

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7706460号
(P7706460)

(45)発行日 令和7年7月11日(2025.7.11)

(24)登録日 令和7年7月3日(2025.7.3)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 4 B	10/80 (2013.01)	H 0 4 B	10/80
G 0 3 H	1/22 (2006.01)	G 0 3 H	1/22
G 0 2 F	1/31 (2006.01)	G 0 2 F	1/31
G 1 1 B	7/0065(2006.01)	G 1 1 B	7/0065
G 1 1 B	7/135(2012.01)	G 1 1 B	7/135
請求項の数 9 (全36頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2022-547196(P2022-547196)	(73)特許権者	314015767
(86)(22)出願日	令和3年3月15日(2021.3.15)		マイクロソフト テクノロジー ライセン
(65)公表番号	特表2023-518657(P2023-518657		シング, エルエルシー
	A)		アメリカ合衆国 ワシントン州 9 8 0 5
(43)公表日	令和5年5月8日(2023.5.8)		2 レッドモンド ワン マイクロソフト
(86)国際出願番号	PCT/US2021/022269		ウェイ
(87)国際公開番号	WO2021/194775	(74)代理人	100079108
(87)国際公開日	令和3年9月30日(2021.9.30)		弁理士 稲葉 良幸
審査請求日	令和6年2月7日(2024.2.7)	(74)代理人	100109346
(31)優先権主張番号	20165954.7		弁理士 大貫 敏史
(32)優先日	令和2年3月26日(2020.3.26)	(74)代理人	100117189
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		弁理士 江口 昭彦
		(74)代理人	100134120
			弁理士 内藤 和彦
		(74)代理人	100108213
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光データ転送

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光データ転送システムであって、
入力ビームにデータを埋め込むように構成されたビーム変調器と、
マルチモード光導波路から形成された入力導波路ネットワークであって、インカップリ
ング領域を有し、前記入力導波路ネットワークのアウトカップリング領域に前記入力ビー
ムを誘導するように構成される入力導波路ネットワークと、
複数の場所で出力光場の位相及び振幅を測定するように構成された空間コヒーレント検
出器であって、前記出力光場は、前記入力ビームによって少なくとも部分的に画定され、
従って、少なくとも部分的には前記入力ビームが前記入力導波路ネットワークを通過する
ことにより生じる歪み効果を呈する、空間コヒーレント検出器と、
前記空間コヒーレント検出器に結合されたプロセッサであって、前記空間コヒーレント
検出器の出力に適用される信号処理を用いて前記歪み効果を補償し、それにより前記空間
コヒーレント検出器の前記出力から、前記入力ビームに埋め込まれた前記データを回復す
るよう構成されるプロセッサと
を含み、
前記歪み効果を補償することが、参照ビームが、更なるマルチモード光導波路から形成さ
れた参照導波路ネットワークと、入力導波路ネットワークとのうちの少なくとも1つを通
過することにより生じる歪み効果を補償することを含む、光データ転送システム。

【請求項2】

ホログラフィック記録領域を含み、前記入力導波路ネットワークは、前記入力ビームと前記参照ビームとの間の干渉を介して、前記ホログラフィック記録領域内で記録されたパターンにおいて、前記埋め込まれたデータを記憶するために、前記ホログラフィック記録領域に前記入力ビームを誘導するように構成され、前記出力光場は、前記埋め込まれたデータを前記ホログラフィック記録領域から読み取るために、前記記録されたパターンと参照ビームとの間の相互作用を介してその後の時点で生成される、請求項 1 に記載の光データ転送システム。

【請求項 3】

前記入力導波路ネットワークと、前記参照導波路ネットワークとのうちの 1 つを介して、前記ホログラフィック記録領域に前記参照ビームを誘導するように構成される、請求項 2 に記載の光データ転送システム。

10

【請求項 4】

前記入力導波路ネットワークと、前記参照導波路ネットワークと、さらなるマルチモード光導波路から形成された出力導波路ネットワークとのうちの 1 つを介して、前記入力ビームによって少なくとも部分的に画定される出力ビームを前記空間コヒーレント検出器に誘導するように構成され、前記出力ビームが前記入力、参照又は出力導波路ネットワークを通過することも、前記信号処理によって補償される前記歪み効果に寄与する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の光データ転送システム。

【請求項 5】

前記入力導波路ネットワーク、
前記参照導波路ネットワーク、及び
出力導波路ネットワーク

20

のうちの少なくとも 1 つは、ビーム特性に応答する誘導要素を含み、前記プロセッサは、前記出力光場に関連付けられたチャンネル選択に応じて前記信号処理を適用するように構成される、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の光データ転送システム。

【請求項 6】

前記プロセッサは、異なるチャンネル選択肢に対応する複数のチャンネルモデルから、前記関連付けられたチャンネル選択に対応するチャンネルモデルを選択し、前記選択されたチャンネルモデルに応じて前記信号処理を適用するように構成される、請求項 5 に記載の光データ転送システム。

30

【請求項 7】

各チャンネルモデルは、前記対応するチャンネル選択のために学習された信号処理パラメータを含む、請求項 6 に記載の光データ転送システム。

【請求項 8】

入力ビームにデータを埋め込むように構成されたビーム変調器と、マルチモード光導波路から形成された入力導波路ネットワークであって、インカップリング領域を有し、前記入力導波路ネットワークのアウトカップリング領域に前記入力ビームを誘導するように構成される入力導波路ネットワークと、複数の場所で出力光場の位相及び振幅を測定するように構成された空間コヒーレント検出器であって、前記出力光場は、前記入力ビームによって少なくとも部分的に画定され、従って、少なくとも部分的には前記入力ビームが前記入力導波路ネットワークを通過することにより生じる歪み効果を呈する、空間コヒーレント検出器とを備える光データ転送システムのプロセッサが、
前記空間コヒーレント検出器の出力に適用される信号処理を用いて前記歪み効果を補償し、それにより前記空間コヒーレント検出器の前記出力から、前記入力ビームに埋め込まれた前記データを回復することを含み、
前記歪み効果を補償することが、参照ビームが、更なるマルチモード光導波路から形成された参照導波路ネットワークと、入力導波路ネットワークとのうちの少なくとも 1 つを通過することにより生じる歪み効果を補償することを含む、方法。

40

【請求項 9】

プロセッサによって実行されると、入力ビームにデータを埋め込むように構成されたビー

50

ム変調器と、マルチモード光導波路から形成された入力導波路ネットワークであって、インカップリング領域を有し、前記入力導波路ネットワークのアウトカップリング領域に前記入力ビームを誘導するように構成される入力導波路ネットワークと、複数の場所で出力光場の位相及び振幅を測定するように構成された空間コヒーレント検出器であって、前記出力光場は、前記入力ビームによって少なくとも部分的に画定され、従って、少なくとも部分的には前記入力ビームが前記入力導波路ネットワークを通過することにより生じる歪み効果を呈する、空間コヒーレント検出器とを備える光データ転送システムに、前記空間コヒーレント検出器の出力に適用される信号処理を用いて前記歪み効果を補償し、それにより前記空間コヒーレント検出器の前記出力から、前記入力ビームに埋め込まれた前記データを回復すること

