

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5015959号
(P5015959)

(45) 発行日 平成24年9月5日 (2012.9.5)

(24) 登録日 平成24年6月15日 (2012.6.15)

(51) Int. Cl.	F I
GO3H 1/22 (2006.01)	GO3H 1/22
GO2B 26/00 (2006.01)	GO2B 26/00
GO2B 5/08 (2006.01)	GO2B 5/08 Z
GO3B 21/00 (2006.01)	GO3B 21/00 F

請求項の数 27 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2008-550877 (P2008-550877)	(73) 特許権者	507230267
(86) (22) 出願日	平成19年1月15日 (2007.1.15)		シーリアル テクノロジーズ ソシエテ
(65) 公表番号	特表2009-524096 (P2009-524096A)		アノニム
(43) 公表日	平成21年6月25日 (2009.6.25)		SEEREAL TECHNOLOGIE
(86) 国際出願番号	PCT/IB2007/001478		S S. A.
(87) 国際公開番号	W02007/099458		ルクセンブルグ大公国 ムンスバッハ エ
(87) 国際公開日	平成19年9月7日 (2007.9.7)		ルー5365, パルク ダクティヴィテ
審査請求日	平成21年12月1日 (2009.12.1)		シルダール, 6 ビー
(31) 優先権主張番号	102006004301.4	(74) 代理人	100076428
(32) 優先日	平成18年1月20日 (2006.1.20)		弁理士 大塚 康德
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 再構成空間拡大用ホログラフィック投影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

再構成シーン用の再構成空間 (1 8) の大きさを拡大するために、ミラーエレメント (3) のアレイを有する少なくとも 1 つの波面形成装置 (2 、 2 R 、 2 G 、 2 B) を備えたミラーエレメントのマトリクスを有するホログラフィック投影装置であって、

前記ミラーエレメント (3) は各々少なくとも 1 つのアクチュエータ (4) を有し、
前記ミラーエレメント (3) は、位相シフトが行われるように、前記少なくとも 1 つのアクチュエータ (4) の助けによって少なくとも 1 つの方向に動かされることができ、それによって波面 (W) を直接形成して前記再構成シーンを表示し、

観察者の平面 (1 6) にある少なくとも 1 つの観察者用仮想ウィンドウ (1 5 、 1 5 R 、 1 5 L 、 2 8 L) の中へ前記波面 (1 2 、 1 2 R 、 1 2 G 、 1 2 B 、 1 2 L) を結像させる光学システム (9) をさらに備えることを特徴とするホログラフィック投影装置。

【請求項 2】

前記波面形成装置 (2 、 2 R 、 2 G 、 2 B) の前記ミラーエレメント (3) はマイクロミラーであることを特徴とする請求項 1 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 3】

前記ミラーエレメント (3) は、光の位相を変調するためにチルトまたは軸方向に変位することができる

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 4】

前記ミラーエレメント (3) は、予め定められた再構成空間 (18) において前記シーンを再構成するためにチルトすることができる

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 5】

前記光学システム (9) は、スクリーン (11) と少なくとも 1 つの結像手段 (10、24) とを備える

ことを特徴とする請求項 1 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 6】

1 次元波面形成装置 (2、2R、2G、2B) を備える

ことを特徴とする請求項 1 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 7】

2 次元波面 (14) を生成するための、前記波面形成装置 (2、2R、2G、2B) に対して 90 度の角度で光偏向を行う偏向エレメント (13) を備える

ことを特徴とする請求項 6 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 8】

前記偏向エレメント (13) は、少なくとも 1 つの光源 (8、8R、8G、8B) と前記波面形成装置 (2、2R、2G、2B) との間に配置される

ことを特徴とする請求項 7 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 9】

前記観察者の平面 (16) における少なくとも 1 人の観察者の目の位置を検出するために位置検出システム (22) を備える

ことを特徴とする請求項 1 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 10】

前記目の位置に従って少なくとも 1 つの観察者用ウィンドウ (15、15R、15L、28L) を追跡する少なくとも 1 つの偏向手段 (23) を備える

ことを特徴とする請求項 9 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 11】

複数の観察者用の前記観察者用ウィンドウ (11、11R、11L、24R、24L、28R、28L) を前記観察者のそれぞれの前記目の位置に従って追跡するために、観察者ごとに 1 つの偏向手段 (23) と、すべての偏向手段 (23) に共通の 1 つの視準用レンチキュラ (24) と、共通の集束エレメント (30) とが光の伝播方向に見て連続的に配置される

ことを特徴とする請求項 10 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 12】

前記偏向手段 (23) はミラーである

ことを特徴とする請求項 10 又は請求項 11 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 13】

前記シーンをカラー再構成するために、ビームスプリッタ・エレメント (21) が光の伝播方向に見て前記結像手段 (10、24) の正面に配置されるか、または、前記スクリーン (11) はミラー、特に凹面ミラーである

ことを特徴とする請求項 5 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 14】

収差を減少させることを目的とする光路においてレンズエレメント (19、20) を備える

ことを特徴とする請求項 1 に記載のホログラフィック投影装置。

【請求項 15】

再構成シーンを観察するための再構成空間の大きさを拡大する方法であって、

少なくとも 1 つの光源が十分にコヒーレントな光を放射し、

10

20

30

40

50

前記十分にコヒーレントな光はスクリーン（１１）上で結像し、

少なくとも１つの波面形成装置（２、２Ｒ、２Ｇ、２Ｂ）の少なくとも１つのミラーエレメント（３）が少なくとも１つのアクチュエータ（４）によって動かされて、入射光を形成するために位相シフトを実行するようにし、その結果、前記再構成シーンに従って波面（Ｗ）を直接形成し、

前記波面（Ｗ）は、前記光源（８、８Ｒ、８Ｇ、８Ｂ）から発せられ、観察者の平面（１６）にある観察者用仮想ウィンドウ（１５、１５Ｒ、１５Ｌ、２８Ｌ）の中へ結像することを特徴とする方法。

【請求項１６】

前記ミラーエレメント（３）は前記光の前記位相を変調するためにチルトまたは軸方向に変位される

ことを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項１７】

前記ミラーエレメント（３）がチルトされると、前記十分にコヒーレントな光の前記波面（Ｗ）は局所的に導かれるか、または、前記シーンはゼロ番目の回折次数で再構成される

ことを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項１８】

光学システム（９）が前記形成済み波面（１２、１２Ｒ、１２Ｌ、２７Ｌ）を前記観察者用仮想ウィンドウ（１５、１５Ｒ、１５Ｌ、２８Ｌ）の中へ結像させ、

前記光学システム（９）の少なくとも１つの結像手段（１０、２４）が前記形成済み波面（１２、１２Ｒ、１２Ｌ、２７Ｌ）のフーリエ変換をスクリーン（１１）上の該波面の画像側焦面（１７）の中へ結像させる

ことを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項１９】

位置検出システム（２２）が前記再構成シーンを観察する少なくとも１人の観察者の目の位置を検出する

ことを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項２０】

前記観察者用仮想ウィンドウ（１５、１５Ｒ、１５Ｌ、２８Ｌ）は、前記観察者の目の前記検出された位置に従って追跡される

ことを特徴とする請求項１９に記載の方法。

【請求項２１】

少なくとも１つの偏向手段（２３）が、前記観察者の平面（１６）における前記観察者用仮想ウィンドウ（１５、１５Ｒ、１５Ｌ、２８Ｌ）を追跡する

ことを特徴とする請求項２０に記載の方法。

【請求項２２】

２人以上の観察者のために、ただ１つの波面形成装置（２、２Ｒ、２Ｇ、２Ｂ）が前記観察者のすべての左眼用として用いられ、そして、前記観察者のすべての右眼用として１つの波面形成装置が用いられ、複数の光源（８）が、光を異なる入射角で前記ミラーエレメント（３）へ向ける

ことを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項２３】

偏向エレメント（１３）が、１次元波面形成装置（２、２Ｒ、２Ｇ、２Ｂ）により形成される１次元波面（１２、１２Ｒ、１２Ｌ、２７Ｌ）から２次元波面（１４、１４Ｒ、１４Ｌ、２９Ｌ）を生成する

