

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-516141

(P2017-516141A)

(43) 公表日 平成29年6月15日(2017.6.15)

(51) Int.Cl.		F I				テーマコード (参考)
G02B	5/08	(2006.01)	G02B	5/08	B	2H042
G03F	7/20	(2006.01)	G03F	7/20	501	2H197

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2016-565687 (P2016-565687)
 (86) (22) 出願日 平成27年5月6日 (2015.5.6)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年12月27日 (2016.12.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/029392
 (87) 国際公開番号 W02015/175274
 (87) 国際公開日 平成27年11月19日 (2015.11.19)
 (31) 優先権主張番号 61/991, 488
 (32) 優先日 平成26年5月10日 (2014.5.10)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 513100840
 イノベーションズ イン オプティクス
 , インコーポレイテッド
 INNOVATIONS IN OPTICS, INC.
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
 1801, ウォバーン, カミングズパーク
 82
 (74) 代理人 110001302
 特許業務法人北青山インターナショナル
 (72) 発明者 ブルキラッキオ, トーマス ジョン
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
 1867, リーディング, メイブルリッジ
 48
 Fターム(参考) 2H042 DD04

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光ダイオードデジタルマイクロミラーデバイスイルミネータ

(57) 【要約】

発光ダイオード(LED)デジタルマイクロミラーデバイス(DMD)イルミネータは、少なくとも1つのLEDダイと、非結像集光光学系と、非結像集光光学系の出力アパーチャと光通信するレンズ系と、を含む。レンズ系は、非撮像集光光学系の出力アパーチャを含む物体空間でテレセントリックである。ある実施形態では、レンズ系は像空間でもテレセントリックである。ある構成では、LEDダイは紫外線LEDダイである。イルミネータは、DMD上に高放射光エネルギーを投影するように構成されている。高い強度かつ空間均一性を有する照明平面上にDMDを結像するために投影レンズを用いることが可能である。イルミネータの用途の例は、マスクレスリソグラフィ、材料の紫外線硬化、及び、構築された蛍光励起を含む。

【選択図】図3

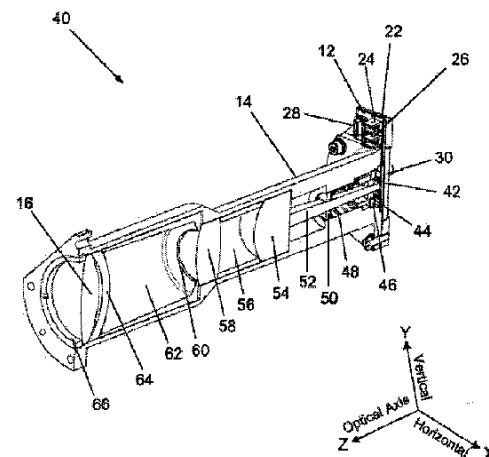


FIG. 3

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

マイクロミラーデバイスのための発光ダイオード（ＬＥＤ）プロジェクタであって、少なくとも１つのＬＥＤダイと、

前記少なくとも１つのＬＥＤダイと光通信する入力アパーチャと、出力アパーチャと、を有する非結像集光光学系と、

前記非結像集光光学系の前記出力アパーチャと光通信し、かつ、像面における前記出力アパーチャの像を生成するように構成されたレンズ系であって、前記非結像集光光学系の前記出力アパーチャを含む物体空間でテレセントリックである、レンズ系と、を備える発光ダイオード（ＬＥＤ）プロジェクタ。

10

【請求項 2】

前記レンズ系は、前記像面を含む像空間においてテレセントリックである、請求項 1 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 3】

前記入力アパーチャ及び前記出力アパーチャが矩形アパーチャである、請求項 1 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 4】

前記出力アパーチャは、前記非結像集光光学系の出力面の寸法によって規定される、請求項 1 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 5】

20

前記出力アパーチャは、前記非結像集光光学系の出力面上に蒸着された反射ミラーの内側の矩形透過領域によって規定される、請求項 3 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 6】

前記出力アパーチャは、前記非結像集光光学系の前記出力面に隣接して配置されたウィンドウ上に蒸着された反射ミラーの内側の矩形透過領域によって規定される、請求項 3 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 7】

前記出力アパーチャは、前記非結像集光光学系の前記出力面と直接光通信するレンズ素子の前面上に蒸着された反射ミラーの内側の矩形透過領域によって規定される、請求項 3 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

30

【請求項 8】

前記矩形アパーチャは、デジタルマイクロミラーデバイスのアスペクト比に実質的に一致するアスペクト比を有する、請求項 3 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 9】

前記非結像集光光学系はテーパ形状のガラスライトパイプである、請求項 1 の記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 10】

前記非結像集光光学系は複合パラボラ集光器である、請求項 1 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 11】

40

前記非結像集光光学系は、前記レンズ系のアパーチャストップを余分に満たす非近接場分布を提供するように構成される、請求項 1 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 12】

前記非結像集光光学系は、前記レンズ系のアパーチャストップに実質的に一致させられる非近接場分布を提供するように構成される、請求項 1 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 13】

前記少なくとも１つのＬＥＤダイは紫外発光ＬＥＤのアレイを備える、請求項 1 に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項 14】

デジタルマイクロミラー照明システムであって、

50

少なくとも１つの発光ダイオード（ＬＥＤ）ダイと、

前記少なくとも１つのＬＥＤダイと光通信する入力アパーチャと、出力アパーチャと、
を有する非結像集光光学系と、

前記非結像集光光学系の前記出力アパーチャと光通信し、かつ、像面における前記出力アパーチャの像を生成するように構成されたレンズ系であって、前記非結像集光光学系の前記出力アパーチャを含む物体空間でテレセントリックである、レンズ系と、

前記像面に配置されたマイクロミラーの平面を含むデジタルマイクロミラーデバイス（ＤＭＤ）と、を備えるデジタルマイクロミラー照明システム。

【請求項１５】

前記レンズ系は、前記出力アパーチャの像を含む像空間においてテレセントリックである、請求項１４に記載のデジタルマイクロミラー照明システム。

10

【請求項１６】

前記レンズ系と前記ＤＭＤとの間に配置された全内部反射カップリングプリズムをさらに備える、請求項１４に記載のデジタルマイクロミラー照明システム。

【請求項１７】

前記出力アパーチャで前記非結像集光光学系に当接するテーパ延長部であって、キーストーン効果に起因した非均一性を補償する及び実質的に補正するように決定された角度で傾斜した中空矩形断面を規定する複数の内部反射壁を有するテーパ延長部をさらに備える、請求項１４に記載のデジタルマイクロミラー照明システム。

【請求項１８】

20

前記入力アパーチャ及び前記出力アパーチャは矩形アパーチャである、請求項１４に記載のデジタルマイクロミラー照明システム。

【請求項１９】

前記出力アパーチャは、前記非結像集光光学系の出力面の寸法によって規定される、請求項１４に記載のデジタルマイクロミラー照明システム。

【請求項２０】

前記出力アパーチャは、前記非結像集光光学系の出力面上に蒸着された反射ミラーの内側の矩形透過領域によって規定される、請求項１８に記載のデジタルマイクロミラー照明システム。