を実行させるデータ及び命令で構成されたコンピュータ可読記憶媒体であって、前記歪み効果を補償することが、参照ビームが、更なるマルチモード光導波路から形成された参照導波路ネットワークと、入力導波路ネットワークとのうちの少なくとも1つを通過することにより生じる歪み効果を補償することを含む、コンピュータ可読記憶媒体。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

技術分野

【001】 本開示は、概して、光データ転送に関する。

【背景技術】

【0002】

背景

【002】 光導波路は、全内部反射を介してビームを誘導することができる光学コンポーネントの形態である。導波路は、広範な「モード」（すなわち所定のチャネルに対する導波路を通した空間経路であり、例えば異なる伝播方向に対応する）をサポートするのに十分な物理的次元を有するという意味で「マルチモード」であり得る。これは、その目的が、ファイバに入る光を本質的に単一の伝播モードに制限することである、光ファイバシステムで使用される細い光ファイバなどの単純なシングルモード光導波路とは対照的である。シングルモード光導波路は、振幅、位相又は周波数変調を使用してデータを搬送することのみができるが、マルチモード光導波路は、導波路内での角度変動を介することにより、より多くのデータ（例えば、潜在的には数百万ピクセルの画像全体）を搬送することができる。別の言い方をすれば、マルチモード導波路は、任意の所定のチャネルに対する、エミッタから検出器までの導波路を通した複数の光学経路（異なる経路は、異なる伝播モードに対応する）を提供することにより、角度及び／又は空間ダイバーシティを増加させることを通してより大きい帯域幅を提供する。

30

【0003】

【003】 マルチモード導波路は、より一般的には、例えば頭部装着型ディスプレイ（HMD）及び導波路ベースのディスプレイシステムで使用される。これに関連して、マルチモード導波路は、典型的には、ディスプレイ又は光学エンジンからユーザの眼に画像を運ぶものであり、眼の光学系によって画像が再構築され、従って人間のユーザが知覚できるような形態のものである。ビーム拡大を提供し、眼によってオリジナル画像を再構築できるように、導波路に出入りするビームがオリジナル画像を保存することを保証するため、分化光学系が使用され得る。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

概要

【004】 この概要は、選択された概念を簡略化して紹介するために提供され、それらの概念は、以下の詳細な説明でさらに説明される。この概要は、特許請求される主題の重要な特徴又は本質的な特徴を特定することを意図するものでも、特許請求される主題の範囲を

50

限定するために使用することを意図するものでもない。また、特許請求される主題は、本明細書で記述される欠点のいずれか又はすべてを解決する実装形態に限定されるものでもない。

【0005】

【005】 本明細書の第1の態様は、光データ転送システムを提供する。ビーム変調器は、入力ビームにデータのセットを埋め込むように構成される。マルチモード光導波路ネットワークは、入力ビームを受信するためのインカップリング領域を有する。マルチモード光導波路ネットワークは、マルチモード光導波路ネットワークのアウトカップリング領域に入力ビームを誘導するように構成される。空間コヒーレント検出器は、複数の場所で出力光場の位相及び振幅を測定するように構成される。出力光場は、入力ビームによって少なくとも部分的に画定され、従って、ビームがマルチモード導波路ネットワークを通過することによって生じる歪み効果を呈する。少なくとも1つのプロセッサは、空間コヒーレント検出器に結合され、空間コヒーレント検出器の出力に信号処理を適用して、前記歪み効果を補償し、それにより空間コヒーレント検出器の出力から、入力ビームに埋め込まれたデータのセットを回復するように構成される。

10

【0006】

【006】 これは、潜在的に大量のデータを並行して（例えば、数百万ピクセルの画像）及び潜在的に複雑な導波路ネットワークを用いて（例えば、空間多重化を提供するため）転送する能力から、光データ転送容量を著しく増加させるという利点を有する。コヒーレント検出の使用により、より効果的な歪み補償を出力光場の測定位相及び振幅に適用できるため、これは、導波路歪みに適切なレジリエンスを提供することによって実行可能になる。本導波路ネットワークの適用例の1つは、ホログラフィックデータ記憶／回収システムにおいて、ホログラフィック記録媒体に／ホログラフィック記録媒体からビームを運ぶことである。これに関連して、導波路のマルチモード能力は、例えば、画像全体を同時に読み取る／書き込むために使用することができ、空間コヒーレント検出器の出力における導波路歪みを効果的に補償する能力により、システムの容量及びロバスト性が増大する。

20

【0007】

【007】 他の例は、データがビームに埋め込まれ、その後、回復される、マルチモード導波路を使用する光通信又は光演算及び他の任意の光データ転送状況を含む。

【0008】

図の簡単な説明

30

【008】 本開示のよりよい理解のため及び本開示の実施形態がどのように実施され得るかを示すため、単なる例として以下の図を参照する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1A】 【009】ホログラフィック記録媒体の概略斜視図を示す。

【図1B】 【009】ホログラフィック記録媒体の概略斜視図を示す。

【図2A】 【010】媒体にわたる空間多重化を提供するため、ホログラフィック記録媒体の異なるサブボリュームに／異なるサブボリュームからビームを誘導するために使用することができる導波路の組を含むホログラフィック記憶システムの概略斜視図を示す。

40

【図2B】 【010】書き込み期間中のシステムの平面図を示す。

【図2C】 【010】書き込み期間中のシステムの一方側の側面図を示す。

【図2D】 【010】書き込み期間中のシステムの一方側の側面図を示す。

【図2E】 【010】読み取り期間中の平面図を示す。

【図2F】 【010】読み取り期間中の一方側の側面図を示す。

【図2G】 【010】読み取り期間中の一方側の側面図を示す。

【図3A】 【011】ある構成のアクティブライトパイプの概略側面図を示す。

【図3B】 【011】ある構成のアクティブライトパイプの概略側面図を示す。

【図3C】 【011】ある構成のアクティブライトパイプの概略側面図を示す。

【図3D】 【011】ある構成のアクティブライトパイプの概略側面図を示す。

50

【図 3 E】[011]アクティブライトパイプの平面（断面）図を示す。

【図 3 F】[011]アクティブライトパイプの平面（断面）図を示す。

【図 4 A】[012]光導波路ネットワーク（その一部）の一方側の側面図を示す。

【図 4 B】[012]光導波路ネットワーク（その一部）の一方側の側面図を示す。

【図 5】[013]ホログラフィック記憶媒体の複数のピースにわたって多重化するために使用される多重導波路ネットワークの例の概略図を示す。

【図 6 A】[014]ホログラフィック記憶システムにおいて入力及び参照ビームを提供するためのエミッタシステムの例を示す。

【図 6 B】[014]光学系が簡略化されたエミッタシステムの変形形態を示す。

【図 7】[015]空間コヒーレント検出を使用して出力ビームの光場を測定し、信号処理を使用して測定された光場における導波路歪みを軽減するデータ回収システムの例を示す。

【図 8】[016]ホログラフィック記憶システム内で行われる機能を示す機能ブロック図を示す。

【図 9】[017]少なくとも 1 つの導波路ネットワークを使用して、ホログラフィック記録媒体のスラブにわたって二次元で空間多重化する、代替のホログラフィック記憶システムを示す。

