

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5028527号
(P5028527)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年6月29日(2012.6.29)

(51) Int. Cl.	F I
G03B 21/14 (2006.01)	G03B 21/14 A
G03B 21/00 (2006.01)	G03B 21/00 Z
G02B 27/48 (2006.01)	G02B 27/48
G02B 3/14 (2006.01)	G02B 3/14

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2010-529939 (P2010-529939)	(73) 特許権者	596092698
(86) (22) 出願日	平成20年10月15日 (2008.10.15)		アルカテルルーセント ユーエスエー
(65) 公表番号	特表2011-502274 (P2011-502274A)		インコーポレーテッド
(43) 公表日	平成23年1月20日 (2011.1.20)		アメリカ合衆国 07974 ニュージャ
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/011757		ーシー, マレイ ヒル, マウンテン アヴ
(87) 国際公開番号	W02009/051720	(74) 代理人	100094112
(87) 国際公開日	平成21年4月23日 (2009.4.23)		弁理士 岡部 譲
審査請求日	平成22年6月18日 (2010.6.18)	(74) 代理人	100064447
(31) 優先権主張番号	11/872, 751		弁理士 岡部 正夫
(32) 優先日	平成19年10月16日 (2007.10.16)	(74) 代理人	100085176
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100104352
			弁理士 朝日 伸光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 調節可能な液体レンズを使用するスペックル低減

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源、及び

変調光が画像を投影するように前記光源によって生成される光を変調するように構成される空間光変調器 (S L M)

からなる装置であって、

前記光源が、

調節可能な液体レンズ、及び

前記調節可能な液体レンズに光を通過させるように構成されたレーザ

を備え、

前記装置が、前記投影画像内のスペックルを軽減するために前記レンズの特性の少なくとも1つを変えるように構成され、

前記レンズの特性の前記少なくとも1つが (i) 前記レーザの光軸に対する該レンズの整列又は横方向位置、 (ii) 該レンズを介して光を拡散する能力、及び (iii) 該レンズによって与えられる偏光回転角、のうちの1以上からなる、装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置であって、

前記レーザによって生成される出射ビームが前記調節可能な液体レンズを通るように向けられて前記 S L M を照射し、

前記レンズの特性の前記少なくとも1つがさらに焦点距離からなる装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の装置であって、前記レンズの特性の前記少なくとも 1 つが (i) 焦点距離、(ii) 前記整列又は前記横方向位置、(iii) 光を拡散する前記能力、及び (iv) 前記偏光回転角の任意の 2 つ以上からなる装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の装置であって、前記レンズの特性の前記少なくとも 1 つが (i) 焦点距離、(ii) 前記整列又は前記横方向位置、(iii) 光を拡散する前記能力、及び (iv) 前記偏光回転角の任意の 3 つ以上からなる装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の装置であって、

前記レーザが、前記調節可能な液体レンズを介して可変ピッチ格子に光学的に結合される光学利得ブロックを備え、前記光学利得ブロック及び前記可変ピッチ格子に対する前記調節可能な液体レンズの整列又は横方向位置が、前記光源によって生成される光の波長を制御する、装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の装置であって、前記調節可能な液体レンズは支持構造体の表面に配置された液滴からなる装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の装置であって、

前記液滴は、導電性流体からなり、

前記調節可能な液体レンズが (i) 前記液滴の形状及び (ii) 前記支持構造体上の前記液滴の横の位置の少なくとも 1 つを制御するために電氣的にバイアスされるように構成された複数の電極をさらに備えた装置。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の装置であって、

前記液滴が粒子の懸濁液からなり、

前記調節可能な液体レンズが、前記懸濁液の光拡散特性を変えるために前記液滴内の前記粒子を攪拌するように構成された振動子をさらに備えた装置。

【請求項 9】

請求項 6 に記載の装置であって、

前記液滴が液晶材料からなり、

前記調節可能な液体レンズが、前記液晶材料によって引き起こされる偏光回転を変えるように構成された複数の電極をさらに備えた装置。

【請求項 10】

スペckルを低減する方法であって、

光源によって生成される光で空間光変調器 (S L M) を照射するステップを備え、

前記光源が、

調節可能な液体レンズ、及び

前記調節可能な液体レンズに光を通過させるレーザ

を備え、

前記方法がさらに、

変調光が画像を投影するように前記 S L M で前記照射光を変調するステップ、及び

前記投影画像内のスペckルを軽減するために前記レンズの特性の少なくとも 1 つを変えるステップ

を備え、前記レンズの特性の前記少なくとも 1 つが (i) 前記レーザの光軸に対する該レンズの整列又は横方向位置、(ii) 該レンズを介して光を拡散する能力、及び (iii) 該レンズによって与えられる偏光回転角、のうちの 1 以上からなる、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明はレーザ投影システムに関する。