ことを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項２４】

前記シーンのカラー再構成は、ビームスプリッタ・エレメント（２１）の助けによって３原色に対して同時に行われる

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項 15 に記載の方法。

【請求項 25】

前記シーンの前記同時のカラー再構成は 3 つの波面形成装置 (2R、2G、2B) の助けによって達成され、前記ビームスプリッタ・エレメント (21) は、前記 3 つの波面形成装置 (2R、2G、2B) により形成される 3 つの個々の波面 (12R、12G、12B) を再合成する

ことを特徴とする請求項 24 に記載の方法。

【請求項 26】

前記シーンのカラー再構成は、前記 3 原色に対して順次行われる

ことを特徴とする請求項 15 に記載の方法。

10

【請求項 27】

前記シーンの前記順次のカラー再構成は、少なくとも 1 つの波面形成装置 (2) の助けによって達成される

ことを特徴とする請求項 26 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ミラーエレメントのアレイを含むホログラフィック投影装置に関する。本発明はさらに、再構成された、好適には 3 次元シーンを観察するための再構成空間の大きさを拡大する方法に関するものであり、この再構成空間では、少なくとも 1 つの光源を備えた照明装置が十分にコヒーレントな光を放射する。

20

【背景技術】

【0002】

ホログラフィとは、波動光学による方法を用いてオブジェクトの 3 次元記録及び光学的表示を可能にするものである。ホログラフィック画像の再構成は、しばしば再構成と呼ばれ、コヒーレントな光によりホログラム保持媒体を照明することによってホログラムのタイプに応じて実現される。従来技術では、ホログラフィック投影装置の再構成空間又は視野角は特に 3 次元シーンを観察するには狭すぎる。

【0003】

通常、再構成は直接見られるものである。すなわち観察者は、コンピュータ生成ホログラム (CGH: Computer-Generated Hologram) を観察することになる。このコンピュータ生成ホログラム (CGH) は、ホログラム値に従って符号化された、規則的に配列された画素から構成されている。偏向の効果に起因して、CGH の再構成は 1 つの周期性間隔の範囲内でのみ達成可能となるが、この間隔は CGH の分解能により規定される。隣り合う周期性間隔において不規則性を示しながら再構成は通常反復して行われる。したがって、表示領域のサイズは分解能により制限を受けることになる。両眼でシーンを観ることができるように、ホログラムの分解能を実質的に高くして、少なくともある程度の視野角の拡大を図るようになる必要がある。

30

【0004】

オブジェクトのホログラフィによる再構成のための拡張された再構成空間及び広視野角を得るという目的は、したがって、多数の極めて小さな画素を有するホログラム保持媒体を必要とすることになる。これらの画素は可能なかぎり小さなものであることが望ましい。また、これら画素の光学特性は個別に制御可能であることが望ましい。画素間の非常に短い距離 (ピッチ) は分解能を記述するものであるが、この距離はアレイのためのコストのかかる製造工程を必要とするものである。

40

【0005】

CGH 用の記録媒体には、入射光の位相と振幅を変調する LCD、LCOS、音響光学変調器、OASLM 及び EASLM のような光変調器が含まれる。

【0006】

特許文献 1 には、例えば、ホログラフィック表示における視野角の拡大のための光変調

50

器を備えた装置についての記載がある。ホログラム用として使用される光変調器の分解能よりも高い分解能を持つ位相マスクが、光の伝播方向から見て光変調器の直ぐ後に配置されている。光変調器の個々の画素は位相マスクの4またはそれ以上のエレメントと関連づけられる。このため、位相マスクはより高い仮想分解能、したがって拡大された視野角を生成することになる。

【0007】

しかし、これらの利点は追加のノイズの代償として得られるものである。その理由として、位相マスクが個々のオブジェクトについて同じであって、かつ、分解能を上げると、値のランダムな分布が生じることが挙げられる。

【0008】

さらに、光変調用マイクロミラーを備えた光変調器が知られている。このような光変調器は入射光の振幅と位相との少なくともいずれかを変調するために用いられる。

【0009】

特許文献2には把持用ブラケットの4つの搬送アームに吊るされたマイクロミラーについての記載がある。このマイクロミラーは、設けられた電極へ電圧を供給することによって2つの軸に沿って移動することができる。画像の位相エラーを減らすために、又はこのエラーを最小化するためにマイクロミラーは軸方向に変位される。

【0010】

特許文献3には、入射光の振幅と位相の変調とを行うための光変調器についての記載がある。この光変調器はマイクロミラーを備え、個々のマイクロミラーと光変調器のベースプレートとの間に屈曲エレメントが存在する。この屈曲エレメントは、静電力が印加されると、ベースプレートに対して相対的にマイクロミラーをチルトさせる（傾ける）か、軸方向に変位させる。振幅変調の場合、光変調器のベースプレートに付けられたマイクロミラーと電極との間に電圧を供給することによって光変調器のマイクロミラーはチルトされる。電圧がベースプレート上の2つの電極に対して同時に供給されると、静電力がマイクロミラーの軸方向の動きを引き起こし、その結果、位相変調をもたらすことになる。

【0011】

再構成空間、したがって視野角は、画素数を増やすことによって、したがって、分解能を改善することによって、特許文献3により公知のものである光変調器を用いて専ら拡大することができる。さらに、前述の公報に記載がある光変調器は比較的大きなミラー（> 50 μm ）に適用される。

【特許文献1】WO 2005 105965 A2

【特許文献2】US 6,028,689

【特許文献3】公報CA 2 190 329 C

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

したがって、本発明の目的は、好適には、従来方式の装置と比較して光変調装置の画素数を増やすことなく、かつ、画素制御を可能なかぎり簡単に保ちながら、可能なかぎり広い再構成空間又は視野角において3次元シーンのホログラフィック表示を得るための方法及び装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

この目的は、再構成シーン用の再構成空間の大きさを拡大するために、ミラーエレメントのアレイを備える、波面を形成するための少なくとも1つの波面変調装置を提供することにより本発明による方法で解決される。その場合、ミラーエレメントは、少なくとも1つのアクチュエータを有し、さらに、ミラーエレメントは、位相シフトに影響を与えるような少なくとも1つのアクチュエータによって少なくとも1つの方向に動かすことが可能であり、それによって、再構成シーンを表示するために波面を直接変調することが可能であり、さらに、観察者の平面にある少なくとも1つの観察者用ウィンドウの中へ上記波面

10

20

30

40

50

を結像させるための光学システムが提供される。

【 0 0 1 4 】

本発明による装置は、入射波面の変調用ミラーエレメントを含む少なくとも1つの波面変調装置を備える。このように変調された波面の助けによって、シーンの再構成が可能となる。これら多数のミラーエレメントは波面変調装置に配置され、チルトされる（傾ける）か、軸方向に変位されるかの少なくともいずれかが行われて、専ら光の位相が変調される。これらのミラーエレメントは、波面を変調するために、チルトされるか、軸方向に変位されるか、あるいはこの双方が行われるかのいずれかを行うことができる。このようにして、ミラーエレメントの正確な位置決めが行われて、所望のように波面を変調することが可能となる。ミラーエレメントは入射波面の位相変調のためにチルトされ、軸方向に変位される。しかし、このことは、光の位相が変調されても、すべてのミラーエレメントがチルトされ、軸方向に変位される必要があるわけではないことを意味する。所望の波面に応じて、別のミラーエレメントが両方の動き、すなわちチルトと軸方向への変位とを行いながら、いくつかのミラーエレメントのみをチルトさせたり、いくつかのミラーエレメントを軸方向に変位させたりすることも可能である。再構成シーンを表示する際には、すべてのミラーエレメントが制御される。入射波面の位相が変調され、画定された領域（いわゆる再構成空間）においてシーンが再構成された場合、同時に、又は、次々に迅速にミラーエレメントがチルトされ、軸方向に変位される。シーンが変化するか、別のシーンが再構成される場合、波面変調装置のいくつかのミラーエレメント又はすべてのミラーエレメントの制御値は変更され、それによってミラーエレメントは、別のチルト位置及び別の軸方向に変位された位置をとるようになる。ミラーエレメントは、ミラーエレメント当たり少なくとも1つのアクチュエータによって、位置決めを行うことができるが、好適にはミラーエレメント当たり2つのアクチュエータによって位置決めを行うことが望ましい。こうすることによって、ミラーエレメントにヒットする平らな波面は3次元オブジェクトを表示する所定の機能に従って直接変調されるようになる。したがって、このように変調された波面は、観察者の平面にある観察者用仮想ウィンドウ上に結像し、そこで観察者は、再構成シーン、特に3次元シーンを視ることになる。