【図 10 A】[018]パッシブ誘導要素を用いて空間多重化をどのように達成できるかを示し、空間多重化は、ビーム特性を変調することによって達成される。

【図 10 B】[018]パッシブ誘導要素を用いて空間多重化をどのように達成できるかを示し、空間多重化は、ビーム特性を変調することによって達成される。

【図 11 A】[019]異なる周波数応答を有するパッシブ光フィルタを備えたライトパイプを示す。

【図 11 B】[019]異なる周波数応答を有するパッシブ光フィルタを備えたライトパイプを示す。

【図 12】[020]3 つの階層レベルを有する導波路ネットワークの例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0010】

実施形態の例の詳細な説明

【021】 本明細書で教示される導波路ネットワークの適用例の 1 つは、ホログラフィック記憶装置である。ホログラフィック記憶装置は、コンピュータ記憶装置の形態であり、媒体を光パターンにさらすことによって感光性ホログラフィック記録媒体に情報が記録される。例えば、媒体の領域（サブボリューム）は、データのセットが埋め込まれた入力ビームと参照ビームとの干渉によって生じる光干渉パターンにさらすことができる。ビームは、例えば、単一のレーザ及びビームスプリッタを使用して生成されるレーザビームであり得る。入力ビームにデータのセットを埋め込むため、空間光変調（SLM）を使用することができる（例えば、データのセットを符号化した画像を空間変調して入力ビームに埋め込むことができる）。誤解を避けるため、本明細書では、「光」、「光学」及び同様の用語は、可視光に限定されない。ホログラフィック記憶装置は、例えば、電磁スペクトルの非可視部分内の赤外線又は紫外線ビームを使用して実装することができる。

【0011】

【022】 十分なビーム出力及び露光時間により、光干渉パターンは、サブボリューム内において持続的な状態変化をもたらす（この時点では、干渉パターンは、本明細書において、サブボリュームに持続的に記録されるか又は書き込まれると言われる）。サブボリュームの状態変化は、その後の時点において、実質的に整合する参照ビームにサブボリュームがさらされ次第、整合する参照ビームとサブボリュームとの間の相互作用により、入力ビームに元々埋め込まれたデータのセットを出力ビームから回復できる（これは、本明細書では、記録されたパターンを読み取ることと呼ばれ得る）という意味において、オリジナル入力ビームと本質的に整合する出力ビームが生成されるようなものである。

【0012】

【023】 個々のビットを離散単位として記憶するのではなく、単一の干渉パターンは、多

10

20

30

40

50

く（例えば、数百万）のビットを符号化することができる。例えば、データのセットは、入力ビームに埋め込まれたメガピクセル画像であり得る。その上、ホログラフィック記録媒体のある形態の感度を参照ビームの角度の小さい変化に利用することにより、多く（例えば、数百又は数千）のそのようなパターンを同じサブボリュームに記録することが可能である。そのような媒体の場合、所定の角度の参照ビームで干渉パターンが生成されると、記録されたパターンは、それを生成するために元々使用された参照ビームと厳密に整合する参照ビームを使用することによってのみ読み取ることができる。この効果は、異なる参照ビーム角度で同じサブボリュームに複数のパターンを記録する（異なるデータのセットを符号化する）ために利用することができる。理論的には、データ記憶容量は、ビームの波長によってのみ制限され、潜在的には赤色光の場合には1立方ミリメートルあたり数百メガバイトであり、紫外線の場合には数十ギガバイトである。実際には、他の制限要因があり得るが、それにもかかわらず、高密度データ記憶の大きい可能性がある。

10

【0013】

【024】 機械的動作の必要性を低減又は排除する方法で1つ又は複数のホログラフィック記憶媒体にわたる空間多重化を達成するため、「アクティブ」ライトパイプ、「パッシブ」ライトパイプ又はアクティブライトパイプとパッシブライトパイプとの組合せを使用することができる。「導波路」及び「ライトパイプ」という用語は、本明細書では、互いに交換可能に使用されることに留意されたい。

【0014】

【025】 「アクティブライトパイプ」は、導波路の表面又は導波路のバルク内に取り付けられた1つ又は複数のアクティブスイッチング要素又は他の誘導要素を有する導波路を指し、従って、「1対多数」光伝達（すなわち、第1の表面領域から、複数の可能な第2の表面領域の1つに光が誘導される（この場合、第1の表面領域は、インカップリング領域となり、第2の領域は、アウトカップリング領域となる））、又は「多数対1」光転送（すなわち第2の表面領域のいずれか1つ（ここでは、インカップリング領域となる）から、同じ第1の表面領域（ここでは、アウトカップリング領域となる）に光が誘導される）を引き起こすように構成可能である（すなわち変更可能な光学特性を有する）。「パッシブライトパイプ」という用語は、異なる光感度（例えば、異なる波長及び／又は偏光感度）を有する誘導要素を備えたライトパイプを指し、代わりに光学特性又はビームを変化させる（例えば、調節可能なレーザを使用して、例えば異なる波長／偏光応答などを有する誘導要素によって異なるルートに沿って誘導されるようにその波長、偏光などを変化させる）ことにより、同様の効果を達成することができる。「パッシブ光誘導」という用語は、単なる便利なラベルであり、この事例では、誘導要素がアクティブである必要はないという事実と合致するが、しかし、これに関連して、異なる光感度（例えば、異なる波長及び／又は偏光感度など）を有する、アクティブ誘導要素又はパッシブ誘導要素を使用することができる（すなわち、誘導要素は、アクティブ、且つ、異なる光感度を有するものであり得る）。

20

30

【0015】

【026】 デジタル画像（又はデジタル画像として符号化されたデータ）は、アクティブ又はパッシブライトパイプに沿ってビームとして伝播することができる。アクティブライトパイプの誘導要素は、入射光ビームを透過又は反射するように個別に制御されることができる。

40

【0016】

【027】 そのようなライトパイプ（アクティブ、パッシブ又はその両方のタイプの組合せ）の多くは、様々なジオメトリで組み合わせて、1つ又は複数の空間次元において、多くのアドレス指定可能な場所の1つにビーム及び画像を操作するために使用することができるスイッチングネットワークを作成することができる。ライトパイプへの入力、空間光変調器（SLM）を使用して生成することができ、出力は、例えば、CCD（電荷結合素子）において読み取られる。位相干渉及びノイズは、光学技法と演算技法との組合せ（機械学習技術法を含む）を使用して補正することができ、訓練データからの1つ又は複数の

50

信号処理パラメータの学習を伴うことになるであろう。ある実施形態は、そのような技法と組み合わせてコヒーレント検出を使用して、より効果的な導波路歪み軽減を提供する。

【0017】

【028】 光データ通信において従来使用される種類の光スイッチ及びファイバとは対照的に、説明される実施形態は、画像全体を一度に転送することができるライトパイプを使用する。これは、SLM及びデジタルカメラなど、現在利用可能な高分解能の光学デバイスを利用する。これらのデバイスは、何百万ものピクセルを有し、何メガバイトものデータの符号化及び復号を可能にする。これにより、SLM、カメラ及びアクティブライトパイプ要素（アクティブライトパイプの場合）又はビーム光学特性（パッシブライトパイプの場合）の控えめなスイッチングレートでさえ、高帯域幅伝送が可能になる。加えて、ホログラフィック記憶装置などの適用には、複数のビーム間の干渉が必要とされ、複数のビームの少なくとも1つは、画像で変調される。ホログラフィック記憶装置では、アクティブライトパイプを使用して、ビーム及び画像を効率的に操作し、ホログラフィック記憶媒体の任意の所望の場所で干渉するようにすることができる。記述されるように、より単純な利点は、パッシブライトパイプで達成することができ、パッシブライトパイプでは、代わりにエミッタ段階で切り替えが適用される。