【背景技術】

【0002】

投影システムでのレーザの使用によって、従来の（非レーザ）光源では達成することが困難な場合がある広い色範囲を持つ鮮やかな画像の創出が可能となる。しかし、レーザ画像投影の1つの大きな障害はスペックル現象である。スペックルは、スクリーンなどの粗い面から散乱されるコヒーレント光が、有限開口（例えば瞳孔）を有する強度検出器（例えば人間の目）によって検出されるとき生じる。有限開口はスポットの寄せ集めへの検出画像の量子化をもたらす。スクリーン上のスポットから散乱される光が開口で破壊的に干渉する場合には、そのスポットは知覚画像内に比較的暗いスポットとして現れる。他方で、スポットから散乱される光が開口で建設的に干渉する場合には、そのスポットは知覚画像内に比較的明るいスポットとして現れる。スクリーンがレーザによって均一に照らされるときでさえ目に見えるこの明らかなスポットごとの強度変化はスペックルと呼ばれる。スペックルは知覚画像に粒状構造を重ね合わせ、それによって画像の鮮明さが低下し、しかも視聴者を悩ませることになるため、スペックル低減は非常に望ましい。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許出願第11/681,376号(Aksyuk 46-80-11-13)

20

【特許文献2】米国特許出願第11/713,207号(Giles 81-13-15)

【特許文献3】米国特許出願第11/713,155号(Aksyuk 45-10-12-14)

【特許文献4】米国特許第6,014,259号

【特許文献5】米国特許第6,538,823号

【特許文献6】米国特許第6,545,815号

【特許文献7】米国特許第6,545,816号

【特許文献8】米国特許第6,936,196号

【特許文献9】米国特許第6,647,029号

【特許文献10】米国特許第4,012,843号

30

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】Krupenkin、その他、Langmuir、2004年、Vol. 20、3824~3827頁

【非特許文献2】Krupenkin、その他、Applied Physics Letters、2003年、Vol. 82、316~318頁

【非特許文献3】J. A. Coldren、その他、「Tunable Semiconductor Lasers: A Tutorial」、J. Lightwave Technology、2004年、v. 22、No. 1、193~202頁

【発明の概要】

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の代表的な実施形態は、調節可能な液体レンズを組み込むレーザ光源及び視聴スクリーン上に画像を投影するためにレーザ光源によって生成される光を変調するように構成される空間光変調器を有する投影システムを提供する。システムは投影画像内のスペックルを軽減するために調節可能な液体レンズの焦点距離、整列、光拡散能力、及び/又は偏光特性を変えるように構成される。

【0006】

一実施形態によれば、装置は(A)調節可能な液体レンズを有する光源及び(B)変調光が結像面上に画像を投影するように光源によって生成される光を変調するように構成さ

50

れる空間光変調器（SLM）からなる。調節可能な液体レンズは投影画像内のスペックルを軽減するためにレンズの特性の少なくとも1つを変えるように構成される。

【0007】

別の実施形態によれば、本発明のスペックルを低減する方法は（A）調節可能な液体レンズを有する光源によって生成される光で空間光変調器（SLM）を照射するステップ、（B）変調光が結像面上に画像を投影するようにSLMで前記光を変調するステップ、及び（C）投影画像内のスペックルを軽減するためにレンズの特性の少なくとも1つを変えるステップからなる。

【0008】

本発明の他の態様、特徴、及び利点は、次の詳細な説明、添付の特許請求の範囲、及び付随する図面からより完全に明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の一実施形態による投影システムのブロック図を示す図である。

【図2】本発明の一実施形態による図1で示される投影システムで使用され得る光源を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態による図2の光源で使用され得る調節可能な液体レンズの垂直断面図を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態による図3で示されるレンズで使用され得る電極の構成を示す図である。

【図5】本発明の別の実施形態による図3で示されるレンズで使用され得る電極の構成を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態による図1で示される投影システムで使用され得る調節可能なレーザを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

スペックル低減は通常、人間の目などの検出器の空間的及び/又は時間的分解能内の2つ以上の独立スペックル構成を平均化することを含む。人間の目については、平均化時間はフリッカー融合しきい値又はフリッカー融合レートと呼ばれる生理的パラメータと関連付けられる。より明確には、フリッカー融合レートよりも低いレートで脈動する光は人間によって揺らめいていると知覚される。対照的に、フリッカー融合レートよりも高いレートで脈動する光は安定していると知覚される。フリッカー融合レートは、人ごとに、並びにまた個人の疲労のレベル、光源の明るさ、及び光源を観察するために使用されている網膜の面積にも依存して変わる。約75Hzより高いレートでのフリッカーを知覚する人は非常に少ない。映画及びテレビでは、20と60Hzとの間、例えば30Hzのフレーム配送レートが普通使用される。圧倒的多数の人にとっては、これらのレートは彼らのフリッカー融合レートよりも高い。

