

(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2009-533721
(P2009-533721A)

(43) 公表日 平成21年9月17日(2009.9.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 27/22 (2006.01)	GO2B 27/22	2H059
GO2F 1/13 (2006.01)	GO2F 1/13 505	2H088
HO4N 15/00 (2006.01)	HO4N 15/00	2H199
GO3B 35/20 (2006.01)	GO3B 35/20	5C061

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2009-506721 (P2009-506721)
 (86) (22) 出願日 平成19年4月17日 (2007.4.17)
 (85) 翻訳文提出日 平成20年12月4日 (2008.12.4)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/066790
 (87) 国際公開番号 W02007/121440
 (87) 国際公開日 平成19年10月25日 (2007.10.25)
 (31) 優先権主張番号 60/744,977
 (32) 優先日 平成18年4月17日 (2006.4.17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 508305155
 サード ディメンション アイピー エル
 エルシー
 アメリカ合衆国 テネシー州 37920
 , ノックスビル, ブラフポイントドライブ
 3601
 (74) 代理人 100096024
 弁理士 柏原 三枝子
 (74) 代理人 100125520
 弁理士 高橋 剛一
 (74) 代理人 100155310
 弁理士 柴田 雅仁
 (74) 代理人 100156339
 弁理士 米村 道子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角度スライスの本当の3Dディスプレイに係るシステム及び方法

(57) 【要約】

【課題】

【解決手段】 本当の3Dディスプレイを生成するシステム及び方法であって、観察者の目はそれぞれ異なるシーン見るだけでなく、観察者が頭を動かす、又はディスプレイスクリーンに対する或る角度位置から別の角度位置までの位置を変化させると、シーンが変化するシステム及び方法である。一実施例では、システムは、一組の2D画像プロジェクタとディスプレイスクリーンとを具えている。2D画像プロジェクタは、個別の2D画像をほぼ焦点が合うようにディスプレイスクリーンに投影するように構成されている。このディスプレイスクリーンは、2D画像それぞれの各ピクセルを小さな角度スライスに拡散(又は反射)する。これにより、ディスプレイスクリーンを観察する観察者が、それぞれの目により2D画像の異なる映像を見ることができる。さらに、それぞれの目により見られる画像は、観察者がディスプレイスクリーンに対して頭を移動させると変化する。

【選択図】 図3

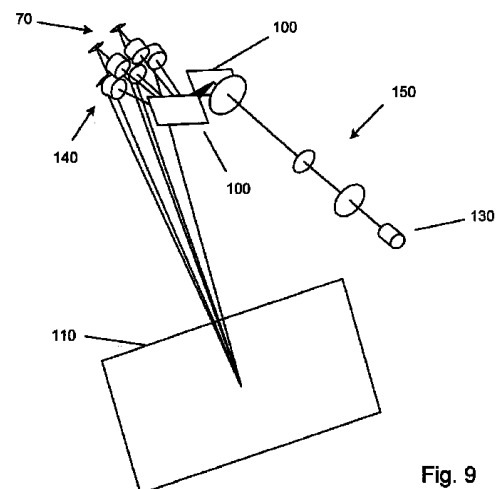


Fig. 9

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

1 以上の 2 D 画像プロジェクタと、

前記 2 D 画像プロジェクタに光学的に結合されたディスプレイスクリーンとを具えるシステムであって、

前記 2 D 画像プロジェクタが、個別の 2 D 画像をほぼ焦点が合うように前記ディスプレイスクリーンに投影するように構成されており、

前記 2 D 画像それぞれの各ピクセルが、前記ディスプレイスクリーンから小さな角度スライスに投影され、前記ディスプレイスクリーンを観察する観察者が、それぞれの目で異なる画像を見ることができ、前記観察者が前記ディスプレイスクリーンに対して頭を移動させると、それぞれの目が見る画像が変化することを特徴とするシステム。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、前記ディスプレイスクリーンが、拡散ディスプレイスクリーンを具えていることを特徴とするシステム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、前記ディスプレイスクリーンが、反射ディスプレイスクリーンを具えていることを特徴とするシステム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、前記ディスプレイスクリーンが、前記 2 D 画像それぞれの各ピクセルを実質的に非対称的な角度スライスに投影することを特徴とするシステム。

20

【請求項 5】

請求項 4 に記載のシステムにおいて、前記ディスプレイスクリーンが、約 60 度の垂直角と約 1 度の水平角を有する角度スライスに各ピクセルを投影することを特徴とするシステム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、前記ディスプレイスクリーンが、前記 2 D 画像それぞれの各ピクセルを実質的に対称的な角度スライスに投影するように構成されていることを特徴とするシステム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のシステムにおいて、各 2 D 画像プロジェクタがマイクロディスプレイを具えていることを特徴とするシステム。

30

【請求項 8】

請求項 7 に記載のシステムにおいて、各マイクロディスプレイが、デジタルマイクロミラー装置 (DMD)、液晶ディスプレイ (LCD)、エルコス (LCOS) マイクロディスプレイ、及び強誘電性液晶マイクロディスプレイで構成される群から選択される装置を具えていることを特徴とするシステム。

【請求項 9】

請求項 7 に記載のシステムにおいて、各マイクロディスプレイが 3 以上のサブディスプレイを具えており、各サブディスプレイが異なる色の光によって照射されることを特徴とするシステム。

40

【請求項 10】

請求項 7 に記載のシステムにおいて、各マイクロディスプレイが、移動可能なミラーにより 1 以上の投影レンズに光学的に結合されることを特徴とするシステム。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のシステムにおいて、前記ミラーが、前記マイクロディスプレイをスキャンして、前記 2 D 画像のうちの対応する一の画像をピクセル毎にラスタ走査形式で前記ディスプレイスクリーン上に形成するように構成されていることを特徴とするシステム。

【請求項 12】

50

請求項 7 に記載のシステムにおいて、少なくとも 1 のマイクロディスプレイの光学軸が、前記マイクロディスプレイに光学的に結合され、かつ前記マイクロディスプレイからの対応する 2 D 画像を前記ディスプレイスクリーンに投影するように構成された 1 以上の投影レンズの光学軸からのオフセットであることを特徴とするシステム。

【請求項 13】

請求項 7 に記載のシステムにおいて、各マイクロディスプレイが、ホログラフィックのレンズのない投影画像を前記ディスプレイスクリーンに投影するように構成されていることを特徴とするシステム。

【請求項 14】

請求項 7 に記載のシステムがさらに、前記マイクロディスプレイに光学的に結合され、かつ前記マイクロディスプレイにより形成された画像を前記ディスプレイスクリーンに投影するように構成された 2 以上の投影レンズを具備していることを特徴とするシステム。

10

【請求項 15】

請求項 14 に記載のシステムにおいて、前記投影レンズが、1 以上の水平な列を形成することを特徴とするシステム。

【請求項 16】

請求項 7 に記載のシステムがさらに、前記マイクロディスプレイに結合され、かつ前記マイクロディスプレイを照射するように構成された 1 以上の照射源を具備していることを特徴とするシステム。

【請求項 17】

請求項 16 に記載のシステムにおいて、前記照射源が、実質的に空間的及び時間的なコヒーレントであることを特徴とするシステム。

20

【請求項 18】

請求項 16 に記載のシステムにおいて、前記照射源が、光ファイバにより前記マイクロディスプレイに結合されることを特徴とするシステム。

【請求項 19】

請求項 16 に記載のシステムにおいて、前記照射源が、複数の異なる色に連続的に変化することを特徴とするシステム。

【請求項 20】

請求項 16 に記載のシステムにおいて、前記照射源が、UHP ランプ、キセノンランプ、ハロゲンランプ、高輝度ランプ、LED、及びレーザで構成される群から選択されることを特徴とするシステム。

30

【請求項 21】

複数の個別の 2 D 画像を生成するステップと、
前記個別の 2 D 画像をほぼ焦点が合うようにディスプレイスクリーンに投影するステップと、を具備する方法において、
前記 2 D 画像それぞれの各ピクセルがさらに、前記ディスプレイスクリーンから小さな角度スライスに投影され、前記ディスプレイスクリーンを観察する観察者が、それぞれの目で異なる画像を見ることができ、前記観察者が前記ディスプレイスクリーンに対して頭を移動させると、それぞれの目で見られる画像が変化することを特徴とする方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に 3 次元 (3 D) ディスプレイの分野に関する。具体的には、本発明は、眼鏡を使用することなく、または観察者の位置をトラックすることなく、各観察者の目が僅かに異なるシーンを見 (立体視)、それぞれの目によって視聴されるシーンは、目が位置を変化するとともに変化する (視差)、複数の観察者に適した本当の 3 D ディスプレイのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

過去100年間、多くの努力が3次元ディスプレイ(3D)の開発に投入されている。現在のところ、これらの努力が真に満たされていない。球体¹内部の回転盤上の照明のDM(デジタルミラー装置、Texas Instruments)映写、交互にクリアにされ、又は3Dボリューム³を映すために拡散する複数のLCD分散パネルからなる別の容積測定ディスプレイ(Light Space/Vizta 3D)、ユーザがゴーグルを付ける必要のある立体的なシステム(「Crystal Eyes」等)、二面立体システム(視差バリアを有する実際のデュアル2Dディスプレイ、例えば、Sharp Actius RD3D)、及びレンズ状の立体的な配列³(異なる方向に配置された多くの小さなレンズ、例えば、Phillips nine-angleディスプレイ、SID、2005年春)を含む3Dディスプレイ技術が存在する。これらのシステムの多くは、ユーザの目において本当の3Dパースを生成することにあまり成功せず、または読者が自身の職場でこれを目にすることがない事実が証明するように使用するのが不便である。シャープのノート型パソコンのみが、2つの視野(左目及び右目、それぞれの目に対して単一の角度)を提供し、Light Spaceは、非常によい画像を生成するが、ボリュームが制限されており(総てがモニターの内部に配置される)、プロジェクションディスプレイとしてユーザにとって非常に扱いにくい。

10

20

30

40

50

【0003】

これらの技術を超えて、イギリス及び日本の双方で本当のホログラフィーディスプレイを製造する努力がされている。ホログラフィーは、1940年代後半にGabor⁴により発明され、レーザ及び軸外ホログラフィーの発明とともに繁栄し始めた。イギリスの作業は最も進んでおり¹¹、7cm以下の大きさで視角(FOV)が8度のディスプレイを実際に製造した。これは印象的であるが、物理法則によりモノクロでこの7cmの範囲を生成するのに1億ピクセル(Mピクセル)を必要とし、人間の目が、実際の視距離から解析できるよりも多くのデータを表示する。60度のFOVを有する実際の50cm(20インチ)のカラーのホログラフィーのディスプレイは、500ナノメートル(nm)ピクセル(物理的でない場合、少なくとも光学縮小(demagnification)の後)を必要とし、Terapixel(10兆ピクセル)ディスプレイ以上を必要とする。これらの数は、近い将来は完全に実現不可能であり、地平視差のみ(horizontal parallax only)(HPO、又は水平面のみで3次元)にすることは、3Gピクセル(300万ピクセル)に低減する必要がある。単位フレームあたりの3Gピクセルさえ、未だに非常に実現不可能な数であり、このディスプレイでは、通常の作動距離で人間の目が必要とする10倍のデータを必要とする。典型的な高解像度ディスプレイは250ミクロンピクセルを有しており、500nmピクセルを有するホログラフィーのディスプレイはこれよりも密度が高い500の要素である。人間の目が必要としあるいは通常の視距離で使用するよりも明らかに多くのデータがホログラフィーディスプレイに含まれる。本当のホログラフィーディスプレイでは、この信じられない多くのデータ密度は無駄である。

【0004】

図1は、現在の容積測定3Dディスプレイを示している。この技術は驚くべきであるが、ガラスボールに覆われた回転対象は、シーンに含まれる機会がないため、インタラクティブ技術、没入(immersive)技術、又は遠隔共同研究にとって不十分な候補である。これはまた、透明なディスプレイにおける総ての対象についてのさらに難しい問題である。

【0005】

別の容積測定3Dディスプレイの形態は、Balogh^{12, 13, 14, 15}により提案され、Holografikaにより開発された。このシステムは、ビュースクリーン上に画像を生成しないが、間隔の開いたピクセル位置で光線を放射する(現実-スクリーンと観察者との間を交差する光線、あるいは仮想-観察者が見るスクリーンの背後を明らかに交差する光線のいずれか)。この種の装置の解像度は、スクリーンから離れる光線の分散により非常に制限され、必要な解像度(ピクセルの大きさ及び全体のピクセルの数)は、大きなビューボリュームでは非常に高くなる。

