

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成18年2月16日(2006.2.16)

【公表番号】特表2004-529375(P2004-529375A)

【公表日】平成16年9月24日(2004.9.24)

【年通号数】公開・登録公報2004-037

【出願番号】特願2002-534903(P2002-534903)

【国際特許分類】

**G 02 B 27/18 (2006.01)**

**G 02 B 5/18 (2006.01)**

**G 02 B 26/10 (2006.01)**

【F I】

G 02 B 27/18 Z

G 02 B 5/18

G 02 B 26/10 1 0 1

【誤訳訂正書】

【提出日】平成17年12月19日(2005.12.19)

【誤訳訂正1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】レーザースペックル低減方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】ディスプレイスクリーンに2次元像を表示する表示装置であって、

a. 電子手段で駆動されかつレーザーイルミネーションによって照射される、第1像平面に配置される光変調器であって、列イメージを形成する直線配列ピクセルを形成する光変調器と、

b. 第2像平面に配置される波面変調器であって、前記列イメージの幅を横切って位相を空間的に変化させ、それによって、位相変調された波面が形成される波面変調器と、

c. 前記電子手段によって駆動される投影・走査光学系であって、前記ディスプレイスクリーンに2次元像が形成されかつさらに前記位相変調された波面によりレーザースペックルを低減するように、前記列イメージを前記ディスプレイスクリーン上に投影すると共に前記ディスプレイスクリーン上に前記列イメージを走査する投影・走査光学系と、

から成る2次元像表示装置。

【請求項2】前記光変調器は回折光弁配列から成る、請求項1の装置。

【請求項3】前記回折光弁配列は格子光弁から成る、請求項2の装置。

【請求項4】前記第2像平面は前記第1像平面と前記投影・走査光学系との間に光学的に配置される、請求項3の装置。

【請求項5】前記光変調器は反射光弁配列から成る、請求項1の装置。

【請求項6】前記光変調器は透過光弁配列から成る、請求項1の装置。

【請求項7】前記波面変調器は回折素子から成る、請求項1の装置。

【請求項8】前記波面変調器は反射素子から成る、請求項1の装置。

【請求項9】前記波面変調器は回折格子から成る、請求項1の装置。

【請求項10】前記回折格子は2ピッチ回折格子から成る、請求項9の装置。

【請求項11】前記投影・走査光学系は投影レンズと走査鏡とかなり成りさらに、前記回折格子は前記回折格子の高さ方向に対して45°の角をなす格子形状を有する、請求項9

の装置。

【請求項 1 2】 ディスプレイスクリーンに 2 次元像を表示する表示装置であって、

- a . 電子手段で制御されてレーザー出力を与えるレーザー源と、
- b . レーザー出力を焦点ライン上に円柱状に集中させる第 1 光学系であって、前記焦点ラインが焦点幅を有しつつ第 1 像平面に配置される第 1 光学系と、
- c . 前記電子手段によって変調される光弁配列であって、第 1 像平面に配置されかつ列イマージを形成するピクセルの直線配列を発生させるように構成される光弁配列と、
- d . 前記焦点幅を有する前記焦点ラインを第 2 像平面に円柱状に集中させる第 2 光学系と、

e . 前記第 2 像平面に配置される波面変調器であって、位相変調された波面が列イマージ幅を横切って形成されるように前記焦点幅を横切る空間位相を変調する波面変調器と、

- f . 電子手段によって駆動される第 3 光学系であって、

前記ディスプレイスクリーン上に列イマージを投影する投影レンズと、2 次元イマージを前記ディスプレイスクリーン上に形成し、前記位相変調した波面によりレザースペックルが減少するように前記ディスプレイスクリーン上に列イマージを走査する走査鏡とを有する第 3 光学系と、

から成る表示装置。

【請求項 1 3】 前記光弁配列は回折光弁配列から成る、請求項 1 2 の装置。

【請求項 1 4】 前記回折光弁配列は光弁から成り、さらに前記第 3 光学系は回折された光と反射された光との結合から回折された部分を分離する手段を有し、前記回折された部分は前記回折された光の一部分である、請求項 1 3 の装置。

【請求項 1 5】 前記回折された部分は、回折次数プラス 1 と回折次数マイナス 1 とから成る請求項 1 4 の装置。

【請求項 1 6】 前記回折された光が前記列イマージを形成する、請求項 1 5 の装置。

【請求項 1 7】 前記光弁配列は反射性光弁配列から成る、請求項 1 2 の装置。

【請求項 1 8】 前記光弁配列は透過性光弁配列から成る、請求項 1 2 の装置。

【請求項 1 9】 ディスプレイスクリーンに 2 次元像を表示する表示装置であって、

- a . 電子手段で制御されてレーザー出力を与えるレーザー源と、
- b . 前記レーザー出力を焦点ライン上に円柱状に集中させる第 1 光学系であって、前記焦点ラインは焦点幅を有しつつ第 1 像平面に配置される第 1 光学系と、
- c . 前記焦点ラインによって照射され、前記電子手段によって変調され、そして、第 1 像平面に配置される格子光弁であって、ピクセルの直線配列に配列された、回折された光と反射された光との結合を発生させ、ピクセルの前記直線配列の回折された部分が列イマージを形成する格子光弁と、

d . 前記回折された光と前記反射された光との結合から前記回折された部分を分離する第 2 光学系であって、第 2 像平面に前記列イマージを造る第 2 光学系と、

e . 前記第 2 像平面に配置されると共に列イマージ幅を横切って空間位相を変調し、それによって位相変調された列イマージが形成される波面変調器と、

f . 前記位相変調された列イマージを投影し、それによって投影された列イマージが形成される投影レンズと、

g . 前記電子手段によって駆動される走査鏡アッセンブリであって、前記ディスプレイスクリーンに 2 次元像が形成されかつさらに前記位相変調された波面によりレザースペックルが減少するように、前記ディスプレイスクリーン上に前記投影された列イマージを走査する走査鏡アッセンブリと、