【0011】

独立スペックル構成は照射レーザビームの伝搬角度、偏光、位相、及び/又は波長の多様化を使用して作成できる。角度多様性を達成する1つの手法は、投影光学系にフリッカー融合レートよりも高いレートで検出器分解能スポット内部の分解能以下の領域を連続的に照射させる時間変化（例えば振動）拡散器の使用である。連続照射は分解能スポット内の分解能以下の領域間の空間的コヒーレンスを効果的に破壊し、それは分解能スポット内の干渉効果を抑制し、スペックルコントラストを低減する。偏光多様性は、例えば良好な偏光解消特性を示す投影スクリーンを使用することによって達成されてもよい。偏光解消面に入射する偏光レーザビームは多重光散乱に起因して偏光解消を経験する。結果として生じるスペックルパターンは2つの直交偏光状態に対応する2つのパターンに分解できる。直交偏光状態は互いに独立しているので、対応するスペックルコントラスト低減が生じる。スペックルは照射光の波長及び位相に依存する干渉現象であるので、波長及び/又は位相多様性はスペックルコントラストを低減する。例えば、波長が人間の目には区別でき

10

20

30

40

50

ない量だけ異なる2つのレーザが画像作成のために使用される場合には、画像は2つの独立スペckル構成の重ね合わせを有し、全体のスペckルコントラストは画像の色知覚を変えなくそれに応じて低減される。角度、偏光、位相、及び波長多様性は互いに独立しているので、個々の多様性に頼るスペckル低減技術は、同時に及び/又は相補的に組み合わせられ、使用されてもよい。結果として生じる累積的スペckルコントラスト低減要因は、スペckル低減技術によって用いられる個々の多様性の個々のスペckルコントラスト低減要因の積と同じぐらい大きい可能性がある。

【0012】

図1は本発明の一実施形態による投影システム100のブロック図を示す。システム100はレーザ110及びレンズ120を有する光源102を有する。レーザ110はレンズ120を通じて空間光変調器(SLM)130を照射する。SLM130は投影されるべき画像を符号化する空間変調パターン132で構成される。例えば、パターン132は画像を表す強度変調パターンであってもよい。SLM130によって空間的に変調された光はパターン132に対応する画像142を生成するためにスクリーン140上に投影される。コントローラ150は画像データ148に基づくパターン132でSLM130を構成するために制御信号152を生成する。

10

【0013】

さまざまな実施形態では、システム100は、本願の権利者が所有する米国特許出願第11/681,376号(Aksyuk46-80-11-13)、第11/713,207号(Giles81-13-15)、及び第11/713,155号(Aksyuk45-10-12-14)で開示されるさまざまな特徴及び要素を含むことができ、それらは全て全体として参照により本明細書に組み込まれる。例えば、米国特許出願第11/713,207号(Giles81-13-15)及び第11/713,155号(Aksyuk45-10-12-14)で開示される特定のSLMがSLM130として使用されてもよい。これらの特許出願はまた、システム100に応用されてもよい代表的な操作手順の開示も含む。

20

【0014】

ある実施形態では、システム100は多色であると知覚される画像を生成してもよい。そのような実施形態では、光源102は異なる色(例えば、赤色、緑色、及び青色)の光ビームの時系列を使用してSLM130を照射する。異なる光色の時系列を生成するために、光源102は各々が固定波長を有する3つ以上の適切な統合されたレーザ光源(図1では明確には示されない)を組み込んでよい。別法として、レーザ110は例えば赤色、緑色、及び青色の光ビームを連続的に生成できる調節可能なレーザであってもよい。画像データ148は画像データの2つ、3つ、又はそれ以上のサブセットを有することによって多色画像を特定し、それぞれのサブセットは対応する単色サブ画像を特定する。個々の単色サブ画像がフリッカー融合レートよりも高いレートでスクリーン140上に連続的に投影されるとき、視聴者の目は単色サブ画像の連続を融合させて、対応する知覚多色画像を形成する。

30

【0015】

図2は本発明の一実施形態による光源102として使用され得る光源202を示す。光源202はレーザ210及び調節可能な液体レンズ220を有する。レーザ210は光ビーム212を生成し、それをレンズ220の方へ向ける。レンズ220を通過した後、ビーム212は、例えばSLM130(図1)の方へ向けられてもよい出射ビーム222に変換される。さまざまな実施形態では、液体レンズ220は、次の特性、(i)可変焦点距離、(ii)レーザ210との可変整列、(iii)可変光拡散特性、及び(iv)可変偏光特性の1つ以上を有する。