【 0 0 1 5 】

このようにして、位相変調に基づく他の光変調器（SLM）と比べて、所望の波面のさらに正確な位相再生が可能になる。本願において、高速フーリエ変換（FFT）の計算のために求められる計算能力が最小化され、その結果、リアルタイム表示のための時間の節減が生じるという利点がある。さらに、波面変調装置の画素数（ここではミラーエレメントの数）を増やすことなく、また、ミラーエレメントのアクチュエータを複雑に制御することなくホログラフィック投影装置が提供され、このホログラフィック投影装置は、波面の位相のさらに正確な再生を通じて、分解能を実質的に上げ、それによって、再構成空間又は視野角の大きさが拡大されるという利点がある。

【 0 0 1 6 】

周期的継続が通常発生するが、これはミラーエレメントのチルトと軸方向への変位との組み合わせによって回避される。

【 0 0 1 7 】

この場合アクチュエータがミラーエレメントの下に配置され、それによって、ミラーエレメントを相互に最小限の距離に配設できるようになるという理由により、高い充填比の達成をさらに容易に行うことが可能となる。充填比とは、波面変調装置の総サイズに対するミラー表面の感光領域の比率である。ミラーエレメントの高い充填比は、軸方向に変位された場合、ホログラフィック投影装置において用いられると、それによって周期的継続が明らかに抑制されるという利点がある。しかしながら、ミラーエレメントをチルトさせ、軸方向に変位させると、周期的継続が生じなくなり、コントラストが強くなる。

【 0 0 1 8 】

上述の従来技術による位相マスクはすべてのオブジェクトに対して同じであり、また、分解能が高くなると、値がランダムに分布されるという理由により、異なるオブジェクト

の符号化を行うとき、種々の強度のノイズが生じることになる。本発明は、固定位相マスクを採用するものではなく、個々のオブジェクトに対してミラーエレメントの制御を適合させ、それによってノイズを制御し、低減できるようにするものである。

【0019】

ミラーエレメントは、好適にはMEMS型マイクロミラー（マイクロ電気機械的システム）であることが望ましい。というのは、これらのミラーは高い精度で電氣的に位置決めを行うことが可能であり、そして、非常に迅速に動くことができるからである。さらに、ミラーエレメントは非常に小型であり、かつ、アクチュエータの集中制御電子装置は大部分がCMOS互換（互換相補型金属酸化膜半導体）である。さらにまた、マイクロミラーはほぼ90%以上の反射率 p を有する。この反射率は、従来使用されている液晶ベースの変調器の最大70%の反射率と比較されるものである。この90%以上という反射率は光損失がほとんど生じないことを意味する。

【0020】

本発明の実施形態では、波面変調装置はさらに1次元波面変調装置でもよく、2次元波面を生成するために偏向エレメントが提供される。この場合前記偏向エレメントは、1つの波面変調装置に対して垂直方向の光偏向を実現する。この実現のために、本発明による装置は偏向エレメント、好適には検流計スキャナ（ミラー検流計）又は光ビームの迅速な偏向を行うための多角形ミラーを備えることができる。これは、3次元シーンの再構成のために2次元波面を生成するためのものである。したがって、2次元波面は一連の1次元波面から構成されることになる。（1次元波面変調装置が垂直方向に構成されているか、水平方向に構成されているかに応じて）列又は行の1次元波面は、偏向エレメントの助けによってまとめて1列に並べられることになる。波面変調装置は、対応する行又は列の形で所望の波面を生成できるほど十分高速なものとなる。上記波面変調装置内の偏向エレメントの個々の位置は、例えば、3次元シーンのセクションと一致する。

【0021】

本発明の推奨実施形態では、特に、偏向エレメントは少なくとも1つの光源と波面変調装置との間に配置することができる。本発明による投影装置における偏向エレメントのこのような配置には、波面変調装置にヒットする波面がまだ符号化されていないために、2次元波面の生成エラーを広範に回避するか、又は、このエラーを最小化することができるという利点がある。

【0022】

広い観察領域において観察者用ウィンドウを利用可能にするために、観察者は、位置検出システムを用いて、再構成シーンを見ながら、観察者の平面における1人の観察者又は複数の観察者の目の位置を検出することができる。

【0023】

観察者が再構成シーンを見ている間、位置検出システムは1人の観察者又は複数の観察者の目の位置を追いつ、そして、観察者の目の位置の変化に従ってシーンを符号化する。これは、波面変調装置のミラーエレメントのチルトと軸方向への変位との少なくともいずれかを適宜行うことによって、再構成シーンの位置とコンテンツの少なくともいずれかを目の位置の変化に従って更新できるようにするのに特に利点となる。次いで、新たな目の位置に従って観察者用ウィンドウを追跡することが可能となる。

【0024】

少なくとも1つの偏向手段を好適に提供して、目の位置に合わせて観察者用ウィンドウの追跡を行うようにすることができる。このような偏向手段は、音響光学エレメントのような機械エレメント、電気エレメント、磁気エレメント又は光学エレメントであってもよい。

【0025】

本発明の方法の側面に関して、本発明の目的は、再構成シーンを観察するための再構成空間の大きさを拡大する方法によって解決される。このシーンは、光源により放射されるコヒーレントがスクリーン上へ結像し、ここで、少なくとも1つのアクチュエータによ

10

20

30

40

50

て、少なくとも1つの波面変調装置の少なくとも1つのミラーエレメントが動かされて、入射光を変調するために位相シフトを実行できるようにし、それによって、光源から発信し、観察者の平面にある再構成シーンに従って直接変調される波面を観察者用仮想ウィンドウの中へ結像させる。

【0026】

新規の方法によれば、十分にコヒーレントな光を放射する照明装置の光が、再構成空間又は視野角の大きさを拡大するために少なくとも1つの波面変調装置上へ向けられる。光はスクリーン上へ、好適にはミラー上へ結像する。波面変調装置のミラーエレメントは、ミラーエレメント当たり少なくとも1つの、好適には2つの制御可能なアクチュエータによって、チルトと軸方向への変位の少なくともいずれかを行うことにより入射光の変調を行う。少なくとも1つのミラーエレメントがこのように動かされて、ターゲット波面に応じて位相シフトを行うようにする。このようにして、ミラーエレメントは、オブジェクトから反射された後、平らな波面の形状を成すことになる。このとき、上記変調は、オブジェクトからの反射後、理想的波面近似になる。こうすることによって、波面への所望の近似が可能となる。すなわち、公知の位相変調光変調器の場合よりも正確な波面の位相再生を行うことが可能になる。次いで、この波面は、観察者の平面にある観察者用仮想ウィンドウの中へ好適に結像し、そこで、観察者は再構成シーンを2次元モード又は3次元モードで観察することになる。

【0027】

波面を直接変調する方法の利点として、ターゲット波面を変換してホログラムに変えるステップが不要になり、その結果、従来技術による解決方法により求められる計算能力を小さくすることができるようになるという点が挙げられる。2つのアクチュエータの助けによるミラーエレメントの制御によって、個々にミラーエレメントを $\pi/2$ よりも大きい分だけ、好適には 2π だけ変位させることが可能となる。ミラーエレメントのさらに大きなこの変位のお蔭で、分解能を仮想的に高くすることが可能となり、波面変調をさらに正確なものにすることが可能となる。その結果、さらに広い再構成空間又は視野角の達成が可能となる。この新規の方法により、少なくとも1人の観察者が観察する広い再構成空間又は視野角において真の奥行きを持つ3次元シーンの再構成が可能となる。

【0028】

本発明の好ましい実施形態によれば、ミラーエレメントをチルトさせることによってゼロ番目の回折次数でシーンをさらに再構成することができる。輝度はゼロ番目の回折次数で最大となるため、これは特に望ましいことである。

