドライ
ブ 5335 カラーリンク・インコーポレイテッド内

審査官 佐竹 政彦

(56)参考文献 国際公開第2006/014430(WO, A1)

特開2005-070443(JP, A)

特開2003-330109(JP, A)

特開2004-053655(JP, A)

特開2000-056266(JP, A)

特表2004-507774(JP, A)

国際公開第2005/088365(WO, A1)

特開2006-039032(JP, A)

特開2002-250918(JP, A)

特開2003-241148(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03B 21/00 - 21/10、21/134 - 21/30