【0006】

Eichenlaub¹⁶は、高速の光バルブと光線操作装置を用いて複合のオートステレオスコーピック (autostereoscopic) (眼鏡を必要としない3D)の視覚領域(通常、8が言及される)を生成する方法を教示する。このシステムは、本当の3Dディスプレイに必要な連続して変化する視覚領域を具えておらず、非常に複雑で多量の光を有する。これは、複数の水平線(小さな垂直角度により分離される)に光を配置する方法を教示しておらず、連続して変化するオートステレオスコーピックビューが実現されない。これはまた、単一の光バルブから総ての画像を生成するという不利点を有しており(したがって、非常に複雑な光システムを必要とする)、連続して変化する視覚領域に必要な帯域を実現できない。

【0007】

ナカムラ等¹⁷は、投影光、小さな開口、大きなフレネルレンズを具えたマイクロLCDディスプレイの配列を提案している。この開口は画像の方向を分離し、大きなフレネルレンズは画像を垂直のディフューザスクリーンに集める。このシステムは、1)光の活用性が乏しく(多くの光が開口により無駄になる)、2)非常に高価な光及び多くの光を必要とするが、画像の質が非常に乏しい、3)マイクロLCDディスプレイの2D配列を提供するのに非常に高価な電子機器を必要とするなどの多くの問題を有する。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0008】

したがって、観察者の目がそれぞれ異なるシーンを見るだけでなく、観察者が頭を動かし、又はディスプレイスクリーンに対して、ある角度位置から別の角度位置に観察者の位置を変化するとき、シーンが連続して変化する本当の3Dディスプレイを製造する方法の明確な必要性がある。複数の「角度スライス」(特定の角度有利点(angular vantage point)からカメラにより視聴されるシーン)が視聴スクリーンに投影される。必要に応じて(すなわち、視聴角度が投影角度よりも大きい場合)、視聴スクリーンは、シーンを投影する投影レンズにより照射される角度を特定の垂直及び水平角スライスに拡散し、ここでは拡散は非対称である。ディスプレイスクリーンを観察する観察者は、特定の角度スライスのためのピクセルを照射する投影レンズを介して観察者の目から投影される光線が3Dシーン内で写る3Dのシーンの一部を見る。高解像度の場合、各角度スライスについての各ピクセルからの発射角(departing angle)は1度以下である。特に、地平視差のみ(HPO-水平次元のみ(horizontal dimension only)の3D画像を提供する)3Dディスプレイの場合、N個の完全な画像は、ディスプレイに対して水平なN個の角度位置からディスプレイに投影される。ディスプレイ上の各ピクセルは、特定の画像からの光を大きな垂直の角度に投影するが(すなわち、これは垂直方向の非常に大きな角度で視聴できる)、光は角度スライスに水平に拡散し、特定のピクセルを介した各投影からの光は、Nにより分割されたディスプレイの水平角の視角(FOV)と等しい水平角スライスに拡散する。したがって、水平角FOVである場合、N番目の投影レンズにより照射されたディスプレイ上の特定のピクセルからの光は、N番目の画像の投影がピクセルに当たる角度を中心とする水平角 FOV/N に拡散する。拡散性のあるビュースクリーンに投影される画像の数は、ディスプレイの解像度を上げるために(角度スライスがより小さな視野角に投影される)、あるいはディスプレイのFOVを増加させるために(同一の増加する視野角を有する追加の角度スライスが追加され、ディスプレイのFOV全体を増加させる)増やすことができる。同様に、完全なパララックスビューイングの場合、水平次元のN個のプロジェクタと垂直次元のM個のプロジェクタを有するプロジェクタの配列が使用され、各ディスプレイの角度スライスは、必要とされる投影の拡散角に対応するN個に分割された水平のFOVと、M個に分割された垂直のFOVである。完全な視差の場合、プロジェクタの角度の拡散自体であり、ディスプレイが提供されないか、あるいは単純な黒色のディスプレイが提供される。あるいは、ディスプレイスクリーンは、必要に応じて水平及び垂直の拡散を提供する。

【0009】

10

20

30

40

50

本発明を構成する利点及び特徴の明確な概念や、本発明により提供される模範的なシステムの構成要素及び操作の明確な概念は、例を参照することにより容易に明らかとなるであろう、したがって、本明細書に添付され、本明細書の一部を構成する図面に示された実施例を制限するものではない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明および本発明の様々な特徴と利点の詳細は、添付図面に示され、以下の説明に詳細に説明された非限定的な実施例を参照することにより、より完全に説明される。周知の構成要素と処理技術の説明は、本発明の詳細を不必要に不明瞭にしないために省略されている。

10

【0011】

システムの概略

本発明は、本当の3Dディスプレイを提供する。すなわち、観察者が頭を新しい視角に移動させる場合、観察者は事前に見られなかったものを見、観察者が実際に頭を右に移動させると、事前に見られなかった左側のコーナー周囲のものを見る。通常の2Dディスプレイの場合、これは当てはまらず、観察者が頭を動かすとシーンが同じであり、新しい物が見えないことに留意すべきである。これはまた、2重の立体視及び自動立体視ディスプレイに当てはまり、異なる視界がそれぞれの目に提供され、観察者が頭を移動させると新しい物が見えず、シーンの実際の部分及び/又は立体視効果が消える。

20

【0012】

具体的には、新しい角度スライスディスプレイが、複数のシーンの視界（異なる角度からの各視界）によりディスプレイを照射することにより3Dディスプレイを提供する。各投影は、特定の角度からの視界によりディスプレイスクリーンを完全に照射する。この好適な実施例の場合、ビュー/ディスプレイスクリーンは、広範な垂直方向の角度（すなわち、60度以上）、非常に小さい水平方向の角度（すなわち、1度程度 - これより小さい角度も可能である）で投影されたシーンの光を拡散させる。したがって、観察者は、各角度プロジェクションから投影される垂直の「角度スライス」を見、それぞれの目は、投影された各シーンの異なる垂直の角度スライスを見る。これは図2に示されている。ある位置にいる観察者のためにディスプレイスクリーンを完全に照射すべく、十分なシーンが、ディスプレイに投影されなければならないが、これにより、観察者の目からスクリーンまでの総ての垂直な角度スライスプロジェクションのために投影されたシーンが存在する（各垂直のスライスは、例えば約1度以下である）。したがって、30度の水平な視界の場合、観察者が、ディスプレイスクリーンが30度の水平な視界（プロジェクションごとに約1度の水平方向に拡散した角度スライス）を有する位置から完全なシーンを見る場合、少なくとも30のシーンが、ディスプレイスクリーンに投影されるべきである。投影された各ビューがスクリーンを完全に照射することは繰り返す価値はないが、この照射からの個別のピクセルそれぞれのみが約1度の視界を超えて投影する。さらに、このシステムの場合、総てのプロジェクションが部分的に覆う同じシーンを投影するために、様々なプロジェクションは総て調整されるべきであり、また、プロジェクションは、立体視を正確に提供すべく強さ及び視角のために調整されるべきである。立体視を実現すべく（それぞれの目が特定の対象物の僅かに異なる角度からの光景を見る）、この光景は、各目の特定の垂直のスライスを介して、異なる投影レンズから来る。角度スライスディスプレイを用いて立体視を実現することが、図4に示されている。

30

40

【0013】

高解像度のコンピュータモニタとして使用される大きさを有する好適な商用の3Dプロジェクションディスプレイの特性が、エンジニアリングプロトタイプとともに以下の表1に要約されている。総ての2D特性は、利用可能な高品質の2Dモニタの仕様から帰納的に取得される。視界は多くのモニタの視界ほど大きくないが、一部のモニタは、これらの仕様を超えた角度で見られる。必要とされる角度分解能は、ホロフラフィックのステレオグラムから帰納的に取得される。

50

表1: 通常の所望の3D高解像度モニタの仕様

	エンジニアリングプロトタイプ	商用のディスプレイ
画像サイズ	約48cm(19インチ)の対角線	50cm(20インチ)の対角線、又は40cm×30cmのオーダー (又はそれより大きい—投影技術の場合、大きい装置はより高価ではない—電子機器及びマイクロディスプレイは、大きなディスプレイに特有である)
2D解像度(単一の角度スライス)	1024 x 768	1920×1080ピクセル(又は縦横比に応じて1600×1200ピクセル—1の視角につき約2Mピクセル
水平のFOV	3から10度	60度
垂直のFOV	60度	30から60度
角度解像度	1度	0.5から1度以下
表示される色	モノクロ	32,000以下から1600万

10

【0014】

ディスプレイを製造するのにいずれの種類の技術が用いられるかを論じることなく、これは、高解像度の3Dディスプレイに必要なピクセルの数を導く。1度以下の分解能と垂直方向の30度×水平方向の60度のFOVを用いることにより、完全な視差のフルカラー(物理的なピクセル毎の3色のピクセル)ディスプレイは、フレーム毎に約10Gピクセル、又は同様のホログラフィックディスプレイよりも少ない100の要素を必要とする。

20

【0015】

地平視差のみ(HPO)3Dディスプレイは、色毎に3つのピクセルでフルカラーの約360Mピクセルを同じように必要とし、または各ピクセルがフルカラーの120Mピクセルを必要とする(例えば、時間で連続的な色)。これは、本当のホログラフィックのHOPフルカラーディスプレイに必要な3Gピクセルからの桁数の削減であり、通常の作動距離で人間の目が必要とする解像度により近づく。総ての自明な要求ではないが、これらの数は利用可能な技術の範疇であり、以下に説明するように、例えば、スキャニングミラーを具える12のTexas InstrumentsのDMD空間光モジュレータを利用して、潜在的に実現可能である。移動しない部材のディスプレイの場合、60のDMDは、フルカラーの(24ビットで連続的にストロボの色)60度のFOVを有するHPO装置を提供する。これは現在のところ多くのチップに思われるが、これらのチップは非常に時妙が長く(基本的に壊れない)、比較的電力消費が少なく、技術の進歩とともに価格が下がり、フレーム毎の移動しない部材のフルカラーの120Mピクセルのディスプレイを非常に魅力的な3Dディスプレイに変化させる。任意の高解像度のマイクロディスプレイ又はマイクロディスプレイプロジェクトを用いることができ、このシステムはDMD装置の使用に限定されないことに留意すべきである。例えば、LCD(液晶ディスプレイ)、LCOS(シリコン上の液晶)、または強誘電性マイクロディスプレイを利用することができ、同様に、画像の投影に適した高解像度のマイクロディスプレイに加えてピクセル

30

40

【0016】

エンジニアリングプロトタイプディスプレイは、商用のプロトタイプとは非常に異なる。エンジニアリングプロトタイプ角度スライスディスプレイを初めて製造することにより、技術を安価で利用できる。このディスプレイは、最小で3つのチャンネル、最大で10のチャンネル(角度スライス)の費用のために設計及び製造された名目上はモノクロのシステムである。商用のプロトタイプの場合、少なくとも20チャンネルを有するフルカラーシステム(初めの商用のプロトタイプ)と、60チャンネルシステムは完全に妥当である。角度スライス技術は、本当のホログラフィーが必要とする非常に無駄なデータ密度を要することなく、フルカラーの3Dディスプレイに拡大し、さらに大きなディスプレイサイズに拡

50

大する。これは、通常のユーザ距離で人間の目が認識できないデータのディスプレイを必要とすることなくホログラフィーの技術を利用する。この技術は、多くの聴衆のためのフロントプロジェクションディスプレイとして利用可能であるという付加的な利点を有する。これ以上に、チャンネル毎に単一のマイクロディスプレイ/DMDの移動しない部材のシステムが構築される場合、ディスプレイの密度は潜在的にチャンネルの数とともに直線的に比例する。チャンネル毎の入力ルーメンは、DMDチャンネル毎にたった15から30ワットの電力を必要とするとともに、DMD毎に350ルーメン(片面照射)から700ルーメン(両面照射)の高電力のLED範囲を用いる。多くの角度スライスが商用の必要性に取り組み場合、システムへの入力に潜在的に利用可能なルーメンは、14,000ルーメンを超え、60チャンネルのシステム用に42,000ルーメン以上に達することができ(明らかに、これは輝度が必要でない低いレベルに低下できる)、より多くの聴衆向けのフロントプロジェクションディスプレイに好適である。

