

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5539187号
(P5539187)

(45) 発行日 平成26年7月2日 (2014.7.2)

(24) 登録日 平成26年5月9日 (2014.5.9)

(51) Int. Cl.	F I	
GO3H 1/22 (2006.01)	GO3H 1/22	
GO3B 35/24 (2006.01)	GO3B 35/24	
GO3B 21/14 (2006.01)	GO3B 21/14	Z
GO2B 26/08 (2006.01)	GO2B 26/08	D
	GO2B 26/08	H

請求項の数 16 (全 86 頁)

(21) 出願番号	特願2010-507932 (P2010-507932)	(73) 特許権者	507230267
(86) (22) 出願日	平成20年5月16日 (2008.5.16)		シーリアル テクノロジーズ ソシエテ
(65) 公表番号	特表2011-504240 (P2011-504240A)		アノニム
(43) 公表日	平成23年2月3日 (2011.2.3)		SEEREAL TECHNOLOGIE
(86) 国際出願番号	PCT/EP2008/056030		S S. A.
(87) 国際公開番号	W02008/138986		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20年11月20日 (2008.11.20)		ルー5365, パルク ダクティヴィテ
審査請求日	平成23年5月10日 (2011.5.10)		シルダール, 6 ビー
(31) 優先権主張番号	0709376.8	(74) 代理人	100076428
(32) 優先日	平成19年5月16日 (2007.5.16)		弁理士 大塚 康德
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(74) 代理人	100112508
(31) 優先権主張番号	0709379.2		弁理士 高柳 司郎
(32) 優先日	平成19年5月16日 (2007.5.16)	(74) 代理人	100115071
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		弁理士 大塚 康弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロプリズム・アレイを有するホログラフィック・ディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ホログラフィック・ディスプレイであって、
光源と、
前記光源から出射される光ビームを変調する空間光変調器 (SLM) と、
前記空間光変調器で変調された前記光ビームを偏向するマイクロプリズム・アレイと、
閲覧者の眼の位置を追跡する位置検出及び追跡システムと、を含み、
前記閲覧者の眼の位置に対する可変ビーム偏向は、前記光源から出射される光ビームの
制御可能な偏向を可能にする前記マイクロプリズム・アレイを使用して実行され、
位相補正が、前記マイクロプリズム・アレイの複数の異なるプリズムを通過し、前記閲覧者の眼の位置へ伝播する光ビームの異なる光路長を補償するために、前記マイクロプリズム・アレイによって導入される位相不連続を補償すべく、前記マイクロプリズム・アレイと前記空間光変調器 (SLM) の双方を通過する光に対して複素乗算を行うことにより、前記空間光変調器 (SLM) において実行されることを特徴とするホログラフィック・ディスプレイ。

【請求項 2】

前記可変ビーム偏向は、継続的に可変であることと、エレクトロ・ウェットティング技術を使用して実行されることとのうち、少なくともいずれか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・ディスプレイ。

【請求項 3】

前記可変ビーム偏向は、エレクトロ・ウェットティング・セルの各アレイの異なる側面に配置される、異なる電極に印加される可変電圧差を使用して実行されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

【請求項 4】

前記マイクロプリズム・アレイは、エレクトロ・ウェットティング・セルであるプリズムのような複数のプリズムを備え、

各エレクトロ・ウェットティング・セルは、それぞれが透明な導電性液体と別の流体との間の界面と、疎水性絶縁体とにより覆われた少なくとも 2 つの電極を有し、

前記界面の接触角は、前記透明な導電性液体に対して前記電極の少なくとも 1 つに印加された電圧差の関数として形成可能であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

10

【請求項 5】

2 次元偏向は、直列の 2 つの前記マイクロプリズム・アレイを使用することにより得られることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

【請求項 6】

点光源又は線光源、光を集束する集束手段をさらに備え、

仮想観察者ウィンドウ (VOW) は、1 人又は複数の前記閲覧者の眼の場所に配置され、

前記仮想観察者ウィンドウ (VOW) は、前記空間光変調器 (SLM) のフーリエ平面で生成され、

20

前記仮想観察者ウィンドウ (VOW) のサイズは、前記空間光変調器 (SLM) の 1 つの回折次数の周期間隔を超えないことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

【請求項 7】

前記マイクロプリズム・アレイの前又は後に配置される前記集束手段は、前記光線を前記仮想観察者ウィンドウ (VOW) に集束することを支援す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・ディスプレイ。

【請求項 8】

レンズ収差の光学的効果は、前記空間光変調器の符号化により動的に補正することによって低減されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

30

【請求項 9】

前記マイクロプリズム・アレイに含まれる複数のプリズムは、他のプリズムから独立して制御され、

前記各プリズムは、該各プリズムの制御に依存してビーム偏向を確立することと、

前記マイクロプリズム・アレイから出射する光線が仮想観察者ウィンドウ (VOW) にある程度集束するように、全ての前記プリズムが同一の偏向角を有するわけではないこととのうち、少なくともいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

40

【請求項 10】

プリズムの角度計算は、前記空間光変調器 (SLM) の基板上的計算回路において実行されるか、又は、前記マイクロプリズム・アレイの基板上に位置する計算回路において実行されることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

【請求項 11】

前記空間光変調器 (SLM) は、該空間光変調器 (SLM) と協働する光の前記位相を変更することが可能なように適合され、

前記位相補正は、前記空間光変調器 (SLM) の動作により実行され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・ディスプレイ。

50

【請求項 1 2】

ホログラフィック画像は、投影型装置において生成され、前記投影が前記空間光変調器 (SLM) を前記マイクロプリズム・アレイに結像することを含む一方で、所望の 3D シーンの再構成は前記仮想観察者ウィンドウ (VOW) の前方で行なわれることを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

【請求項 1 3】

前記マイクロプリズム・アレイの位相補償は、前記空間光変調器 (SLM) を前記マイクロプリズム・アレイに結像するときに提供されることを特徴とする請求項 1、1 1、1 2 のいずれか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

【請求項 1 4】

前記マイクロプリズム・アレイの位相補正は、前記マイクロプリズム・アレイに近接して配置される追加の空間光変調器 (SLM) により提供されることを特徴とする請求項 1、1 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

【請求項 1 5】

前記空間光変調器 (SLM) は透過型であり、前記マイクロプリズム・アレイは反射型若しくは透過型であるか、又は、

前記空間光変調器 (SLM) は反射型であり、前記マイクロプリズム・アレイは透過型であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイ。

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至 1 5 のいずれか 1 項に記載のホログラフィック・ディスプレイであって、空間光変調器を照明する光源及び光学系を含む前記ホログラフィック・ディスプレイを使用して、複数の離散的な点から構成される 3 次元シーンのホログラフィック再構成を生成する方法であって、

前記空間光変調器上でホログラムを符号化するステップを含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ホログラフィック・ディスプレイに関し、特に計算機生成ビデオホログラム (CGH) が空間光変調器において符号化されるホログラフィック・ディスプレイに関するものである。ホログラフィック・ディスプレイは、3 次元ホログラフィック再構成を生成することができる。

【背景技術】

【0002】

計算機生成ビデオホログラム (CGH) は、1 つ以上の空間光変調器 (SLM) において符号化される。SLM は、電氣的に制御可能なセル又は光学的に制御可能なセルを含んでもよい。セルは、ビデオホログラムに対応するホログラム値を符号化することにより光の振幅及び/又は位相を変調する。CGH は、例えばコヒーレントな光線の追跡により計算されてもよく、シーンにより反射される光と参照波との間の干渉をシミュレートすることにより計算されてもよく、あるいはフーリエ変換又はフレネル変換により計算されてもよい。理想的な SLM は、任意の複素数を表せる。すなわち、入射光波の振幅及び位相を別個に制御できる。しかし、一般的な SLM は、振幅又は位相のいずれか一方の特性のみを制御し、他方の特性にも影響を及ぼすという望ましくない副作用を伴う。光の振幅又は位相を変調する種々の方法が存在し、例えば電気アドレス型液晶 SLM、光アドレス型液晶 SLM、光磁気 SLM、マイクロミラーデバイス又は音響光学変調器がある。光の変調は、空間的に連続していてもよく、あるいは個別にアドレス指定可能なセルにより構成されてもよい。セルは 1 次元又は 2 次元に配置され、2 値であるか、多値であるか又は連続している。

【0003】

本明細書において、「符号化」という用語は、3D シーンが SLM から再構成可能であ

10

20

30

40

50

るように、空間光変調器の領域がホログラムを符号化する制御値を供給する方法を示す。

【 0 0 0 4 】

単なる自動（裸眼）立体ディスプレイとは異なり、観察者は、ビデオホログラムにより 3 次元シーンの光波面の光学再構成を見ることができる。3 D シーンは、観察者の眼と空間光変調器（S L M）との間に広がる空間において再構成される。観察者が S L M の前方で再構成された 3 次元シーンのオブジェクトを見ることができ且つ S L M 上又は S L M の後方に他のオブジェクトを見ることができるよう、S L M はビデオホログラムにより更に符号化される。

【 0 0 0 5 】

空間光変調器のセルは、光が通過する透過型セルであるのが好ましく、光線は少なくとも規定された位置で数 mm 以上のコヒーレンスの長さにより干渉を発生させることができる。これにより、少なくとも 1 次元で適切な解像度のホログラフィック再構成が可能になる。この種の光は、「十分なコヒーレント光」と呼ばれる。

【 0 0 0 6 】

十分な時間的コヒーレンスを保証するために、光源から放射される光のスペクトルは、十分に狭い波長範囲に限定される必要がある。すなわち、その光のスペクトルは近単色である必要がある。高輝度発光ダイオード（L E D）のスペクトル帯域幅は十分に狭く、ホログラフィック再構成に対する時間的コヒーレンスを保証する。S L M における回折角は波長に比例し、これは、単色光源のみがオブジェクトポイントの鮮明な再構成をもたらすことを意味する。広いスペクトルにより、オブジェクトポイントは広くなり且つオブジェクト再構成はぼける。レーザ光源のスペクトルは、単色であると考えられる。L E D のスペクトル線幅は十分に狭く、適切な再構成を容易にする。

【 0 0 0 7 】

空間的コヒーレンスは、光源の横方向の範囲に関連する。L E D 又は冷陰極蛍光灯（C C F L）等の従来の光源が十分に狭いアパーチャを介して光を放射する場合、それらの従来の光源はそれらの要求を満たすことができる。レーザ光源からの光は、回折限界内で点光源から生じると考えられ、モード純度に依存してオブジェクトの鮮明な再構成をもたらす。すなわち、各オブジェクトポイントは、回折限界内の点として再構成される。

【 0 0 0 8 】

空間的にインコヒーレントな光源からの光は、横方向に拡大され、再構成オブジェクトのぼけの原因になる。ぼけの量は、所定の位置において再構成されたオブジェクトポイントの拡大されたサイズにより与えられる。ホログラム再構成に対して空間的にインコヒーレントな光源を使用するために、アパーチャを有する光源の横方向の範囲を限定することと輝度との間の妥協点を見つける必要がある。光源が小さい程、その空間的コヒーレンスは向上する。

【 0 0 0 9 】

線光源は、その長手方向の範囲に対して 9 0 度の角度から見ると点光源であると考えられる。光波は、その方向にコヒーレントに伝播するが、その他の全ての方向にはインコヒーレントに伝播する。

【 0 0 1 0 】

一般に、ホログラムは、水平方向及び垂直方向の波のコヒーレントな重畳によりホログラフィックにシーンを再構成する。そのようなビデオホログラムは、全方向視差ホログラムと呼ばれる。再構成されたオブジェクトは、実際のオブジェクトのように水平方向及び垂直方向の運動視差を伴って見られる。しかし、視野角を大きくするには、S L M の水平方向及び垂直方向の双方の解像度が高い必要がある。

【 0 0 1 1 】

多くの場合、S L M に対する要求は、水平視差のみの（H P O）ホログラムに制限することにより軽減される。ホログラフィック再構成は水平方向にのみ行なわれ、垂直方向のホログラフィック再構成は存在しない。その結果、水平運動視差のみを有する再構成オブジェクトが得られる。透視画は、垂直運動に対して変化しない。H P O ホログラムは、全

10

20

30

40

50

方向視差ホログラムと比較して垂直方向のSLMの解像度が低いことを要求する。垂直視差のみの(VPO)ホログラムも可能であるが一般的ではない。ホログラフィック再構成は、垂直方向にのみ行なわれ、その結果として垂直運動視差を有する再構成オブジェクトが得られる。水平方向の運動視差は存在しない。左目及び右目に対する異なる透視画は、別個に作成される必要がある。

【0012】

ホログラムのリアルタイムの計算は高い計算能力を必要とする。現在、これは、例えばフィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、フルカスタムIC又は特定用途向け集積回路(ASIC)を含む特別に作成された高価なハードウェアを使用して、あるいは並列処理が可能な複数の中央処理装置(CPU)を使用して実現される。

10

【0013】

薄膜トランジスタ(TFT)ディスプレイにおいて、垂直方向の画素ピッチは画素毎の領域を判定する。この領域は、液晶(LC)制御のための透過電極、コンデンサを含むTFT、並びに列配線及び行配線に分割される。ディスプレイの寸法及び列配線の要求される頻度は、要求されるプロフィール、並びに従って行配線及び列配線の幅を規定する。

【0014】

理想的なホログラフィック・ディスプレイは、市販されているTFTモニタ装置が現在提供する解像度より非常に高い解像度を必要とする。解像度が高い程、画素ピッチは小さくなり、その一方で、行数が増加するために行配線及び列配線の頻度は増加する。その結果、画素領域全体の行配線及び列配線により覆われる領域の割合は、解像度の増加と比較して過比例的に成長する。従って、透過電極が利用可能な空間が非常に少ないため、ディスプレイの透過率は著しく低下する。これは、速い再生速度を有する理想的な高解像度ホログラフィック・ディスプレイが厳しい制約の下で生産されることを意味する。計算性能に対する要求が大きいため、ホログラムのリアルタイムの計算に対して現在使用可能なハードウェアは、使用される特定の種類のハードウェアに関わらず非常に高価である。関係するデータが大量であるため、計算ユニットからディスプレイへの画像データの転送も非常に困難である。

20

【0015】

アクティブマトリクス液晶表示装置の一般的な構成について、特許文献1から得られる従来技術の図10を参照して簡単に説明する。特許文献1は、その全ての内容が参考として本明細書に取り入れられる。図10に示すように、このアクティブマトリクス表示装置は、主基板101、対向基板102及び主基板を対向基板に取り付ける空間103を含むフラットパネル構造を有し、液晶材料は、2つの基板の間に保持される。主基板の表面上には、画素電極104及びマトリクスに配置される画素電極104を駆動するスイッチング装置105から成る表示部分106と、表示部分106に接続される周辺装置駆動部分107とが形成される。スイッチング装置105は、薄膜トランジスタから構成される。薄膜トランジスタは、回路素子として周辺装置部分107にも形成される。

30

【0016】

参照により組み込まれる本出願人により出願された特許文献2において、計算機生成ビデオホログラムを計算する方法が説明される。その方法によると、3次元シーンの複素振幅値を有するオブジェクトは、セクション層毎に個々のオブジェクトデータセットがマトリクスドットの離散的な振幅値により規定されるように並列な仮想セクション層のマトリクスドットに割り当てられ、ホログラムディスプレイの空間光変調器に対するホログラフィック符号化は、画像データセットから計算される。

40

【0017】

参照により組み込まれる本出願人の特許文献3によると、以下のステップがコンピュータによる支援により実行される。

【0018】

- 回折画像は、セクション平面に平行であり且つセクション平面から有限距離に位置する観察者平面に対する波動場の個別の2次元分布の形式で、各トモグラフィックシーンセ

50

クシヨンの各オブジェクトデータセットから計算される。ここで、全てのセクシヨンの波動場は、観察者の眼に近接する観察者平面に位置する少なくとも1つの共通の仮想観察者ウィンドウに対して計算される。前記観察者ウィンドウの領域は、ビデオホログラムと比較して減少される。

【0019】

- 全てのセクシヨ層の計算された分布は加算され、観察者平面に関連して参照されるデータセットにおいて観察者ウィンドウに対する波動場集合体を規定する。

【0020】

- シーンの計算機生成ホログラム集合体に対するホログラムデータセットを生成するために、参照データセットは、参照平面に平行であり且つ参照平面から有限距離に位置するホログラム面に変換される。ここで、空間光変調器はホログラム面に配設され、シーンは符号化後に前記空間光変調器を使用して観察者の眼の前方の空間に再構成される。

【0021】

上述の方法及びディスプレイは、シーン自体のオブジェクトを再構成するのではなくオブジェクトにより放射される波面を1つ又は複数の仮想観察者ウィンドウにおいて再構成する概念に基づく。

【0022】

観察者は、仮想観察者ウィンドウを通してシーンを見ることができる。仮想観察者ウィンドウは、観察者の眼の瞳孔を範囲に含み、周知の位置検出及び追跡システムを使用して実際の観察者の位置に対して追跡される。錐台形状の仮想再構成空間は、ホログラムディスプレイの空間光変調器と観察者ウィンドウとの間にわたり、SLMは錐台の底面を表し且つ観察者ウィンドウは錐台の上部を示す。観察者ウィンドウが非常に小さい場合、錐台はピラミッドとして近似される。観察者は、仮想観察者ウィンドウを通してディスプレイの方向を見て、シーンを表す波面を観察者ウィンドウにおいて受け取る。ホログラフィック符号化処理は、必要な変換回数が多いため大きな計算負荷をかける。リアルタイム符号化は、高コストで高性能な計算ユニットを必要とする。

【0023】

本出願人の特許文献3は、奥行き情報を有する3次元画像データからリアルタイムにビデオホログラムを生成することを可能にする方法を開示する。これにより、相対的に単純で安価な計算ユニットを使用してホログラムを生成できるようになる。

【0024】

本出願人の特許文献3は、リアルタイムに計算機生成ビデオホログラムを生成する方法を開示する。空間光変調器SLM上でオブジェクトポイントにより構成される3次元シーンの表現に対するホログラム値は、奥行き情報を有する画像データに基づいて符号化される。上述の従来の方策と同様に、特許文献3で開示される方法は、シーン自体のオブジェクトを再構成するのではなくオブジェクトにより放射される波面を1つ又は複数の仮想観察者ウィンドウにおいて再構成する概念に基づく。変調波動場は、ホログラム値により制御される空間光変調器SLMにより十分なコヒーレント光から生成され、所望の現実3次元シーン又は仮想3次元シーンは、空間における干渉により再構成される。仮想観察者ウィンドウは、錐台形状の再構成空間においてSLMにより底面として生成される。ウィンドウは、観察者の眼に近接して位置し、周知の位置検出及び追跡システムを使用して実際の観察者の位置に対して追跡される。特許文献3において開示される方法は、観察者がシーンを見る領域がSLMから観察者ウィンドウにわたる錐台形状の再構成空間により規定されるということに基づく。観察者ウィンドウがSLMより非常に小さいため、錐台はピラミッドにより近似される。更に方法は、単一のオブジェクトポイントの再構成がSLMの部分集合であるサブホログラムのみを必要とするという原理に基づく。シーンの各点に関する情報は、ホログラム全体にわたり分散されず、特定の制限された領域、いわゆるサブホログラムにのみ含まれる。この概念に従って、シーンの個々のオブジェクトポイントは、SLM上の制限された画素領域、いわゆるサブホログラムによってのみ再構成される。特許文献3の開示は、オブジェクトポイント毎にシーンの再構成全体に寄与するサブ

10

20

30

40

50

ホログラムがルックアップテーブルから検索され且つそれらのサブホログラムがシーン全体の再構成に対する全体のホログラムを形成するように蓄積されるという概念に基づく。

【 0 0 2 5 】

特許文献 3 で開示される方法の特に好適な一例によると、シーンのビューは、各観察者の位置及び観察者の閲覧方向により規定される。各観察者は、観察者平面において観察者の眼に近接して存在する少なくとも 1 つの仮想観察者ウィンドウを割り当てられる。準備処理ステップにおいて、シーンは可視オブジェクトポイントに 3 次的に離散化される。それらのデータは、既にインタフェースから得られてもよい。特許文献 3 で開示される処理のステップは以下の通りである。

【 0 0 2 6 】

- ステップ 1 :

オブジェクトポイント毎にサブホログラムの位置を見つける：対応するサブホログラムの位置及び範囲は、オブジェクトポイントの位置、すなわち横方向の x 座標、y 座標及び奥行き距離から導出される。

【 0 0 2 7 】

- ステップ 2 :

寄与する対応サブホログラムをルックアップテーブルから検索する。

【 0 0 2 8 】

- ステップ 3 :

全てのオブジェクトポイントに対してこれらの 2 つのステップを繰り返す。ここで、サブホログラムは、シーン全体の再構成に対する全体のホログラムを形成するように蓄積される。

【 0 0 2 9 】

特許文献 3 で開示される単純な一例によると、オブジェクトポイントに割り当てられるサブホログラムのサイズは、交差線の定理に基づいて見つけられる。瞳孔を範囲に含む観察者ウィンドウ又はその一部は、オブジェクトポイントを通してホログラム面、すなわち S L M に投影される。このシーンの点を再構成するのに必要とされるサブホログラムの画素の指標が判定される。

【 0 0 3 0 】

特許文献 3 の開示の更なる態様によると、例えば位置又は形状が原因となる S L M 許容差を補償するため又は再構成品質を向上するために、追加の補正関数がサブホログラム又は全体のホログラムに適用される。補正值は、例えばサブホログラム及び / 又は全体のホログラムのデータ値に加算される。更に、全てのサブホログラムが観察者ウィンドウの実際の位置により規定されるため、例えば観察者が側面から大きな角度でディスプレイを見る場合、特別なルックアップテーブルが更に特有な観察者ウィンドウに対して生成される。

【 0 0 3 1 】

特許文献 3 において説明されるように、ルックアップテーブルを使用する原理は拡張されるのが好ましい。例えば、色及び輝度情報に対するパラメータデータは別個のルックアップテーブルに格納可能である。更に、サブホログラム及び / 又は全体のホログラムのデータ値は、ルックアップテーブルの輝度及び / 又は色値により変調可能である。カラー表現は、原色が各ルックアップテーブルから検索されるという概念に基づく。

【 0 0 3 2 】

特許文献 3 において開示される方法が基づくルックアップテーブルは、参照により組み込まれる本出願人により出願された特許文献 2 又は国際公開第 2 0 0 6 / 0 6 6 9 1 9 号パンフレットに従って生成されるのが好ましい。ルックアップテーブルは、適切なデータキャリア及び記憶媒体に格納される。

【 0 0 3 3 】

図 2 6 A は、一人の観察者の例により特許文献 3 の開示の一般的な概念を示す。シーン (S) のビューは、観察者 (O) の位置及び閲覧方向により規定される。観察者は、参照

10

20

30

40

50

平面において観察者の眼に近接して存在する少なくとも1つの仮想観察者ウィンドウ（VOW）を割り当てられる。変調波動場は、ホログラム値により制御される空間光変調器（SLM）により十分なコヒーレント光から生成される。方法及びその方法から得られるディスプレイは、シーン自体のオブジェクトを再構成するのではなくオブジェクトにより放射される波面を1つ又は複数の仮想観察者ウィンドウ（VOW）において再構成するという概念に基づく。図26Aにおいて、オブジェクトは、単一のオブジェクトポイント（PP）により表現される。観察者（O）は、仮想観察者ウィンドウ（VOW）を通してシーン（S）を見ることができる。仮想観察者ウィンドウ（VOW）は、観察者（O）の瞳孔を範囲に含み、周知の位置検出及び追跡システムを使用して実際の観察者の位置に対して追跡される。ビデオホログラムのホログラム値により空間光変調器（SLM）を制御することにより、画素において変調され且つ表示画面から放射される波動場は、再構成空間において干渉を起こすことにより所望通りに3次元シーンを再構成する。図26Aから分かるように、本実施例の一般的な原理によると、シーン（S）の単一のオブジェクトポイント（PP）は、空間光変調器（SLM）上の制限された画素領域、いわゆるサブホログラム（SH）によってのみ再構成される。図26Aにおいて分かるように、最も単純な解決策によると、サブホログラム（SH）のサイズは交差線の定理に基づいて規定され、それによりそのオブジェクトポイント（OP）の再構成に必要な画素の指標が見つけられる。サブホログラム（SH）の位置及び範囲は、オブジェクトポイント（PP）の位置、すなわち横方向のx座標、y座標及び奥行き距離又はzの距離から導出される。その後、その点（PP）を再構成するのに必要とされるホログラム値はルックアップテーブルLUTから検索される。

【0034】

サブホログラム（SH）は、輝度及び/又は色値により変調され、いわゆる全体のホログラムを形成するように各位置においてホログラム面に蓄積される。上述のルックアップテーブルに含まれるデータは、事前に生成される。データは、従来技術のセクションに上述したように特許文献2で説明される方法を使用して生成され、適切なデータキャリア及び記憶媒体に格納されるのが好ましい。オブジェクトポイントの位置及び特性を使用して、対応するサブホログラムは事前に計算され、その後サブホログラムのルックアップテーブル、色及び輝度値、並びに補正パラメータが生成される。

【0035】

図26Bは、この原理を更に詳細に示し、オブジェクトポイント（P1、P2）にそれぞれ割り当てられるサブホログラム（SH1、SH2）を示す。これらのサブホログラムが限定され且つ全体のホログラム、すなわち空間光変調器（SLM）全体の小さな連続した部分集合を形成することが図26から分かる。図26から分かるように、交差線の定理に基づいて判定されるサブホログラムの位置及び範囲に加えて、更なる関数関係が可能である。

【0036】

全ての内容が参考として本明細書に取り入れられる本出願人により出願された特許文献4及び特許文献5は、十分なコヒーレント光の回折により3次元シーンを再構成する装置を説明する。装置は、点光源又は線光源、光を集束するレンズ及び空間光変調器を含む。従来のホログラフィック・ディスプレイとは異なり、透過モードのSLMは少なくとも1つの「仮想観察者ウィンドウ」において3Dシーンを再構成する（この用語及び関連技術の説明については、付録I及び付録IIを参照）。各仮想観察者ウィンドウは、観察者の眼に近接して位置し、仮想観察者ウィンドウが1つの回折次数に位置するようにサイズ制限されるため、各眼はSLM表面と仮想観察者ウィンドウとの間にわたる錐台形状の再構成空間において3次元シーンの完全な再構成を見ることができる。ホログラフィック再構成から外乱を除去するために、仮想観察者ウィンドウのサイズは再構成の1つの回折次数の周期間隔を超えてはならない。しかし、そのサイズは、少なくとも閲覧者がウィンドウを通して3Dシーンの再構成全体を見れるようにするのに十分な大きさである必要がある。他方の眼は同一の仮想観察者ウィンドウを通して見るか、あるいはそれに応じて第2の

光源により生成される第2の仮想観察者ウィンドウを割り当てられる。本明細書において、一般には非常に大きい可視領域は、局所的に位置付けられる仮想観察者ウィンドウに制限される。周知の解決策は、従来のSLM表面の高解像度から結果として得られる大きな領域を小さく再構成し、それによりそれを仮想観察者ウィンドウのサイズに縮小する。これにより、幾何学的理由により小さくなる回折角及び現在のSLMの解像度は、適切な消費者レベルの計算機器を使用して高品質のリアルタイムホログラフィック再構成を達成するのに十分であるという結果が得られる。

【0037】

3次元画像を生成する移動電話は、全ての内容が参考として本明細書に取り入れられる特許文献6において開示される。しかし、本明細書において開示される3次元画像は、自動立体を使用して生成される。自動立体で生成された3次元画像の1つの問題は、一般的に画像がディスプレイ内にあるように閲覧者が知覚する一方で、閲覧者の眼がディスプレイの表面上に焦点を合わせる傾向があることである。閲覧者の眼が焦点を合わせる場所と3次元画像の知覚された位置との不一致により、多くの場合、閲覧者はしばらく後に不快感を感じる。この問題は、ホログラフィにより生成された3次元画像の場合には起こらないか又は大きく軽減される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0038】

【特許文献1】米国特許第6,153,893号明細書

【特許文献2】国際公開第2006/066906号パンフレット

【特許文献3】国際公開第2008/025839号パンフレット

【特許文献4】国際公開第2004/044659号パンフレット（米国特許出願公開第2006/0055994号明細書）

【特許文献5】米国特許第7,315,408B2号明細書

【特許文献6】米国特許出願公開第2004/0223049号明細書

【発明の概要】

【0039】

空間光変調器（SLM）を含み且つ閲覧者の眼の位置が追跡されるような位置検出及び追跡システムを含むホログラフィック・ディスプレイが提供される。閲覧者の眼の位置に対する可変ビーム偏向は、光ビームの制御可能な偏向を可能にするマイクロプリズム・アレイを使用して実行される。

【0040】

ホログラフィック・ディスプレイは、位置検出及び追跡システムが閲覧者の眼の位置を追跡するようなホログラフィック・ディスプレイであってもよく、閲覧者の眼の位置に対する可変ビーム偏向は、光ビームの制御可能な偏向を可能にするマイクロプリズム・アレイを使用して実行される。

【0041】

ホログラフィック・ディスプレイは、可変ビーム偏向が継続的に可変であるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【0042】

ホログラフィック・ディスプレイは、可変ビーム偏向がエレクトロ・ウェットティング技術を使用して実行されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【0043】

ホログラフィック・ディスプレイは、可変ビーム偏向がエレクトロ・ウェットティング・セルの各アレイの異なる側面に配置される、異なる電極に印加される可変電圧差を使用して実行されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【0044】

ホログラフィック・ディスプレイは、2次元偏向が直列の2つのマイクロプリズム・アレイを使用して得られるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 4 5 】

ホログラフィック・ディスプレイは、プリズムがマイクロ液体プリズムであるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 4 6 】

ホログラフィック・ディスプレイは、仮想観察者ウィンドウ（VOW）が1人又は複数の閲覧者の眼の場所に配置されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 4 7 】

ホログラフィック・ディスプレイは、プリズムアレイの前又は後に配置される集束手段が光線をVOWに集束するのを支援するようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

10

【 0 0 4 8 】

ホログラフィック・ディスプレイは、レンズ収差の光学的効果が空間光変調器の符号化を介して動的に補正することにより低減されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 4 9 】

ホログラフィック・ディスプレイは、全てのプリズムが同一の偏向角を有するわけではないようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 5 0 】

ホログラフィック・ディスプレイは、全てのプリズムが同一の偏向角を有するわけではないため、プリズムアレイから出射する光線がVOWにある程度集束するようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

20

【 0 0 5 1 】

ホログラフィック・ディスプレイは、プリズムの角度計算がSLMの基板上的計算回路において実行されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 5 2 】

ホログラフィック・ディスプレイは、プリズムの角度計算がプリズムアレイの基板上に位置する計算回路において実行されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 5 3 】

ホログラフィック・ディスプレイは、SLMの基板がプリズムアレイの基板としても使用されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

30

【 0 0 5 4 】

ホログラフィック・ディスプレイは、位相補正がプリズムアレイにより導入される位相の不連続性を補償するために適用されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 5 5 】

ホログラフィック・ディスプレイは、位相補正がSLMの動作により実行されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 5 6 】

ホログラフィック・ディスプレイは、ホログラフィック画像が投影型装置において生成されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。ここで、投影がSLMをプリズムアレイに結像することを含む一方で、所望の3Dシーンの再構成はVOWの前方で行なわれる。

40

【 0 0 5 7 】

ホログラフィック・ディスプレイは、SLMをプリズムアレイに結像する時にプリズムアレイの位相補償が提供されるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【 0 0 5 8 】

ホログラフィック・ディスプレイは、プリズムアレイの位相補償がプリズムアレイに近接して配置される追加のSLMにより提供されるようなホログラフィック・ディスプレイ

50

であってもよい。

【0059】

ホログラフィック・ディスプレイは、SLMが透過型であり、プリズムアレイが反射型であるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【0060】

ホログラフィック・ディスプレイは、SLMが反射型であり、プリズムアレイが透過型であるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【0061】

ホログラフィック・ディスプレイは、SLMが透過型であり、プリズムアレイも透過型であるようなホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

10

【0062】

空間光変調器を照明するための光源及び光学系を含む本発明に係るホログラフィック・ディスプレイを使用して、複数の離散的な点から構成される3次元シーンのホログラフィック再構成を生成する方法が提供される。方法は、空間光変調器上でホログラムを符号化するステップを含む。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】ホログラムのデータ転送速度が元の現実空間データのデータ転送速度より速いことを示す図である。

【図2】ホログラフィック計算が画素マトリクスの空間において実行されてもよいSLMの一部と従来のSLMの一部との構造及び性能特性を比較する図を示す。

20

【図3】ホログラフィック計算が画素マトリクスの空間において実行されてもよいSLMの一部の構造を示す図である。

【図4】ホログラフィックデータの表示のために伸張計算が画素マトリクスの空間において実行されてもよいSLMの一部を示す図である。

【図5】従来の2D表示データの表示のために伸張計算が画素マトリクスの空間において実行されてもよいSLMの一部を示す図である。

【図6A】、

【図6B】、

【図6C】、

30

【図6D】、

【図6E】TF Tの製造方法を示す図である。

【図7A】、

【図7B】、

【図7C】、

【図7D】TF Tの製造方法を示す図である。

【図8】一実施例に係るホログラムを再構成する方法を示す図である。

【図9A】、

【図9B】、

【図9C】一実施例に係るホログラムを再構成する方法を示す図である。

40

【図10】従来技術に係る従来のアクティブマトリクス液晶表示装置の一般的な構造を示す透視図である。

【図11A】、

【図11B】、

【図11C】、

【図11D】、

【図11E】一実施例のホログラフィック・ディスプレイのアクティブマトリクス基板の製造工程を示す図である。

【図12A】、

【図12B】、

50

【図 1 2 C】、

【図 1 2 D】図 1 1 のアクティブマトリクス基板の更なる製造工程を示す図である。

【図 1 3 A】、

【図 1 3 B】、

【図 1 3 C】図 1 2 のアクティブマトリクス基板の更なる製造工程を示す図である。

【図 1 4】離散的な任意の位置のオブジェクトポイントの表現を含むホログラフィック・ディスプレイを示す図である。

【図 1 5】一実施例のホログラフィック・ディスプレイにおいてグラフィックス計算で実現されてもよい機能ユニットを示す図である。

【図 1 6】一実施例のホログラフィック・ディスプレイにおいて使用されるサブホログラム S H に対するルックアップテーブルを示す図である。

【図 1 7】一実施例のホログラフィック・ディスプレイに対するホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニットを示す図である。

【図 1 8 A】、

【図 1 8 B】セルの数がより少ないため、一実施例のホログラフィック・ディスプレイに対して、サブホログラムを使用する場合に計算負荷が非常に小さいことを示す図である。

