

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6701204号
(P6701204)

(45) 発行日 令和2年5月27日 (2020.5.27)

(24) 登録日 令和2年5月8日 (2020.5.8)

(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 D

G O 2 B 19/00 (2006.01)

G O 2 B 19/00

H O 4 N 9/31 (2006.01)

H O 4 N 9/31 O 2 O

H O 4 N 5/74 (2006.01)

H O 4 N 9/31 2 9 O

請求項の数 10 (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-535030 (P2017-535030)
 (86) (22) 出願日 平成27年12月23日 (2015.12.23)
 (65) 公表番号 特表2018-503126 (P2018-503126A)
 (43) 公表日 平成30年2月1日 (2018.2.1)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2015/059957
 (87) 国際公開番号 W02016/108157
 (87) 国際公開日 平成28年7月7日 (2016.7.7)
 審査請求日 平成30年11月28日 (2018.11.28)
 (31) 優先権主張番号 62/099,078
 (32) 優先日 平成26年12月31日 (2014.12.31)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 62/142,353
 (32) 優先日 平成27年4月2日 (2015.4.2)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 507236292
 ドルビー ラボラトリーズ ライセンシン
 グ コーポレイション
 アメリカ合衆国 94103 カリフォル
 ニア州 サンフランシスコ マーケット
 ストリート 1275
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100142907
 弁理士 本田 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高ダイナミックレンジ画像プロジェクタのための方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源からの光のリサイクリングが可能なプロジェクタディスプレイシステムであって、
 光源と、

インテグレートロッドに沿って光を反射することが可能な反射面を有する近位端で前記
 光源からの光を受け取るように構成されたインテグレートロッドと、

当該プロジェクタディスプレイシステムの焦点面を移動させることが可能な光学素子を
 さらに有するリレー光学系と、

前記インテグレートロッドから受けた光を、第1の投影方向、および実質的に前記イン
 テグレートロッドの方向である光リサイクル方向の少なくとも一方に反射することが可能
 な複数の可動ミラーを有する第1の変調器と、

前記第1の変調器から前記第1の投影方向で受けた光を変調するとともに、変調された
 光を投影用に伝送することが可能な第2の変調器と、を備え、

前記第1の変調器は、予備変調器を含み、

前記予備変調器は、表示されるべき所望の画像のハーフトーン画像を生成することが可
 能である、プロジェクタディスプレイシステム。

【請求項 2】

前記光源は、レーザ、部分的にコヒーレントな光、部分的にコヒーレントな有色光、L
 E D、キセノンランプを含む群からの1つである、請求項1に記載のプロジェクタディス
 プレイシステム。

10

20

【請求項 3】

前記第 2 の変調器は、主変調器を含み、

前記主変調器は、前記予備変調器によって生成された前記ハーフトーン画像をパルス幅変調することが可能である、請求項 1 に記載のプロジェクタディスプレイシステム。

【請求項 4】

前記光源は、

複数の有色光源と、

各有色光源に対して、近位端で該光源からの光を受けるように構成されたインテグレートロッドであって、前記近位端は、該インテグレートロッドに沿って光を反射することが可能な反射面を有する、前記インテグレートロッドと、

各有色光源に対して、前記インテグレートロッドから受けた光を投影方向および実質的に前記インテグレートロッドの方向である光リサイクル方向の少なくとも一方に反射することが可能な可動ミラーを有する変調器と、を含み、

主光線を形成するために、少なくとも 2 つのインテグレートロッドからの少なくとも 2 つの有色光線を合成することが可能なダイクロイックコンバイナをさらに備える請求項 1 に記載のプロジェクタディスプレイシステム。

【請求項 5】

プロジェクタディスプレイシステムであって、

光源と、

入力画像データを受け取って、前記入力画像データに応じた制御信号を送るコントローラと、

前記コントローラからの前記制御信号によって制御可能な第 1 の変調器であって、前記入力画像データに基づいて、ぼかしを付与した画像を生成するように構成された前記第 1 の変調器と、

前記第 1 の変調器からのぼかし画像を受けるように構成されたリレー光学系であって、複数の実質的なガウススポットを得るために前記ぼかし画像に所望の量のデフォーカスを付与するようにさらに構成された前記リレー光学系と、

前記複数のガウススポットを受けるように構成された第 2 の変調器であって、さらなる投影用の画像を生成するために光を変調するようにさらに構成された前記第 2 の変調器と、を備え、

前記リレー光学系は、

前記所望の量のデフォーカスを生成するために、焦点面を適切な量で移動させるように構成された複数の光学素子を含み、

前記複数の光学素子は、

集束レンズ群と、

コマ収差補正レンズ群と、

球面収差導入レンズ群と、をさらに含み、

前記複数の光学素子は、略テレセントリックである、プロジェクタディスプレイシステム。

【請求項 6】

前記光源は、レーザ、部分的にコヒーレントな光、部分的にコヒーレントな有色光、LED、キセノンランプ、を含む群からの 1 つである、請求項 5 に記載のプロジェクタディスプレイシステム。

【請求項 7】

前記集束レンズ群は、第 1 の平凸レンズと、第 2 のレンズのセットと、をさらに含み、前記第 2 のレンズのセットは、平凸レンズおよびわずかなメニスカスを有するレンズを含む群からの 1 つを含み、

前記所望の量のデフォーカスを生成するために、前記第 1 の平凸レンズと前記第 2 のレンズのセットとの間に所望の距離が設定されている、請求項 5 に記載のプロジェクタディスプレイシステム。

【請求項 8】

前記コマ収差補正レンズ群は、少なくとも第 1 のレンズおよび第 2 のレンズを含み、さらに、所望の量のコマ収差補正を得るために、前記第 2 のレンズの光軸は、前記第 1 のレンズの光軸からオフセットしている、請求項 7 に記載のプロジェクタディスプレイシステム。

【請求項 9】

前記球面収差導入レンズ群は、前記第 2 の変調器に送られる光に所望の点広がり関数を与えるための追加の球面収差を得るために、複数のレンズをさらに含む、請求項 7 に記載のプロジェクタディスプレイシステム。

【請求項 10】

プロジェクタディスプレイシステムであって、
光源と、
入力画像データを受け取って、前記入力画像データに応じた制御信号を送るコントローラと、

前記コントローラからの前記制御信号によって制御可能な第 1 の変調器であって、前記入力画像データに基づいて、ぼかしを付与した画像を生成するように構成された前記第 1 の変調器と、

前記第 1 の変調器からのぼかし画像を受け取るように構成されたりレー光学系であって、複数の実質的なガウススポットを得るために前記ぼかし画像に所望の量のデフォーカスを付与するようにさらに構成された前記リレー光学系と、

前記複数のガウススポットを受け取るように構成された第 2 の変調器であって、さらなる投影用の画像を生成するために光を変調するようにさらに構成された前記第 2 の変調器と、を備え、

当該プロジェクタディスプレイシステムは、前記リレー光学系の近位にプリズムをさらに備え、

前記プリズムは、第 1 の変調器から出射する光の入射角を補正するように構成されている、プロジェクタディスプレイシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プロジェクタシステムのための光リサイクリングに関し、特に、高ダイナミックレンジ (HDR: High Dynamic Range) プロジェクションシステムのためのシステムおよび方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

プロジェクタシステムは、現在、ダイナミックレンジの向上を伴って構成されつつある。当該技術分野では、デュアル/マルチ変調器プロジェクタディスプレイシステムが知られている。ところが、そのようなディスプレイシステムでは、光処理のモデリングの改善によって、そのようなディスプレイシステムのレンダリングと性能の両方をさらに向上させることが可能である。また、本発明者らの認識によれば、デュアル/マルチ変調システムでの画像ハイライトの輝度、および/またはシングル変調ディスプレイシステムならびにデュアル/マルチ変調ディスプレイシステムのエネルギー性能を向上させることが望ましいであろう。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

光エネルギーの一部を後に使用するようにリサイクルすることによる光の効率的利用のためのプロジェクションシステムおよび/または方法について開示する。一実施形態では、プロジェクションディスプレイシステムについて開示し、このシステムは、光源と、インテグレートロッドに沿って光を反射/リサイクルし得る反射面を有する近位端において

10

20

30

40

50

光源からの光を受けるインテグレートロッドと、インテグレートロッドから受けた光を投影方向または光リサイクル方向のいずれかに反射する少なくとも1つの可動ミラーを有する変調器と、を備える。他の実施形態では、デュアル/マルチ変調器プロジェクタディスプレイシステムについて開示する。第1の変調器は、表示されるべき所望の画像のための、予備変調ハーフトーン画像を実現し得るか、またはハイライト変調画像を実現し得るか、いずれかである。所望の画像の主変調のために、第2の変調器を設けることができる。

【0004】

一実施形態では、光源からの光のリサイクリングが可能なプロジェクタディスプレイシステムについて開示し、このプロジェクタディスプレイシステムは、光源と、インテグレートロッドに沿って光を反射することが可能な反射面を有する近位端で光源からの光を受けるように構成されたインテグレートロッドと、プロジェクタディスプレイシステムの焦点面を移動させることが可能な光学素子をさらに有するリレー光学系と、インテグレートロッドから受けた光を投影方向および概ねインテグレートロッドの方向である光リサイクル方向の少なくとも一方に反射することが可能な可動ミラーを有する変調器と、を備える。

10

【0005】

さらに、画像特性に応じて光リサイクリングを制御するための実施形態を提示する。

本システムの他の特徴ならびに効果は、本出願で提示する図面と関連させて読まれる以下の詳細な説明において提示している。

【0006】

20

例示的な実施形態を図面の参照図に示している。本明細書で開示する実施形態および図面は、限定するものではなく、例示とみなされるべきものである。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1A】図1Aは、本出願の原理に従って構成された、概略的に示す光リサイクルモジュールを備えたデュアル変調器プロジェクタディスプレイシステムを示している。

【図1B】図1Bは、本出願の原理に従って構成された、概略的に示す光リサイクルモジュールを備えたシングル変調プロジェクタディスプレイシステムを示している。

【図1C】図1Cは、複数のカラーチャネルに光リサイクルモジュールを備えたプロジェクタディスプレイシステムを示している。

30

【図2】図2は、本出願の目的を満たす光リサイクルモジュールの一実施形態を示している。

【図3】図3は、本出願の目的に適したインテグレートロッドの近位端を示している。

【図4】図4は、本出願の原理に従って光リサイクリングを実施することが可能かつ/または望ましい場合があるデュアル/マルチ変調器プロジェクタシステムの他の実施形態を示している。