【請求項２１】

30

前記矩形アパーチャは、前記ＤＭＤのアスペクト比に実質的に一致するアスペクト比を有する、請求項１８に記載のデジタルマイクロミラー照明システム。

【請求項２２】

前記少なくとも１つのＬＥＤダイは紫外発光ＬＥＤのアレイを備える、請求項１４に記載のデジタルマイクロミラー照明システム。

【請求項２３】

マイクロミラーデバイスのための発光ダイオード（ＬＥＤ）プロジェクタであって、
少なくとも１つのＬＥＤダイと、

前記少なくとも１つのＬＥＤダイと光通信する入力アパーチャと、出力アパーチャと、
を有する非結像集光光学系と、

40

前記非結像集光光学系の前記出力アパーチャと光通信し、かつ、像面における前記出力アパーチャの像を生成するように構成されたレンズ系であって、前記非結像集光光学系の前記出力アパーチャを含む物体空間でテレセントリックであり、かつ、前記像平面を含む画像空間でテレセントリックである、レンズ系と、を備える発光ダイオード（ＬＥＤ）プロジェクタ。

【請求項２４】

前記入力アパーチャ及び前記出力アパーチャは矩形アパーチャである、請求項２３に記載のＬＥＤプロジェクタ。

【請求項２５】

前記出力アパーチャは、前記非結像集光光学系の出力面上に蒸着された反射ミラーの内

50

側の矩形透過領域によって規定される、請求項 2 4 に記載の L E D プロジェクタ。

【請求項 2 6】

前記出力アパーチャは、前記非結像集光光学系の前記出力面に隣接して配置されたウィンドウ上に蒸着された反射ミラーの内側の矩形透過領域によって規定される、請求項 2 4 に記載の L E D プロジェクタ。

【請求項 2 7】

前記出力アパーチャは、前記非結像集光光学系の前記出力面と直接光通信するレンズ素子の前面上に蒸着された反射ミラーの内側の矩形透過領域によって規定される、請求項 2 4 に記載の L E D プロジェクタ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0 0 0 1】

本願は、2 0 1 4 年 5 月 1 0 日出願の米国仮特許出願第 6 1 / 9 9 1 , 4 8 8 号、発明の名称「高放射輝度紫外線発光ダイオードデジタルマイクロミラーデバイスイルミネータ」の出願日遡及の利益を主張し、参照によってその全体が本願明細書に組み込まれる。

【0 0 0 2】

本発明は、例えばマスクレスリソグラフィ及び印刷の用途において光硬化性材料を選択的に露光する投影システムに結合された高放射輝度紫外線 (U V) 照明源に関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

20

高輝度発光ダイオード (L E D) 光源は、ごく最近になって、U V 硬化における高強度用途に挑戦することに適した性能レベルで利用可能になってきた。加熱、接着剤の非光開始化学相互作用、揮発性物質の蒸発等を含む他の従来の手段による硬化と比較して、材料の極めて高速の硬化によって提供される著しく高い製造スループットに起因して、製造プロセスにおける U V 硬化材料の使用及び価値が著しく増大してきた。プロセス時間におけるこの改善は製造業界に対して重要な価値を有している。マスクレスリソグラフィの場合の結像 U V 硬化は、時間節約に加えて、マスクを製造する必要がないことにおいてかなりのコストを削減する。

【0 0 0 4】

従来の U V 硬化デバイスは通常、短アーク水銀ランプ、キセノンランプ、レーザ、及び、近年では、パッケージ高輝度 L E D を組み込んだシステムを利用している。従来のアークランプは、著しいアークフリッカーに悩まされ、アークフリッカーは、通常、非エテンデュ保存設計において放射輝度 (単位立体角当たりの単位面積当たりの光出力 $[W / c m ^ 2 / s r]$) を低減させる光を均一にする必要性を生じさせる。アークランプはまた、寿命が短く、かつ、時間に応じて出力が急速に減少し、何百時間からせいぜい何千時間の寿命である。これは、短期間及び長期間の両方において出力がより安定化する L E D 源であって、熱設計に対する適切な配慮を考慮すると何万時間もの寿命によって特徴付けられる L E D 源に対して追加のシステムコストとメンテナンス費用とを生じさせる。ここ数年では、レーザダイオードはアークランプに取って代わって使用されてきているが、レーザダイオードは、アークランプ及び L E D の両方と比較して極端に高価であり、かつ、L E D に対して高い時間空間コヒーレンスに起因した結像アーチファクトに悩まされる。しかしながら、L E D を用いた従来の実施は、それらの光学設計、機械設計及び熱設計の制約に起因した相対的に低い放射輝度及び寿命に悩まされる。

30

40

【0 0 0 5】

パッケージ L E D は、1 以上の熱伝導性材料及び導電性材料の最上部にある L E D ダイ又はダイアレイを備えるデバイスとして定義される。それらの複数の境界面の熱インピーダンスは、高い L E D 接合部温度を生じさせる累計総熱インピーダンスに通じ、それによって L E D の出力及び寿命を劣化させる。パッケージ U V L E D デバイスの例は、S e m i L e d s (登録商標) 及び N i c h i a (登録商標) の製造ラインによって提供されるものを含む。

50

【発明の概要】

【0006】

本発明の実施形態に係るUV LEDデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)イルミネータは、市販されているパッケージLEDデバイスを組み込んだシステムに対してより小型で、より高い性能を有し、より長い寿命を有し、かつ、より低コストのシステムを提供するために高効率の小型の非結像及び結像光学系に関連した、「チップオンボード」(COB)金属コアプリント回路基板(PCB)技術、ヒートスプレッド及び水熱交換器を使用する。ダイヤモンドヒートスプレッドは、バルク銅の熱伝導率の4~5倍の熱伝導率を有しており、及び従って、金属コア基板内に、かつ、LED接合部温度を低下させる水熱交換器内に流入する熱流束を著しく低下させるように機能することによって特徴付けられる。LED接合部とヒートシンクとの間の熱インピーダンスは、金属コア基板(若しくは他の高熱伝導性材料基板又はヒートスプレッド)に連続的に実装されるダイヤモンドヒートスプレッド上に直接LEDダイアレイを配置して、温度に依存する寿命及び熱に依存する出力パワーを増大させることによって、ダイヤモンドヒートスプレッドに組み合わせられたCOB技術に関して著しく低減される。高効率水熱交換器は様々な実施形態に含まれてもよい。代替的に、水を必要としないシステムとともに、又は、ヒートパイプに組み合わせられたハイブリッド2段階水熱交換器とともに高熱効率ヒートパイプが用いられてもよい。

10

【0007】

COB技術、高熱伝導率ヒートスプレッド、高熱伝導率の実質的にボイドフリーはんだ、高性能水熱交換器、並びに、高効率非結像及び収差補正テレセントリック結像光学系の組み合わせは、全内部反射(TIR)プリズムを利用したDMDに関連して使用される必要のあるテレセントリック照明に加えて、要求される高い均一性を提供する本発明の好適な一実施形態をもたらす。代替的に、レンズ系は、例えばテキサスインスツルメンツ(登録商標)によって製造されたTIRプリズムを使用しないシステムに関して非テレセントリックストップを収容するように構成され得る。DMDは、光硬化性材料を選択的に硬化させることを主目的とする対象の照明平面上にDMDからのUV光を結像させるための高性能の投影レンズ系と組み合わせられる。

20

【0008】

本発明の実施形態に係るイルミネータは、マスクレスリソグラフィと印刷されたインクの選択的な硬化とを含む様々な用途での使用のために、高い信頼性及び出力密度の均一な照明源を提供する。