【図 1 9 A】、

【図 1 9 B】、

【図 1 9 C】時間 t におけるシーン、時間 $t + 1$ における更なるシーン及び差分シーンを示す図である。

【図 2 0】アドレス指定可能なデータ転送を使用して一実施例のホログラフィック表示装置を示す図である。

【図 2 1】一実施例のホログラフィック・ディスプレイにおけるトランジスタの数が計算されるスプレッドシートの一部を示す図である。

【図 2 2】図 2 1 のスプレッドシートの一部の残りの部分を示す図である。

【図 2 3】一実施例のホログラフィック表示装置に係るクラスタ設計を示す簡略化された図である。

【図 2 4】一実施例のホログラフィック表示装置に係る表示データによりとられるパスを示す図である。

【図 2 5】計算が従来の 2 D 表示データ又はホログラフィック表示データを表示するディスプレイに対して画素マトリクスの空間において実行されてもよい S L M の一部を示す図である。

【図 2 6 A】、

【図 2 6 B】従来技術に従ってサブホログラムを生成する方法を示す図である。

【図 2 7】一実施例に従ってホログラムを再構成する方法を示す図である。

【図 2 8】一実施例に係るパネルのタイリングを示す図である。

【図 2 9】オクルージョンに関連する幾何学的考慮を示す図である。

【図 3 0】オクルージョンに関連する幾何学的考慮を示す図である。

【図 3 1】一実施例に従ってオクルージョン現象に対処する方法を示す図である。

【図 3 2】一実施例に従ってオクルージョン現象に対処する方法を示す図である。

【図 3 3】一実施例のホログラフィック表示装置に従って表示データによりとられるパスを示す図である。

【図 3 4】一実施例に従って、制御可能なプリズムを使用して仮想観察者ウィンドウを移動させることにより 1 人以上のユーザを追跡する方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0064】

< A . 画素と同一基板上の計算によるホログラム表示 >

一実施例は、3 次元画像に対応する強度マップ及び奥行きマップ等の実空間画像データを受信するディスプレイを含む。空間光変調器のホログラフィック符号化は、3 次元画像データに基づいてリアルタイムに又は準リアルタイムに計算される。ホログラム計算の少

10

20

30

40

50

なくとも一部は、1つの基板上で実現される共通のユニットを形成するように、機能的にも空間的にも従来の装置に分離された2つの機能ユニット、すなわちホログラム計算ユニット及びホログラム表示ユニットを組み合わせることにより、画素マトリクスが存在する物理空間において実行されてもよい。これは、少なくとも一部のホログラム計算のためのトランジスタが画素制御に使用されるトランジスタ間又はそれらのトランジスタに隣接して組み込まれてもよいことを意味する。あるいは、全てのホログラム計算は、1つの基板上で実現される共通のユニットを形成するように、機能的にも空間的にも従来の装置に分離された2つの機能ユニット、すなわちホログラム計算ユニット及びホログラム表示ユニットを組み合わせることにより、画素マトリクスが存在する物理空間において実行されてもよい。あるいは、ホログラム計算のための一部又は全てのトランジスタは、画素マトリクス外にあり且つ画素制御に使用されるトランジスタと同一基板上にあってもよい。「同一基板上」という用語は、トランジスタが基板と原子レベルでのみ結合できることを意味せず、回路が配設される物理的支持媒体を基板が一般に提供することを意味することは当業者には明らかであるべきである。「基板」の意味に関する更なる情報は、セクション「基板」において与えられる。

【0065】

画素マトリクス又は同一基板上の他の場所におけるホログラムの計算は、従来技術において説明される解析的なホログラム計算方法に限定されない。ルックアップテーブル(LUT)の方法等の他の種類の計算方法も可能である。解析的な計算方法は、計算方法を実証する一例として使用されてもよい。画素マトリクスにおけるホログラムの計算の場合、ホログラフィック計算方法はディスプレイ全体にわたり同一であってもよく、ほぼサブホログラムの寸法の距離にわたりサブホログラムを加算するためにデータを交換するのが好ましい。サブホログラムは計算に使用される。表示面全体にわたり計算を均一に分散することができる。しかし、ハードウェア設計、シミュレーション及び評価を容易にするために、表示面にわたりタイリングされるクラスタと呼ばれる小さな同一の部分に計算を分割できる。タイルは矩形である必要はなく、タイリングされた六角形(「蜂の巣」)のような他の構造も可能である。「クラスタ」という名前は、ホログラム計算データパスの一部又は全てを範囲に含む計算単位に対して使用される。従って、クラスタは、元の実空間データのセクションからディスプレイのタイルに対するホログラムデータを計算できる最小単位である。これらのクラスタは、隣接する単位間でデータを交換するのが好ましいため、隣接する単位からのサブホログラムが重なり合う場合、SLMは正確に符号化される。これを図24に概略的に示す。クラスタの方法の1つの利点は、クラスタが設計された後、ホログラフィック・ディスプレイは同一のクラスタを共にタイリングすることにより容易に構築されることである。

【0066】

理想的には、非常に高い画質又は幅が数mmではなく約1cm以上の仮想観察者ウィンドウ、あるいはその双方を有するホログラムを表示するために、 $16,000 \times 12,000$ 画素等の非常に高い解像度が要求される。強度画像及び3次元奥行き情報(「Zバッファ」と呼ばれる)を含む表示される画像コンテンツは、一般に最大 $2,000 \times 1,500$ 画素の解像度を有するのみである。図1に示すように、ホログラムを表示するのに必要とされるデータ転送速度は、元データを表示するのに必要とされるデータ転送速度と比較して例えば与えられる値の例の場合には48倍速い。図1において、3次元画像データは、強度マップ及び3次元奥行きマップの形式で供給される。一对の奥行きマップ及び強度マップは、各眼に対して、すなわち各仮想観察者ウィンドウに対して構成されるのが好ましい。それらのマップの各々は、 $2,000 \times 1,500$ 画素のデータアレイから構成される。各マップの画素毎のデータは、それぞれ8ビットの3つの色及び1つのz値、すなわち4つの値により表される。ビットは2進数である。従って、画素毎に32ビット必要である。ビデオデータは、25Hz又は25フレーム/秒(fps)で提供される。2つのビュー(右眼及び左眼)を使用すると、図示するようにデータ転送速度は4.8ギガビット/秒である。ノイズの平滑化又はアーティファクトの低減又は要求されるデータ伝

10

20

30

40

50

送速度の低下等のより高度な例において、連続フレームに関わるデータ処理が実行されるが、単純な例において、このデータはフレーム毎にホログラムを計算するために使用される。ホログラム計算は、25 Hz のビデオ転送速度、並びに2つのビュー及び3つの色を使用して16,000 × 12,000画素のデータアレイに対応するデータ出力を生成する。ここで、各画素は8ビットで表され、フレームレートは150 fpsである。従って、図示するように、ホログラムに対するデータ転送速度は230ギガビット/秒である。図1のコンテンツは、3原色である赤色、緑色及び青色が表示される処理を表す。この例は、単一のユーザ構成に関するが、対応して高いディスプレイ・フレームレートを有する複数のユーザ構成も可能である。ホログラフィック・ディスプレイにおけるデータ転送速度の多くの他の例が当業者には明らかとなるだろう。

10

【0067】

約25 Hzのフレームレートは、動画に対する最低許容レートであることが強調されるべきである。より円滑な再生を行なうためには、25 Hzを上回るフレームレートが使用されるべきである。フレームレートが高くなる程、閲覧者は、再生がより円滑であると考えられる。

【0068】

ホログラムは、所定のディスプレイの光波長に対してのみ計算される。このため、計算はオブジェクトポイント毎に3度実行される。すなわち、赤色、緑色及び青色等の色成分毎に1度実行される。他の色は3つの色成分を利用することにより生成され、この色の混合は順次又は同時に実現される。

20

【0069】

ホログラムが画素マトリクス等の同一の基板上の回路において生成される場合、元の画像データのみがディスプレイの基板に送信される必要がある。ホログラムが画素マトリクスの回路を使用して生成される場合、強度及び奥行き情報はパネルのそれらの位置に転送され、それらの情報は後でホログラム計算に必要とされる。本実施例の好適なディスプレイにおいて、ホログラムの画素値を計算するために、元の画像のサブセクションの値のみが考慮される。その1つの理由は、本実施例の好適なディスプレイにおいて、再構成に使用される光がディスプレイ全体にわたり完全にコヒーレントではなく、コヒーレンスがディスプレイの小さなサブセクションであってもよいディスプレイのサブセクション内に存在するためである。コヒーレンスは存在しないか、あるいはディスプレイの異なるサブセクションに対してディスプレイの1つのサブセクションから制限された範囲までのみ存在する。好適なディスプレイの各サブセクションは、ホログラム全体の対応するサブホログラムを生成するために使用されてもよい。サブホログラムの寸法は、元画像の強度及び奥行き値をサブホログラムの計算に対して必要とする画素の周囲の領域の最大拡張を規定する。その結果、必要な内部配線、いわゆる「ローカル相互接続」の長さが規定される。図3を参照。この解決策によると、ホログラムを生成するのに必要とされる大量の画素データの全て又は少なくとも一部が表示されるディスプレイパネル上の領域において直接計算されるため、長い配線を介するホログラフィック表示データの転送又はデータの間記憶領域は必要ないか又はその必要性は低減される。これは、ディスプレイパネルに送出されるデータの解像度を低下し、ディスプレイパネルに送出されるデータ転送速度を低下する。その例が図1に示す状況に適用される場合、データ伝送速度が約1/50に低下される。その結果、パネル全体にわたる行配線及び列配線の数、いわゆる「グローバル相互接続」は、それに応じて減少される。図3を参照。元の画像データの転送には、ホログラムデータの送信と比較してより少ない配線で十分であり、送信周波数はそれに従って低減され、行配線及び列配線における電力損失を削減するという追加の利点を有する。

30

40

【0070】

データ送信周波数を低減することは、行配線及び列配線における電力損失を低下するという利点を有する。これは、ゼロから1又は1からゼロに2進数を切り替えるには電力を必要とするためである。スイッチング速度が速くなると、電力に対する要求も増加する。電力は最終的に熱として損失され、その結果、高いデータ送信周波数のディスプレイにお

50

いて熱の問題を引き起こす可能性がある。熱の問題は、構成要素が触れるのに危険な程熱くなること、熱誘起応力の結果起きる電子部品のひび割れ及び破損、電子部品の酸化等の望ましくない化学反応、極端な温度に曝された結果起きる液晶材料の品質の低下、並びに温度上昇の結果起きる熱キャリア生成等の半導体材料の挙動に対する変化を含む。装置がバッテリーで動作する場合、バッテリーから消費される電力が多い程、バッテリーはより速く放電し、装置がバッテリーの充電までの間に使用される期間は減少する。

【 0 0 7 1 】

列配線及び行配線に対する従来の解決策において必要とされていた画素毎の領域の多くの割合は、ここでは他の目的で使用可能である。図 2 は、2 つの解決策の動作原理を比較する。従来技術に基づく解決策において、 $16,000 \times 12,000$ 画素の高解像度ホログラフィック・ディスプレイが考慮される。行配線及び列配線を短くするために、ディスプレイは、例えば図 28 に示すように 4 つの象限にタイリングされる。各象限は、 $8,000$ 本の列配線及び $6,000$ 本の行配線を有する。合計で、 $32,000$ 本の列配線及び $24,000$ 本の行配線が必要とされる。1 人のユーザに対して、 25 fps のビデオ転送速度（入力データのフレームレート・強度及び z バッファ）の 3 つの色成分（例えば、R、G、B）をそれぞれ有する 2 つのビュー（右側及び左側）は、結果として 150 画像 / 秒のディスプレイ・フレームレートを与える。行数を乗算し且つフレーム間の空き送信時間の 10% を加算すると、 1 MHz の列駆動周波数が必要とされる。本実施例に係る解決策の一例において、画像データは $2,000 \times 1,500$ 画素の実画像画素アレイに従って供給される。更にディスプレイが 4 つの象限にタイリングされる場合、各象限は 750 本の行配線を有する。これに 150 画像 / 秒を乗算し且つフレーム間の空き送信時間の 20% を加算すると、図示するように 135 kHz の列駆動周波数が必要とされるだけである。この例は、単一のユーザ構成に関するが、動揺に更に高いディスプレイ・フレームレートを有する複数のユーザ構成も可能である。

【 0 0 7 2 】

パネル及び計算パラメータに依存して、図 2 の従来技術に係る解決策と比較して、図 2 の実施例に係る解決策において省略されてもよい行配線及び列配線を節約する空間は、ホログラム計算のための回路に必要な空間より大きい可能性があるため、節約された空間の一部のみがホログラム計算に使用されるトランジスタに対して必要とされるだろう。この場合、透過電極の領域は増加され、LCD の透過率は向上される。計算が節約された画素領域において実行されるため、ディスプレイと同一の基板上に存在せず且つ任意の周知の従来の装置において大きな問題及び高いコストの原因となる追加の計算ユニットは余分になる。別の利点は、パネル制御に対するデータ転送速度が従来の LCD とほぼ同一であるため、パネル制御の複雑さが大きく軽減されることである。 25 fps の $2,000 \times 1,500$ 画素の例示的な解像度及び 32 ビット / 画素の 2 つのビューに対する 4.8 ギガビット / 秒のデータ転送速度は、 60 Hz のフレームレート及び 3 つの 8 ビット色を有する $1,920 \times 1,600$ 画素の TFT パネルに対するデータ転送速度とほぼ同一である。この例は単一のユーザ構成に関するが、同様に更に高いディスプレイ・フレームレートを有する複数のユーザ構成も可能である。これは、そのようなパネルが従来のディスプレイ技術により容易に制御される一方で、当業者には理解されるように、計算ユニットとディスプレイ電子機器との間及びディスプレイ電子機器とディスプレイパネルとの間の双方における図 1 の 230 ギガビット / 秒の例示的なデータ転送速度のホログラム全体の送信が実現するのに困難で且つコストが非常にかかる特別な解決策を使用してのみ実現可能であることを意味する。

【 0 0 7 3 】

元の実空間画像が $2,000 \times 1,500$ 画素を有し且つ 25 fps のビデオフレームレートで供給される空間光変調器におけるホログラムの 2 次元符号化を考慮する場合、ホログラフィック計算に対して約 1 億個のトランジスタ、すなわち実空間画素毎に約 34 個のトランジスタが必要とされる。これは、 200 MHz のスイッチング周波数の単結晶 Si 回路の場合である。単結晶 Si から成る TFT が約 25 MHz のスイッチング周波数を

10

20

30

40

50

有してもよい。より遅いスイッチング速度を補償するために1億個のトランジスタではなく約6億9千万個のトランジスタが必要とされる。16,000×12,000画素のホログラム解像度を仮定すると、これは、ホログラム画素毎に約4つのトランジスタが必要であることを意味する。新しい画像が表示される時に計算された値のみが画素セルに書き込まれるため、画素毎に1つ又は2つの追加のトランジスタが必要とされる。同一の解像度を維持しつつディスプレイの寸法が大きくなると、画素ピッチは更に大きくなり、従って画素の周囲に追加で配置されるトランジスタの数も増加する。トランジスタ数のより詳細な推定については、「トランジスタ数の推定」のセクションで与えられる。

【0074】

パネルが行配線及び列配線を介して制御される場合、これらの配線が広がる程、ディスプレイは大型になる。これは、固定配線材料低効率に対して及び固定配線断面積に対して配線の低効率がその長さに比例し、固定配線材料低効率に対して、並びに固定配線の長さ及び厚さに対して、配線の低効率がその幅に反比例するためである。これは、画素マトリクスにおいてホログラムを計算する方法が特に大型の高解像度ホログラフィック・ディスプレイを使用する従来の制御技術に対して有利であることを意味する。

【0075】

TFTトランジスタとしての組み込みは、計算のためのトランジスタが画素トランジスタと共に基板に適用されるという大きな利点を有する。

【0076】

トランジスタ数が増加して障害発生の確率が高くなる限り、追加のコストを招くことになる。これは、耐障害性計算方法を使用することにより補償される。この方法において、個々の素子における故障は、欠陥のある構成要素がない場合に取得される計算結果と比較して僅かな偏差の原因となるだけである。

【0077】

計算は、図2及び図3においてクラスタと呼ばれる多くの隣接する計算単位で実行される。一般に、計算単位(クラスタ)のサイズが大きくなる程、一方ではデータ転送速度が低下し且つ他方では計算の実現が容易になるため、それらのサイズは最適化される。

【0078】

他の実施例において、ディスプレイは、強度マップ及び奥行きマップデータ等の実空間データに基づいて計算されたホログラフィック画像データを表示するために使用される。従来技術のディスプレイに関する固有の問題は、それらのディスプレイが表示回路と同一基板上に実装されない回路を必要とすることである。この追加の回路は、ディスプレイの基板と別個の基板上に実装される必要がある。これは、大きなデバイスの体積及び重量等の望ましくない特性を招く。消費者は、より小さい表示装置、より薄型の表示装置又はより軽量の表示装置を常に要求している。本実施例のホログラフィック・ディスプレイは、表示回路と同一基板上にある計算回路を有する。計算回路は、ディスプレイの画素間にあってもよく、あるいはディスプレイの画素アレイ外にあるが依然として同一基板上にあってもよい。

【0079】

< Si(LCoS)ディスプレイ上の液晶への組込みに関する注意 >

単結晶シリコンウエハに適用されるものは、小型LCoSディスプレイとは多少異なる。このディスプレイ技術によりはるかに高い周波数が可能になるため、画素毎に1つのトランジスタより少なくともホログラフィック計算には十分である。一般に、計算の大部分が離散的な計算と同一であり、計算ユニットは画素セルによってのみ中断される。計算に必要なSi領域が変更されないため、本明細書において、少ないデータ量が転送又は格納のみされることにより節約が達成されてもよい。これは、行配線及び列配線に必要とされる領域を減少し、LCoSへのデータの転送を容易にする。しかし、解決策は、計算回路が表示回路とは異なる基板上にある場合よりコンパクトで安価であるため、計算回路は、表示回路と同一基板上にあるが表示回路内には配置されない。

【0080】

< ローカル転送 >

計算されたデータのローカル転送のための追加の論理が既に存在するため、その論理は各領域に元画像を転送するためにも共通に使用される。そのため、グローバルな行配線及び列配線は完全に余分になる。例えば元データは、シフトレジスタを使用してクラスタからクラスタに転送される。行制御がローカルで実行されるため、行配線の省略により、ディスプレイの右側及び左側が情報を書くために使用されることが可能になる。

【 0 0 8 1 】

< 耐障害性計算ユニット >

例えば 1, 600 × 1, 200 画素の解像度を有する通常の TFT ディスプレイの場合、画素誤差として明らかとなる製造誤差が存在する可能性がある。ホログラフィの高解像度ディスプレイは、はるかに多い画素数及び従ってはるかに多い TFT 数を有し、画素誤差の確率が非常に増加する。追加の TFT が計算のために組み込まれる場合、誤り率は再度上昇する。これにより、単一の欠陥のある TFT における誤差がディスプレイ全体に伝播せず、理想的な性能と比較して僅かな局所的な偏差の原因になるだけであるように計算処理を設計することが必要になる。

【 0 0 8 2 】

製造誤差が閲覧者には不可視の結果又は人間の視覚系により僅かに知覚される程度の結果を招くこともある。この場合、そのような欠陥は許容されるだろう。しかし、例えば、多くの SLM セルがそのような例において影響を受けるため、完全に損傷したクラスタは許容されない。

【 0 0 8 3 】

TFT 等の冗長な回路は、装置の起動時に使用される回路の一部が故障していると分かった場合にそのような回路が装置の起動時に使用される回路の一部を置換するために使用されるように、画素マトリクスの空間に製造されてもよい。装置は、1つの回路のスイッチング特性が回路の誤動作を示すか否かをテストすることなどにより、時々自己診断をしてもよい。誤動作する回路は使用不可能であるとして不揮発性メモリ等のメモリに記録されてもよく、他の回路はその代わりに使用されるものとして記録されてもよい。同様の方法は、本明細書に参照により組み込まれる J. Birnbaum 及び R.S. Williams の「Physics and the Information Revolution」Physics Today、2000 年 1 月、38 ~ 42 ページにおいて従来の耐障害性コンピュータ回路に対して報告されている。あるいは、回路は、永続的に暗い画素を結果として与える故障の確率が永続的に明るい画素を結果として与える故障の確率より高くなるように設計されてもよい。これは、後者の方が閲覧者にとって煩わしいためである。

【 0 0 8 4 】

最適化された誤差許容の設計に対して、回路内のより重要な場所において、構成要素のサイズが更に大きいトランジスタ、特に横方向のサイズが大きいトランジスタは、回路のより重要な部分の故障の確率を低減するために実現されてもよい。更なる方法は、欠陥のあるユニットの結果がより大きい表面積にわたり分散されるように計算パイプラインを混合することである。これは、ホログラム画素の値を計算するために、約 1,000 個以上の値が加算されてもよいことが分かる場合に理解されてよい。それらの値が全て同一のパイプラインから得られた場合、このパイプラインが故障すると、ホログラム画素値は完全に誤った値となる。クラスタが並列パイプラインから構成される場合、内部クラスタ構造は、加算する値が全ての並列パイプラインから得られるように構成される。値が例えば 4 つのパイプラインから得られ、1つのパイプラインが故障する場合、入力値の 25% のみが誤っている。この例において、計算されたホログラム画素値は、入力値の 100% が誤っている場合より正確である。

【 0 0 8 5 】

いくつかの例において、「後続修復」戦略が使用されてもよい。そのような場合、ディスプレイのテスト段階中に故障したユニットを識別し、関連する導電線を物理的に切断することにより回路を修正する。そのような方法は短絡を解決する。接続の切断は、最も望

10

20

30

40

50

ましくない画素の故障（例えば、高い強度で常に光っている画素）が単純にそれらをオフして暗くすることにより改善されることを保証する。

【0086】

本実施例に係る装置の場合、装置は、以下に与えられる製造方法の概要、それらのある組合せに従って製造されてもよく、あるいは当業者には明らかである他の製造方法に従って製造されてもよい。有機半導体は、実施例の装置内の回路を製造するために使用されてもよい。

【0087】

< B . 空間光変調器に対する符号化の効率的な計算を使用する同一基板上の計算によるホログラム表示 >

リアルタイム又は準リアルタイムに変化する再構成のための大きな計算機生成ホログラム (CGH) の表現に対する 3 次元コンテンツの変換を行なう周知の方法は、計算資源に関して大きな労力を費やすことによってのみ実現される。従来技術の国際公開第 2008/025839 号パンフレットの「Method for generating computer-generated video holograms in real time with the help of LUTs」において説明される改善例において、
1,920 × 1,080 個の再構成オブジェクトポイントを含む対話型リアルタイムホログラムは、事前に計算されたサブホログラム及びルックアップテーブル (LUT) を使用して市販のパーソナルコンピュータ (PC) システムにより対話的にリアルタイムに表示される。従来の方法は、図 14 において白丸により示すように、オブジェクトポイントが特定の離散的な位置においてのみ再構成可能であることを特徴とする。本明細書において説明する本実施例の方法は、図 14 において黒丸により示すように、オブジェクトポイントが再構成錐台内の任意の位置において生成されるという制限を回避する。図 14 は、従来の LUT 方法を使用して生成されるオブジェクトポイント (白丸) が特定のオブジェクト面に固定的に割り当てられる方法を示す。オブジェクト面は、ホログラム面に対して固定の距離で位置付けられる。これに対して、本実施例の解析的方法によると、オブジェクトポイント (黒丸) は任意の位置にあってもよい。

【0088】

第 A 部の実施例は、空間光変調器の符号化を計算する従来の方法を使用して実現されてもよい。あるいは、第 A 部の実施例は、空間光変調器に対する符号化のより効率的な計算を提供する方法を使用して実現されてもよい。より効率的な 1 つの計算方法は、国際公開第 2008/025839 号パンフレットにおいて説明される。フーリエ変換自体又はフレネル変換自体の計算を必要としないために効率的に実現される以下のより効率的な方法は、本発明の一実施例である。更に、以下のより効率的な方法は、フーリエ変換又はフレネル変換を必要としないと言われる。

【0089】

空間光変調器に対する符号化のより効率的な計算を提供する方法の一例は以下の通りである。SLM 光変調手段 (SLM1) を含むホログラフィック表示装置 (HAE) に対して計算機生成ビデオホログラムを生成する図 8 及び図 9 を参照して説明される解析的方法であり、オブジェクトにより放射される波面が 1 つ又は複数の仮想観察者ウィンドウ (VOW) において再構成され、ホログラム全体 (H_{SLM}) の部分集合であるサブホログラム (SH) が SLM 上で符号化されることのみが 3 次元シーン (3D-S) の単一の各オブジェクトポイント (OP) の再構成には必要である方法は、複数のオブジェクトポイントへの 3D シーン (3D-S) の離散化の後に以下のステップを含むことを特徴とする：

3D シーンの各可視オブジェクトポイント (OP) に対して、

ステップ A：オブジェクトポイント (OP) 毎にサブホログラム (SH) の位置を判定する。

【0090】

例えば、仮想可視領域がホログラム面からオブジェクトポイントを通り SLM 自体まで投影される交差線の定理を使用する。サブホログラムは、十分な正確度で矩形として近似

10

20

30

40

50

/モデル化される。ローカル座標系は、原点を中心にしてサブホログラムに割り当てられる。x座標は横座標であり、y座標は縦座標である。サブホログラムは、半分の幅「a」及び半分の高さ「b」の寸法を有する。

【0091】

ステップB：ホログラム面（HE）内のサブホログラム（SH）毎に仮想レンズ（L）のサブホログラムを判定する：

B1：仮想レンズの焦点距離（f）を判定する：

レンズの焦点距離（f）は、ホログラム面（HE）において再構成されるオブジェクトポイント（OP）のSLMからの直交距離である。

【0092】

B2：レンズのサブホログラム（SH_L）の複素値：

サブホログラムの複素値は、以下の式を使用して判定される。

【0093】

$$z_L = \exp\{-i \cdot [(\lambda / f) \cdot (x^2 + y^2)]\}$$

ここで、 λ は参照波長であり、fは焦点距離である。図9Aに示すように、式中のfの正符号は凸レンズに対応する。図27に示すように、仮想発散レンズが閲覧者に対してSLMの逆側においてオブジェクトポイント（OP）を再構成するために使用される場合、負数のfが要求される。

【0094】

B3：x及びyの正の値及び負の値に関する z_L の対称性のため、1つの象限において z_L の値を判定し且つその結果を適切な符号を使用して他の3つの象限に転送するので十分である。

【0095】

ステップC：ホログラム面（HE）内においてプリズムのサブホログラム（SH_P）を判定する。

【0096】

選択されたローカル座標系のために、プリズムは結果として位相ずれを与えるため、位相ずれはx座標及びy座標の一次関数である。

【0097】

C1：水平方向に有効なプリズム（P）の線形因子 C_x を判定する。これは、間隔x [0, a]において以下の式により示される：

$$C_x = M \cdot (2x / a) ; M \text{はプリズムの絶対傾斜である（図9B）}。$$

【0098】

C2：垂直方向に有効なプリズム（P）の線形因子 C_y を判定する。これは、間隔y [0, b]において以下の式により示される。

【0099】

$$C_y = N \cdot (2y / b) ; N \text{はプリズムの絶対傾斜である（図9C）}。$$

【0100】

C3：プリズムのサブホログラム（SH_P）の複素値：

このサブホログラム（SH_P）の複素値は、以下の式により2つのプリズムを重ねることにより判定される。

【0101】

$$z_P = \exp\{i \cdot [C_x \cdot (x-a) + C_y \cdot (y-b)]\}$$

C4：光源がホログラフィック表示装置によりVOWに結像される場合、プリズムの補正は無視されてもよい。

【0102】

ステップD：レンズ及びプリズムのサブホログラムを変調する：

図9Aに示すように、組み合わされたサブホログラムの複素値は、符号では $SH = SH_L \cdot SH_P$ で表される $z_{SH} = z_L \cdot z_P$ として、仮想レンズ（L）及び仮想プリズム（P）の結果を複素乗算することにより与えられる：

10

20

30

40

50

ステップ E : 位相ずれ

各サブホログラム (SH) は、可視領域内において同様の輝度を達成するために (均一に分散された) 位相ずれにより変調される。ここで、位相ずれはサブホログラム毎に異なる。これにより、光学的コヒーレンスを有する光源からのスペックルパターンが減少される。位相ずれの大きさは、スペックルパターンを減少するのに十分であり、(ラジアンより小さくてもよい (すなわち、必ずしも $-\pi/4 < \phi_0 < \pi/4$ ではなく、例えば $-\pi/4 < \phi_0 < \pi/4$ である))。この処理は、以下により表されてもよい:

$z_{SH} := z_{SH} \exp(i \phi_0)$ 、符号では $SH := SH \exp(i \phi_0)$ として表される。

【0103】

ステップ F : 強度変調

オブジェクトポイントが自身の輝度及び色を適切に表すように、複素値、すなわち各サブホログラムは、フレームバッファコンテンツ (単色又は R、G、B 等のカラー) から取得される強度因子により変調される。

【0104】

$z_{SH} = C * z_{SH}$ 、これは符号では $SH := C * SH$ で表される。

【0105】

ステップ G : ホログラム全体 H_{SLM} を形成するためにサブホログラムを加算する。

【0106】

サブホログラムは、複素加算を使用して重畳される。ホログラム全体は、以下の式により与えられるサブホログラムの複素和である:

$H_{SLM} = \sum SH_i$ 、これは、ホログラム全体に対する座標系に従って符号では $Z_{SLM} = \sum z_{SH_i}$ で表される。

【0107】

上述のステップ C、D 及び E は、実施例のいくつかの例において個々に省略されてもよく又は組み合わせられて省略されてもよい。ここで、計算力又はホログラムの品質は、上述の計算方法を実現するのに必要とされるハードウェアの製造コストの減少等のいくつかの利点と引き替えに低下されてもよい。

【0108】

更なる注意点は、再構成オブジェクトポイントが光学系の焦点であると考えられる場合、傾斜しており且つ焦点距離 f を有するレンズがホログラム面に存在することを意味することである。傾斜レンズは、傾斜していないレンズ及びプリズムから構成される。本明細書において提示される方法によると、オブジェクトポイントは、レンズ関数及び必要に応じてプリズム関数がサブホログラムにおいて符号化されるように再構成される (図 9A を参照)。複数の点から構成されるシーンは、サブホログラムを重畳することにより生成される。この方法を使用することにより、対話型リアルタイムホログラフィック再構成に対するオブジェクトポイントは、市販されている標準的なハードウェアコンポーネントを使用して再構成錐台内の任意の位置において生成される。この解決策は、オブジェクトポイント数に関して容易にサイズ変更可能である。処理ユニットの性能が向上する程、オブジェクトポイント数は増加する。

【0109】

計算処理は、以下のように要約されてもよい:

1. レンズの計算

a. 焦点距離 f を見つける。

b. レンズ方程式: $e^{-i * [(\pi / f) * (x^2 + y^2)]}$ を使用する。

2. プリズムの項の計算 (オプションであり、処理に依存する)

a. C_x 、 C_y 、 a 及び b を判定する。

b. 方程式: $e^{i * [C_x * (x-a) + C_y * (y-b)]}$

$C_x = (2\pi / \lambda) * m$

$C_y = (2\pi / \lambda) * n$

3. プリズム及びレンズの項の変調 (オプションであり、処理に依存する)

10

20

30

40

50

4. ランダム位相の適用（オプションであり、処理に依存する）
5. 強度変調
6. ホログラムのS L M別の符号化。

【0110】

< C. 同一基板上の伸張計算によるホログラム表示 >

本実施例は、3次元画像に対応する強度マップ及び奥行きマップ等の実空間画像データを受信するディスプレイを含む。空間光変調器のホログラフィック符号化は、3次元画像データに基づいてリアルタイム又は準リアルタイムに計算される。ホログラム表示計算の全て又は少なくとも一部は、1つの基板上で実現される共通のユニットを形成するように、機能的にも空間的にも従来の装置に分離された2つの機能ユニット、すなわちホログラム表示計算ユニット及びホログラム表示ユニットを組み合わせることにより、画素マトリクスが存在する物理空間において実行されてもよい。これは、ホログラム表示計算の全て又は少なくとも一部のためのトランジスタは、画素制御に使用されたトランジスタの間又はトランジスタに隣接して組み込まれることを意味する。あるいは、ホログラム表示計算は、画素回路と同一基板上にある回路を使用して実現されてもよいが、ホログラム表示計算回路は画素回路外にある。

10

【0111】

本実施例のこの更なる例において、ホログラム計算は、画素マトリクスにより専有される空間外の場合で実行される。そのような計算は、国際公開第2008/025839号パンフレットにおいて説明されるようにローカルでアクセス可能なルックアップテーブル（LUT）を利用してもよく、それにより計算の計算効率を向上させる。図1から明らかであるように、ホログラム計算が表示画素の空間外で実行される方法に関する問題は、ディスプレイの画素に対する全体のデータ伝送速度が非常に速い必要があることである。これは、図4の方法等の方法が採用される場合に回避される。

20

【0112】

ディスプレイにおいて、ホログラム符号化データは、画素マトリクスにより専有される空間外で計算される。それらの計算が実行される空間は、ディスプレイの基板と同一の基板上にあってもなくてもよい。ホログラム符号化データは、周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され且つディスプレイ全体に対する一部であるところのディスプレイのクラスタに転送されてもよい。図4において、ホログラム計算のためのTFTは、行配線及び列配線を介して受信されたデータを伸張する機能を実行する。しかし、データは、パラレルデータバス又はシリアルデータ接続等の他の手段を介しても受信可能である。ホログラム表示画素と画像強度マップ及び画像奥行きマップの送信元との相互接続に対する要求が低減された状態でクラスタ単位でのホログラム表示が許可される。更に、ホログラム計算及びデータ圧縮がディスプレイの基板外で実行されることが可能であり、データ伸張はディスプレイの画素と同一基板上の回路を使用して実行されるが画素マトリクスの空間外で実行される。他の例が当業者には明らかとなるだろう。

30

【0113】

< D. 同一の基板上の伸張計算による高解像度表示 >

他の実施例において、高解像度ディスプレイは、通常の表示データであってもよく又は強度マップ及び奥行きマップデータに基づいて計算されたホログラム表示データであってもよい高解像度画像データを表示するために使用される。従来技術の高解像度ディスプレイに関する固有の問題は、それらのディスプレイが製造誤差を起こす傾向にある高密度回路を必要とすることであり、過度な発熱の問題を招く可能性のある高いスイッチング周波数を必要とすることである。これらの問題は、図5の方法等の方法が採用される場合に軽減又は回避される。

40

【0114】

高解像度ディスプレイにおいて、画像データは、周知のデータ圧縮技術を使用してディスプレイ内又はディスプレイ外で圧縮され、ディスプレイ全体に対する一部であるところのディスプレイのクラスタに送信される。圧縮計算が実行される空間は、ディスプレイの