【図5】図5は、本出願の原理に従った光リサイクリングが可能かつ/または望ましい場合があるプロジェクタシステムのさらに別の実施形態を示している。

【図6A】図6Aは、本出願の原理に従った光リサイクリングのための1度または複数の機会が得られるプロジェクタシステムの多くの可能な実施形態を概略的に示している。

40

【図6B】図6Bは、本出願の原理に従った光リサイクリングのための1度または複数の機会が得られるプロジェクタシステムの多くの可能な実施形態を概略的に示している。

【図7A】図7Aは、シングル変調プロジェクタディスプレイシステムのための1つの可能な光リサイクル制御システムおよび/または方法である。

【図7B】図7Bは、一般的なDMD素子での個別変調色応答の応答曲線を示している。

【図7C】図7Cは、一般的なDMD素子での個別変調色応答の応答テーブルを示している。

【図8】図8は、シングル変調プロジェクタディスプレイシステムのための他の可能な光リサイクル制御システムおよび/または方法を示している。

【図9】図9は、シングル変調プロジェクタディスプレイシステムのためのさらに別の可

50

能な光リサイクル制御システムおよび／または方法を示している。

【図 10】図 10 は、所与の照射パターンの場合の光リサイクリングについて、1つの可能な応答テーブルを示している。

【図 11】図 11 は、光リサイクリングが可能なディスプレイシステムにおける効果的な光リサイクリングのためのアルゴリズムを示している。

【図 12】図 12 は、光リサイクリングが可能なディスプレイシステムにおける効果的な光リサイクリングのためのアルゴリズムを示している。

【図 13】図 13 は、光リサイクリングが可能なディスプレイシステムにおける効果的な光リサイクリングのためのアルゴリズムを示している。

【図 14】図 14 は、デュアル変調器ディスプレイシステムにおける光リサイクルモジュールの1つの代替実施形態を示している。

10

【図 15】図 15 は、本出願の原理に従って構成されたりレー光学系によって得られる1つの可能なガウススポット形状を示している。

【図 16】図 16 は、本出願の原理に従って構成されたりレー光学系の他の実施形態である。

【図 17】図 17 は、図 16 のりレー光学系内の集束レンズ群の一実施形態を示している。

【図 18】図 18 は、図 16 のりレー光学系内のコマ収差補正レンズ群の一実施形態を示している。

【図 19】図 19 は、光リサイクリングを実施し得るプロジェクタシステムに適し得るりレー光学系の一実施形態を示している。

20

【図 20】図 20 は、想定されるプロジェクタディスプレイシステムについて、ファイバ数 v とリサイクル効率のプロットの例を示している。

【発明を実施するための形態】

【0008】

本明細書で使用される場合の、「コンポーネント」、「システム」、「インタフェース」というような用語は、ハードウェア、(例えば、実行中の)ソフトウェア、および／またはファームウェアのいずれかであるコンピュータ関連エンティティを指すものである。例えば、あるコンポーネントは、プロセッサ上で実行中のプロセス、プロセッサ、オブジェクト、実行ファイル、プログラム、および／またはコンピュータであり得る。例として、サーバ上で実行中のアプリケーションと、サーバは、どちらもコンポーネントであり得る。1つ以上のコンポーネントを、1つのプロセスに含むことが可能であり、1つのコンポーネントを、1つのコンピュータ上に局在化させること、および／または2つ以上のコンピュータに分散させることが可能である。また、コンポーネントは、ハードウェア、(例えば、実行中の)ソフトウェア、および／またはファームウェアのいずれかである通信関連エンティティを指すものでもあり得るとともに、さらに、通信を実現するに足る有線または無線ハードウェアを含み得る。

30

【0009】

以下の説明を通して、より完全な理解を当業者に与えるため、具体的詳細について記載する。ただし、開示を不必要に不明瞭にすることがないように、周知の要素については、詳細に提示または記載していない場合がある。よって、説明および図面は、限定的意味ではなく例示的意味のものとみなされるべきである。

40

【0010】

〔序論〕

プロジェクタおよびその他のディスプレイシステムの分野では、画像レンダリング性能およびシステム効率をともに向上することが望まれている。本出願のいくつかの実施形態では、デュアル変調またはマルチ変調ディスプレイシステムのためにライトフィールドモデリング(light field modeling)を採用することにより、これらの改良を実施するためのシステム、方法、および技術について記載する。一実施形態では、効果的実施のために、光源モデルを構築して使用する。光源モデルを改良するために、既知の入力画像の表示

50

画像のカメラ画像を評価することができる。一部の実施形態では、反復プロセスにより、改良を積み重ねることができる。一部の実施形態では、これらの技術を動画に用いて、画像レンダリング性能を向上させるためにリアルタイム補正を実施してよい。

【0011】

デュアル変調プロジェクタおよびディスプレイシステムは、

(1) Wardらによる「SERIAL MODULATION DISPLAY HAVING BINARY LIGHT MODULATION STAGE (2値光変調ステージを有するシリアル変調ディスプレイ)」と題する、2012年2月28日に発行された米国特許第8125702号、

(2) Whiteheadらによる「PROJECTION DISPLAYS (プロジェクションディスプレイ)」と題する、2013年6月13日に公開された米国特許出願公開第2013/0148037号、

(3) Wallenerによる「CUSTOM PSFs USING CLUSTERED LIGHT SOURCES (クラスタ光源を用いたカスタムPSF)」と題する、2011年9月22日に公開された米国特許出願公開第2011/0227900号、

(4) Shieldsらによる「SYSTEMS AND METHODS FOR ACCURATELY REPRESENTING HIGH CONTRAST IMAGERY ON HIGH DYNAMIC RANGE DISPLAY SYSTEMS (高ダイナミックレンジ・ディスプレイシステムにおいて高コントラスト画像を正確に表現するためのシステムおよび方法)」と題する、2013年5月2日に公開された米国特許出願公開第2013/0106923号、

(5) Erinjippurathらによる「HIGH DYNAMIC RANGE DISPLAYS USING FILTERLESS LCD(S) FOR INCREASING CONTRAST AND RESOLUTION (フィルタレスLCD(群)を用いてコントラストおよび解像度を向上させた高ダイナミックレンジディスプレイ)」と題する、2011年11月17日に公開された米国特許出願公開第2011/0279749号、

(6) Kwongによる「REFLECTORS WITH SPATIALLY VARYING REFLECTANCE / ABSORPTION GRADIENTS FOR COLOR AND LUMINANCE COMPENSATION (色および輝度の補正用の空間的に変化する反射 / 吸収勾配を有する反射器)」と題する、2012年5月31日に公開された米国特許出願公開第2012/0133689号、を含む、本出願と同一の所有者による特許および特許出願に記載されており、これらの文献はすべて、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0012】

[物理アーキテクチャの一例]

一般的に、単一のデジタルマイクロミラーデバイス (Digital Micromirror Device : DMD) を備えたプロジェクタは、コントラスト比に限界がある傾向があり得る。より高いコントラスト比を得るために、2つ以上のDMDおよび / または他の反射器 (例えば、マイクロエレクトロメカニカルシステム (MEMS)) を直列に配列することができる。DMDは、時分割またはパルス幅変調器として動作し得るので、ともにパルス幅変調器として機能する2つ以上のDMDおよび / または反射器を直列に動作させると、時分割シーケンスにおける精密な時分割アライメントおよび画素間の対応が要求される傾向がある。このようなアライメントおよび対応の要件は、実践するのが難しい場合がある。そこで、本出願の多くの実施形態では、プロジェクタおよび / またはディスプレイシステムで、所望の性能を実現するために、様々なデュアル変調方式を採用することができる。

【0013】

単なる一例として、プロジェクタディスプレイシステムの一実施形態では、「予備変調器」または「予備変調」として第1の変調器 (例えば、第1のDMD / 反射器) を用いることができ、これにより、ハーフトーン画像で光源を空間変調することができ、それを所

10

20

30

40

50

望の期間（例えば、1フレームまたはその一部）にわたって維持することができる。このハーフトーン画像にぼかしを付与することで、空間的低減帯域幅のライトフィールドを生成することができ、これを第2のDMD/反射器に照射することができる。主変調器と呼ばれる第2のDMD/反射器は、ぼかしライトフィールドをパルス幅変調することができる。この構成は、例えば精密な時分割アライメントおよび/または画素間の対応である上記の要件の両方を回避する傾向があり得る。いくつかの実施形態では、2つ以上のDMD/反射器で、時間的にフレームのアライメントを得ることができ、さらに概ね空間的にフレームのアライメントを得ることができる。いくつかの実施形態では、予備変調DMD/反射器からのぼかしライトフィールドは、主DMD/反射器に略重なり得る。他の実施形態では、例えば画像レンダリング性能の助けとするために、空間的アライメントが知られており、これが考慮されることがある。

10

【0014】

本出願は、デュアル/マルチ変調プロジェクションシステムの説明で提示しているが、本出願の技術および方法は、シングル変調、または他のデュアル/マルチ変調ディスプレイシステムでの応用を見いだせるであろうことは理解されるべきである。例えば、バックライトと第1の変調器（例えば、LCDなど）と第2の変調器（例えば、LCDなど）とを備えるデュアル変調ディスプレイシステムでは、本明細書においてプロジェクションシステムの説明で説明される性能および効率を実現するために、適切なぼかし光学部品ならびに画像処理方法および技術を採用することができる。

【0015】

20

また、図1Aでは、2段またはデュアル変調器ディスプレイシステムを示しているものの、本出願の方法および技術は、1つのみの変調器を備えるディスプレイシステム、または3つ以上の変調器を備えるディスプレイシステム（マルチ変調器ディスプレイシステム）での応用も見いだし得るということも理解されるべきである。本出願の範囲は、これらの様々な代替実施形態を包含する。

【0016】

図1Aは、適切な画像プロジェクタディスプレイシステムの1つの可能な実施形態を示している。本実施形態では、プロジェクタディスプレイシステムは、本出願の目的を満たし得るデュアル/マルチ変調器プロジェクタディスプレイシステム100として構成されている。プロジェクタシステム100では、最終的に投影された画像が、その投影画像の想定される鑑賞者にとって十分な輝度となるように、プロジェクタシステムに所望の照射を与える光源102を採用している。光源102として、任意の適切な光源を含むことができ、可能性として、キセノンランプ、レーザ（群）、コヒーレント光源、部分的コヒーレント光源が含まれるが、ただしこれらに限定されない。光源は、プロジェクタシステム全体の電力および/またはエネルギーの主要なドロー（major draw）であるため、その作用の過程で電力および/またはエネルギーを節約するように、光の効果的利用および/または再利用が望ましい場合がある。

30

【0017】

光104は、第1の変調器106を照射することができ、そして次に、オプションの1組の光学部品108を通して第2の変調器110を照射することができる。第2の変調器110からの光は、投影レンズ112（または他の適切な光学部品）で投影されることで、スクリーン114上に最終的な投影画像を形成することができる。入力画像および/またはビデオデータを受け取ることができるコントローラ116によって、第1と第2の変調器を制御することができる。コントローラ116は、その入力画像/ビデオデータに対して、いくつかの画像処理アルゴリズム、色域マッピングアルゴリズム、または他のそのような適切な処理を実行し、そして所望の最終投影画像114を得るために、第1と第2の変調器に制御/データ信号を出力することができる。さらに、一部のプロジェクタシステムでは、その光源によっては、最終投影画像の画質のさらなる制御を実現するために、光源102（図示していない制御線）を変調することが可能な場合がある。