から成る 2 次元像表示装置。

【請求項 2 0】 レーザー照射されたディスプレイシステムのレザースペックルを低減させる方法であって、

- a . レーザー出力を有するライン上に集中させ、
- b . ピクセルの直線配列を発生させるために前記ラインに沿って前記レーザー出力を変調し、ピクセルの前記直線配列が列イマージ幅を有する列イマージを形成するようにさせ

c . 位相変調された波面が形成されるように前記列イメージの幅を横切って空間位相を変調し、

d . ディスプレイスクリーン上に前記列イメージを投影し、

e . 前記ディスプレイスクリーンに2次元像が形成されかつさらに前記位相変調された波面がレーザースペックルを低減させるように、前記ディスプレイスクリーンを通して前記列イメージを走査すること

から成るレーザースペックル低減方法。

【請求項 2 1】 拡散面上のある領域を照射する装置であって、

レーザーイルミネーションによって照射されかつ第1像平面に配置される波面変調器であって、前記レーザーイルミネーションは前記波面変調器においてラインイルミネーション幅を有するラインイルミネーションを形成し、前記波面変調器は前記ラインイルミネーション幅を横切って位相を空間的に変化させ、それによって位相変調された波面が形成される波面変調器と、

電子手段によって駆動される投影・走査光学系であって、前記ラインイルミネーションを前記拡散面上に投影し、前記領域が照射されかつさらに前記位相変調された波面によりレーザースペックルが減少するように前記拡散面上に前記ラインイルミネーションを走査する投影・走査光学系と、

から成る拡散面領域照射装置。

【請求項 2 2】 レーザースペックルを低減させる方法であって、

a . レーザー出力を有するラインイルミネーション幅を有するラインイルミネーションに集中させ、

b . 位相変調された波面が発生するように前記ラインイルミネーション幅を横切って空間位相を変調し、

c . 拡散面上に前記ラインイルミネーションを投影し、

d . ある領域が照射されつつさらに前記位相変調された波面によりレーザースペックルが減少するように、前記拡散面を通して前記ラインイルミネーションを走査することから成るレーザースペックル低減方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】

本発明はレーザー照射システム分野に関する。特に、本発明はレーザーによって発生されるラインイルミネーション(列照射)が放散(拡散)面を通して走査されるレーザー照射システムの分野に関する。

【0002】

【従来の技術】

粗面を照射する干渉性(可干渉)光はスペックル(斑点)を生じる(発生させる)。粗面からの反射は拡散反射と呼ばれる。粗面を通じた伝達(伝送)は拡散透過と呼ばれる。拡散反射、即ち、拡散透過では光は各種の方向に散乱する。拡散反射によって散乱される干渉性光は、粗面から離れた空間で干渉パターンを形成する。人の目で見られると、「粒状」パターンの明及び暗に見えるであろう。その粒状パターンがスペックルである。干渉性光によって照射された粗面を見ると、光学システムの光強度検出器も同様にスペックルを検出するであろう。

【0003】

先行技術のスペックル表示装置が図1に例示される。スペックル表示装置1は、第1光軸8上に配置される表示レンズ2、放散レンズ4及び観察(視聴)スクリーン6を含む。表示レンズ2はレーザービーム10を発する。放散レンズ4はレーザービーム10を放散レーザービーム12に変換する。放散レーザービーム12は大領域14の観察スクリーン6を照射する。観察スクリーン6は放散レーザービーム12を拡散的に反射して干渉パターンを造りだす。第2光軸18上に配置される観察面16は、干渉パターンと交差する。

観察面 16 は、そこで目又は光学システムの焦点が合わされる空間の視野である。視聴スクリーン 6 において目又は光学システムの焦点が合わされると、観察面 16 は視聴スクリーン 6 に位置づけられる。放散レンズ 4 はスペックルの表示を助長するが、それはスペックルの発生上不必要である。

#### 【 0 0 0 4 】

図 2 は、先行技術の典型的なスペックルパターン 17 の写真であり、観察面 16 において見られるスペックルを例示する。観察スクリーン 16 から拡散的に反射する放散レーザービーム 12 の干渉による強め合いは観察面 16 の明るい斑点（スポット）を造り出す。干渉による弱め合いは明るいスポット間に暗いスポットを造り出す。視聴スクリーン 6 からの拡散反射は無作為の性質を有し、そのために明スポット及び暗スポットは観察面 16 全体を通して変化する。

#### 【 0 0 0 5 】

スペックルの程度（尺度）はコントラスト（C）である。コントラストは、百分率で  $C = 100 * I_{RMS} / I'$  によって与えられ、ここでは  $I'$  は平均光強度、 $I_{RMS}$  は平均光強度に関する二乗平均平方根光強度変動である。