【0029】

本発明のさらなる実施形態が他の従属クレームにより規定される。本発明の実施形態について以下詳細に説明し、添付図面と関連して例示する。単色光を持つホログラフィック再構成に基づいて本発明の原理について説明する。しかし、当業者であれば、個々の実施形態の説明で示されるようなカラーホログラフィック再構成にも本発明を同様に適用できると思うであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

図1は、個々の画素が変調波と基準波との間の或る一定の位相差を単に表示する従来技術の位相変調光変調器によって変調された波面を示す。このような光変調器によって変調された波面は、座標系において一連の二乗機能として理想化された形で表すことができる。光変調器上の波面を示す座標は横座標にプロットされ、位相差モジュロ 2π が縦座標にプロットされる。したがって、0と 2π の間の範囲で位相変調が行われる。このような光変調器のみを用いることにより、波面走査方法に従って近似値を得ることが可能となる。この近似値の精度の向上を図るために光変調器のさらに高い分解能又はさらに多数の画素数が必要になる。近似値の精度が高ければ高いほど、再構成空間を広くすることができる。

【0031】

さらに正確な位相再生を達成するために、そして、それによって再構成空間又は視野角の大きさを拡大するために、本発明は、波面Wを変調するための、図2に図示のような波面変調装置2を備えるホログラフィック投影装置1を利用する。位相変調についての理解をさらに容易にするために、図2には、波面変調装置2のみが示されている。そして、ホログラフィック投影装置1全体は専ら図4aに示されている。したがって、この図2は専ら波面Wの変調を概略的に示すものである。この場合波面変調装置2は本実施形態では一次元形式のものとなる。位相変調波面変調装置2である波面変調装置2は、例えば、平らな反射面を有するミラーエレメント3を備え、該ミラーエレメントは、好適には例えばマイクロミラー、特にMEM（マイクロ電気機械的システム）であることが望ましい。ミラーエレメント3は他の任意の反射面を有することも可能であることは言うまでもない。これらのミラーエレメント3は個々の画素を表示し、少なくとも1つのアクチュエータ4（本願では2つのアクチュエータ4）と結合され、これら個々のアクチュエータは波面変調装置2の基板5とミラーエレメント3との間に配置される。ミラーエレメント3は、上記アクチュエータ4のそれぞれの制御によって少なくとも1つの軸線の周りにチルトされる（傾ける）か、軸方向に変位されるかの少なくともいずれかを行うことができる。ミラーエレメント3のチルト及び軸方向への変位は図2にはっきりと観察することができる。ミラーエレメント3はミラーエレメント3の反射面の高い充填比を達成するために互いに近接して配置されることが望ましい。ミラーエレメント3は、例えば、50 pmのピッチにおいて49 pmのサイズを有する。すなわち、高い充填比（本例では98%）を保持するために、隣り合う2つのミラーエレメント間の間隙は1 pmを超えないようにすることが望ましい。次に、波面変調装置2は、例えば、1次元波面変調装置では1×2000のミラーエレメントのような、あるいは、2次元波面変調装置では2000×2000のミラーエレメントのような多数のミラーエレメント3を波面Wの位相を変調するために備える。2次元波面変調装置において、ミラーエレメント3は2つの軸線の周りでチルトすることができる。特許文献3などの従来技術の公報によってすでに公知であるため、ミラーエレメント3及び該ミラーエレメントの制御装置についてのさらなる説明は省略する。

【0032】

波面変調装置2は、入射波面Wの位相変調のために照明装置（図示せず）の光源6により照明される。光源6により放射された波面Wは、図示のように、図2の段階1と2の平らな波面となる。矢印により示されるように、段階3においてこの平らな波面Wは波面変調装置2のミラーエレメント3にヒットし、そこで波面Wは変調され、次いで、チルトされ、軸方向に変位されたミラーエレメント3に従って、波面Wは反射される。これらのミラーエレメント3は、或るオブジェクトを表わす所定の機能に従って位置決めが行われる。段階4において、上記変調済み波面Wはミラーエレメント3から反射された後で表示される。このようにして、ミラーエレメント3は、或る一定の3次元シーンの再構成が可能となるように求められる平らな波面Wを成すことになる。

【0033】

図3は、チルト可能でかつ変位可能なミラーエレメント3により変調が行われた後の波面の位相曲線を示す図である。曲線のセクション3a、3b、3c、3dはミラーエレメント3の所望の位置と一致する。これによって、例示の曲線のセクション3bのように、表わされた位相関数曲線の形で、対応するミラーエレメント3のエンドポイントが2を超える位相差を持つことが可能となる。ミラーエレメント3のチルトと軸方向への変位との組み合わせのおかげで、所望の波面は、図1に図示のような波面変調装置を用いた場合に可能となるよりも高い精度でほぼ正確な近似を得ることが可能となる。これによって、分解能を仮想的に高めることができ、その結果、再構成空間又は視野角の大きさを拡大することが可能となる。

【0034】

ミラーエレメント3は、ミラーエレメント3にヒットする入射波面Wの位相変調のためにチルトされ、次いで軸方向に変位される。波面Wは、チルト可能で、かつ、軸方向に変位可能なミラーエレメント3を有するMEMにヒットすると、傾斜角に従って伝播方向に

局所的に変えられ、ミラーエレメント 3 の軸方向の変位量に従って局所的に遅延される。これは個々のミラーエレメント 3 と、隣接するミラーエレメントの一次元配列又は線形配列の双方について当てはまる。すべてのミラーエレメント 3 が同じ反射率を示すため、これは単に入射波面の位相変調となる。

【 0 0 3 5 】

図 4 a は、好適には 3 次元のシーンの再構成のためのホログラフィック投影装置 1 を概念的に示す平面図である。さらに理解し易くするために、透過装置としてのホログラフィック投影装置 1 が、以下に参照する図 4 a に、単純化された態様で示されている。次に、ホログラフィック投影装置 1 の基本設定について説明する。この実施形態でわかるように、波面変調装置 2 は本例では垂直方向に配設された 1 次元波面変調装置である。波面変調装置 2 は照明装置 7 によって、より正確に述べれば、十分にコヒーレントな光を放射する線光源 8 によって照明される。本明細書においては、‘十分にコヒーレントな光’という用語は 3 次元シーンの再構成のために干渉を生成することができる光を示す。照明装置 7 の光源 8 は、レーザダイオード、D P S S レーザ（ダイオードポンピング・ソリッドステートレーザ）又は別のレーザからつくることができる。十分にコヒーレントな光を放射する限り従来の光源を使用することも可能である。しかし、このような光源は、フィルタして、十分なコヒーレンスレベルを達成するようにすることが望ましい。ホログラフィック投影装置 1 は光学システム 9 をさらに備える。この光学システム 9 は結像手段 1 0 とスクリーン 1 1 とを備える。光学システム 5 は、例えば、図からわかるような、また、以下さらに詳細に説明するようなさらに別の光学エレメントを備えるのもであってもよいことは言うまでもない。スクリーン 1 1 は、好適にはミラー、特に凹面ミラーであることが望ましい。スクリーン 1 1 は、例えば図示のようにレンズなどの結像用光学エレメントとすることも可能である。スクリーン 1 1 が凹面ミラーである場合、ホログラフィック投影装置 1 の光学システムのサイズが、レンズのみを用いる透過装置のサイズよりも実質的にさらに小型になるという利点が生じることになる。スクリーン 1 1 は、決して拡散面を持たないようにし、それによって波面変調装置 2 から反射される波面 1 2 が破壊されないようにすることが望ましい。再構成シーンの 2 次元表示が所望であれば、スクリーン 1 1 が拡散面を有するようにしてもよい。結像手段 1 0 もまたミラー又はレンズである。波面変調装置 2 によって変調され、波面変調装置 2 から反射される単色波面 1 2 は、レンズエレメント 1 9 と 2 0 によって偏向エレメント 1 3 上へ結像し、3 次元シーンを再構成ようになる。このような偏向エレメント 1 3 は、検流計スキャナ、圧電スキャナ、共鳴スキャナ、ポリゴンスキャナ、マイクロミラーアレイ、あるいは同様の装置であってもよい。偏向エレメント 1 3 は、波面変調装置 2 に対して垂直方向の波面 1 2 の光偏向を実行して、2 次元波面 1 4 を生成するようにする。2 次元波面 1 4 は、上記偏向によって生成される一連の平行な 1 次元波面 1 4'、1 4''、1 4'''、... から構成される。次いで、光学システム 9 は、観察者の平面 1 6 に位置している観察者用仮想ウィンドウ 1 5 へ 2 次元波面 1 4 を結像させる。このウィンドウにおける観察者の目は再構成シーンを観察することになる。光源 8 によって放射される十分にコヒーレントな光がスクリーン 1 1 上へ結像する。これによって、波面 1 2 のフーリエ変換 F T が、画像側焦面においてレンズエレメント 1 9 と 2 0 の間に生成される。次いで、光学システム 9 の結像手段 1 0 は、画像側焦面 1 7 におけるスクリーン 1 1 上へフーリエ変換 F T を結像する。円錐台によって形成される拡大された再構成空間 1 8 において、すなわち拡大された視野角 6 で、観察者は上記再構成シーンを観察することができる。この拡大された再構成空間 1 8 は観察者用ウィンドウ 1 5 とスクリーン 1 1 との間で伸びる空間である。波面変調装置 2 の高い充填比のミラーエレメント 3 のおかげで、観察者の平面 1 6 において再構成シーンの周期的継続が生じなくなる。