【0018】

【029】 以下で説明されるライトパイプは、広範な「モード」（すなわち所定のチャネルに対する導波路を通した空間経路であり、例えば異なる伝播方向に対応する）をサポートするのに十分な物理的次元を有するという意味で「マルチモード」導波路である。これは、その目的が、ファイバに入る光を本質的に単一の伝播モードに制限することである、光ファイバシステムで使用される細い光ファイバなどの単純なシングルモード光導波路とは対照的である。シングルモード光導波路は、振幅、位相又は周波数変調を使用してデータを搬送することのみができるが、マルチモード光導波路は、導波路内での角度変動を介することにより、より多くのデータ（例えば、潜在的には数百万ピクセルの画像全体）を搬送することができる。別の言い方をすれば、マルチモード導波路は、任意の所定のチャネルに対する、エミッタから検出器までの導波路を通した複数の光学経路（異なる経路は、異なる伝播モードに対応する）を提供することにより、角度及び／又は空間ダイバーシティの増加を通してより大きい帯域幅を提供する。

【0019】

【030】 本明細書で開示される別の態様は、媒体と導波路ネットワークとの間の相対的ないかなる機械的動作も必要とすることなく、1つ又は複数の導波路ネットワークを使用して、ホログラフィック記録媒体にわたって空間多重化する（すなわち媒体の異なるサブボリュームからの読み取り／異なるサブボリュームへの書き込みを行う）、ホログラフィックデータ記憶システムである。そのようなシステムの例は、以下に説明されており、アクティブ及び／又はパッシブライトパイプを活用するものである。説明される例では、マルチモード導波路は、ホログラフィック記録媒体に／ホログラフィック記録媒体から同時にデジタル画像全体を運ぶか、又は複数の可能な角度の1つで参照ビームを運ぶために使用することができる。

【0020】

【031】 しかし、本明細書で教示される光導波路ネットワークは、それらの適用において、ホログラフィック記憶装置に限定されない。他の適用は、例えば、光通信及び光演算を含む。

【0021】

アクティブライトパイプ：

【032】 図3A～Dは、特定の物理構造を有するアクティブライトパイプ300の形態の例の概略側面図を示す。理解されるように、これは、所望の光学的構成可能性を提供することができる適切な物理構造の単なる一例である。さらなる例については、以下で考慮する。

【0022】

【033】 アクティブライトパイプ300は、少なくとも第1の表面領域300-0と、表面にあるか又はボリューム埋め込み型であり得る、切り替え可能ブラッググレーティング（SBG）の形態の複数のアクティブスイッチとを有するように示されている。この例では、2つのそのようなSBG 300-1、300-2が導波路300の第1の表面300-S1に示されているが、より多くのSBGを導波路300の表面300-S1の適切な場所に配置できること及び／又は導波路300のバルク内に埋め込めることが理解されるであろう。各SBG 300-1、300-2は、入射ビームを透過又は反射するために、その反射／透過特性が変化するように個別に制御することができる。SBG 300-1、300-2は、アクティブライトパイプ300のそれぞれの表面領域を形成し、その領域では、光は、導波路300がどのように使用されるかに応じて、導波路300に入る（インカップリング）か又は導波路300を出る（アウトカップリング）ことができる。

10

【0023】

【034】 第1の表面領域300-0は、導波路300の端部領域であり、そこから導波路の第1の側面300-S1が導波路300の軸301に沿って延在する。

【0024】

【035】 図3E及び図3Fは、それぞれ導波路300の断面図を示し、この例では長方形の形状の断面を有し、4つの側面300-S1、300-S2、300-S3、300-S4が導波路300の軸301に沿って延在することが分かる。この例では、図に描写されるように、SBG 300-1、300-2は、すべて第1の側面300-S1に沿って位置するが、一般的には、そのようなSBGは、用途に応じて、導波路300の複数の表面に取り付けることができる。

20

【0025】

【036】 SBG 300-1、300-2は、導波路の第1の側面300-S1に沿って、第1の領域300-0から距離が増えるように位置し、第1のSBG 300-1は、第1の領域300-0の最も近くに位置する。

【0026】

【037】 図3A、図3B及び図3Eは、「1対多数」の使用事例を描写し、第1の表面領域300-0は、インカップリング領域となり、SBGの第2の表面領域300-1、300-2は、アウトカップリング領域となる。例として、図3は、インカップリング領域300-0を介して導波路300に取り込まれる第1の光線304を示す。この例では、第1の表面領域300-0は、側面300-S1、...、300-S4に対して角度が設けられており、それにより、第1の光線304は、導波路300内の側面300-S1、...、300-S4の各々で全内部反射を達成するのに十分な角度において、第1の表面領域300-0を通過して導波路300のバルク内に入る。

30

【0027】

【038】 SBG 300-1、300-2の各々は、反射状態と透過状態との間で変化するように構成可能である。図3Aは、第1のSBG 300-1が反射状態にあり、入射光線304が第1のSBG 300-1に反射されて導波路300内に戻り、第2のSBG 300-2に到達するまで導波路300に沿って誘導される構成を示す。SBG 300-2は、透過状態で示されており、光線304は、第2のSBG 300-2を介して導波路300外に回折し、それにより第2のSBG 300-2の表面領域を介して導波路300から取り出される。このSBG 300-1、300-2の構成により、第1の表面領域300-0と第2のSBG 300-2の表面領域との間において、導波路300を通した「チャネル」が作成される。

40

【0028】

【039】 対照的に、図3Bは、第1のSBG 300-1が透過状態にあることを示す。従って、第1の光線304は、第1のSBG 300-1に到達次第、代わりに第1のSBG 300-1を介して導波路300外に回折し、それにより代わりに第1のSBG 300-1の表面領域を介して導波路300から取り出される。この構成により、第1の表面領域300-0と第1のSBG 300-1の表面領域との間において、導波路300

50

を通したチャネルが作成される。

【0029】

[040] この方法では、第1の領域300-0から、SBG 300-1又は300-2の表面領域において導波路300外に出るまで、導波路300を通して第1の光線304を誘導することが可能である。簡略化のため、SBG 300-1、300-2について2つのみ関係付けて説明されているが、より多くのSBGで同じ原理を適用できることが理解されるであろう。

【0030】

[041] 図3Eは、断面で見た場合、TIRを介して、第1の光線304の角度に応じて、側面300-S1、...、300-S4のいくつか又はすべてから第1の光線304がどのように伝播し得るかを示す。