#### 【 0 0 0 6 】

Goodmanは、「スペックルに関する若干の基本性質」（J.Opt.Soc.A., Vol.66, No.11, Nov. 1976, pp 1145-1150）で、N個の相関関係のないスペックルパターンを重ねることによってスペックルが低減されることを教示している。N個の相関関係のないスペックルパターンが同一の平均光強度及びコントラストを有するとすれば、これはスペックル低減係数（因数）N'だけコントラストを低減させる。N個の相関関係のないパターンが等しくない平均光強度又は等しくないコントラストを有するならば、スペックル低減係数はN'未満であろう。従って、スペックル低減係数N'は、N個の相関関係のないスペックルパターンに対するスペックル低減に関して最大の場合である。Goodmanは、相関関係のないスペックルパターンは、時間、空間、周波数又は偏光によって得られることをさらに教示している。

#### 【 0 0 0 7 】

先行技術のスペックル低減方法は、視聴スクリーン 6 を移動させることによって多数のスペックルパターンを与えるものであり、そこではGoodmanによって教示された時間手段が用いられる。振動運動 19 は、概して光軸 8 の周りの小円又は小楕円に従う。これは、視聴スクリーン 6 を観察する目又は光学システムに対してスペックルパターンを移動させ、従って時間経過と共に多数のスペックルパターンを形成する。その期間中のどの瞬間においてもスペックルの量は変わらないが、振動運動の速度が或る閾値を越えるならば目にはスペックルが低減されたよう見える。スペックルパターンが有意の距離移動できるように露出時間が十分長いならば、同光学システムの光強度検出器は低減されたスペックルを検出する。

#### 【 0 0 0 8 】

レーザー照射されたディスプレイシステム技術では、レーザースペックルを低減するために能動拡散器（ディフューザ）がレーザー照射された作像システムに加えられ得ることが知られている。能動拡散器は中間像平面又は中間像平面の近くに配置される。ディスプレイスクリーンにおいて移動する位相を与えるために能動拡散器は、ディスプレイスистем 光軸の回りにおいて回転又はトロイド（トーラス方向）パターンの形で中間像平面内で移動される。移動する位相は時間経過と共に相関関係のないスペックルパターンを与え、従って、Goodmanによって教示された時間手段を用いる。

#### 【 0 0 0 9 】

「レーザー投影システムにおける回折光学素子によるスペックル低減」（Applied Optics, Vol.37, No. 10, Apr. 1998, pp 1770-1775）でWang他は、レーザーテレビシステムのようなレーザー投影システムにおけるレーザースペックル低減方法を教示している。レーザー投影システムにおけるレーザースポットは、CRT（陰極線管）ディスプレイにおいて電子ビームが像を形成するのと同様にラスタ走査によってディスプレイスクリーン上に像

を形成する。Wang他によって教示された方法は、レーザービームを拡張し、多数の小ビームを形成するために拡張されたレーザービーム内に回折光学素子を配置し、次いでディスプレイスクリーン上にレーザースポットを形成するために小レーザービームに焦点を合わせる。これは時間で変化するスペックルパターンを与える結果的にスペックルが低減する。Wang他は、さらにスペックル低減に関して僅かに改良するために拡散性光学要素が回転され得ることを教示している。

#### 【0010】

Bloom他は、参照により本明細書に組み入れられた、1999年11月9日発行の米国特許第5,982,553号において、格子光弁(GLV)赤、緑、青レーザー、各種のレンズ系、走査鏡、ディスプレイスクリーン、電子機器を含むディスプレイシステムを教示している。

#### 【0011】

Bloom他により教示されたディスプレイシステムでは、GLVはディスプレイスクリーン上のピクセルの線形配列から成る列イメージを形成する。走査鏡は、GLVがピクセルの線形配列を変調するにつれて列イメージに垂直な方向でディスプレイスクリーンを横切って列イメージを反復的に走査し、それによって2次元像を形成する。

#### 【0012】

Bloom他により教示された2次元像はレーザーイルミネーションによって形成されるので、同2次元像はレーザースペックルを示し、像品質を劣化させる。レーザースペックルを低減させることによって像品質の向上が望まれる。

#### 【0013】

必要とされるのは、列イメージを走査することによって2次元像が形成されるディスプレイシステムにおいてレーザースペックルを低減させる方法である。

#### 【0014】

必要とされるのは、レーザーによって生じたラインイルミネーションが拡散面を通して走査される光学システムにおいて、レーザースペックルを低減させる方法である。

#### 【0015】

##### 【本発明の要約】

本発明は、ディスプレイスクリーンを横切って列イメージを走査することによって2次元像を形成する、レーザースペックルを低減させた2次元像を表示する方法及び装置である。ディスプレイ装置は、光変調器、波面変調器及び投影・走査光学系を含む。光変調器は、ピクセルの線形配列から列イメージを形成するためにレーザーイルミネーションを変調する。波面変調器は、列イメージの幅を横切って空間的な位相を変化させ、従って、位相変調された波面を形成する。投影・走査光学系は、列イメージをディスプレイスクリーン上に投影し、ディスプレイスクリーンを横切って列イメージを走査する。位相変調された波面は、ディスプレイスクリーンを通して列イメージが走査されるにつれて多数のスペックルパターンを発生させ、従ってレーザースペックルの発生が低減する。

#### 【0016】

あるいは、本発明は、レーザーによって発生されるラインイルミネーションが拡散面を横切って走査されるあらゆるレーザー照射されたシステムにおいてレーザースペックルを低減させるのに適している。