【 0 0 3 6 】

波面変調装置 2 のミラーエレメント 3 がアクチュエータ 4 によりチルトされる可能性があるため、変調済み波面 1 2 が影響を受け、その結果、3 次元シーンがゼロ番目の回折次数で再構成されることが考えられる。この再構成は、ゼロ番目の回折次数において輝度又

10

20

30

40

50

は光度が最大になるという理由で特に望ましいことである。

【 0 0 3 7 】

さらに、偏向エレメント 1 3 を波面変調装置 2 の中へ直接組み込むことも可能である。このことは、上記記載のようにミラーエレメント 3 の助けによって波面変調装置 2 が平らな波面 W を変調することを意味する。しかし、2 次元波面 1 4 を生成するために用いられる波面変調装置 2 は全体として変位される。レンズエレメント 1 9 と 2 0 はこの場合必要とされない。次いで、波面変調装置 2 は偏向エレメント 1 3 に隣接して、すなわち結像手段 1 0 のオブジェクト側焦面に配置される。この結果、例えば、カラー再構成のためのビームスプリッタ・エレメント 2 1 を波面変調装置 2 と結像手段 1 0 の間に配置することが可能となる。さらに、システム全体を変位させたり、チルトさせたりする代わりに、単にミラーエレメント 3 のアレイを変位させるか、チルトさせて、2 次元波面を生成するようにすることも可能である。これを行うことによって、ホログラフィック投影装置 1 に対してさらにコンパクトな全体設計を行うことが可能となる。

10

【 0 0 3 8 】

しかし、オプションとして、ホログラフィック投影装置 1 はレンズエレメント 1 9 と 2 0 を光路に設けるようにしてもよい。ここで個々の焦点距離からわかるように、レンズエレメント 1 9 と 2 0 は収差を最小化するために同じ屈折力を有するようになっている。しかし、レンズエレメント 1 9 と 2 0 はまた、レンズエレメント 2 0 が波面変調装置 2 と光学システム 9 との間に配置されている場合には、偏向エレメント 1 3 上の 1 次元波面 1 2 のサイズの修正又は最適化を行うために、異なる屈折力又は焦点距離を有するようになっている。この場合レンズエレメント 1 9 と 2 0 には別の利点がある。これらのレンズエレメントは、波面変調装置 2 から反射された波面 1 2 が偏向エレメント 1 3 上へ結像するように使用され、それによって 2 次元波面 1 4 が生成されるようになることを保証するものである。レンズエレメント 1 9 と 2 0 によってここで表される無限焦点系は、波面 1 2 を偏向エレメント 1 3 上へ結像させるために用いることができる。これによって、波面 1 2 のフーリエ変換 F T がレンズエレメントの画像側焦面 1 9 において生成される。このフーリエ変換 F T は、レンズエレメント 2 0 と結像手段 1 0 の助けによってスクリーン 1 1 上へ結像する。

20

【 0 0 3 9 】

偏向エレメント 1 3 は光源 8 と波面変調装置 2 との間に交互に配置することができる。この配置には、2 次元波面 1 4 の変調中の収差をできる限り除去するか、最小化することができるという利点がある。というのは、平らな波面 W は、波面変調装置 2 にヒットしたとき、まだ符号化されていないからである。

30

【 0 0 4 0 】

3 次元シーンのカラー再構成もまたホログラフィック投影装置 1 の助けによって可能となる。図 4 a に示すように、ビームスプリッタ・エレメント 2 1、好適にはプリズムブロックが光の伝播方向へ向かって結像手段 1 0 の正面に配置される。ビームスプリッタ・エレメント 2 1 は、好適には二色性層を備えた X プリズムであり、このエレメントは、赤色光、緑色光及び青色光を分割して、3 つの分離波面の中へ入れるか、これらの分離波面を再結合して、共通の波面を形成する。シーンのカラー再構成は 3 原色、R G B (赤、緑、青) を同時に処理することにより達成される。本実施形態では、ビームスプリッタ・エレメント 2 1 はレンズエレメント 1 9 と 2 0 との間に配置されるが、このビームスプリッタ・エレメント 2 1 をホログラフィック投影装置 1 の別の位置に配置することも可能である。さらに、他の任意のビームスプリッタ・エレメントを使用してもよい。

40

【 0 0 4 1 】

図 4 b は図 4 a のビームスプリッタ・エレメント 2 1 を示す拡大詳細図である。3 次元シーンの同時カラー再構成のために、3 原色 R G B の個々についてそれぞれ、3 つの波面変調装置 2 R、2 G 及び 2 B が提供される。これら 3 つの波面変調装置 2 R、2 G 及び 2 B は 3 つの光源 8 R、8 G 及び 8 B によって照明される。対応する波面変調装置 2 R、2 G 及び 2 B によって個々の波面 1 2 R、1 2 G 及び 1 2 B の変調が行われた後、これらの

50

波面はビームスプリッタ・エレメント 2 1 によってレンズエレメント 2 0 へ結像し、共通の波面の再合成が図られる。唯一の光源、特に白色光源をカラー再構成用として使用することもさらに可能である。この配置構成では、ビームスプリッタ・エレメント 2 1 もレンズエレメント 1 9 と 2 0 の間に配置される。しかし、追加の半透過ミラーか、別の偏向エレメントがビームスプリッタ・エレメント 2 1 とレンズエレメント 2 0 との間に配置される。光源によって放射された光は半透過ミラーへ向けられ、そこから、光はビームスプリッタ・エレメント 2 1 によって 3 つの波面変調装置 2 R、2 G、2 B 上へ導かれ、これらの波面変調装置を照明し、次いで、対応する波面を変調する。ここでビームスプリッタ・エレメント 2 1 は、3 つの単色波面 1 2 R、1 2 G 及び 1 2 B に光を分割する。さらに、カラー再構成用として 3 つの波面変調装置の代わりに、唯一の波面変調装置を使用することも可能である。しかし、このオプションは本図には示されていない。上記波面変調装置は、異なる色の 3 つの LED 又は 1 つの白色光 LED から構成される 1 つの光源によって照明することができる。さらに、例えば、波面変調装置上へ異なる入射角で波面を投影する音響光学エレメントなどの少なくとも 1 つの光学エレメントが必要となる。

【 0 0 4 2 】

カラー再構成の代わりに、上述のように 3 つの波面変調装置 2 R、2 G、2 B を用いて、少なくとも 1 つの波面変調装置の助けによって個々のカラーを順次再構成することも可能である。

【 0 0 4 3 】

観察者の片方の目のみに関連して上述のホログラフィック投影装置 1 について説明した。観察者の両方の目に対して機能できるように第 2 の波面変調装置 2 を提供することは理にかなったことである。既存のホログラフィック投影装置 1 の光学エレメントをこのために利用することができる。観察者が観察者の平面 1 6 に位置していて、観察者用ウィンドウ 1 5 を通して観察する場合、観察者は再構成空間 1 8 に再構成された 3 次元シーンを観察することができる。そして、このシーンは、光の伝播方向から見てスクリーン 1 1 の正面に、スクリーン 1 1 上に又はスクリーン 1 1 の後に再構成されることになる。しかしながら、水平方向に配置された唯一の波面変調装置 2 を用いて、再構成シーンを観察者の両方の目に提供することも可能である。