50

基板と同一基板上で実行されてもされなくもよい。図5において、伸張計算のためのTFTは、行配線及び列配線を介して受信されたデータを伸張する機能を実行する。しかし、データは、パラレルデータバス又はシリアルデータ接続等の他の手段を介しても受信可能である。メモリに対する要求が最小の場合、伸張計算のためのTFTは、25Hzのフレームレートで、約40ms以内で表示するそのデータをクラスタの画素により伸張することを要求される。画像表示画素と画像強度マップの送信元との間の相互接続に対する要求が低減された状態でのクラスタ毎の画像表示が許可される。他の例が当業者には明らかとなるだろう。

【0115】

好適な例において、圧縮実空間画像データは、ディスプレイのクラスタに送出される。第1のステップにおいて、クラスタは圧縮実空間画像データの伸張を実行する。第2のステップにおいて、ホログラフィック表示データは、第1のステップにより生成されたデータを使用してディスプレイのクラスタにより計算される。他の例が当業者には明らかとなるだろう。

【0116】

< E . ホログラフィック変換及び符号化のために追加の処理ユニットを組み込むことによりグラフィックスサブシステムに対して拡張された3Dレンダリングパイプラインを使用する同一基板上の計算によるホログラム表示 >

第A部の実施例は、空間光変調器を符号化する従来の方法を使用して実現されてもよい。あるいは、第A部の実施例は、空間光変調器のより効率的な符号化を提供する方法を使用して実現されてもよい。空間光変調器のより効率的な符号化を提供する方法の一例は以下の通りであるが、多くの他の例が当業者には明らかとなるだろう。

【0117】

一例が図15に示される方法は、ホログラフィック変換及び符号化のために追加の処理ユニットを含むことによりグラフィックスサブシステムの3Dレンダリングパイプラインを拡張する。方法は、本出願人の一実施例である。「ホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニット」という表現は、以下において「ホロパイプライン」という用語で置換される。ホロパイプラインは、3Dグラフィックスパイプラインのすぐの下流側に配置される。各クラスタに対する3Dパイプラインデータは、ディスプレイの対応するクラスタに送出される。以下の説明は、単一クラスタのレベルにおける実施例に焦点を当てる。Zマップバッファ及びカラーマップバッファ(カラーマップR、カラーマップG、カラーマップB)は、2つのパイプラインの間のインタフェースを形成する。図15は、これを概略的に示す。Zマップは、画素座標の個々の点毎に、変倍され且つ種々の規定レベルで表されるz値を含む。Z値は、一般に0.0~1.0の範囲で変倍されるが、他の範囲も可能である。規定レベルは、ビット数、すなわち8ビット、16ビット又は24ビットにより判定される。

【0118】

現行のグラフィックスサブシステムにおいて、カラーマップは、24ビット、すなわち色成分R、G、B(赤色、緑色、青色)毎に8ビットの規定を有する。カラーマップはフレームバッファの一部を形成し、そのフレームバッファのコンテンツは一般に画面上に表示される。Zマップ及びカラーマップを含む2つのバッファは、3Dレンダリングパイプラインとホロパイプラインとの間のインタフェースを形成するように規定される。Zマップは1つの表示波長に対して提供されるが、これはR、G、Bの特定の波長ではない。Zマップのコピー1501及び1502は、他の2つの表示波長に対して提供される。

【0119】

ホログラムは、所定の表示光学波長に対してのみ計算される。このため、計算はオブジェクトポイント毎に3回実行される。すなわち、各原色、赤色(R)、緑色(G)及び青色(B)に対して1回実行される。他の色は、それらの3つの色成分を利用して生成され、この色の混合は順次又は同時に実現される。処理速度を増加するために、少なくとも2つの追加のホロパイプラインが使用されるため、ホログラム計算は同時に実行される

10

20

30

40

50

。全ての3つの色成分に対する結果は、同時に入手可能である。そのために、zマップデータが互いに独立してアクセス可能な追加のメモリセクション1501及び1502（図15を参照）にコピーされる必要がある。これにより、zマップデータ等のメモリセクションを含む動作が互いに阻止されることが防止される。従って、メモリセクションは物理的に分離されるのが理想的である。3つの色成分に個々にアクセスできることを保証するために、色G及びBに対するカラーマップRGBコンテンツは、別個のメモリセクションであるカラーマップG及びカラーマップBにそれぞれコピーされる（図15を参照）。ここでも、メモリアクセス中の衝突を防止し且つシステム性能に悪影響を及ぼすセマフォ、相互排除アルゴリズム（又は「mutex」）等とのアクセス同期に対する困難な実施例の問題を軽減又は除去するために、メモリセクションは物理的に別個にされてもよい。しかし、メモリセクションが互いに物理的に分離されてもよいが、それらのメモリセクションは依然としてディスプレイの同一クラスタ内に配置されるのが好ましい。尚、セマフォは、保護変数（又は抽象データタイプ）であり、多重プログラミング環境において共有資源（例えば、記憶装置）へのアクセスを制限する従来の方法を構成する。相互排除アルゴリズムは、危険域と呼ばれるコンピュータコードによるグローバル変数等の共通資源の同時使用を回避するためにコンカレントプログラミングにおいて使用される。

10

【0120】

以下において、ホログラムは、複数のサブホログラムにより構成されると仮定される。本明細書において、m番目のサブホログラムは、レンズ関数： $e^{(-iC_t * (x_m^2 + y_m^2))}$ により示されるレンズにより表される。定数 C_t は、レンズの焦点距離 f を含み、 f の値は、レンズ関数が適用される前に計算されるため、 f の値は全ての3つのパイプラインに使用される。従って、 f の値は色別ではない。それは、仮想レンズであるため、色収差を示す必要はない。レンズはx軸及びy軸に関して対称的であるため、レンズ関数関係を利用できる。レンズを全て示すために、関数は1つの象限にのみ適用される必要がある。1つの象限において計算されたレンズ関数値は、符号の対称規則を使用して他の3つの象限に適用される。

20

【0121】

C_t は、当然3色R、G、Bで異なる波長に依存する。 f の値は、規定されたレーザ又は光源が各波長に対して使用されるのが周知であるため、計算される必要はない。しかし、 f の値は、ディスプレイの原色毎に C_t を計算するために計算内で入手可能にされるべきである（図15を参照）。

30

【0122】

使用される処理に依存して、光伝播の方向を修正するために、レンズ関数に加えてプリズム関数（図15を参照）が適用されることが必要になる可能性がある。プリズム関数において、定数は波長を含む。その定数の値は、3原色が異なる波長を有するために変動するため、3つのホロパイプラインの各々に対して特定の値を有する。

【0123】

次に、レンズ関数及びプリズム関数の双方は、図15に示す1503、1504及び1505において複素乗算される。その後、1506、1507及び1508においてランダム位相が適用され、レンズ関数及びプリズム関数の乗算の結果に加算される。この方法は、観察者平面において輝度が最大になること又は「スペckル」を回避することを目的とする。各カラーマップの強度は、1509、1510、1511において各ホログラムを変調するために使用される。

40

【0124】

次のステップにおいて、このサブホログラムに対して、クラスタに対する全体のホログラムを形成するために複素加算が行なわれる（図15を参照）。その結果は、SLMのシステム特性によってのみ判定される補正マップ又は階調画像（ガンマ補正）の適用等、該当する場合はホログラフィック・ディスプレイのクラスタにおいて追加のアルゴリズムを使用する後続処理に対して利用可能であるため、この段階で好適に補正される。その後、符号化処理が後続する。ホログラムは、カラーで再構成されてもよい。符号化アルゴリズム

50

ム（図15を参照）は、位相符号化されるか、振幅符号化されるか又は別の方法で符号化されて使用されるSLMに大きく依存して異なる。

【0125】

本セクションにおいて与えられる実施例のいくつかの態様は、本出願内の他のセクションで更に詳細に開示されることが当業者には認識されるだろう。

【0126】

< F . ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの3Dパイプラインを拡張することによる3次元空間の点の順次ホログラフィック変換を使用する同一基板上の計算によるホログラム表示 >

第A部の実施例は、ホログラフィック計算を実行する従来の方法を使用して実現されてもよい。あるいは、第A部の実施例は、ホログラフィック計算を実行するための遅延を短縮する方法を使用して実現されてもよい。ホログラフィック計算を実行するための遅延を短縮する方法の一例は以下の通りであるが、多くの他の例が当業者には明らかとなるだろう。

【0127】

実施例の目的は、画素に近接して計算することによるホログラム表示の場合に、他のホログラフィック計算と比較して遅延を短縮することである。その結果、例えば現在使用されているグラフィックスカード（3Dパイプライン）のアーキテクチャは、リアルタイムのホログラフィック変換及び符号化のための追加のハードウェアモジュールにより拡張される。

【0128】

一般に、ホログラフィック変換計算が実行される前に、3次元シーン全体はいくつかの3D変換及び照度計算を実現することにより構成される。シーンのオブジェクトを構成するプリミティブ（例えば、点、線、三角形）は、3D処理パイプラインの最後に画素化される。全体の結果は、2つのメモリセクションにおいて入手可能である。それらのメモリセクションは、観察者により閲覧されるシーンの色値（カラーマップ）を含むフレームバッファ及び観察者の位置から見られるような変倍表現におけるシーンの奥行きマップを含むZバッファである。従来の方法において、ホログラフィック変換及び符号化処理は、双方のメモリセクションへのアクセスを必要とするため、それらの結果（2つのメモリセクション）が全て入手可能である場合にのみ開始可能である。これは、1ビデオフレーム分の遅延を招く。そのような遅延は、ゲーム装置等のいくつかの対話型アプリケーションにおいて非常に重要である。遅延が長すぎる場合、プレーヤの動作に対して利用可能な反応時間が短くなりすぎる可能性があるため、プレーヤは実行できたはずの動作を実行できなくなる。60Hzのディスプレイにおいて約17ms以上である1フレーム分の遅延は、高速なゲームにおいては非常に重要になるだろう。ホログラフィック・ディスプレイに対するアプリケーションが存在する場合にのみそれらのディスプレイが市場に受け入れられるため、テレビゲームのプレーヤ等の対象グループは含まれるべきである。

【0129】

3次元ホログラフィック結像は、索敵軍用アプリケーションにおいて利点を提供するだろう。あるいは、3次元の地形情報等の他の情報は、2次元データディスプレイより戦闘効率を向上するだろう。ディスプレイが戦闘動作中に軍用アプリケーションにおいて適用される場合、上記遅延は、兵士の死又は負傷、あるいは高価な軍用機器の損傷又は破壊を招くだろう。従って、遅延を短縮することにより、軍用アプリケーションにおける3次元ホログラフィック結像の効率が向上される。

【0130】

遅延を短縮するために、カラーマップ及びZバッファマップの全てが利用可能になるまで待つ必要はない。その代わり、ホログラフィック計算は、空間の1つの点が3Dパイプラインにより処理された後に利用可能になった直後に実行される。従って、3Dパイプラインはホログラフィックパイプラインにより拡張されてもよいことが分かる。

【0131】

ホログラフィック変換及び符号化の計算時間は、3Dパイプラインによる3Dの点の計算に必要とされる時間を超えないのが好ましい。これは、その時間を超えると更に時間の遅れを招くからである。この概念は、必要な情報のみが処理される必要があるため、サブホログラムに基づいて容易に使用可能にされる。これを理解するために、ホログラフィック変換が空間の単一の3Dの点からホログラム又はSLMの全体のサイズに適用された場合、その結果として1,000倍以上の計算負荷が追加されることを考慮する。現在入手可能な計算ハードウェアを使用してリアルタイムに計算を行なうのは不可能になる可能性が高い。図8及びそれに関連する説明は、サブホログラムの概念を示す。図18A及び18Bは、一実施例の現在の例におけるサブホログラムの好適な用途を示す。サブホログラムはSLMより小さいため、各サブホログラムはSLM全体にわたる単一のホログラムより迅速に計算される。更に、サブホログラムは順次計算されてもよく、これにより、画像データのフレーム全体が受信された時にのみ実行可能なSLM全体にわたるホログラムの計算の場合と比較して遅延が大きく短縮される。2つの図18A及び図18Bを比較すると、各オブジェクトポイントを計算するための計算負荷は、サブホログラムを使用する場合、SLM全体と比較してサブホログラム中のセル数が少ないため非常に小さくなることが分かる。

【0132】

一実施例のいくつかの例において、位置が観察者に最近接する点のサブホログラム(図16)は、サブホログラムバッファに格納される。各クラスタに対する3Dパイプラインデータは、ディスプレイの対応するクラスタに送出される(図17)。以下の説明は、単一クラスタのレベルにおける実施例に焦点を当てる。VOWのサイズ、並びにSLMからのVOWの方向及び距離に関するデータは、計算に対する入力としてクラスタに供給される(図17)。ディスプレイの各クラスタは、1つ以上のサブホログラムであってもよい表示するサブホログラムの符号化を格納するための自身のルックアップテーブルを有する。観察者に更に近接する新しい点が生成される場合、その点に対応するサブホログラム(SH_n)は計算される(図17を参照)。すなわち、ホログラフィック変換は、サブホログラムの寸法が判定された後に実行される。SLMセルがいくつかのサブホログラムからの情報を含んでもよい。そのため、位置 x, y のサブホログラム(SH_{n-1})のエントリがルックアップテーブルから探索される。そのサブホログラムは、その時点でSLMのクラスタに表示される。LUTからSHのコンテンツを読み出した後、現在表示されているSH(SH_{n-1})と新しいSH(SH_n)との間の差が計算される(図17を参照)。

【0133】

先行する点より観察者に近接する空間の3Dの点が位置 x, y において後で計算される例において、この SH_n は古い SH_{n-1} の代わりにLUTに書き込まれる(図17を参照)。ここで、差分 SH_D はフレームバッファに格納されるSLMの値に加算される。この処理の後、符号化及び可能な補正が後続する(図17を参照)。

【0134】

表示装置(SLM)が構成情報(例えば、種類、解像度)を計算ユニットに提供すること(図17を参照)は、任意のホログラフィック表示装置(SLM)の接続が可能であることを意味する。そのような装置は、サイズ、セル数又は符号化の種類が異なってもよい。この解決策は、特定の種類のSLMに限定されない。

< G . ホログラフィック・ディスプレイのランダムアドレッシングを使用する同一基板上の計算によるホログラム表示 >

第A部の実施例は、ホログラフィック計算を実行する従来の方法を使用して実現されてもよい。あるいは、第A部の実施例は、ホログラフィック計算を実行する改善された処理を提供する方法を使用して実現されてもよい。ホログラフィック計算を実行する改善された処理を提供する方法の一例は以下の通りであるが、多くの他の例が当業者には明らかとなるだろう。

【0135】

実施例の目的は、アプリケーションにおいてサブホログラムの特徴を利用することにより、コンテンツ生成モジュール（例えば、グラフィックスカード）から視覚化モジュール（すなわち、ホログラフィック・ディスプレイ）に転送されるデータ量を減少することである。

【0136】

従来技術におけるコンテンツ生成ユニット（例えば、グラフィックスカード）から視覚化モジュール（例えば、LCD又は陰極線管（CRT）モニタ）への画像データの転送は、画像のコンテンツ全体が従来のブラウン管モニタと同様に上から下に行毎に出力されるような転送である。解像度が最大3,840×2,400画素である高品位テレビ（HDTV）（例えば<http://www.pcmag.com/article2/0,1895,2038797,00.asp>で説明されるIBM（RTM）Bertaディスプレイ）現在ではIIAMA等）を使用すると、これは、必要とされるデータ量がデジタルビジュアルインタフェース（DVI）又は高品位マルチメディアインタフェース（HDMI）等の標準化されたインタフェースを介して十分に高速に転送されるため問題を招かない。

10

【0137】

しかし、理想的なホログラフィック表示装置は、更に初期の装置の幅が約5mmであるのに対し、幅1cm以上を測定する仮想観察者ウィンドウ（VOW）を観察者平面において生成するためにはるかに多い画素数を必要とする。VOWが大きい程、ホログラフィック表示装置は商品としての信頼性がより高いものとなるため、大きなVOWは非常に有益である。これは、そのような場合、ディスプレイに対して閲覧者の眼の位置を追跡する追跡システム又は位置ファインダ等の追跡されるホログラフィック・ディスプレイにおける他の構成要素に対する要求が非常に低減されるからである。あるいは、装置が追跡を実現しない場合、VOWのサイズが拡大すると閲覧者の頭部の小さな動きに対する許容範囲は改善される。

20

【0138】

実施例の目的は、ホログラフィック計算の全て又は少なくとも一部が画素マトリクスにおいて実行されるホログラフィック・ディスプレイにおいてコンテンツ生成モジュールから可視化モジュールに転送されるデータ量を減少することである。

【0139】

上述の従来のデータ転送の間、1つのフレームから次のフレームで変更されない情報を含む全ての情報が転送される。ホログラムが3次元空間において点を再構成するため、先行フレームと比較して変更された点を認識するので十分である。以下の処理において、それらの点のみが考慮される（図19A乃至19Cを参照）。

30

【0140】

単一のオブジェクトポイントは、サイズが観察者の位置に依存するサブホログラムSHにより作成される。SLMセルが1つのサブホログラムの情報だけでなくいくつかのサブホログラムの情報を含んでもよいため、位置xyzの古い点のSHと同一の位置xyzの新しい点のSHとの差が計算されるべきである。この差分サブホログラムSHDは、一実施例のこの例においてSLM上で再符号化されてもよい。

【0141】

40

ディスプレイ内又はディスプレイ外の回路の集合は、フレーム毎にカラーマップ又は強度マップ及びZパッファから成る3D画像データを受信する。図20に概略的に示すように、連続するフレーム間の差が計算される。その後、更新された表示データは、画像差分データの形式でディスプレイのホログラフィック変換ユニットに送出される。図20に示すように、各ホログラフィック変換ユニットは、SLM上で符号化する1つ又は複数の再構成点に関連する3Dの点の差分画像データを送出する。所定のクラスタにおいて連続するフレームに対する表示データの間に差がない場合又はごく僅かな差のみがある場合、データはホログラフィック変換ユニットに送出される必要はない。これにより、表示システムの効果的なSLM更新速度を高速化できる。SHDを作成するシステムの一部は、「コンテンツ作成モジュール」と呼ばれてもよく、計算機能及びグラフィックスカードから構

50

成されてもよい。サブホログラムが各クラスタに送出される。クラスタが実行する第1のタスクは、ホログラムデータとSHDのサイズ及び位置に関するデータとを分離することにより受信される情報を処理することである。クラスタのタスクは、SHが正確なサイズで適切なSLM位置に正確に表示されるように、SHDを適切なRAMセルに書き込むことを含む。

【0142】

サブホログラムSH_D（又は新しいフレームのSH）に加えて、ディスプレイのクラスタ内の画素及びその位置におけるサブホログラムのサイズが特定されてもよい。ホログラフィック・ディスプレイのクラスタ（例えば、図20に示される）内には、計算されたホログラム表示データをサブホログラムデータとサイズ及び位置情報とに分割するスプリッタが存在する。後者の2つの値は、RAMにおけるサブホログラムのアドレス範囲を計算することを目的とするため、サブホログラムSH又はSH_Dのデータはクラスタ内の適切なSLMセルに書き込まれる。

10

【0143】

共通のSLMは、情報を失わないようにセルが連続的にリフレッシュされる必要があるアクティブマトリクスディスプレイである。新しいコンテンツのみがSLMに書き込まれる場合、他の領域の情報は失われる（例えば、図19A乃至19Cを参照：図中の4つの黒丸は見えなくなる）。このため、特別なランダムアクセスメモリ（RAM）が使用され、新しいSH又はSH_Dのみが入力側で書き込まれる一方で、出力側において、メモリ全体が行毎に読み出され、情報がSLMに書き込まれる。デュアルポートRAM又は上述のような読み出し動作及び書き込み動作を同時に実行することを可能にする他のメモリシステムがこの目的のために使用されてもよい。

20

【0144】

3Dシーンにおける変更依存して、転送される点はコンテンツ生成ユニットにおいて判定される。データストリームを最小限にする動作は、データがホログラフィック表示装置に転送される前に実行される。上述のように、サブホログラムが追加の情報を補足されるため、情報は任意の順序で転送可能である。これは、従来技術の可視化システムにおいて行われるような行毎のデータ転送とは本質的に異なる。

【0145】

実施例において説明したように、クライアント側、すなわちコンテンツが生成される側において、データが転送されるか否かの決定は、データ転送が開始される前に行なわれる。割込み後又は表示されるシーンの完全な変更後の例のように、コンテンツが完全に変更されている場合、3Dオブジェクトポイントと一致する非常に多くのサブホログラムは転送されるべきである。一般に、SLMの解像度が高い程、ホログラム全体を転送するのではなくサブホログラムを転送する際の利点は大きくなると言われる。

30

【0146】

< H . 画素空間における計算機能を有するディスプレイ >

他の実施例において、ディスプレイは、標準的な表示データであってもよく又は強度マップ及び奥行きマップデータに基づいて計算されたホログラム表示データであってもよい画像データを表示するために使用される。従来技術のディスプレイの固有の問題は、それらのディスプレイが表示回路と同一基板上で実現されない回路を必要とすることである。この追加の回路は、ディスプレイの基板と別個の基板上に実現される必要がある。これは、大きな装置の体積及び重量等の望ましくない特性を招く。消費者は、より小さい表示装置、より薄型の表示装置又はより軽量の表示装置を常に要求している。図25の方法等の方法が採用される場合、大きな装置の体積及び重量等の問題は軽減される。計算ユニットがディスプレイの画素に近接して配設される場合、計算ユニットにより表示するために計算された任意のデータを表示する際の遅延は短縮されるだろう。そのような短縮された遅延は、高速ゲーム装置等のアプリケーションにおいて、あるいは改善された装置の実行速度が軍事的利点を招く軍用アプリケーションに対する装置において有益だろう。

40

【0147】

50

図 25 のディスプレイにおいて、計算機能は、ディスプレイの表示画素間に又はディスプレイの表示画素に隣接して位置付けられるディスプレイのクラスタで実行される。計算機能が実行される空間は、ディスプレイの基板と同一基板上にある。図 25 において、計算のための T F T は計算機能を実行する。他の例が当業者には明らかとなるだろう。

I . オクルージョン

コンピュータグラフィックスにおいて、「オクルージョン」という用語は、ビューにより近接するオブジェクトがビューからより離れたオブジェクトを隠す（又は隠蔽する）方法を説明するために使用される。2 Dディスプレイに対するグラフィックスパイプラインにおいて、陰影付け及びラスタ化が行なわれる前に隠された表面を除去するためにオクルージョンカリング（occlusion culling）の形式を実現する。本明細書のホログラムの説明において、オクルージョンの実施例は、仮想観察者ウィンドウにより近接するオブジェクトポイントが同一直線に沿ってその仮想観察者ウィンドウからより離れたオブジェクトポイントを隠すことを保証することを含む。

【 0 1 4 8 】

図 29 において、ホログラフィック・ディスプレイの所望のオクルージョン挙動の一例が与えられる。図 29 において、図示される眼の位置から立方体の太線の側部を見ることができない。これは、閲覧者に最近接する立方体の側部に隠蔽されるためである。V O W が瞳孔の数倍のサイズである場合、閲覧者は立方体の太線の側部を見れるように異なる方向から立方体を見ることができる。しかし、オクルージョンの単純な一実施例により、立方体の太線の側部は S L M 上で符号化されていない。従って、閲覧者が閲覧方向を変更しても、立方体の太線の側部が S L M 上で符号化されていないために閲覧者はその側部を見れない。

【 0 1 4 9 】

図 30 において、閲覧者は、立方体の太線の側部を見れるように、図 29 に示される方向とは異なる方向から立方体を見る。しかし、オクルージョンの単純な一実施例により、オクルージョンが図 29 の例に対して実現されていない場合、立方体の太線の側部は S L M 上で符号化されていない。従って、図 30 の閲覧者は、立方体の太線の側部が S L M 上で符号化されなかったためにその側部を見れない。すなわち、図 29 において、立方体の太線の側部に対する再構成オブジェクトポイントは存在しないため、図 30 において、立方体の太線の側部に対する再構成オブジェクトポイントも存在しない。

【 0 1 5 0 】

図 30 に示す問題に対する 1 つの解決策は、V O W を 2 つ以上のセグメントに分離することである。オブジェクトポイントは、V O W セグメント毎に再構成される。各 V O W セグメントのサイズは、人間の瞳孔のサイズとほぼ同一のサイズであるのが好ましい。

【 0 1 5 1 】

図 31 において、閲覧者は眼の位置 1 から隠蔽されたオブジェクトポイント 2 ではなくオブジェクトポイント 1 を見る。眼の位置 2 から、閲覧者はその位置からその閲覧方向では見れないオブジェクトポイント 1 ではなくオブジェクトポイント 2 を見る。従って、閲覧者は、眼の位置 1 から閲覧する際にオブジェクトポイント 1 により隠蔽されるオブジェクトポイント 2 を眼の位置 2 から見ることができる。オブジェクトポイント 1 及びオブジェクトポイント 2 は、サブホログラム 1 及びサブホログラム 2 においてそれぞれ符号化される。

【 0 1 5 2 】

しかし、図 32 において、一致するオブジェクトポイント 1 及びオブジェクトポイント 2 がサブホログラム 1 及びサブホログラム 2 においてそれぞれ符号化されるため、それらのオブジェクトポイントは眼の位置 1 及び眼の位置 2 の双方から見ることができる。

【 0 1 5 3 】

あるいは、オクルージョンは、奥行きマップ及び強度マップが構成される段階で実行されてもよい。この場合、一対の奥行きマップ及び強度マップは、眼毎に、すなわち仮想観察者ウィンドウ毎に構成されるのが好ましい。

【 0 1 5 4 】

本明細書に含まれる一実施例の例において、オクルージョンは、画素マトリクスの空間に存在する回路により実行される計算を使用して実現される。そのような回路は、T F Tを含んでもよい。更にオクルージョンは、画素マトリクスと同一基板上に存在するが画素マトリクス外に存在する回路により実行される計算を使用して実現されてもよい。

【 0 1 5 5 】

< J . グラフィックスカード機能 >

グラフィックスプロセッシングユニット又はG P U (ビジュアルプロセッシングユニット又はV P U と呼ばれることもある) は、パーソナルコンピュータ、ワークステーション又はゲームコンソールの専用グラフィックスレンダリング装置である。現在のG P U は、コンピュータグラフィックスを操作及び表示する際に非常に効率的であり、G P U の高度並列構造は複雑なアルゴリズムの範囲に対して一般的なC P U より効果的である。

10

【 0 1 5 6 】

現在のグラフィックスプロセッシングユニット (G P U) は、3 D コンピュータグラフィックスに関連する計算を行なうために殆どのトランジスタを使用する。それらは、最初、テクスチャマッピング及びポリゴンレンダリングなど大容量メモリを使用する動作を高速化するために使用されたが、その後、頂点を種々の座標系に変換する等の幾何学的計算を高速化するためのユニットが追加された。G P U の近年の進歩には、C P U によりサポートされる多くの同一の動作により頂点及びテクスチャを操作できるプログラマブルシェーダのサポート、エイリアシングを低減するオーバーサンプリング及び補間技術、並びに超高精度色空間が含まれる。

20

【 0 1 5 7 】

現行のG P U は、3 D ハードウェアに加えて、基本的な2 D 加速度及びフレームバッファ機能 (一般に、ビデオグラフィックスアレイ (V G A) 互換モードを有する) を含む。更に、1 9 9 5 年から製造された殆どのG P U はY U V 色空間及びハードウェアオーバーレイ (デジタルビデオ再生にとって重要である) をサポートし、2 0 0 0 年から製造された多くのG P U は、動き補償及び逆離散コサイン変換 (i D C T) 等のM P E G (Moving Picture Experts Group) プリミティブをサポートする。近年のグラフィックスカードは、カード上で高品位ビデオを復号化し、中央処理装置の負荷を軽減する。Y U V 色空間モデルは、1 つの輝度成分及び2 つの色成分に関して色空間を規定する。Y U V カラーモデルは、P A L 、N T S C 及びS E C A M 合成カラービデオ規格において使用される。

30

【 0 1 5 8 】

本明細書のホログラムの説明において、グラフィックスカード機能の実施例は、ホログラムが表示のために計算される時に上述の機能性を実現されることを保証することを含む。ここで、ディスプレイは画素マトリクスの空間において全てのホログラフィック計算を実行してもよく、あるいは画素マトリクスの空間においてホログラフィック計算の少なくとも一部を実行してもよい。例えば、これは、C P U によりサポートされる多くの同一の動作により頂点及びテクスチャを操作できるシェーダを実現すること、エイリアシングを低減するオーバーサンプリング及び補間技術、超高精度色空間の使用、テクスチャマッピング及びポリゴンのレンダリングのメモリを多く使用する動作の高速化、頂点を種々の座標系に変換する等の幾何学的計算の高速化、並びに行列及びベクトル演算を含む計算の実行を含む。ホログラムを計算するために、G P U の高度並列構造は、それらのG P U を複雑なアルゴリズムの範囲に対する一般的なC P U より効果的にする。あるいは、ホログラフィック・ディスプレイは、ホログラフィック計算が画素マトリクスの空間において実行されないホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

40

【 0 1 5 9 】

本明細書のホログラムの説明において、グラフィックスカード機能の実施例は、画素マトリクスの空間において、あるいは画素マトリクス外にあるが画素マトリクスと同一基板上においてT F T により実現される3 D レンダリングパイプラインを使用することを含んでもよい。換言すると、シェーダ機能性を実現する等の3 D レンダリングパイプラインの

50

機能性は、従来技術において使用されるグラフィックスカードからＬＣパネル内に位置するＴＦＴに移される。

【０１６０】

あるいは、ホログラフィック・ディスプレイは、ホログラフィック計算が画素マトリクスの空間において実行されないホログラフィック・ディスプレイであってもよい。あるいは、ホログラフィックディスプレイは、ホログラフィック計算が画素マトリクスの空間において実行されないが、画素マトリクスと同一基板上に存在する回路を使用して実行されてもよいホログラフィック・ディスプレイであってもよい。

【０１６１】

< K . ２Ｄ - ３Ｄ変換 >

２Ｄ - ３Ｄ変換の一例において、一对の立体画像を形成する第１の画像及び第２の画像は表示装置に送出され、全ての又は少なくとも一部のホログラフィック計算は画素の空間又は画素の基板上の他の場所において実行される。２Ｄ - ３Ｄ変換計算は、当業者には明らかであるように、画素マトリクスの空間又は画素の基板上の他の場所の回路において行なわれてもよく、あるいはディスプレイに送出される奥行きマップ及びカラー強度マップを生成する回路において行なわれてもよく、あるいは他の場所の回路において行なわれてもよい。一般に差分画像は完全な画像より少ないデータを必要とするため、送信される第２の画像は２つの立体画像間の差分画像であってもよい。３次元ビデオ表示が処理中である場合、第１の画像自体は現在の画像と時間的に１つ前の画像との間の差として表されてもよい。同様に、第２の画像は、現在の画像と時間的に１つ前の画像との間の差として表されてもよい。表示装置は、従来技術において周知の２Ｄ画像と３次元（３Ｄ）画像との間の変換の計算手順を使用して受信したデータから対応する奥行きマップと共に２次元（２Ｄ）画像を計算してもよい。カラー画像の場合、３原色の３つの成分から成る２Ｄ画像が対応する奥行きマップと共に必要とされる。２Ｄ画像及び奥行きマップに対応するデータは装置により処理され、ホログラフィック画像を表示してもよい。装置は、ＳＬＭにおいてホログラムを符号化する。伝送帯域幅を効率的に使用するために、このシステム内で送信されるデータに対して周知の圧縮手順を行なってもよく、対応する伸張は表示装置において実行される。

【０１６２】

２Ｄ - ３Ｄ変換を実行する回路は、計算した３Ｄデータをマッチングする対象の周知の３Ｄ形状の集合を含むライブラリにアクセスできてもよく、あるいは入力２Ｄ画像データをマッチングする対象となる周知の２Ｄプロファイルの集合を含むライブラリにアクセスできてもよい。周知の形状に対して適切に適合するものが見つけれられた場合、２Ｄ画像又は３Ｄ画像が周知の形状に対して表されてもよい。計算処理が高速化されるだろう。主要なテニスプレーヤ又はサッカープレーヤ等のスポーツ選手の集合の顔又は体型、並びに有名なテニスコート又は有名なサッカーグラウンド等の主要なスポーツ会場の全て又は一部の形状等の３Ｄ形状のライブラリが提供されてもよい。例えば人の顔の３Ｄ画像は、表示装置がアクセスできる画像として表されてもよく、例えば笑顔又は不機嫌な顔である表情の変化、並びに例えば格納されたデータが取得されてから髪が伸びたか又は髪を切ったことによる髪の長さの変化があってもよい。人の髪の長さが長期にわたり大きく変化した等、表示装置がアクセスできるデータが期限切れになったことが明らかであるような永続的な差の集合が発生した場合、表示装置がアクセスできるデータは表示装置により更新されてもよい。計算回路は、適切に適合する画像がアクセスできるレコードの中から見つけられない２Ｄ画像又は３Ｄ画像に直面した場合、新しい形状をレコードの集合に追加してもよい。

【０１６３】

２Ｄ - ３Ｄ画像変換は、そのような変換を実行する従来技術において周知の手順を使用して単一の非自動立体２Ｄ画像に基づいて実行されてもよい。３Ｄ画像データ（奥行きマップ及びカラーマップ）は、ホログラフィック画像計算及び表示のためにディスプレイに送出されてもよい。

【 0 1 6 4 】

上記 2 D - 3 D 変換は、全てのホログラフィック計算が画素マトリクスの空間の回路で行なわれるか、あるいは少なくとも一部のホログラフィック計算が画素マトリクスの空間又は画素の基板上の他の場所の回路で行なわれるホログラフィック・ディスプレイ上に表示するために使用されるデータに対して使用されてもよい。

【 0 1 6 5 】

< L . 会議 (3D Skype (登録商標)) >

EU Communityの登録商標アプリケーションE3660065から、V O I P (Voice Over Internet) ピア・ツー・ピア通信、ファイル共有及びグローバルネットワークを介するインスタントメッセージングサービスを提供し、通信サービス、ファイル共有及びコンピュータネットワークを介するインスタントメッセージングサービスを提供するSkype (登録商標) が周知である。

10

【 0 1 6 6 】

EU Communityの登録商標アプリケーションE4521084から、外部のユーザに対するコンピュータサービス及びソフトウェア開発、すなわち電気通信及びV O I P (Voice Over Internet Protocol) アプリケーションにおいて使用するコンピュータソフトウェア及びハードウェアの設計、データ伝送及びインスタントメッセージングサービスを提供し、外部のユーザに対するウェブサイトを作成及び保守し、グローバルコンピュータネットワークのコンピュータサーバ上で外部のユーザのウェブサイトを管理し、コンピュータソフトウェアをインストール及び保守し、加入者にV O I P 通信サービスの利用を可能にするコンピュータ・ソフトウェアの、オンラインでの、ダウンロード不可能な、一時利用を可能にし、加入者がV O I P 通信サービスを利用することを可能にする外部のユーザによりダウンロードするためのオンラインソフトウェアを提供するSkype (登録商標) が周知である。