40

【0018】

50

後述するように、光源 102 から第 1 の変調器 106 への光路に導入され得る光リサイクルモジュール 103 を、図 1 A に点線ボックスとして示している。本説明は、この位置付けの説明で提示するが、プロジェクタシステム内の様々な点で、光リサイクリングをプロジェクタシステムに導入してもよいことは理解されるであろう。例えば、第 1 と第 2 の変調器の間に光リサイクリングを導入することができる。さらに、ディスプレイシステムの光路における複数の点に、光リサイクリングを導入してもよい。そのような実施形態は、部品数の増加によって、より高コストとなり得るが、その増加は、複数の点の光リサイクリングの結果としてのエネルギーコスト削減とバランスさせることができる。

【0019】

図 1 B は、シングル変調器 106 b を備えるプロジェクタディスプレイシステム 100 b の一実施形態を示している。光源 102 b は、(場合によっては、図示していないコントローラによる制御の下で) 光ビーム 104 b を発し、これは前述と同様に、光リサイクルモジュール 103 b を通して伝送され得る。変調器 106 b は、コントローラによる要求に応じて光を選択的に反射することができ、そして変調された光 108 b は、プロジェクタ光学系 112 b を通して伝送されて、鑑賞されるべき最終的な所望の画像としてスクリーン 114 上に投影され得る。

【0020】

図 1 C は、複数のカラーレーザチャネル(例えば、R、G、B)において光リサイクリングを実施し得る光リサイクルモジュールの一実施形態を示している。本例に示すように、ディスプレイシステムは、赤色光源(R)を備えることができ、これはインテグレート 20
ロッド 126 (例えば、B の場合は 124、G の場合は 122)に入射して、(場合によっては、内部全反射によって)伝送されることができ、これにより、リサイクル位置 120 b または伝送位置 120 a を呈し得る 1 つ以上の反射体を有し得る制御可能な反射器 120 に達する。光をリサイクルすべきときには、反射器 120 b は、レーザ光をインテグレートロッド 126 に戻すように反射して、これにより、反射器が伝送位置 120 a に移行するための(図示していないコントローラによる)指令を受けるまでの間に、その光路内で複数回反射し得る。反射器 120 a によって伝送される光は、図示のように赤ミラー 128 に誘導されることができ、青色光の場合には、ダイクロイックコンバイナ 130 で、青色光を赤色光と合成することができる。同様に、その後、ダイクロイックコンバイナ 132 で緑色光を合成することができ、次に、その光は、光学素子 120 で簡単に示す 30
ように、さらに変調および/または投影され得る。この光リサイクルモジュールが、要求に応じて、シングル変調器、デュアル変調器、および/またはマルチ変調器ディスプレイシステムの目的を満たし得ることは理解されるであろう。

【0021】

[光リサイクリングの一実施形態]

図 2 は、本出願の目的に適し得る光リサイクリングサブシステムおよび/またはモジュールの一実施形態を示している。上記したように、プロジェクタシステムにおいて、主に光源 102 と第 1 の変調器 221 との間に、光リサイクリングサブシステム/モジュールを導入することができる。光源 102 からの光は、(例えば、図 3 に示すようにポート 201 b を介して)インテグレートロッド/チューブ/ボックス(integrating rod/tube/box) 202 を介して光路に入力することができる。インテグレートロッド/チューブ/ボックス 202 は、その内部に概ね反射面を有し得ることで、その面への入射光は、その右端 203 で光が抜け出るまで、(例えば、場合によっては複数回)反射されることがある。光がインテグレートロッド/チューブ/ボックスを抜け出ると、その光は、例えばレンズ 204、214、216 ならびにフィルタおよび/または偏光子 208、210、212 のセットからなる光学素子セットで規定される光路内に導入され得る。

【0022】

第 1 の変調器 221 は、いくつかのプリズム 218 a、218 b と、反射器 220 とを有し得る。反射器 220 は、反射体のデジタルマイクロミラーデバイス(Digital Micromirror Device : DMD)アレイ、またはマイクロエレクトロメカニカルシステム(ME 50

MS)アレイ、または少なくとも2つ以上の光路に光を反射し得る可能性のある他の任意の適切な反射体セット、を含み得る。そのような光路の1つを、図2に示している。図示のように、反射器220は、光をプリズム218aと218bの界面へと誘導し、これにより、光はレンズアセンブリ222へと反射された後に、(例えば、レンズアセンブリ224、プリズム226および230、反射器228を有する)第2の変調器229に達し得る。この光を用いて、観客によって鑑賞されるべき最終投影画像を形成することができる。

【0023】

しかしながら、最終投影画像のレンダリングの最中には、光源102の全パワー/全エネルギーは必要ではない可能性のある何らかの時期がある。光源102のパワーを変調することが不可能である場合には(または困難である場合または光を節約する追加の機会がある場合)、光源102からの光をリサイクルすることが望まれる場合がある。このような場合には、図2で分かるように、反射器220を、図示のようなその現在の位置(すなわち、第2の変調器に至る光路を進むように光を誘導する位置)から、上述の光路と概ね同じ光路に沿って右から左方向に進んでインテグレートロッド/チューブ/ボックス202へと戻るように光を概ね反射させるような代替りの位置に、調整することが可能であり得る。一実施形態では、リサイクルシステムは、画像の一部をより明るくすることができる。これは、画面の大部分が暗く、一部が非常に明るい場合に望ましい。

【0024】

他の実施形態では、(オプションの)第3の光路(図示せず)によって、反射器は、光源からの光を、光「ダンプ(dump)」に、すなわち光が吸収されるプロジェクタシステムの部分に、誘導することが可能となる。この場合、その光は、プロジェクタシステムから散逸される熱として浪費される。このように、プロジェクタシステムは、要求に応じて光を誘導することに関して、多様な自由度を有し得る。

【0025】

図3は、光リサイクリングの実施を助ける近位端201(すなわち、光源に最も近い端)の一実施形態を示している。図示のように、光は、インテグレートロッド/チューブ/ボックス202を通して(例えば、複数回の反射によって)近位端201に戻るように入り得る。さらに、近位端201は、反射面をさらに含み得る裏側部分201aと、光源102からの光がプロジェクタシステムに入力され得るポート開口201bと、を有し得る。裏側部分201aに衝突する光は、(第1の変調器の反射器(群)が光を最終画像の形成のための第2の変調器または他の何らかの適切な光路に伝送する向きにされるまでの間、場合によっては複数回)インテグレートロッド202に沿って反射し返されることがある。図2および3の例は、(本明細書で提示する他の例と同様に)ディスプレイシステムを通る光路における何らかの点で光をリサイクルすることが可能な光リサイクルモジュールの一例とみなすことができる。

【0026】

図14は、少なくとも1つのレーザおよび/または部分的にコヒーレントな有色光源1402、1404、1406用のモジュールとして機能し得る光リサイクルモジュール1400のさらに別の実施形態である。そのような光源からの光を、図3にあるような反射する近位端1410を有し得るインテグレートロッド1412への入力用に光を調整するための第1の光学サブシステム1408を通して、伝送することができる。第2の光学サブシステム1414は、第1の変調器1416への入力に先立って、光を要求通りにさらに調整することができる。上記の図2および3の場合と同様に、モジュール1400のこの第1枝で、上述のような光リサイクルモードを実施することができる。

【0027】

第1の変調の後に、鑑賞用の最終画像を投影するためのプロジェクタ光学サブシステム1422を通した伝送用に光を変調する第2の変調器1420への入力に先立って、第3の光学サブシステム1418を通して光を伝送することができる。

【0028】

10

20

30

40

50

〔ハイライトの実施形態〕

一実施形態では、オプションのハイライト変調器 (highlights modulator) によって、その変調器を予備変調器と併用するのでなければ、利用できる光の一部を用いて、調整可能な照射を実現することができる。このことを具体化するために、機械的および／または非機械的サブシステムの両方と、ビームステアリング技術を採用することができ、例えば、機械的ステアリングを用いたシステム内の各種光路への照射源のステアリング部分、空間光変調器または他の空間変調方式によるホログラムが可能な場合がある。このようなシステムでは、所望の場所への光のステアリングによって効率を高めることが望ましい場合がある。

【0029】

10

機械的ビームステアリングでは、水平方向および／または垂直方向の可動域にわたる制御が可能な反射素子群を使用することができる。制御された不均一照射を発生させるハイライト変調器の後に続いて、これらの反射素子は、これに到達した光を変調器の所望の領域へと誘導する。

【0030】

非機械的ビームステアリング方法では、空間光変調器を使用することができ、これにより、変調器に到達した均一なコヒーレント光の位相をシフトさせる。位相シフトされた光は、レンズを通して結像するとき3次元ライトフィールド (three dimensional light field) を生成する。様々に異なるシャープネスまたはPSF特性を有する縮小次元結像から、2次元ライトフィールドを生成する後続の変調器の1つへと、3次元ライトフィールドを、様々に異なる平面を有する2次元ライトフィールドに結像させることができる。

20

【0031】

実現態様に関わりなく、ハイライト変調とは、変調器を用いて、変調器に到達した光を後続の変調器上の任意の場所に誘導することを意味する。「任意の場所」という用語は、位置範囲および粒度などの制限があり得るものの、ハイライト変調器を他の変調器と区別するために使用され得る。

【0032】

ハイライト変調素子の数、ハイライト変調器によって得られるPSF特性および総カバレッジに応じて、一部の実施形態では、それと主変調器／第2の変調器との間に予備変調器／第1の変調器を備える必要がある場合がある。一部の実施形態では、ハイライト変調器が、その後に変調 (予備変調または主変調) を必要としないように、そのような性能を有し得ることが可能な場合がある。

30

【0033】

〔ハイライト変調から予備／主変調へのリレー光学系の制御〕

いくつかの実施形態において、ハイライト変調器が予備変調器／第1の変調器または主変調器／第2の変調器上に生成する照射の点広がり関数形状を制御するために、リレー光学系を調整することが可能であり得る。一部の実施形態では、半値全幅の大きさを調整するため、ならびにPSFの形状または裾を制御するため、の制御を備えることができる。光リサイクリングを採用している場合には、インテグレートロッドを追加的に通過することによって光の均一性および角度多様性が変化し、この変化が結果的に得られるPSFに影響を及ぼすので、結果的に得られる性能を予測、監視、および／または測定することが望ましい場合がある。

40

【0034】

〔予備変調／第1の変調の実施形態〕

いくつかの実施形態において、予備変調／第1の変調では、主変調器への途中で予備変調器に到達する光を変調する能力を必要とし得る。場合によっては、予備変調は、システムコントラストを向上させるために採用されることがある。ハイライトすること (highlighting) によって、非結像の予備変調器照射に加えてハイライト画像で予備変調器を照射し得ることが可能である。