10

【0017】

約30年前、固定ディスプレイのホログラフは、本当のホログラムが人間の理解に有用な情報よりもさらに多くの情報を有していることが分かり始め、固定画像白色光(白色点光源により照射される)ディスプレイ用のホログラムのステレオグラム^{18, 19, 20}を開発し始めた。ホログラムのステレオグラムは、異なる位置のN個の従来の2次元視界で構成され、Nは、HPOホログラムのステレオグラム(FOV100度の桁(order))、又は完全な視差の2Dビュー以上の100の桁(order)でもよい。開発は断続的に行われ、1990年代には、HPOホログラムのステレオグラムが完成した^{21, 22, 23}し、1990年代後半には、完全な視差のホログラムのステレオグラム^{24, 25}が完成した。この技術は、商業化の観点で改良され、大きくて素晴らしいフルカラーで完全な視差の画像を作ることができる(画像は時間内に変化できず-これはプリントのように固定される)。例えば、テキサス州のオースチン空港の手荷物探索区域を出発する場合、通りの中心出口の上にZeбра Imaging(www.zebraimaging.com)の非常に大きな(1メートルx2メートルのオーダー)フルカラーで完全な視差のホログラムが存在する。図6は、N個の2次元画像を取得し、これを特定の種類のホログラフィックのステレオグラムの垂直なスリット上のコヒーレント光とともに記録する処理を示している。

20

【0018】

一のシーンでは、本発明は、例えば、ホログラムにより製造されたLSD(Physical Optics社の光成形拡散器、又は同様の拡散スクリーン)を用いて、N個の電子的に生成された2次元塩蔵をHPOのディスプレイ面を介して投影することにより、ホログラムのステレオグラムの技術を逆にする。エンジニアリングプロトタイプは、3から10の角度スライスを有しており、一方、商用のプロトタイプは、20(初めのプロトタイプ)から60(進歩したプロトタイプ)又はより多くの角度スライスを有している。各2D画像は、1度の角度スライスのために、カメラの位置が約1度(あるいは角度スライスディスプレイ画像空間内の1度と同じ)離れた状態で特定の位置のカメラにより見られるように、完全な視角の角度スライス(角度スライス毎に約1度)である。角度スライスは、2Dビューの特定のピクセルに当たる光を意味する。単一のプロジェクタからの2D画像全体が60度以上で投影される一方、特定の2Dビューにより照射される特定のピクセルから放射される光は、水平方向に約1度のFOVで放射する(垂直方向に約30から60度)。したがって、特定のディスプレイは、60度のFOVを網羅する少なくとも60の2D画像により照射する必要があり、2D画像ピクセルそれぞれの投影が、1度のみを網羅するディスプレイスクリーンピクセルに当たる。個別の2次元画像は、(描画される)3次元データから生成され、Texas Instrumentのデジタルミラー装置(DMD)、好適な実施例のための2D画像毎の通常の1のDMD(又は他の2Dマイクロディスプレイ装置)によりリプレイされる。この技術は、完全な視差に拡大できるが、簡略化と初期費用のために、HPOシステムが現在好適な実施例である。

30

40

【0019】

例示的な実施例

50

スキャニング角度スライス3Dディスプレイ

図7は、画像面に戻る単一要素の投影の概略を示している。レーザ光又は平行の単一色のインコヒーレント光（例えば、平行の狭域のLED照射）が、約24度の角度でTexas Instrument (TI)のデジタルミラー装置(DMD)に当たる。シリコン上の液晶(LCOS)マイクロディスプレイは、移動しない部材の設計の別の可能性である（必要とされる低いフレームレート）。概略的に示したスキャニングミラー設計の場合、TI装置の高いフレームレートは非常に魅力的であり、適切なリフレッシュレートのための装置をほとんど必要としない。「オン」位置のDMDが、SLMに垂直な12度の角度を有するので、総てのオンのピクセルが、24度の入射のためのSLIMに垂直な入射光を反射する。従来の無色のリレーレンズは、DMD画像の焦点を合わせ、スキャニングミラーは、プロジェクションレンズ（おそらく、ディスプレイに取り付け及び合致させるのを容易にするために四角形に形成される）で構成される各角度スライスビュープロジェクタに光線を分配する。

10

【0020】

量産されたディスプレイ用の通常のターゲットは、60の2次元画像の配列を有することである（60度のFOV、2Dビュー毎に1度）。プロジェクションレンズ配列は両側からスキャンされ、3つのDMD（各色に対して1つ、2色性のミラーと組み合わされる）が、1秒につき30から50のフレームで10から15のプロジェクションレンズを更新する。ディスプレイ画像面のLSDは、各2D画像を60度の直角に分散し、水平角は、それぞれのビューが、水平面のLSDにより水平方向に表示する1度に分散された状態で、複数のビューにより提供される。

20

【0021】

DMDが更新可能なレートは装置の各世代により改良され、20年以上TIにより製造されている。図8は、従前の世代の装置の更新レート対ピクセルビット深さを示している（高速の新しい世代の開発DMD、最大で16,300FPSのDiscovery3000は、現在、2005年秋に利用可能なプレビュー仕様を有する）。

【0022】

スキャニング角度スライス3Dディスプレイ光設計

図9は、エンジニアリングプロトタイプ装置の潜在的な光設計を示している。この設計は、Zemaxで開発され、5つの角度スライスチャンネルを有している。ディスプレイスクリーン110の視点からプロトタイプ装置のために計画されたストロボLEDライティング（LEDライティングは図示せず）を効果的に利用し、投影光学に適した大きさを有するために、投影レンズ140は、約4度の視界を必要とする。計画されたLED照射（図示せず、LumiledのLuxeon高電力LED）は、 $f/2.9$ 以下のコーン内に20mm以下の直径を有し、LED照射を効率的に使用するために投影レンズの大きさを設定する。設計の仕様が、ディスプレイスクリーン110から見られるように1度の視角毎に投影レンズ140を有することであるため、視界は、投影レンズを2つの水平な列に配置することにより投影レンズ140の間の2度に減少する。5つのチャンネル設計は、5つのチャンネル及びDMDの第2のセット（チャンネル及びDMDの第2のセットは図示せず）により2重化され、1度オフセットされる。投影レンズ140の視角は、ディスプレイスクリーン110に対して所望の1度の視角を実現する。この4つの水平面の構成の投影レンズ140の垂直の範囲は約8度であり、重要な方式でなく、垂直の視界全体を非対称にする。ディスプレイスクリーンHOE110（POCのLSD）は垂直方向に60度光を分散するため、 $+/-4$ 度の非対称は、ディスプレイの性能に影響を及ぼさない。

30

40

【0023】

図9を参照すると、設計が、DMD装置130から開始している（照射設計は、簡略化のために省略されている）。リレーレンズ150は、DMD画像をスキャニングミラー100に運び、DMD画像が更新され、1の投影レンズから次にレンズにスキャンされるときに、中間の画像面が、各投影レンズ140の前のスキャニングミラーの後ろに形成される。スキャニングミラー100のステップ時間は1ミリ秒以下であり、DMD130から

50

の画像毎の全体の時間は4ミリ秒以下である(1秒につき50フレームの割合で更新される5つの角度スライス、フレームにつき4msのDMD130から全体で250FPS)。LED照射(図示せず)は、100ナノ秒以下の立ち上がり時間でストロボされ、照射は、不鮮明や画像のエイリアシングを阻止すべく、1ms以下のミラー100のステップ時間、無効にされる。投影レンズ140を通過した後、各2D角度スライスの画像が、ミラー70からHOEディスプレイスクリーン110に反射する。投影レンズ140がスキヤニングミラーの周囲に発散弧を形成し、ディスプレイスクリーン110を網羅しないため、ミラー70は、投影レンズ140の後に必要とされる。各投影レンズ140が付随するミラー70により、2D画像が各角度からディスプレイスクリーン110への収束できる。

10

【0024】

図10は、商用のプロトタイプに適した光設計を示している。10のチャンネル180ように実施されたスキヤニングミラー200の設計が示されている(実際には9のチャンネルのみが示されており、10番目のチャンネルは省略されている)。1度のオフセットで実施されるこれらの10のチャンネルシステムのうちの4つは、40のチャンネルの商用システムに繋がる(+/-20度の視角のために、1度分離した40の角度スライス)。この実施例は、それぞれが1度の視界を有する20のチャンネルに繋がる10のチャンネルシステムの上下のミラー画像(図示せず)を必要とし、角度スライスチャンネル毎の1度の視界を有する全体で40のチャンネルに繋がる左右のミラー画像(図示せず)を必要とする。

20

【0025】

説明する商用のスキヤニングミラーのプロトタイプは、40の角度スライスチャンネルの全体で12のDMDのために、10の角度スライスのセットにつきXキューブを介して組み合わされた3つのDMD装置を必要とする。リフレッシュレートは、DMD毎の300から500のフレームレート全体の場合、角度スライス毎に1秒で30から50フレームである。各フレームのための全体の時間は2から3msであり、ミラーの移動時間は1msより短い。したがって、照射時間(時間通りのLEDストロボ)は、フレーム毎に1から2msである。このような商用の設計は、「ハイカラー」高解像度の3Dディスプレイ用の少なくとも15ビットの色(おそらく、リフレッシュフレームレートに応じて、ミラースキヤンタイプが1msよりもどれくらい少ないかにより、最大で21ビットの色)を可能にする。

30

【0026】

移動しない部材の本当の3D角度スライスディスプレイ

代替的な移動しない部材の好適な実施例の商用の設計は、同じような投影レンズのレイアウトを利用するが、スキヤニングミラー及びリレーレンズを完全に省略する。この設計では、単一のマイクロディスプレイは、角度スライスチャンネルそれぞれのために利用される(チャンネル/プロジェクションレンズ毎に1の2D画像を生成するマイクロディスプレイ)。図11は、光チャンネル毎にDMD230を有する3つのチャンネルシステム90のための例示的な光学的なレイアウトを示している。40のチャンネルの商用のシステムの場合、40のDMDが必要とされ、60の角度スライスシステムの場合、60のDMDが必要とされる。これは一見すると浪費のように思えるが、実際は、電子機器が2倍の速度で18ヶ月の密度で持続するとともに(この動作で数年持続する)、価格は下落し続ける。数年の間、60のDMDの本当の3Dディスプレイの大量生産は浪費であると全く思われないであろう。チャンネル角度スライスディスプレイ毎のこのような単一のDMDのための色の実現は、連続的な色による(Xキューブを介して組み合わされる3つのDMDによる同時に存在する色)。連続的な色の場合、各色は、単一の色の完全な画像のためにストロボされ、60Hzのリフレッシュレートの場合、DMDは180FPSで動作する(1色につき3色の時間60FPS)。このリフレッシュレートでは、DMDは、本当の色の(24ビット又は1600万色)高解像度の本当の3Dディスプレイのために、1色につき完全な8ビットの変調が容易にできる。各LEDカラーのストロボは、ディスプレイにより同期され、リセットの間、光は輝かず、LEDの100ナノ秒の上がり下り時間の場合、

40

50

非常にハイコントラストであり、基本的に画像ぶれがない。DMD又はLED照射のいずれも、本発明又は設計に固有ではない。好適なマイクロディスプレイ(LCOS、LCD、強誘電性、レーザスキャニング等)及び好適な照射源(UHPランプ、キセノンランプ、レーザ源等)は、本当の3D角度スライスディスプレイシステムを製造するのに用いてもよい。

【0027】

角度スライスの本当の3Dディスプレイの照射システム設計

多くの他の光源が作動するが、ストロボされた高電力のLED照射が、角度スライスの本当の3Dディスプレイのための好適な代替的な光源として選択される。現在選択されている高電力のLEDは、LumiledのLuxeonシリーズであり、特に、赤色LED用のLuxeonIII装置、緑及び青色LED用のLuxeonV装置であるが、これらは、他のLED光源又は他の光源により容易に置換できる。

10

【0028】

通常、照射は、マイクロミラーが「オン」の状態に垂直な表面に対して傾斜しているため、DMD装置の軸外で導入される。提案されたDiscovery1100DMDの場合、「オン状態」の角度は12度であり、照射が、垂直から24度で導入され、「オン」のピクセルから反射した光が、DMD表面に垂直に離れる。画像を逆にするにより(「オフ」ピクセルを「オン」に変化させることにより、また反対も同様である)、DMDは、代替的なフレームの両面から照射される。ストロボのLEDを用いることにより、これは、DMDの実際の放射電力を2倍にする。総ての他のフレームは反対側から照射され、LEDが、50%のデューティサイクルを有する2倍の電力でストロボされる。TIとの話し合いは、「オフ」側からの照射の概念を確認した。縁部周囲の光の帯域を取り除くために、いくつかの注意が必要である(画像は、中間的な画像位置で切り取られるべきである)。「オフ」ピクセルからの光は、48度で反射し(これらは、「オン」ピクセルに対して24度の角度であるため)、両側照射の両側でビームダンプに入る。