10

【0031】

[042] 図3C、3D及び3Fに描写されるように、多数対1光転送に対して、描写されるアクティブライトパイプ300を使用することも同じように実行可能である。

【0032】

[043] 図3Cは、図3Aと同じSBGの構成を示す。唯一の違いは、導波路300の使用方法であり、ここでは、外部の供給源（図示せず）から第2のSBG 300-2に入射する第2の光線308が示されている。第2のSBGが透過状態にあることで、第2の光線308は、第2のSBG（ここでは、その表面領域においてインカップリングを提供する）を介して導波路300内に回折し、そこから導波路300を通して第1の表面領域300-0（ここでは、アウトカップリング領域）に誘導される。これは、ここでは反射状態にある第1のSBG 300-1からの反射を含む。第1のSBG 300-1の反射状態は、光線308が第1のSBG 300-1を介して導波路を出ることを防ぐ。その上、偶然にも第1のSBG 300-1に入射しそうな外部光線309は、本質的には第1のSBG 300-1から離れる方向に反射し、従って導波路300に入らない。

20

【0033】

[044] 図3Dは、図3Bと同じ構成を示すが、ここでは、第2の光線308が、外部の供給源から第1のSBG 300-1に入射する。第1のSBG 300-1が透過状態にあることで、第2の光線308は、回折によってその場所で導波路300に入り、第1の表面領域300-0に誘導される。

30

【0034】

[045] 図3Fは、断面において第2の光線308が導波路300内でどのように伝播し得るかを示し、図3Eと同じ説明が当てはまるが、光線308の方向が逆である。

【0035】

[046] 上述の説明は、透過／反射状態におけるSBGの完全な反射率／透過率を想定している。理解されるように、これは、実際には絶対条件ではなく、より一般的には、システムは、SBG 300-1、300-2及び導波路300の不完全性に対するある程度の許容範囲を有する。導波路300内に導入される歪みを補償するための適切な信号処理技法については、後に説明する。

【0036】

[047] SBG 300-1、300-2は、別々の要素として描写されているが、事実上、単一の大きいSBGの別々に独立して制御可能な領域が、第1の側面300-S1の全体又は大半にわたって延在し得る。

40

【0037】

[048] SBGは、アクティブスイッチング要素の可能な形態の1つにすぎない。例えば、偏光ビームでは、導波路300の表面に取り付けられるか又は導波路のバルク内に埋め込まれる制御可能な偏光フィルタを使用して、同じ効果を実現することができる。SBG及び制御可能な偏光フィルタは、非機械的なアクティブスイッチの例であり、非機械的な効果を介して導波路300の光学特性を変化させることができる。誘導要素の他の例は、マイクロミラーデバイスなどの制御可能なミラー又は他の微小電気機械システム（MEMS）

50

を含み、微小電気機械システム（MEM）は、機械誘導要素の例である。

【0038】

〔049〕 誘導要素として偏光フィルタを使用する際、SBG 300-1、300-2は、パッシブ回折素子に置き換えることができ、偏光フィルタは、回折素子を再構成する必要なく、必要に応じて制御可能な方法で、パッシブ回折素子に又はパッシブ回折素子から離れる方向にビームを誘導するように動作する。

【0039】

〔050〕 それらの誘導要素自体が機械的であっても、依然として導波路300の全体としての機械的動作の必要性が回避されることに留意されたい。

【0040】

アクティブライトパイプネットワーク

〔051〕 本明細書では、「導波路ネットワーク」は、単一の導波路又は複数の相互結合された導波路ネットワークの形態を取ることができる。複数のアクティブライトパイプを備える導波路ネットワークは、柔軟な光データ転送の点において特定の利点を有する。

【0041】

〔052〕 図4A及び図4Bは、第1及び第2のアクティブライトパイプ400、420を含む導波路ネットワーク（その一部）の一方側の側面図を示す。第2のライトパイプ420は、第1の表面領域400-0を介して第2の導波路420からビームを受信するか、又は第2の導波路420にビームを誘導するために、第1のライトパイプ400の対応する表面領域に隣接して位置合わせされるように位置する第1の表面領域420-0を有する。純粹に例として、光線404は、第1の導波路400を通して、第1の導波路400の対応する表面領域に伝播するように示されており、第1の導波路400の対応する表面領域は、第2の導波路420の第1の表面領域420-0に隣接して存在する。光線404は、第1の導波路400の隣接する表面領域に取り付けられたSBG 400-1を介して第1の導波路400から取り出され、第1の表面領域400-0を介して第2の導波路420に取り込まれる。そこから、光線404は、1対多数の方式において第2の導波路420の複数のSBG 420-1、420-2のいずれか1つに誘導することができる。多数対1の方式において、光線404は、1対多数の方式において第2の導波路420から第1の導波路400へと他の方向にビームを誘導するためにも同じ配置を使用することができる。

【0042】

〔053〕 この例は、2つの相互結合された導波路400、420を考慮しているが、導波路ネットワークを通して柔軟なデータルーティングを可能にするために、より多くの相互結合された導波路に原理を適用することができる。

【0043】

〔054〕 より一般的には、媒体の表面領域は、別の方法で導波路の対応する表面領域に光学的に結合することができ、例えば、エアインタフェース又は1つ若しくは複数の他の光学コンポーネント（それら自体が導波路であり得、アクティブ若しくはパッシブスイッチング機能性を提供しても又はしなくてもよい）を介する方法が挙げられる。

【0044】

ホログラフィック記憶装置

〔055〕 ここでは、ホログラフィック記憶装置へのアクティブライトパイプの適用について説明する。

【0045】

〔056〕 図1A及び図1Bは、ホログラフィック記録媒体102（簡潔にするため、単に媒体102と呼ぶことができる）内で具体化される「ホログラム」として光パターンを持続的に記憶することができる比較的厚い感光性材料のボリュームである、ホログラフィック記録媒体102の概略斜視図を示す。ホログラムは、サブボリューム110内で持続的な状態変化が生じるように、媒体102のそのサブボリューム110（領域）を光パターンにさらすことによって生成される。その状態変化によってサブボリューム110で生成されたホログラムは、媒体102への光パターンを記録し、その後の時点でそこから光パ

10

20

30

40

50

ターンを再現することができる。ホログラムは、生成された時点において、それを維持するために媒体102が電力を必要としないという点で持続的なものである。媒体102の組成及び構造は、ホログラムが一度生成されると消去できないようなもの（従って、「ライトワンスリードメニー」（WORM）記憶装置の形態を提供する）又はホログラムの消去及び置換が可能であるようなもの（しかし、消去されない限り及び消去されるまで持続する）であり得る。

【0046】

[057] 単一のホログラムは、非常に多く（例えば、数百万）のビットを符号化する光パターンを記録することができ、それにより非常に大量のデータを並行して（同時に）ホログラフィック記録媒体102に書き込むこと／ホログラフィック記録媒体102から読み取る
10
ことができる。ホログラフィック記憶装置の別の利点は、多くのホログラムをホログラフィック記録媒体102の同じサブボリューム110に書き込めることであり、それによりホログラフィック記録媒体102の単位ボリュームあたりのデータ記憶容量が大幅に増大する。