【0035】

50

いくつかの実施形態において、適切な予備変調器／第1の変調器は、DMD、LCD（Liquid Crystal Display：液晶ディスプレイ）、LCoS（Liquid Crystal On Silicon：液晶オンシリコン）、または他の強度変調器であり得る。実現態様に関わりなく、予備変調は、到達した光強度を後続の変調器に向けて変調するために用いることができる。予備変調器素子（例えば、ミラー、画素など）は、それぞれ、後続の変調器上の、または予備変調器の後続のさらなる変調がない場合にはスクリーン上の、決まった位置に影響を及ぼす。予備変調器素子の数、予備変調器によって得られるPSF特性および総力バレッジに応じて、予備変調器の後続の主変調器を備える必要がない場合がある。予備変調器が、その前または後に変調（例えば、ハイライト変調または主変調）を必要としないように、そのような性能を有し得ることが可能である。

10

【0036】

〔予備変調から主変調へのリレー光学系の制御〕

これは、ハイライト変調器または予備変調器が主変調器上に生成する照射の点広がり関数形状を制御するために、リレー光学系を調整する能力を意味する。半値全幅の大きさを調整するため、ならびにPSFの形状または裾を制御するための制御を備える。予備変調器を用いたりサイクリングを採用することが可能であり、インテグレートロードを追加的に通過することによって光の均一性および角度多様性が変化し、この変化が結果的に得られるPSFに影響を及ぼすので、結果的に得られる照射強度を監視、モデル化、予測、および／または測定することが望ましい場合がある。

20

【0037】

〔主変調器の実施形態〕

主変調／第2の変調では、スクリーンへの途中で主変調器に到達する光を変調する能力を必要とし得る。いくつかの実施形態では、これにより、高コントラスト、ならびに所望の空間および強度分解能を有して、結果的に得られる画像品質が確保される傾向があり得る。いくつかの実施形態では、非結像の主変調器照射に加えて、ハイライト変調器および／または予備変調器の画像で主変調器を照射し得ることが可能な場合がある。

【0038】

いくつかの実施形態において、適切な主変調器／第2の変調器は、DMD、LCD、LCoS、または他の強度変調器であり得る。実現態様に関わりなく、主変調／第2の変調は、その変調器に到達した光強度をスクリーンに向けて変調するように機能し得る。主変調器素子（例えば、ミラー、画素など）は、それぞれ、スクリーン上の決まった位置に影響を及ぼす。投影光学系によって決まる全体的なサイズおよび形状の投影スクリーン画像を形成するために、各位置のサイズおよび形状は一貫していなければならない。主変調器のコントラスト範囲によっては、ハイライト変調器または予備変調器を使用する必要がない場合がある。主変調器が、その前に変調（ハイライト変調または予備変調）を必要としないように、そのような性能を有し得ることが可能である。主変調器を用いたりサイクリングを採用することが可能であり得る。所望の画像が形成されることを確保するように、照射調整または変調器への信号を変化させることによる補正のために、結果的に得られる照射強度レベルを経時的に把握することが望ましい。このレベルを測定することが可能である。また、このレベルをアルゴリズムでモデル化して予測することも可能である。

30

40

【0039】

〔他のプロジェクタシステムの実施形態〕

図4は、光リサイクリングを実施することが可能かつ／または望ましい場合があるデュアル／マルチ変調器プロジェクタシステム400の他の実施形態を示している。図示のように、プロジェクタシステム400は、1つ以上の光源（例えば、402aおよび／または402bまたは他の追加の光源）を備え得る。本実施形態では、光源402aは、図2Aの実施形態に類似したものであり得るインテグレートサブシステム／ボックス404a内に光を供給する。402aからの光は、やがて第1の変調器406に到達することができ、その第1の変調器406は、図1A、1B、1C、および／または2と略同じ（すな

50

わち、インテグレータサブシステム/ボックス404a内に光を反射し返し得る反射器を有する)ように構成することができる。次に、光は、光学サブシステム408、第2の変調器410に進むことができ、その後、プロジェクタレンズ412に達して、最終的な投影画像がスクリーン414上に形成され得る。

【0040】

一方、もう1つの(または、他の実施形態では1つより多くの)別の光源402bを用いることによって、光リサイクリングのための別の機会を発生させることができる。一実施形態では、光源402bを、もう1つの主光源として(すなわち、相当な時間、最終画像のための相当量の光を供給するために)採用することができる。本実施形態では、402bからの光を、反射器403でさらに反射することができ、この光を、ビームスプリッタ405において402aからの光と合成することができ、この合成ビームで、相当な時間、最終画像を形成する。

10

【0041】

他の実施形態では、画像の一部の範囲内でハイライト照射を提供するために、より少ない時間、光源402bを使用することができる。反射器403は、場合によっては(例えば、光をダンプまたは他のリサイクルサブシステムに誘導するために)可動である単一ミラーであり得るということは理解されるべきである。あるいは、402bからの追加の光のより細かい微調整を得るために、反射器403は、反射体(例えば、MEMS、DMDなど)のセットおよび/またはアレイであってよい。

【0042】

20

さらに別の実施形態では、光源402bはオブションとすることができ、インテグレータサブシステム/ボックス404bは、光源402bがあるかもしれない場所の近位にある端に完全反射面を有することができる。本実施形態では、光は、(例えば、ボックス404a内と同様に、ボックス404b内に)光をその中でリサイクルするためのもう1つの光路を有し得る。他の実施形態では、405として、ワンウェイミラーを使用することが可能な場合がある。この場合、反射器403は、光を404b内にリダイレクトし得る単なる制御可能なミラーであり、従って、反射器403は、リサイクリングのためにシステムを「折り畳む(fold)」ことのみ必要であり得る。そのような実施形態では、光を404a内でリサイクルさせる必要はない場合があり、代わりに404b内で光をリサイクルさせることができる。これは、リサイクル反射器が光入力用の孔を備えなくてもよく、はるかに効率的なリサイクラ(recycler)となるので、望ましい場合がある。

30

【0043】

図5は、さらに別の実施形態であって、光リサイクリングが可能かつ/または望ましい場合がある実施形態である。プロジェクタシステム500は、光源502と、前述のようなインテグレータサブシステム/ボックス504と、を備え得る。偏光子505は、光の選択可能な部分を一方向に偏光するLCDのような制御可能な偏光子であり得る。ビームスプリッタ506は、一方向の偏光を均一なライトフィールド514として真っ直ぐに通過させる偏光ビームスプリッタとすることができ、その光は、516を用いて合成されて主変調器518に達する。他の方向に偏光した光は、506で、508としてリダイレクトされる。ミラー510は、システムを折り畳み、システムの構成に応じて予備変調器またはハイライト変調器512のいずれかに光を到達させるためのミラーであり得る。

40

【0044】

その後、512からの不均一なライトフィールドは、516を用いて514と合成されて、518を照射する。512が予備変調器である場合には、画像522の極めて暗い部分の暗さを外れた512の第1段階よりも低い何らかの基準レベルの照射を提供するために、ビーム514を用いることができる。あるいは、512がハイライト変調器である場合には、514を用いて、512で生成される不均一なライトフィールド内の光が存在しない領域において画像522で必要とされる均一な光レベルを提供する。

【0045】

他の実施形態では、(図3に示すものと同様の)リサイクル型インテグレータロッドを

50

5 1 0 と 5 1 2 の間（または 5 0 6 と 5 1 0 の間）に導入し、（例えば、反射裏面を有しない）非リサイクル型インテグレートロッドを 5 0 6 と 5 1 6 の間に導入することが可能であり得る。このような実施形態では、光を高密度ビームとして維持するために、5 0 2 の後の 5 0 4 を取り除くことが望ましい場合がある。

【 0 0 4 6 】

〔 概略的な一実施形態 〕

図 6 A および 6 B は、このような光リサイクリングのための複数の機会が得られるプロジェクタシステムについて、1 つ以上の可能な実施形態を概略的に示している。図 6 A は、デュアル / マルチ変調器プロジェクタシステムで可能であり得る処理 6 0 0 を概略的に示している。この処理は、様々なレーザ、コヒーレント光源、または部分的コヒーレント光源からの光を含むことができ、その場合、例えばレーザ光は、パルス状（6 0 2）であるか、またはレーザダイオード 6 0 4 によって供給され得る。そのような光は、（上記の実施形態のいくつかに関連して記載したような）様々なアーキテクチャおよび態様で、合成および伝送（6 0 6）することができる。その後、光を、成分（例えば、6 1 0 ~ 6 2 0）に分離（6 0 8）することができ、さらに、この光を、ハイライト照射（6 2 8）、ダンプ照射（6 3 0）、予備変調（または第 1 の変調器）照射（6 2 6）、主変調（または第 2 の変調器）照射（6 2 4）のような様々な機能を果たすように、合成および分離（6 2 2）することができる。

【 0 0 4 7 】

一実施形態では、グローバルディミング（global dimming）のために、表示領域全体に均一に影響を及ぼすようにレーザパワーを調整する傾向がある。これは、レーザおよび / または光源パワーを調整することが可能なプロジェクタシステムにおいて、一部の画像およびシーンに適している場合がある。一方、状況によっては、低輝度レベルでは、制御可能な基準レベルの均一照射をハイライト変調器、予備変調器 / 第 1 の変調器、または主変調器 / 第 2 の変調器に直接当てることが効果的な場合がある。この種のレーザパワー調整を制御することは、別の形のグローバルディミングであると考えられる。

【 0 0 4 8 】

ディスプレイシステムにおいて複数のレーザ源（それぞれに制御可能な光源としての個別レーザもしくはレーザ群、またはレーザもしくはレーザ群をそれぞれ制御可能な光源に分割することによるもののいずれか）を採用している一実施形態では、1 つずつが表示領域の一部に影響を及ぼして、ローカルディミング（local dimming）を可能とするように、それらを空間的に配列することが可能であり得る。この方法は、それらのローカルディミング領域が空間的に固定されているという点で、ハイライト変調ローカルディミング領域が空間的に調整可能であり得るハイライト変調器とは異なる。ミラーに到達した光を、変調器上の所定の空間領域に光を誘導する分割インテグレートロッドのような空間配向させたファイバまたは光学部品に誘導することによって、各領域に対するレーザパワー調整を制御するために、機械的な光ステアリングを用いることが可能である。

【 0 0 4 9 】

そのような場合、機械的な光ステアリング装置は、ハイライト変調器および / または予備変調器ではなく、レーザパワー調整の一部とみなすことができるが、これらのシステムで、機械的ステアリングにおいて個別に制御可能な要素の数が、空間領域の数よりも多い場合には、各領域の光源を直接変化させる必要はなく、固定光源または可変光源からの照射を空間的に再分配することが可能であるというさらなる利点がある。それらの変調器に対するレーザ照射の空間的適用は、各々の変調器に対する照射光学系によって制御することができる。グローバルディミングのためには、照射光学系（例えば、レンズ、インテグレートロッドなど）による照射によって、変調器を均一に照射するように構成することができる。ローカルディミングのためには、照射光学系（例えば、レンズレットアレイ、分割インテグレートロッドなど）による照射は、各光路を進んで、適切な P S F を構成するように変調器の所望の部分に広がるように設計することができる。