20

【 0 1 6 7 】

英国の登録商標2358090から、インターネットアクセス、ポータル及びキャッシングサービス；電気通信及び電気通信サービス；インターネットプロトコル (「 I P 」) サービス；「 V o I P 」 (Voice Over Internet Protocol) サービス；電子メール及びインターネット通信サービス；第三者を介する電気通信サービス；電話番号に対するインターネットプロトコル (「 I P 」) 、並びに「 I P 」 マッピングシステム及びデータベースに対する電話番号；ドメイン及びドメインデータベースシステム；インターネットサービスプロバイダにより提供されるコンピュータデータベースへの専用アクセス時間を提供するSkype (登録商標) が周知である。

30

【 0 1 6 8 】

Skype (登録商標) がV O I P を提供すること以外の上記のうち任意のものが、画素マトリクスの空間の回路を使用して全てのホログラフィック計算を実行するか又は画素マトリクスの空間の回路を使用して少なくとも一部のホログラフィック計算を実行してもよいホログラフィック・ディスプレイと共に提供されてもよい。ここでは、V H I O I P (Voice and Holographic Image Over Internet Protocol) が提供される。1つの例において、上述の手順はL C パネル内のT F T により実行される。あるいは、Skype (登録商標) がV O I P を提供すること以外の上記のうち任意のものが、画素マトリクスの空間においてホログラフィック計算を実行しないホログラフィック・ディスプレイと共に提供されてもよい。ここでは、V H I O I P (Voice and Holographic Image Over Internet Protocol) が提供される。あるいは、Skype (登録商標) がV O I P を提供すること以外の上記のうち任意のものが、任意のホログラフィック・ディスプレイと共に提供されてもよい。ここでは、V H I O I P (Voice and Holographic Image Over Internet Protocol) が提供される。

40

50

【0169】

あるいは、Skype（登録商標）がVOIPを提供すること以外の上述のうち任意のものが、画素マトリクスの空間においてホログラフィック計算を実行しないホログラフィック・ディスプレイと共に提供されてもよい。ここでは、VHIOIP（Voice and Holographic Image Over Internet Protocol）が提供される。

【0170】

上述において、VHIOIPは、VVHIOIP（Voice and Video Holographic Image Over Internet Protocol）の形態で提供されてもよい。VHIOIP又はVVHIOIPは、リアルタイム又は準リアルタイムに提供されてもよく、インターネットプロトコルは、それぞれホログラフィック・ディスプレイを使用する2人の間のリアルタイム又は準リアルタイムのビデオホログラフィック通信を可能にしてもよい。

10

【0171】

< M . 符号化補償 >

従来のホログラフィにおいて、露出補正は、次善の画像をレンダリングしてもよい他の因子に対して計算又は計画された露出レベルを補償する技術である。それらの因子は、カメラシステム内の变化、フィルタ、非標準処理、あるいは意図的な露出不足又は露出過度を含んでもよい。映画撮影技師は、特にシャッター角度又はフィルム速度の変化に対して露出補正を適用してもよい。写真技術において、カメラによっては、ユーザが自動的に計算された露出を調整できるようにする特徴としてこれを含む。補償は、正（露出の増加）及び負（露出の減少）の双方に段階的に適用される。一般には、いずれの方向にも最大2

20

【0172】

光学において、光学系のFナンバーは、レンズの有効な焦点距離に関して入射瞳の直径を表す。カメラにおいて、絞り値として周知のFナンバーは、一般に離散的な段階で調整される。各「絞り」は、対応するFナンバーにより印をつけられ、先の絞りの1/2の光度を表す。これは、瞳孔及びアパーチャの直径が2の平方根だけ減少したこと及び従って瞳孔の領域の1/2に対応する。

【0173】

カメラの自動露出計算の結果として望ましくない露出が与えられることをユーザが認識した時に、露出補正は採用される。大部分が明るい色調であるシーンは露出不足であることが多一方で、暗い色調のシーンは露出過度である。経験を積んだ写真家は、これが発生する時及び完璧に露出された写真を得るためにどの程度の補償が適用されるべきかの感覚を得ている。

30

【0174】

上述のうち任意のものが、画素マトリクスと同一基板上で全てのホログラフィック計算を実行するか又は画素マトリクスと同一基板上で少なくとも一部のホログラフィック計算を実行するホログラフィック・ディスプレイと共に提供されてもよい。上述のうち任意のものが、画素マトリクスと同一基板上で全てのホログラフィック計算を実行するか又は画素マトリクスの空間において少なくとも一部のホログラフィック計算を実行するホログラフィック・ディスプレイと共に提供されてもよい。あるいは、上述のうち任意のものが、任意のホログラフィックディスプレイと共に提供されてもよい。補償は、符号化ステップにおいて又は符号化ステップの前にホログラフィック画像データに適用されてもよく、見やすい画像、すなわち一般的な観察者が適切に露出され且つ露出不足でも露出過度でもないと分かる画像を提供する。

40

【0175】

< N . 視線追跡 >

ホログラフィック装置は、1人以上の閲覧者に対して視線追跡を使用してもよい。これは、横方向の範囲が数mmである等、各眼に対する閲覧ウィンドウサイズが小さい場合に特に有利である。位置ファインダは、以下のいくつかのステップにおいてユーザの眼を追跡するために使用されるのが好ましい。

50

- 1) ユーザの顔を検出することにより探索範囲を制限する。
- 2) 眼を検出することにより追跡範囲を制限する。
- 3) 眼を追跡する。

【0176】

眼の位置の識別関数を実行する計算モジュールは、立体カメラにより供給されるような立体画像対を提供される。モジュールのアルゴリズムを使用した後、モジュールは、SLMの中心等の固定点に対する各眼のx座標、y座標及びz座標を返す。そのような座標は、例えばシリアルインタフェースにより送信される。この手順を実行するために必要とされる計算は、画素マトリクス内に位置する回路を含むディスプレイの画素と同一基板上に位置するTFI等の回路により実行されてもよい。

10

【0177】

閲覧者の眼を追跡するために、SLMパネル上でのホログラフィック符号化はx方向及び/又はy方向、すなわちパネルの平面において変位されてもよい。使用されるホログラフィック符号化方法の種類(例えば、1D符号化)に依存して、1つの横方向方向の眼の追跡がSLM上のホログラフィック符号化コンテンツ全体をx方向又はy方向に変位することにより実行されるのが好ましい。SLMのホログラフィック符号化の前に、計算モジュールは、x方向又はy方向のSLMに対するホログラムデータのオフセットを計算する。閲覧者の眼のx座標、y座標及びz座標が入力として提供される。

【0178】

閲覧者の眼を追跡するために、SLMパネル上のホログラフィック符号化は、x方向及び/又はy方向、すなわちパネルの平面で変位されてもよい。更に追跡は、SLMをコヒーレントに照明する光源が閲覧者の位置の変化に同期して移動されるように実行される。光を放射する光源が移動されるか、あるいはコヒーレント光が生成され、非常に狭い開口部を有する点光源又は線光源は非コヒーレント光により照明される。そのような開口部を通過する光は、コヒーレントであると考えられる。光源がLCディスプレイの画素により作成される場合、それらの光源はアドレス指定可能であり且つリアルタイムで閲覧者の位置に適應される。

20

【0179】

<O. 収差補正>

いくつかの種類のホログラフィック・ディスプレイ内において、収差補正は、フーリエ変換を実行する2Dレンズアレイ又はレンチキュラーアレイのレンズにより起こる収差の補正である。収差効果は、閲覧者に対する光の伝播方向と光軸との間の角度に依存し、空間光変調器の符号化により動的に補正されてもよい。補正アルゴリズムは、サムホログラムが生成されるステップまでのホログラフィック計算に関係なく同時に実行されてもよい。そのステップの後、サムホログラム及び収差補正マップは共に変調されてもよい。

30

【0180】

収差補正アルゴリズムは、解析的に又はルックアップテーブル(LUT)を更に使用して実現可能である。結果として得られるホログラム計算値は、サムホログラムが入手可能となった後にのみ複素乗算により変調されるのが好ましい。収差補正の実施例の一例を図33に与える。図33において、収差補正は、画素マトリクスの空間の回路を使用して実現される。しかし、他の例において、収差補正は、画素マトリクスの空間外にあるが画素マトリクスと同一基板上にある回路を使用して実現されてもよい。

40

【0181】

<P. スペックル補正>

いくつかの種類のホログラフィック・ディスプレイ内において、スペックル補正は、ディスプレイ上の異なる領域間の光コヒーレンスが大きすぎることにより起こるスペックルの低減又は除去である。スペックル効果は、空間光変調器の符号化により動的に補正されてもよい。補正アルゴリズムは、サムホログラムが生成されるステップまでのホログラフィック計算に関係なく同時に実行されてもよい。そのステップの後、サムホログラム及びスペックル補正マップは共に変調されてもよい。

50

【 0 1 8 2 】

スペックル補正アルゴリズムは、解析的に又はルックアップテーブル（ＬＵＴ）を更に使用して実現可能である。結果として得られるホログラム計算値は、サムホログラムが入手可能となった後にのみ複素乗算により変調されるのが好ましい。スペックル補正の実施例の一例を図３３に与える。図３３において、スペックル補正は、画素マトリクスの空間の回路を使用して実現される。しかし、スペックル補正は、画素マトリクスの空間外にあるが画素マトリクスと同一基板上にある回路を使用して実現されてもよい。

【 0 1 8 3 】

< Q . ホログラフィック・ディスプレイに対するデジタル権利管理（ＤＲＭ）における復号化 >

ホログラフィック・ディスプレイに供給されるコンテンツデータは、ＤＲＭにより保護されてもよい。すなわち、暗号化コンテンツデータはディスプレイにより受信される。高帯域デジタルコンテンツ保護（ＨＤＣＰ）は、２Ｄディスプレイに対するＤＲＭを実現するための共通規格である。一般に、ＨＤＣＰ復号化を含む高品位マルチメディアインタフェース（ＨＤＭＩ）受信機は、２Ｄディスプレイの電子機器のプリント回路基板（ＰＣＢ）上に配置される。従来のシステムの基本的な欠点の１つは、一般にディスプレイ電子機器からパネルへの画像データの転送が復号化後であることである。従って、パネルに対するデータ伝送回路に電気接続することにより復号化データを取り込める。

【 0 1 8 4 】

本実施例の一例において、復号化及びホログラム計算は、画素マトリクス内の回路を使用して実行される。他の実施例において、復号化及びホログラム計算は、画素マトリクス内に分散される回路を使用して分散的に実行される。従って、全ての復号化データが取り込まれるパネル上の場所は１つもない。種々の復号化キーがパネルの種々の領域に対して使用される場合、復号化キーの抽出は更に困難になる。パネルから復号化データが抽出されるパネル上のコネクタが存在しないため、ＤＲＭを回避したいユーザは回路図を知る必要があり、いくつかのＴＦＴトランジスタは復号化データにアクセスするために動作中のディスプレイにわたり広く分離されるトランジスタに接続される必要がある。これは、改善されたＤＭＲ保護に寄与する。

【 0 1 8 5 】

他の実施例は、回路が画素マトリクス外にある場合を含み、復号化及びホログラム計算が画素マトリクスの基板上にある回路を使用して実行されることである。他の実施例は、回路が画素マトリクス外にある場合を含み、復号化及びホログラム計算が画素マトリクスの基板にわたり分散される回路を使用して分散的に実行されることである。

【 0 1 8 6 】

< R . ２Ｄディスプレイに対するデジタル権利管理（ＤＲＭ）における復号化 >

２Ｄディスプレイに供給されるコンテンツデータは、ＤＲＭにより保護されてもよい。すなわち、暗号化コンテンツデータはディスプレイにより受信される。高帯域デジタルコンテンツ保護（ＨＤＣＰ）は、２Ｄディスプレイに対するＤＲＭを実現するための共通規格である。一般に、ＨＤＣＰ復号化を含む高品位マルチメディアインタフェース（ＨＤＭＩ）受信機は、２Ｄディスプレイの電子機器のプリント回路基板（ＰＣＢ）上に配置される。従来のシステムの基本的な欠点の１つは、一般にディスプレイ電子機器からパネルへの画像データの転送が復号化後であることである。従って、パネルに対するデータ伝送回路に電気接続することにより復号化データを取り込める。

【 0 1 8 7 】

本実施例の一例において、復号化は、ＳＬＭパネルにわたり分散される回路を使用して分散的に実行される。従って、全ての復号化データが取り込まれるパネル上の場所は１つもない。種々の復号化キーがパネルの種々の領域に対して使用される場合、復号化キーの抽出は更に困難になる。パネルから復号化データが抽出されるパネル上のコネクタが存在しないため、ＤＲＭを回避したいユーザは回路図を知る必要があり、いくつかのＴＦＴトランジスタは復号化データにアクセスするために動作中のディスプレイにわたり広く分離

10

20

30

40

50

されるトランジスタに接続される必要がある。これは、改善されたDMR保護に寄与する。

【0188】

他の実施例において、復号化計算が画素マトリクス内又は画素マトリクス外であってもよいディスプレイの基板の単一領域にある回路を使用して実行される2D表示装置が存在する。そのような回路は、ディスプレイのPCB上にある回路よりアクセスするのが困難である。これは、改善されたDRM保護に寄与する。

【0189】

<S. ディスプレイにハードワイヤードされたハードウェアに実現されるソフトウェアアプリケーション>

10

原則として、多くのコンピュータソフトウェアは、コンピュータハードウェアを使用して個々に実現されてもよい。本実施例の一例において、ソフトウェアを使用して実現されてもよいアプリケーションは、SLMパネルの基板にわたり分散される回路を使用してハードウェアに実現される。回路は、画素マトリクス内であってもよく、あるいは画素マトリクスと同一基板上にあるが画素マトリクス外であってもよい。SLMパネルは、ホログラフィック・ディスプレイ又は2Dディスプレイに対するものであってもよい。

【0190】

<T. マイクロプリズムによる可変ビーム偏向>

ホログラフィック・ディスプレイに対して、1人又は複数の閲覧者の眼の位置が追跡されてもよく、1人又は複数の閲覧者の眼に対する可変ビーム偏向は、光ビームの制御可能な偏向を可能にするマイクロプリズム・アレイを使用して実行される。制御可能な偏向は、連続的に可変であってもよい。追跡(tracking)は、位置検出及び追跡システムにより実行される。プリズムの特性は、1次元又は2次元で光を偏向するように制御される。2次元偏向は、直列の2つのマイクロプリズム・アレイを使用して取得される。例えば、一方のアレイにおけるプリズムの長軸は、他方のアレイのプリズムの長軸に対して90度等の有効な角度で配設される。異なるアプリケーションに対するそのような幾何学的配置については、本明細書に参照により組み込まれる米国特許第4,542,449号明細書において説明される。図34は、プリズムの特性に依存して更に小さな角度又は更に大きな角度で偏向される光を示す。プリズムは、偏向角が印加された電荷又は光ビームの制御可能な偏向を可能にする周知の他のプリズムアレイに従って変更されるマイクロ液体プリズム(例えば、本明細書に参照により組み込まれるHeikenfeld他の「Agile wide-angle beam steering with electrowetting microprisms」Optics Express 14, 6557~6563ページ(2006年)において説明される)であってもよい。

20

30

【0191】

図34から分かるように、SLM及びプリズムマスクを通過する平行な光線は、プリズムの特性に従って偏向される。この手順の利点は、光がプリズムを通過する前にレンズの収差のような光学的効果が低減されることである。この方法は、VOWを1人又は複数の閲覧者の眼の場所に配置することに適する。別の例において、プリズムアレイの前又は後に配置されたフーリエレンズアレイ等の集束手段は、光線をVOWに集束することを支援する。

40

【0192】

観察者が自身の位置を変更した場合、プリズムの偏向角は、マイクロ液体プリズムアレイに対する印加電圧を調整する等によりその変更に従って調整されてもよい。偏向角は、連続的に可変であってもよい。プリズムは、全てが同一の偏向角を有する必要はない。更に各プリズムを制御可能であるため、各プリズムは例えばZ追跡に対して異なる偏向角を有してもよい。すなわち、閲覧者がディスプレイに近づくように移動するか又はディスプレイから離れるように移動すると、ディスプレイからVOWまでの距離が変更するため、プリズムアレイから出射する光線がある程度VOWに集束することを可能にする。

【0193】

プリズムの角度計算は、ユーザの位置を考慮して実行される。プリズムの角度計算は、

50

オブジェクトポイントを再構成するようなSLMの基板上の計算回路において実行されるか又はプリズムアレイの基板上に配置される計算回路を使用して実行される。SLMの基板がプリズムアレイに対する基板としても使用可能である場合、プリズムアレイに対する個別の基板は必要ない。

【0194】

位置ファインダとSLMとの間の通信インタフェースは必要である。例えば、これはシリアルインタフェースであってもよい。

【0195】

プリズムアレイ偏向角を計算する計算回路がプリズムアレイの基板上ではなくSLMの基板上にある場合、双方の基板の間にデータ接続が必要であるため、プリズムアレイの電極は計算結果を使用して制御可能である。

【0196】

プリズムを制御する計算に加えて、プリズムアレイにより導入される位相「跳び」(又は位相不連続)を補償するために位相補正を適用する必要がある。適用しない場合、プリズムアレイはブレード回折格子のように動作する。すなわち、種々のプリズムを通過する波面の一部は、VOWとは異なる光路長を有する。従って、プリズムアレイが回折格子のように動作する一方で、プリズムの角度の変更は種々の回折次数に分散されるエネルギー量に影響を及ぼす。この位相補正は、ホログラム符号化の関数に加えてSLMにより実行されてもよい。双方の構成要素、すなわちプリズムアレイ及びSLMの双方を通過する光に対して、各構成要素の関数による複素乗算が行なわれる。補正位相マップは、マイクロプリズム・アレイに必要とされる位相補正を含む。ホログラムは、位相補正の項を含むオブジェクトポイントを再構成するSLMセル状態を表す値により符号化される。

【0197】

上記は、ホログラフィック画像が投影型装置において生成される場合にも当てはまる。投影型装置において、投影がSLMをプリズムアレイに結像することを含む一方で、所望の3Dシーンの再構成はVOWの前で行なわれ、それにより従来技術において周知の投影型装置と同等な投影型装置を作成する。当業者には理解されるように、必要とされる計算及び装置は上述の計算及び装置と同様である。プリズムアレイのプリズムに対する偏向角及び位相不連続を補正するための対応する位相補償が計算される必要がある。プリズムアレイの位相補償は、SLMをプリズムアレイに結像する時に提供されるか又はプリズムアレイに近接して配置される追加のSLMにより別個に提供される。当業者には理解されるように、投影を可能にするために、SLMが透過型であり且つプリズムアレイが反射型であってもよく、あるいはSLMが反射型であり且つプリズムアレイが透過型であってもよい。

【0198】

マイクロ液体プリズムについては、本明細書に参照により組み込まれるHeikenfeld他の「Agile wide-angle beam steering with electrowetting microprisms」Optics Express 14、6557～6563ページ(2006年)において説明される。この技術は、「エレクトロ・ウェットティング」すなわち「eウェットティング」として周知である。この技術において、透明な導電性液体と別の流体(例えば、空気)との間の界面と疎水性絶縁体により塗布された電極とにより形成される接触角は、透明な導電性液体に対して電極に印加された電圧差の関数である。各々が疎水性絶縁体により覆われた2つの電極に印加される電圧を個々に制御することにより、光ビームがセルを横断するように誘導される角度の制御を可能にする。各電極は、他方の電極により形成される他方の側壁に対向するeウェットティング・セルの側壁を形成する。エレクトロ・ウェットティング・プリズムにより光ビームの誘導を達成する他の構成が当業者には明らかとなるだろう。光ビーム偏向角は、エレクトロ・ウェットティング・セルのアレイの各々の異なる側部に配置される、異なる電極に印加される可変電圧差を使用して制御される。

【0199】

< 製造方法の第1の概要 >

10

20

30

40

50

本実施例の薄膜半導体表示装置の基本的な構造において、装置の表示部分上へのデータ表示に関連する計算を実行するために、表示部分の画素間又は基板上の他の場所に配設される回路と共に表示部分が提供される。表示部分及び表示部分内又は基板上の他の場所の計算実行回路は、基板上に一体形成される。表示部分を駆動する更なる回路は、表示部分の周辺に形成され、同一基板上に組み込まれてもよい。

【 0 2 0 0 】

空間変調器を動作させる T F T 回路及び論理演算を実行する等の更なる回路は、異なる装置構造を製造するための米国特許第 6 , 1 5 3 , 8 9 3 号明細書に説明される方法に類似する以下に説明するような方法により基板上に作成される。米国特許第 6 , 1 5 3 , 8 9 3 号明細書は、その全ての内容が参考として本明細書に取り入れられる。他の方法が当業者には明らかとなるだろう。基板は大きな領域の基板であってもよく、基板は適切な種類のガラスであってもよい。ガラス基板を使用すると、多くの場合に使用される処理は、少なくとも S i 装置製造技術の規格により低温処理の傾向がある。装置ゲート絶縁層を生成する約 1 0 0 0 のシリコンの熱酸化等の処理は、一般に 3 5 0 ~ 7 0 0 の温度範囲である低温処理には適合しない傾向がある。

【 0 2 0 1 】

スイッチングのための薄膜トランジスタ及び画素電極は、表示部分のマトリクスに配置される。回路素子を構成する薄膜トランジスタは、表示部分の画素間又は基板上の他の場所、並びにオプションとして同一基板上に組み込まれてもよい表示駆動部分にある。薄膜トランジスタは、ゲート電極、ゲート電極の絶縁層上に形成される多結晶半導体層、並びに多結晶半導体層上に形成されるソース及びドレインを構成する高濃度不純物膜を含むボトムゲート型であってもよい。スイッチングのための T F T は、低濃度不純物膜が多結晶半導体層と高濃度不純物膜との間に挿入される低濃度ドレイン (L D D) 構造を有してもよい。

【 0 2 0 2 】

一般的な一実施例において、表示部分は、画素電極を含む上側部分、スイッチングのための T F T を含む下側部分、並びに可能性としてカラーフィルタ層、黑色マスク層及び上側と下側との間に挿入される平坦化層を有する。この場合、黑色マスク層は、ソース及びドレインに対する高濃度不純物層に電気的に接続される金属配線パターンを含む。更に画素電極は、金属配線パターンを介してドレインに対する高密度不純物膜に電気的に接続される。あるいは、時分割多重化モードで照明する 3 原色を含むバックライトが使用される場合、カラーフィルタ層は省略可能である。

【 0 2 0 3 】

上述の構造を有する表示装置は、以下の低温処理により製造される。最初に、ゲート電極はガラス基板上に形成される。次に、半導体薄膜は、ゲート電極上の絶縁膜上に形成され、半導体薄膜は、レーザアニーリングにより多結晶層に変換される。低濃度不純物層は、マスク層を使用する等、画素切替に含まれる多結晶層上のみを選択的に形成される。更に、ソース及びドレインに対する高密度不純物層は低濃度不純物膜上に形成され、それにより、スタック L D D 構造を有するスイッチングのための T F T は形成される。同時に、回路素子に対する T F T は、画像表示計算又は周辺装置駆動部分等のために、ソース及びドレインに対する高密度不純物層を回路部分に含まれる多結晶層上に直接形成することにより作成される。レーザアニーリングは、多結晶半導体層の抵抗を減少するために、回路部分に含まれる高密度不純物層に対して選択的に実行されるのが好ましい。

【 0 2 0 4 】

ゲート電極がガラス基板上に形成された後、半導体膜はゲート電極上のゲート絶縁膜上に低温で形成される。半導体膜は、レーザアニーリングにより多結晶層に変換される。従って、低温処理により多結晶 T F T を形成できる。使用されるレーザは、レーザ放射が S i によく吸収されるように一般に短い波長を有する。一例はエキシマーレーザであるが、他のレーザも周知である。T F T がボトムゲート型であるため、この構造はガラス基板のナトリウム等の不純物から悪影響を容易に受けることはない。装置領域において使用され

る多結晶半導体層は、T F Tを小さくすることを可能にする。画素切替のためのT F Tにおいて、L D D構造は漏れ電流を低く維持する。漏れ電流が高すぎる場合、それらの電流は表示装置において重大な欠陥である。これとは対照的に、回路素子を構成するT F Tにおいて、NチャネルT F T及びPチャネルT F Tは、低温処理により多結晶半導体層上に高濃度不純物層を重畳することにより同時に形成される。回路素子を構成するT F Tの追加のレーザアニーリングは、それらのT F Tの速度を加速するために実行されてもよい。カラーフィルタ層、黒色マスク層及び平坦化層を含む更なる構造が採用されてもよく、高画素密度及び高口径比を達成することに寄与する。

【0205】

この製造方法により製造される構造は、T F T構造に限定されず、任意の周知の構造に適用可能である。

【0206】

<製造方法の第2の概要>

一実施例の薄膜半導体表示装置の基本的な構造において、装置の表示部分上へのデータ表示に関連する計算を実行するために、表示部分の画素間又は同一基板上の他の場所に配設される回路と共に表示部分が提供される。表示部分及び計算実行回路は、基板上に一体形成される。表示部分を駆動する更なる回路は、表示部分の周辺に形成され、同一基板上に組み込まれてもよい。

【0207】

空間光変調器を動作させるT F T回路及び論理演算を実行する等の更なる回路は、異なる装置構造を製造するための米国特許第6,140,667号明細書に説明される方法に類似する以下に説明するような方法により基板上に作成されてもよい。米国特許第6,140,667号明細書は、その全ての内容が参考として本明細書に取り入れられる。他の方法が当業者には明らかとなるだろう。この製造方法を使用して作成される種類のシリコンは、「連続粒界結晶シリコン」と呼ばれ、電気的特徴はいくつかの点又は多くの点において単結晶シリコンの電気的特徴と類似してもよい。

【0208】

図11、図12及び図13は、画素切替、表示駆動及び論理回路においての使用を含むディスプレイにおける使用に適する連続粒界結晶(CG)シリコンを形成するために使用されてもよい処理の概要を示す。基板1101は大きな領域の基板であってもよく、基板は適切な種類のガラス又は石英であってもよい。反射型幾何学的配置において、基板による光の透過が必要な要件ではないため、ディスプレイが反射型幾何学的配置においてのみ使用される場合に、固有の多結晶シリコン又はセラミック等の非透過型基板は使用可能である。基板は絶縁面を有する。膜1102は、シリコンの厚さが10nm~75nmである非晶質シリコン膜であり、形成された任意の酸化物を除外する。膜は、低圧化学気相成長(CVD)又はプラズマCVD処理により成長させてもよい。

【0209】

以下において、シリコンを結晶化する処理を説明するが、多くの他の処理が従来技術において周知である。開口部が基板上のCGシリコンの所望の位置に対応するマスク絶縁膜1103が形成される。非晶質Siを結晶化する触媒元素としてNiを含有する溶液は、層1104が形成されるスピンコーティング処理により塗布される。Co、Fe、Sn、Pb、Pd、Pt、Cu又はAu等の他の触媒元素が使用されてもよい。膜1103における開口部において、触媒膜1104は非晶質Si膜1102に接触する。非晶質Si膜1102は、不活性雰囲気、あるいは水素又は酸素を含む雰囲気において4時間~12時間の間500~700の温度でアニーリングすることにより結晶化されてもよい。

【0210】

図11Bに示すように、非晶質Si1102の結晶化は、Ni触媒により領域1105及び1106において促進される。ほぼ基板全体にわたり成長する水平成長領域1107及び1108が形成される。1107及び1108等のそれらの水平成長領域のみが基板上に形成されるT F T装置において活性層として使用される。アニーリングの完了後、マ

10

20

30

40

50

スク層 1103 は基板から除去される。図 11C に示すように、パターンングが実行される。活性層である島状半導体層 1109、1110 及び 1111 は、基板にわたり形成される。1109 は、相補型金属酸化膜半導体 (CMOS) 回路を構成する N チャネル型 TFT の活性層であり、1110 は、CMOS 回路を構成する P チャネル型 TFT の活性層であり、1111 は、画素マトリクス回路を構成する N チャネル型 TFT の活性層である。

【0211】

活性層 1109、1110 及び 1111 が形成されると、シリコンを含む絶縁膜を含むゲート絶縁膜 1112 が形成される。ゲート絶縁膜 1112 の厚さは 20 nm ~ 250 nm の範囲であってもよく、後で行なわれる熱酸化工程におけるその膜のある程度の酸化を考慮すべきである。膜 1112 は、周知の気相成長法を使用して成長させられる。

【0212】

図 11C は、Ni 触媒元素を除去する熱処理法を示す。加熱は、ハロゲン含有種がある状態で実行される。加熱は、0.1 時間 ~ 6 時間の間 700 ~ 1,000 の温度で実行される。一例は、3 容量パーセント (vol %) 又はより一般的には 0.5 vol % ~ 10 vol % で HCl を含有する雰囲気における 0.5 時間の 950 の熱処理である。膜におけるシリコンの酸化は、使用される雰囲気の高濃度の窒素 N₂ ガスに混合することにより低下される。HCl とは異なり、HF、HBr、Cl₂、F₂、Br₂、NF₃、ClF₃ 及び BCl₃ 等の他のハロゲン含有種が使用されてもよい。このゲッターリング処理は、膜から Ni 触媒を除去する。これは、雰囲気中に離脱する揮発性の塩化ニッケル種が形成されることにより行なわれると考えられる。ゲート絶縁膜 1112 の厚さは、酸化処理中に増加する傾向がある。領域 1109、1110 及び 1111 は、それに応じて薄くなり、TFT のオフ電流を減少し、明らかな利点の中でも特に電界効果移動度を促進する。

【0213】

上記処理の後、窒素雰囲気における 1 時間の 950 の熱処理により、ゲート絶縁膜 1112 の品質、並びにゲート絶縁膜 1112 と領域 1109、1110 及び 1111 との間の界面の品質が向上される。

【0214】

0.2 重量パーセント (wt %) の Sc を含む Al 膜が形成され、以下に説明するゲート電極の原型を構成する電極パターンが形成される。これは、図 11 には示さない。Ta、W、Mo 又は Si 等のこの目的に適切な他の材料が使用可能である。図 11D に示すように、パターンの表面を陽極酸化することにより、ゲート電極 1113、1114 及び 1115、並びに陽極酸化膜 1116、1117 及び 1118 は形成される。図 11E に示す次の工程において、膜 1112 は CHF₃ ガスを使用するなどしてエッチングされるため、膜 1112 は位置 1119、1120 及び 1121 等の電極の真下にのみ残る。レジストマスク 1122 は、P チャネル型 TFT 用の領域を被覆するために使用される。図 11E の矢印により示されるように、n 型材料に対する不純物イオンは、注入又はプラズマ堆積法等により添加される。n 型領域 1123、1124、1125 及び 1126 が形成される。この処理の後、レジストマスク 1122 は除去されてもよく、レジストマスク 1127 は n 型領域上に配置されてもよい (図 12A)。p 型領域 1128 及び 1129 は、注入又はプラズマ堆積法等により不純物が添加されてもよい。p 不純物添加領域は LD 領域である。その後、n 型領域上のレジストマスク 1127 は除去されてもよい。

【0215】

シリコン酸化膜は、エッチバック処理を介して側壁 1130、1131 及び 1132 上に形成される。p 型領域はマスク 1133 により被覆され、n 型ドーパントは添加され、酸化側壁により被覆されていない領域における n 型ドーパントの濃度を増加する。ソース / ドレイン領域のシート抵抗は、500 未満、好ましくは 300 未満に調整される。固有又はほぼ固有のチャネル形成領域 1137 は、ゲート電極の下に形成される。画素マトリクス回路を構成する N チャネル TFT のソース領域 1138、ドレイン領域 1139

、低濃度不純物領域 1 1 4 0 及びチャネル形成領域 1 1 4 1 が形成される（図 1 2 C）。図 1 2 D において、レジストマスク 1 1 3 3 は除去され、レジストマスク 1 1 4 2 は N チヤネル型 T F T を覆って形成される。更なる p 型不純物が添加され、p 型ドーパントの濃度を増加する。その後、レジストマスク 1 1 4 2 は除去され、不純物イオンは炉アニーリング又はレーザアニーリング等の熱処理により活性化される。注入による損傷は、熱処理により低減又は除去される。

【 0 2 1 6 】

T i 膜 1 1 4 7 は 2 0 n m ~ 5 0 n m の厚さで形成され、ランプアニーリングを使用する熱処理が実行される。T i 膜と接触する S i は、チタンシリサイドを形成するように反応し、シリサイド領域 1 1 4 8、1 1 4 9 及び 1 1 5 0 は、図 1 3 A に示すように形成される。図 1 3 B は、シリサイド膜領域 1 1 4 8、1 1 4 9 及び 1 1 5 0 が後の工程でソース/ドレイン領域を接続し且つ配線するためのコンタクトホールを形成することにより除去されるのを防止するために形成される島状パターン 1 1 5 1、1 1 5 2 及び 1 1 5 3 を示す。

【 0 2 1 7 】

S i 酸化膜は、第 1 の層間絶縁膜 1 1 5 4 として 0 . 3 μ m ~ 1 μ m の厚さで形成される。図 1 3 B に示すように、コンタクトホールが形成され、ソース配線 1 1 5 5、1 1 5 6 及び 1 1 5 7 とドレイン配線 1 1 5 8 及び 1 1 5 9 とが形成される。有機樹脂は、第 1 の層間絶縁膜 1 1 5 4 として使用可能である。図 1 3 C において、第 2 の絶縁層 1 1 6 0 は、0 . 5 μ m ~ 3 μ m の範囲の厚さで基板上に形成される。ポリイミド、アクリル樹脂、ポリアミド又はポリイミドアミド等が有機樹脂膜として使用される。黒色マスク 1 1 6 1 は、膜 1 1 6 0 上に形成される。S i 酸化膜、S i 窒化膜、酸化窒化 S i 膜又は有機樹脂膜、あるいはそれらの積層膜等の第 3 の層間絶縁膜 1 1 6 2 は、0 . 1 μ m ~ 0 . 3 μ m の範囲の厚さで形成される。コンタクトホールは膜 1 1 6 0 及び膜 1 1 6 2 に形成され、画素電極 1 1 6 3 は厚さ 1 2 0 n m で形成される。補助キャパシタンス 1 1 6 4 は、図 1 3 C に示すように、黒色マスク 1 1 6 1 が画素電極 1 1 6 3 と重なり合う領域に形成される。

【 0 2 1 8 】

基板全体は、水素雰囲気において 1 時間 ~ 2 時間の間 3 5 0 ° で加熱され、特に膜の活性層においてダングリングボンドを補償する。これらの工程の後、図 1 3 C の左側の C M O S 回路及び図 1 3 C の右側の画素マトリクス回路は、例えば近傍の位置で同一基板上に形成される。