【0047】

[058] より詳細には、図1Aは、媒体102にデータのセットを書き込むために、媒体102の第1及び第2の側面102-4、102-6のそれぞれを介して入力ビーム104及び参照ビーム106がどのようにサブボリューム110に向けられるかを示す。これにより、入力ビーム104と参照ビーム106との間の干渉によって生じる干渉パターンの形態の光パターンが生成される。ビーム104、106が十分な出力を有し、及びサブ
20
ボリューム110が十分な持続時間にわたって露光される場合、干渉するビーム104、106によって生成された干渉パターンは、ホログラムとしてサブボリューム110内に持続的に記録されることになる。以下に説明されるように、データのセットは、入力ビーム104に埋め込まれ、結果として得られたホログラムから回復することができる。このように、符号化されたデータのセットは、サブボリューム110に書き込まれる。以下の例では、データのセットは、デジタル画像として符号化され、次いで空間変調を介して入力ビーム104に埋め込まれる。

【0048】

[059] 図1Bに示されるように、サブボリューム110からデータを読み取るために、媒体102の第2の側面102-6を介して整合参照ビーム116がサブボリューム110
30
に向けられ、整合参照ビーム116は、ホログラムと相互作用して出力ビーム108を生成し、出力ビーム108は、本質的には、埋め込まれたデータが出力ビーム108から回復可能である程度において、ホログラムの書き込みに使用された入力ビーム104と整合する。出力ビーム108は、媒体102の第3の側面102-8を介してサブボリューム110外に伝播する。

【0049】

[060] データを読み取るために使用される参照ビーム116は、元々データを書き込むために使用された参照ビーム106と実質的に整合し、特にオリジナル参照ビーム106の角度と厳密に整合する角度（又はより一般的には方向）に向けられる。これは、ホログラムを読み取る（すなわちデータを回復できる出力ビーム108を生成する）能力が、
40
ホログラムの書き込みに使用される参照ビーム106と、ホログラムの読み取りに使用される参照ビーム116との間の角度偏差に対して感度が高いためである。この感度は、同じサブボリューム110内に複数のホログラムを記録するために利用でき、各ホログラムは、異なる参照ビーム角度を使用して生成され、2つの全く異なるホログラムを、参照ビーム角度のごくわずかな差を用いて生成することができる。このように、多く（例えば、数百又は数千）のホログラムを同じサブボリューム110に書き込むことができ、各々が多く（例えば、数百万）のビットを符号化する。

【0050】

[061] 図2Aは、本開示の特定の原理を組み込むホログラフィック記憶システム200の例の概略斜視図を示す。この特定の例では、入力ビーム104、参照ビーム106、1
50

16及び出力ビーム108を運ぶために3つの別々の導波路204、206、208が使用され、3つの別々の導波路204、206、208は、個別に入力導波路204、参照導波路206及び出力導波路208と呼ぶことができる。記述されるように、「光導波路」及び「ライトパイプ」という用語は、本明細書では、互いに交換可能に使用される。導波路204、206、208の各々は、ホログラフィック記録媒体102内の複数のサブボリュームのいずれか1つに（入力及び参照導波路204、206の場合）又はホログラフィック記録媒体102内の複数のサブボリュームのいずれか1つから（出力導波路208の場合）信号を誘導できるという意味で空間多重化を提供する。これにより、ホログラフィック記録媒体102に対する導波路204、206、208のいかなる機械的動作も必要とすることなく、ホログラフィック記録媒体102のボリュームにわたって空間多重化が提供される。そのような機械的動作の必要性を回避するため、誘導要素は、各導波路204、206、208上又は各導波路204、206、208内に位置し、媒体102の異なるサブボリュームに又は媒体102の異なるサブボリュームから信号を誘導するために導波路204、206、208の光学特性が変化するように構成可能である。すなわち、必要に応じて、導波路204、206、208内に異なるチャネルを作成するためである。この特定の例では、誘導要素は、アクティブ光学スイッチング要素（スイッチ）の形態を取る。スイッチが取ることのできる形態は、様々である。この例では、スイッチは、図3A～Fと同じ一般的な配置において、導波路204、206、208の異なる表面領域に位置するSBGの形態を取る。すなわち、各導波路204、206、208は、アクティブライトパイプの形態を取り、各導波路204、206、208は、図3A～Fのアクティブライトパイプ300と同じ一般的な物理構造を有する。

【0051】

[062] 各導波路204、206、208は、その第1の表面（すなわちそのSBGが位置する表面）が媒体102の異なる側面に隣接するように配置され、それにより、そのSBGは、媒体102のその側面に沿って延在する。各導波路204、206、208の第1及び第2のSBGは、参照番号204-1、204-2、206-1、206-2、208-1、208-2によってそれぞれ示され、それらは、すべて上述された方法で構成可能である。さらなるSBGは、参照番号なしで描写され、SBGの数は、いかなるサイズのホログラフィック記録媒体102にも適応するように選択することができる。以下の説明は、簡潔にするため、各導波路204、206、208の第1及び第2のSBGについて言及するが、より多くのSBGにも説明が当てはまることが理解されるであろう。

【0052】

[063] 図2B～2Dは、1対多数の方式で媒体102にデータを書き込むために、入力及び参照導波路204、206がどのように使用されるかを示す。図2Bは、システム200の概略平面図を示し、図2C及び図2Dは、入力及び参照導波路204、206がそれぞれ見える一方側の側面図を示す。入力導波路204は、上述された方法において、入力導波路204のSBG 204-1、204-2のいずれか1つを介して媒体102の複数のサブボリュームのいずれか1つに入力ビーム104を誘導するために使用される。参照導波路206は、参照ビーム106を同じサブボリュームに同時に誘導するように構成され、そのサブボリュームに書き込まれる所望の干渉パターンが生成される。描写される例では、入力導波路204と参照導波路206との両方は、ここでは、各導波路204、206の第2のSBG 204-2、206-2のそれぞれを介して、参照番号110によって示されるサブボリュームに入力及び参照ビーム104、106をそれぞれ誘導するように構成される。

【0053】

[064] 図2E～図2Gは、媒体102からデータを読み取るために、参照及び出力導波路206、208がどのように使用され得るかを示す。図2Eは、平面図であり、図2F及び図2Gは、参照及び出力導波路206、208が見える一方側の側面図を示す。参照導波路206は、図2B～図2Dに描写されるものと全く同じ方法で使用されるが、ここでは、ホログラムが読み取られるサブボリューム（この事例ではサブボリューム110）

に参照ビーム 116 が誘導される。出力導波路 208 は、後続の検出のために、サブボリューム 110 から導波路 208 を通して、結果として得られた出力ビーム 108 を誘導するために 1 対多数の方式で使用される。

【0054】

【065】 各サブボリューム 110 は、例えば、任意の側面に沿って測定されるように数ミリメートルの高さ及び幅を有し得、これは、一般的に、1 データ「ページ」（例えば、多重化角度）あたり数百万ピクセルを記憶するのに十分であろう。この事例では、サブボリュームのボリュームは、（数百万のピクセル）×（# 多重化角度の数）を記憶するのに十分である。