#### 【0017】

##### 【本発明の望ましい実施態様の詳細な説明】

本発明のディスプレイシステムは、図式的に図3に示される。ディスプレイシステム40は、ディスプレイ光学機器42及びディスプレイ電子機器44を含む。ディスプレイ光学機器42は、レーザー46、イルミネーション電子機器48、格子光弁(GLV)50、シリーレン(Schlieren)光学機器52、波面変調器54、投影及び走査光学機器56及びディスプレイスクリーン58から成る。ディスプレイ電子機器44はレーザー源46、GLV50及び投影及び走査光学機器56に結合される。

#### 【0018】

ディスプレイ電子機器 4 4 は、レーザー 4 6 を作動させる。レーザー 4 6 はレーザーイルミネーションを発する。イルミネーション光学機器 4 8 は、レーザーイルミネーションを GLV 5 0 上に集中させる。GLV 5 0 は、第 1 像平面 6 0 内に配置される。ディスプレイ電子機器 4 4 は GLV 5 0 を制御する。GLV 5 0 はレーザーイルミネーションを変調し、ピクセルの線形配列（アレイ）に関して反射光又は回折光を形成する。シリーレン光学機器 5 2 は、反射光を回折光から分離し、シリーレン光学機器 5 2 を通すために少なくともプラス 1 及びマイナス 1 の回折オーダー（order）を可能にする。

#### 【 0 0 1 9 】

シリーレン光学機器は、波面変調器 5 4 において列イメージ幅を有する列イメージを形成する。波面変調器 5 4 は、第 2 像平面に配置される。波面変調器 5 4 は、列イメージ幅を横切って位相を変調する。ディスプレイ電子機器 4 4 は、投影及び走査光学機器 5 6 の走査鏡を駆動する。投影及び走査光学機器 5 6 は列イメージをディスプレイスクリーン 5 8 上に投影し、ディスプレイスクリーン 5 8 上に 2 次元像を形成するためにディスプレイスクリーン 5 8 を横切って列イメージを走査する。ディスプレイスクリーン 5 8 は第 3 像平面 6 4 に配置される。

#### 【 0 0 2 0 】

波面変調器 5 4 は、ディスプレイスクリーン 5 8 において列イメージ幅を横切って位相を変化させる。列イメージ幅でディスプレイスクリーン 5 8 を横切って走査するにつれて位相が変化し、従って時間経過と共に多数のスペックルパターンを発生させる。多数のスペックルパターンを見る人の目又は光学システムの光強度検出器はスペックルの低減を検出する。

#### 【 0 0 2 1 】

本発明のディスプレイ光学機器 4 2 は、図 4 及び 5 にさらに例示される。図 4 はディスプレイ光学機器 4 2 の平面図を示す。図 5 はディスプレイ光学機器 4 2 の立面図を例示し、ディスプレイ光学機器 4 2 は光軸 7 0 に沿って展開される。レーザー 4 6 はレーザーイルミネーション 7 2 を発（放出）する。イルミネーション光学機器 4 8 は拡散レンズ 7 4 、視準レンズ 7 6 及び円柱レンズ 7 8 から成る。イルミネーション光学機器 4 8 は、焦点幅を有する焦点ラインの形で GLV 5 0 上にレーザーイルミネーション 7 2 の焦点を合わせる。図 4 は、入射角 45° で GLV 5 0 を照射するレーザーイルミネーション 7 2 を例示していることに留意すべきである。理想的には入射角度は最少にし、レーザーイルミネーション 7 2 で GLV 5 0 を照射するのを可能にすると同時に反射及び回折した光がシリーレン光学機器 5 2 に達し得るようにすることである。GLV 5 0 を照射するために他の光学機器系が用いられることは当業者には容易に分かるであろう。本発明の各レンズの描写は単一構成成分のレンズに限らず、また任意の所与のレンズが複合レンズ又は反射による光学素子で置き換えられ得ることも同様に当業者には容易に分かるであろう。

#### 【 0 0 2 2 】

GLV 5 0 は焦点ラインに沿ってピクセルの線形配列としてレーザーイルミネーション 7 2 を変調し、各ピクセルにつき回折次数プラス 1 及びマイナス 1 、D<sub>+1</sub> 及び D<sub>-1</sub> を含む、反射された光 R 又は回折された光を形成する。ここで GLV 5 0 は、1080 ピクセルの線形配列を発生させることが好ましい。あるいは、GLV 5 0 は、1080 を越えるか又はそれ未満のピクセルを発生させる。図 5 は、反射された光と 2 つのピクセルにつき回折次数プラス 1 及びマイナス 1 、D<sub>+1</sub> 及び D<sub>-1</sub> を図解のために例示する。所与のピクセルが光りを反射するように変調されるならば、反射された光 R が現れ、回折次数プラス 1 及びマイナス 1 、D<sub>+1</sub> 及び D<sub>-1</sub> は現れないであろう。あるいは、所与のピクセルが光を回折するように変調されるならば、回折次数プラス 1 及びマイナス 1 、D<sub>+1</sub> 及び D<sub>-1</sub> が現れ、反射された光 R は現れないであろう。場合によっては、結果的に生じる像内にグレースケール効果を与える、結果的に生じる像内の所与のピクセル輝度を低減させるためには、反射された光及び回折次数プラス 1 及びマイナス 1 、D<sub>+1</sub> 及び D<sub>-1</sub> を発生させるように所与のピクセルを変調するのが望ましい。