【 0 0 4 4 】

図 5 はホログラフィック投影装置 1 の別の実施形態を示す。装置 1 の一般的設計は図 4 a に図示のものと同一である。その理由は、同じ構成要素を同じ参照番号により識別するためである。ここに示される投影装置 1 は、観察者の平面 1 6 における観察者の目の位置の変化を検出するための位置検出システム 2 2 をさらに含むものである。位置検出システム 2 2 はカメラであってもよい。偏向手段 2 3 は、観察者の目の位置の変化に従って観察者用仮想ウィンドウ 1 5 を追跡するために、結像手段 1 0 とスクリーン 1 1 との間であって、好適には、結像手段 1 0 の画像側焦面に配置される。偏向手段 2 3 は個別に制御が可能であり、好適にはミラーであることが望ましい。観察者用ウィンドウ 1 5 の適当な追跡には非常に正確に作動する偏向手段が必要となる。これは偏向手段 2 3 が検流計スキャナである場合があるという理由に因る。MEM アレイ、圧電スキャナ又は同様の手段のような別の偏向手段を使用することも可能である。さらに、偏向手段 2 3 は、少なくとも 1 つの方向、すなわち水平方向と垂直方向との少なくともいずれかの方向に偏向を行うことができる。このことは、偏向手段 2 3 の一次元バージョンが、水平方向か、垂直方向かのいずれかの方向にのみ観察者用ウィンドウ 1 5 を追跡することを意味する。偏向手段 2 3 の 2 次元バージョンは水平方向と垂直方向の両方向に観察者用ウィンドウ 1 5 を追跡することができる。偏向手段 2 3 は XY 型検流計スキャナであってもよい。あるいは 2 つの検流計スキャナを互いの後に配設して、一方を水平方向の追跡用として使用し、他方を垂直方向の追跡用として使用するようにしてもよい。さらに、第 2 の投影結像 2 4 は光の伝播方向から見て偏向手段 2 3 の後に設けられる。スクリーン 1 1 を充填するために必要とされる大きな倍率に起因して、第 2 の結像手段 2 4 は単一のレンズの代わりにレンズシステムであってもよい。これは収差の防止又は最小化を図る。

【 0 0 4 5 】

次に、この実施形態の助けによって3次元シーンの再構成について説明する。光源8によって放射された波面Wはミラーエレメント3にヒットし、このミラーエレメント3は波面Wを変調し、次いで変調済み波面12を反射する。この反射の後、変調された波面12は、レンズエレメント19と20の中を通過し、これらのレンズエレメントは偏向エレメント13上へ波面12を結像させる。同時に、レンズエレメント19によって、波面12のフーリエ変換FTがレンズエレメント19の画像側焦面に生成される。このフーリエ変換FTの生成後に、2次元の変調済み波面14が結像手段10を通過し、偏向手段23上へ直進する。位置検出システム22は、観察者のいずれの動きも検出し、偏向手段23を制御することによって観察者用ウィンドウ15を適宜追跡することができる。結像手段10と24は、第2の結像手段24の画像側焦面25に変調済み2次元波面14の画像を生成する。次いで、焦面25におけるこの2次元画像はスクリーン11を経由して観察者用仮想ウィンドウ15の中へ結像する。同時に、フーリエ変換FTの画像は結像手段10の画像側焦面26に生成される。次いで、第2の結像手段24はフーリエ変換FTの画像をスクリーン11上へ結像する。

10

【 0 0 4 6 】

再言するが、観察者の両方の目に対して機能するように第2の波面変調装置2を提供することは理にかなったことである。観察者が観察者の平面16に位置していて、観察者用ウィンドウ15を通して観察する場合、観察者は再構成空間18に再構成された3次元シーンを観察することができる。そして、このシーンは、光の伝播方向から見てスクリーン11の正面に、スクリーン11上に又はスクリーン11の後に再構成されることになる。しかしながら、この場合でも、水平方向に配置された唯一の波面変調装置2を用いて、再構成シーンを観察者の両方の目に提供することも可能である。

20

【 0 0 4 7 】

ビームスプリッタ・エレメント21を用いて上述のように3次元シーンをカラーで再構成することが可能となる。

【 0 0 4 8 】

さらに、投影装置1の任意の好適な位置において、光源8を備えた照明装置7を配置することができる。例えば、本実施形態の場合のように波面変調装置2が反射タイプのものである場合、放射された波面Wが反射ミラー又は半透過ミラーのような偏向エレメントによって波面変調装置2上へ導かれるように照明装置7を構成することも可能である。光源8が、偏向エレメントが在るフーリエ平面の中へ結像すれば好適である。偏向エレメントと波面変調装置2との間にレンズ、ミラー等のような少なくとも1つの光学エレメントを設けるようにしてもよい。図5を参照してわかるように、ビームスプリッタ・エレメント21が以前使用されていたところにこのような偏向エレメントを配置することができる。ビームスプリッタ・エレメント21は、このような事例ではレンズエレメント19と偏向エレメントとの間か、あるいは、偏向エレメントとレンズエレメント20との間に配置することができる。このようにして、さらにコンパクトな設計を投影装置1に与えることが可能となる。

30

【 0 0 4 9 】

図6はホログラフィック投影装置1の別の実施形態を示す図である。投影装置1の一般的設計は図5に図示のものと同一である。その理由は、同じ構成要素を同じ参照番号によって示すためである。しかし、図4a及び図5に示した装置とは対照的に、本図に示すホログラフィック投影装置1は複数の観察者によって用いられることを意図するものである。この図を理解できるようにするために、2人だけの観察者と観察者当たり1つだけの1次元波面とのための光路が本実施形態では示されている。しかし、一般に3以上の観察者が再構成された3次元シーンを観察することが可能である。文字Rによって示される観察者用ウィンドウは右眼用のウィンドウであり、文字Lによって示される観察者用ウィンドウは観察者の左眼用のウィンドウである。図示のホログラフィック投影装置1は、再構成された3次元シーンを提示するための2つの波面変調装置2を備える。これら2つの波面

40

50

変調装置 2 の各々は、少なくとも 1 つの光源 8 を用いて少なくとも 1 つの照明装置 7 により照明される。光源 8 は互いに独立したものであり、異なる入射角を生じさせる。波面変調装置 2 当たりの光源 8 の数は、再構成シーンの観察者の数に依存し、再構成シーンの観察者の数によって決定される。3 人以上の観察者が存在する場合には、ただ 1 つの波面変調装置 2 が使用される。すなわち、観察者の右眼用のすべての観察者用ウィンドウ用として、又は観察者の左眼用のすべての観察者用ウィンドウ用としてただ 1 つの波面変調装置 2 が使用されることになる。光源 8 は、異なる入射角で十分にコヒーレントな光を用いて波面変調装置 2 のミラーエレメント 3 を照明する。1 人の観察者の両目用の観察者用ウィンドウ 15 R と 15 L に対する光源 8 の入射角は常にほとんど同一である。このことは、観察者用ウィンドウ 15 L と 28 L 用として変調される波面 12 L と 27 L を生成する光源 8 によって放射される光の入射角が異なることを意味する。両方の波面変調装置 2 用として、スクリーン 11、偏向エレメント 13、レンズエレメント 19 と 20 及び結像手段 10 と 24 を使用することができる。