40

【0016】

一実施形態では、レンズ220はその形状を変えることによってその焦点距離を変えることができる。光源202が光源102として使用される場合には、レンズ220の焦点距離可変性は、例えば次のようにスペckルを軽減するために使用されてもよい。レンズ

50

220はその焦点距離をフリッカー融合レートよりも高いレートで第1の値 f_1 と第2の値 f_2 との間で変えるように構成される。 f_1 及び f_2 の値は f_1 と f_2 との間の焦点距離について、画像142が実質的に焦点の合ったままであるように選択される。後者は、例えば $|f_1 - f_2| \ll f_1, f_2$ のとき当てはまる。それぞれの焦点距離はスクリーン140上にそれぞれの半独立スペックル構成を作成するので、焦点距離変化は一連の半独立スペックル構成を作成する。人間の目によるこの連続の平均化はその結果、対応するスペックルコントラスト低減をもたらす。レンズ220の焦点距離が比較的小さな量だけ変わるという事実によって、スペックルコントラスト低減は実質的に画像142の知覚される鮮明さの劣化なしに達成される。

【0017】

別の実施形態では、レンズ220はレーザ210とそのその整列及びレーザに対する質量中心の位置を変えるように構成される。本明細書では、用語「整列」はレーザ210によって生成されるビームの軸に対するレンズ220の軸の相対的向きを云う。用語「位置」はレンズ220の質量中心の3つの空間的(X、Y、及びZ)座標を云う。

【0018】

光源202が光源102として使用される場合には、レンズ220の位置の可変性は、例えば次のようにスペックルを軽減するために使用されてもよい。レンズ220は、レンズの表面でのビームの中心軸の場所がフリッカー融合レートよりも高いレートでビームの波長程度の距離だけ周期的に又は非周期的に移動するように、ビーム212に直交する平面内で平行移動するように構成される。この動きはスクリーン140上での画像142の対応する移動をもたらし、それはその上に一連の半独立スペックル構成を作成する。人間の目によるこの連続の平均化はその結果、対応するスペックルコントラスト低減をもたらす。画像142の移動が比較的小さな振幅を有するという事実によって、スペックルコントラスト低減は画像の知覚される鮮明さの大きな劣化なしに達成される。一般に、どんなスペックル軽減技術も、所望のレベルのスペックルコントラスト低減を達成することと分解能の大きな損失を避けることとの間で妥協案を模索する。画像の知覚される鮮明さが大きく悪影響を及ぼされない限り、分解能のいくらかの損失は典型的には許容できる。

【0019】

別法として又は加えて、レンズ220はフリッカー融合レートよりも高いレートでビーム212の中心軸に対して比較的小さい角度だけ周期的に又は非周期的に傾けられてもよい。この動きはスクリーン140上での画像142の対応する移動をもたらし、それはその上に一連の半独立スペックル構成を作成する。人間の目によるこの連続の平均化はその結果、対応するスペックルコントラスト低減をもたらす。

【0020】

さらに別の実施形態では、レンズ220は光を拡散する可変能力を有する。本明細書では、用語「光を拡散する能力」は光線を光の発散円錐に変換する能力を云い、その円錐は円錐内の光強度分布の点から軸対称であってもよく又はなくてもよい。ビーム212などの光の平行ビームは、一般に複数の平行光線からなると考えられてもよく、その各々はレンズ220などの光拡散物体によって個別に拡散されてもよい。それぞれの光線が拡散される方法は通常、異なる光線に対して異なり、その物体内の光線伝搬経路に沿った光拡散物体の局所光拡散特性によって決定される。

【0021】

光源202が光源102として使用される場合には、レンズ220の光を拡散する能力の可変性は、例えば次のようにスペックルを軽減するために使用されてもよい。レンズ220は2つの機能、(i)通常のレンズのそれ及び(ii)光拡散器のそれを果たす。後者の機能はスペックル軽減を達成するために使用される。より明確には、レンズ220はその光拡散器としての能力でビーム222を相互に準インコヒーレントな光サブビームに効果的に分割する波面ひずみを導入する。レンズ220がフリッカー融合レートよりも高いレートで周期的又は非周期的方法で光を拡散するその能力を変えるように構成される場合、そのときビーム222のサブビームへの分配はそれに応じて変わり、一連の半独立ス

10

20

30

40

50

ペックル構成を創出する。人間の目によるこの連続の平均化はその結果、対応するスペックルコントラスト低減をもたらす。

【0022】

さらに別の実施形態では、レンズ220は偏光を回転させる可変能力を有する。光源202が光源102として使用される場合には、偏光を回転させるレンズ220の可変能力は、例えば次のようにスペックルを軽減するために使用されてもよい。レンズ220は2つの機能、(i)通常のレンズのそれ及び(ii)偏光回転子のそれを果たす。後者の機能はスペックル軽減を達成するために使用される。より明確には、レンズ220はその偏光回転子としての能力でビーム222の偏光を回転させ、その回転量はフリッカー融合レートよりも高いレートで周期的又は非周期的方法で変わる。ビーム222の変わる偏光は偏光多様性を創出し、一連の対応する半独立スペックル構成を作成する。人間の目によるこの連続の平均化はその結果、対応するスペックルコントラスト低減をもたらす。