【 0 2 1 9 】

この製造方法により製造される構造は、T F T 構造に限定されず、ボトムゲート T F T を含む任意の周知の構造に適用可能である。

【 0 2 2 0 】

< 製造方法の第 3 の概要 >

本実施例の薄膜半導体表示装置の基本的な構造において、装置の表示部分におけるデータの表示に関連する計算を実行するために、表示部分の画素間又は同一基板上の他の場所に配設される回路と共に表示部分が提供される。表示部分及び計算実行回路は、基板上に一体形成される。表示部分を駆動する更なる回路は、表示部分の周辺に形成され、同一基板上に組み込まれてもよい。

【 0 2 2 1 】

空間光変調器を動作させる T F T 回路及び論理演算を実行する等の更なる回路は、異なる装置構造を製造するための米国特許第 6 , 7 5 9 , 6 7 7 号明細書に説明される方法に類似する以下に説明するような方法により基板上に作成されてもよい。米国特許第 6 , 7 5 9 , 6 7 7 号明細書は、その全ての内容が参考として本明細書に取り入れられる。他の方法が当業者には明らかとなるだろう。この製造方法を使用して製造される半導体の種類は、多結晶シリコンゲルマニウムであり、その電気的特徴は、いくつかの点又は多くの点において単結晶シリコンの電気的特徴と類似するか又は上回る。

【0222】

この製造方法の結果、単一基板上に回路が得られる。TFTのグループは、活性層であるポリシリコンにより生成され、ディスプレイの画素を制御する。ゲートドライバ回路、ソースドライバ回路及び信号処理回路等の機能を有する他のTFTが生成される。ここで、高速動作をもたらすために、活性層はシリコンゲルマニウムである。Geが高速動作を要求する回路の部分に添加される一方で、ポリSiは低いオフ電流特性を要求する回路において使用される。

【0223】

アクティブマトリクス表示装置は、単一基板の絶縁面上に形成される画素マトリクス回路及びこの例ではCMOS回路であるドライバ回路を有するように製造される。処理を図6に示す。

10

【0224】

図6Aに示すように、ガラス基板601は、その上に酸化シリコンの層602を形成するために準備される。非晶質シリコン膜603は、プラズマCVD法により30nmの厚さで形成される。レジストマスク604は、非晶質Si膜603上をパターンングすることにより提供される。レジストマスクは、画素マトリクス回路に対してTFTグループにより形成される領域を被覆するように形成される。高速回路に形成される領域はマスクされない。図6Bに示されるように、Geは、イオン注入、プラズマ堆積法又はレーザ堆積法等の技術により添加される。Geは、非晶質Si膜の組成を変更して $0 < x < 1$ の場合に $Si_{1-x}Ge_x$ の膜の平均的な組成を行なうように添加される。イオン注入が使用される場合、Geが添加される領域605は注入による損傷を受ける。 $Si_{1-x}Ge_x$ 膜605は、非晶質状態にある。

20

【0225】

Geにおけるバルク拡散に対する活性化エネルギーがSiにおけるものより小さく且つGe及びSiが融点を下回る温度に対する二元合金状態図において互いに固溶体を形成するため、Geの存在により、純粋なSi膜の結晶化に対して $Si_{1-x}Ge_x$ 膜の結晶化が加速される。この点において、Geはレーザ誘起結晶化等のSi結晶化に対する触媒半導体であると考えられてもよい。

【0226】

図6Cにおいて、米国特許第5,643,826号明細書で説明するように、レジスト層603は除去され、Ni含有層606は表面全体に添加される。米国特許第5,643,826号明細書は、その全ての内容が参考として本明細書に取り入れられる。Niは触媒材料として使用され、Si又は $Si_{1-x}Ge_x$ 膜の結晶化を促進する。Co、Fe、Cu、Pd、Pt、Au又はIn等のNi以外の元素がその目的で使用されてもよい。Si膜及び $Si_{1-x}Ge_x$ 膜の結晶化は、図6Dに示すように、8時間の600℃の炉アニーリングにより達成される。その結果、ポリ $Si_{1-x}Ge_x$ 領域607及びポリSi領域608が得られる。熱処理は、レーザアニーリング又はランプアニーリング等の他の方法を使用して実行可能である。

30

【0227】

図6Eにおいて、ポリ $Si_{1-x}Ge_x$ 領域607は活性層609に形成される。ポリSi領域608は活性層610に形成される。活性層609は、後続のドライバ回路及び信号処理回路を構成するためのTFTの活性層に対するものである。活性層610は、後続の画素マトリクス回路を構成するためのTFTの活性層に対するものである。

40

【0228】

ソース領域、ドレイン領域及び低濃度ドレイン(LDD)領域は、米国特許第5,648,277号明細書において説明される処理により形成される。米国特許第5,648,277号明細書は、その全ての内容が参照により組み込まれる。次に、この処理について要約する。まず、後でゲート電極に形成される島状パターンは、Scを2wt%含有するAl膜を使用して形成される。次に、陽極酸化が島状パターンに対して実行され、島状パターンの側壁に多孔質陽極酸化膜を形成する。その後、溶液が変更され、陽極酸化を更に

50

実行し、島状パターンの周囲にコンパクトな陽極酸化膜を形成する。このように多孔質陽極酸化膜及びコンパクトな陽極酸化膜を形成した後、ゲート絶縁膜はドライエッチング方法を使用してエッチングされる。ゲート絶縁膜のエッチングの完了後、多孔質陽極酸化膜は除去され、それにより図7Aに示す状態を得る。

【0229】

図7Aにおいて、711、712及び713はシリコン酸化膜により形成されるゲート絶縁膜であり、714、715及び716はScを含むAl膜により形成されるゲート電極であり、717、718及び719はゲート電極を保護するコンパクトな陽極酸化膜である。図7Bにおいて、PチャネルTFTに形成される領域はマスク720により被覆される。領域の残りの部分は、n型導電型を提供するようにn型イオンが注入される。米国特許第5,648,277号明細書において説明されるように、2つの異なる加速電圧が使用され、深さと共に注入されたイオンの濃度のより均一な分布を提供する。

10

【0230】

図7Bにおいて、処理の結果、ドライバ回路を構成するnチャネルTFTのドレイン領域721、ソース領域722、LDD領域723及びチャネル領域724が得られる。更に画素マトリクス回路を構成するNチャネルTFTのドレイン領域726、ソース領域725、LDD領域727及びチャネル領域728が形成される。

【0231】

図7Cにおいて、レジストマスク720が除去され、レジストマスク729はn型領域を被覆するために追加される。その後、不純物イオンが注入され、米国特許第5,648,277号明細書において説明するように2つの加速電圧を使用してp型導電型を提供し、深さと共に注入されたイオンの濃度のより均一な分布を提供する。これにより、ドライバ回路を構成するPチャネルTFTのソース領域730、ドレイン領域731、LDD領域732及びチャネル領域733が形成される。不純物イオンは、アニーリング手順により活性化される。

20

【0232】

第1の層間絶縁膜734が形成され、コンタクトホールはそこに開かれ、ソース電極735、736、737及びドレイン電極738、739を形成する。絶縁層734は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン及び樹脂膜から選択された材料から構成されてもよい。ここで、ドライバ回路に対するTFTは完成した。画素マトリクスに対するTFTは、ここで完成する必要がある。ソース電極及びドレイン電極を形成した後、第2の層間絶縁膜740が形成され、その後Ti膜を含む黒色マスク741はその上に形成される。黒色マスク741を形成する前にドレイン電極739の上方の位置で第2の層間絶縁膜を部分的に除去する場合、黒色マスク、第2の層間絶縁膜及びドレイン電極から補助キャパシタンスを形成できる。次に、第3の絶縁層膜742は黒色マスク741を覆って形成され、コンタクトホールはそこに形成され、インジウム酸化スズ等の透明な導電膜を含む画素電極743がその上に形成される。

30

【0233】

図7Dに示すように、互いに隣接してもよい一体形成された画素及びドライバ回路を含むTFTを有するアクティブマトリクス基板が開示される。図7DのCMOS回路は、ポリシリコンゲルマニウム領域上に形成されてもよい信号処理回路等の他の回路により置換可能であることが当業者により理解されるだろう。ポリシリコンゲルマニウム領域は、高い電界効果移動度を有するため、高速動作に適する。ポリSi領域がポリシリコンゲルマニウム領域と比較して低品質の動作速度特性を有するが、ポリSi領域は、画素マトリクスTFTにおいて適用された時により適切な低いオフ電流特性を有する。

40

【0234】

この製造方法により製造される構造は、TFT構造に限定されず、ボトムゲートTFTを含む任意の周知の構造に適用可能である。

【0235】

<レーザ光源>

50

例えばG a I n A s又はG a I n A s N材料に基づくR G B固体レーザ光源は、コンパクトであり且つ光の指向性が高いため、ホログラフィック・ディスプレイに対する適切な光源である。そのような光源は、Novalux (RTM) Inc., CA, USAにより製造されるR G B面発光レーザ (V C S E L) 並びに発光ダイオードを含む。各光源が回折光学素子を使用して複数のビームを生成するために使用可能であるが、そのようなレーザ光源は、単一のレーザ又はレーザのアレイとして供給されてもよい。レーザスペックルパターン等の望ましくないアーティファクトを招かずにコンパクトなホログラフィック・ディスプレイにおいて使用するにはコヒーレンスが高すぎる場合にコヒーレンスレベルを低減できるため、ビームはマルチモード光ファイバに渡されてもよい。レーザ光源のアレイは、1次元又は2次元であってもよい。

10

【0236】

<基板>

「基板」という用語は、ディスプレイが製造される材料のスラブを示すことが強調されるべきである。これは、一般に、ガラス板基板等の絶縁基板、あるいはサファイア基板、あるいはS i又はG a A s等の半導体基板であってもよく、高分子シート又は金属板等の他の基板も可能であってもよい。一般にS i又はG a A s等の半導体基板又はガラス板等の基板は、材料堆積、アニーリング及び材料エッチング等の異なる処理工程を実行する種々の装置間の転送及び処理工程を簡略化するため、装置の製造時に使用される。「基板」という用語は、Shimobaba他のOptics Express 13, 4196 (2005年) により開示されるような単一の回路基板を示さない。単一の回路基板は、ガラス板基板等の単一基板上で実行可能な製造方法の範囲を許可しない。

20

【0237】

<トランジスタ数の推定>

このセクションは、ディスプレイの画素間に配設される回路により実現されるホログラフィック計算に対してディスプレイにおいて必要とされるトランジスタ数の推定を含む。

【0238】

F P G Aを使用する実施例の場合、ホログラム計算は、以下のステップから構成される。ここで、示されるパーセント値は、所定のステップに対して使用されるF P G A上の論理資源のパーセント値である。

- ・レンズ関数：ランダム位相を加算し且つz値に依存してサブホログラムを生成する (4 . 5%)。
- ・C O R D I C計算：複素値を位相及び大きさから実数値及び虚数値に変換し、強度の変調を実行する (62 . 5%)。
- ・サブホログラムを加算してホログラムを形成する (15 . 5%)。
- ・ホログラムの符号化：C O R D I Cアルゴリズムは、値を位相及び大きさに変換し、実数値及び虚数値に戻し、且つデータのクリッピング及び正規化を行なうために使用される (17 . 5%)。

30

【0239】

メモリビットに対するトランジスタ数がパイプライン周波数に依存しないため、上記で与えられたパーセント数は、画素マトリクスにおける計算が実行される時に異なる。加算及び符号化に対する計算労力は、ホログラム画素数に伴って上昇する。

40

【0240】

レンズ関数 (L F) は、いくつかの小さなL U Tを有し、z値に依存してサブホログラムのサイズ及びレンズ関数に対する初期定数を規定してもよい。従って、レンズ関数は、L U Tに対する相対的に大きい固定トランジスタ数及びクロック周期毎にレンズ関数から同時に駆動されるC O R D I Cユニット数に依存する可変トランジスタ数を有する。一般に、計算単位 (クラスタ) のサイズが大きい程、データ転送速度が節約されないため、それらのサイズは最適化されるべきである。その一方で、クラスタが大きい程、計算の実現は容易になる。1つのクラスタが100万個以上のトランジスタから構成されるため、図23の例は簡略化されたクラスタ設計のみを示す。

50

【 0 2 4 1 】

次に、ディスプレイの画素間に配設される回路により実現されるホログラフィック計算に対してディスプレイにおいて必要とされるトランジスタ数を推定する。CORDICアルゴリズムがFPGA実施例において75%を上回る資源を必要とするため、推定は、CORDIC計算を実行するためのトランジスタに集中する。参考として本明細書に取り入れられる参考文献[CORDIC-Algorithmen, Architekturen und monolithische Realisierungen mit Anwendungen in der Bildverarbeitung, Dirk Timmermann, 1990]100~101ページは、CORDICトランジスタ数を推定することを多少助長する。FPGA解決策に対して、異なる低減法を使用する適応されたCORDICユニットが開発されたため、1つのパイプラインCORDICユニットに対する推定されるトランジスタ数は約52,000個である。

10

【 0 2 4 2 】

図21及び図22のスプレッドシートは、2,000×1,500画素の実空間画像から開始する16,000×12,000ホログラム画素による計画されたホログラム計算に対する推定を示す。サブホログラムの画素毎に1つのCORDIC演算が必要とされる。すなわち、合計で250*10⁹回の演算/秒だけ必要とされる。25MHzのパイプライン周波数の場合、並列接続された9,800個のCORDICユニットが必要とされる。クラスタが大きい程ホログラムデータの配信にコストがかかるため、クラスタ設計は、トランジスタ数及び設計効率に影響を及ぼす。しかし、クラスタが小さすぎる場合、いくつかのユニットが殆どの時間何も行わず、トランジスタ数が増加するため、クラスタ内の計算は効率的でない。

20

【 0 2 4 3 】

クラスタが1つのレンズ関数ユニット及び1つのCORDICユニットから構成される場合、サブホログラム計算に対して9,800個のクラスタ及び6億6千万個のトランジスタが必要とされる。クラスタが1つのレンズ関数ユニット及び8個のCORDICユニットから構成される場合、サブホログラム計算に対して1,200個のクラスタ及び5億3千万個のトランジスタから構成されるディスプレイが必要とされる。従って、クラスタのサイズは広範囲で変化してもよく、サンプル設計に対しては、4つのCORDICユニット及び1つのレンズ関数を含むクラスタが選択される。その結果、サブホログラム計算に対して推定値として2,500個のクラスタ及び5億5千万個のトランジスタが得られる。

30

【 0 2 4 4 】

最適なクラスタサイズを見つけるために、詳細な設計が実行される必要がある。スプレッドシート(図21及び図22)中の数字は、単に大まかな推定値であり、パラメータの主な依存形式を示す。

【 0 2 4 5 】

CORDIC(一桁毎に演算する解法、Volderのアルゴリズム)(Coordinate Rotation Digital Computerの略)は、双曲線関数及び三角関数を計算する単純で効率的なアルゴリズムである。本明細書において、CORDICが複素数を位相値及び大きさ値から実数値及び虚数値に変換するため及びその逆の変換を行なうために使用されるため、他のアルゴリズムが使用されてもよい。CORDICは小さなlookupアップテーブル、ビットシフト及び加算のみを必要とするため、ハードウェアの乗算器(例えば、単純なマイクロコントローラ及びFPGA)が利用可能でない場合、CORDICが一般に使用される。更に、ソフト又は専用ハードウェアにおいて実現される場合、CORDICアルゴリズムはパイプラインに適する。現在のCORDICアルゴリズムは、Jack E. Volderにより1959年に最初に説明されたが、1624年にHenry Briggsにより発表された技術に類似している。元々、CORDICは2進数で実現された。1970年代、10進数のCORDICは電卓で広く使用されるようになり、電卓の殆どが2進数ではなく2進化10進数(BCD)で動作する。CORDICは、ハンドヘルド計算器に特に最適であり、その応用例に対しては、コスト(及び従ってチップ上のゲート数)が速度よりはるかに重要である。

40

50

ハードウェア乗算器が利用不可能である（例えば、マイクロコントローラにおいて）場合、あるいは1つを実現するのに必要とされるゲート数が最少にされる必要がある（例えば、FPGAにおいて）場合、一般にCORDICは他の方法より高速である。

【0246】

CORDICは、Henry Briggsの研究から得られる対数及び指数アルゴリズムと同様に、「シフト及び加算」アルゴリズムの一種である。多くの初等関数を計算するために使用される別のシフト及び加算アルゴリズムは、複素平面に対する対数及び指数アルゴリズムの一般化であるBKMアルゴリズムである。例えばBKMは、 $\cos x + i \sin x$ である $0 + ix$ の指数を計算することにより、実数の角度 x （ラジアン）の正弦及び余弦を計算するために使用される。IEEE Transactions on Computers, 43(8): 955 ~ 963 ページ、1994年8月においてJ.C. Bajard、S. Kila及びJ.M. Mullerにより1994年に最初に発表されたBKMアルゴリズムは、CORDICより僅かに複雑であるが変倍因子を必要としないという利点を有する。BKMアルゴリズムは、本実施例においてCORDICアルゴリズムの代わりに使用されてもよい。

10

計算方法

今日、中央処理装置（CPU）及びデジタル信号プロセッサ（DSP）ユニットは、計算に対してデジタル同期論理を主に使用する。FPGAホロプログラム計算もこの方法を使用してもよい。ホロプログラム画素毎のトランジスタ数が少ないため、計算ステップに依存して他の方法が好ましい場合がある。以下のリストは、いくつかの他の計算方法に対する主な属性を示す。

20

【0247】

デジタル同期論理（クロック制御ロジック）

- ・トランジスタ数が多い。
- ・計算時間が短い。
- ・タイミング計算が容易である。
- ・設計ツールサポートが適切である。

【0248】

デジタル非同期論理（非クロック制御ロジック）

- ・電力効率が良い。
- ・トランジスタ数が多い。
- ・計算時間が短い。
- ・設計ツールサポートが低品質である。
- ・タイミング計算が困難である。

30

【0249】

PWM（パルス幅変調）

- ・トランジスタ数が少ない。
- ・計算時間が長い。

【0250】

アナログ

- ・主に1950 ~ 1960年に開発された。
- ・単純な高周波数の使用以外、今日ではアナログ計算は一般的でない。
- ・トランジスタ数が非常に少ない。
- ・計算時間が短い。
- ・精度が制限される。
- ・製造パラメータのドリフトへの依存性が高い。

40

【0251】

< 混合された技術 >

計算ステップの要求は異なる。例えばポリSiトランジスタの容量が制限されるため、計算方法は要求に依存して選択されるべきである。最適な方法は、正確な実施例に依存する。いくつかの例は以下の通りである。

50

【 0 2 5 2 】

トランジスタ数を減少するために、レンズ関数及び符号化等の要求が少ない計算ステップはPWMを使用できる。実空間データ及びホログラムデータが約8ビットの精度のみを使用するため、アナログシフトレジスタはデータ配信に使用されてもよい。特別に設計された非同期CORDICユニットは、電力損失を低減するために使用可能である。ステップ毎に2つ以上の方法を使用することにより、トランジスタ数を更に減少してもよいが、設計コストは上昇するだろう。

【 0 2 5 3 】

< ディスプレイの種類 >

ディスプレイは、トランジスタ又は表示面上の他のスイッチング素子（例えば、電気素子、光学素子）を使用するアクティブマトリクス構造であるのが好ましい。トランジスタ材料は、計算のための追加のトランジスタを実現するために十分な構造幅及びスイッチング周波数を有するべきである。低温ポリSi（LTPS）、CGS、単一結晶粒Si又はポリSiGe等の単結晶シリコン及びポリSiの変異体を使用可能である。一般に非晶質シリコンのスイッチング周波数は、高性能ホログラム計算には低すぎる。基本的に、有機半導体又はカーボンナノチューブがスイッチング素子材料として使用されてもよい。従来大型ディスプレイは、行配線及び列配線に対して大きな領域を必要とする。この領域は、本発明の方法を使用して節約可能である。

【 0 2 5 4 】

ディスプレイが大型である程、領域の節約が大きくなるため、以下のディスプレイの種類が好ましい：

- ・ LTPSにおける液晶ディスプレイ（LCD）。
- ・ LTPSにおける有機発光ダイオード（OLED）（発光ポリマー（LEP）を含む）。

【 0 2 5 5 】

単結晶シリコンは、新しい方法と比較して少ない利点を有する小型ディスプレイに対してのみ使用される。単結晶Siの使用の例は以下の通りである：

- ・ LCOS。
- ・ デジタルライトプロセッシング（DLP）技術。

【 0 2 5 6 】

本実施例に対して使用されてもよい可能なディスプレイ技術のリストは以下の通りである：

液晶ディスプレイ（LCD）型

LCOS liquid crystal on silicon

NLC ネマチック液晶

TN ねじれネマチック

VAN 垂直配向ネマチック

FLC 強誘電性液晶

FED（電界放出ディスプレイ）

SED 表面電界ディスプレイ

カーボンナノチューブエミッタ（シリコン基板又はインジウム酸化スズ（ITO）被覆ガラス基板に基づくが、コヒーレント光が放射されないため、これらは光源としてのみ使用可能である）。

【 0 2 5 7 】

電気機械システム

ミラーアレイ／デジタルライトプロセッシング（DLP）技術

MOEMS（マイクロオプトエレクトロメカニカルシステム）とも呼ばれるMEMSミラー（マイクロエレクトロメカニカルシステム）

ホログラム計算方法のリストは以下の通りである：

- ルックアップテーブル（LUT）

10

20

30

40

50

- 解析的計算
- 参考として本明細書に取り入れられる国際公開第2006/066919号パンフレットで説明される方法

- 光線追跡方法

変換の種類：

- 2D変換
- 水平面における1D変換
- 垂直面における1D変換

符号化の種類：

- Burckhardtの符号化
- 位相のみの符号化
- 二相符号化
- BIAS符号化
- MDE（最小距離符号化）- ホログラム画素毎に3つより多くのSLM画素を使用する符号化。

10

【0258】

<ハードウェア>

外部ホログラム計算ユニットは、1組のハイエンドFPGA又は特定用途向け集積回路（ASIC）又は約5千2百万個のトランジスタ及び500MHzのパイプライン周波数を有するフルカスタム集積回路（IC）から構成されてもよい。データをディスプレイに転送するために、各々が1ギガビット/秒で送信するLVDS（low voltage differential signalling）の約230個の対が使用される。データを受信するために、チップオンガラス（COG）行配線及び列配線ドライバが更に必要である。計算がディスプレイの基板上に組み込まれる場合、デジタルビジュアルインタフェース（DVI）受信機のような高スイッチング周波数部分のみが追加のハードウェアに実現される必要がある。1/50のデータ転送速度を有する元のデータのみが転送される必要がある（図1を参照）。ディスプレイに対していくつかの接続のみを有する非常に安価なディスプレイ電子機器が使用可能である。この電子機器は、現行の低解像度2D TFTディスプレイとほぼ同一である。

20

【0259】

<注記>

上記3つの製造方法の概要の特徴は、本発明の範囲から逸脱せずに組み合わせられてもよい。

30

【0260】

本明細書における図において、図示される相対的な寸法は必ずしも縮尺通りではない。

【0261】

本発明の範囲から逸脱せずに、本発明の種々の変形及び変更が当業者には明らかとなるだろう。本発明が本明細書において説明した例に必要以上に限定されないことが理解されるべきである。

【0262】

本開示において、複数の概念（「概念A～T」として説明される）が存在する。付録IIIは、それらの概念を規定するのに役立つ内容を含む。当業者には明らかとなるように、1つの概念に関する開示は他の概念の面を説明するのを補助するものであってもよい。本出願の他の場所から明らかとなるように、それらの概念の一部は本発明の一部を形成してもよい。

40

【0263】

<付録I>

<技術入門>

以下のセクションは、本発明を実現するいくつかのシステムにおいて使用されるいくつかの主な技術に対する入門書となることを意図する。

50

【 0 2 6 4 】

従来のホログラフィにおいて、観察者は、オブジェクトのホログラフィック再構成（変化するシーンであってもよい）を見ることができる。しかし、ホログラムからの観察者の距離は関係ない。1つの代表的な光学配置において、再構成は、ホログラムを照明する光源の像面にあるか又はそれに近接するため、ホログラムのフーリエ平面にあるか又はそれに近接する。従って、再構成は、再構成される実世界のオブジェクトの同一の遠視野光分布を有する。

【 0 2 6 5 】

1つの初期のシステム（全ての内容が参考として本明細書に取り入れられる国際公開第2004/044659号パンフレット及び米国特許出願公開第2006/0055994号明細書において説明される）は、再構成オブジェクトがホログラムのフーリエ平面にないか又はそれに近接しない非常に異なる配置を規定する。その代わり、仮想観察者ウィンドウゾーンがホログラムのフーリエ平面にある。観察者は自身の眼をその場所に位置付け、適切な再構成を見ることができる。ホログラムは、LCD（又は他の種類の空間光変調器）上で符号化され、仮想観察者ウィンドウがホログラムのフーリエ変換になる（従って、仮想観察者ウィンドウが眼に直接結像されるフーリエ変換になる）ように光学セットアップにおいて照明される。観察者ウィンドウ及びSLMにわたる錐台に形成される再構成オブジェクトは、レンズの焦点面にないため、ホログラムのフレネル変換により更に適切に記述される伝播である。再構成オブジェクトは、その代わりに近視野光分布により規定される（遠視野分布の平面波面に対して、球面波面を使用してモデル化される）。この再構成は、仮想観察者ウィンドウ（上述したように、ホログラムのフーリエ平面にある）とSLM又はSLMの後方との間の任意の場所に仮想オブジェクトとして現れる。

【 0 2 6 6 】

この方法に対していくつかの結果が存在する。第1に、ホログラフィックビデオシステムの設計者が直面する基本的な制限は、SLM（又は他の種類の光変調器）の画素ピッチである。目標は、妥当な価格で市販される画素ピッチを含むSLMを使用して大きなホログラフィック再構成を可能にすることである。しかし、このことは以下の理由によりこれまで不可能であった。フーリエ平面の隣接する回折次数の間の周期間隔は、 D/p により与えられる。式中、 λ は照明光の波長であり、 D はホログラムからフーリエ平面までの距離であり、 p はSLMの画素ピッチである。しかし、従来のホログラフィック・ディスプレイにおいて、再構成オブジェクトはフーリエ平面にあるか又はそれに近接する。従って、再構成オブジェクトは周期間隔より小さく保持される必要がある。再構成オブジェクトが周期間隔より大きい場合、その縁は隣接する回折次数による再構成においてぼやける。これにより、高価で小さなピッチの専用ディスプレイによっても幅数cmの非常に小さな再構成オブジェクトが得られる。しかし、この方法に対して、仮想観察者ウィンドウ（上述したように、ホログラムのフーリエ平面にあるように位置付けられる）は瞳孔と同一の大きさである必要がある。その結果、適度なピッチサイズを有するSLMも使用できる。再構成オブジェクトが仮想観察者ウィンドウとホログラムとの間の錐台を全体的に埋めることができるため、再構成オブジェクトは非常に大きい。すなわち、周期間隔より非常に大きい。更に、OASLMが使用される場合、画素化がないため周期性もなく、仮想観察者ウィンドウを周期間隔より小さく保持する制約は当てはまらなくなる。

【 0 2 6 7 】

1つの変形例において展開される別の利点が更に存在する。ホログラムを計算する時、再構成オブジェクトの知識を使用して開始する。例えば、レーシングカーの3D画像ファイルを有する。そのファイルは、オブジェクトが複数の種々の閲覧位置からどのように見えるべきかを記述する。従来のホログラフィにおいて、レーシングカーの再構成を生成するのに必要なホログラムは、多くの計算を必要とする処理において3D画像ファイルから直接導出される。しかし、仮想観察者ウィンドウの方法は、更に計算効率の良い異なる技術を可能にする。再構成オブジェクトの1つの平面から開始すると、仮想観察者ウィンドウはオブジェクトのフレネル変換であるため仮想観察者ウィンドウを計算できる。その後

、全てのオブジェクト面に対してこれを実行し、累積フレネル変換を生成するために結果を合計する。これは、仮想観察者ウィンドウにわたる波動場を規定する。その後、その仮想観察者ウィンドウのフーリエ変換としてホログラムを計算する。仮想観察者ウィンドウがオブジェクトの全ての情報を含むため、単一平面の仮想観察者ウィンドウのみがホログラムにフーリエ変換される必要があり、複数平面のオブジェクトは変換されない。仮想観察者ウィンドウからホログラムまでの間に単一の変換ステップではなく反復フーリエ変換アルゴリズムのような反復変換が存在する場合、これは特に有利である。反復が必要である場合、各反復ステップは、オブジェクト面毎にフーリエ変換を含むのではなく仮想観察者ウィンドウの単一のフーリエ変換のみを含む。その結果、計算労力は非常に減少される。

10

【0268】

仮想観察者ウィンドウの方法の別の興味深い結果は、所定のオブジェクトポイントを再構成するのに必要な全ての情報がホログラムの相対的に小さなセクション内に含まれることである。これは、所定のオブジェクトポイントを再構成するための情報がホログラム全体に分布される従来のホログラムと異なる。情報をホログラムの非常に小さなセクションに符号化する必要があるため、それは処理及び符号化する必要のある情報量が従来のホログラムと比較して非常に少ないことを意味する。従って、それは、従来の演算装置（例えば、一般大衆市場向け装置に適切な価格及び性能を有する従来のDSP）がリアルタイムビデオホログラフィに対しても使用可能であることを意味する。

【0269】

20

しかし、望ましくない結果が存在する。第1に、ホログラムからの閲覧距離が重要である。眼がホログラムのフーリエ平面に又はそれに近接して位置付けられた時に適切な再構成を見れるように、ホログラムは符号化及び照明される。その一方で、通常のホログラムにおいて、閲覧距離は重要ではない。しかし、このZの感度を低減するか又はそれに基づいて設計する種々の技術が存在する。

【0270】

適切なホログラフィック再構成が厳密で小さな閲覧位置（すなわち、特に横方向の位置決め及びZの距離において）からのみ見れるように、ホログラムが符号化及び照明されるため、視線追跡が必要とされてもよい。Zの感度と同様に、X、Yの感度を低減するか又はそれに基づいて設計する種々の技術が存在する。例えば、画素ピッチが減少すると（SLM製造が微細になると）、仮想観察者ウィンドウのサイズは拡大する。更に、より効率的な符号化技術（キノフォーム符号化等）は、周期間隔の大きな部分を仮想観察者ウィンドウとして使用することを容易にするため、仮想観察者ウィンドウを拡大することを容易にする。

30

【0271】

上記説明は、フーリエホログラムを処理することを仮定した。仮想観察者ウィンドウは、ホログラムのフーリエ平面、すなわち光源の像面にある。利点として、非回折光は、いわゆるDCスポットに集束される。この技術は、仮想観察者ウィンドウが光源の像面でないフレネルホログラムに対しても使用可能である。しかし、非回折光が妨害する背景として不可視であることを考慮すべきである。尚、変換という用語は、光の伝播を記述する変換と同等であるか又はそれに類似する任意の数学的な技術又は計算技術を含むと解釈されるべきである。変換は、マクスウェル波動方程式でより正確に規定される物理処理に対する近似値にすぎない。フレネル変換及びフーリエ変換は2次近似値である。しかし、それらの変換は、(a) 微分とは異なり代数的であるため、計算上効率的に処理され、(ii) 光学系において正確に実現されるという利点を有する。

40

【0272】

更なる詳細は、内容が参照により組み込まれる米国特許出願公開第2006/0138711号明細書、米国特許出願公開第2006/0139710号明細書及び米国特許出願公開第2006/0250671号明細書において与えられる。

【0273】

50

< 付録 I I >

< 明細書において使用される用語集 >

< 計算機生成ホログラム >

計算機生成ビデオホログラム C G H は、シーンから計算されるホログラムである。C G H は、シーンを再構成するのに必要な光波の振幅及び位相を表す複素数を含んでもよい。C G H は、例えばコヒーレント光線追跡により計算されてもよく、シーンと参照波との間の干渉をシミュレートすることにより計算されてもよく、あるいはフーリエ変換又はフレネル変換により計算されてもよい。

【 0 2 7 4 】

< 符号化 >

符号化は、空間光変調器（例えば、構成セル又は O A S L M のような連続する S L M に対する連続領域）にビデオホログラムの制御値を供給する手順である。一般にホログラムは、振幅及び位相を表す複素数から構成される。

【 0 2 7 5 】

< 符号化領域 >

一般に符号化領域は、シーンの単一の点のホログラム情報が符号化されるビデオホログラムの空間的に制限された領域である。空間的な制限は、ビデオホログラムへの仮想観察者ウィンドウのフーリエ変換により達成される円滑な遷移又は突然の打ち切りにより実現されてもよい。

【 0 2 7 6 】

< フーリエ変換 >

フーリエ変換は、空間光変調器の遠視野における光の伝播を計算するために使用される。波面は平面波により記述される。

【 0 2 7 7 】

< フーリエ平面 >

フーリエ平面は、空間光変調器における光分布のフーリエ変換を含む。任意の集束レンズなしで、フーリエ平面は無限遠にある。集束レンズが空間光変調器に近接する光路にある場合、フーリエ平面は光源の画像を含む平面と等しい。

【 0 2 7 8 】

< フレネル変換 >

フレネル変換は、空間光変調器の近視野における光の伝播を計算するために使用される。波面は球面波により記述される。光波の位相因子は、横方向の座標に二次的に依存する項を含む。

【 0 2 7 9 】

< 錐台 >

仮想錐台は、仮想観察者ウィンドウと S L M との間に構成され、S L M の後方に延在する。シーンは、この錐台内に再構成される。再構成シーンのサイズは、S L M の周期間隔ではなくこの錐台により制限される。

【 0 2 8 0 】

< 光学系 >

光学系は、レーザのようなコヒーレント光源又は L E D のような部分的コヒーレント光源を含んでもよい。部分的コヒーレント光源の時間的コヒーレンス及び空間的コヒーレンスは、適切なシーン再構成を容易にするのに十分である必要がある。すなわち、スペクトル線幅及び放射面の横方向の範囲が十分に小さい必要がある。

【 0 2 8 1 】

< 仮想観察者ウィンドウ (V O W) >

仮想観察者ウィンドウは、再構成 3 D オブジェクトを見る際に使用する観察者平面における仮想ウィンドウである。V O W は、ホログラムのフーリエ変換であり、オブジェクトの複数の再構成が可視となるのを回避するために 1 周期間隔内に位置付けられる。V O W のサイズは、少なくとも瞳孔のサイズである必要がある。少なくとも 1 つの V O W が観察

10

20

30

40

50

者追跡システムにより観察者の眼に位置付けられる場合、VOWは、観察者の動きの横方向の範囲よりはるかに小さくてもよい。これにより、適度な解像度及び従って小さな周期間隔を有するSLMの使用が容易になる。VOWは、再構成3Dオブジェクトを見る際に使用するキーホールとして考えられる。VOWは、眼毎に1つであってもよく、あるいは双方の眼に対して1つであってもよい。