30

【0009】

本願明細書で説明する本発明の実施形態は、高度の空間均一性及び高強度を有する照明平面上での歪みが最小の、十分に補正された投影レンズによって連続的に結像されるように、高放射輝度UVエネルギー源としてDMD上に投影する高放射輝度UV LEDイルミネータを含む。用途は、マスクレスリソグラフィ及び他の関連のUV硬化材料の用途のために設計されたシステムの照明部分として、及び、構築された蛍光励起を提供するシステムの一部として機能することを含む。

【0010】

UVにおける1以上のスペクトル帯から構成されたLEDダイ又はダイアレイは、高熱伝導性の実質的にボイドフリーはんだによって取り付けられた高熱伝導性のダイヤモンドヒートスプレッド上に配列されており、ダイヤモンドヒートスプレッドは、水に基づく熱交換器によって冷却される同様の実質的にボイドフリーはんだによって高熱伝導性の金属コア銅LEDボードに実装される。LEDアレイによって放射されたUV光出力は、実質的にランバertian(Lambertian)分布内に放射され、かつ、所定のDMDモジュールのものと実質的に一致するアスペクト比を有する矩形の入力及び出力アパーチャを有する非結像光学によって実質的に集光される。長さ及び出力アパーチャは、一実施形態においてテーパ形状のガラス光パイプ(「テーパ」)である非結像集光光学系の出力アパーチャで近接場(NF)空間均一性を最適に均質にするように選択される。テーパの矩形の出力の

40

50

アスペクト比は、テーパの出力が DMD アパーチャ上の低歪みの近回折限界レンズ系によって連続的に結像されるように、DMD のものと実質的に同様である。投影レンズのレンズ系は、DMD がレンズではなく結像品質における制限因子であるように構成される。照明系レンズは、低 UV 吸収のガラスから形成され、物体空間及び像空間の両方でテレセントリックであるように構成される。DMD は、 12° 半角の通常の許容入射角を有している。作動させられる時、DMD 上の個々のミラー画素の各々は、DMD の平面に対して $+12^\circ$ 又は -12° のいずれかで傾斜させられ、投影レンズ又は吸収体のいずれかに向かって紫外線エネルギーを向ける。このようにして、制御された像が、DMD の空間解像度によってのみ制限される所望の空間コントラストでデジタル形式で投影され得る。イルミネータの実施形態はそれによって、インターフェースで接続される DMD 及び投影システムによって要求されるように特定のエリア及び角度空間内で高い均一性を有する UV エネルギー源を備える。5%未満のピークトゥピークを有する DMD 上の低空間非均一性が容易に実現される。

10

20

30

40

50

【0011】

効率をトレードオフすることによって、かつ、LED 表面からのより小さな放出角度の光線が、増大した角度を有する投影されたエリアにおける減少に起因してランバーシアン源から放出される場合により小さい出力を有するという事実を考慮することによって、放射輝度を増大させるために UV 照明レンズ系のストップを余分に満たす (overfill) 非近接場分布によってテーパは設計される。従って、サイズを増大させ、及びそれによって、LED アレイのエテンデュ (面積、立体角、インデックス平方製品) を増大させ、レンズ系の光学ストップによって吸収される際に LED アレイによって放射される際の表面の法線に対して高い角度範囲の光線を意図的に拒絶することによって、DMD 上の放射輝度は、純粋なエテンデュ保存設計によって制限されるものから増大させられ得る。しかしながら、イルミネータの実施形態は、エテンデュを保存するとともに高い空間均一性であるがより低い放射輝度を達成するように設計されたより小さなテーパ及び LED アレイとともに作動することができる。

【0012】

別の好適な実施形態では、テーパの出力面のサイズは、上述したテーパのものから増大させられる。同じ入力アパーチャのサイズのために、これは、レンズ系のストップによって規定されて DMD によって要求される 12° 半角の非近接場許容入射角に一致するように選択された照明レンズ系のものに一致するように、テーパ集光光学系の非近接角度範囲を減少させる。DMD 上に結像される同一のアパーチャサイズを有するテーパの出力面上に高反射ミラーが蒸着される。代替の実施形態では、テーパの出力面の近くに配置された又は出力面に配置されたウインドウの隣接表面上の反射表面パターンとして、又は、テーパの最も近くに配置されたレンズ要素の前面上に反射表面パターンとして、反射ミラーが設けられてもよい。鏡面出力面のマスクオフされた (透過) 部分は、DMD を充填するための適切なサイズでテーパの非鏡面出力面から UV エネルギーが出ることを可能にする。テーパの内部鏡面表面上に入射する UV エネルギーは、LED アレイに向かって戻るように向けられ、そこで、テーパのアパーチャに向かって戻るようにかつアパーチャから外側に出るように LED アレイを拡散的に散乱させるための機会を有する。このようにして、そうでなければストップによって吸収される LED アレイによって放射された UV エネルギーは、光学系の許容入射角内にテーパの出口アパーチャに戻るようには散乱することが可能になり、それによって DMD 上の強度を増大させる。テーパ出力面上に鏡面を有しない上述の第 1 実施形態は、レンズストップ上に入射する光出力のおよそ 22% がストップの寸法の外側にあつてそれによって遮られる。従って、鏡面のテーパの実施形態は、DMD 上に入射する総出力の 15% 以上のオーダでの改善が見られる。

【0013】

360 nm ~ 405 nm の範囲の中心波長を有する UV LED ダイが容易に入手可能であり、かつ、上述した高い熱効率設計を仮定すると、 5 A/mm^2 の電流密度のオーダまで上げられ得る。本願明細書で説明するような本発明の原理に係る他の実施形態では、

イルミネータは、可視光ＬＥＤ　ＤＭＤイルミネータ又は赤外光ＬＥＤ　ＤＭＤイルミネータである。

【００１４】

一態様では、本発明は、マイクロミラーデバイスのためのＬＥＤプロジェクタを特徴とする。ＬＥＤプロジェクタは、少なくとも１つのＬＥＤダイと、少なくとも１つのＬＥＤダイと光通信する入力アパーチャと出力アパーチャとを有する非結像集光光学系と、を含む。ＬＥＤプロジェクタは、非結像集光光学系の出力アパーチャと光通信し、像平面に出力アパーチャの像を生成するように構成されたレンズ系をさらに含む。レンズ系は、非結像集光光学系の出力アパーチャを含む物体空間でテレセントリックである。ある実施形態では、レンズ系は、像平面を含む像空間でもテレセントリックである。

10

【００１５】

別の態様では、本発明は、少なくとも１つのＬＥＤダイと、非結像集光光学系と、レンズ系と、ＤＭＤと、を含むデジタルマイクロミラー照明システムを特徴とする。非結像集光光学系は、少なくとも１つのＬＥＤダイと光通信する入力アパーチャと、出力アパーチャと、を有する。レンズ系は、非結像集光光学系の出力アパーチャと光通信し、像平面に出力アパーチャの像を提供するように構成されている。レンズ系は、非結像集光光学系の出力アパーチャを含む物体空間でテレセントリックである。ＤＭＤは、像平面に配置されたマイクロミラーの平面を含む。

【００１６】

本発明の構造、動作及び方法は、その他の目的及び利点とともに、図面に関連して以下の詳細な説明を読むことによって最良に理解され、図面における各部分は、様々な図面において現れる場所にそれを識別する割り当て符号又はラベルを有している。