10

【0023】

図3は本発明の一実施形態による調節可能な液体レンズ220として使用され得る調節可能な液体レンズ320の垂直断面図を示す。レンズ320は、例えばサイトップなどの疎水性フッ素重合体の比較的薄いコーティング313を有する誘電性の光学的に透明な層314上に配置された液滴312を有する。さまざまな実施形態では、液滴312は(i)導電性流体、(ii)粒子の懸濁液、及び(iii)液晶材料の1以上を含む。例えば、導電性流体は水溶性アルコール、電解塩(例えば、塩化カリウム)溶液、又は溶解塩とすることができ、粒子の懸濁液はナノ粒子、量子ドット、又はサブミクロンから数マイクロンの大きさのポリスチレン球を含むことができ、及び液晶材料は、光複屈折が外部電場によって制御できるネマチック又は強誘電性液晶とすることができる。コーティング313は好ましくは、液滴312に対する所望の接触角及び低接触角ヒステリシスを提供する。接触角制御についてのより詳細は、例えばLangmuir、2004年、Vol.20、3824~3827頁で発表されたKrupenkin、その他による学術論文で見いだすことができ、その教示は参照により本明細書に組み込まれる。層314は制御電圧の意図された印加中にそのような破壊を避けるのにふさわしい比較的高い絶縁破壊点を有する(以下の説明を参照)。さまざまな実施形態では、層316、314、及び313によって形成される光学的に透明な基板はその表面での液滴312の適切な位置決めを容易にするために必要に応じて平坦又は湾曲とすることができる。

20

30

【0024】

レンズ320はさらに、複数の光学的に透明な側部電極306及び中央電極308を有する。電極306の2つだけ、即ち電極306i及び306jが図3で示される断面内で目に見える。電極306は層314によって液滴312から電氣的に絶縁され、お互いからもまた電氣的に絶縁される。中央電極308は液滴312と電気接触している。電極306及び308の各々は電極306にそれぞれの電圧 $V_i \sim V_j$ 及び中央電極308に電圧 V_0 を印加するように構成される可変電圧源(図3では示されず)に結合される。電極306及び308並びに層314は基板316によって支持される。一実施形態では、光学的に透明な電極306はインジウムスズ酸化物から形成される。

【0025】

一実施形態では、レンズ320は基板316に取り付けられたオプシオンの圧電性音波振動子318を有する。振動子318はその中に含まれる粒子(もしあれば)を攪拌するために、基板316、電極306及び層314を通じて液滴312内に音波(例えば超音波)エネルギーを送るように構成される。一実施形態では、振動子318は振動子その中間部分を通じて光を透過させることを可能にするリング形状を有する。別の実施形態では、電極306及び308の1つ以上が一種の音波振動子として使用されてもよい。

40

【0026】

液滴312が粒子の懸濁液からなる場合には、振動子318はそれらの粒子を攪拌し、液滴内でのそれらの分布を変えるために使用されてもよい。別法として又は加えて、AC電圧が、粒子攪拌を引き起こす又は支援するために電極306に印加されてもよい。不規

50

則な形状の粒子は、粒子の長軸が局所電場ベクトルに実質的に平行であるようにそれ自体の向きを合わせる傾向があるので、そのようなAC電圧は粒子攪拌を引き起こす又は支援することができる。結果として生じる液滴312内の前記粒子の分布の変化はレンズ320によって作成される光拡散の量を変調する。光拡散は角度多様性を提供する方法であることに留意されたい。一実施形態では、液滴312内に含まれる粒子は大きさが約100nmから約1μmの範囲である。

【0027】

図4は本発明の一実施形態によるレンズ300で使用されてもよい電極306の構成400を示す。より明確には、図4は電極306の上面図を示し、液滴312は破線によって表示される。構成400は電圧 $V_a \sim V_d$ をそれぞれ受け取るように構成される4つの側部電極306a~dを有する。中央電極308(図4では示されず)は座標軸X及びYの原点(交点)に置かれる。液滴312が導電性流体からなる場合には、構成400は、例えば次のようにレンズ320の焦点距離及び外部光学素子に対するレンズの質量中心位置を変えるために使用されてもよい。