10

【0050】

図 5 とは対照的に、それぞれの観察者の目の位置に従って、少なくとも 2 つの、本例では 3 つの観察者用ウィンドウ 15 R、15 L 及び 28 L を追跡するために 2 つの偏向手段 23 が提供される。偏向手段 23 の数は観察者の数によって決められる。このことは、本例では観察者用ウィンドウ 15 R 及び 15 L に対して、観察者一人についてただ 1 つの偏向手段 23 が両眼用として使用されることを意味する。第 2 の結像手段 24 が集束エレメント 30 と組み合わせられ、光の伝播方向から見て偏向手段 23 の後に配置される。ここで、第 2 の結像手段 24 として、波面 14 R と 14 L の視準を目的とするレンチキュラがある。右眼と左眼用のこれら 2 つの波面 14 R と 14 L は、第 1 の偏向手段 23 に割り当てられている第 2 の結像手段 24 のレンチキュルの中を通して伸びている。一旦 2 つの波面 14 R と 14 L が第 2 の結像手段 24 の対応するレンチキュルを通過すると、集束エレメント 30 は、スクリーン 11 上で波面 14 R と 14 L にオーバーラップし、集束しようとする。別の偏向手段 23 が、2 次元波面 29 L 用の観察者用ウィンドウ 28 L を追跡するために提供される。図示の第 3 の偏向手段 23 は、第 3 の観察者にサービスを提供するために使用される。一般に、4 人以上の観察者が再構成された 3 次元シーンを観察することができる。第 2 の結像手段 24 のレンチキュルの数は投影装置 1 の偏向手段 23 の数と一致する。レンズのさらに複雑な配置構成によって集束エレメント 30 を置き換えて、収差の最小化を図るようにしてもよい。集束エレメント 30 は、例えば色収差のないレンズであってもよい。例えば、投影装置 1 における単一のレンチキュラとして、第 2 の結像手段 24 と集束エレメント 30 とを提供する可能性もまた存在する。

20

30

【0051】

本実施形態では、ホログラフィック投影装置 1 が複数の観察者にサービスを提供するように設計されている点を除いて、図 5 と関連して既述したように 3 次元シーンが再構成される。そのため観察者用ウィンドウ 15 R、15 L 及び 28 L を追跡するための複数の偏向手段 23 が存在することになる。上述のホログラフィック投影装置 1 は 3 つの観察者用ウィンドウに同時にサービスを提供することを可能にするものである。

【0052】

異なる入射角で個々の波面変調装置 2 にヒットする十分にコヒーレントな光を放射する光源 8 を用いる代わりに、波面変調装置 2 当たりただ 1 つの光源 8 を使用することも可能である。この場合、波面の数は、波面変調装置 2 のミラーエレメント 3 による変調が行われた後で、かつ、該ミラーエレメント 3 からの反射が行われた後に増加する。この増加は、例えば格子（グリッド）エレメントの助けによって偏向エレメント 13 の近傍で行われる場合がある。この解決方法には、単一光源 8 によって放射され、次いで波面変調装置 2 にヒットする波面の位相欠陥を補正できるという利点がある。

【0053】

さらに、個々の光源 8 は、主光源（図示せず）からの少なくとも 1 つの光学エレメントにより生成することも可能である。

40

50

【 0 0 5 4 】

図 5 及び図 6 に関して、ミラーの形を有し、かつ、好適には検流計スキャナであることが望ましい偏向手段 2 3 は光拡散層を有することができる。したがって、偏向手段 2 3 は水平方向に光拡散を行うミラーであってもよい。これらの光拡散層はフォイルの形を有するものであってもよい。拡散された光又は波面は変調された 1 次元波面へ 90 度の角度で伝播する必要がある。コヒーレンスがホログラフィック再構成にとって非常に重要であるという理由から、コヒーレンスは光拡散層の使用により影響を受けてはならない。しかしながら、非コヒーレント方向に観察者用ウィンドウ 1 5、1 5 R、1 5 L、2 8 L の拡大を行うことが可能であり、その一方で、回折次数の拡張により観察者用ウィンドウ 1 5、1 5 R、1 5 L、2 8 L はコヒーレント方向に制限を受けることになる。波面変調装置 2 が水平方向に配置されれば特に望ましい。このようにして、個々の観察者用ウィンドウ 1 5、1 5 R、1 5 L、2 8 L を垂直方向、すなわち非コヒーレント方向に拡大することが可能となる。これは、波面変調装置 2 のこの配置構成において、観察者用ウィンドウ 1 5、1 5 R、1 5 L、2 8 L を観察者の垂直方向の位置まで追跡する必要があるがもはやないという理由による。その理由として、観察者用ウィンドウ 1 5、1 5 R、1 5 L、2 8 L が垂直方向に大きく拡張しているということが挙げられる。さらに、この場合、結像及び表示を行う役割を果たすだけでなく、非コヒーレント方向への波面のフーリエ変換の拡散を行う役割も果たすことになるスクリーン 1 1 上へ光拡散層を印加できるという可能性が存在する。

10

【 0 0 5 5 】

図 4 a、図 5 及び図 6 に従う本発明の実施形態は、少なくとも 1 つの入射波面を変調するための少なくとも 1 つの 1 次元波面変調装置 2 に常に関する。このような 1 次元波面変調装置 2 が図 7 a の透視図に示されている。図からわかるように、ミラーエレメント 3 は一種の行又は列の形で基板 5 の上に配列される。アクチュエータはこの図には示されていない。

20

【 0 0 5 6 】

図 7 b からわかるように、本発明は 2 次元波面変調装置 2 を用いて実現することができる。本発明によって 2 次元波面の生成を目的とする偏向エレメントが不要になる。ミラーエレメント 3 は複数の行又は列の形で基板 5 上に配列される。少なくとも 1 つのアクチュエータによって 2 次元波面変調装置 2 のミラーエレメント 3 を 1 つ又は 2 つの軸線の周りで軸方向に変位するか、チルトするかの少なくともいずれかを各ミラーエレメントについて個々に行うことができる。

30

【 0 0 5 7 】

図 8 及び図 9 は、1 次元波面変調装置 2 と共に偏向エレメント 1 3 の助けによって 2 人以上の観察者 B 1、B 2 のために、再構成された 3 次元シーンの部分画像の 2 次元波面を実現するとき、変調済み波面 1 2 の行又は列 S の時間的多重化が行われるいくつかの可能性について説明する図である。図 8 に示されているように、部分画像の 2 次元波面が、観察者 B 1 のために、次いで、観察者 B 2 のためにまず完全に生成される。図 9 に示されているように、個々の観察者 B 1 と B 2 とに関連づけられた、部分画像の変調済み波面の行又は列が交互に提示される。

40

【 0 0 5 8 】

ホログラフィック投影装置 1 の可能な応用例には、例えば、コンピュータディスプレイ、TV スクリーン、電子ゲームなどの私的な環境又は作業環境において、あるいは、情報を表示するための自動車関連産業において、娯楽産業において、医用工学において（特にこの分野では、体に最小限のメスを入れる外科手術への応用例として、又は断層撮影の確定情報の空間的表示用として）、さらに、軍事工学においては、表面形状の表示用として、2 次元表示と 3 次元表示の少なくともいずれかが含まれる。当業者にとって投影装置 1 は上記で言及しなかった別の領域においても適用が可能であると考えられよう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 9 】