20

【図面の簡単な説明】

【００１７】

【図１】図１は、ＬＥＤボード、熱交換器及びレンズアセンブリを備える高放射輝度ＵＶ　ＬＥＤイルミネータの好適な実施形態の概略等角図である。照明像の相対位置及びサイズが示されている。

【図２】図２は、さらなる詳細を示す図１のシステムの概略等角図である。

【図３】図３は、非結像集光光学系にインターフェースで接続されるＬＥＤアレイとともに、内部の光学及び機械コンポーネントを示す、図１のシステムの概略断面図である。

30

【図４Ａ】図４Ａは、図１のシステムのＬＥＤボード及び集光光学系の概略等角図である。

【図４Ｂ】図４Ｂは、図１のシステムのＬＥＤボード及び集光光学系の断面図である。

【図５Ａ】図５Ａは、集光光学系が取り外された図４のシステムの概略等角図である。

【図５Ｂ】図５Ｂは、ＬＥＤアレイ及びヒートスプレッドの拡大図である。

【図６Ａ】図６Ａは、集光光学系のアパーチャの外側かつＤＭＤ照明平面上で伝送される際の光線を示す、図３の光学系の平面図である。

【図６Ｂ】図６Ｂは、集光光学系のアパーチャの外側かつＤＭＤ照明平面上に伝送される際の光線を示す、図３の光学系の側面図である。

【図７Ａ】図７Ａは、反射アパーチャを有する図３の集光光学系の代替の実施形態の概略等角図である。

40

【図７Ｂ】図７Ｂは、光線がどのようにして、出力アパーチャを通過して集光光学系の内部鏡面アパーチャから反射し、出口アパーチャを通過して戻るかを示す平面図である。

【図７Ｃ】図７Ｃは、光線がどのようにして、出力アパーチャを通過して集光光学系の内部鏡面アパーチャから反射し、出口アパーチャを通過して戻るかを示す側面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

本発明は、ＤＭＤのアパーチャ上に、及び、その後に投影レンズを通じて、かつ、所望の照明の表面上に高出力ＵＶ　ＬＥＤアレイの出力を結像することによって提供される制御された空間構造、すなわち結像されたＵＶエネルギーを有する材料の光重合のために使

50

用されるLED照明に関する。

【0019】

本発明の実施形態は、従来技術に対して製造プロセスのコストを削減するより高いスループットを生じさせる照明平面で改善された強度及び空間均一性のためのLEDベースの照明源を含む。本発明は、LEDの下側と関連のヒートシンク要素との間の熱インピーダンスを最小限に抑えることに起因してシステム性能を最適化してはるかに改善された寿命を有する高い空間均一性の高放射輝度プロファイルを備える点において、従来の照明源とは区別される。

【0020】

さらなる利点は、さらに多種多様な光開始剤の有効な使用を可能にするために、複数のUVスペクトル帯を1つずつ使用する、又は、任意のスペクトルの組み合わせ及び相対的な強度とともに複数のUVスペクトル帯を使用する能力である。例えば、本願明細書で説明する好適な一実施形態は、2つの異なるUVダイ波長の使用を可能にする2つの別個のカソードトレースを使用する。様々な光開始剤の吸収スペクトルは、露光時間の関数で変動し得るので、単一のシステムで2以上のスペクトル帯を組み合わせる能力は、あるタイプの光硬化材料のより完全な硬化を可能にする。識別可能なスペクトル帯の数は、関連の現在の駆動源とともにヒートスプレッダ及びLEDボード上のワイヤ接合のための適切な特徴とともに所望の場合にアレイのLEDダイの総数まで任意の数に拡張され得る。

【0021】

ここで図1を参照すると、全体がシステム10として示される好適な実施形態のUVLED DMD照明源の外側の概略的な等角図が示されている。UVLED照明源システム10は、LEDアセンブリ12と、レンズハウジング14と、最も遠位のレンズ要素16が示されているレンズ系と、を備えている。照明デバイスは、同様のアパーチャの広がりを持つDMDデバイスに一致して位置決めされるZ軸に沿って像18を投影し、かつ、12°の許容入射角内でDMD上の各位置にテレセントリック照明を備えている。矩形のDMDアパーチャの長軸は、水平X軸に沿って配向されており、かつ、アパーチャの短軸は垂直Y軸内にある。通常、システム10からの照明像のサイズは、例えばシステム位置決め公差を考慮するために例えば5%~10%だけわずかにDMDを余分に満たす。

【0022】

ここで図2を参照すると、照明アセンブリの追加の構造を示す図1の照明源10の概略的な等角図20が示されている。レンズハウジング14のフランジと水熱交換器アセンブリ30との間で3つのボルト32によってLEDボードアセンブリ12が挟み込まれており、3つのボルト32は、120度の間隔でフランジの周りに対称に位置決めされ、LEDボード22の背面と水熱交換器30とに均一な圧力を作用させている。例えば銀導電性グリース、酸化アルミニウム放熱グリース、相転移放熱ギャップ充填材料、はんだ、ダイヤモンド放熱ペースト等の高熱伝導性材料の薄い均一な層が、銅のLEDボード22の背面と熱交換器30の熱交換器面との間に配置され、デバイス同士の間の熱を最適に結合している。好適な実施形態では、銀充填放熱グリースが使用される。1つの8ピン高電流コネクタ24が共通のアノード接続のために使用される。追加の8ピンコネクタ26がカソードのために使用されるが、それは、2チャンネルごとに4ピンに分解されて、UVLEDダイの2つの異なるスペクトルピンの使用を可能にする。これは、所望であれば、アレイ内にLEDダイの総数まで容易に拡張され得る。より小さな低電流コネクタ28によって接続されたLEDボードに光センサ及びサーミスタが取り付けられている。遠位のレンズ16を取り囲む前方フランジは1対の運動学的インターフェース特徴部36を有しており、1対の運動学的インターフェース特徴部36は、照明システムが、レンズハウジング14の遠位フランジ上で4つの孔34を貫通する4つのボルトによって、接合するDMDアセンブリ(図示せず)に正確にかつ繰り返し取り付けられ得ることを保証するための孔及びスロットを備えている。

【0023】

ここで図3を参照すると、図2のシステム20の等角図の概略断面図が示されている。

右から左に参照すると、それが形成される銅材料と、所定の流速で熱交換器の入口及び出口の間を流れる水との間で最適に熱交換しつつ水が流れることを可能にするためのマイクロチャンネル特徴部を有することができる。銅のシート22を備えるLEDボード12の背面は、銀充填サーマルペーストによって熱交換器30と熱的に結合される。LEDダイアレイ42は、その矩形アパーチャ内で、テーパ形状で真っ直ぐの側面を有する非結像集光光学系52に近位で結合されるように示されており、その詳細を以下で明確にする。共通してテーパとして参照される集光光学系52は、第1レンズ要素54に接触してテーパを押すバネ48を有するホルダ44及び50によって中心に配置されてLEDアレイ42に対して所定の位置に保持される。スペーサ56は、第3レンズ要素64のためのスペーサとしても機能するレンズ系アパーチャストップ60に接触して第2レンズ要素58を位置決めする。レンズ要素64は、遠位のレンズ要素16とともにその外縁の近くに直接接触し、それによってスペーサを必要としない。レンズ保持部66は、レンズ54のハウジング14内のシートに接触して4つのレンズ要素と2つのスペーサとを確実に保持する。これは、レンズ系の出力に向かってレンズ54を押すことによってバネ48に抗い、かつ、テーパ52が、LEDアレイ42から100~200ミクロンのオーダの距離で確実に位置決めされることを保証する。LEDボードアセンブリ12とレンズハウジング14の近位フランジとの間には、製造公差を考慮してLEDアレイ42とテーパの集光光学系52への入力との間の距離を設定するためのシムが用いられる。