10

【0028】

電極306a~d及び308に電圧が印加されない、又は同じ電圧(即ち $V_a = V_b = V_c = V_d = V_0$)が印加される場合には、液滴312は、例えば図4で示されるように電極306に対して中心に置かれる。同じ電圧が電極306a~dに印加され、異なる電圧が電極308に印加される場合には(即ち $V_a = V_b = V_c = V_d \neq V_0$)、液滴312は四分円I~IV内で同等に広がり、それによって液滴の形状を変える。液滴312の広がりはその曲率を減少させ、それに応じてレンズ320の焦点距離を増加させる。

20

【0029】

X及びY軸に沿う液滴312の横の位置は電極306a~d及び308の差動バイアスを使用することによって変えられてもよい。例えば、次の例となるパターンの電圧、 $V_a = V_c = V_0 < V_d < V_b$ を印加することによって、液滴312は四分円II内のより高い電圧電極306bの方へ動かされる。異なるパターンの電圧を電極に印加することによって、液滴312は四分円I~IV内の異なる位置に導かれてもよい。液滴312の位置の変化はレンズ320の焦点の対応する移動をもたらす。

【0030】

図5は本発明の別の実施形態によるレンズ300で使用され得る電極306の構成500を示す。より明確には、図5は電極306の上面図を示し、液滴312は破線によって表示される。構成500は電圧 $V_1 \sim V_{12}$ をそれぞれ受け取るように構成される12個の電極306₁~306₁₂を有する。液滴312がネマチック液晶材料からなる場合には、構成500は、例えば次のようにレンズ320の偏光特性を変えるために使用されてもよい。

30

【0031】

電圧 $V_1 = -V_7$ が電極306₁及び306₇にそれぞれ印加され、ゼロ電圧が残りの電極306に印加される場合には、液滴312内の電場の向きの線は2つの活性電極を結び、座標軸X及びYの原点を通過する線に主として平行である。この電場は液滴312のネマチック液晶材料と相互作用して、その分子をそれらの電場の向きの線に沿って整列させる。整列された分子は液滴312を通じて向けられる光(例えば図2のビーム212)の偏光を回転させて、分子整列方向に従ってその向きを合わせる偏光回転子として働く。電場の向き、従って整列方向は、例えば電極306の異なる選択に上述の電圧パターンを印加することによって変えられてもよい。例えば、それぞれの対向する電極対(即ち電極306_k及び306_{k+6}、ただし $k = 1, 2, \dots, 6$)は、整列方向、従って出射ビームの偏光を実質的に回転させるために連続的に活性化されてもよい。当業者であれば、異なる電極活性化の連続が、対応する異なる時間的偏光依存性を出射ビームに課すことになるのを理解するであろう。

40

【0032】

構成400及び500は例となる構成であり、さまざまな他の適切な構成が同様に、液

50

滴の位置、形状、光拡散特性、及び/又は偏光特性を制御するために使用されてもよい。構成400及び500はそれぞれ、導電性流体及び液晶材料を含む液滴312を参照して述べられたが、それらの構成の各々はまた、他の液滴組成について使用されてもよい。図4との関連で参照される導電性流体は図5との関連で参照される液晶材料と相互排他的ではない。ある実施形態では、液滴312の同じ化学組成が、例えば導電性流体及び液晶材料として同時に働くことができる。一実施形態では、液滴312は、(i)導電性流体、(ii)粒子の懸濁液、及び(iii)液晶材料の各々を含むことができる。レンズ320を実施するために適しているさまざまな調節可能な液体レンズの電極構成、製造、及び操作についての追加の詳細は、例えば米国特許第6,014,259号、第6,538,823号、第6,545,815号、第6,545,816号、及び第6,936,196号並びにApplied Physics Letters、2003年、Vol.82、316~318頁で発表されたKrupenkin、その他による学術論文で見いだすことができ、それらの各々は全体として参照により本明細書に組み込まれる。

10

【0033】

図6は本発明の一実施形態によるレーザ110として使用され得る調節可能なレーザ610を示す。レーザ610はモード選択フィルター(MSF)640に光学的に結合される光学利得ブロック630を有する。MSF640は調節可能な液体レンズ646及び可変ピッチ格子648を有する。一実施形態では、調節可能な液体レンズ646は調節可能な液体レンズ320(図3)に類似し、支持構造体644の表面に配置された液滴642を有する。支持構造体644は適切な電極を組み込み(図6では明確には示されない)、平坦又は湾曲とすることができる。支持構造体644上での液滴642の位置は、例えば図4を参照して上で述べられたように変えられてもよい。例えば、液滴642は実質的にX軸に沿って支持構造体644の表面上を移動するように構成される。