【0055】

【066】 入力導波路 204 及び参照導波路 206 の誘導要素（この例では S B G）は、必要に応じて、ビーム源（エミッタシステム）から、読み取られるサブボリューム 110 までの、入力ビーム 104 及び参照ビーム 106、116 に対するチャンネルを提供するように構成される。S B G では、チャンネルを作成するために必要に応じて透過又は反射状態に S B G を設定する。同様に、出力導波路 208 の誘導要素（この例でも S B G）も、読み取られているサブボリューム 110 から検出器までのチャンネルを提供するように同様に設定される。追加の文脈を提供するため、これに関して、図 5 に描写される多重導波路ネットワークを参照して以下でより詳細に説明する。しかし、図 5 の特定の例と関係付けて説明される原理は、より一般的には、より単純なネットワーク（例えば、単一の導波路）及びより複雑な導波路ネットワークの両方など、他の導波路ネットワークトポロジーにも当てはまる。

【0056】

【067】 上述されたように、これにより、導波路 204、206、208 に対する媒体 102 の機械的動作なしで媒体 102 にわたる空間多重化が可能になる。これは、誘導要素がどのような形態を取るにしても（上述されたように、それらの誘導要素自体が機械的又は非機械的でもあり得る）当てはまる。

【0057】

多重導波路ネットワークを使用するホログラフィック記憶装置

【068】 図 5 は、図 4 に示される種類の多重導波路ネットワークを組み込むホログラフィック記憶システムの例を示す。

【0058】

【069】 入力導波路ネットワークは、複数の第 2 の入力ライトパイプ 204 A、204 B（「子」導波路）が結合される第 1 の入力ライトパイプ 203（「親」導波路）を含むように示されている。エミッタシステム 504 からの入力ビーム 104 は、そのインカップリング領域を介して第 1 の入力導波路 203 に取り込まれ、そこから第 2 の入力導波路 204 A 又は 204 B に誘導されることができる。

【0059】

【070】 参照導波路ネットワークは、複数の第 2 の参照導波路 206 A、206 B が結合される第 1 の参照導波路 205 を含むように示されている。エミッタシステム 504 からの参照ビーム 106、116 は、同様に、第 1 の参照導波路 205 に取り込まれ、第 2 の参照導波路 206 A 又は 206 B に誘導されることができる。

【0060】

【071】 出力導波路ネットワークは、複数の第 2 の出力導波路 208 A、208 B が結合される第 1 の出力導波路 207 を含むように示されている。

【0061】

【072】 描写される配置により、ホログラフィック記憶媒体の複数のピース 102 A、102 B の異なるサブボリュームに／異なるサブボリュームからビームを向けることができる。

【0062】

【073】 図 5 は、入力ビーム 104、参照ビーム 106、116 及び出力ビーム 108 を

10

20

30

40

50

示すが、サブボリュームは、典型的には、図 2 A ~ G を参照して上述された方法で異なる時刻に書き込まれ、及び読み取られるであろうことが理解されるであろう。

【0063】

[074] 第 2 の導波路の第 1 のグループ 204 A、206 A、208 A（入力、参照及び出力の 1 つずつ）は、ホログラフィック記憶媒体の第 1 のピース 102 A（第 1 の媒体）の周囲に位置し、第 2 の導波路の第 2 のグループ 204 B、206 B、208 B は、第 2 のピース 102 B（第 2 の媒体）の周囲に位置し、各々は、図 2 A ~ G と同じ一般的な配置である。従って、入力及び参照ビーム 104、106、116 は、最初に、それらのビームを入力及び参照ネットワークの所望の第 2 の導波路にそれぞれ誘導し、次いで所望の導波路に隣接する媒体ピースの所望のサブボリュームに誘導することにより、いかなる媒体ピース 102 A、102 B のいかなるサブボリュームにも向けることができる。

10

【0064】

[075] 出力導波路ネットワークは、いかなる媒体ピース 102 A、102 B のいかなるサブボリュームからの出力ビーム 108 も、適用可能な第 2 の出力導波路 208 A、208 B から第 1 の出力導波路 207 に、次いで第 1 の出力導波路 207 から第 1 の出力導波路 207 のアウトカップリング領域を介して検出器 508 に誘導するために使用することができる。特定のサブボリュームからの読み取りを行うため、S B G は、そのサブボリュームから検出器までのチャンネルを提供するように構成され、従って、この事例では、S B G 204 A - 2 及び 207 - 1 は、透過状態に設定され、出力導波路ネットワークの他の S B G は、検出器 508 までの出力ビーム 108 に対するチャンネルを提供するために、必要に応じて反射状態に設定される（例えば、この事例では、第 1 の出力導波路 207 の S B G 207 - 2 は、導波路 208 B への出力ビーム 108 の伝播を防ぐために反射状態に設定される）。出力導波路ネットワークの他の S B G は、同じ媒体ピース 102 A の他の領域又は異なる媒体ピース 102 B からの不要な光の透過（すなわち「漏れ」）を防ぐために必要な程度で反射するように設定することができる（例えば、この例では、読み取られているサブボリュームに近い S B G 204 A - 1 は、不要な漏れを防ぐために反射するように設定されるように示されている）。

20

【0065】

[076] 上述の例では、入力、参照及び出力ビーム 104、106、116、108 に対して 3 つの別々の導波路ネットワークが使用されているが、これは必ずしも必要であるわけではない。例えば、同じ導波路ネットワークを使用して入力ビーム 104 と参照ビーム 106、116 との両方を運び、及び／又は同じ導波路ネットワークを使用して入力ビーム 104 と出力ビーム 108 とを運び、及び／又は同じ導波路ネットワークを使用して出力ビーム 108 と入力ビーム 104 とを運ぶことができる。一般的には、3 つの別々のネットワークを有することにより、最適な性能が提供されることが期待されるが、それにもかかわらず、1 つ又は 2 つのみの導波路ネットワークを使用した完全に実行可能な実装形態が存在する。

30

【0066】

[077] いずれの図にも描写されていないが、第 4 の導波路ネットワークを使用して、媒体ピース 102 A、102 B の残りの側面にビームを運ぶことができる。例えば、第 4 のネットワークを使用して、そこからのホログラムの消去に少なくとも適している（消去可能なホログラフィック記憶装置の場合）消去ビームを所望のサブボリュームに運ぶことができる。

40

【0067】

[078] 図 9 は、代替の物理構造を示し、図 5 の個々のピース 102 A、102 B の代わりに、ホログラフィック媒体 102 の単一の「スラブ」が使用される。入力導波路ネットワークが描写されており、本質的に同じ物理構成を有するが、ここでは、第 2 の入力導波路 204 A、204 B は、入力ビーム 104 を同じスラブ 102 の異なるサブボリュームに誘導するように構成される。図 5 では、第 2 の入力導波路 204 A、204 B の各々は、異なる単一の媒体ピース 102 A、102 B の長さに沿って一次元で多重化を提供する

50

が、図9では、第2の導波路204A、204Bは、ホログラフィック媒体102のスラブにわたって二次元で空間多重化を提供する（各導波路は、一次元多重化を個別に提供するが、全体としてスラブ102にわたる二次元多重化がある）。

【0068】

[079] 図9のシステムは、最大で2つの導波路ネットワークに限定される（スラブ102の両側に1つずつ）。上述されたように、それでもこれは、複数のビームを運ぶために同じネットワークを使用することができるため、実行可能な配置である。