【 0 0 5 0 】

照射の大部分を予備変調器 / 第 1 の変調器が受けると予測される実施形態において、光リサイクリングを実施する場合には、分割もしくはレーザパワー制御によるか、またはコントラストを低下させ得る補正のための変調器を使用することによるか、いずれかによって、その照射を調整可能とすることが望ましい場合がある。

【 0 0 5 1 】

[いくつかの概略的な実施形態]

図 6 B は、図 6 A に示すような処理を実施し得るプロジェクタシステムについて、いくつかの概略的な実施形態を示している。システム 6 3 2 は、オプションとして、ハイライト変調器 6 3 6 への光路 6 3 4 内に入射するハイライト照射 6 2 8 を提供することができる。この光は、光路 6 4 4 を介した予備変調 (または第 1 の変調器) への光路 6 4 2 に送られ得るか、または光はダンプ (6 3 8) されて、さらに場合によっては 6 4 0 でリサイクルされ得るか、いずれかである。

10

【 0 0 5 2 】

予備変調器 / 第 1 の変調器の段階では、光路 6 5 2 を介して 6 2 6 で光を入力することができる。この光を、前述のように、予備変調器 / 第 1 の変調器 6 4 6 でハイライト照射と合成することができる。この光は、(例えば、予備変調画像 6 5 4 を形成して) 主変調器 / 第 2 の変調器に送られ得るか、またはダンプされて、さらに 6 4 8 でリサイクルされ得るか、いずれかである。

【 0 0 5 3 】

主変調器 / 第 2 の変調器 (6 6 0) は、予備変調器 / 第 1 の変調器または主変調照射 6 2 4 からの光を (例えば、光路 6 5 6、6 5 8 をそれぞれ介して) 受けることができる。この光を、主画像 6 6 2 として、(場合によっては、光源がコヒーレントまたは部分的にコヒーレントである場合には、振動を伴う) 投影スクリーン 6 6 8 上に投影画像 6 6 6 を形成する投影光学系 6 6 4 に送ることができ、そしてオーディトリウム (auditorium) 6 7 0 など鑑賞され得る。それ以外であれば、光は、ダンプされて、さらに 6 7 4 でリサイクルされ得る。

20

【 0 0 5 4 】

この概略図で、様々な可能なプロジェクタシステムをサポートすることができ、それらのすべてが本出願の範囲に包含されることは理解されるであろう。プロジェクタシステムアーキテクチャで、本出願の目的のための光リサイクリングの 1 回以上の機会をサポートできれば、十分であり得る。

30

【 0 0 5 5 】

[制御アルゴリズムの実施形態]

上述のように、画像、画像セット、またはビデオの投影の最中には、最終投影画像を形成するために光源の全パワーの使用が望まれないことが何度もある。その場合、光の一部を、より高輝度の画像を形成するために必要となるまで、(略無制限に) 何度もリサイクルすることができる。さらに、反射器 2 2 0 が実際には一組の反射体 (または反射体アレイ) を有し得るので、光をリサイクルする機会は、ローカルディミングに基づくものとすることが可能であり得る。1 つの可能な実施形態では、グローバルディミングまたはローカルディミングに基づいて、最終投影画像を形成するために利用できる光のすべてが必要ではないときに、光リサイクリングを採用し、そしてその後、それを、例えば最終投影画像において「ハイライト」を投影するために、目的を持って使用することが可能であり得る。ハイライトは、画像の一部分であって、その部分を強調するために、画像のその周辺部分よりもかなり高い輝度エネルギーを誘導することが要求される部分であり得る。

40

【 0 0 5 6 】

他の実施形態では、やはりグローバルディミングまたはローカルディミングに基づいて、先行するものよりも平均して高輝度である画像またはシーンの場合に、その画像またはシーンの輝度を向上させるために光リサイクリングを採用することが可能であり得る。それらの機会は、図 6 B に見られるように、予備変調器 / 第 1 の変調器段、または主変調器 / 第 2 の変調器段の照射の際に生じ得る。

50

【 0 0 5 7 】

ー実施形態では、プロジェクタシステムは、いかにして最適に光リサイクリングを採用するかに関して、コントローラによって、これが入力画像／ビデオデータを処理する際に判断することができる。リサイクルするという決定は、画像データを処理するときにオンザフライで、またはフレーム、フレームセット、もしくはシーンごとのルックアヘッド方式で事前に、下することができる。他の実施形態では、ビデオおよび／またはシーンの全体をオフラインで分析することができ、そして制御信号を、関連したメタデータストリームの一部として、画像／ビデオデータと共にコントローラに送ることができる。

【 0 0 5 8 】

図 7 A は、光リサイクリングを実施するためのフローチャートの一実施形態である。制御システム／方法 7 0 0 では、7 0 2 で、画像データを入力することができる。システム／方法は、（例えば、図 7 B に示すような）応答曲線および／または応答テーブルに基づいて、変調器の個別変調色（IMC：Individually Modulated Color）の各々について平均画像レベル（APL：Average Picture Level）を計算することができる。図 7 B のグラフに示すように、それぞれの個別色は、所与の DMD 充填率に対して異なる相対輝度を示し得る。光リサイクリングを実施する際には、視覚的な色アーチファクトを除去および／または軽減するために、これらの色による違いを考慮することが望ましい場合がある。理解されるべきことは、図 7 A および 8 のフローチャートでは、リサイクリングによって均一なライトフィールドが生成されると仮定できる一方、図 9 のフローチャートでは、リサイクリングによる空間的強度変動を考慮して図 7 C および 1 0 のテーブルを採用することができるということである。例えば、図 7 C に示すテーブルによれば、入力画像を画像領域の 5 × 4 配列に分割することができ、画像領域の各々における光リサイクリングは、0 % から 4 0 % まで、説明したように調整することができる。

【 0 0 5 9 】

図 7 A に戻って、7 0 6 で、システム／方法は、各 IMC の相対輝度増加を特定することができる。これが達成されたら、システム／方法は、各 IMC の輝度増加の逆数に、照射源強度を低下させるようにディスプレイシステムに指示することができる。例えば輝度増加の何らかの関数の何らかの反比例関係など、照射源強度と輝度増加との間に他の関数関係が可能かつ／または望ましい場合があることは理解されるべきである。「逆数」という用語が本明細書で使用される場合に、そのような他の実施形態も可能であることは理解されるであろう。7 0 8 で、光源強度を調整することが可能であるが、一部の実施形態では、リサイクリングは同じままであってよい（例えば、光源低下によって、変調器への照射が多すぎないように絶対値のみ変更されればよく、リサイクリングのパーセンテージは変更されなくてよい）。光は高速で進み、最も高速の PWM サイクルであっても相対的には極めて遅いため、リサイクリングは瞬時的なものと考えることができ、その結果の照射レベルは、変調器がその現在の状態に切り替わった直後に達成され得る。

【 0 0 6 0 】

主変調器（例えば、変調を複数の時間区間に広げる変調器）として DMD（群）を採用するシステムの場合には、時間区間ごとに変調器状態および結果としてのリサイクルレベルがあってよく、それぞれを計算および補正することができる。予備変調器として DMD（群）を採用するシステムの場合には、システムは、フレームごとに 1 回のみ変化し得る 2 値ハーフトーンパターンでそれら DMD を駆動し得るので、時間区間は 1 つのみの場合がある（例えば、実際には、フレームごとに 1 ～ 4 回変化し得るが、これは、DMD 主変調器の場合の数十～数百の時間区間よりも著しく少ない場合がある）。主変調器として LCD および LCOS を採用する実施形態では、表示中に、これらを（DMD と比較して）低速で切り替えることができるので、結果としてのリサイクリングは、いかにして補正するか決定するために、その時間にわたってインテグレートすることができる。

【 0 0 6 1 】

図 7 A の制御システム／方法は、概して、任意のデュアル／マルチ変調器ディスプレイ

10

20

30

40

50

システムで機能し得るが、この制御は、（例えば、図 1 B と同じまたは類似の形態で構成され得るような）シングル変調器プロジェクタシステムの説明でも機能することができる。主変調器でのリサイクリングは、DMD、LCOS、およびLCDによるシステムの時系列性から得られることがある。

【0062】

図 8 は、光リサイクリングのためのさらに別の制御システム / 方法（800）である。制御は、802で、画像データの入力を開始することができる。804で、システムは、各IMCについてAPLを計算することができる。次に、システムは、806で、各IMCの相対輝度増加を特定することができる。808で、システムは、各IMCの輝度増加の逆数に最も近い設定に、照射源強度を低下させることができ、場合によってはその逆数値を下回ることがないように低下させることができる。一実施形態では、システムは、変調器で光を増加させることなく減少させることを想定することができ、そのような場合、システムは、照射源を所要レベル未満に低下させることは望まれない可能性がある。一方、他の実施形態では（例えば、変調器画像の大部分が暗い場合に）、その逆の傾向があり得る（例えば、システムは、照射を減少させて、より多くの光を通過させるように変調器を設定することができる）。そのような場合、ステップ808では、各IMCの輝度増加の逆数に最も近い設定に照射源強度を低下させるとともに、さらに変調器補正が可能であるように進行し得る。

【0063】

次に、システムは、810で、輝度増加の所望の逆数と、照射源で得られる設定との差を補償するために、変調器に誘導される像の強度を低下させることができる。あるいは、ステップ810で、輝度増加の所望の逆数と、照射源で得られる設定との差を補償するために、変調器に誘導される像の強度を調整してもよい。

【0064】

図 9 は、光リサイクリングのための制御システム / 方法のさらに別の実施形態である。ただし、この制御システム / 方法は、リサイクリングに起因する光の不均一性を考慮および / または調整する必要があり得るとともに照射強度制御が細かい粒度または連続的であるディスプレイシステムにおいて、良好に機能し得る。システム / 方法900では、902で、画像データを入力することができる。904で、システムは、各領域の（すなわち、いくつかの異なる領域に画像が分割され得る場合の）IMCについて、APLを計算することができる。906で、システムは、実験的統計に基づいて、各領域の各IMCの相対輝度増加を特定することができる。システムは、（例えば、いくつかの領域はオフで、残りはオンである）パターンを変調器に誘導し、光の分布を観測することができる。暗領域の位置に応じて、そのリサイクルされる光は不均一に変調器に戻り得る。この不均一性を変調器において補正する必要がある。

【0065】

908で、システムは、各IMCについて、最も低い輝度増加を有する領域の逆数に、照射源強度を低下させることができる。システムは、照射源強度設定に基づいて、各領域の各IMCの相対輝度増加を特定することができる。次に912で、システムは、その領域の輝度増加の所望の逆数と、照射源の設定との差を補償するために、変調器の各領域に誘導される像の強度を低下させることができる。

【0066】

入力画像が画像領域の5×4配列に分割されていることを前提として、図10は、（例えば、実験的統計の一部として導出されるような）何らかの変調器領域パターンを所与として、変調器における光リサイクリングの不均一なレベル設定についての、部分的に記入されたテーブル（例えば、測定、推定、および / または計算によって、中央とコーナの値のみが記入されており、残りは同様に埋めることができる）の例を示している。他の態様では、パターンを提示して、その後、結果としてのリサイクルレベルを、その特性に基づいて調整することが可能であり得る。例えば、表1は、画像領域の3×3配列に分割された画像の輝度特性を示している（例えば、各領域において、平均輝度レベルまたはピ