20

【0034】

格子648のピッチはX軸に沿って移動するにつれて変わる。格子648はレンズ646に面する平坦な又は湾曲した表面を有することができる。利得ブロック630の背面から出る光はレンズ646によって格子648へ向けられる。利得ブロックに対する液滴642の位置は光が格子に突き当たる場所を制御する。格子648は光の波長組成及びその場所での格子のピッチに従って光を角度的に分散させて、ある波長の光だけがその背面を通過して利得ブロック630内に結合して戻るようになる。その波長を有するレーザ発振モードはそれによって、出射ビーム628を生成するように利得ブロック630内で選択され、増幅される。それ故に、出射ビーム628の波長は液滴642をX軸に沿って移動させることによって調節できる。

30

【0035】

レーザ610の典型的な構成では、液滴642の運動振幅は人間の目には区別できない色変化をもたらす波長変化を生成するように選択され、液滴642はフリッカー融合レートよりも高いレートで周期的又は非周期的方法で移動する。液滴642の変化する位置は波長多様性を創出し、一連の対応する半独立スペckル構成を作成する。人間の目によるこの連続の平均化はその結果、対応するスペckルコントラスト低減をもたらす。

40

【0036】

MSF640に機能的に類似するモード選択フィルターを有する調節可能なレーザの設計及び操作についての追加の詳細は、例えば米国特許第6,647,029号及びJ. Lightwave Technol.、2004年、v.22、No.1、193~202頁で発表された「Tunable Semiconductor Lasers: A Tutorial」という名称のJ. A. Coldren、その他による論文で見いだすことができ、その両方の教示は参照により本明細書に組み込まれる。格子648としての使用に適している可変ピッチ格子は、例えばSunnyvale、CAのOEpic、Inc.から市販されている。湾曲表面を有する可変ピッチ格子の製作は、例えば米国特許第4,012,843号で開示され、それは全体として参照により本明細書に組み込まれる。

50

【0037】

一実施形態では、レーザ610はレーザ210(図2)として使用されてもよい。その実施形態では、光源202は2つの調節可能な液体レンズ、即ちレンズ220及びレンズ646を有する。別の実施形態では、レーザ610はレーザ110を置き換えるために使用されてもよく、レンズ120は通常の(固体)レンズである。さまざまな実施形態では、本発明の光源は角度多様性、偏光多様性、位相多様性、及び波長多様性という各多様性のうちの1つ以上の任意の組合せを作成するように設計され、操作されてもよい。すでに上で示されたように、角度多様性は、例えば(1)層314の表面で液滴312を横に移動させること及び/又は(2)液滴内に含まれる粒子を攪拌することによって作成されてもよい(図3~4を参照)。偏光多様性は、例えば図5を参照して述べられたように液滴312内に液晶材料を有すること及びその分子の整列方向を変えることによって作成されてもよい。位相多様性は、例えば図4を参照して述べられたようにレンズ320の焦点距離を変えることによって作成されてもよい。波長多様性は、例えば図6を参照して述べられたように支持構造体644の表面で液滴642を横に移動させることによって作成されてもよい。

10

【0038】

この発明は例示の実施形態を参照して述べられたが、この記述は限定する意味で解釈されることを意図されない。本発明のある実施形態は投影システム100(図1)を参照して述べられたが、本発明はまた、他の適切な投影システム、例えばLCD技術を用いるそれらについて実施されてもよい。目の網膜を含む任意の適切な結像面がスクリーン140の代わりに使用されてもよい。本発明のスペックル低減方法の実施形態は別々に、又は必要に応じて他のスペックル低減方法と組み合わせて使用されてもよい。この応用の目的のために、用語「空間光変調器」は、強度及び/又は位相変調パターンを光のビームに課することができる任意のデバイス又は物体を包含する。本発明が関連する当業者には明らかな、述べられた実施形態のさまざまな変更形態、並びに本発明の他の実施形態は次の特許請求の範囲で表されるような本発明の原理及び範囲内にあると考えられる。

20

【0039】

別のやり方で明確に述べられない限り、本明細書のそれぞれの数値及び範囲はあたかも単語「約」又は「近似的に」がその値又は範囲の値の前に来るかのような近似であると解釈されるべきである。

30

【0040】

この発明の性質を説明するために述べられ、例示された部分の詳細、材料、及び配置のさまざまな変更は次の特許請求の範囲で表されるような本発明の範囲から逸脱することなく当業者によって行われてもよいことがさらに理解されよう。

【0041】

本明細書で説明された例となる方法のステップは述べられた順番で行われることを必ずしも必要とされないことが理解されるべきであり、そのような方法のステップの順番は単に例となるものであると理解されるべきである。同様に、追加のステップがそのような方法に含まれてもよく、あるステップが本発明のさまざまな実施形態と整合する方法で省略され又は組み合わされてもよい。