10

【0024】

好適な実施形態では、ガラス要素52、54、58、64及び16は、溶融石英等の低UV吸収ガラスタイプから形成されるが、BK7又はB270等の他の低分散UV透過ガラス材料、水晶材料、塩、ダイヤモンド、サファイア又はUV透過シリコン又はゾルゲルから形成されることも可能である。最適には、材料は、フレネル反射損失を最小限に抑えるため、かつ、照明平面でのゴーストの発生を最小限に抑えるために、反射防止コーティングされる。ハウジング14は、その低質量、高熱伝導性かつかなりの低熱膨張率及び低コストに起因して、好適な実施形態では黒色アルマイトから形成される。高フラックスUVエネルギーは標準的な黒色陽極酸化を劣化させ得るので、例えばウィスコンシン州グリーンベアのPioneer Metal Finishingが製造するOptic Black(商標)等のより頑丈なコーティングが用いられることが好ましい。標準的な陽極酸化は、色を変化させ、かつ、光強度の損失を生じさせ得る、レンズ要素上の堆積物を生じさせる。さらに、光学材料とハウジング及びスペーサとの間の熱膨張係数の差は、焦点における温度依存変化を最小限に抑えるように選択される。

20

30

【0025】

ここで図4Aを参照すると、集光光学系52とのインターフェース接続の際の図3のLEDボードアセンブリ12の概略的な等角図70が示されている。図4Aでは、光センサ及びサーミスタコネクタ28とともにアノードコネクタ24及びカソードコネクタ26をさらに良く見ることができる。サーミスタ74及び光センサ76はLEDアレイ42の左上側に示されている。サーミスタは、冷却システムがオフにされるか又は故障した場合に制御システムが温度を連続的にモニタすることを可能にする。こうした制御システムは、突発的な故障を回避するために温度の突然のスパイクの場合にLEDダイアレイを素早く遮断する。サーミスタのさらなる使用は、電流及び温度の関数としてLEDアレイの出力を較正することによって出力の温度感知補正を可能にするためのものである。例えば、大気温度が上昇した場合、その後、LEDアレイの温度依存出力は減少する。閉ループシステムは、一定のLED出力パワーを維持するために出力電流を調整するためにアナログ又はデジタル制御ループによって制御され得る。

40

【0026】

しかしながら、サーミスタによる出力のモニタのこのアプローチは、時間とともに長期間にわたるLED出力の減少を考慮していない。従って、例えばトランスインピーダンス増幅器に結合されたシリコンフォトダイオード等のUV感知検出器から構成された光センサ76が、出力の変化をモニタし、かつ、時間及び温度の両方に対する一定の出力パワー

50

を維持するために閉ループ制御を通じてより高い電流を駆動することができる。ハウジング 14 の底部キャビティは、LED アレイによって放出される少量の UV エネルギーをサンプリングすることを可能にする特徴部を有している。代替的に、LED ボードの別個の光センサは、システムによって伝達されるある量の UV エネルギーをサンプリングするために集光光学系 52 の中間で Z 軸に横方向に見るために用いられる。シリコン光センサは、時間と適用可能な温度範囲とに関して非常に安定しており、及び従って、光強度を正確に測定する。

【0027】

テーパ 52 は、LED アレイ 42 の 500 ミクロン未満で接合するとともに DMD のものと同様のアスペクト比を有する矩形の入力側 78 から形成されるが、厳密に言うと、長辺 82 及び短辺 84 を備える出力アパーチャ 80 のアスペクト比は、DMD 照明上に結像されるものであり、かつ、DMD 照明のサイズを決定する。入力及び出力アパーチャの 2 つの直交する方向におけるアスペクト比が同一ではない場合、非近接場が対称ではないが、照明システムのアパーチャストップが円形であると想定すると、テーパの入力及び出力のアスペクト比が同一であることを要件としないので、結果として生じた非近接場は円形である。従って、テーパ形状の集光光学系 52 の出力面 80 のアスペクト比は、図 1 の照明平面 18 に位置決めされた DMD マイクロミラーアレイのものと実質的に同様であることが好ましい。テーパの側面は、2 つの両側面上で対称のより大きな面 86 とより小さな面 88 とに対して実質的に平坦である。テーパの目的は、LED アレイ 42 によって放出された UV エネルギーを捕獲するためのものであり、LED アレイ 42 は、角度空間において半球上に延在し (2 ステラジアン)、かつ、光学 Z 軸に対してそれをより小さな角度に変換し、光学 Z 軸は、図 3 のレンズ系の入力が必要とされる 12° 半角以上であり、図 3 のレンズ系アパーチャストップ 60 が完全に充填されるか、又はそうでなければ、出力が低減されることを保証する。以下でより詳細に説明するように、好適な実施形態のテーパの出力は、それに入射する出力の約 22 % を遮蔽する量だけアパーチャストップ 60 を余分に満たす。さらに、DMD マイクロミラーが 1 平面に沿ってディザリングされるので、必要とされる 12° 半角にミラー平面内での光線の角度許容を制限することが可能であるが、システムの平均開口数を効率的に増大させることによって照明平面上の強度をさらに増大させるために直交軸における角度を増大させる。このアプローチは、投影レンズ系が、同等に形成された楕円形 (又は矩形) のアパーチャストップを有して、DMD から出るすべての出力を通過させることを必要とする。

【0028】

図 4 A には、LED ボード銅基板 22 を貫通する 1 対の対向孔 72 が示されており、この 1 対の対向孔 72 は、テーパ入力アパーチャ 78 の位置が LED アレイ 42 に対して正確かつ確実に位置決めされることを可能にする、1 つは丸くて 1 つは楕円の 2 つの運動学的なピンにインターフェースで接続される。これらの 2 つの孔 72 は、LED ダイアレイが整列させられるデータム記号として機能する。

【0029】

ここで図 4 B を参照すると、図 4 A の LED アレイの近くのエリアの拡大した概略的な断面図 90 が示されている。合成多結晶ダイヤモンドヒートスプレッド 92 が、高熱伝導率のはんだを用いることによって LED ボード銅基板 22 に取り付けられている。LED ダイアレイ 42 は、同様に高熱伝導率の実質的にボイドフリーのはんだの使用によってダイヤモンドヒートスプレッドの上部の金めっきトレースに取り付けられる。LED ダイは、5 ボルトのオーダの電圧で 5 アンペア / 平方センチメートルのオーダまでの電流で動作可能である。それは、 $2,000 \text{ W/cm}^2$ のオーダで熱流束を生じさせる。ダイヤモンドヒートスプレッドの横方向の熱伝導率は、バルク銅のもののおよそ 5 倍である 2000 W/m-K のオーダである。ダイヤモンドヒートスプレッドは異方性を有しているので、薄い寸法 (ヒートスプレッドの Z 軸内への) 熱伝導率は、より小さいが、バルク銅よりも依然として良好な 600 W/m-K のオーダである。従って、ヒートスプレッドは X-Y 平面に熱を拡散するように機能し、それによって、銅基板 22 内への熱流束を低減し、銅