#### 【 0 0 2 3 】

シリーレン光学機器 5 2 は、第 1 及び第 2 レンズ 8 2 及び 8 4 間に配置されるシリーレン絞り 8 0 を含む。シリーレン絞り 8 0 は、反射された光 R を止めて、回折次数プラス 1 及びマイナス 1、D<sub>+</sub> 1 及び D<sub>-</sub> 1 がシリーレン絞り 8 0 を通過するのを可能にする。シリーレン絞り 8 0 は第 1 変換平面 8 5 に配置されるのが望ましい。あるいは、シリーレン絞り 8 0 は第 1 変換平面 8 5 に近接して配置される。

#### 【 0 0 2 4 】

第 1 及び第 2 リレー（中継）レンズ 8 2 及び 8 4 は、波面変調器 5 4 内にあることが望ましい第 2 像平面 6 2 内の列イメージとして、ピクセルの線形配列の像を作る（映す）。あるいは、第 2 像平面 6 2 は波面変調器 5 4 に近接させる。暗及び明ピクセルは列イメージを構成する。暗ピクセルは、反射される光 R を与えるように変調される GLV 5 0 におけるピクセルに相当する。明ピクセルは、回折次数プラス 1 及びマイナス 1、D<sub>+</sub> 1 及び D<sub>-</sub> 1 を含む、回折される光を与えるために変調される GLV 5 0 におけるピクセルに相当する。

#### 【 0 0 2 5 】

波面変調器 5 4 は、波面変調器 5 4 における列イメージ幅を横切る波面の空間位相の変動を形成する。レーザーイルミネーション 7 2 の波長に対して空間位相の変動は 0 及び 2 ラジアン間にあることが望ましい。空間位相の変動は波面変調器 5 4 においては列イメージ幅未満であるが、投影及び走査光学機器 5 6 の最小サイズ分解能と等しいか又はそれより大きい周期を有することが望ましい。波面変調器 5 4 は、列イメージに対して少なくとも部分的に直角な格子形状（側面）を有する透過性回折格子から成るのが望ましい。あるいは、波面変調器 5 4 は、列イメージに対して少なくとも部分的に直角な格子形状を有する反射性回折格子から成る。反射性回折格子を用いることで、反射性回折格子を考慮するディスプレイ光学機器 4 2 の再配列を要することは当業者には容易に分かるであろう。高さが変化するランダムな形状が、列イメージ幅を横切って波面の空間位相の変動を生じさせるために格子形状の代わりに用いられ得ることも同様に当業者には容易に分かるであろう。

#### 【 0 0 2 6 】

投影及び走査光学機器 5 6 は、投影レンズ 8 6 及び走査鏡 8 8 から成る。投影レンズ 8 6 は、走査鏡 8 8 を介してディスプレイスクリーン 5 8 上に列イメージ 9 0 を投影する。同様に投影レンズ 8 6 は、ディスプレイスクリーン 5 8 上の列イメージ幅 9 2 を横切って空間位相の変動を有する波面を修整する。走査鏡 8 8 は第 2 変換平面 9 4 の周りに配置されるのが望ましい。

#### 【 0 0 2 7 】

走査鏡 8 8 は、第 1 走査運動 A と共に移動し、従って第 2 走査運動 B と共にディスプレイスクリーン 5 8 を横切って列イメージ 9 0 を走査する。望ましくは、第 1 走査運動 A は鋸歯状走査運動であり、そこでは走査サイクルの第 1 部分はディスプレイスクリーン 5 8 を照射し、走査サイクルの第 2 部分は走査鏡 8 8 を走査サイクルの初めに戻す。ディスプレイスクリーン 5 8 を横切って列イメージを反復走査することによって 2 次元像がディスプレイスクリーン 5 8 上に形成される。ディスプレイスクリーン 5 8 を横切って列イメージ 9 0 を走査するために他の走査運動が用いられ得ることは当業者には容易に分かるであろう。同様にゼロの光学パワーを有する対物走査装置のような透過性走査装置で走査鏡 8 8 を置き換えることは当業者には容易に分かるであろう。

#### 【 0 0 2 8 】

列イメージ 9 0 がディスプレイスクリーン 5 8 を横切って走査するにつれて、GLV 5 0 はピクセルの線形配列を変調し、従ってピクセル矩形配列から構成される 2 次元像を発生させる。高解像度テレビ（HDTV）フォーマットに関しては、列イメージ 9 0 がディスプレイスクリーン 5 8 を横切って走査するにつれて GLV 5 0 は 1920 回変調する。従って、GLV 5 0 は、HDTV フォーマット用の 2 次元像を形成する、 $1920 \times 1080$  の矩形配列を発生させるのが望ましい。他の映像フォーマットに関しては、他のどの映像フォーマットが表示されるかに依存して、列イメージ 9 0 がディスプレイスクリー

ン5 8 を横切って走査するにつれて、G L V 5 0 は 1 9 2 0 を越えるか又はそれ未満の回数の変調を行う。

#### 【 0 0 2 9 】

列イメージ幅 9 2 で ディスプレイスクリーン 5 8 を横切って走査するにつれて、空間位相の変動を有する波面は時間と共に多数のスペックルパターンを発生させる。当該多重スペックルパターンは目又は光学システムの光強度検出器によって検出されるスペックルを低減させる。