40

【0042】

本明細書で「一実施形態」又は「1つの実施形態」の参照は実施形態に関連して述べられる特定の特徵、構造又は特性が本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれてもよいことを意味する。本明細書のさまざまな個所での語句「一実施形態では」の出現は必ずしも全てが同じ実施形態を参照していることはなく、また別個の若しくは代替実施形態が必ずしも他の実施形態を相互排他することもない。同じことは用語「実施」にも当てはまる。

【0043】

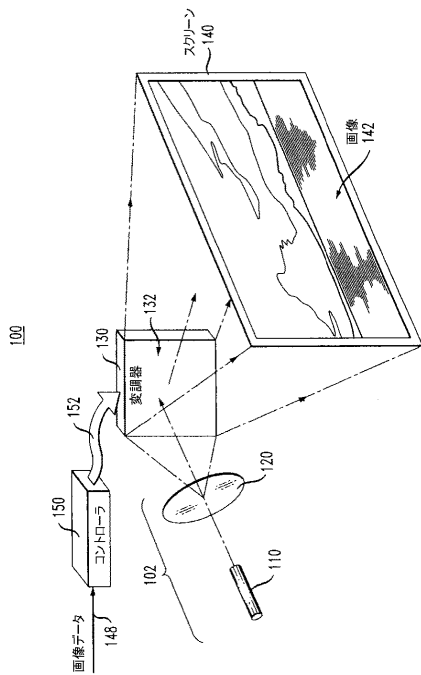
詳細な記述全体にわたって、一定の縮尺ではない図面は例示だけであり、本発明を限定するよりもむしろ説明するために使用される。

【0044】

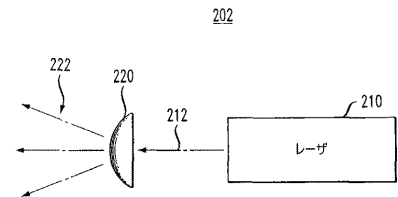
50

またこの記述の目的のためにも、用語「結合する」、「結合している」、「結合される」、「接続する」、「接続している」又は「接続される」は、エネルギーが2つ以上の要素間で移動されることを許される当分野で周知の又は後から開発される任意の方法を参照し、1つ以上の追加の要素の介在が必要とされないものの考慮される。反対に、用語「直接結合される」、「直接接続される」などはそのような追加の要素がないことを示唆する。

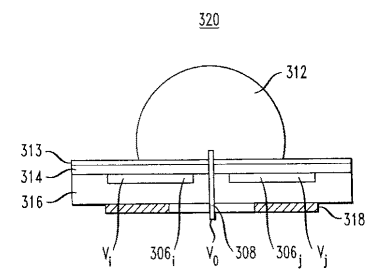
【図1】



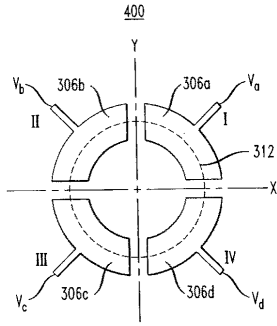
【図2】



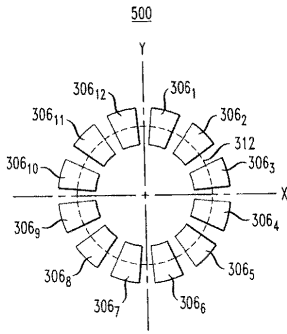
【図3】



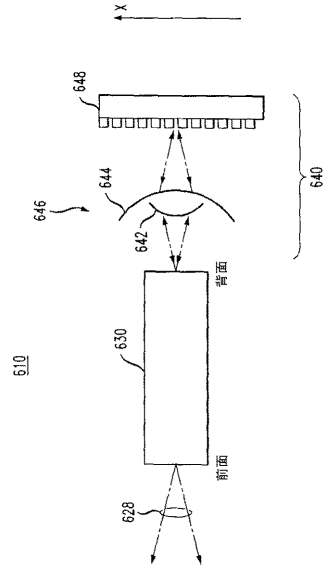
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100128657
弁理士 三山 勝巳
- (74)代理人 100160967
弁理士 濱 口 岳久
- (72)発明者 フラム, ロバート, ユージン
アメリカ合衆国 08822 ニュージャージー, フレミングトン, カークブライド ロード 2
- (72)発明者 ロベス, オマール, ダニエル
アメリカ合衆国 07901 ニュージャージー, サミット, ニュー イングランド アヴェニュー
- 76

審査官 井口 猶二

- (56)参考文献 国際公開第2006/024998(WO, A1)
特開2003-050303(JP, A)
国際公開第2005/098532(WO, A1)
特開2003-262920(JP, A)
特開平10-048597(JP, A)
特開2000-261089(JP, A)
特開2008-262029(JP, A)
国際公開第2008/142852(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03B 21/00-33/16
G02B 3/14
G02B 27/48