20

【0029】

律動的な(ストラボ)LED源は、CW源よりも高い電流で動作でき、角度スライスディスプレイスクリーン用の多重化されたディスプレイと互換性がある。LuxeonLEDの光の立ち上がり時間は100ナノ秒よりも短い。例えば、発明者は、Lumiledの高電力のLEDの試験を監督し、20マイクロ秒の20アンペアで700mAの電流CWで評価され、より高い周波数が可能ではあるが、現在のところ、最大で60Hzのパルス反復周波数で可能である。ディスプレイに必要とされるパルス長は、原理及びフレームレートを動作する特定のマイクロディスプレイ装置の機能である。TIのDMD装置の場合、予想されるパルス長は、1から4ミリ秒のオーダー(order)であり、部材が移動しないディスプレイ設計を有する両側の照射のための25%から最大で50%のデューティサイクルを有する。パルス状の電流は調整され、LEDからの正味の電力は、CW電力レーティングと等しいか、それよりも小さい。現在の情報は、温度が過度に動作したLED源の失敗の原因であることを示している。通常、LED駆動電流からの熱による熱膨張は、導線に接着パッドを引き起こさせ破壊する。基板の温度をCW定格温度よりも低いレベルに維持することは、ストラボLED解決法に危機的であり、能動冷却は通常が含まれ(例えば、熱電力冷却)、ストロボパルスの間であってもLEDを定格温度以下に維持する。Lumiledは、CW駆動電流を最大で1,400mA、従前の700mAの倍にする赤色のLuxeonK2LEDエミッタを製造している。Lumiledの高電力LEDの他にも、Osramは、高電力のLEDの競争力のあるラインを製造している(GoldenDragon)。Osramラインは、Lumiledの後の約1の世代であるが、別の高電力の代替品を提供しない。表2及び表3は、RGBのLEDから利用可能な通常の光束を示している。赤のLuxeonIIIの場合、約140ルーメンが通常利用可能であり、緑のLuxeonVの場合、約160ルーメンが利用可能であり、青のLuxeonVの場合、約48ルーメンが利用可能であり、RGBの組み合わせの場合、350ルーメンまでの総てが利用可能である(Xキューブを用いて2色で組み合わせた

30

40

50

)。

表2 1, 400mAにおける Lumileds Luxeon III Star の光束

色	Luxeon エミッタ	最小の光束 (lm)	通常の光束 (lm)	放射パターン
		$\Phi_V^{[1,2]}$	$\Phi_V^{[4]}$	
赤	LXHL-LD3C	90	140	均等拡散
赤-オレンジ	LXHL-LH3C	120	190	
アンバー	LXHL-LI3C	70	110	

表3 700mAにおける Lumileds Luxeon V Star の光束

色	部品番号	最小の光束 (lm) 又は放射パワー	通常の光束 (lm) 又は放射パワー	放射パターン
		$\Phi_V^{[1,2]}$ (mW)	$\Phi_V^{[4]}$ (mW)	
緑	LXHL-LM5C	67.2	160	均等拡散
シアン	LXHL-LE5C	67.2	160	
青 ^[3]	LXHL-LB5C	23.5	48	
ロイヤルブルー ^[4]	LXHL-LR5C	275 mW	700 mW	

10

【 0 0 3 0 】

20

ライトパイプとリレーレンズの組み合わせを用いた予備的な照射の設計は、約70%のT IのD M Dの照射効率を提供する(これは勿論、光のバランスを介して進歩するため減少するが、これは、T IのD M Dの光 f / # が既に、システムのバランスの f / # に合致した状態である)。この照射設計は、1のT IのD M Dの光エンジンにつき6のLuxeon L E Dを使用し、各光エンジンは、700ルーメン以下により照射される(およそ70%の効率で、これは1の光エンジンにつき500ルーメンに落ちる)。2つの光エンジン/D M Dを有するエンジニアリングプロトタイプの場合、完全に利用可能な光は約1400ルーメンである。ディスプレイスクリーンを介して(公表されたルーメンとは反対に)500以上の実際の利用可能なルーメンを有することが可能であり、見るのに適した照射が生じる。ストロボ照射を有する両面の照射設計(定格のLuxeon平均電力を維持する)は、魅力的な照射設計を作り、約60ワットの電力を必要とし、2つのD M Dの両側の照射のために、予想される500ルーメン以上のディスプレイからの光を生じる(1400ルーメンは実際に照射源で利用可能である)。

30

【 0 0 3 1 】

エンジニアリングプロトタイプディスプレイの場合、照射は「モノクロ」であり、すなわち、R G BのL E D照射は、Xキューブにより2色で組み合わせられ、総ての色がD M D装置に同時に当たり、モジュレーションは、R G BのL E Dの直和により生成される色のグレースケールのモジュレーションである。

【 0 0 3 2 】

商用のプロトタイプ設計の場合、ストロボの高電力のL E D照射は、照射のために計画された好適な代替例である。角度スライスディスプレイの2つの好適な代替的な変更例は、商用のプロトタイプのために製造中である。現在の設計は、2つの検流計スキャンミラーにより10の角度スライスを動作させる3つのD M D(各色に一つ)を有するスキャンミラーディスプレイである。40の角度スライスの場合(40度の水平の視差、2 D角度スライスにつき1度)、10のチャンネルシステムのうちの4つがディスプレイに組み込まれる。10のチャンネル装置に対するストロボL E D照射の700の場合(前述したエンジニアリングプロトタイプのために説明する)、40のチャンネルシステムの完全に利用可能なルーメンは、約2800ルーメンであり、本当に明るいディスプレイを作る。L E Dの各色は個別のD M Dのみを照射し、D M Dからの画像が2色のXキューブにより組み合わせられる。1の角度チャンネルに対して30から50のリフレッシュレートの場合、各D

40

50

M D用の全体のフレームレートは、300から500FPSである。1フレームに対するミラースキャン時間が1msの場合、時間に基づくLEDのストロボは、1フレームにつき1から2msである。片側(DMDの両側の照射)から他の総てのフレームを照射することにより、ディティサイクルは25%から35%の間であり、同一基準により高いLEDのパルスに対するストロボ電流を有する。

【0033】

代替的で好適な設計(及び最適な設計)は、1の角度スライスチャンネルにつき1のマイクロディスプレイ/DMD(1の投影レンズにつき1のDMD)を有する移動しない部材のシステムである。この角度スライスディスプレイでは、照射は高電力のストロボのLEDのままであるが、色は、3つのDMDから2色で色の画像を組み合わせるのではなく、DMDの連続的な照射による。これは、1のマイクロディスプレイ/DMDが投影される総ての角度スライスのために使用される場合、低減されたフレームレートにより実現可能である。このようなシステムを用いると、各色の60FPSのリフレッシュレートは、前述したスキャンミラーシステムに必要な300から500FPSとは対照的に、180FPSのDMDフレームレート全体を必要とする。個別の赤、緑、青の画像は連続的に投影される。このような場合、3つのLED(赤、緑、青)が、2色のXキューブ結合器を介して各DMDを照射する。赤の画像がDMDにロードされ、赤のLEDがストロボし、青の画像がロードされ、青のLEDがストロボ等する。LEDのディティサイクルは約33%であり、LEDは、各画像がリセットする間ストロボしない。これは、角度スライスチャンネル毎に利用可能な約350ルーメンを作る(高電力のLuxeonLEDを用いて)。40のチャンネルの場合、40のDMDシステムが、片側のストロボのLED照射により利用可能な14,000ルーメンを潜在的に生成する。移動しない部材のシステム用の多数のチャンネルが増加すると、利用可能な光の電力が直線的に増加する。両側のLED照射を有する60のチャンネルシステムは、潜在的に利用可能な42,000ルーメンを有する。この場合、低電力のLEDカラーのストロボは、(電力が減少するとともにLEDの大きさが減少するため)潜在的に小さな光により利用できる。代替的に、これは、大きな部屋又は講堂を満たす十分な光を生成し、角度スライス3Dディスプレイは、非常に多くの聴衆に対して中間の大きさの投影ディスプレイとして利用できる。

【0034】

角度スライスの本当の3Dディスプレイスクリーン

Luminitt/POCからの「光成形拡散器」の素材は、角度スライスリアプロジェクションシステム用のディスプレイスクリーンHOE(ホログラフィック光要素)のための名目上の選択肢として特定される。これは、ホログラフによりエッチングされた高効率の拡散素材であり、92%の光の利用効率で設計した角度の拡散する。0.5度から最大で80度の拡散角度を有する市販の拡散器が利用可能である。この素材は、何年も利用可能であり、一般に機械視覚又は構造的な応用のために、照射を成形するために利用される(直接的で非対称的なライティング)。拡散器のための予備の製造業者は、例えば、Wasatch Photonics、民間のHOEの製造業者のHOEを含む。競合するホログラムの拡散素材を有する別の会社は、Wavefront Technology社であり、そのTMD(調整されたマイクロディフューザ)素材は、POC素材と同じような仕様を有する。好適な非対称的な拡散特性を有する素材は、ディスプレイスクリーンのために利用することができ、必ずしもHOEを有する必要はないが、これは現在のところ拡散スクリーンのための装置の選択肢である。

【0035】

従来の光設計作業は、Luminitt/Physical Optic Corporation(POC)の光成形拡散器(LSD)を使用するが、同じように他の非対称的な拡散素材を用いてもよい。LSD素材は、水平方向に2度(FWHM)×垂直方向に60度(FWHM)の拡散領域で提供される。この素材は、現在計画されている1度の角度スライスの視界領域を構築するのに適している(スクリーンに対してプロジェクタの分離角度、等しいディスプレイ/拡散スクリーンからの観察者とプロジェクタの距離)。図1

2 は、1次元の0.5度の拡散角と他の次元の40度の拡散角を有するように設計された、これらのホログラムにより符号化された拡散器のうちの一列のマイクロ構造を示している。Luminit/POCの技術仕様書による完全な拡散角は、二乗平均平方根(RMS)として加算され、POCの1度の水平なLSDを通過した後のTIのDMDからの0.5度のFWHMピクセル用の全体の拡散角は、約1.1度FWHMである。

【0036】

光を成形する拡散素材の特徴：

- ・LSD表面レリーフホログラムは、ホログラムにより記録されたマスターから複製される。

- ・完全にランダムで周期的でない構造は、ランダムなマイクロ小型レンズとして考えられる。

- ・LSDは波長に依存せず、白、モノクロ、コヒーレント、インコヒーレント光で動作する。

- ・LSDは光を発散し、負レンズを模倣する。

- ・LSDは平行は光で最もよく動作するが、平行でない光でも同じように動作する。

- ・ランダムな構造は、モアレや色の回折を除去する。

- ・入射光は規定された領域内で制御される。光は、光の制御及び利用性により、これらの境界から逃げず、したがって、光子の利用を最大化する。

【0037】

完全な照射では、TIのDMDから出る光は、+/-12度のコアを有する(約f/2.4)。システム及びプロジェクションレンズによる拡大の後(20インチのディスプレイスクリーンを満たすための約36倍の要素)、各ピクセルから出る光は、+/-0.33度のコアを自然に形成し、水平面で所望されるものから離れておらず、水平面で所望されるものよりも少なく、各ピクセルが、60度以下の角度でそれぞれ照射する。LSD(又は代替的なTMD/他)素材は、一の面の非常に制限された光の分散と、他の面の非常に大きな光の分散を提供することによりこの問題を解決し、各ピクセルは、水平面で約1度で見ることができ、垂直面の60度のオーダー(order)でも見ることができる。

【0038】

HPOの角度の関係

注意深く区別されるべき関連する角度の関係が存在する。プロジェクタがディスプレイ/拡散スクリーンの中心に対して作る角度が存在し、スクリーン上の垂直のストリップが、観察者に対して互いに作る角度が存在し(HPO実施例用)、プロジェクタが、観察者の位置に対して互いに作る角度が存在する。最後に、特定のディスプレイスクリーンに関連する固定の水平の拡散角が存在する(再び、HPO用)。

【0039】

スクリーンに対する観察者とプロジェクタの距離が等しい場合、観察者に対するプロジェクタ間の角度は、スクリーンの水平方向の拡散角(FWHM)の4分の1であり、理論上、垂直のストライプを正しく混合し、スクリーンの中心に対するプロジェクタ間の角度は、スクリーンの水平方向の拡散角(FWHM)の半分である。一旦正しく構築されると、これらの角度の関係は、総ての利用可能な観察者の位置でストライプをよく混合された状態で維持する(観察者が視界の重要な部分を見る位置)。