基板 22 は、図 4 A の水熱交換器 30 に入る前に熱をさらに拡散する。ダイヤモンドヒートスプレッド 22 は、ワイヤボンダ 96 が LED ダイの上部から取り付けられる金トレース 94 を有しており、今度は、それらのトレースは、COB の上部の銅トレースへの一連のワイヤボンダによって取り付けられる。

【0030】

ここで図 5 A を参照すると、テーパ形状の集光光学系 52 を省略した図 4 A のシステムの概略的な等角図が示されている。この図に示されたボード上の追加の特徴は、図 2 の水熱交換器 30 の取り付けの前にハウジング 14 に LED ボードが取り付けられることを可能にする 4 つの対称の両側の孔 102 を備えている。図 5 B は、LED ダイアレイ 42 及びヒートスプレッド 92 の概略的な等角拡大図を示している。ともに密封してパッケージされる 6 つ各々の UV LED ダイの 3 列があり、1080 p で 0.95 インチの対角線のテキサスインスツルメンツ（登録商標）の DMD デバイスとともに使用されるための 18 個のダイアレイを形成する。システムの別の実施形態は、同一のレンズ系、ハウジング及び LED ボードを使用するが、1024 × 768 で 0.70 インチの対角線のテキサスインスツルメンツ（登録商標）の DMD デバイスのために設計され、かつ、比例して小さくなるテーパ及び 3 × 4 の UV LED のダイアレイから構成される。通常の LED ダイは、約 1,000 ミクロン平方であり、ダイごとに 2 つの各ワイヤボンダパッドを有する約 100 ミクロンの厚さである。LED ダイがダイヤモンド基板 92 上に取り付けられる中央トレースの上部及び下部に 2 組のワイヤボンダトレースがある。2 組は、2 つの異なる LED 波長ピンが、より広いスペクトルを提供するために使用されることを可能にする。これは、光重合プロセスを通じてそれらの吸収スペクトルを変化させ得るあるタイプの光開始剤にとって有用である。あるフォトリソマーは、良好な表面硬化を阻止する酸素による表面硬化抑制を有することが知られている。250 nm ~ 280 nm のオーダの UV エネルギーの使用はこれを防止することが示されてきた。こうしたシステムは、現在では市販されている近年リリースされた 280 nm LED ダイを使用する上述のアプローチによって対応可能である。異なる数のスペクトルピンが、所望の場合にダイヤモンドヒートスプレッド及び LED ボード上の適切な特徴とともに個々の LED ダイの数まで拡張されることが可能であることは当業者に明白である。

【0031】

図 5 B のダイヤモンドヒートスプレッド 92 は高価であるので、ヒートスプレッドがどの程度の大きさであるべきかを決定することは総コスト及び性能にとって重要である。ヒートスプレッドのサイズが増大するにつれて、増分利益は減少していく。図 5 B の好適な実施形態で示された LED アレイの相対的なサイズは 3.3 mm × 6.6 mm のオーダであり、ダイヤモンドヒートスプレッドのサイズは 8.0 mm × 10.0 mm であり、このサイズは、ヒートスプレッドのサイズの間の最適なトレードオフ、LED ボードの背面及び LED 接合部温度及びコストの間の T の減少であることが分かっており、その結果、25 の室温に対して 20 ~ 25 のオーダまで室温が降下する。この顕著な温度降下は、LED ダイが、5 アンペア / 平方センチメートルのオーダの電流密度で連続的に動作させられることを可能にし、かつ、それらは所定の強度に対してより低温であるので、それらはより長く継続する。LED ダイの寿命は、ダイオード接合部内の温度依存拡散プロセスに起因して接合部温度を増大させることによって指数関数的に減少することが知られている。最適なヒートスプレッドのサイズを決定するためのシミュレーションを実行するために、例えば Solid Works（登録商標）Flow（登録商標）などの数値流体力学（CFD）ソフトウェアパッケージを使用することが可能である。代替的に、データは経験的に決定されることが可能である。

【0032】

図 5 B に示す LED ダイアレイは、共通のアノード構成の下側に取り付けられており、ダイがともに接合されて放射輝度を最大化することを可能にする。共通アノードの 1 つのマイナス面は、すべてのカソードが同じ電流源とともに結合された場合、LED ダイの間の順電流における差異が、各ダイを通じた電流の差異につながり得ることである。そして

これは温度依存劣化における差異につながる。共通アノードは、各ダイが同じ電流を得ることを保証するために、LEDダイが直列に配線されることを防止する。本発明の別の実施形態では、各LEDダイは、独立した電流源にワイヤ接合される。このようにして、各LEDダイの精密な制御とともに熱及び密封包装の利点を得ることが可能である。さらに、1つのLEDダイの故障が、直列接続である場合の他のダイに影響を与えないので、こうした電流駆動スキームは、直列接続よりも良好である。各LEDダイを駆動することのさらなる利点は、各々の順電流が時間とともにモニタされることが可能であり、及び、システムが、寿命を予測するために時間とともに各LEDダイの出力をモニタするために開始時に較正を経ることができ、かつ、必要とされ得る将来の保守のオペレータに知らせることができることである。

10

【0033】

ここで図6Aを参照すると、明確化のためにハウジング、スペーサ及びテーパホルダ構成部品を省略した状態の図1のシステムの概略的な上面図120が示されている。テーパ形状の集光光学系52の出力アパーチャ80から出るライン124と、レンズ16から収束するライン130とはそれぞれ、テーパ出力アパーチャとDMDマイクロミラー表面136との間で結像される際に光学光線経路を示すように示されている。テーパ表面80の出力上の所定のポイントから出る光線は、DMDの適当な使用に必要とされる際にテレセントリック状態にDMD表面に対して直角な主光線とともにDMD上に光線134のポイントに向かって収束する。ガラスのブロック128は、照明システムの最終レンズ要素16とDMDのガラスカバープレート132との間に位置決めされて、総内部反射(TIR)結合プリズムの光学効果(折り畳まれていない経路)を表す。このタイプのプリズムは、24°のオーダの入射角でDMD内への照明を結合するためにたいいてい使用される。TIRプリズムを組み込んでおらず、従って、DMDへのより大きな入射角を有するシステムに関して、その表面の垂線に対してより大きな角度でDMDに入る及び/又はDMDから出ることに起因するより顕著なキーストーン効果があり得る。こうしたTIRプリズムは、本願明細書に示される0.95インチ対角線のUVイルミネータの好適な実施形態で使用されるが、当業者であれば、本発明がTIRプリズムなしで使用され得ることを理解するであろう。最適な設計は、収差を適切に考慮して収差を補正するためにプリズムを示すガラス片によって最適化されるが、プリズムは、照明ハウジングの一部として含まれていない。アパーチャ80から放出されるがレンズ系アパーチャストップ126の角度空間の外側の光線は、ストップによって吸収され、かつ、DMD136に向かって伝達することを妨げられる。レンズ系54、58、64及び16は、オブジェクト(テーパ出力アパーチャ)及び像(DMDマイクロミラー平面)空間の両方においてテレセントリックであるように設計される。オブジェクト側では、テレセントリシティは、テーパ長さの関数でもあるテーパの仮想非近接場に近似する。