#### 【 0 0 3 0 】

図 3、4 及び 5 に描写された ディスプレイ光学機器は単色像を発生させる。カラーディスプレイ光学機器は、ディスプレイ光学機器 4 2、2 つの追加レーザー、2 つの追加イルミネーション光学機器、2 つの追加 G L V 及び 2 色性フィルタ群から成る。カラーディスプレイ光学機器では、赤、緑及び青レーザーは 3 つの G L V を照射し、ピクセルの赤、緑及び青線形配列を発生させる。2 色性フィルタ群は 3 つの G L V から反射及び回折された光を結合し、反射及び回折された光をシリーレン光学機器 5 2 に方向づける。波面変調器 5 4 は、波面変調器 5 4 及びその結果として ディスプレイスクリーン 5 8 において赤、緑及び青波面に対して 列イメージ幅 9 2 を横切って位相を変化させる。カラーディスプレイ光学機器に関しては、列イメージ幅 9 2 を横切る 空間位相の変動は、赤、緑及び青レーザーイルミネーションの 1 つ（例えば、緑レーザーイルミネーション）に対して最適振幅又は関係する波長の特殊な平均である波長を有するのが望ましい。列イメージ 9 0 が ディスプレイスクリーン 5 8 を横切って走査されるにつれて、赤、緑及び青波面は、時間経過と共に多数のスペックルパターンを発生させ、従って、カラーディスプレイ光学機器内のスペックルを低減させる。その代わりに、カラーカラーディスプレイ光学機器では、2 色性フィルタ群は、单一 G L V を連続的に照射するために赤、緑及び青レーザーイルミネーションを結合させる。

#### 【 0 0 3 1 】

望ましい波面変調器 5 4 A は図 6 A 及び 6 B に例示される。望ましい波面変調器 5 4 A は、幅、高さ及び厚さ 1 0 6、1 0 8 及び 1 0 9 並びに格子形状 1 1 0 を有する透過性格子から成る。好ましい波面変調器 5 4 A において 2 5 . 5  $\mu\text{m}$  の列イメージ幅を有する 2 7 . 5 mm の列イメージに対する便利な取扱サイズ及び冗長性を与えるために、幅 1 0 6 は約 4 mm、高さ 1 0 8 は約 3 5 mm 及び厚さ 1 0 9 は約 1 mm であることが望ましい。あるいは、高さ 1 0 8 及び幅 1 0 6 は、少なくとも列イメージのサイズになるように選択され、また好ましい波面変調器 5 4 A における列ライン幅及び厚さ 1 0 9 は、少なくとも十分な取扱構造を与えるものになるように選択される。例示の目的のために図 6 A 及び 6 B は現実のものより遙かに大きくされたものとして格子形状 1 1 0 を描写していることに留意すべきである。

#### 【 0 0 3 2 】

格子形状 1 1 0 は、高さ 1 0 8 に対して角度 C を形成し、2 7 . 5 mm の列イメージに平行である。格子形状 1 1 0 は、好ましい波面変調器 5 4 A において 2 7 . 5 mm の列イメージに対して少なくとも部分的に直交し、従って角度 C は 9 0 ° ではない。望ましくは、ディスプレイ光学機器 4 2（図 4 及び 5 ）の投影レンズ 8 6 及び走査鏡 8 8 に対する光学的処理量を最適化するために角度 C は約 4 5 ° である。4 5 ° の角度は、ディスプレイスクリーン 5 8 において 列イメージ幅 9 2 を横切る 空間位相の変動を与え、同時に第 2 変換平面 9 4（図 4 及び 5 ）の回りに配置される、走査鏡 8 8 における光学的足跡を最小にする。格子形状 1 1 0、角度 C、投影レンズ 8 6 及び走査鏡 8 8 は、ディスプレイ光学機器 4 2（図 4、5、6 A 及び 6 B ）の相互に関係のあるサブシステムを形成する。相互に関係のあるサブシステムは、異なった格子形状、角度 C に対する 4 5 ° 以外の角度、異なる投影レンズ及び異なる走査鏡を用いて最適化され得ることは当業者には容易に分かるであろう。

#### 【 0 0 3 3 】

図 6 C は、格子形状 1 1 0 をさらに例示する。格子形状 1 1 0 は 2 ピッチ格子形状から

成る。投影レンズ 8 6 が  $f/2.5$  の速度を有する、融解石英 (532 nm 光に対し  $1.4$  屈折率を有する) の格子材料、好ましい波面変調器 5 4 A における  $25.5 \mu m$  の列イメージ幅の格子材料及び相互に関係するサブシステムに対して最適化された好ましい格子形状を以下に示す。

## 【0034】

図 6 C 基準	寸法
D	$4 \mu m$
E	$3.5$
F	$2$
G	$8.5$
H	$578 nm$

## 【0035】

寸法 H は、 $H = / [ 2 ( n - 1 ) ]$  によって決定され、ここでは  $n$  は光波長であり、n は格子材料に関する屈折率である。好ましい格子形状により、走査鏡 8 8 がディスプレイ光学機器 4 2 (図 4 及び 5) の第 2 変換平面 9 4 の回りに配置された矩形鏡から成る、相互に関係するサブシステムに対する光学的足跡が最適化される。

## 【0036】

好ましい波面変調器 5 4 A は写真平版パターンを溶解石英に食刻することによって製造されるのが望ましい。好ましい波面変調器 5 4 A はむしろ反射防止膜を含む。好ましい反射防止膜は 400 - 700 nm BAR (プロードバンド反射防止性) 膜である。