【0040】

フロントプロジェクションディスプレイ

基本的に現在の設計作業は、コンピュータモニター又は同様の機能として何人かが使用するためのリアプロジェクションディスプレイを目的としている。しかしながら、その特性により、角度スライスディスプレイは、リアプロジェクションに限定されない。フロントプロジェクションディスプレイとして使用する必要があるものすべて、透過性ではなく反射する拡散スクリーンである。これは、少なくとも2つの異なる形式により実現できる。選択的に拡散する反射スクリーンを作る初めの方法は、反射層をLSD又はTMD拡散器の後ろに置くことである(例えば、拡散器の後ろの金属フィルム又はブロードバンド誘

10

20

30

40

50

電性反射層)。第2の方法は、非対称的な拡散スクリーンを金属又は反射層から直接製造することである。スクリーンの両方のタイプは、例えばL u m i n i t / P O Cから商業的に直接入手できる。

【0041】

ホログラフレンズのない(仮想的なレンズ)投影レンズ

提案されたデジタルマイクロディスプレイは、効果的に回折格子(暗い線と明るい線の配列)を表示する能力を有し、ホログラムが複雑な回折格子であるため、各2D画像をホログラムのようなマイクロディスプレイに表示するためにマイクロディスプレイを使用することは考えられ、拡散ディスプレイスクリーンに対する画像の投影は、物理的な投影レンズを必要としない。非常に制限された視角(すなわち、1度から最大で数度)でホログラムにより2D画像または3D画像を投影することは、十分な角度範囲の本当の3D画像を投影することよりも容易である(これは非常に困難であり、十分な角度と空間的な範囲すなわち、10cm以上の空間的な範囲を有する約5度を超えた角度範囲を有するホログラムをリプレイする本質的に電子デジタルホログラムの現在の状態を超えている)。これは、入射光線とホログラムにより投影された画像との間の僅かな角度のみが2D画像を投影するのに必要であるためであり、不当に小さいピクセルは必要とされず、ホログラムは、従来のマイクロディスプレイのピクセルサイズにより投影できる(約5ミクロンから約25ミクロンのピクセルサイズのオーダー)。この物理的な可能性を実現すべく、古典的なホログラムの修正がなされる。

・ホログラムは、干渉/回折(ホログラム)の周辺部が、マイクロディスプレイのピクセル空間が可能なほど物理的に近くないように設計しなければならない(少なくとも2のピクセルは周辺部を跨ぐ必要がある)。これを実行すべく、仮想的な投影レンズに必要な波面に非常に合致する参照波を利用すべきである-参照波(実際のディスプレイのために照射源からの照射される波面)は、「仮想的な投影レンズディスプレイ」と非常に異なり、2Dホログラムのヘテロダイン方式の搬送周波数フリッジを提供するように、設計されるべきである。一般に、投影された波面が球形である場合、これは、参照光線が球形であり、所望の2D投影波面に非常に合致することを意味する。他の物体の光線の波面形状の場合、参照光線は同じように合致する。デジタルホログラムディスプレイの場合、実際の参照光線は、ホログラムを形成するのに必要ではなく-参照光線は、DMD上でホログラムをデジタルに形成する仕方を決定するために使用される機械的な構造であることに留意すべきである。

・マイクロディスプレイ上に表示するホログラム(対象)は算出すべきである(参照波及び物体波により形成されない)。算出されたホログラムは、所定の2D画像(又は2D画像の映像ストリーム)がデザイン画像面に焦点を合わせて照射され、照射源からデザイン画像面に特定の形態の波により照射されると仮定することにより生成される。次に、マイクロディスプレイの面に戻る波面の変化を算出することにより、デザイン画像面で開始することにより、マイクロディスプレイにおける物体の波面が算出できる。同様に、参照光線の波面がマイクロディスプレイの面で算出され、前述の1の条件に合致するように設計される。

・マイクロディスプレイ面における物体の光線とマイクロディスプレイ面における参照光線の場合、マイクロディスプレイにより表示されるホログラム(回折格子)は、物体の光線と参照光線の波から算出された電界を加算し、複雑な結合センス(conjugate sense)で平方を取ることにより算出され、実際の回折格子を算出する。表示される回折/干渉格子の算出で2つのクロスターム(ホログラムターム)のみを維持して、この算出された回折格子(参照電界の平方と物体の電界の平方)の自己相関のタームは省略することができることに留意すべきである。

・ホログラムを算出するのに用いられる仮想的な参照光線に非常に合致する参照光線(又は「結合した参照光線」)を用いてマイクロディスプレイホログラムを照射することは、ホログラムのリプレイで現われ、所望の物体の波が、デザイン画像面にほぼ焦点を合わせて投影される。

10

20

30

40

50

・所望のホログラムに回折する光は、リプレイ参照光線がマイクロディスプレイに当たる角度を調整することにより強化され、ホログラムの回折格子は、実質的に「ブリーズ回折格子」である（反射鏡の参照光線の反射角が拡散角に合致するようシステムを構成する）。さらに、リプレイの光線が収束波である場合、及び/又はデザイン画像面に焦点が合う所望の物体の光線が実質的に収束波として開始するようにシステムが構成されている場合、空間的なフィルターが、リプレイ光線が近づいて、システムからゼロ次リプレイ光線を取り除き、物体の光線の複雑な結合（球形の発散波）を実質的に取り除く点を形成する面で利用できる。代替的に、物体の発散波の利用と、ホログラムリプレイからの物体の収束波の空間的なフィルタリング（最も焦点の合った）を可能にしてもよい。物体の光線に非常に合致する参照光線による高効率のブリーズ回折格子の設計の場合、空間的なフィルタリングは全く必要とされない。

10

【0042】

時間的に連続した方式で赤、緑、及び青の画像（又は実質的に白を形成可能な他の一連の色）用のレンズのないリプレイを実行することにより、又は3つのサブマイクロディスプレイを用いて、これらを2色で結合することにより、各マイクロディスプレイのフルカラーの2D画像は、デザイン画像面で形成され、観察者のそれぞれの目が、観察者が位置を変えると変化する様々な画像を見、これにより、観察者のために、投影レンズの利点を持たない本当の3D画像を形成する。

【0043】

完全なレンズのない媒体に加え（投影レンズが全くない）、前述の技術は、簡素で安価のレンズから収差を除去するのに用いられる。波面が安価なレンズを介して続き、リプレイされ安価なレンズを通過するとき、安価なレンズの総ての収差がリプレイのために計算され、画像が、完全に成形されデザイン画像面に焦点が合った状態で到達する。

20

【0044】

機械的なレイアウト及び光学機械の設計

光学機械の設計者の仕事は、総ての構成部材を梱包し、必要に応じて、合理的な空間にフィットさせ、優れた温度管理をし、確実に移動させることである。特に、熱の管理と安定性は重要であり、検流計のミラースキャナのための配置及び取り付け設計は、角度スライスディスプレイのスキャニングミラーバージョンの問題である。移動しない部材の実施例の場合、機械的な熱の安定性及び熱の除去は、主要な問題になる。様々な製造者によるスキャニングミラーの実施例の調査が行われ、9の異なる製造者のスキャナが調べられた。以下の表4は、特定の製造者の例示的な仕様を示している。この特定のスキャナの場合、ステップの反応時間は650ミリ秒であり、反復は2マイクロラジアンであり、熱ドリフトは、1度につき約9マイクロラジアンである。これらは総て、角度スライスディスプレイのスキャニングミラーバージョンの好適な性能仕様である。特に、スキャニングミラーからディスプレイビュースクリーンまでの75cmの経路長（かなり長い）の場合、30度の温度逸脱は、約270マイクロラジアン、又はゼロ位置の1ピクセルの移動以下のゼロ点移動を生じることには留意すべきである。また、反復仕様は、約2マイクロラジアンであり、または1%のピクセルよりも少なく、予想されるジターは、人間の目が認識できるものよりも小さいことに留意すべきである（約2ミクロン - 通常の腕の長さでは、良い目は10ミクロン以下を認識できる）。通常のケーブルテレビ（HD又はデジタルでない）の電子的なジターは通常、1ピクセルのオーダー（order）である（対照的に、通常のコンピュータのモニタのジターは1のピクセルよりも小さい）。

30

40

表4 検流計ミラースキャナの例示的な仕様

仕様	ユニット	性能
Excursion	Degrees Optical	±48
ローター慣性	Grams-Centimeters ²	5.1
推奨される光線開口	Millimeters	20-50
小さなステップ反応(5.8 gm-cm ² load)	Microseconds	(合致した慣性荷重) 650
トルク係数	Dynes-cm/Amp	2.8×10^3
コイルインダクタンス	Micro Henrys	(1000Hz) 450
コイル抵抗	Ohms	5.8
角度感度	Micro Amps/Degree	100
反復性	Micro Radians	2
線形性	Percent. Maximum	99.9
ゼロ点移動	µrad/degree C, Max	9
ゲイン移動	ppm/degree C, Max	30

この特定のスキャナは、Nutfield TechnologiesのQuantum Scan-30である

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

図13は、10のチャンネルを具えるエンジニアリングプロトタイプ角度スライスディスプレイの半分の例示的な光学機械のレイアウトを示している。総ての構成部材は、実際のスケールサイズで示されており、参考までにディスプレイスクリーン310は、19インチの対角線を有する。この図は、3DエンジニアリングCADプログラムで描かれた。

【 0 0 4 6 】

図14は、20のチャンネルを具える商用のプロトタイプの例示的なエンジニアングレイアウトを示しており、チャンネル毎に1のDMD430を具えている。非常に高い確率で、この例示的なシステムレイアウトに示すリレーレンズ450の多く又は総てが、非常にコンパクトな商用のプロトタイプを製造するために取り除かれる。角度スライスシステムの1のDMDは、多くのディスプレイチップ/DMD430を必要とするが、移動する部材がなく、非常に簡素化された光であるという非常に大きな利点を有する。Texas Instrumentは、1920×1080ピクセル解像度のDMD装置を提供している。これらのうちの20を商用のプロトタイプで使用するにより、フレーム毎に12Mピクセルの3Dディスプレイを生み出し(時間的に連続した3色の場合、40Mピクセルモノクロ)、鮮明な3Dの解像度を保証する。片側の高電力LED照射160の場合、6000ルーメンは、LED源160で利用可能であり、ディスプレイ410から少なくとも3000ルーメンを生ずる。

【 0 0 4 7 】

角度スライスの空間分解能 (spatial resolution) 及び焦点深度

拡散スクリーンにおける角度スライスディスプレイの空間分解能は、プロジェクタが画像の生成に利用される完全な解像度と同じであり、すなわち、プロジェクタが1920×1080の解像度を有している場合、ディスプレイスクリーンや、スクリーンの近くのディスプレイの解像度は、1920×1080の空間分解能を有する。

【 0 0 4 8 】

物体がZ次元(スクリーンに垂直)でスクリーンから離れるように移動すると、物体の解像度は、画像内のエイリアシングアーティファクト(低周波のふりをする高空間周波数)を阻止すべく、角度スライス解像度よりも高くてはいけない。これは、基本的に物体の解像度が、ディスプレイスクリーンに対して焦点深度を有することを意味する。例えば、1度の角度スライスの解像度により(スクリーンの中心に対するプロジェクタ)、スクリーンから2cmの物体は、350ミクロン[$= \sin(1 - \text{度}) \times 0.02 \text{ m}$]よりも大きい空間分解能を有することができない。

【 0 0 4 9 】

3Dデータセット又は既知のZ距離を有する他の3Dデータの必要とされる焦点深度を

提供するアルゴリズムが文献で周知である。同様に、複数のカメラの場合、好適な焦点深度を有するカメラは、ディスプレイに合致できる。

【0050】

アルゴリズム及びソフトウェア

3D画像操作の場合、「同種」の座標が利用される。この座標システム（第4の座標、 ρ （ ）を3Dデータセットに追加する）の選択は、総ての3Dデータ変換を線形化し、線形代数が、総ての座標及び画像変換のために利用できる（非線形的な三角関数の使用を避け、分析を加速/単純化する）。各2D角度スライスの演算は並列処理され、必要に応じて個別のCPDが各スライスを演算する。図15は、演算フローを概略的に示している。