20

30

【0034】

DMDにUVエネルギーを結合するためにTIRプリズムが使用されない場合、テーパへの延長部として矩形断面の中空エンドピースを追加することによって、増加したキーストーンを補正することが可能である。この中空エンドピースは、近位側にテーパを直接接合し、かつ、図1の照明系の光学Z軸に対してDMDの傾斜の反対側に傾斜平面を有している。傾斜平面を結像する方法は、TIRプリズムなしでDMD上に直接結像することから生じる増大したキーストーンを補償して実質的に補正するために使用されることが可能である。そのようにすることが屈折を生じさせ、及び従って、主光線のステアリングを生じさせるので、短い中空の内部反射壁のデバイスが、テーパの出力面をわずかに傾斜させることに代えてテーパの端部に使用されることが重要である。

40

【0035】

図6Aのテーパ52は、放射輝度を増大させるためにUV照明レンズ系のアパーチャストップ126を余分に満たす非近接場分布によって設計される。これは、周知のコサイン効果である増大する角度によって投影エリアにおける減少に起因してランバートソースから放出される際に、LED表面からのより小さな放射角度の光線がより小さな出力を有

50

することを認識することによって効率をトレードオフすることによって達成される。従って、サイズを増大させることによって、及びそれによって、LEDアレイ42のエテンデュを増大させ、かつ、レンズ系の光学ストップ126によってそれらが吸収される際にLEDアレイ42によって放出された高角度範囲の光線を意図的に拒絶することによって、DMD136上の放射輝度は、純粋なエテンデュ保存設計によって限定されるものから増大させられ得る。しかしながら、このシステムは、より小さなテーパと、エテンデュを保存して高い空間均一性を達成するように設計されたLEDアレイと、ともに作動することができるが、低放射輝度では、エテンデュ保存設計に必要とされるより小さなLEDダイは、比例してより小さくなり、及び従って、より大きなアレイを駆動することに対してより高い電流密度及びより小さな効率で動作する。増大した放射輝度のためのトレードオフ効率のこのコンセプトは極めて有益である。水熱交換器30は、122上のホースバープ(hose barb)にクランプされたチューブの使用によって水空気熱交換器に取り付け可能な入力及び出力ポート(リバーシブル)122を有している。

10

20

30

40

50

【0036】

図6Bは、テーパ52及びDMD136の狭い出力寸法を示す図6Aのシステムの概略的な側面図120を示している。アパーチャストップ126より大きな角度で放出された同様に集光された光線138は、それによって吸収され、DMDに伝送されることを妨げられる。図6A及び図6Bでは、アパーチャストップ126を通過するそれらの光線のみが示されていることに留意すべきである。テーパ52によって放射されてアパーチャストップ126を余分に満たすより大きな角度の光線は示されていない。

【0037】

ここで図7Aを参照すると、テーパ形状の集光光学系の代替の実施形態140が概略的な等角図で示されている。入力アパーチャ142は、実質的に矩形のアパーチャを有する長辺144及び短辺146を有している。それぞれ短出力エッジ158及び長出力エッジ160に対応する短辺150及び長辺148が示されている。上述したテーパの場合にそうであったように、テーパの6側面のすべてが研磨されて表面散乱を低減又は最小限に抑え、かつ、例えば溶融石英、UVグレード低蛍光ショットBK7又はB270ガラス又は均等物などのガラスから概して形成されている。UV光線は、全内部反射によってテーパを後退させるように複数回反射する。これは、反射中空テーパと比較してはるかに効率的な反射手段であり、反射中空テーパは、高反射コーティングを達成することがより困難な場合であるUVにおいて特に顕著に累積する反射損失を受ける。テーパ140の入力アパーチャ寸法は、同一のLEDアレイ42とインターフェースで接続するように両方が設計される際にテーパ52のものと同一であるが、出力寸法は比例してより大きくなる。テーパ140の出力寸法は、テーパの出力の角度範囲が、図1、図2、図3及び図6のシステムのアパーチャストップを満たすために必要なものと一致するように選択される。これは、レンズアパーチャストップを余分に満たし、かつ、強度のトレードオフ効率に関して上述したようなコサイン効果の利点を有するように特に設計されたテーパ52とは対照的である。一致した非近接場を有するテーパシステム140の構成に変更することによって、かつ、反射し戻して高反射ミラーコーティング162のテーパをオフにするUVエネルギーを回復することによって、そうでなければアパーチャストップ126によって吸収されるUVエネルギーが部分的に回復される。

【0038】

図7Bは、図7Aのテーパ140の概略的な平面図である。LEDアレイによって放射されて入力アパーチャ142を通過する光線166は、全内部反射によってテーパ140の側面で反射し、かつ、光線168によって示されるように内部ミラー表面162上に突き当たる。光線168がLEDアレイに突き当たる時、アパーチャ152から出るエネルギーの大部分とともにテーパに向かって広がって散乱させられ、かつ、それによって回復させられ、かつ、照明平面で強度の15%以上増加させる。ちょうど説明したそれらの回復された光線と同様の光線164の大部分がアパーチャ152から直接外側に通過する。強度のさらなる増大は、LEDアレイサイズ、テーパの入力及び出力アパーチャを増加さ

せることによって達成可能であるが、同一の出口アパーチャのサイズ 1 5 2 を維持することは当業者には明らかである。しかしながら、アレイからの増大した熱負荷が、LED ごと の出力を低下させ、それによって有用性を減少させるので、収穫逓減がある。さらに、出口アパーチャ 1 5 2 に対するミラー表面 1 6 2 の面積が増大するにつれて、ミラー表面 及び LED 表面の無限反射損失に起因する効率が低下するとともに、テーパの入力アパーチャ 1 4 2 と LED アレイ 4 2 との間のギャップを損なう。

【 0 0 3 9 】

図 7 C は、図 7 A のテーパ 1 4 0 の狭い寸法の概略的な側面図である。同一の効果は、鏡面 1 6 2 に突き当たってテーパの長さを下に戻る光線であって、LED アレイで反射してアパーチャ 1 5 2 から外に出る光線のこの図にも当てはまる。LED アレイに反射し戻される光の一部はミラー 1 6 2 上に再び入射させられる。これがさらに起きると、そうした光線に関してさらなる損失が生じ、そのことは、ミラーのエリアのサイズが放射アパーチャエリアのものに近似する際にどうして収穫逓減があるかである。

10

【 0 0 4 0 】

非結像集光光学系に使用され得る他の形状は複合放物面型集光器 (CPC) を含む。システムは、集光光学系の出力において高い近接場の均一性を有するための条件によって特徴付けられる。偶数の側面を有する非結像系直線壁の集光光学系は、それらの出力における非常に高い近接場の均一性を生成することに優れている。CPC は、集光器 (又は逆にコレクタ) としてうまく機能するが、CPC のみが、入力アパーチャが均一に満たされた場合にその出口アパーチャで均一な近接場出力を生じさせる。それは、上述した実施形態によって収容される際に LED ダイの 2 以上のスペクトルピンの使用を排除する。さらに、成形プロセスが使用されなければ、ガラス CPC は、従来研磨され得るテーパを形成するよりもさらに困難である。単一の波長ピンのみが使用された場合を想定するとテーパに代えてこのシステムにおける矩形の 4 側面の CPC を代用することが可能であるが、単一の波長ピンの LED ダイアレイを有する場合でさえ、テーパによって達成された均一性は、均等な長さの CPC によって達成されるものよりも概して良好である。