## 【0037】

既に述べたように、列イメージ幅 9 2 でディスプレイスクリーン 5 8 を走査するにつれて空間位相の変動を有する波面は時間と共に多数のスペックルパターンを発生させる。目で検出されると、当該多重スペックルパターンにより、本発明のスペックル低減係数(率)だけスペックルが低減する。

## 【0038】

本発明のスペックル低減係数は下式で与えられる。

## 【0039】

$$\text{スペックル低減係数} = (1 + p_{\text{proj}_2} / e_{\text{ye}})^{1/2} / (1 + p_{\text{proj}_1} / e_{\text{ye}})^{1/2}$$

ここで、 $p_{\text{proj}_1}$  = 走査方向で、投影された光によって境界づけられた、投影された第 1 平面角度であり、波面変調器 5 4 のないディスプレイ光学機器 4 2 に対するものである

$p_{\text{proj}_2}$  = 走査方向で、投影された光によって境界づけられた、投影された第 2 平面角度であり、波面変調器 5 4 を伴うディスプレイ光学機器 4 2 に対するものである

$e_{\text{ye}}$  = 目によって境界づけられて見られた平面角度である

## 【0040】

波面変調器 5 4 をディスプレイ光学機器 4 2 に含めることによって、投影された第 1 平面角度  $p_{\text{proj}_1}$  は投影された第 2 平面角度  $p_{\text{proj}_2}$  にまで増大する。投影及び走査光学機器 5 6 の投影射出瞳を最大化するように波面変調器 5 4 を設計することによって、本発明のスペックル低減係数は最大化される。

## 【0041】

スペックル低減係数により本発明の総合的スペックル低減が評価されるが、列イメージ幅 9 2 がディスプレイスクリーン 5 8 を横切って走査されるにつれて、列イメージ幅 9 2 に対してスペックルがどのように低減されるかを理解することは有用である。

## 【0042】

列イメージ幅 9 2 でディスプレイスクリーン 5 8 上の各ピクセルを横切って走査するにつれて、多重スペックルパターンが発生する。それは光波関数  $t_{\text{tot}}(x, t)$  が時間と共に変わるものである。即ち、

$t_{total}(x, t) = screen(x) + beam(x - vt)$

ここで、 $screen$  = 静止ディスプレイスクリーン光波関数  
 $beam$  = 移動ビームを構成する変動光波関数  
 $x$  = 走査方向に沿ったディスプレイスクリーン 58 上の位置  
 $v$  = 列イメージ幅 92 の走査速度

## 【0043】

走査動作が速く、1ピクセルを横切るのに  $10 \mu s$  未満なので目は多重スペックルパターンの平均を見る。

## 【0044】

例示的な1例では、第1、第2、第3及び第4の散乱領域及び2段階波面輪郭によって、多重パターンがどんな風に形成されるかが図7A及び7Bに図式的に示される。図7Aから始まり、初期時間  $t_1$  におけるディスプレイスクリーン 58 上の散乱領域、150、152、154及び156が示され、2段階波面輪郭 158 が第1、第2及び第3散乱領域 150、152及び154を照射し、2段階波面輪郭 158 が観察者の目で見られる。

## 【0045】

観察者の目で見られる光を記述する第1光波関数 ( $t_1$ ) が下式で与えられる。

## 【0046】

$$(t_1) = A_1 e^{i\phi_1} + A_2 e^{i\phi_2} + A_3 e^{i\phi_3} + \dots$$

ここで、 $A_1$  = 第1散乱領域 150 から拡散反射する光の第1振幅

$A_2$  = 第2散乱領域 152 から拡散反射する光の第2振幅

$A_3$  = 第3散乱領域 154 から拡散反射する光の第3振幅

$\phi_1$  = 第1散乱領域 150 から拡散反射する光の第1位相

$\phi_2$  = 第2散乱領域 152 から拡散反射する光の第2位相

$\phi_3$  = 第3散乱領域 154 から拡散反射する光の第3位相

## 【0047】

例示的例に関して、 $\phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = 0$  と仮定すると、光波関数 ( $t_1$ ) は下式で与えられる。

## 【0048】

$$(t_1) = A_1 + A_2 + A_3$$

これは光強度を導き、第1光波関数 ( $t_1$ ) に対する第1光強度  $I(t_1)$  は下式で与えられる。

## 【0049】

$$I(t_1) = (t_1)^2 = A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 - 2A_1A_2 - 2A_1A_3 + 2A_2A_3$$

図7Bは、その後の時間  $t_2$  におけるディスプレイスクリーン 58 上の2段階波面輪郭 158 を図式的に描写し、そこでは2段階波面輪郭 158 が第2、第3及び第4散乱領域 152、154及び156を照射する。

## 【0050】

観察者の目で見られる光を記述する第2光波関数 ( $t_2$ ) は下式で与えられる。

## 【0051】

$$(t_2) = A_2 e^{i\phi_2} + A_3 e^{i\phi_3} + A_4 e^{i\phi_4}$$

ここで、 $A_4$  = 第3散乱領域 156 から拡散反射する光の第3振幅

$\phi_4$  = 第4散乱領域 156 から拡散反射する光の第4振幅

## 【0052】

例示的例に関して、 $\phi_2 = \phi_3 = \phi_4 = 0$  と仮定すると、光波関数 ( $t_2$ ) は下式で与えられる。

## 【0053】

$$(t_2) = A_2 + A_3 + A_4$$

これは第2光波関数 ( $t_2$ ) に対する、下式で与えられる第2光強度  $I(t_2)$  を導く。

## 【 0 0 5 4 】

$$I(t_2) = (t_2)^2 = A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 - 2A_2A_3 - 2A_2A_4 + 2A_3A_4$$