10

【0051】

観察者の視点及びプロジェクタの視点からのレンダリングアルゴリズムが、図19の説明で概説される。

【0052】

1度離れた60の異なる視点の例示的なDirectXレンダリングプログラムが提供されている。

【0053】

ソフトウェアシミュレーション

1度の解像度を有する角度スライスディスプレイからの画像の質をさらに示すために、ソフトウェアデモンストレーションが開発された。図16は、ソフトウェアDemoから取得された2つのスクリーンショットを示しており、スクリーンからの視点が、観察する物体（キューブ）に対して1度変化する。仮想的な物体（キューブ）の中心が、図示されたショット用のスクリーンの中心から11.20単位で配置され、キューブは、各外側部分で4単位である。スクリーン自体の高さは1単位であり、単位は常に、ディスプレイのために使用されるスクリーンの大きさに関連する（フルスクリーンの高さは、これらのスクリーン取得ショットで取得されない）。物体のX位置は、2つのスクリーン取得の間で0.20単位により変化し、スクリーンから11.20単位の距離を指定する1度のサインに対応する。近い物体は動きが少なく、Demoは、物体が近くにあるいは遠くに移動するのを可能にする。動作中では、Demoは1度の解像度が非常に魅力的なビュー間の移動を可能にすることを示している。

20

30

【0054】

視野の限界の近視野

目がディスプレイに近づくと、目の焦点を合わせる能力以外に何も無い場合、ディスプレイの有用性が制限される。2Dディスプレイでは、これは、通常の絶対的な限界 - 例えば、テキストは通常、目が焦点を失う限界まで読むことができる。一方、ディスプレイに近づくと、いくつかの位置において追加的な詳細が現われなくなり、ピクセルエッジなどの必要でない追加的なアーティファクトが現われる。2Dディスプレイへの接近の有用な距離（追加的な詳細が認識されない距離、又はピクセルのアーティファクトが容易に認識され始める距離）は通常、250ミクロンのピクセルを有するディスプレイの場合、20から30インチ（500から750mm）である。この距離でさえ、通常のとて正確な人間の目はさらなる詳細を認識するが、一般に2Dディスプレイは、この距離でその目的に適う。

40

【0055】

角度スライス3Dディスプレイの場合、同様にこの制限を有する。さらに、目がディスプレイに近づくと、ディスプレイの利用可能な視野は制限される。角度スライスの狭い（1度）の提案された水平角広さの場合、ピクセルが見られるときに、目からピクセルを照射する垂直のレンズの投影まで水平面に線を引くことは本質的に可能であろう。我々が、少なくともディスプレイの半分が最も近づいた観察者によって見られると主張する場合、最も近い有用な距離は、スクリーンを照射するのに利用される1度の角度スライスの数と、中心のピクセル及び縁部のピクセルからレンズのまでの角度により制限される。レンズ

50

の構造は、本質的にマイクロディスプレイ（DMD装置）からスクリーン、及び $f/\#$ のレンズまでの拡大により決まる。0.55インチのSVGAのTI装置の場合、可能な照射は、約 $f/2.4$ であり、20インチの対角線のスクリーンを満たす拡大は約36である。前述した設計の場合、レンズとスクリーンの距離は約750mm（30インチ以下）であり、設計したように $f/\#$ を維持する必要がある。これは、レンズ距離が角度のタンジェントを指定し、又は約 $\pm 433\text{mm}$ ($750 \times \tan(30)$)、又は ± 30 度における中心ピクセルの照射のために ± 17 インチ以下）であるレンズの水平範囲を構築する。

【0056】

4:3の縦横比のスクリーンの場合、前述した20インチのディスプレイの総てのピクセルを見るための中心位置から最小の視距離は、約24インチである。中心位置からの最小の有用な視距離は、ピクセルアーティファクトにより決定する。スクリーンの半分を見るためのビューコーン（viewing cone）は、スクリーンの中心ピクセルから測定された ± 30 度である。

【0057】

視界領域（view zone）の状態が、図17に概略的に示されている。フルスクリーンとハーフスクリーンの間の2つのコーンにおける規定された中心ピクセルFOVコーン内の総ての観察者は、ディスプレイの半分以上を見ることができる（「ハーフスクリーン」線の一つの線上の目は、ディスプレイのまさしく半分を見る）。最も外側の投影レンズと両側の最も外側のピクセルとの間の角により規定されるコーンの内側の観察者は、ディスプレイスクリーンの100%を見ることができる。

【0058】

最大の有用な3D視距離

2Dディスプレイ用の最大の有用な3D視距離は、例えば、通常の大さのテキストが読み取り不可能な距離、又は顔の形状が認識できない距離である（明らかに、これは幾分主観的であり、物体又はシーンが表示されるものに関連する）。3Dディスプレイの場合、これらの状態が確かに維持されるが、妥当な頭の動作により新しいピクセル（他の物体により「隠されている」ため、以前は見られなかったピクセル）が現われない距離が存在する。代替的に、3D表示の最大の有用な距離は、単一のピクセルからの1度の角度スライスが双方の目を満たす距離として規定してもよい。妥当な頭の動きが瞳孔間距離（通常、55から75mm）よりも幾分大きいため、新しいピクセルを見るための妥当な頭の距離として6インチ（150mm）を採用する。この場合、1度の角度スライスでは、椅子に座ったときの視界の最大の有用な3D視距離は、約8.6メートル、又は約28フィートである。角度スライスディスプレイではピクセルが「連続」しているため（各ピクセルは、約1度の半値全幅を有する - これらは2元的に変化しない）、この距離では、双方の目は、総てのピクセルのために同じシーンを見ない。実質的に連続した方式では、シーンは、28フィートの距離であっても頭が動くと変化する。非常に大きな距離では、徐々に3D効果（それぞれの目における僅かに異なる視界）が減る。

【0059】

例示的な実施例の利点

本発明の一実施例である角度スライスの本当の3Dディスプレイシステムは、費用効率が高く、少なくとも以下の理由により有利である。これは、実際の物体を見ているように、隠れた線が総て取り除かれる画像の本当の3次元表示を提供する。代替的に、ソフトウェアは、必要に応じて物体を透明にしてもよい（隠れた線が見える）。観察者が頭を動かすと、窓を介した景色のようにシーンは連続的に変化する。それぞれの目が異なるシーンの光景を見、立体視を提供し、本当の3次元効果が実現される。しかしながら、観察者を世界と分離する窓とは異なり、物体は、同じ立体視と3D効果を有するビュースクリーンの前に表示される。このディスプレイは、3Dの器量データを本当の3Dディスプレイで見られることを可能にし、身体組織の幾何学的な関係を即座に理解でき、身体内に外傷又は他の問題があるかを即座に見て理解できる（例えば、レビューCTデータ、MRIデータ、

10

20

30

40

50

PETスキャンデータ、又は他の3D画像診断法のデータ)。このディスプレイは、本当の3Dでエンジニアリンググラフィックを見ることができ、装置の作業や、クリアランス又はメンテナンスアクセスが適切でないかを評価でき、または、エンジニアリングデザインが、より便利にし、管理可能にし、又は製造/維持費用を低減するために修正する必要があるかを評価できる。このディスプレイは、トレーニング運動又はシミュレーションに現実味を付加でき、これらを実物のようにできる。このディスプレイは、投影ディスプレイであって容積測定(volumetric)ディスプレイではなく、したがって、より多くの聴衆やある程度の双方向性に適している。このディスプレイは、ゲーム、映画、他のディスプレイエンターテイメントをより現実的にすることができ、したがって、ユーザにとってより楽しく面白い。

10

【0060】

本発明が提供する利点及び利益は、特定の実施例に関連して説明されている。これらの利点及び利益や、これらをより明確にさせ又は明確にする要素又は制限は、請求項の一部又は全部の重大で、必要で、又は本質的な特徴であると解釈すべきではない。ここで使用しているように、「具える」、「具えている」、又は他の類似語は、非排他的にこれらの語に付随する要素又は制限を含むと解釈すべきである。したがって、システム、方法、又は一組の要素を具える他の実施例は、これらの要素のみに限定されず、明示されていない他の要素又は請求される実施例に固有の要素を具えてもよい。

【0061】

本発明は特定の実施例を参照して説明されているが、この実施例は説明目的であり、本発明の範囲をこれらの実施例に限定するものではないと理解すべきである。前述した実施例に多くの変更、修正、追加及び改良が可能である。これらの変更、修正、追加、及び改良は、以下の請求項に詳細に示した本発明の範囲内にあることを意図している。

20

【0062】

1 .G. E. Favalora, R. K. Dorval, D. M. Hall, M. G. Giovinco, J. Napoli, "Volumetric three-dimensional display system with rasterization hardware," in Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VIII, Andrew J. Woods, Mark T. Bolas, John O. Merritt, Stephen A. Benton, Editors, Proceedings of SPIE Vol. 4297, p. 227-235 (2001).

2 .Sullivan, A., "A Solid-state Multi-planar Volumetric Display", SID Digest 2003, paper 58.3, p. 354-356 (2003).

30

3 .F. Okano, H. Hoshino, J. Arai, M. Yamada, and I. Yuyama, "Integral Three-Dimensional Video System", Proceedings of SPIE, Vol. CR76, Three-Dimensional Video and Display: Devices and Systems, pp 90-116 (2001).

4 .Gabor, D., "Microscopy By Reconstructed Wavefronts", Proc. Roy. Soc. London Ser. A A197, p. 459 (1949).

5 .Leith, E., and Upatnieks, J., "Reconstructed Wavefronts and Communication Theory", J. Opt. Soc. Am. 52, p. 1123 (1962).

6 .Leith, E., and Upatnieks, "Wavefront Reconstruction With Continuous Tone Objects", J., J. Opt. Soc. Am. 53, p. 1377 (1963).

40

7 .Heflinger, L. O., Wuerker, R. F., and Brooks, R. E., "Holographic Interferometry", J. App. Phys, 37, p. 643 (1966).

8 .Develis, J. B., and Reynolds, G. O., Theory and Applications of Holography, Reading, MA, Addison-Wesley, 1965.

9 .P. St.-Hillaire, M. Lucente, J.D. Sutter, R. Pappu, C.J.Sparrell, and S. Benton. "Scaling up the MIT holographic video system" Proceedings of the Fifth International Symposium on Display Holography (Lake Forest College, July 18-22, 1994), SPIE, Bellingham, WA, 1995.

10 .Voelkl, E., Allard, L.F., and, Joy, D. C, Introduction to Electron Holography, New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999.

50

- 1 1 . M. Stanley, R. W. Bannister, C. D. Cameron, et. al., "100-Megapixel Computer-Generated Holographic Images From Active Tiling: A Dynamic and Scaleable Electro-Optic Modulator System, Proceedings of SPIE Vol. 5005, p. 247-258 (2003).
- 1 2 . Balogh, T., "Method and Apparatus for Displaying Three-Dimensional Images", 米国特許第 6, 201, 565、2001年3月13日
- 1 3 . Balogh, T., "Pixel Element for a Three-Dimensional Screen", 米国特許第 6, 736, 512、2004年5月18日
- 1 4 . Balogh, T., "Method and Apparatus for the Presentation of Three-Dimensional Images", 米国特許出願第 20030058209、2003年3月27日
- 1 5 . Balogh, T., "Method and Apparatus for Displaying 3D Images", 米国特許出願第 20030156077、2003年8月21日 10
- 1 6 . Eichenlaub, J., "Apparatus and Method for Generating and Projecting Autostereoscopic Images", 米国特許第 6, 533, 420、2003年5月18日
- 1 7 . H. Nakumuna, H. Kamei, Y. Takaki, "Natural 3D display with 128 directional images used for human-engineering evaluation", Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XII. Edited by Woods, Andrew J.; Bolas, Mark T.; Merritt, John O.; McDowall, Ian E. Proceedings of the SPIE, Volume 5664, pp. 28-35 (2005).
- 1 8 . L. Cross, "Multiplex holography," paper presented at the annual meeting of the SPIE, San Diego, CA, August, 1977.
- 1 9 . D. J. DeBitetto, "Holographic panoramic stereograms synthesized from white light recordings," Applied Optics, V 8-8, pp 1740-1741, 1969. 20
- 2 0 . M. King, A. Noll, and D. Berry, "A new approach to computer-generated holography," Applied Optics, V 9-2, pp 471-475, 1970.
- 2 1 . M. Yamaguchi, N. Ohyama, and T. Honda, "Holographic 3-D printer," SPIE Practical Holography IV, SPIE Proceedings Vol. 1212, pp 84-92, 1990.
- 2 2 . M. Halle, S. Benton, M. Klug, and J. Underkoffler, "The Ultragram: A Generalized Holographic Stereogram," SPIE Practical Holography V, 'SPIE Proceedings Vol. 1461, pp 142-155, 1991.
- 2 3 . M. Klug, M. Halle, M. Lucente, and W. Plesniak, "A compact prototype one-step Ultragram printer," SPIE Practical Holography VII, 'SPIE Proceedings Vol. 1914, pp 15- 24, 1993. 30
- 2 4 . M. Klug, A. Klein, W. Plesniak, A. Kropp, B. Chen, "Optics For Full-Parallax Holographic Stereograms," SPIE Practical Holography XI, SPIE Proceedings Vol. 3011, pp 78-88, 1997.
- 2 5 . M. Halle, and A. Kropp, "Fast computer graphics rendering for full-parallax spatial displays," SPIE Practical Holography XI, SPIE Proceedings Vol. 3011, pp 105-112, 1997.
- 2 6 . Y. Awatsuji, Y. Matsuura, T. Shimizu, and T. Kubota, "Analysis of imaging characteristics and design of HOE considering light efficiency using the hologram CAD tool," SPIE Practical Holography XVI, SPIE Proceedings Vol. 4659, pp 121-128, 2002. 40
- 2 7 . Javidi, B., Okano, F., Three-Dimensional Video and Display: Devices and Systems, Bellingham, WA, SPIE Optical Engineering Press, 2001.
- 2 8 . Ramo, S., Whinnery, J. R., and Van Duzer, T., Fields and Waves in Communication Electronics, Second Edition, New York: John Wiley & Sons, 1984, Chapter 5.
- 2 9 . Jenkins, F. A., and White, H. E., Fundamentals of Optics, Fourth Edition, New York, McGraw-Hill, 1976.
- 3 0 . Goodman, J. W, Introduction to Fourier Optics, Second Edition, New York, McGraw-Hill, 1996.
- 3 1 . Born, M., and Wolf, E., Principles of Optics, Seventh (expanded) Edition, 50

Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

3 2 .Yariv, A., Optical Electronics, 3rd Edition, New York: Holt, Rinehart and Winston, 1985.