ーク輝度レベルが所定の輝度閾値（例えば、１０ニット）を上回るか下回るかを示している）。例えば、右下領域はＯＦＦ（または閾値未満）であるので、一実施形態では、表２に示すように、この領域のより近くで、光リサイクリングが最も多く実施され得るとともに、より遠くに位置する画像領域では減少し得る。実験によって導出された多くのこのようなテーブルを、９０６で使用する事ができる。

【００６７】

【表１】

画像領域の３×３配列として分割されたテスト画像の輝度特性

ON	ON	ON
ON	ON	ON
ON	ON	OFF

10

【００６８】

【表２】

３×３分割画像の画像特性に応じた光リサイクル率

１０２％	１０４％	１０８％
１０３％	１０８％	１０９％
１０４％	１０８％	１１０％

20

図１１は、輝度増加に応じて照射源強度を低下させるためのアルゴリズム（１１００）の一実施形態である。このような輝度増加は、一部のシステムにおいて、個別変調色ごとに発生することがある。

【００６９】

１１０２で、システムは、鑑賞用の所望の画像を入力することができる。１１０４で、システムは、個別変調色（ＩＭＣ）の各々について、予備変調器で生成されることが要求される（またはその他の要求される）ライトフィールドを計算することができる。１１０６で、システムは、その予備変調器の各ＩＭＣについて、平均画像レベル（ＡＰＬ）を計算することができる。１１０８で、ＩＭＣの各々の相対輝度増加を、そのＡＰＬに基づいて特定することができる。次に１１１０で、システムは、各ＩＭＣの輝度増加の逆数に、照射源強度を低下させることができる。

30

【００７０】

図１２は、特に、例えば図５に示すように、画像の投影のために偏光を採用し得るシステムにおいて、照射源強度を低下させるためのアルゴリズム（１２００）の一実施形態である。

【００７１】

１２０２で、システムは、鑑賞用の所望の画像を入力することができる。１２０４で、システムは、場合によってはＩＭＣの各々について、主変調器に直接向けられるべき（例えば、図５の５１４のような）光量を計算することができる。次に１２０６で、システムは、各ＩＭＣについて、予備変調器で生成されることが要求されるライトフィールドを計算することができる。次に１２０８で、その予備変調器の各ＩＭＣについて、ＡＰＬを計算することができる。次に、システムは、１２１０で、各ＩＭＣの相対輝度増加を、そのＡＰＬに基づいて特定することができる。１２１２で、システムは、各ＩＭＣの輝度増加の逆数に、照射源強度を低下させることができる。これは、各ＩＭＣについて、主変調器に直接向けられるべき光量も含み得る。次に１２１４で、システムは、所望の光量を主変調器に直接向けられることができるように、ビームスプリッタ（例えば、５０６）への偏光を揃えるために、偏光子（例えば、５０５）を調整することができる。

40

【００７２】

図１３は、ディスプレイシステムが光リサイクリングに関わり得ることを想定すること

50

なく生成された画像を入力することができるアルゴリズム(1300)の一実施形態である。一実施形態では、システムは、光リサイクリングのための調整を多くの可能な方法で実施することができ、例えば、メタデータによって芸術的意図を保護しつつ、「EDR(Enhanced Dynamic Range)マスタ」のグレーディングおよびターゲットディスプレイ能力へのマッピングを採用することができる。

【0073】

1302で、システムは、鑑賞用の所望の画像を入力することができる。この画像は、リサイクリングが実施されない/はずであったと仮定して作成されたものであってよい。1304で、システムは、各IMCについて、APLを計算することができる。1306で、システムは、各IMCの相対輝度増加を、そのAPLに基づいて特定することができる。次に、システムは、1308で、各IMCについて実現可能な輝度範囲を、ディスプレイ管理アルゴリズムに供給する(あるいは計算する)ことができる。1310で、ディスプレイ管理アルゴリズムは、リサイクル範囲に基づいて表示されるべき画像を生成することができ、それは、リサイクリングによって各IMCで実現可能なものよりも輝度が低いものであり得るが、場合によっては、それより高くはないものであり得る。次に1312で、システムは、各IMCについて、新たなAPL(NAPL: New APL)を計算することができる。1314で、システムは、各IMCの新たな相対輝度増加を、そのNAPLに基づいて特定することができる。その後、システムは、1316で、各IMCのNAPLの逆数に、照射源強度を低下させることができる。

【0074】

[高ダイナミックレンジプロジェクタシステム用のリレー光学系]

引き続き図14を参照すると、リレー光学システム1418は、第1の変調器1416(例えば、予備変調器)と第2の変調器1420(例えば、主変調器)との間に導入されることを示している。このようなリレー光学システムは、画像処理におけるアーチファクト量を低減するためであるとともに、投影画像のコントラストを向上させるためにも、望ましい場合がある。

【0075】

本明細書で記載する一実施形態の説明では、第1の変調器/予備変調器は、画像データ値に基づいて、明細書に記載されたハーフトーン画像のような、ぼかしを付与および/またはデフォーカスした画像を生成することが望ましい場合がある。多くの実施形態では、予備変調器から主変調器までの間に、均一にぼかしを付与/デフォーカスした画像を生成する傾向があるリレー光学システムを備えることが望ましい場合がある。さらに、本実施形態では、所望のデフォーカスされたスポット形状を有することが望ましい場合がある。

【0076】

多くの実施形態では、リレー光学システムは、焦点面を効果的に移動させ、コマ収差を補正し、(例えば、いくらかの望ましい量まで、デフォーカス/ぼかしを付与するとともに、球面収差を付与することによって)広がりを調整するような、レンズまたは他の光学素子を有し得る。

【0077】

例えば、図15は、1つの望ましい可能性のあるスポット形状1502を示しており、これは、概ねガウス形状であって、ここで、x軸は距離(mm)であり、y軸は相対照射量である(例えば、「1」は最大照射であり、「0」は暗である)。なお、光リサイクリング、またはハイライトを供給する他のシステム/方法、を提供し得るシステムでは、様々な時点で照射が「1」を超え得るということに留意すべきである。

【0078】

図14の光学システム1418の他に、図16は、本出願の目的に適したリレー光学系1600のさらに別の実施形態である。リレー光学系1600の両端に、例えば1602aと1602b(例えば、ここでは展開したプリズムシステムとして示している)の2つの変調器を配置することができる。本明細書でさらに記載されるように、第1の変調器1602aは、予備変調器であってよく、第2の変調器1602bは、主変調器であってよ

い。

【0079】

第1の変調器1602aによって伝送される光は、第2の変調器1602bを照射する前に、集束レンズ群1604、コマ収差補正レンズ群1606、およびフィールド平坦化/球面収差導入レンズ群1608を通して、さらに伝送されることができる。多くの実施形態では、リレー光学系は、略テレセントリックであってよく、例えば、主光線（すなわち、開口絞りの中心を通過する斜光線）は、システムの前または後ろにおいて、それぞれ光軸に略平行である。

【0080】

図17および18は、それぞれ集束群1604およびコマ収差補正レンズ群1606の実施形態を示している。図17に示すように、第1の変調器1602aからの光は、集束群1604に伝送される。集束群1604は、さらに、平凸レンズであり得る第1のレンズ1604aを含み得る。レンズ1604bおよび1604cは、平凸レンズまたはわずかなメニスカス（meniscus）を有するレンズを含む2つのレンズであり得る。

【0081】

これらのレンズの各々は、所望の球面収差量を有するように構成され、これとデフォーカスとの組み合わせによって、主変調器が配置される像面において（図15に示すような）適切な光分布が得られる。より少数のよりハイパワーの要素よりも、複数の弱いレンズによって、所望の球面収差量がより容易に得られる。また、レンズ素子間の距離も、これらの収差の所望量を実現する助けとなり得る。

【0082】

上述のように、ぼかしおよび/またはデフォーカスの量は、レンズ1604aとレンズ1604bとの間の距離に応じて、設定および/または制御することができる。一実施形態では、第2の変調器を照射するための十分なデフォーカス/ぼかしを付与するためには、約5～9mmの距離および/または空隙が適切であり得る。集束群1604の他の実施形態では、要素のうちの2つの間の空隙を変化させることによって、焦点を変化させる能力を実現し、これにより、主変調器におけるスポットサイズを調整することができる。これに関連して、要素による調整可能な焦点は、所望の球面収差を生成する傾向もあり得る。

【0083】

一実施形態では、プロジェクタシステムは、製造時に1度、この距離を設定することができ、それらのレンズを、プロジェクタシステムの耐用寿命にわたって、永久マウントに設定することができる。他の実施形態では、動作の過程で、その距離を、動的に変更することができる。そのような実施形態では、リレー光学系において、レンズのうちの1つ以上を可動に取り付けることができ、その距離は、可動マウントに制御信号を供給するコントローラによる要求に応じて、調整することができる。

【0084】

図18は、集束群1604からの光がコマ収差補正群1606に伝送されることを示している。本プロジェクションシステムのいくつかの実施形態と同様に、互いに対して傾斜した光学素子を有し得る2つの変調器（例えば、2つの変調器は、複数のプリズムなどを有している）の間で光が伝送されることで、ある程度のコマ収差および/または非点収差（stigmatism）が導入される傾向があり得る。従って、多くの実施形態では、このコマ収差および/または非点収差を補正するために、コマ収差補正群1606を光路内に導入することができる。コマ収差/非点収差を補正する1つの方法は、図18に示すように、第2のレンズ1606bの光軸1607bに対して第1のレンズ1606aの光軸1607aを所望の量でオフセットさせることによって実現することができる。一実施形態では、両方のレンズ1606aおよび1606bは、わずかにメニスカスであってよく、その場合、例えば、光路に対して近位の面がわずかに凹状であり、光路に対して遠位の面がわずかに凸状である。一方または両方を平凸レンズとすることが可能であり得る。

【0085】

さらに、コマ収差補正群 1 6 0 6 は、光の色補正を提供するように構成され、これにより、例えば、均一な拡大率が得られるとともに追加の補正光学素子の使用をいずれも避けるようにして、プロジェクタシステムで複数の色光（例えば、赤色、緑色、青色）を採用することができる。正素子（positive element）が、低分散のクラウンガラスで構成され、群 1 6 0 6 の負素子（negative element）が、高分散のフリントガラスで構成される場合には、すべての光波長が略同等に主変調器に集束されるように、ガラスおよび素子の形状を選択することができる。また、この特徴によって、各色に対して同じ拡大率を得ることもでき、3色プロジェクタにおいて、図 1 6 の光学系を、各色の光路について同等に構成することができる。

【 0 0 8 6 】

10

コマ収差補正群 1 6 0 6 からの光を、フィールド平坦化 / 球面収差導入群 1 6 0 8 に伝送することができる。第 2 の変調器に伝送される光のための点広がり関数（例えば、概ねガウス分布の P S F）に追加のデフォーカス / ぼかしを付与するための追加の球面収差を得るために、群 1 6 0 8 を採用することができる。