【0282】

<周期間隔>

CGHは、個別にアドレス指定可能なセルから構成されるSLM上に表示される場合にサンプリングされる。このサンプリングにより、回折パターンの周期的な繰返しが得られる。周期間隔は D/p である。式中、 λ は波長であり、Dはホログラムからフーリエ平面までの距離であり、pはSLMセルのピッチである。しかし、OASLMは、サンプリングを有さないため、回折パターンの周期的な繰返しがない。実質上、繰返しは抑制される。

【0283】

<再構成>

ホログラムにより符号化された照明された空間光変調器は、元の光分布を再構成する。この光分布は、ホログラムを計算するために使用された。観察者は、再構成された光分布を元の光分布と区別できないのが理想的である。殆どのホログラフィック・ディスプレイにおいて、シーンの光分布は再構成される。本発明のディスプレイにおいては、仮想観察者ウィンドウにおける光分布が再構成される。

【0284】

<シーン>

再構成されるシーンは、実際の3次元光分布又は計算機生成3次元光分布である。特別な例として、シーンは2次元光分布であってもよい。シーンは、空間に配置される種々の固定オブジェクト又は移動オブジェクトを構成できる。

【0285】

<空間光変調器(SLM)>

SLMは、入射光の波面を変調するために使用される。理想的なSLMは、任意の複素数を表すこと、すなわち光波の振幅及び位相を別個に制御することが可能である。しかし、一般的な従来のSLMは、振幅又は位相の1つの特性のみを制御し、他方の特性にも影響を及ぼすという望ましくない副作用を伴う。

【0286】

<付録III>

<概念>

本開示において、複数の概念(「概念A~T」として説明される)が存在する。以下は、それらの概念を規定するのに役立つだろう。

【0287】

<A.画素と同一基板上の計算によるホログラム表示>

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行されるホログラフィック・ディスプレイ。

・空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素間にある回路を使用して実行される。

・計算は、ディスプレイの離散的な領域において実行され、離散的な領域毎に対応する離散的な領域の画素を符号化する。

・回路は、薄膜トランジスタを含む。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶Siから成る。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、連続粒界結晶Siから成る。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶SiGeから成る。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、単結晶Siから成る。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、単一結晶粒Siから成る。

- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、有機半導体から成る。
- ・基板は単結晶 Si である。
- ・基板はガラスである。
- ・実空間画像データのみがディスプレイに送信される。
- ・ビデオフレームレートは、少なくとも約 25 Hz である。
- ・画像データは、強度及び奥行きマップデータから成る。
- ・ホログラフィック計算は、リアルタイム又は準リアルタイムで実行される。
- ・ホログラフィック計算は、ルックアップテーブルの方法を使用して実行される。
- ・サブホログラムは、計算結果に対して使用される。
- ・サブホログラムを加算するためのデータは、サブホログラムの寸法の距離にわたって交換される。 10
- ・ホログラフィック計算は、表示面全体にわたり均一に分散される。
- ・ホログラフィック計算は、表示面にわたりタイリングされるクラスタと呼ばれる小さな同一の部分に分割される。
- ・サブホログラムを加算するためのデータは、クラスタの寸法の距離にわたり交換される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイは、同一のクラスタを共にタイリングすることにより構築される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイは、高解像度ディスプレイである。
- ・ホログラフィック・ディスプレイは、超高解像度ディスプレイである。 20
- ・仮想観察者ウィンドウは、幅が瞳孔の直径以上である。
- ・仮想観察者ウィンドウは、幅が 1 cm 以上である。
- ・一对の奥行きマップ及び強度マップは、眼ごと、即ち、仮想観察者ウィンドウごとに構成される。
- ・白黒画像が表示される。
- ・カラー画像が表示される。
- ・表示されるカラー画像は RGB 形式である。
- ・ホログラムの画素値を計算するために、元画像のサブセクションの値のみが考慮される。
- ・再構成に使用される光は、ディスプレイ全体にわたり完全にコヒーレントではなく、コヒーレンスは、ディスプレイのサブセクション内に存在する。 30
- ・元画像データを転送するためには、ホログラムデータを送信するより少ない配線で十分である。
- ・データ送信周波数を低減することは、行ドライバ及び列ドライバにおける電力損失を減少するという利益を有する。
- ・列配線及び行配線に対する従来技術の解決策において必要とされていた画素領域の多くの割合が他の目的で使用可能である。
- ・透過電極の領域が拡大されるため、ディスプレイの透過率は向上する。
- ・ディスプレイパネルは、従来のディスプレイ技術を使用して制御される。
- ・ディスプレイは、LCOS (liquid crystal on silicon) 技術を使用して製造される。 40
- ・ディスプレイは、MEMS 技術を使用して製造される。
- ・ディスプレイは、電界放射ディスプレイ技術を使用して製造される。
- ・ホログラフィック変換は 1 次元変換である。
- ・ホログラフィック変換は 2 次元変換である。
- ・計算されたデータのローカル転送のための追加の論理が存在し、追加の論理が元画像をクラスタに転送するために共通に使用されるため、少なくともいくつかのグローバルな行配線及び列配線は除去されてもよい。
- ・TFT 等の冗長な回路は、装置の起動時に使用される回路の一部が故障していると分かった場合にそのような回路が装置の起動時に使用される回路の一部を置換するために使用 50

されるように、画素マトリクス空間に製造されてもよい。

・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【 0 2 8 8 】

< B . 空間光変調器に対する符号化の効率的な計算を使用する同一基板上の計算によるホログラム表示 >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行されるホログラフィック・ディスプレイ。ここで、計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。

・空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素間にある回路を使用して実行される。

・計算は、ディスプレイの離散的な領域において実行され、離散的な領域毎に対応する離散的な領域の画素を符号化する。

・回路は、薄膜トランジスタを含む。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶 $S i$ から成る。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、連続粒界結晶 $S i$ から成る。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶 $S i G e$ から成る。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、単結晶 $S i$ から成る。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、単一結晶粒 $S i$ から成る。

・少なくとも一部の回路の活性領域は、有機半導体から成る。

・基板は単結晶 $S i$ である。

・基板はガラスである。

・実空間画像データのみがディスプレイに送信される。

・ビデオフレームレートは、少なくとも約 25 Hz である。

・画像データは、強度及び奥行きマップデータから成る。

・ホログラフィック計算は、リアルタイム又は準リアルタイムで実行される。

・ホログラフィック計算は、ルックアップテーブルの方法を使用して実行される。

・サブホログラムは、計算結果に対して使用される。

・ホログラフィック計算は、表示面全体にわたり均一に分散される。

・ホログラフィック計算は、表示面にわたりタイリングされるクラスタと呼ばれる小さな同一の部分に分割される。

・ホログラフィック・ディスプレイは、高解像度ディスプレイである。

・仮想観察者ウィンドウは、幅が瞳孔の直径以上である。

・白黒画像が表示される。

・カラー画像が表示される。

・ホログラムの画素値を計算するために、元画像のサブセクションの値のみが考慮される。

・再構成に使用される光は、ディスプレイ全体にわたり完全にコヒーレントではなく、コヒーレンスは、ディスプレイのサブセクション内に存在する。

・元画像データを転送するためには、ホログラムデータを送信するより少ない配線で十分である。

・データ送信周波数を低減することは、行ドライバ及び列ドライバにおける電力損失を減少するという利益を有する。

・列配線及び行配線に対する従来技術の解決策において必要とされていた画素領域の多くの割合が他の目的で使用可能である。

・透過電極の領域は拡大されるため、ディスプレイの透過率は向上する。

・ディスプレイパネルは、従来のディスプレイ技術を使用して制御される。

・ディスプレイは、 $L C o S$ (liquid crystal on silicon) 技術を使用して製造される。

。

・ディスプレイは、 $M E M S$ 技術を使用して製造される。

・ディスプレイは、電界放射ディスプレイ技術を使用して製造される。

- ・ホログラフィック変換は１次元変換である。
- ・ホログラフィック変換は２次元変換である。
- ・計算されたデータのローカル転送のための追加の論理が存在し、追加の論理が元画像をクラスタに転送するために共通に使用されるため、少なくともいくつかのグローバルな行配線及び列配線は除去されてもよい。
- ・ＴＦＴ等の冗長な回路は、装置の起動時に使用される回路の一部が故障していると分かった場合にそのような回路が装置の起動時に使用される回路の一部を置換するために使用されるように、画素マトリクス空間に製造されてもよい。
- ・オブジェクトから放射される波面は、１つ又は複数の仮想観察者ウィンドウ（ＶＯＷ）において再構成され、３次元シーン（３ＤＳ）の単一の各オブジェクトポイント（ＯＰ）の再構成は、ＳＬＭ上で符号化されるホログラム全体（ＨＳＬＭ）の部分集合であるサブホログラム（ＳＨ）のみを必要とする。
- ・複数のオブジェクトポイント（ＯＰ）へのシーン（３ＤＳ）の離散化の後、３Ｄシーンの各可視オブジェクトポイント（ＯＰ）に対して、レンズのサブホログラム（ＳＨ_L）の複素値はＳＬＭ上で符号化される。レンズのサブホログラムの複素値は、式 $z_L = \exp\{-i \cdot [(\lambda / f) \cdot (x^2 + y^2)]\}$ を使用して判定される。ここで、 λ は参照波長であり、 f は焦点距離であり、 x 及び y はサブホログラムの平面における直交座標である。
- ・仮想観察者ウィンドウを光軸から離すために、プリズムのサブホログラム（ＳＨ_p）はホログラム面（ＨＥ）内で判定される。
- ・レンズ及びプリズムのサブホログラムは関係し、符号では $SH = SH_L * SH_p$ として表される。
- ・各サブホログラム（ＳＨ）は均一に分布された位相ずれにより変調され、位相ずれはサブホログラム毎に異なる。
- ・サブホログラムは、ホログラム全体を形成するように加算される。
- ・リアルタイム又は準リアルタイムで変化する再構成に対する計算機生成ホログラムの表現。
- ・ルックアップテーブルは、ホログラフィック計算において使用される。
- ・オブジェクトポイントは、再構成錐台内の任意の位置において生成される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【 0 2 8 9 】

< C . 同一基板上の伸張計算によるホログラム表示 >

ホログラム符号化データが画素マトリクスにより専有される空間外で計算されるホログラフィック・ディスプレイ。ホログラム符号化データは、周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、ディスプレイの基板上の回路に送信される。回路は、受信されたデータを伸張する機能を実行する。

- ・空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行される。
- ・回路は、薄膜トランジスタを含む。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶Ｓｉから成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、連続粒界結晶Ｓｉから成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶ＳｉＧｅから成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、単結晶Ｓｉから成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、単一結晶粒Ｓｉから成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、有機半導体から成る。
- ・基板は単結晶Ｓｉである。
- ・基板はガラスである。
- ・ビデオフレームレートは、少なくとも約２５Ｈｚである。
- ・画像データは、強度及び奥行きマップデータから成る。
- ・ホログラフィック計算は、リアルタイム又は準リアルタイムで実行される。
- ・ホログラフィック計算は、ルックアップテーブルの方法を使用して実行される。

- ・サブホログラムは、計算結果に対して使用される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイは、高解像度ディスプレイである。
- ・仮想観察者ウィンドウは、幅が瞳孔の直径以上である。
- ・白黒画像が表示される。
- ・カラー画像が表示される。
- ・ホログラムの画素値を計算するために、元画像のサブセクションの値のみが考慮される。

・再構成に使用される光は、ディスプレイ全体にわたり完全にコヒーレントではなく、コヒーレンスは、ディスプレイのサブセクション内に存在する。

・データ送信周波数を低減することは、行ドライバ及び列ドライバにおける電力損失を減少するという利益を有する。

・列配線及び行配線に対する従来技術の解決策において必要とされていた画素領域の多くの割合が他の目的で使用可能である。

・透過電極の領域は拡大されるため、ディスプレイの透過率は向上する。

・ディスプレイパネルは、従来のディスプレイ技術を使用して制御される。

・ディスプレイは、L C o S (liquid crystal on silicon) 技術を使用して製造される。

・ディスプレイは、M E M S 技術を使用して製造される。

・ディスプレイは、電界放射ディスプレイ技術を使用して製造される。

・ホログラフィック変換は1次元変換である。

・ホログラフィック変換は2次元変換である。

・T F T 等の冗長な回路は、装置の起動時に使用される回路の一部が故障していると分かった場合にそのような回路が装置の起動時に使用される回路の一部を置換するために使用されるように、画素マトリクスの空間に製造されてもよい。

・オブジェクトから放射される波面は、1つ又は複数の仮想観察者ウィンドウ (V O W) において再構成され、3次元シーン (3 D S) の単一の各オブジェクトポイント (O P) の再構成は、S L M 上で符号化されるホログラム全体 (H S L M) の部分集合であるサブホログラム (S H) のみを必要とする。

・複数のオブジェクトポイント (O P) へのシーン (3 D S) の離散化の後、3 D シーンの各可視オブジェクトポイント (O P) に対して、レンズのサブホログラム (S H _L) の複素値は S L M 上で符号化される。レンズのサブホログラムの複素値は、式 $z_L = \exp\{-i \cdot [(\frac{1}{f}) \cdot (x^2 + y^2)]\}$ を使用して判定される。ここで、 $\frac{1}{f}$ は参照波長であり、f は焦点距離であり、x 及び y はサブホログラムの平面における直交座標である。

・仮想観察者ウィンドウを光軸から離すために、プリズムのサブホログラム (S H _p) はホログラム面 (H E) 内で判定される。

・レンズ及びプリズムのサブホログラムは関係し、符号では $SH = SH_L \cdot SH_p$ として表される。

・ホログラフィック計算が実行される空間は、ディスプレイの基板と同一基板上にあってもなくてもよい。

・伸張計算が実行される回路は、ディスプレイの画素間に位置する。

・伸張計算が実行される回路は、ディスプレイの画素マトリクス外にあるが同一基板上に位置する。

・クラスタは、伸張計算を実行する。

・伸張計算のためのクラスタは、ディスプレイの行配線及び列配線を介してデータを受信する。

・伸張計算のための各クラスタは、パラレルデータバスを介してデータを受信する。

・伸張計算のための各クラスタは、シリアルデータ接続を介してデータを受信する。

・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【 0 2 9 0 】

< D . 同一基板上の伸張計算による高解像度表示 >

高解像度画像データが表示される高解像度ディスプレイ。データは、まず周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、ディスプレイの基板上の回路に送信される。回路は、ディスプレイの画素においてデータの次のディスプレイにより受信されたデータを伸張する機能を実行する。

- ・伸張回路は、ディスプレイの画素間に配置される。
- ・伸張回路は、ディスプレイの画素マトリクス外にあるがディスプレイと同一基板上に配置される。
- ・圧縮データは、ディスプレイ全体に対する一部であるところのディスプレイのクラスタに送信され、クラスタは、受信したデータを伸張し且つローカルクラスタの画素においてデータを表示する機能を実行する。
- ・一般的な表示データが表示される。
- ・ホログラフィック表示データが表示される。
- ・圧縮計算が実行される空間は、ディスプレイの基板と同一基板であってもなくてもよい。
- ・伸張計算のためのクラスタは、ディスプレイの行配線及び列配線を介してデータを受信する。
- ・伸張計算のための各クラスタは、パラレルデータバスを介してデータを受信する。
- ・伸張計算のための各クラスタは、シリアルデータ接続を介してデータを受信する。
- ・超高解像度ディスプレイである。
- ・伸張は、各クラスタにより 40 ms 以内で実行される。
- ・ホログラフィック画像計算は、伸張後に実行される。
- ・空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行される。
- ・空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。
- ・空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素間にある回路を使用して実行される。
- ・計算は、ディスプレイの離散的な領域において実行され、離散的な領域毎に対応する離散的な領域の画素を符号化する。
- ・回路は、薄膜トランジスタを含む。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶 Si から成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、連続粒界結晶 Si から成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶 Si Ge から成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、単結晶 Si から成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、単一結晶粒 Si から成る。
- ・少なくとも一部の回路の活性領域は、有機半導体から成る。
- ・基板は単結晶 Si である。
- ・基板はガラスである。
- ・ビデオフレームレートは、少なくとも約 25 Hz である。
- ・実空間画像データのみがディスプレイに送信される。
- ・画像データは、強度及び奥行きマップデータから成る。
- ・ホログラフィック計算は、リアルタイム又は準リアルタイムで実行される。
- ・ホログラフィック計算は、ルックアップテーブルの方法を使用して実行される。
- ・サブホログラムは、計算結果に対して使用される。
- ・ディスプレイは、LCoS (liquid crystal on silicon) 技術を使用して製造される。
- ・ディスプレイは、MEMS 技術を使用して製造される。
- ・ディスプレイは、電界放射ディスプレイ技術を使用して製造される。
- ・高解像度ディスプレイを使用する方法。

10

20

30

40

50

【 0 2 9 1 】

< E . ホログラフィック変換及び符号化のために追加の処理ユニットを含むことによりグラフィックスサブシステムに対して拡張された 3 D レンダリングパイプラインを使用する同一基板上の計算によるホログラム表示 >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、その結果、グラフィックスサブシステムの 3 D レンダリングパイプラインがホログラフィック変換及び符号化に対して追加の処理ユニットを含むようなホログラフィック・ディスプレイ。

- ・ホログラフィック計算は、ディスプレイの画素間にある回路を使用して実行される。
- ・ホログラフィック計算は、ディスプレイの画素マトリクス外にあるがディスプレイの画素と同一基板上にある回路を使用して実行される。

10

- ・空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。

- ・計算は、ディスプレイの離散的な領域において実行され、離散的な領域毎に対応する離散的な領域の画素を符号化する。

- ・回路は、薄膜トランジスタを含む。

- ・ビデオフレームレートは、少なくとも約 2 5 H z である。

- ・実空間画像データのみがディスプレイに送信される。

- ・画像データは、強度及び奥行きマップデータから成る。

20

- ・ホログラフィック計算は、リアルタイム又は準リアルタイムで実行される。

- ・ホログラフィック計算は、ルックアップテーブルの方法を使用して実行される。

- ・サブホログラムは、計算結果に対して使用される。

- ・ホログラフィック計算は、表示面全体にわたり均一に分散される。

- ・ホログラフィック計算は、表示面にわたりタイリングされるクラスタと呼ばれる小さな同一の部分に分割される。

- ・ホログラフィック・ディスプレイは、高解像度ディスプレイである。

- ・仮想観察者ウィンドウは、幅が瞳孔の直径以上である。

- ・白黒画像が表示される。

- ・カラー画像が表示される。

30

- ・ホログラムの画素値を計算するために、元画像のサブセクションの値のみが考慮される。

- ・再構成に使用される光は、ディスプレイ全体にわたり完全にコヒーレントではなく、コヒーレンスは、ディスプレイのサブセクション内に存在する。

- ・ホログラフィック変換は 1 次元変換である。

- ・ホログラフィック変換は 2 次元変換である。

- ・ T F T 等の冗長な回路は、装置の起動時に使用される回路の一部が故障していると分かった場合にそのような回路が装置の起動時に使用される回路の一部を置換するために使用されるように、画素マトリクスの空間に製造されてもよい。

- ・オブジェクトから放射される波面は、 1 つ又は複数の仮想観察者ウィンドウ (V O W) において再構成され、 3 次元シーン (3 D S) の単一の各オブジェクトポイント (O P) の再構成は、 S L M 上で符号化されるホログラム全体 (H S L M) の部分集合であるサブホログラム (S H) のみを必要とする。

40

- ・複数のオブジェクトポイント (O P) へのシーン (3 D S) の離散化の後、 3 D シーンの各可視オブジェクトポイント (O P) に対して、レンズのサブホログラム (S H _L) の複素値は S L M 上で符号化される。レンズのサブホログラムの複素値は、式 $z_L = \exp\{-i * [(\quad / f) * (x^2 + y^2)]\}$ を使用して判定される。ここで、 λ は参照波長であり、 f は焦点距離であり、 x 及び y はサブホログラムの平面における直交座標である。

- ・仮想観察者ウィンドウを光軸から離すために、プリズムのサブホログラム (S H _p) はホログラム面 (H E) 内で判定される。

50

・ レンズ及びプリズムのサブホログラムは関係し、符号では $SH = SH_L * SH_P$ として表される。

・ 各サブホログラム (SH) は均一に分布された位相ずれにより変調され、位相ずれはサブホログラム毎に異なる。

・ サブホログラムは、ホログラム全体を形成するように加算される。

・ リアルタイム又は準リアルタイムで変化する再構成に対する計算機生成ホログラムの表現。

・ ルックアップテーブルは、ホログラフィック計算において使用される。

・ オブジェクトポイントは、再構成錐台内の任意の位置において生成される。

・ 第 1 の表示波長に対する Z マップは、第 2 の表示波長及び第 3 の表示波長に対して 2 度コピーされる。 10

・ ホログラムは、3つの表示波長の各々に対して同時に計算される。

・ 2色に対するカラーマップ RGB コンテンツは、3つの色成分に対する個別のアクセスを保証するために別個のメモリセクションにコピーされる。

・ 各表示色に対するレンズ関数及びプリズム関数に対して、複素乗算が行なわれる。

・ ランダム位相は、ディスプレイの各クラスタに対して適用される。

・ 計算された SLM 符号化に対して、ホログラフィック・ディスプレイのクラスタの追加のアルゴリズムを使用して後続処理が行なわれる。

・ ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【 0 2 9 2 】 20

< F . ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの 3 D パイプラインを拡張することによる 3 次元空間の点の順次ホログラフィック変換を使用する同一基板上の計算によるホログラム表示 >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、その結果、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの 3 D パイプラインを拡張することにより、3次元空間の点の順次ホログラフィック変換が実行されるようなホログラフィック・ディスプレイ。

・ ホログラフィック計算は、ディスプレイの画素間にある回路を使用して実行される。

・ ホログラフィック計算は、画素マトリクス外にあるがディスプレイと同一基板上にある回路を使用して実行される。 30

・ 空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。

・ 計算は、ディスプレイの離散的な領域において実行され、離散的な領域毎に対応する離散的な領域の画素を符号化する。

・ 回路は、薄膜トランジスタを含む。

・ ビデオフレームレートは、少なくとも約 25 Hz である。

・ 実空間画像データのみがディスプレイに送信される。

・ 画像データは、強度及び奥行きマップデータから成る。 40

・ ホログラフィック計算は、リアルタイム又は準リアルタイムで実行される。

・ ホログラフィック計算は、ルックアップテーブルの方法を使用して実行される。

・ サブホログラムは、計算結果に対して使用される。

・ ホログラフィック計算は、表示面全体にわたり均一に分散される。

・ ホログラフィック計算は、表示面にわたりタイリングされるクラスタと呼ばれる小さな同一の部分に分割される。

・ ホログラフィック・ディスプレイは、高解像度ディスプレイである。

・ 仮想観察者ウィンドウは、幅が瞳孔の直径以上である。

・ 白黒画像が表示される。

・ カラー画像が表示される。 50

- ・ホログラムの画素値を計算するために、元画像のサブセクションの値のみが考慮される。
- ・再構成に使用される光はディスプレイ全体にわたり完全にコヒーレントではなく、コヒーレンスはディスプレイのサブセクション内に存在する。
- ・ホログラフィック変換は 1 次元変換である。
- ・ホログラフィック変換は 2 次元変換である。
- ・T F T 等の冗長な回路は、装置の起動時に使用される回路の一部が故障していると分かった場合にそのような回路が装置の起動時に使用される回路の一部を置換するために使用されるように、画素マトリクスの空間に製造されてもよい。
- ・オブジェクトから放射される波面は、1 つ又は複数の仮想観察者ウィンドウ (V O W) において再構成され、3 次元シーン (3 D S) の単一の各オブジェクトポイント (O P) の再構成は、S L M 上で符号化されるホログラム全体 (H S L M) の部分集合であるサブホログラム (S H) のみを必要とする。
- ・複数のオブジェクトポイント (O P) へのシーン (3 D S) の離散化の後、3 D シーンの各可視オブジェクトポイント (O P) に対して、レンズのサブホログラム (S H _L) の複素値は S L M 上で符号化される。レンズのサブホログラムの複素値は、式 $z_L = \exp\{-i * [(\lambda / f) * (x^2 + y^2)]\}$ を使用して判定される。ここで、 λ は参照波長であり、 f は焦点距離であり、 x 及び y はサブホログラムの平面における直交座標である。
- ・仮想観察者ウィンドウを光軸から離すために、プリズムのサブホログラム (S H _p) はホログラム面 (H E) 内で判定される。
- ・レンズ及びプリズムのサブホログラムは関係し、符号では $SH = SH_L * SH_p$ として表される。
- ・各サブホログラム (S H) は均一に分布された位相ずれにより変調され、位相ずれはサブホログラム毎に異なる。
- ・サブホログラムは、ホログラム全体を形成するように加算される。
- ・リアルタイム又は準リアルタイムで変化する再構成に対する計算機生成ホログラムの表現。
- ・ルックアップテーブルは、ホログラフィック計算において使用される。
- ・オブジェクトポイントは、再構成錐台内の任意の位置において生成される。
- ・グラフィックスサブシステムの 3 D レンダリングパイプラインは、ホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニットを含む。
- ・第 1 の表示波長に対する Z マップは、第 2 の表示波長及び第 3 の表示波長に対して 2 度コピーされる。
- ・ホログラムは、3 つの表示波長の各々に対して同時に計算される。
- ・2 色に対するカラーマップ R G B コンテンツは、3 つの色成分に対する個別のアクセスを保証するように別個のメモリセクションにコピーされる。
- ・各表示色に対するレンズ関数及びプリズム関数に対して、複素乗算が行なわれる。
- ・ランダム位相は、ディスプレイの各クラスタに対して適用される。
- ・計算された S L M 符号化に対して、ホログラフィック・ディスプレイのクラスタの追加のアルゴリズムを使用して後続処理が行なわれる。
- ・ホログラフィック計算は、カラーマップ及び Z バッファが全て利用可能になる前に開始可能である。
- ・サブホログラム毎にホログラフィック計算を実行するのに必要な時間は、1 フレーム期間未満である。
- ・サブホログラム毎にホログラフィック計算を実行するのに必要な時間は、17 m s 以内である。
- ・軍用アプリケーションにおいて使用される。
- ・ディスプレイの各クラスタは、表示するサブホログラムの符号化を格納するための自身のルックアップテーブルを有する。
- ・L U T から S H のコンテンツを読み出した後、現在表示されている S H (S H _{n - 1})

10

20

30

40

50

と新しい $SH(SH_n)$ との差が計算される。

・ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの3Dパイプラインを拡張することにより実行される3次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、特定の種類のSLMに限定されない。

・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【0293】

< G . ホログラフィック・ディスプレイのランダムアドレッシングを使用する同一基板上の計算によるホログラム表示 >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、その結果、ホログラフィック計算において使用される実空間画像データが連続する実空間画像フレーム間の差分であり、ホログラフィック表示データがサブホログラム差分データ及びディスプレイ記憶位置データの形式でホログラフィック・ディスプレイのクラスタに送出されるようなホログラフィック・ディスプレイ。

・3次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの3Dパイプラインを拡張することにより実行される。

・ホログラフィック計算は、ディスプレイの画素間にある回路を使用して実行される。

・ホログラフィック計算は、画素マトリクス外にあるがディスプレイと同一基板上にある回路を使用して実行される。

・空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。

・計算は、ディスプレイの離散的な領域において実行され、離散的な領域毎に対応する離散的な領域の画素を符号化する。

・回路は、薄膜トランジスタを含む。

・ビデオフレームレートは、少なくとも約25Hzである。

・実空間画像データのみがディスプレイに送信される。

・画像データは、強度及び奥行きマップデータから成る。

・ホログラフィック計算は、リアルタイム又は準リアルタイムで実行される。

・ホログラフィック計算は、ルックアップテーブルの方法を使用して実行される。

・サブホログラムが表示される。

・ホログラフィック計算は、表示面全体にわたり均一に分散される。

・ホログラフィック計算は、表示面にわたりタイリングされるクラスタと呼ばれる小さな同一の部分に分割される。

・ホログラフィック・ディスプレイは、高解像度ディスプレイである。

・仮想観察者ウィンドウは、幅が瞳孔の直径以上である。

・白黒画像が表示される。

・カラー画像が表示される。

・ホログラムの画素値を計算するために、元画像のサブセクションの値のみが考慮される。

・再構成に使用される光は、ディスプレイ全体にわたり完全にコヒーレントではなく、コヒーレンスは、ディスプレイのサブセクション内に存在する。

・ホログラフィック変換は1次元変換である。

・ホログラフィック変換は2次元変換である。

・TFI等の冗長な回路は、装置の起動時に使用される回路の一部が故障していると分かった場合にそのような回路が装置の起動時に使用される回路の一部を置換するために使用されるように、画素マトリクスの空間に製造されてもよい。

・オブジェクトから放射される波面は、1つ又は複数の仮想観察者ウィンドウ(VOW)において再構成され、3次元シーン(3DS)の単一の各オブジェクトポイント(OP)の再構成は、SLM上で符号化されるホログラム全体(HSLM)の部分集合である

サブホログラム (S H) のみを必要とする。

・複数のオブジェクトポイント (O P) へのシーン (3 D S) の離散化の後、3 D シーンの各可視オブジェクトポイント (O P) に対して、レンズのサブホログラム (S H_L) の複素値は S L M 上で符号化される。レンズのサブホログラムの複素値は、式 $z_L = \exp\{-i * [(\lambda / f) * (x^2 + y^2)]\}$ を使用して判定される。ここで、 λ は参照波長であり、 f は焦点距離であり、 x 及び y はサブホログラムの平面における直交座標である。

・仮想観察者ウィンドウを光軸から離すために、プリズムのサブホログラム (S H_p) はホログラム面 (H E) 内で判定される。

・レンズ及びプリズムのサブホログラムは関係し、符号では $SH = SH_L * SH_p$ として表される。

10

・各サブホログラム (S H) は均一に分布された位相ずれにより変調され、位相ずれはサブホログラム毎に異なる。

・サブホログラムは、ホログラム全体を形成するように加算される。

・リアルタイム又は準リアルタイムで変化する再構成に対する計算機生成ホログラムの表現。

・オブジェクトポイントは、再構成錐台内の任意の位置において生成される。

・グラフィックスサブシステムの 3 D レンダリングパイプラインは、ホログラフィック変換及び符号化のための処理ユニットを含む。

・第 1 の表示波長に対する Z マップは、第 2 の表示波長及び第 3 の表示波長に対して 2 度コピーされる。

20

・ホログラムは、3 つの表示波長の各々に対して同時に計算される。

・2 色に対するカラーマップ R G B コンテンツは、3 つの色成分に対する個別のアクセスを保証するように別個のメモリセクションにコピーされる。

・各表示色に対するレンズ関数及びプリズム関数に対して、複素乗算が行なわれる。

・ランダム位相は、ディスプレイの各クラスタに対して適用される。

・計算された S L M 符号化に対して、ホログラフィック・ディスプレイのクラスタの追加のアルゴリズムを使用して後続処理が行なわれる。

・軍用アプリケーションにおいて使用される。

・画像差分データは、ホログラフィック計算ユニットにより受信される。

・所定のクラスタにおける連続フレームに対する表示データ間において差がない場合又はごく僅かな差のみがある場合、データはクラスタに送出される必要はない。

30

・各ホログラフィック計算ユニットは、S L M 上で符号化される 1 つ又は複数の再構成点に関連する 3 D の点の差の画像データを送出される。

・ホログラフィック・ディスプレイの各クラスタ内には、計算されたホログラム表示データをサブホログラムデータとサイズ及び位置情報とに分割するスプリッタが存在する。後者の 2 つの値は、R A M におけるサブホログラムのアドレス範囲を計算するために使用されてもよい。サブホログラム S H 又は S H_D のデータはクラスタ内の適切な S L M セルに書き込まれる。

・特別なランダムアクセスメモリ (R A M) が使用され、新しい S H 又は S H_D のみが入力側で書き込まれる一方で、出力側において、メモリ全体が行毎に読み出され、情報が S L M に書き込まれる。

40

・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【 0 2 9 4 】

< H . 画素空間における計算機能を有するディスプレイ >

計算機能がディスプレイの画素と同一基板上に配設される回路により実行されるディスプレイ。

・計算機能は、ディスプレイの画素間にある回路により実行される。

・計算機能は、画素マトリクス外にあるがディスプレイと同一基板上にある回路により実行される。

・ディスプレイ上にデータを表示する際の遅延は、ディスプレイの画素と同一基板上に配

50

設される回路により実行される計算機能が他の場所で実行された場合より短い。

- ・ 計算は、グラフィカルな計算である。
- ・ 高速ゲーム装置の一部である。
- ・ 軍用アプリケーションにおいて使用される。
- ・ 計算はディスプレイの離散的な領域において実行され、離散的な領域毎に対応する離散的な領域の画素を符号化する。
- ・ 回路は、薄膜トランジスタを含む。
- ・ 少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶 Si から成る。
- ・ 少なくとも一部の回路の活性領域は、連続粒界結晶 Si から成る。
- ・ 少なくとも一部の回路の活性領域は、多結晶 Si Ge から成る。
- ・ 少なくとも一部の回路の活性領域は、単結晶 Si から成る。
- ・ 画像データフレームレートは、少なくとも約 25 Hz である。
- ・ 並列計算であってもよい計算は、表示面にわたりタイリングされるクラスタと呼ばれる小さな同一の部分に分割される。
- ・ ディスプレイは、同一のクラスタを共にタイリングすることにより構築される。
- ・ ディスプレイは、高解像度ディスプレイである。
- ・ ディスプレイは、超高解像度ディスプレイである。
- ・ カラー画像が表示される。
- ・ 表示されるカラー画像は RGB 形式である。
- ・ ディスプレイは、LCOS (liquid crystal on silicon) 技術を使用して製造される

10

・ 計算されたデータのローカル転送のための追加の論理が存在し、追加の論理が元画像をクラスタに転送するために共通に使用されるため、少なくともいくつかのグローバルな行配線及び列配線は除去されてもよい。

- ・ ディスプレイを使用する方法。

【0295】

< I . オクルージョン >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、仮想観察者ウィンドウにより近接するオブジェクトポイントが同一の視線に沿って仮想観察者ウィンドウからより離れているオブジェクトポイントを隠すことが保証されるホログラフィック・ディスプレイ。

30

- ・ 計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。
- ・ ホログラム符号化データは画素マトリクスにより専有される空間外で計算され、ホログラム符号化データは周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、その後ディスプレイの基板上の回路に送信され、回路は受信されたデータを伸張する機能を実行する。
- ・ グラフィックスサブシステムの 3D レンダリングパイプラインは、ホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニットを含む。
- ・ 3次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの 3D パイプラインを拡張することにより実行される。
- ・ ホログラフィック計算において使用される実空間画像データは、連続する実空間画像フレーム間の差分であり、ホログラフィック表示データは、サブホログラム差分データ及びディスプレイ記憶位置データの形式でホログラフィック・ディスプレイのクラスタに送出される。
- ・ オクルージョンは、画素マトリクスと同一基板上に存在する回路により実行される計算を使用して実現される。
- ・ オクルージョンは、ディスプレイの画素間に存在する回路により実行される計算を使用して実現される。
- ・ 仮想観察者ウィンドウは、幅が瞳孔の直径以上である。
- ・ VOW は、2 つ以上のセグメントに分離される。
- ・ 各 VOW セグメントは、人の瞳孔のサイズとほぼ同一のサイズである。