3 3 .Stover, J. C, Optical Scattering: Measurement and Analysis, second edition, Bellingham: SPIE OPTICAL ENGINEERING PRESS, 1995.

3 4 .Thomas, C. E., et. al., "Direct to Digital Holography and Holography", 米国特許第 6, 078, 392、2000年6月20日。他の特許が求められた。

3 5 .Thomas, C. E., and Hanson, G. R., "Acquisition and Replay Systems for Direct-to- Digital Holography and Holography", 米国特許第 6, 525, 821、2003年2月25日。他の特許が求められた。

3 6 .Hanson, G. R., and Bingham, P. R., "Faster Processing of Multiple Spatially - Heterodyned Direct to Digital Hologram", 米国特許出願 20040212807、2004年10月28日。

3 7 .Hanson, G. R., Bingham, P. R., 等、"Two-Wavelength Spatial-Heterodyne Holography", 米国特許出願 20040213462。

3 8 .Hanson, G. R., Bingham, P. R., 等、"Recording Multiple Spatially-Heterodyned Direct to Digital Holograms In One Digital Image", 米国特許出願 20040213464、2004年10月28日。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】図1は、容積測定ディスプレイを回転させる従来技術の現実システム (Actuality System) を概略的に示している。照射された DMD 装置は、素速く回転するスクリーン上に 3D 画像を表す。これを行う技術は非常に印象的であるが、隠れた線を除去することができず (総てのピクセルが透明 - 透けて見える)、より大きなサイズに拡大することが困難であり、同様に双方向性も非常に難しい。

【図2】図2は、HPOシステム用の単一の投影レンズによりディスプレイスクリーン上に投影される範囲を見るときに、それぞれの目によって観察される垂直スライスを示している。これは平面図であり、それぞれの目が特定の投影レンズからの小さな垂直スライスのみを見ていることを表し、また、それぞれの目がその投影レンズからの異なるストライプを見ていることを表している。特定の目により観察される垂直ストライプの水平角の範囲は、ディスプレイスクリーンの水平角の拡散と、単一の投影レンズから特定のピクセルを通過する光線の水平角の範囲との組み合わせにより規定される。

【図3】図3は、HPOシステム用の単一のピクセルの視点からの角度スライスを概略的に示している。上から見ると、HOE (ホログラフィック光要素) 拡散スクリーン上のピクセルは、N個の電子プロジェクタにより照射される (各プロジェクタは、スクリーン上の位置に単一のピクセルを映す)。各プロジェクタからの光は、僅かに異なる水平角で拡散スクリーンに当たる。拡散スクリーンは、光を垂直方向に広角に拡散するが (すなわち、60度又は垂直に)、水平方向の角度は非常に狭い (すなわち、水平方向に ~ 0.5度から ~ 1度)。したがって、単一のプロジェクタからのピクセルの画像は、総ての有効な垂直位置で見ることができるが、水平角のスライスは非常に狭い。HOEディスプレイスクリーンの水平の拡散 / 散乱角は、プロジェクタ間の角度に合致するように選択される。したがって、観察者が位置を変更すると、一のプロジェクタからの光が、隣のプロジェクタからの光と混ざる。これにより、水平面上の本当の 3D ディスプレイを可能にし - それぞれの目が (異なる角度を見るため) シーン (立体視) の異なる光景を見、観察者が位置を変えると、それぞれの目が見る光景が変化する (視差)。

【図4】図4は、角度スライスディスプレイを用いてどのように立体視が実現されるかを示している。ディスプレイスクリーン及び投影レンズの平面図は、特定の垂直スライスの場合、それぞれの目が異なるレンズからの投影を見ることを示しており、各投影レンズを介して対応する僅かに異なる角度から光景を投影することにより実現される。

【図5】図5は、単一のプロジェクタが、非常に広範な垂直角と非常に狭い水平角に拡散

10

20

30

40

50

するH O E 拡散ディスプレイを完全に照射するとき、観察者が見る物を示している。概略的に示すように、プロジェクタからスクリーンへの入射角とスクリーンから観察者の目への角度が、H O E ディスプレイスクリーンの水平の拡散角よりも小さい場合に、観察者の目からプロジェクタへの線に対して或る角度でスクリーンに当たる光のみが観察者の目に到達する。広範な垂直の拡散角を有する狭い水平の拡散角の場合、観察者からスクリーンまでの距離がプロジェクタまでの距離と同じである、すなわち通常の有効な視距離と仮定すると、観察者は、H O E の水平の拡散角と半分と等しい角度幅でスクリーン上の垂直のストライプを見る。

【図6】図6は、従来技術のホログラフィックステレオグラムを示している。N個の画像を取得する処理(a)が概略的に示されている。簡単なステレオグラムを作るために、これらの画像は、ホログラム(b)上の垂直なストリップとしてコヒーレント光に記録される。より洗練された方法は、直接的にあるいは2つのステップの方法(King, Klug及びHallを参照)により、一度に総ての画像を記録し、(分離した空間的なストリップではなく)角度の多重化を利用できる。

【図7】図7は、角度スライスの正確な3D画像のプロジェクションシステムの一実施例の概略を示している。DMDは、画像面の配列の全体でスキャンされる2D画像を生成する。各2D画像は、それぞれの投影レンズを通して、別の角度からH O E / L S D ディスプレイスクリーンを照射する。ホログラフ的に製造されたディスプレイスクリーンは、各角度スライスを拡散し、総ての2Dピクセルが、水平方向の1度の範囲と、垂直方向の60度の範囲を照射する。これにより、必要に応じて所望の解像度と完全な視差(フルパララックス)を実現可能なモジュール方式の3Dディスプレイが製造される(しかしながら、異なるH O E と多くのレンズを用いる)。

【図8】図8は、従来のT I DMD装置のピクセルビット深さ(pixel bit depth)に対する1秒毎のフレームの図である。新しいDiscovery 3000(2005年秋/2006年冬)は、1秒に16,300のバイナリフレームが可能である。

【図9】図9は、5つのチャンネルスキャンミラーの角度スライスディスプレイの光学設計及びレイアウトの例を示している。この配置は2重化され(2つのDMD装置)、それぞれ1度により分離される最大で10の角度スライスチャンネルを有する複数のチャンネルエンジニアリングプロトタイプのために利用される。レイアウトは、DMD装置130から始まり(抑制された照射の視野)、リレーレンズ150、スキャンミラー100が続く。5つの投影レンズ140は、2重のスキャンミラー100の側にあり、角度スライスをホログラフィックディフューザ(LSD)ディスプレイスクリーン110に送る固定位置の回転ミラー70を具えている。

【図10】図10は、DMD一つにつき最大で10の光学(角度スライス)チャンネル180を有する潜在的な商業のプロトタイプ角度スライス3Dディスプレイシステムの光学設計のレイアウトを示している(DMDは図示されておらず、9個のチャンネルが図示されており、10番目のチャンネルは省略されている)。

【図11】図11は、1の角度スライスチャンネル毎に1のDMD 230を具える潜在的な商業的なシステムの3つのチャンネル90を示す移動しない部材の設計のための光学設計を概略的に示している。実際の商業的なシステムは、20以上の分離した角度スライスチャンネルを具えていることがある。

【図12】図12は、Luminitt/Physical Optics Corpの40度のLSD素材による0.2度のスキャン電子マイクロスコプフォトグラフ(1500x)を示している。この素材は、約92%の伝達率を有する。画像コーテシー(courtesy)POCウェブサイト。

【図13】図13は、スキャンミラー300を具えたサンプルの10チャンネルエンジニアリングプロトタイプ角度スライスディスプレイの半分の大きさの機械的なレイアウトを示している。ディスプレイスクリーン310は、斜めの名詞19'である。この3DのCADレイアウト内に描くために総ての要素が示されている。1度ずつ移動する120で示された垂直のミラー画像(図示せず)は、これを10チャンネルシステムにする。

10

20

30

40

50

【図14】図14は、角度スライス毎に1のDMD430を具える20チャンネルの移動しない部材を有する商業的なプロトタイプの角度スライスディスプレイを示すサンプルの機械的なレイアウトを示している。これは、DMD430から投影レンズ440までのリレーレンズのレイアウト450を単純化することなく行われた。高い確率で、リレーレンズ450の総て又は大部分が取り外し可能である。この3DのCADレイアウト内に描くために総ての要素が示されている。

【図15】図15は、2D画像の生成のフローチャートである。3D空間の同一(4次元)の座標は、総てのデータセットの操作を線形にするために利用される。必要に応じてフォーマットされた3Dのデータセットの場合、OpenGL又はDirectXは、2Dの角度スライスそれぞれを描画するのに利用される。他のレンダリングソフトウェアを用いてもよい。

【図16】図16は、視点が1度異なるレンダリングを示すために用いられるソフトウェアデモンストレーションプログラムからの1度離れたキューブの画像を示している。キューブの中心は、スクリーンの中心から11.20ユニットであり、X内の0.1955のユニット動作に応じて、スクリーンショットの間を1度移動する。

【図17】図17は、角度スライスディスプレイの視界領域(ビューゾーン)スキームを示している。ーフスクリーンとフルスクリーンの線の間の観察者は、ディスプレイの半分以上を見ることができる。2つのフルスクリーンの線の間の領域の観察者は、ディスプレイ全体を見ることができる。観察者の目から引かれた線がピクセルを通過して水平の拡散角内のレンズの垂直な投影に当たる場合、観察者はそのピクセルを見ることができる。

【図18】図18は、特定の角度スライス設定のために、異なる位置から観察者が見たものの概念を示している。基本的な概念は、観察者の目からプロジェクタレンズまでの拡散角内の線が拡散ディスプレイスクリーンを通過するとき、観察者がプロジェクタからの角度スライス/垂直のストライプを見ることである。HPOの場合、観察者が移動すると、特定のプロジェクタから見られる垂直のストライプが変化する。ストライプの幅は、スクリーンからの観察者の距離が増減すると増減する。観察者がディスプレイからの距離を変化させると垂直のストライプを広くし狭くすることは、周囲の視界(look-around viewing)と完全に一致しており、またこれの一部であり(水平視差) - 特定の水平角は、観察者がさらに移動すると大きなスクリーン領域を占有し - 長さ時間角度はスクリーンの幅と等しい。総ての角度スライスが、特定の視点のために互いに整列され、登録されると、観察者が移動するとき、整列され、登録されたままである。

【図19】図19は、角度スライス3Dディスプレイ用にTDTが開発した画像描画の2つのアルゴリズムである。図示するように、1のアルゴリズムは、N個の異なる位置それぞれから1の垂直のストライプを描画することにより、特定のプロジェクタから投影される画像を生成する。N個の視点からの垂直のストライプは、単一のプロジェクタの画像に組み合わせられる。これは、プロジェクタ毎に行われる。代替的なアルゴリズムは、3Dデータセットによるレイトレーシングにより、プロジェクタの位置からスクリーンを介して観察者の位置にプロジェクタの画像を描画する(データ対象は、スクリーンの前又は後ろにすることができる)。このアルゴリズムは、反対の隠された線の除去を必要とし、すなわち、プロジェクタに最も近い対象の特性を有するピクセルではなく(観察者の位置からレイトレーシングするとき)、ピクセルは、プロジェクタから最も離れた対象物の特性を有する。透明な対象物の場合、ピクセルは、アルゴリズムのために組み合わせられた対象物から混合される。プロジェクターの視点アルゴリズムは、グラフィックカードハードウェアが反対の隠れた線の除去を行うようにプログラム可能である場合に実装が単純である。