【 0 0 8 7 】

いくつかの実施形態において、様々に異なる構成として、1つ、2つ、または3つの群を有し得るリレー光学系を備えることが可能であり得る。例えば、1つのリレー光学系に、様々に異なる組み合わせで、集束群、コマ収差補正群、および / または球面収差導入群を含むことができる。

【 0 0 8 8 】

20

〔光リサイクリングを採用するプロジェクタシステム用のリレー光学系〕

本明細書に記載の光リサイクルシステムを採用するプロジェクタシステムにおいて、図 1 9 は、1つの可能な実施形態を示しており、これは、第 1 の変調器 1 6 0 2 a と、第 2 の変調器 1 6 0 2 b と、リレー光学系と、を備え、リレー光学系は、集束群 2 0 0 4 と、コマ収差補正群 2 0 0 6 と、球面収差導入群 2 0 0 8 と、を有し得る。集束群 2 0 0 4 およびコマ収差補正群 2 0 0 6 および球面収差導入群 2 0 0 8 は、上述のような光リサイクリングを用いない場合と略同じように、機能し得るとともに、設定することができる。

【 0 0 8 9 】

ただし、光リサイクリングを採用するシステムでは、第 1 の変調器 1 6 0 2 a からの光が、（1 6 0 2 a の面 2 0 0 1 から伝送される光で示すように）リレー光学系に入る光路に対して異なる入射角を有することが望ましい場合がある。この入射角を補正するために、第 2 の変調器 1 6 0 2 b の近位側にプリズム 2 0 1 0 を導入することができる。このようになり得るのは、物体（予備変調器 1 6 0 2 a）から出射する光は、予備変調器 1 6 0 2 a に対して（この場合、主光線角度として参照される）概ね 3 6 度の入射角であり、その光が 2 4 度の入射角で主変調器 1 6 0 2 b に到達するからである。これによって、リサイクリングを採用しない場合には見られない光路における対称性の損失が生じる傾向があり得る。物体面のすべてのコーナから像面まで光が進む（ガラスと空気の両方の）光路は、略同等であることが望ましい場合がある。像面が主変調器 1 6 0 2 b に対して傾斜していることが分かっている場合には、光路における 1 つ以上のプリズムにガラス楔 2 0 1 0 を追加することができ、そのような楔の形状は、集束群 2 0 0 4、コマ収差補正群 2 0 0 6、および収差導入群 2 0 0 8 を考慮して設計を最適化することにより決定される。

【 0 0 9 0 】

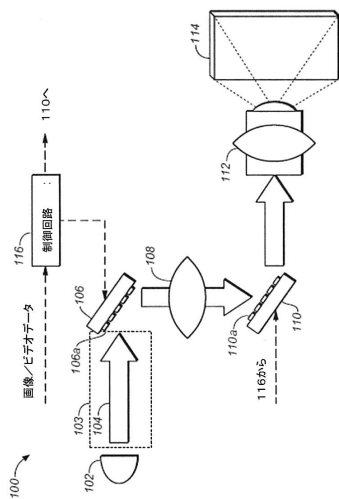
図 2 0 は、例えば、光路に照射する複数のファイバを備える場合の、光源のエタンドュを示している。例えば、図 1 4 において、照射を提供する複数の光ファイバを備えることができる。小さなスポットまたは単一の光ファイバに伝送することができる光は、大きなスポットまたは複数の光ファイバに伝送される光よりも好ましい場合がある。図 2 0 は、リサイクル効率のトレードオフの可能性を示している。インテグレートロッドの入力面においてポートではなく反射体で覆われる可能な最大面積を提供することが望ましい場合がある。

【 0 0 9 1 】

50

以上、本発明の原理を示す添付の図面を併用して読まれる本発明の１つ以上の実施形態についての詳細な説明を提示した。理解されるべきことは、本発明は、かかる実施形態に関連させて記載されているが、本発明は、いずれの実施形態にも限定されないということである。本発明の範囲は請求項によってのみ限定され、本発明は、多くの代替案、変更、および均等物を包括する。本発明についての完全な理解を与えるため、様々な具体的詳細を本明細書に記載している。それらの詳細は、例示目的で提示されるものであり、本発明は、それら特定の詳細の一部またはすべてを伴うことなく、請求項に従って実施することができる。明確にする目的で、発明が不必要に不明瞭になることがないように、本発明に関連する技術分野で知られている技術的事項については詳細に記載していない。

【図１Ａ】



【図１Ｂ】

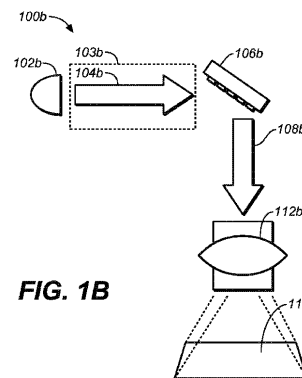
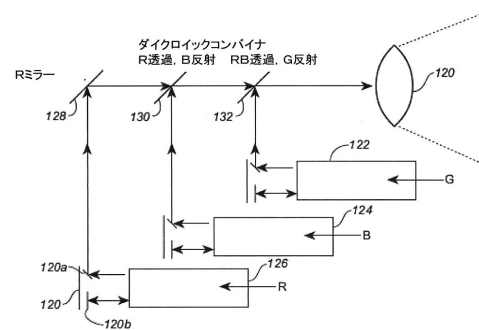


FIG. 1B

【図１Ｃ】



【図 2】

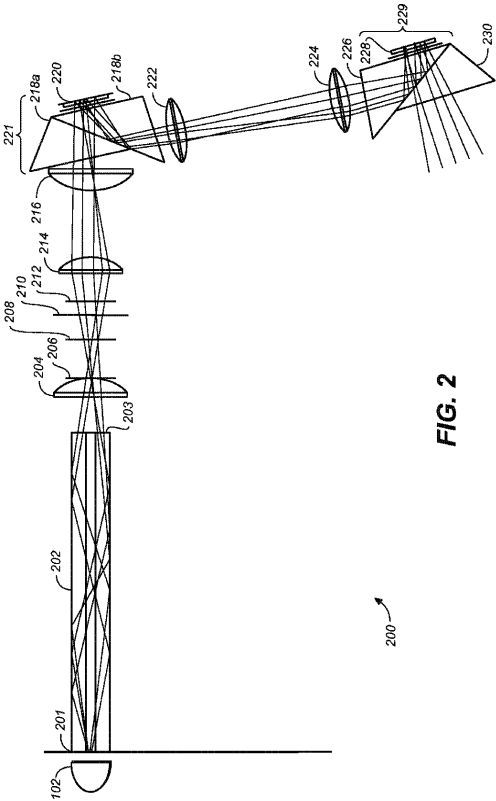


FIG. 2

【図 3】

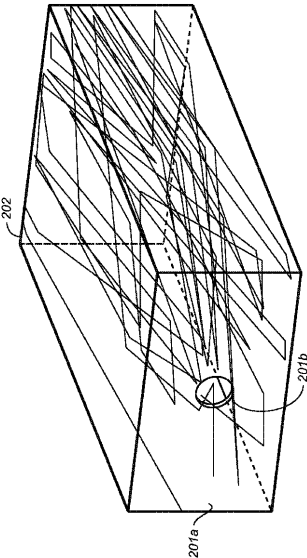


FIG. 3

【図 4】

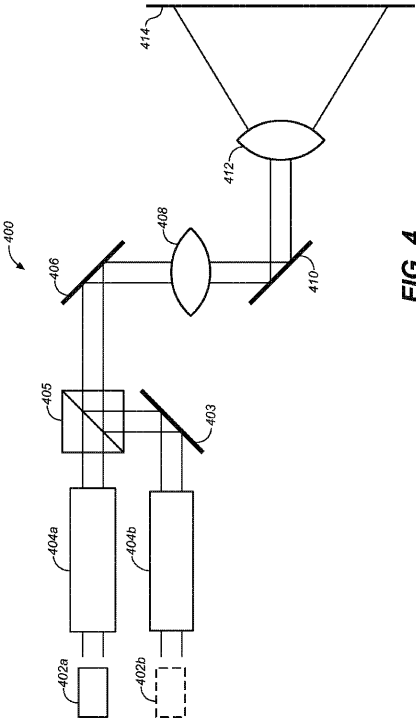


FIG. 4

【図 5】

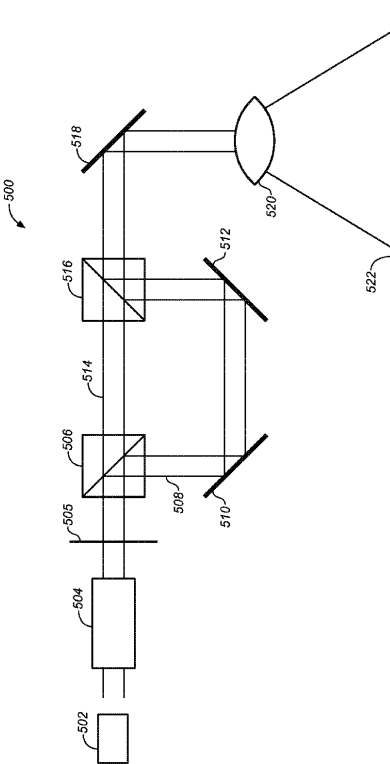
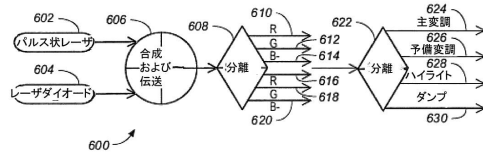
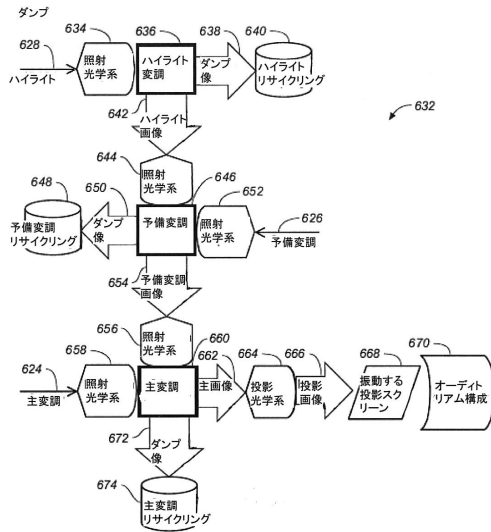