20

【図 1】

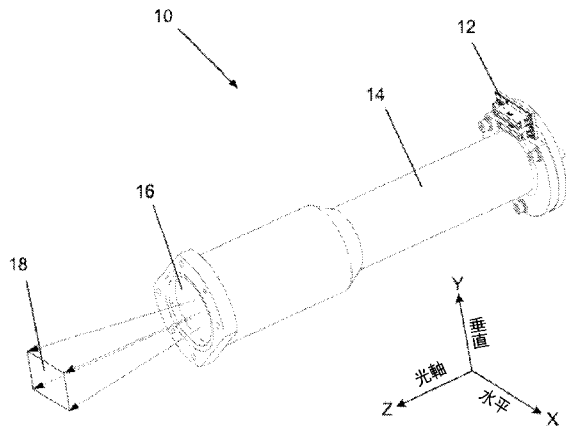


FIG. 1

【図 2】

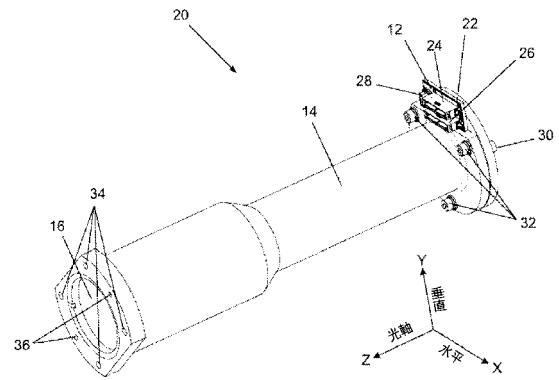


FIG. 2

【図 3】

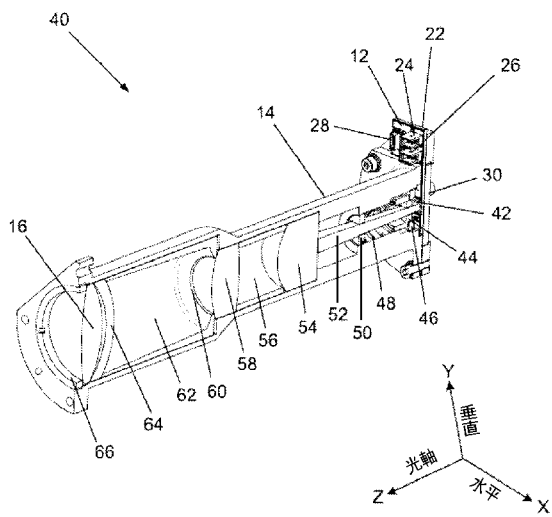


FIG. 3

【図 4 A】

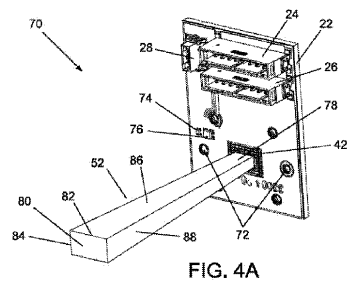


FIG. 4A

【図 4 B】

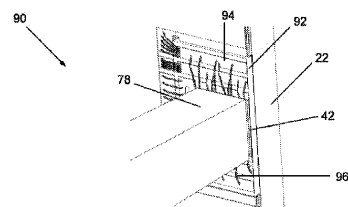


FIG. 4B

【図 5 A】

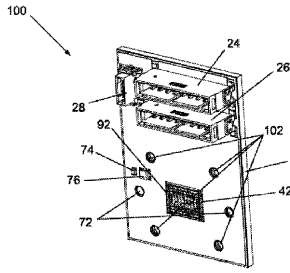


FIG. 5A

【図 5 B】

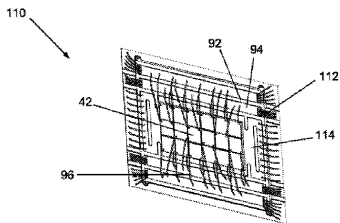


FIG. 5B

【図 6 A】

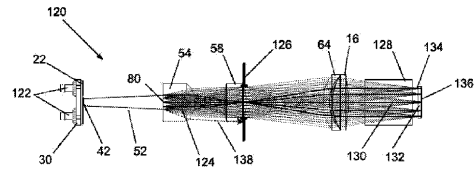


FIG. 6A

【図 6 B】

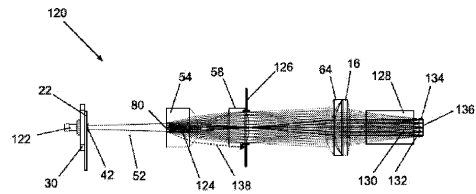


FIG. 6B

【図 7 A】

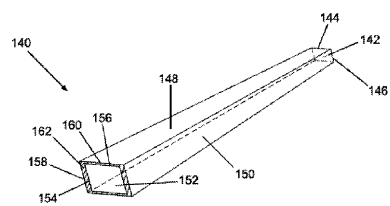


FIG. 7A

【図 7 B】

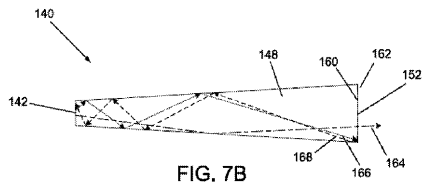


FIG. 7B

【図 7 C】



FIG. 7C

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 15/29392
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - G02B 17/00, G02B 26/08, G02B 27/18, G03B 21/28 (2015.01) CPC - G02B 17/00, G02B 26/00 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8): G02B 17/00, G02B 26/08, G02B 27/18, G03B 21/28 (2015.01) CPC: G02B 17/00, G02B 26/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC: 362/317, 327, 328, 339; 642, 644, 645, 646, 649, 663, 726, 733, 734, 735, 736, 737, 348/771, 353/30, 34, 37, 81; IPC(8): G02B 17/00, 26/08, 27/18; G03B 21/28 (2015.01); CPC: G02B 3/00, 17/00, 17/002, 17/006, 26/00; H04N5/74; G03B 21/28, F21V4/04 (keyword limited) Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Patbase; Google Scholar; Google Patents Keywords: LED projector; DMD; non-imaging collection system; lens system; telecentric; tapered pipe; CPC; aperture stop; prism; rectangular		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2006/0138580 A1 (CONNER) 29 June 2006 (29.06.2006), entire document, especially; para [0035], [0041], [0069], [0073], [0080]	1-27
Y	US 2009/0190101 A1 (ALASAARELA et al.) 30 July 2009 (30.07.2009), entire document, especially; para [0043], [0080]	1-27
Y	US 2007/0206390 A1 (BRUKILACCHIO et al.) 06 September 2007 (06.09.2007), entire document, especially; para [0011], [0012], [0060]	3, 5-8, 17, 18, 20, 21, 24-27
Y	US 2007/0291491 A1 (Li et al.) 20 December 2007 (20.12.2007), entire document, especially; para [0053], [0054]	4-7, 19, 20, 25-27
Y	US 2011/0075105 A1 (OUYANG et al.) 31 March 2011 (31.03.2011), entire document, especially; para [0016], [0025]	9
Y	US 2011/0037953 A1 (NIZANI et al.) 17 February 2011 (17.02.2011), entire document, especially; para [0073], [0076], [0117]	11
A	US 2012/0140186 A1 (KUWATA) 07 June 2012 (07.06.2012), entire document, entire document, especially; para [0031]-[0034]	1-27
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 17 July 2015 (17.07.2015)		Date of mailing of the international search report 25 AUG 2015
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

F ターム(参考) 2H197 AA29 BA04 BA09 BA10 BA15 CA03 CA13 CA16 CA17 DB05
DB06 DC02 DC12 FB03