。

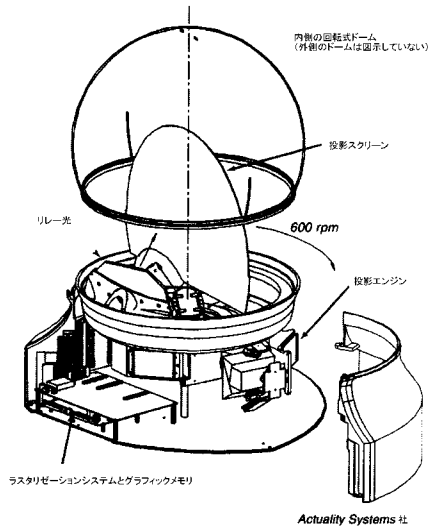
10

20

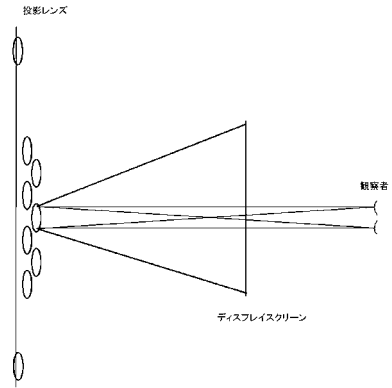
30

40

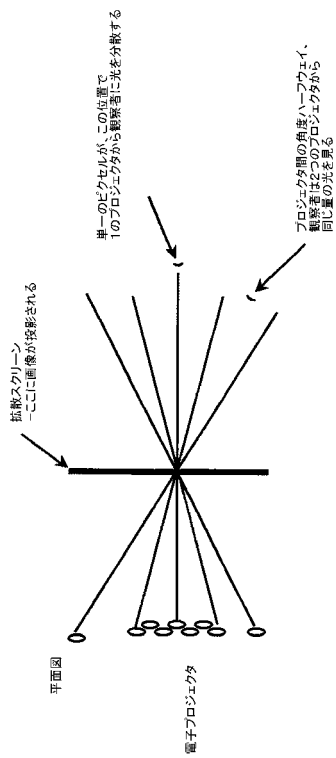
【 図 1 】



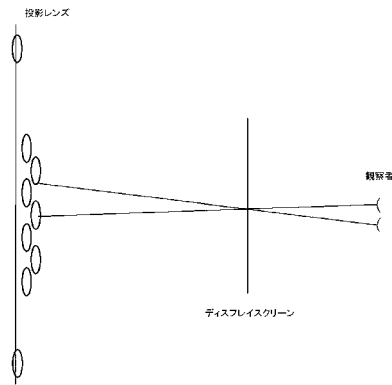
【 図 2 】



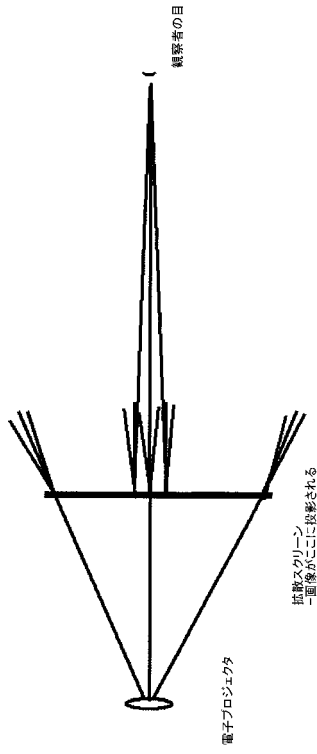
【 図 3 】



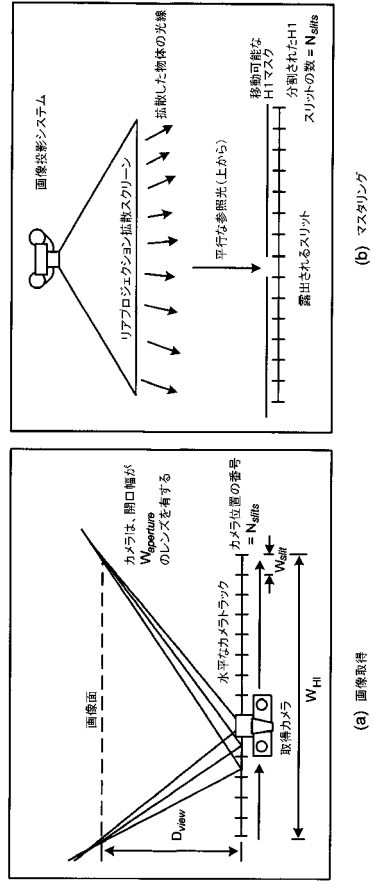
【 図 4 】



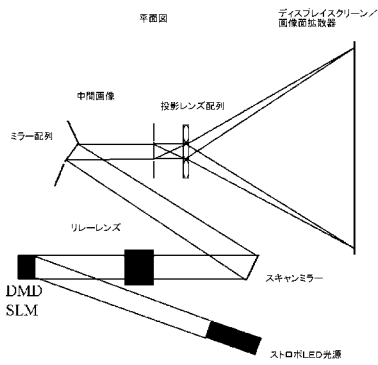
【 図 5 】



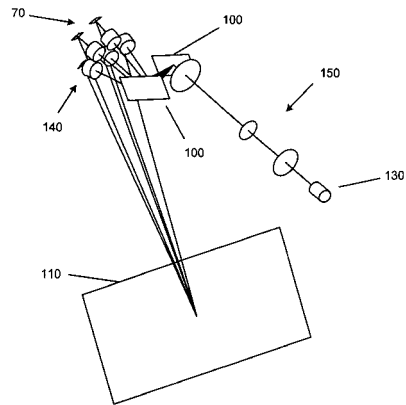
【 図 6 】



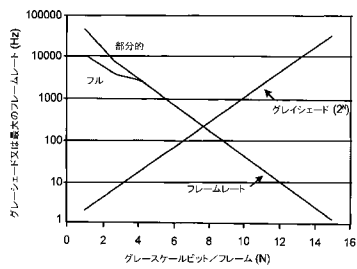
【 図 7 】



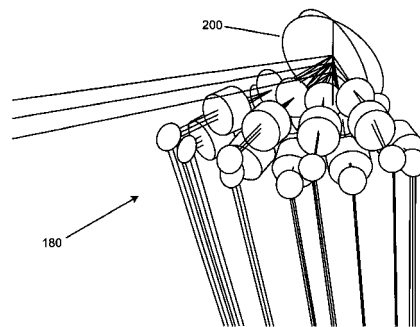
【 図 9 】



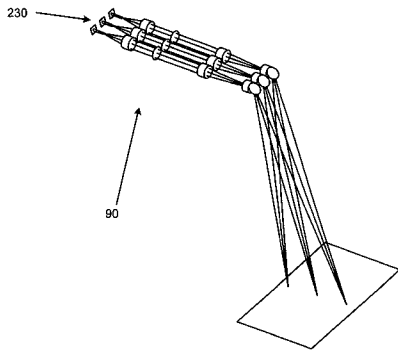
【 図 8 】



【 図 10 】



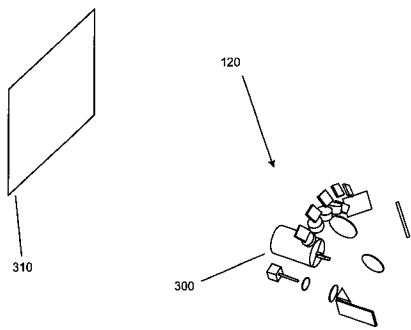
【図 1 1】



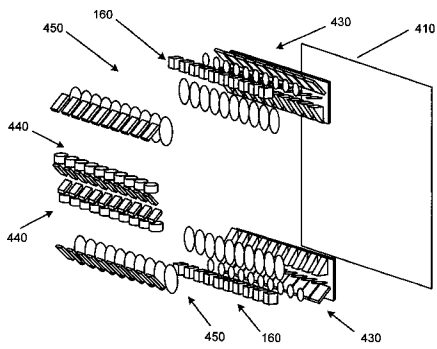
【図 1 2】



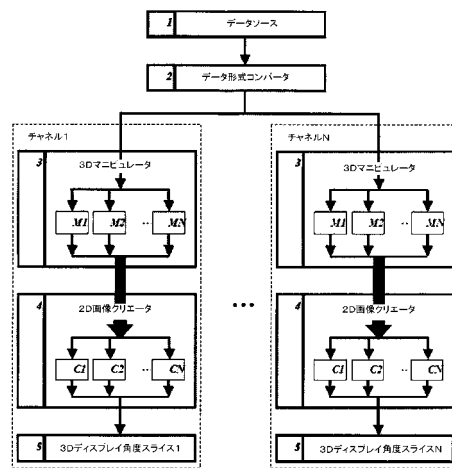
【図 1 3】



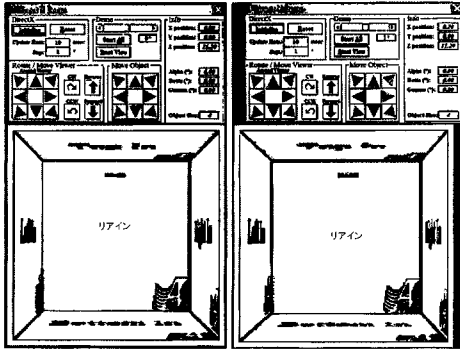
【図 1 4】



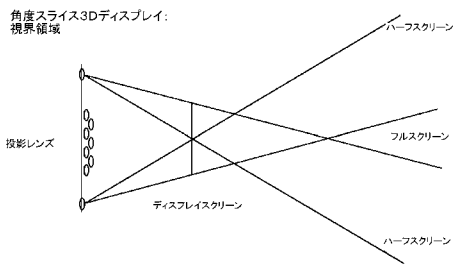
【図 1 5】



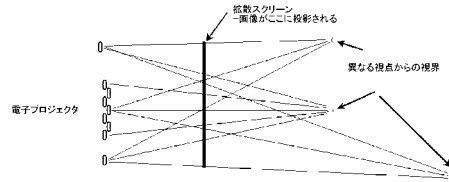
【 図 16 】



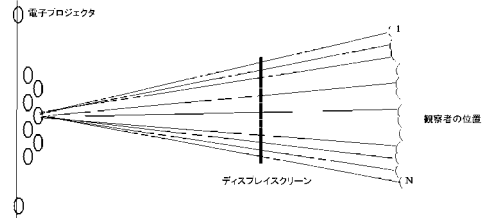
【 図 17 】




【 図 18 】



【 図 19 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US07/66790
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: G03B 21/14(2006.01) USPC: 3537;359/462 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) U.S. : 3537, 10, 94; 359/462, 466, 471, 472, 473 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/0256302 P (HSU) 16 NOVEMBER 2006 (16.11.2006) SEE ENTIRE DOCUMENT	1-3, 6-8
Y		9-11, 13-21
A	US 6,665,100 A (KLUG ET AL.) 16 DECEMBER 2003 (16.12.2003) SEE ENTIRE DOCUMENT	1-21
A	US 5,855,425 A (HAMAGISHI) 05 JANUARY 1999 (05.01.1999) SEE ENTIRE DOCUMENT	1-21
A	US 5,379,133 A (KIRK) 03 JANUARY 1995 (03.01.1995) SEE ENTIRE DOCUMENT	1-21
A	US 3,814,513 A (NIMS ET AL.) 04 JUNE 1974 (04.06.1974) SEE ENTIRE DOCUMENT	1-21
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* 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 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 31 July 2008 (31.07.2008)		Date of mailing of the international search report 20 AUG 2008
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) 273-3201		Authorized officer William C. Downing  Telephone No. 571-272-2116

フロントページの続き

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

(72)発明者 トマス, クラレンス, イー., ジュニア

アメリカ合衆国 テネシー州 37920, ノックスビル, ブラフポイントドライブ 3601

Fターム(参考) 2H059 AA24 AA32

2H088 EA05 EA12 GA04 HA24 HA28 JA17 MA20

2H199 BA14 BA17 BA43 BA48 BB02 BB17 BB23 BB33 BB52 BB59

BB62 BB66

5C061 AA23