50

【図 1】二乗機能をまとめてストリング化することによる、従来技術の光位相変調器の助けによって波面変調を示す表示グラフである。

【図 2】波面変調に用いられる本発明によるホログラフィック投影装置の波面変調装置を示すブロック図である。

【図 3】図 2 に示す波面変調装置による波面変調を示す図である。

【図 4 a】3 次元シーンの再構成のための本発明によるホログラフィック投影装置の作動原理を示す（平面図）。

【図 4 b】図 4 a に示された投影装置の拡大詳細図を示す。

【図 5】人間の目の位置の変化を検知するための位置検出システムを備えた新規の投影装置の別の実施形態を示す（平面図）。

【図 6】再構成シーンの少なくとも 2 人の観察者のための新規の投影装置の別の実施形態を示す（平面図）。

【図 7 a】1 次元波面変調装置の作動原理を示す。

【図 7 b】2 次元波面変調装置の作動原理を示す。

【図 8】1 人以上の観察者のためにシーンを再構成する可能性を示す。

【図 9】1 以上の観察者のためにシーンを再構成する別の可能性を示す。

10

【図 1】

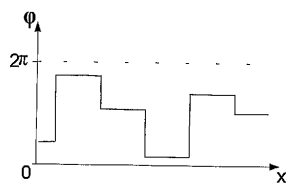


Fig. 1

【図 3】

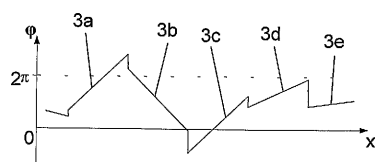


Fig. 3

【図 2】

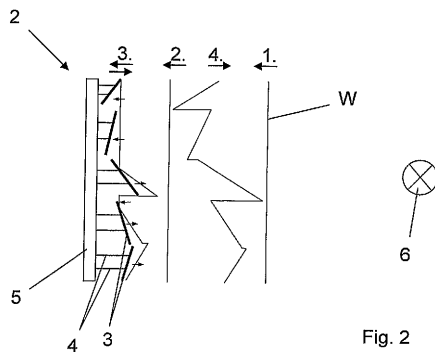


Fig. 2

【図 4 a】

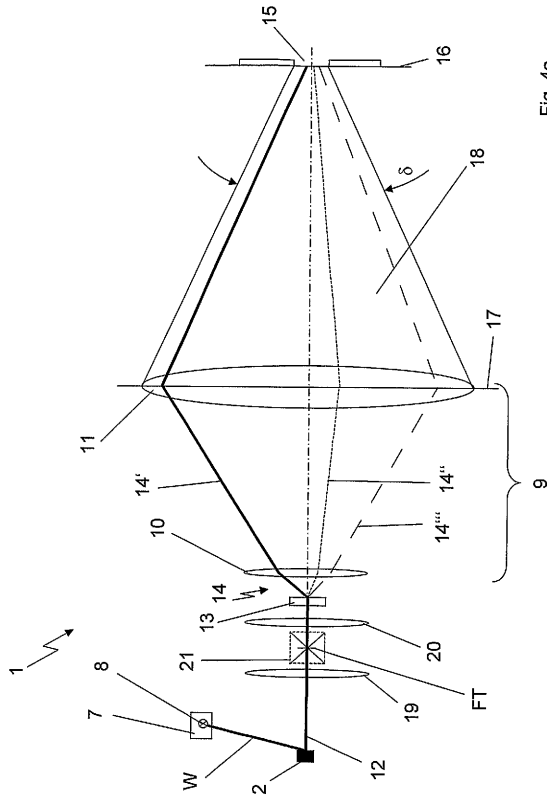


Fig. 4a

【図 4 b】

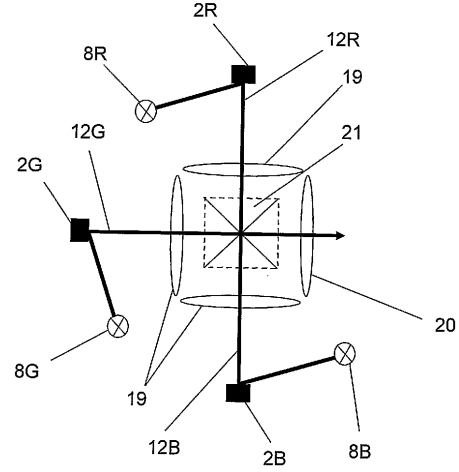


Fig. 4b

【図 5】

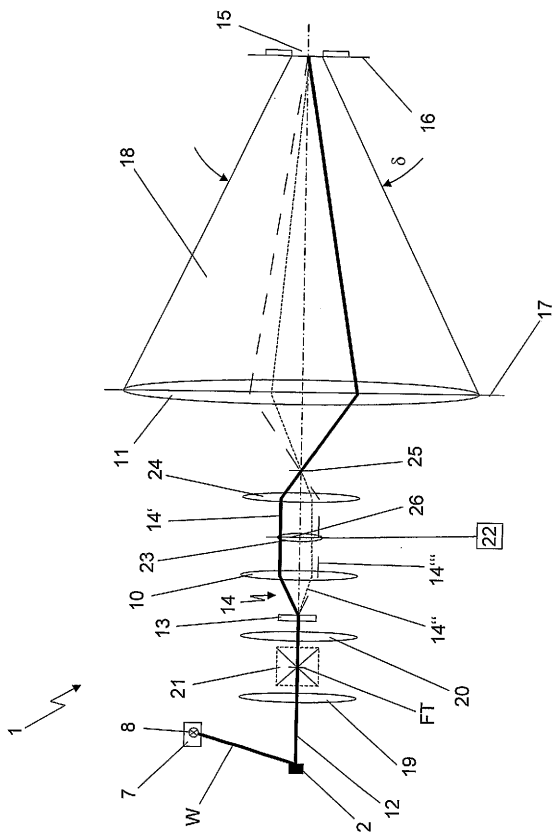


Fig. 5

【図 6】

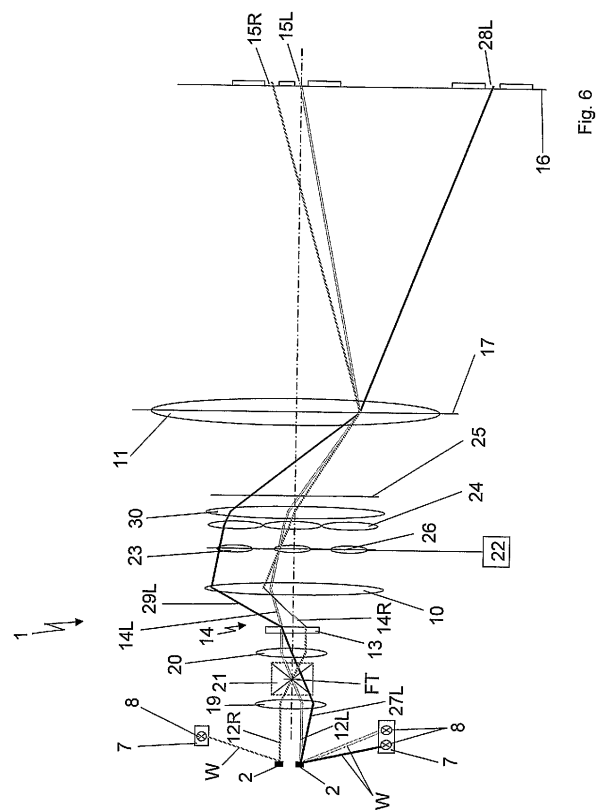


Fig. 6

【図 7 a】

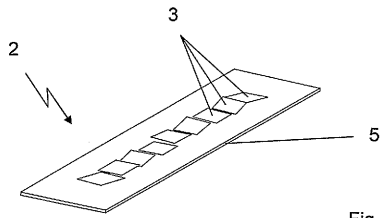


Fig. 7a

【図 7 b】

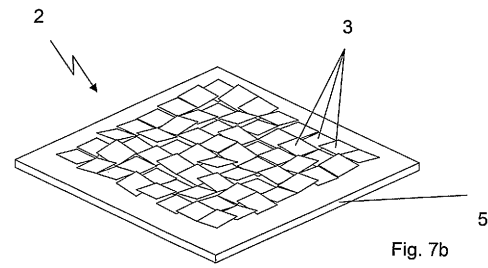


Fig. 7b

【図 8】

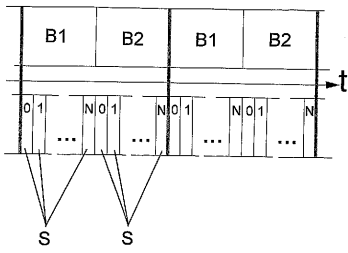


Fig. 8

【図 9】

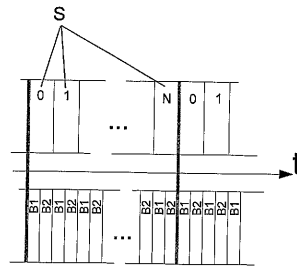


Fig. 9

フロントページの続き

(74)代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(74)代理人 100130409

弁理士 下山 治

(74)代理人 100148345

弁理士 駒木 寛隆

(72)発明者 ルノー - ゴー , フィリップ

フランス国 トロワ エフ - 1 0 0 0 0 , リュ TRAヴェルシエル , 3 2 ビス

審査官 中村 理弘

(56)参考文献 特表 2 0 0 6 - 5 0 6 6 6 0 (J P , A)

国際公開第 2 0 0 4 / 0 4 4 6 5 9 (W O , A 1)

米国特許第 0 6 0 2 8 6 8 9 (U S , A)

特開平 0 8 - 0 0 6 4 8 1 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 1 6 2 5 9 9 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 2 8 5 0 2 7 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G03H 1/22