40

50

- ・各VOWセグメントは、異なるサブホログラムにより符号化される。
- ・オクルージョンは、奥行きマップ及び強度マップが構成される段階で実行される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【0296】

< J . グラフィックスカード機能 >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、グラフィックスカード機能がディスプレイの画素と同一基板上の回路を使用して実現されるホログラフィック・ディスプレイ。

- ・計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。 10
- ・ホログラム符号化データは画素マトリクスにより専有される空間外で計算され、ホログラム符号化データは周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、その後ディスプレイの基板上の回路に送信され、回路は受信したデータを伸張する機能を実行する。
- ・グラフィックスサブシステムの3Dレンダリングパイプラインは、ホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニットを含む。
- ・3次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの3Dパイプラインを拡張することにより実行される。
- ・ホログラフィック計算において使用される実空間画像データは、連続する実空間画像フレーム間の差分であり、ホログラフィック表示データは、サブホログラム差分データ及びディスプレイ記憶位置データの形式でホログラフィック・ディスプレイのクラスタに送出 20
- ・グラフィックスカード機能は、ディスプレイの画素間にある回路を使用して実現される。
- ・グラフィックスカード機能は、画素マトリクス外にある回路を使用して実現される。
- ・グラフィックスカード機能は、テクスチャマッピングを含む。
- ・グラフィックスカード機能は、ポリゴンのレンダリングを含む。
- ・グラフィックスカード機能は、頂点を種々の座標系に変換することを含む。
- ・グラフィックスカード機能は、プログラマブルシェーダを含む。
- ・グラフィックスカード機能は、エイリアシングを低減するためのオーバーサンプリング及び補間技術を含む。 30
- ・グラフィックスカード機能は、超高精度色空間を含む。
- ・グラフィックスカード機能は、2D加速度計算能力を含む。
- ・グラフィックスカード機能は、フレームバッファ能力を含む。
- ・グラフィックスカード機能は、MPEG (Moving Picture Experts Group) プリミティブを含む。
- ・グラフィックスカード機能は、行列及びベクトル演算を含む計算を実行することを含む。
- ・グラフィックスカード機能は、画素マトリクスと同一基板上のTFEにより実現される3Dレンダリングパイプラインを使用することを含む。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。 40

【0297】

< K . 2D - 3D変換 >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、2D - 3D画像変換が実現されるホログラフィック・ディスプレイ。

- ・計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。
- ・ホログラム符号化データは画素マトリクスにより専有される空間外で計算され、ホログラム符号化データは周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、その後ディスプレイの基板上の回路に送信され、回路は受信されたデータを伸張する機能を実行する。
- ・グラフィックスサブシステムの3Dレンダリングパイプラインは、ホログラフィック変 50

換及び符号化のための追加の処理ユニットを含む。

- ・ 3次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの3Dパイプラインを拡張することにより実行される。

- ・ ホログラフィック計算において使用される実空間画像データは、連続する実空間画像フレーム間の差分であり、ホログラフィック表示データは、サブホログラム差分データ及びディスプレイ記憶位置データの形式でホログラフィック・ディスプレイのクラスタに送出される。

- ・ 2D - 3D画像変換は、ディスプレイの画素と同一基板上の回路を使用して実現される。

- ・ 2D - 3D画像変換は、ディスプレイの画素と同一基板上にない回路を使用して実現される。 10

- ・ 2D - 3D画像変換は、ディスプレイの画素間にある回路を使用して実現される。

- ・ 2D - 3D画像変換は、画素マトリクス外にあるがディスプレイの画素と同一基板上にある回路を使用して実現される。

- ・ 2D - 3D画像変換は、立体画像の対を使用して実現される。

- ・ 表示装置は、対応する奥行きマップを使用して受信したデータから2次元(2D)画像を計算する。

- ・ 2D - 3D変換を実行する回路は、周知の3D形状の集合を含むライブラリにアクセスできる。

- ・ 2D - 3D変換を実行する回路は、入力2D画像データをマッチングしようとする対象の周知の2Dプロファイルの集合を含むライブラリにアクセスできる。 20

- ・ 2D - 3D画像変換は、単一の非自動立体2D画像に基づいて実行される。

- ・ ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【0298】

< L . 会議 (3D Skype (登録商標)) >

V H I O I P (voice and holographic image over internet protocol) サービスを提供する際に使用するホログラフィック・ディスプレイ。

- ・ 空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行される。

- ・ 計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。 30

- ・ ホログラム符号化データは画素マトリクスにより専有される空間外で計算され、ホログラム符号化データは周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、その後ディスプレイの基板上の回路に送信され、回路は受信されたデータを伸張する機能を実行する。

- ・ グラフィックスサブシステムの3Dレンダリングパイプラインは、ホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニットを含む。

- ・ 3次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの3Dパイプラインを拡張することにより実行される。

- ・ ホログラフィック計算において使用される実空間画像データは、連続する実空間画像フレーム間の差分であり、ホログラフィック表示データは、サブホログラム差分データ及びディスプレイ記憶位置データの形式でホログラフィック・ディスプレイのクラスタに送出される。 40

- ・ V H I O I P ピア・ツー・ピア通信が提供される。

- ・ ファイル共有が提供される。

- ・ 接続されるグローバルネットワークを介するインスタントメッセージングサービスが提供される。

- ・ 通信サービスは、接続されるコンピュータネットワークを介して提供される。

- ・ ファイル共有サービスは、接続されるコンピュータネットワークを介して提供される。

- ・ インスタントメッセージングサービスは、接続されるコンピュータネットワークを介して提供される。

- ・ 加入者に V H I O I P 通信サービスの利用を可能にするコンピュータ・ソフトウェアの 50

、オンラインでの、ダウンロード不可能な、一時利用を可能にする。

- ・加入者にV H I O I P通信サービスの利用を可能にする、ダウンロード用のオンラインソフトウェアが提供される。
- ・ホログラフィック表示データにアクセスするためのドメイン及びドメインデータベースシステムへのアクセス権が提供される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【 0 2 9 9 】

< M . 符号化補償 >

閲覧し易い画像を提供するために補償が符号化ステップにおいて又は符号化ステップの前にホログラフィック画像データに適用されるホログラフィック表示装置。

- ・空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部は、空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行される。
- ・計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。
- ・ホログラム符号化データは画素マトリクスにより専有される空間外で計算され、ホログラム符号化データは周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、その後ディスプレイの基板上の回路に送信され、回路は受信されたデータを伸張する機能を実行する。
- ・グラフィックスサブシステムの3Dレンダリングパイプラインは、ホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニットを含む。
- ・3次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの3Dパイプラインを拡張することにより実行される。
- ・ホログラフィック計算において使用される実空間画像データは、連続する実空間画像フレーム間の差分であり、ホログラフィック表示データは、サブホログラム差分データ及びディスプレイ記憶位置データの形式でホログラフィック・ディスプレイのクラスタに送出される。
- ・補償は、ディスプレイの画素と同一基板上の回路を使用して適用される。
- ・補償は、ディスプレイの画素間にある回路を使用して適用される。
- ・補償は、符号化ステップにおいてホログラフィック画像データに適用される。
- ・補償は、符号化ステップの前にホログラフィック画像データに適用される。
- ・補償は、大部分が明るい色調であり且つ露出不足になる傾向があるシーンを補正するために適用される。
- ・補償は、大部分が暗い色調であり且つ露出過度になる傾向があるシーンを補正するために適用される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【 0 3 0 0 】

< N . 視線追跡 >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、視線追跡が実現されるホログラフィック・ディスプレイ。

- ・計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。
- ・ホログラム符号化データは画素マトリクスにより専有される空間外で計算され、ホログラム符号化データは周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、その後ディスプレイの基板上の回路に送信され、回路は受信されたデータを伸張する機能を実行する。
- ・グラフィックスサブシステムの3Dレンダリングパイプラインは、ホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニットを含む。
- ・3次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの3Dパイプラインを拡張することにより実行される。
- ・ホログラフィック計算において使用される実空間画像データは、連続する実空間画像フレーム間の差分であり、ホログラフィック表示データは、サブホログラム差分データ及びディスプレイ記憶位置データの形式でホログラフィック・ディスプレイのクラスタに送出される。

- ・視線追跡は、1人の閲覧者に対して実現される。
- ・視線追跡は、複数の閲覧者に対して実現される。
- ・視線追跡は、ユーザの顔を検出することにより探索範囲を制限し、眼を検出することにより追跡範囲を制限し、その後眼を追跡することにより実現される。
- ・眼の位置識別関数を実行する視線追跡計算モジュールは、立体カメラにより供給されるような立体画像対を提供される。
- ・モジュールは、固定点に対する各眼のx座標、y座標及びz座標を返す。
- ・追跡を実行するために必要とされる計算は、表示画素と同一基板上の回路により実行される。
- ・追跡を実行するために必要とされる計算は、画素マトリクス内の回路により実行される。
- ・S L Mパネル上のホログラフィック符号化は、パネルの平面において変位されてもよい。
- ・一横方向の眼の追跡は、S L M上のホログラフィック符号化コンテンツ全体をx方向又はy方向に変位させることにより実行される。
- ・追跡は、S L Mをコヒーレントに照明する光源が閲覧者の位置の変更と同期して移動されるように実行される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【0301】

< O . 収差補正 >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、収差補正が実現されるホログラフィック・ディスプレイ。

- ・計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。
- ・ホログラム符号化データは画素マトリクスにより専有される空間外で計算され、ホログラム符号化データは周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、その後ディスプレイの基板上の回路に送信され、回路は受信されたデータを伸張する機能を実行する。
- ・グラフィックスサブシステムの3Dレンダリングパイプラインは、ホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニットを含む。
- ・3次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの3Dパイプラインを拡張することにより実行される。
- ・ホログラフィック計算において使用される実空間画像データは、連続する実空間画像フレーム間の差分であり、ホログラフィック表示データは、サブホログラム差分データ及びディスプレイ記憶位置データの形式でホログラフィック・ディスプレイのクラスタに送出される。

- ・収差補正は、画素マトリクスと同一基板上にある回路を使用して実現される。
- ・収差補正は、画素間にある回路を使用して実現される。
- ・収差は、空間光変調器の符号化により動的に補正される。
- ・補正された収差は、レンチキュラーアレイのレンズにおける補正収差である。
- ・補正された収差は、2Dレンズアレイのレンズにおける補正収差である。
- ・サブホログラムが表示される。
- ・1つのサブホログラムは、複数のサブホログラムから生成される。
- ・収差補正アルゴリズムは、サブホログラムが生成されるステップまでのホログラフィック計算に関係なく同時に実行される。
- ・サブホログラム及び収差補正マップは共に変調される。
- ・収差補正アルゴリズムは、解析的に実現される。
- ・収差補正アルゴリズムは、ルックアップテーブル(LUT)を使用して実現される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【0302】

< P . スペックル補正 >

空間光変調器の符号化を判定するために実行される計算の少なくとも一部が空間光変調器の画素と同一基板上にある回路を使用して実行され、スペックル補正が実現されるホログラフィック・ディスプレイ。

- ・計算は、フーリエ変換又はフレネル変換自体の計算を含まない。
- ・ホログラム符号化データは画素マトリクスにより専有される空間外で計算され、ホログラム符号化データは周知のデータ圧縮技術を使用して圧縮され、その後ディスプレイの基板上の回路に送信され、回路は受信されたデータを伸張する機能を実行する。
- ・グラフィックスサブシステムの３Ｄレンダリングパイプラインは、ホログラフィック変換及び符号化のための追加の処理ユニットを含む。
- ・３次元空間の点の順次ホログラフィック変換は、ホログラフィック計算パイプラインによりグラフィックスカードの３Ｄパイプラインを拡張することにより実行される。
- ・ホログラフィック計算において使用される実空間画像データは、連続する実空間画像フレーム間の差分であり、ホログラフィック表示データは、サブホログラム差分データ及びディスプレイ記憶位置データの形式でホログラフィック・ディスプレイのクラスタに送出される。
- ・スペックル補正は、画素マトリクスと同一基板上にある回路を使用して実現される。
- ・スペックル補正は、画素間にある回路を使用して実現される。
- ・スペックルは、空間光変調器の符号化により動的に補正される。
- ・サブホログラムが表示される。
- ・１つのサブホログラムは、複数のサブホログラムから生成される。
- ・スペックル補正アルゴリズムは、サブホログラムが生成されるステップまでのホログラフィック計算に関係なく同時に実行される。
- ・サブホログラム及びスペックル補正マップは共に変調される。
- ・スペックル補正アルゴリズムは、解析的に実現される。
- ・スペックル補正アルゴリズムは、ルックアップテーブル（ＬＵＴ）を使用して実現される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【０３０３】

< Q . ホログラフィック・ディスプレイに対するデジタル権利管理（ＤＲＭ）における復号化 >

復号化及びホログラム計算が画素マトリクスの基板上にある回路を使用して実行されるホログラフィック表示装置。

- ・復号化及びホログラム計算は、画素マトリクスの基板にわたり分散される回路を使用して分散的に実行される。
- ・復号化及びホログラム計算は、画素マトリクス内の回路を使用して実行される。
- ・復号化及びホログラム計算は、画素マトリクス外にあるが画素マトリクスと同一基板上にある回路を使用して実行される。
- ・全ての復号化データが取り込まれる基板上の場所は１つもない。
- ・種々の復号化キーがパネルの種々の領域に対して使用される。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

【０３０４】

< R . ２Ｄディスプレイに対するデジタル権利管理（ＤＲＭ）における復号化 >

復号化計算が画素マトリクスの基板にわたり分散される回路を使用して分散的に実行される２Ｄ表示装置。

- ・復号化計算は、画素マトリクス内にある回路を使用して分散的に実行される。
- ・復号化計算は、画素マトリクス外にあるが画素マトリクスと同一基板上にある回路を使用して分散的に実行される。
- ・全ての復号化データが取り込まれる基板上の場所は１つもない。
- ・種々の復号化キーが基板の種々の領域に対して使用される。
- ・ディスプレイを使用する方法。

・復号化計算がディスプレイの基板の単一の領域にある回路を使用して実行される２Ｄ表示装置。

- ・回路は、画素マトリクス内にある。
- ・回路は、画素マトリクス外にある。
- ・ディスプレイを使用する方法。

【０３０５】

<Ｓ．ディスプレイにハードワイヤードされたハードウェアに実現されるソフトウェアアプリケーション>

ソフトウェアを使用して実現されてもよいアプリケーションが代わりにＳＬＭパネルの基板にわたり分散される回路を使用してハードウェアに実現される表示装置。

- ・ディスプレイは、２Ｄディスプレイである。
- ・ディスプレイは、ホログラフィック・ディスプレイである。
- ・アプリケーションは、ディスプレイの画素間にある回路を使用して実現される。
- ・アプリケーションは、ディスプレイの画素マトリクス外にある回路を使用して実現される。
- ・ディスプレイを使用する方法。

【０３０６】

<Ｔ．マイクロプリズムによる可変ビーム偏向>

１人又は複数の閲覧者が光ビームの制御可能な偏向を可能にするマイクロプリズム・アレイを使用して追跡される際に使用されるホログラフィック・ディスプレイ。

・２次元偏向は、直列の２つのマイクロプリズム・アレイを使用することにより取得される。

- ・プリズムは、マイクロ液体プリズムである。
- ・レンズ収差の光学的効果が低減される。
- ・ＶＯＷは、１人又は複数の閲覧者の眼に配置される。
- ・プリズムアレイの前又は後に配置される集束手段は、光線をＶＯＷに集束するのを支援する。

- ・全てのプリズムが同一の偏向角を有するわけではない。
- ・プリズムアレイから出射する光線がある程度ＶＯＷに集束するように、全てのプリズムが同一の偏向角を有するわけではない。

・プリズムの角度計算は、ＳＬＭの基板上の計算回路において実行される。

・プリズムの角度計算は、プリズムアレイの基板上に配置される計算回路において実行される。

- ・ＳＬＭの基板は、プリズムアレイに対する基板としても使用される。
- ・位相補正は、プリズムアレイにより導入される位相不連続を補償するために適用される。

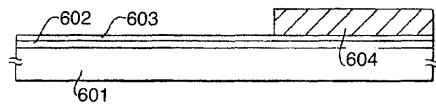
- ・位相補正は、ＳＬＭにより実行される。
- ・ホログラフィック画像は投影型装置において生成され、投影がＳＬＭをプリズムアレイに結像する一方で、所望の３Ｄシーンの再構成はＶＯＷの前方で行なわれる。

- ・プリズムアレイの位相補償は、ＳＬＭをプリズムアレイに結像する時に提供される。
- ・プリズムアレイの位相補償は、プリズムアレイに近接して配置された追加のＳＬＭにより提供される。

- ・ＳＬＭは透過型であり、プリズムアレイは反射型である。
- ・ＳＬＭは反射型であり、プリズムアレイは透過型である。
- ・ホログラフィック・ディスプレイを使用する方法。

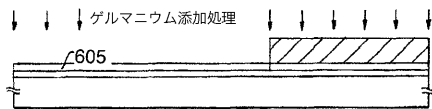
【図 6 A】

FIG. 6A



【図 6 B】

FIG. 6B



【図 6 C】

FIG. 6C



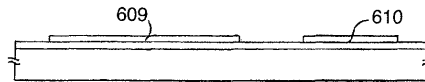
【図 6 D】

FIG. 6D



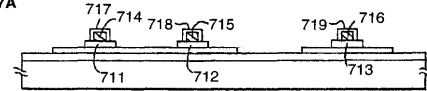
【図 6 E】

FIG. 6E



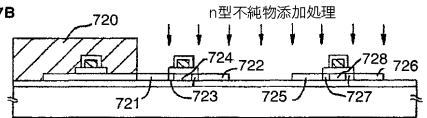
【図 7 A】

FIG. 7A



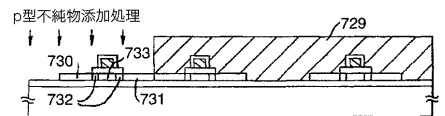
【図 7 B】

FIG. 7B



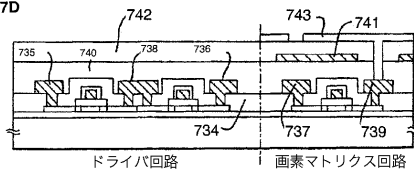
【図 7 C】

FIG. 7C



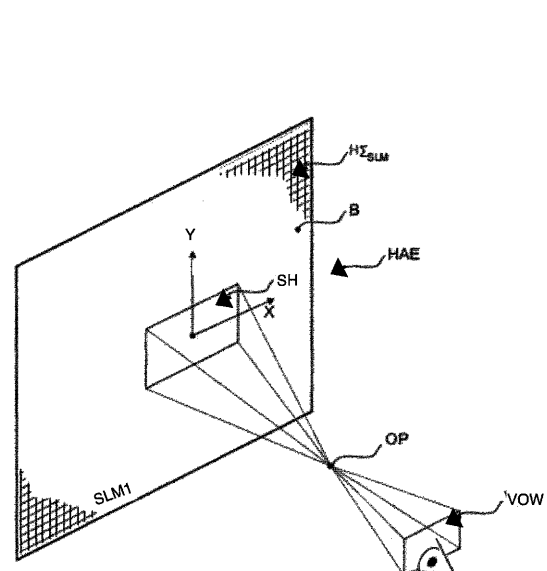
【図 7 D】

FIG. 7D

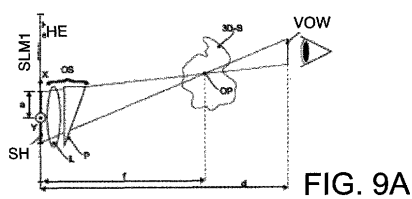


【図 8】

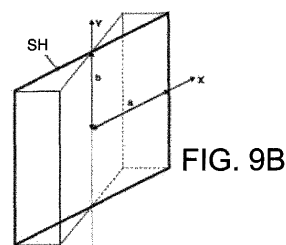
FIGURE 8



【図 9 A】



【図 9 B】



【図 9 C】

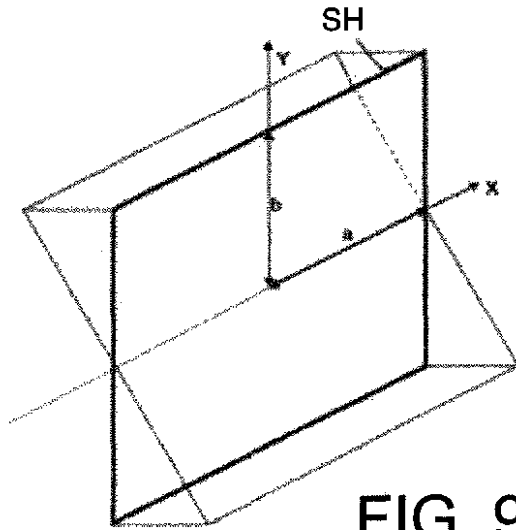


FIG. 9C

【図 10】

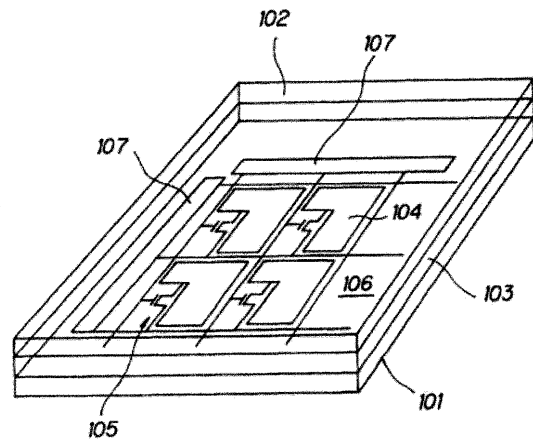


FIGURE 10 先行技術

【図 11 A】

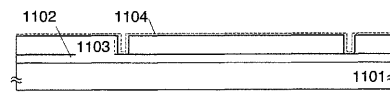


FIG. 11A

【図 11 B】

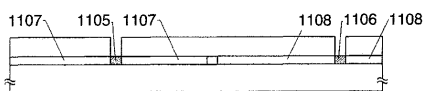


FIG. 11B

【図 11 C】



FIG. 11C

【図 11 D】

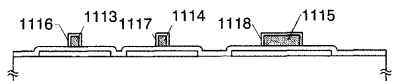


FIG. 11D

【図 11 E】

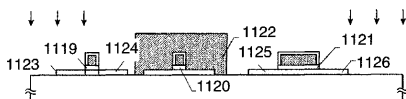


FIG. 11E

【図 12 A】

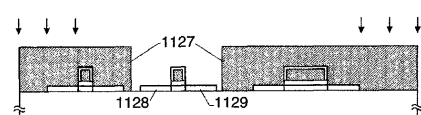


FIG. 12A

【図 12 B】

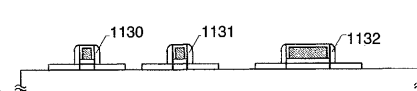


FIG. 12B

【図 12 C】

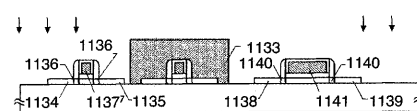


FIG. 12C

【図 12 D】

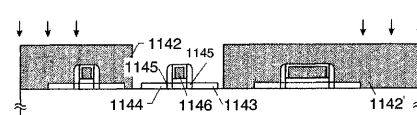


FIG. 12D

【図 13 A】

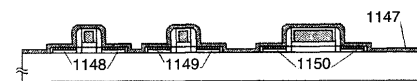


FIG. 13A

【図 13 B】

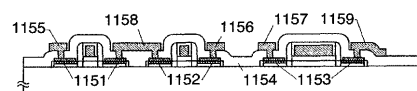


FIG. 13B

【図 13C】

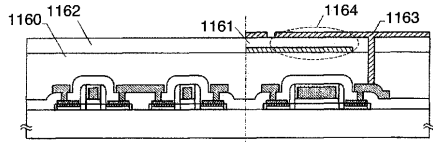


FIG. 13C

【図 14】

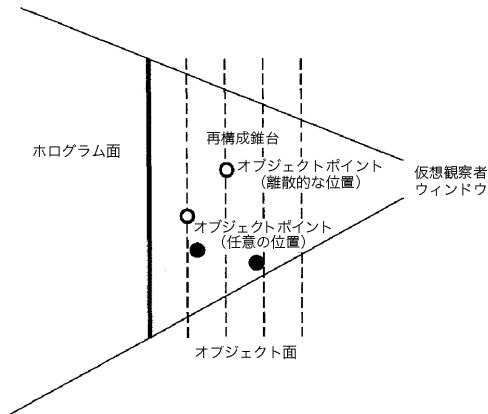


FIGURE 14

【図 16】

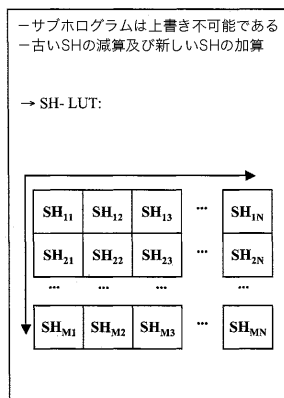


FIGURE 16

【図 15】

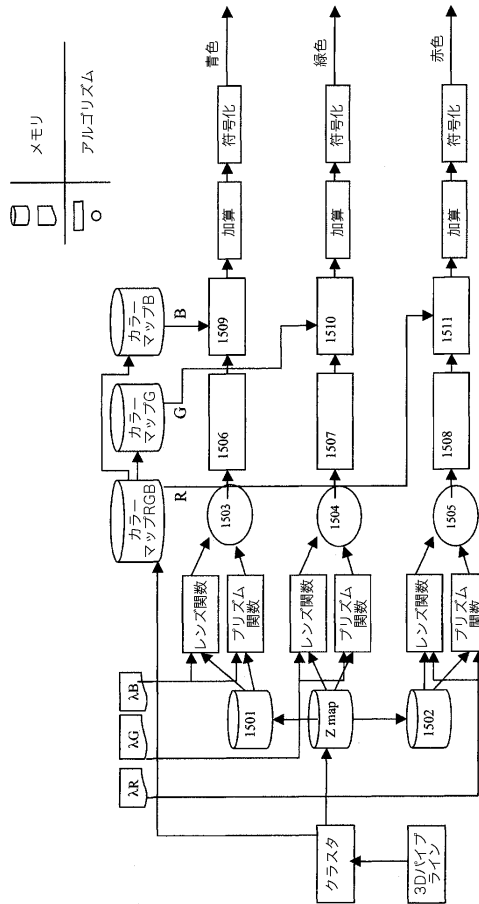


FIGURE 15

【図 17】

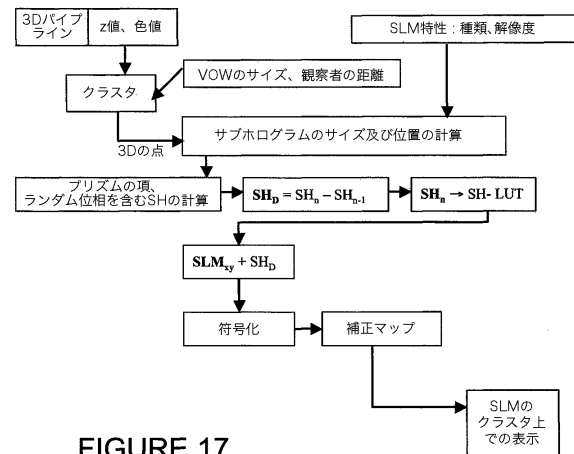


FIGURE 17

【図 18A】

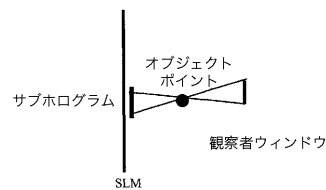


FIGURE 18A

【図 18 B】

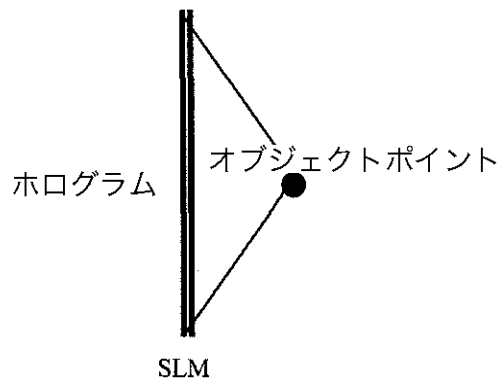


FIGURE 18B

【図 19 A】

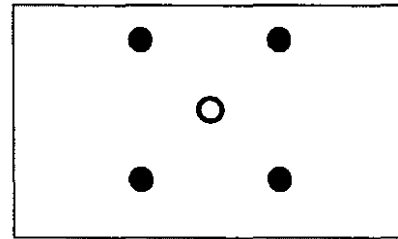
時間 t におけるシーン

FIGURE 19A

【図 19 B】

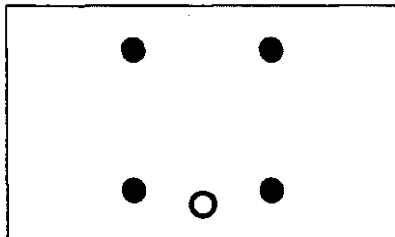
時間 $t+1$ におけるシーン

FIGURE 19B

【図 19 C】

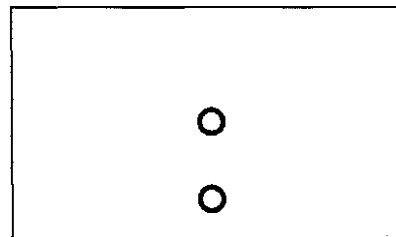
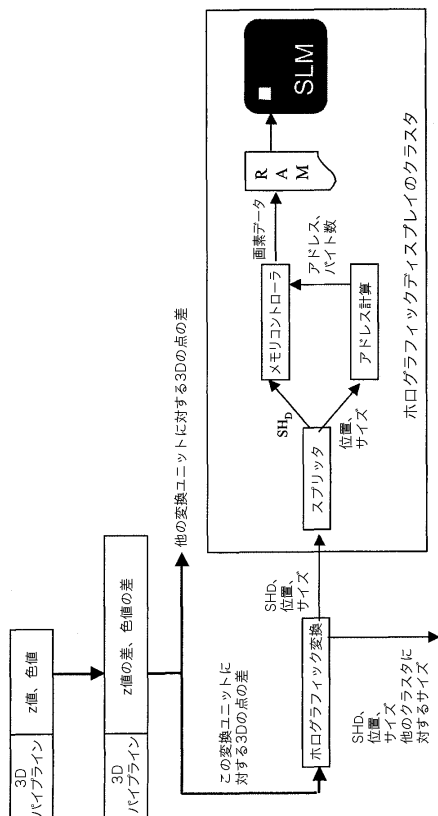
時間 t のシーンと
時間 $t+1$ のシーンとの差

FIGURE 19C

【 図 2 0 】



【 図 2 2 】

[illegible]

FIGURE 22

【 図 2 1 】

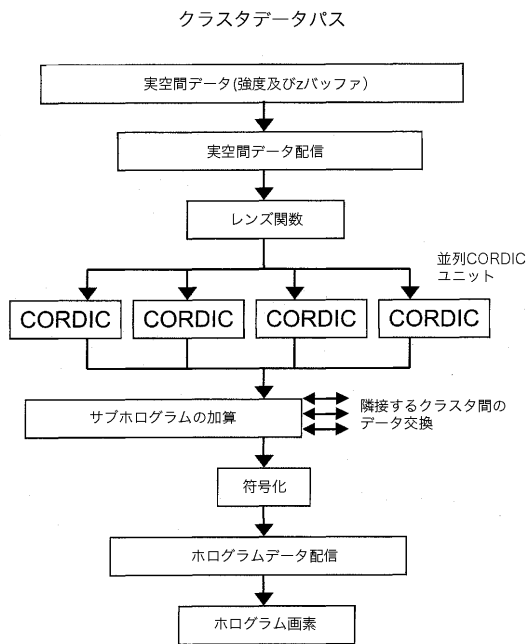
FIGURE 20

元回路	25MHzの 1T1交代	200MHzの FPGA解放度	一般的な 数値	説明
X解像度	2000	2000	640, 2560	
Y解像度	1500	1500	800, 1600	
画点の数	3000000	3000000		
画面の幅		33	33, 15, 100	画面上で使用される画角位に依存する
X方向のサイズ		33	33, 20, 100	サブプログラムはX及びYに関して斜率的であるが、
Y方向のサイズ		2	2, 1, 2, 4	因子4に対する計算経路は最適化されている
対称性因子		545		
サブプログラム毎の合計の周素	1.9E+09	1.6E+09		
CORDICの合計数				
レーム数/秒	25	25	10, 50	
ユーザ毎のピュ一数	1	1	4	
色数	3	3	2, 2	
合計フレーム数/秒	2.5E+11	2.5E+11		サブプログラムの画素毎に 1つのCORDIC
計算周波数	2.0E+07	2.0E+07	10, 3000 MHz	10MHz(速いV-S), 3000MHz(80nm)
並列CORDICユニット数	9810	1295		
CORDIC毎のトランジスタ数	50000	52000	30000, 100000	トランジスタが増加するとパイパライン遅延は高くなり、
CORDICユニットに対する合計トランジスタ数	5.1E+08	6.4E+07		[1] 70~50ペジ及び自身の計算に基づき決定
ホログラム				
X解像度	16000	16000		
Y解像度	12000	12000		
種別数	192000000	192000000		
CORDICに使用される論理ユニット				
レンダリング				FPGA論理ユニットに基づく決定
レンダリングに使用される論理ユニット	15000	15000		1ペサホログラム毎の画素数
レンダリングに対するトランジスタ数		4		1ペサスタック
レンダリングのCORDICユニット		3.1E+02		FPGA ソリューションの13は、2つのFPGAを必要とすることを意味する
レンダリングユニット数は=クイックスタック	2.9E+03	4.6E+08		
レンダリングユニットに対する合計トランジスタ数	3.1E+07	4.6E+08		