4

## 【 0 0 5 5 】

初期時間( $t_1$ )と、その後の時間( $t_2$ )との時間差は観察者の目に対する統合時間より遙かに小さいので、観察者の目は第1及び第2光強度 $I(t_1)$ 及び $I(t_2)$ の平均を取る。特に、第1及び第2光強度 $I(t_1)$ 及び $I(t_2)$ の比較により、第1光強度 $I(t_1)$ の第1交差項(+ $2A_2A_3$ )が第2光強度 $I(t_2)$ の第2交差項(- $2A_2A_3$ )によって相殺されることが示される。観察者の目で見られるスペックルを低減させるのは交差項のこの相殺である。

## 【 0 0 5 6 】

本発明の第1代替ディスプレイ光学機器は、反射性光弁の線形配列を用いる。図4及び5を参照すると、そんなシステムはGLV50を反射性光弁の線形配列で置き換えるのでシリーレン絞り80を用いないであろう。第1の代替ディスプレイ光学機器では、第1中継レンズ82以外の方向へレーザーイルミネーションを反射させることによって特殊な反射性光弁が暗ピクセルを発生させる。第1代替ディスプレイ光学機器では、レーザーイルミネーションを第1中継レンズ82へ反射させることによって特殊な反射性光弁が明ピクセルを発生させる。

## 【 0 0 5 7 】

本発明の第2代替ディスプレイ光学機器は、透過性光弁の線形配列を用いる。図4及び5を参照すると、そんなシステムはGLV50を透過性光弁の線形配列で置き換えるのでシリーレン絞り80を用いないであろう。第2の代替ディスプレイ光学機器では、第1中継レンズ82へレーザーイルミネーションを透過させないことによって特殊な透過性光弁が暗ピクセルを発生させる。第2代替ディスプレイ光学機器では、レーザーイルミネーションを第1中継レンズ82へ透過させることによって特殊な透過性光弁が明ピクセルを発生させる。

## 【 0 0 5 8 】

本発明の第3代替ディスプレイ光学機器は、シリーレン光学機器を反射性シリーレン光学機器で置き換える。反射性シリーレン光学機器はオフナー(Offner)リレーを用いるのが望ましい。オフナーリレーは、凸面鏡及び凹面鏡を含む。凸面鏡は矩形スリットを含む。反射された光R及び、回折次数プラス1及びマイナス1、 $D_{+1}$ 及び $D_{-1}$ を含む、回折された光は凸面鏡から凹面鏡へ反射する。反射された光Rは矩形スリットを通過する。回折次数プラス1及びマイナス1、 $D_{+1}$ 及び $D_{-1}$ は凸面鏡から凹面鏡へ逆反射する。続いて、凹面鏡は回折次数プラス1及びマイナス1、 $D_{+1}$ 及び $D_{-1}$ を波面変調器54へ反射する。

## 【 0 0 5 9 】

代わりの波面変調器が図8に例示される。代替波面変調器54Bは、第1及び第2格子表面、136及び138、並びに同調(調整)表面139から成る。第2格子表面138は、ライン140を軸にして第1格子表面の鏡像をなす。同調表面139は、ディスプレイ光学機器42(図4、5及び8)の初期整列(調整)のために用いられる平坦な表面から成る。ディスプレイ光学機器42の初期整列では、代替波面変調器54Bの光学的厚さを明らかにするようにディスプレイ光学機器42を調整するために列イメージ90が同調表面139に又はその近くに集中される。初期整列後、波面を横切って空間位相の変動を発生させるために第1又は第2格子表面、136又は138が選択される。このように、第1又は第2格子表面、136又は138のよりよい像品質(図4、5及び8)を与えるどちらかを選択することによって後続の光学機器の光学的欠点が最小にされる。

## 【 0 0 6 0 】

好み格子形状を有する好み波面変調器54Aの性能を評価するために2つの試験が行われた。第1試験では、波面変調器は存在しなかった。同試験ではコントラストは44%であることが分かった。第2試験では、好み波面変調器54Aが存在した。同

試験では、コントラストは20%であることが分かった。従って、2.2のスペックル低減係数(N')が好ましい波面変調器54Aによって生じた。

【0061】

本発明のディスプレイシステム40に関して本発明は記載されているが、本発明はレーザーによって発生したラインイルミネーションを拡散表面を横切って走査させる任意のレーザー照射されたシステムにおいてレーザースペックルを低減させるのに適している。

【0062】

添付された請求の範囲によって限定される本発明の趣旨及び範囲から逸脱することなく好ましい実施形態に各種の修整がなされ得ることは当業者には容易に分かるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、先行技術のレーザースペックルを示す装置を例示する。

【図2】

図2は、先行技術の典型的なレーザースペックルパターンの写真である。

【図3】

図3は、本発明のディスプレイ装置を図式的に例示する。

【図4】

図4は、本発明のディスプレイ光学機器系の平面図を例示する。

【図5】

図5A及び5Bは、光軸に沿って展開された本発明のディスプレイ光学機器系の立面図を例示する。

【図6】

図6A、6B及び6Cは本発明の望ましい波面変調器を例示する。

【図7】

図7A及び7Bは、列イメージが本発明のディスプレイスクリーンを横切って走査されるつれて進行する波面を例示する。

【図8】

図8は、本発明の代わりの波面変調器を例示する。