FIG. 5

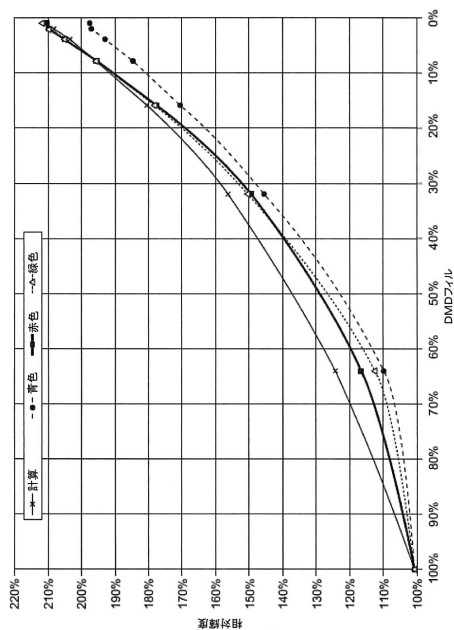
【図 6 A】



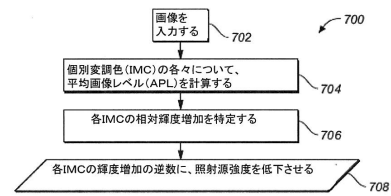
【図 6 B】



【図 7 B】



【図 7 A】

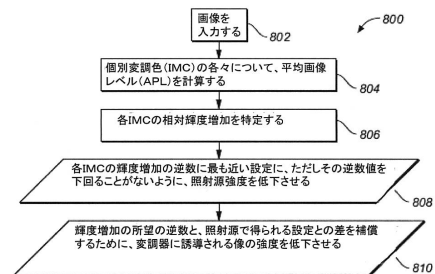


【図 7 C】

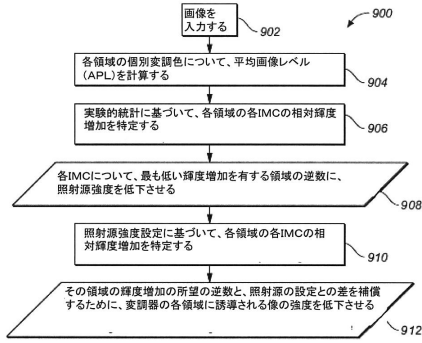
10%	5%	10%	7%	8%
20%	10%	10%	10%	10%
12%	0%	10%	10%	10%
10%	10%	10%	40%	10%

FIG. 7C

【図 8】



【図 9】

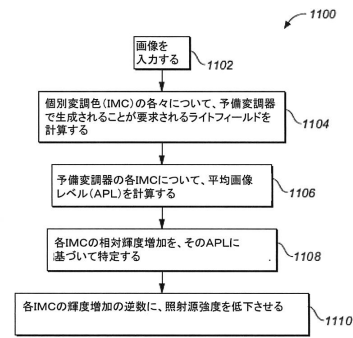


【図 10】

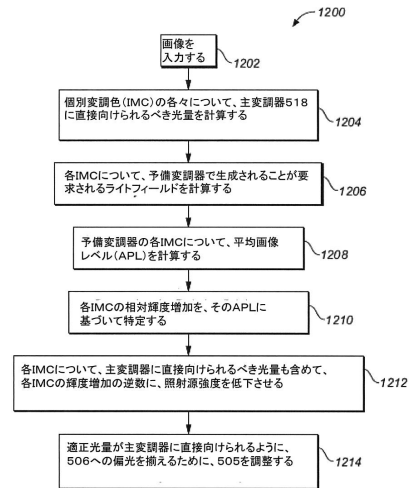
173%				188%
	185%	200%	182%	
	182%	192%	194%	
	176%	194%	189%	
175%				193%

FIG. 10

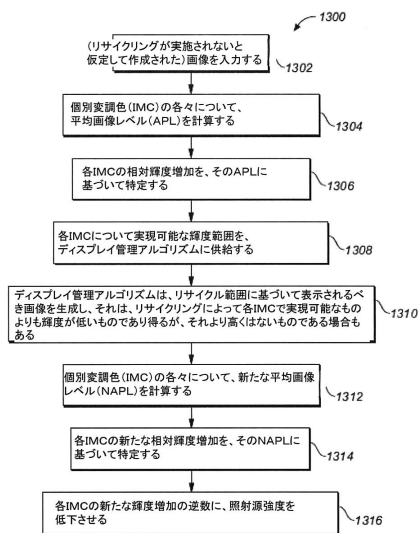
【図 11】



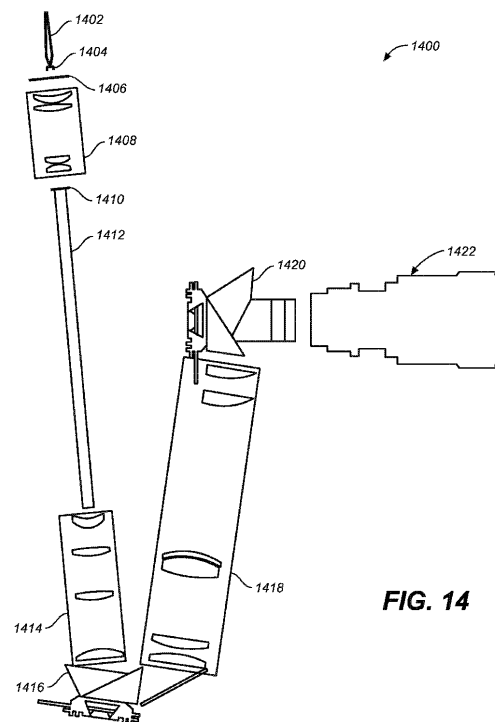
【図 12】



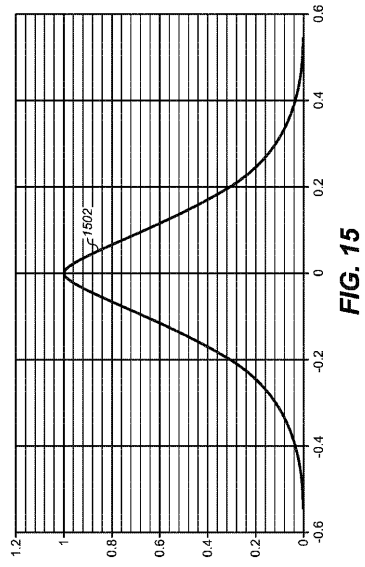
【図 13】



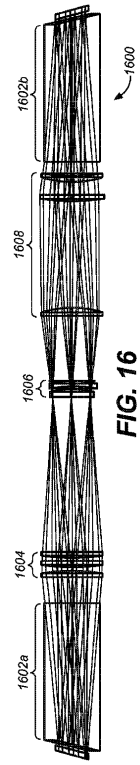
【図 14】

**FIG. 14**

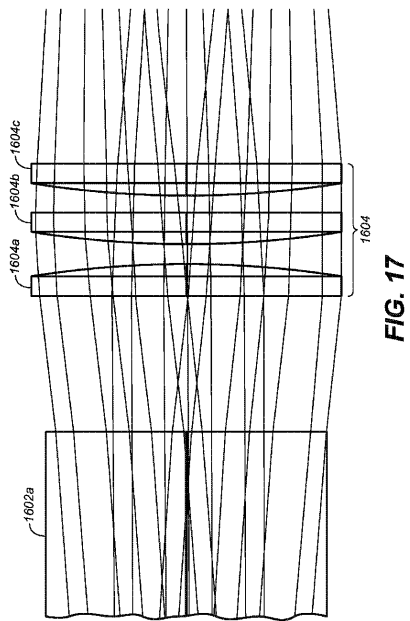
【図 15】



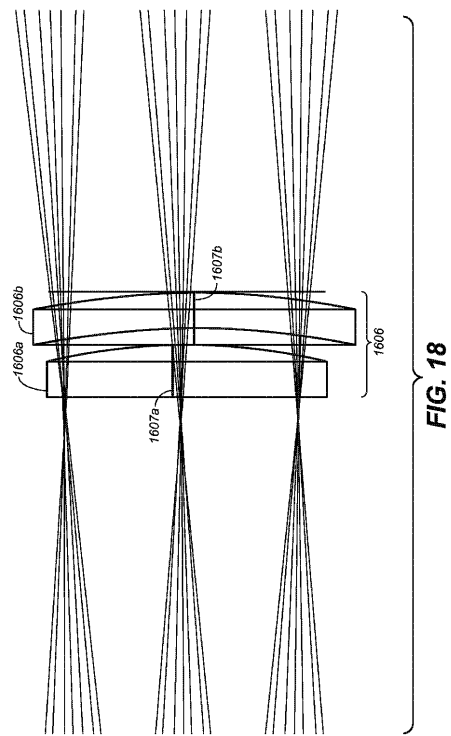
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

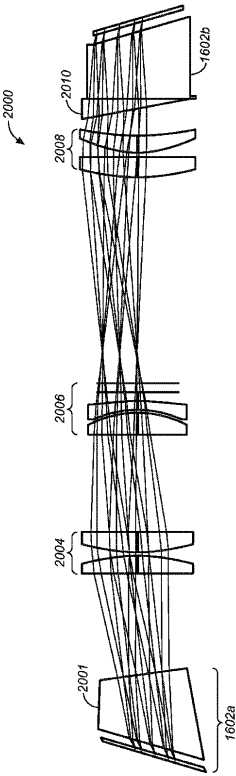
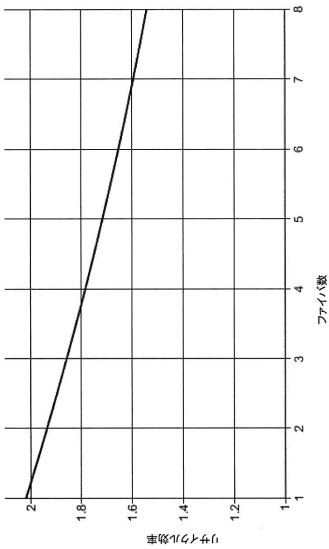


FIG. 19

【図 20】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 4 N 5/74 Z

- (72)発明者 リチャーズ、マーティン ジェイ .
アメリカ合衆国 9 4 1 0 3 カリフォルニア州 サンフランシスコ マーケット ストリート
1 2 7 5 ドルビー ラボラトリーズ インコーポレイテッド内
- (72)発明者 ウェインライト、ネイサン
アメリカ合衆国 7 5 0 7 4 テキサス州 プラノ ケイ アベニュー 6 8 2 9 スイート 1
0 8 プラス ルーツ テクノロジーズ内
- (72)発明者 ゴーニー、ダグラス ジェイ .
アメリカ合衆国 9 4 1 0 3 カリフォルニア州 サンフランシスコ マーケット ストリート
1 2 7 5 ドルビー ラボラトリーズ インコーポレイテッド内
- (72)発明者 デワルト、デュアン スコット
アメリカ合衆国 7 5 0 7 4 テキサス州 プラノ ケイ アベニュー 6 8 2 9 スイート 1
0 8 プラス ルーツ テクノロジーズ内

審査官 川俣 郁子

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0246705 (US, A1)
特開2004-242136 (JP, A)
特開2003-015102 (JP, A)
特開2006-317925 (JP, A)
特表2014-517337 (JP, A)
特開2008-052090 (JP, A)
特開2015-090497 (JP, A)
特開2005-055866 (JP, A)
特開2013-210487 (JP, A)
特開2006-267530 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B 1 9 / 0 0 - 2 1 / 0 0
2 1 / 0 6 - 2 1 / 3 6
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 5 / 6 6 - 5 / 7 4