FIGURE 21

【 図 2 4 】

FIGURE 24



【図 26 A】

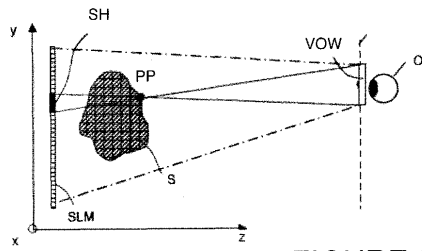


FIGURE 26 A

【図 26 B】

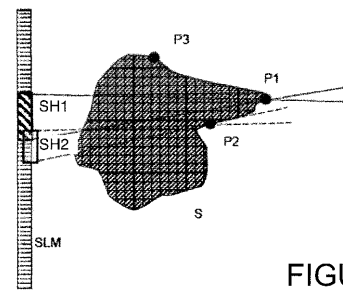


FIGURE 26 B

【図 27】

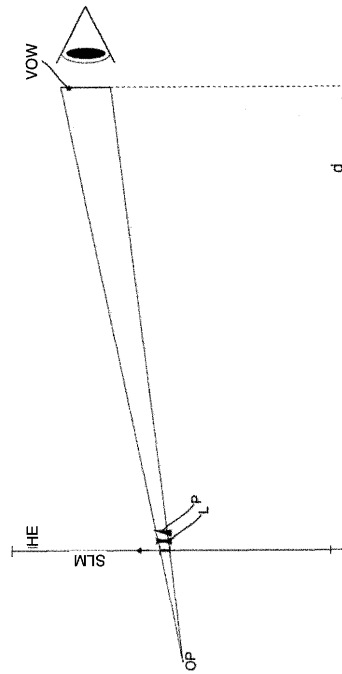


FIGURE 27

【図 29】



FIGURE 29

【図 31】

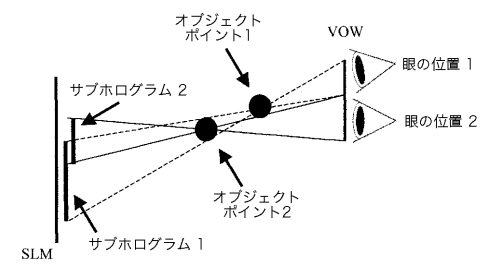


FIGURE 31

【図 30】



FIGURE 30

【図 32】

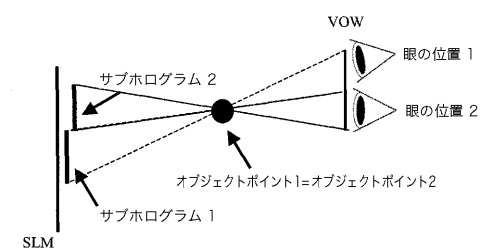
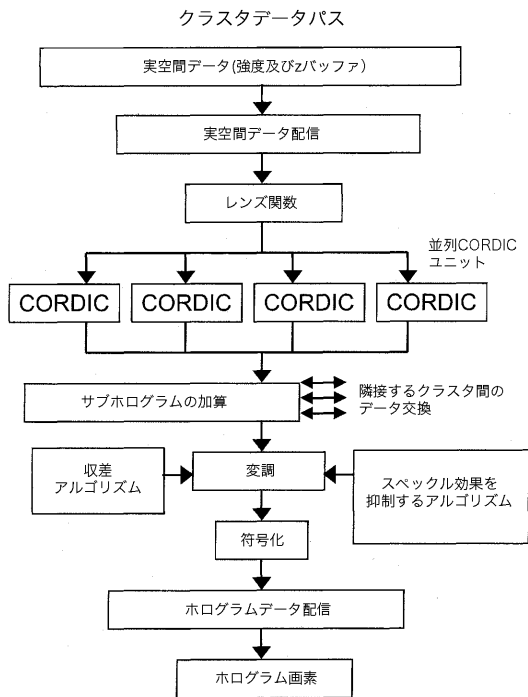


FIGURE 32

【図 33】

FIGURE 33



【図 34】

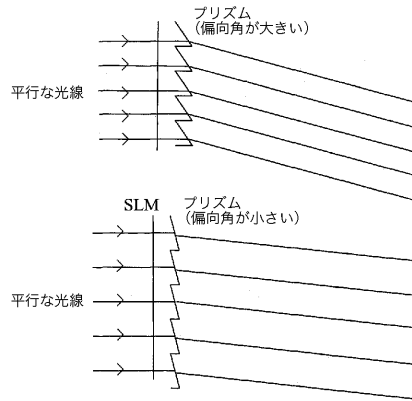


FIGURE 34

【図1】

データ転送速度

1人のユーザは右眼及び左目に対する3色の2つのビューを有する

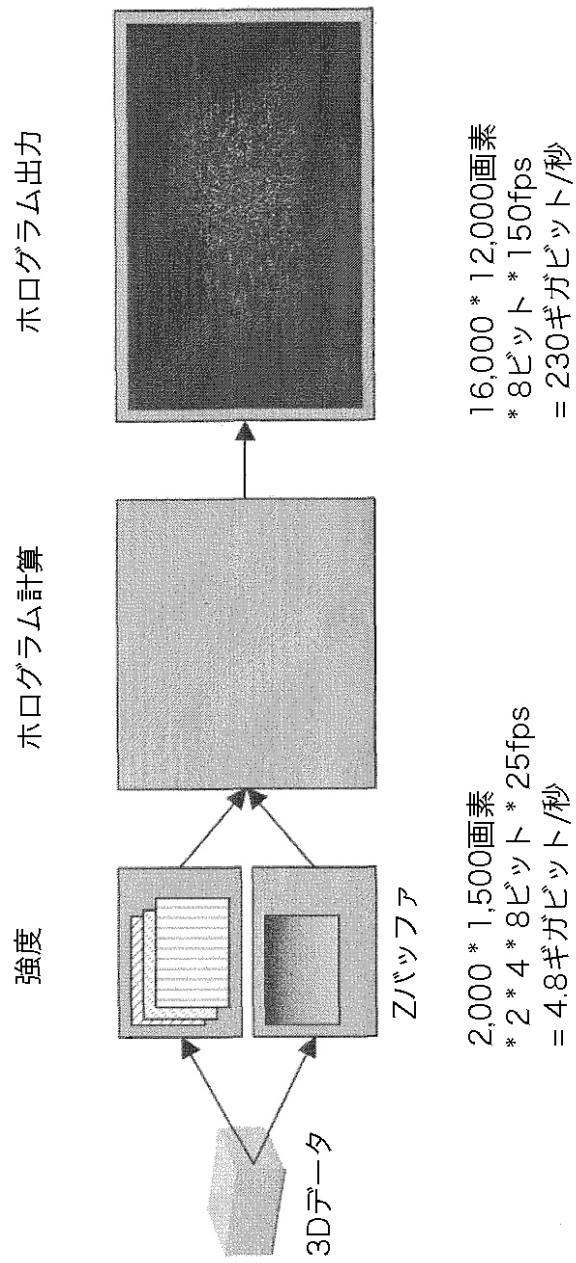


FIGURE 1

【図 2】

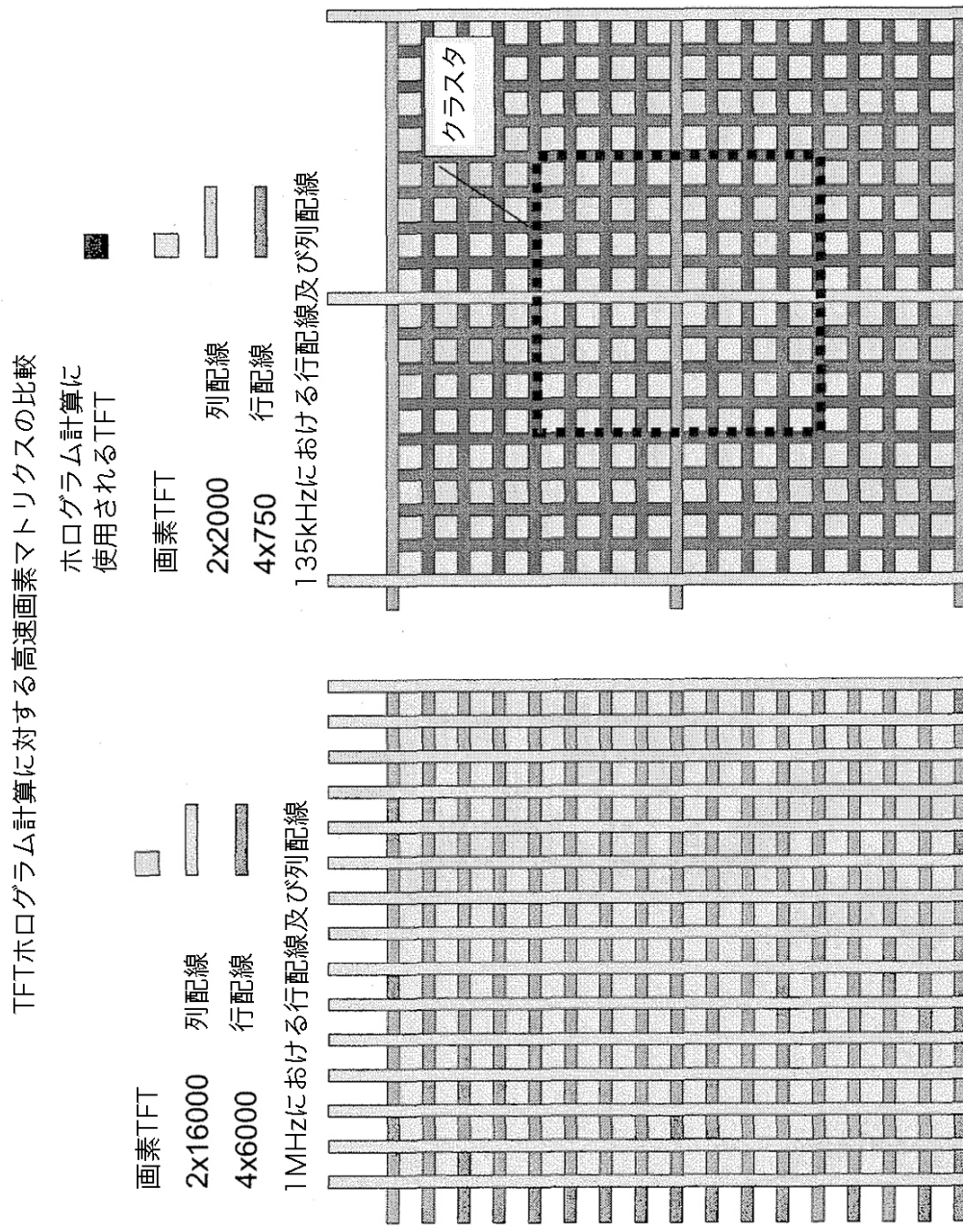


FIGURE 2

【図 3】

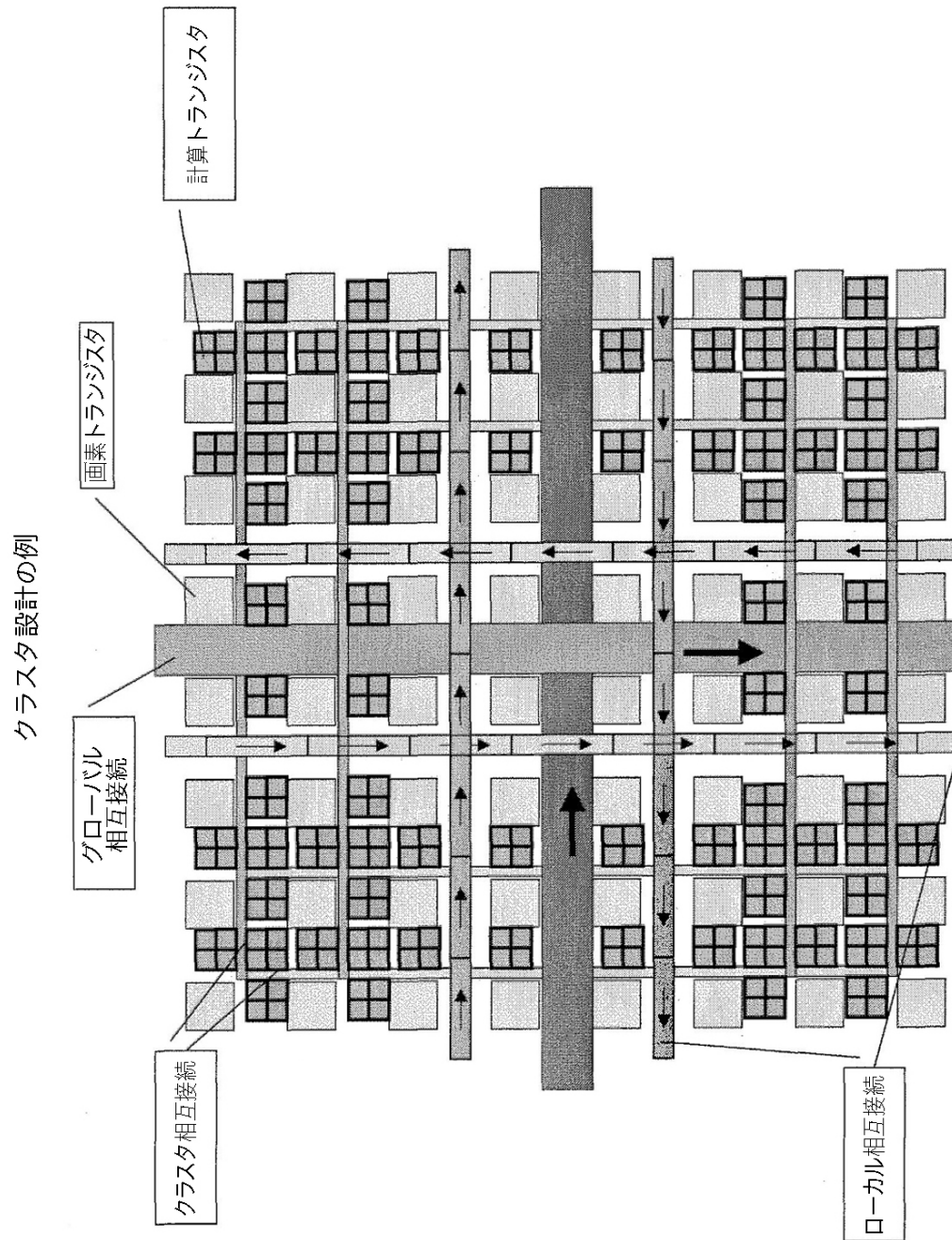


FIGURE 3

【図 4】

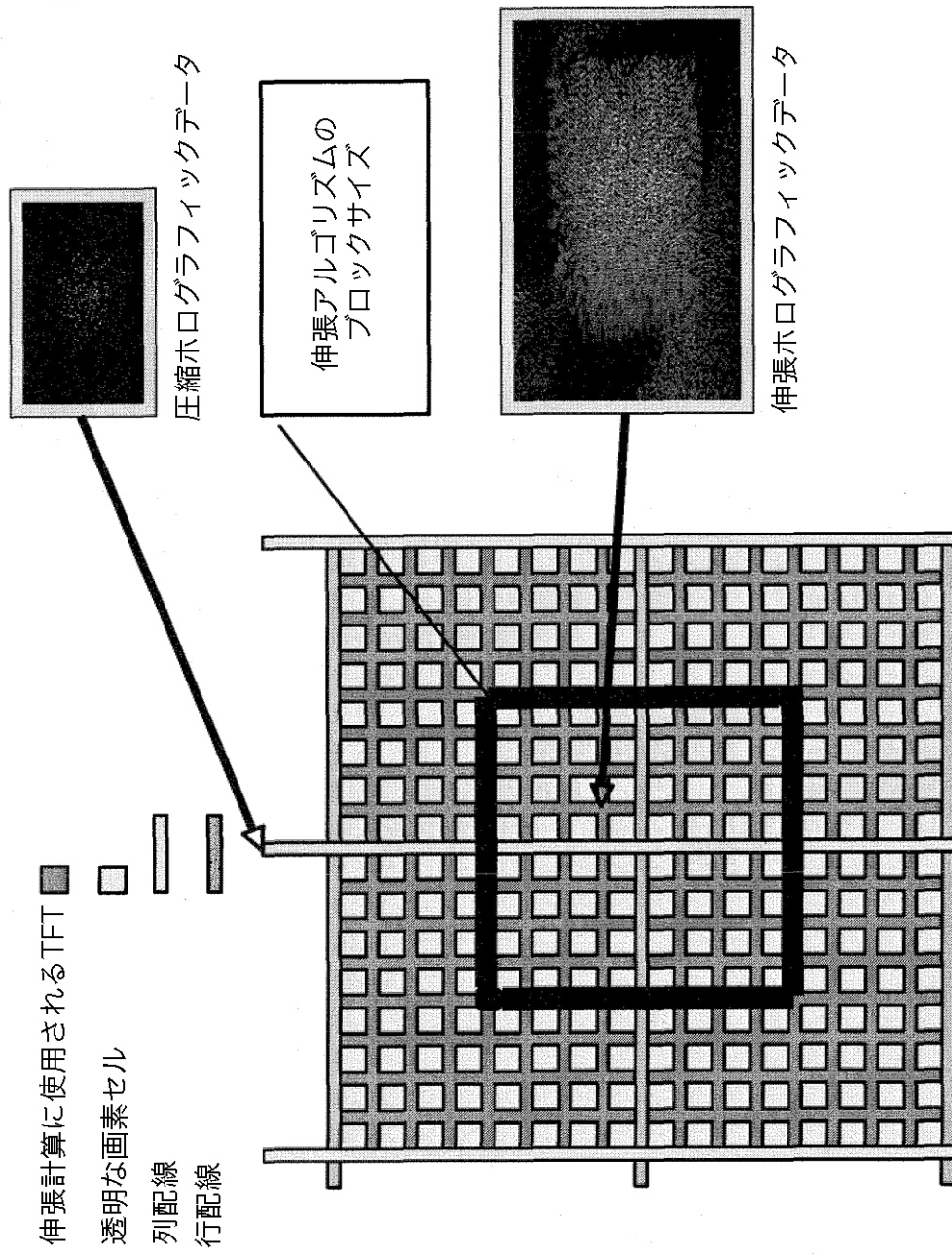


FIGURE 4

【図 5】

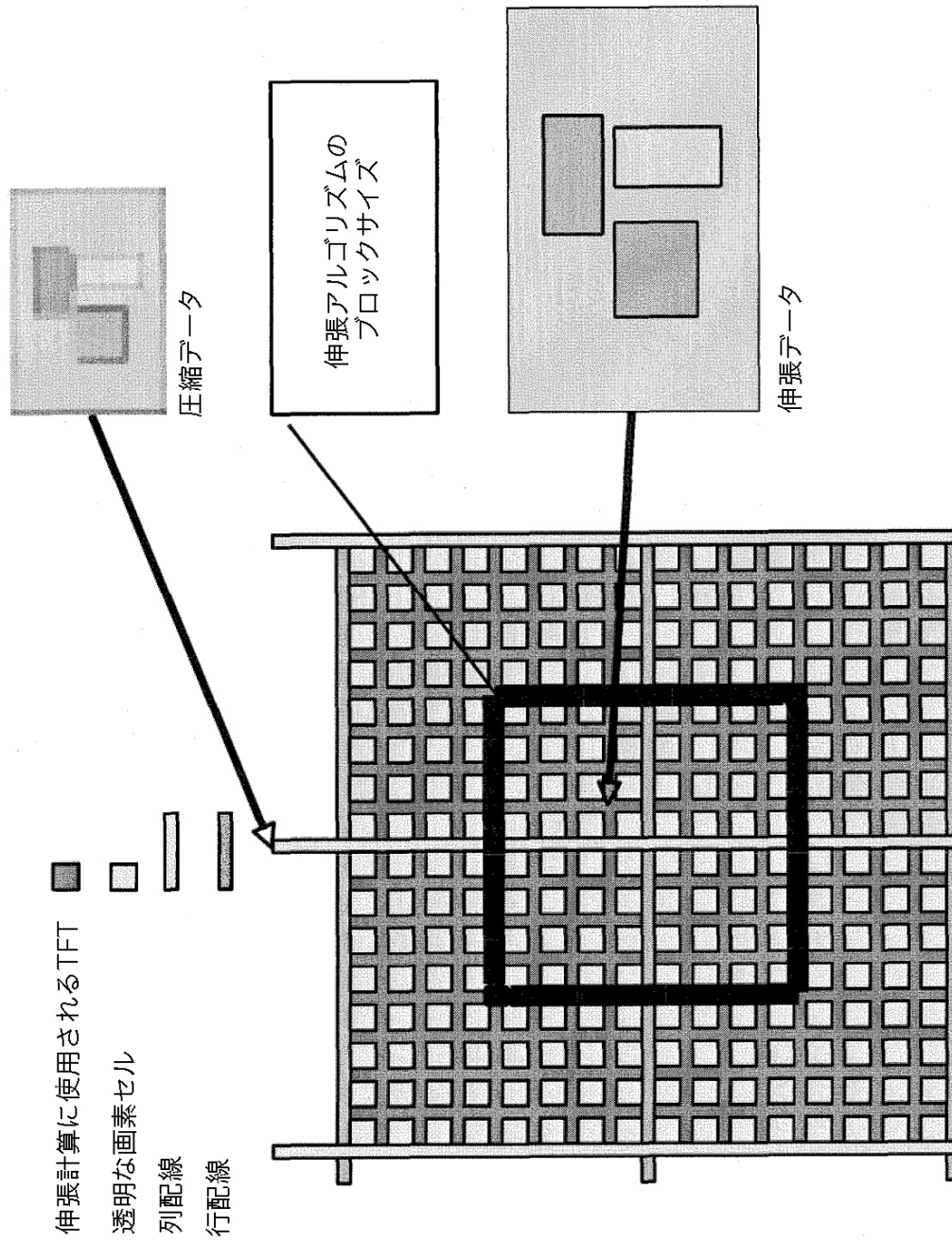


FIGURE 5

【図 23】

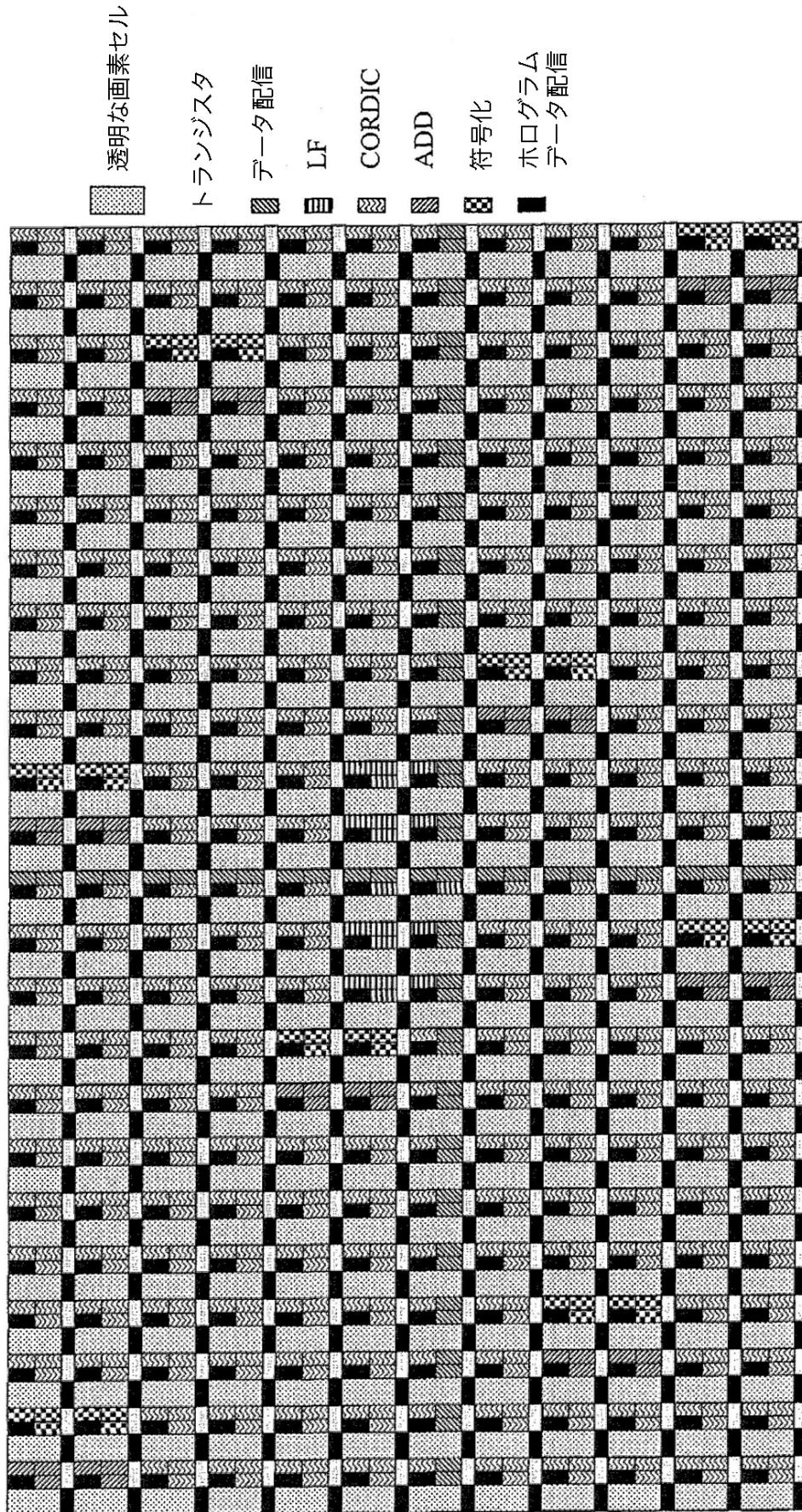


FIGURE 23

【図 25】

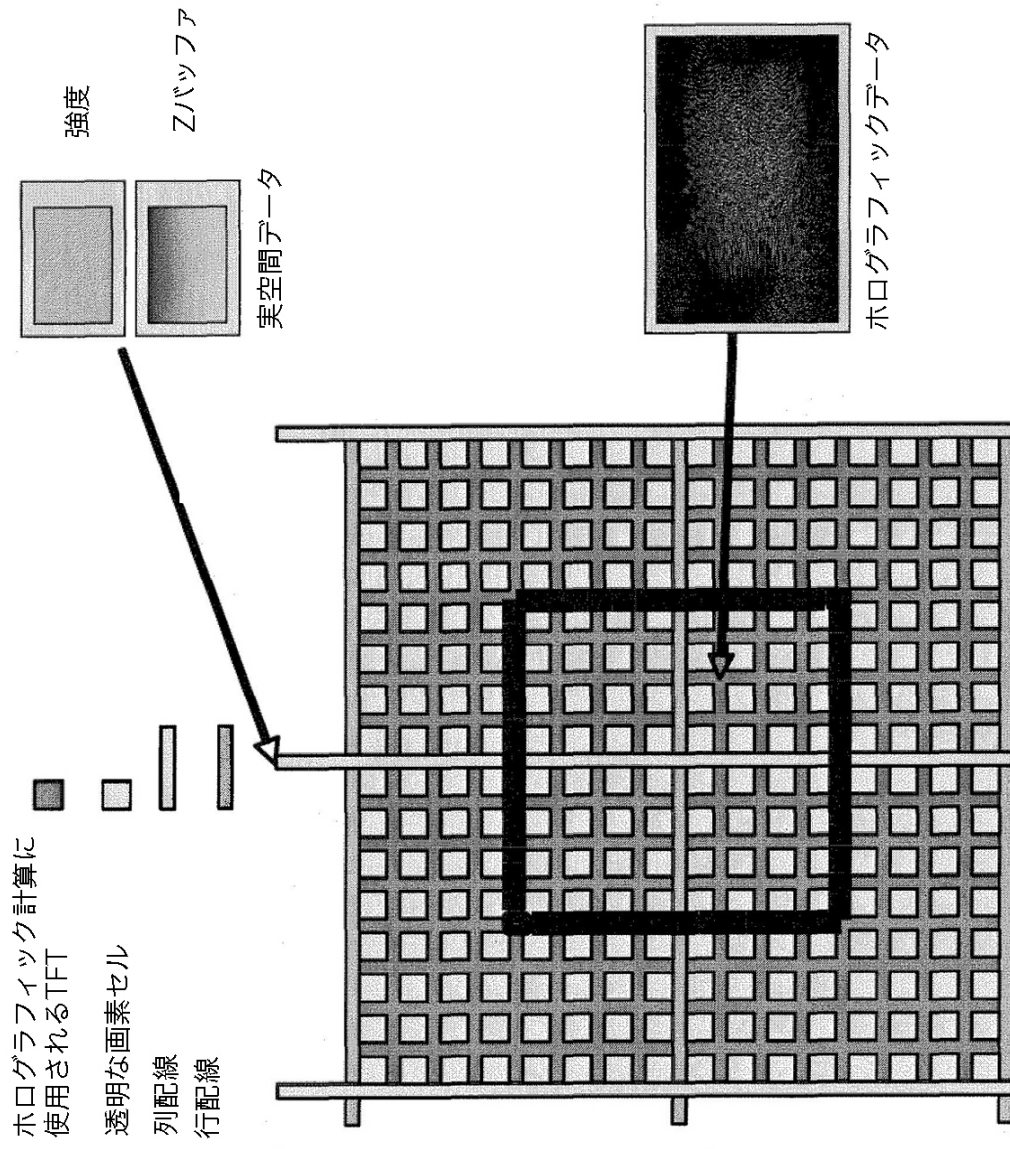


FIGURE 25

【図 28】

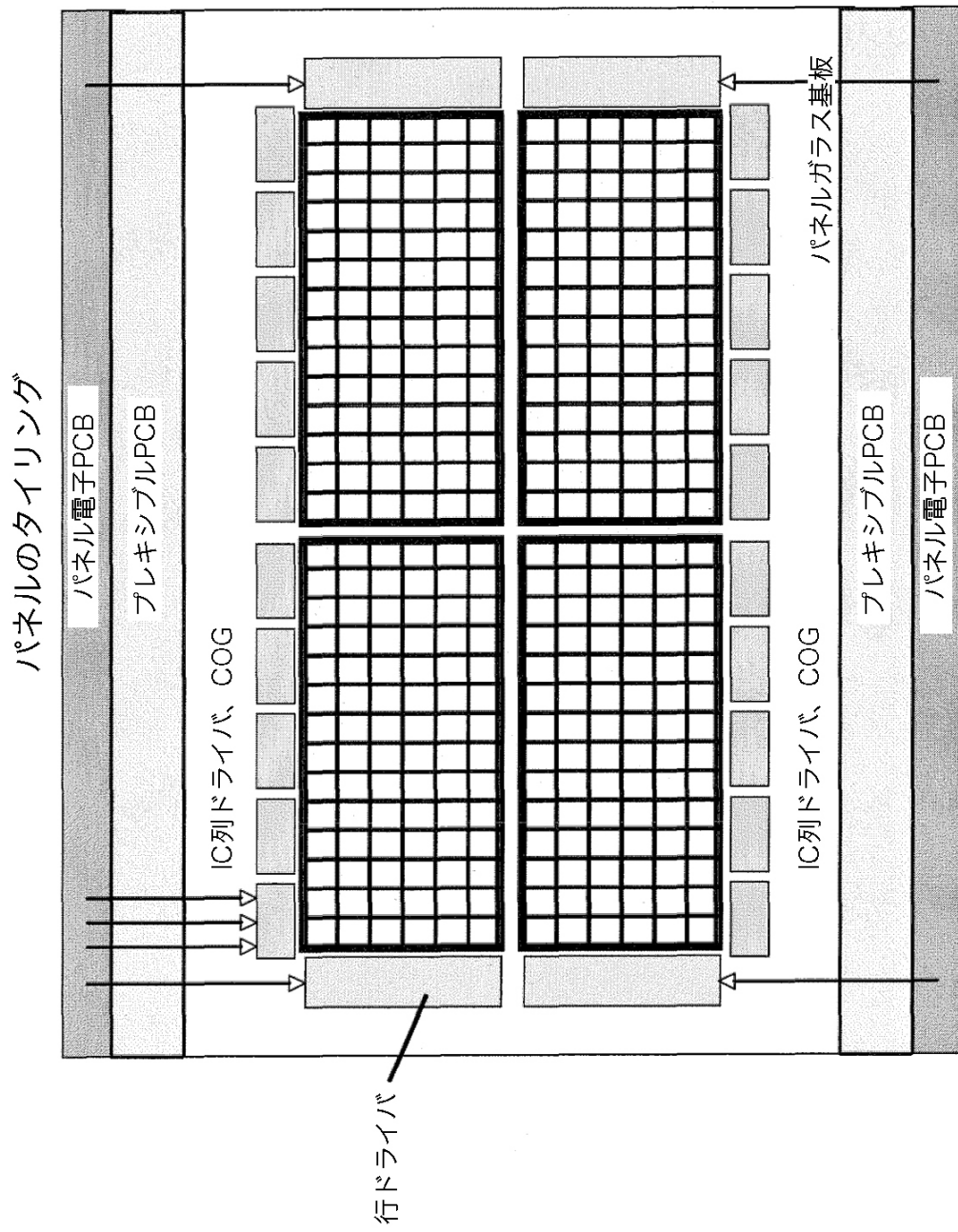


FIGURE 28

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 102007023737.7
(32)優先日 平成19年5月16日(2007.5.16)
(33)優先権主張国 ドイツ(DE)
(31)優先権主張番号 102007023740.7
(32)優先日 平成19年5月16日(2007.5.16)
(33)優先権主張国 ドイツ(DE)
(31)優先権主張番号 102007023785.7
(32)優先日 平成19年5月16日(2007.5.16)
(33)優先権主張国 ドイツ(DE)
(31)優先権主張番号 102007023739.3
(32)優先日 平成19年5月16日(2007.5.16)
(33)優先権主張国 ドイツ(DE)
(31)優先権主張番号 0718595.2
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718596.0
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718598.6
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718602.6
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718607.5
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718614.1
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718617.4
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718619.0
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718622.4
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718626.5
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718629.9
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0718632.3
(32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
(33)優先権主張国 英国(GB)

(31)優先権主張番号 0718633.1
 (32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
 (33)優先権主張国 英国(GB)
 (31)優先権主張番号 0718634.9
 (32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
 (33)優先権主張国 英国(GB)
 (31)優先権主張番号 0718636.4
 (32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
 (33)優先権主張国 英国(GB)
 (31)優先権主張番号 0718640.6
 (32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
 (33)優先権主張国 英国(GB)
 (31)優先権主張番号 0718649.7
 (32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
 (33)優先権主張国 英国(GB)
 (31)優先権主張番号 0718654.7
 (32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
 (33)優先権主張国 英国(GB)
 (31)優先権主張番号 0718656.2
 (32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
 (33)優先権主張国 英国(GB)
 (31)優先権主張番号 0718659.6
 (32)優先日 平成19年9月25日(2007.9.25)
 (33)優先権主張国 英国(GB)

(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 クロル, ボ
 イギリス国 ロンドン W148 AA, イルチェスター プレイス 11

(72)発明者 ミスバッハ, ロベルト
 ドイツ国 ベーレンクラウゼ クライシャ/オーティ 01731, アム タイヒ 10

(72)発明者 シュヴェルトナー, アレクサンダー
 ドイツ国 ドレスデン 01307, マーシュネルシュトラッセ 19

審査官 後藤 亮治

(56)参考文献 国際公開第2006/119760(WO, A2)
 特表2004-516498(JP, A)
 国際公開第2006/027228(WO, A1)
 特表2006-521572(JP, A)
 特表2006-506660(JP, A)
 特開2002-268587(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03H 1/00 - 1/34
 G02B 27/02

27 / 22 - 27 / 26