【0069】

データ符号化

[080] 図6Aは、入力ビーム104と参照ビーム106との両方を提供するエミッタシステム504の例を示す。入力ビームは、拡大された空間変調レーザビームである。レーザ600は、コヒーレントな狭レーザビームを放出し、コヒーレントな狭レーザビームは、ビームスプリッタ602を使用して分割される。

【0070】

[081] ビームスプリッタ602からのビームの一部は、参照ビーム106として使用される。この例では、制御可能な参照ビームステアリング要素612を使用して、所望の角度で参照導波路206に入るように参照ビーム106が操作される。参照導波路206に取り込まれる前に参照ビーム106の角度を変更することにより、上述された方法で異なるホログラムを媒体の同じサブボリュームに書き込む／媒体の同じサブボリュームから読み取ることができる。

【0071】

[082] ビーム角度多重化の代替として又はそれに加えて、参照ビーム106、116の異なる位相（位相多重化）で複数のパターンを同じサブボリュームに記憶し、及び同じサブボリュームから読み取ることができる。従って、論理アドレスは、特定の参照ビーム角度及び／又は位相特性に対応し得る。参照ビーム角度の変調に関するすべての説明は、位相変調にも同じように当てはまる。

【0072】

[083] ビームスプリッタ602からのビームの他の部分は、ビームエキスパンダ604を使用して拡大され、拡大されたビームは、空間光変調器（SLM）606を通過する。エンコーダ610は、符号化されるデータのセットを受信し、デジタル画像としてそのデータのセットを符号化し、次いで、デジタル画像は、SLM 606を介して変調され、拡大ビームに埋め込まれる。SLM 606の平面が実質的にフーリエレンズ608の焦点面に存在するように位置するインカップリング光学系（この事例では、フーリエレンズ608）は、拡大ビームを全く異なる伝播モードに分離するために使用され、この例では、モードは、独自の伝播方向に対応し、ここでは、各モードは、SLM 606の平面における特定の点に対応する。異なる伝播モードは、入力導波路204に取り込まれ、上述された方法でそこから誘導される。インカップリング光学系608を用いると、データは、デジタル画像内の点が独自の伝播方向（すなわち入力ビーム104の独自の伝播モード）に本質的に対応するという意味において、入力ビーム内で「角度符号化」される。これは、無限遠点と捉えられる遠くのオブジェクトからの光線に類似している。図6Aの角度符号化された入力ビーム104は、「マルチモード」光信号の複数の伝播モード（すなわち異なる方向に伝播する成分）の一例であり、この配置は、角度ダイバーシティの形態を提供する。

【0073】

[084] 「マルチモード」という用語は、必ずしもそのようなインカップリング光学系608の使用を含意するわけではなく、必ずしもすべての画像点が所定の伝播方向に一意的に対応する必要があるわけでもないことに留意されたい。すなわち、マルチモードは、必ずしも伝播モードと画像点／データ点との1対1の対応を含意するわけではない。例えば、図6Bは、空間変調ビームが入力導波路204に直接取り込まれる代替の実行可能なエミッタシステムを示す。この事例では、依然として複数のモード（すなわち任意の所定の

チャンネルに対する導波路を通した複数の空間経路)が存在するが、伝播方向と画像点との1対1の対応はなく、場合により画像／データ点とモードとの1対1の対応もない。これにより、SLM 606の複数のピクセル及び空間コヒーレント検出器508の検出器アレイを介するMIMO(多入力多出力)転送の形態に基づく空間ダイバーシティの形態が提供される。

【0074】

データ復号

[085] 図7は、出力ビーム108の光場を測定するために使用される空間コヒーレント検出器508を示す。従来の「直接検出」とは対照的に、空間コヒーレント検出器508は、ピクセル(又はより一般的には検出器要素)のアレイを含み、その各々は、そのピクセルの場所における光場の振幅及び位相の両方(単なる強度ではない)を測定するように構成される。これらは、例えば、空間コヒーレント検出器508の局部発振器712を使用して測定することができる。従って、ピクセルのアレイは、時間及び空間の両方における光場の位相及び振幅の変動を測定することができ、従って測定された光場のアナログ又はデジタル表現を提供することができる。この事例では、測定される光場は、出力導波路208を介して空間コヒーレント検出器508に誘導された出力ビーム108の光場である。

【0075】

[086] 単一のアレイのみが描写されているが、事実上、単一の「論理アレイ」として協働する複数の物理アレイが存在し得る。例えば、この論理アレイは、2つの物理カメラにわたって分割することができる。

【0076】

[087] 物理検出器アレイは、単一のカメラの形態を取ることも(各検出器要素は、カメラのピクセル又はピクセルセットである)、複数のカメラの形態を取ることもできる。極端な事例では、各検出器要素は、別々のカメラであり得、その事例では、論理検出器アレイは、潜在的に、非常に多くの物理検出器にわたって分割することができる。

【0077】

[088] 記述されるように、ビームが導波路ネットワークに入る特定のインカップリング領域から、ビームが導波路ネットワークを出る特定のアウトカップリング領域までのルート(これらの領域は、同じ又は異なる導波路にあり得る)は、本明細書では、「チャンネル」と呼ぶことができる。記述されるように、マルチモード導波路ネットワークでは、単一のチャンネルは、複数の空間経路を包含する。出力ビーム108は、出力導波路ネットワークの特定のチャンネルを介して(すなわちその特定のインカップリング領域から出力導波路208のアウトカップリング領域に)誘導されることになる。その上、出力ビーム108は、入力導波路ネットワークのインカップリング領域からその特定のアウトカップリング領域に誘導された入力ビームを使用して生成されたホログラムから生成されることになる。ホログラムは、参照導波路ネットワークを通した特定のチャンネルを介して同様に誘導された参照ビームを使用して生成され、読み取られることになる。入力ビーム104、参照ビーム106、116及び出力ビーム108のすべては、それらが誘導されるチャンネルに特有の関連導波路ネットワーク内において歪みの影響を受けやすい。そのような歪みを補償するため、信号処理コンポーネント700は、アナログ及び／又はデジタル信号処理を測定された場の表現に適用する。信号処理コンポーネント700は、現在読み取られている(すなわち出力ビーム108が生成された)サブボリュームに関連付けられたチャンネルモデルを使用してそれを行う。特定のサブボリュームに関連付けられたチャンネルモデルは、出力ビーム108が検出器508まで誘導されているチャンネルのみならず、ホログラムの書き込みに使用される入力ビーム104がそのサブボリュームまで誘導されたチャンネル及びホログラムへの書き込み／読み取りに使用される参照ビーム106、116がそのサブボリュームまで誘導されたチャンネルもモデル化する。

【0078】

[089] 各チャンネルモデルは、例えば、(チャンネルを直接モデル化する)転送関数(tr

10

20

30

40

50

ansfer function) 又は (その近似逆関数でチャネルをモデル化する) 逆転送関数の形態を取ることができる。転送関数は、測定された光場の表現 (すなわち異なる空間点におけるその測定された位相及び振幅の両方) に適用され、単なる光の強度に適用されるわけではないことに留意されたい。空間コヒーレント検出は、そのようなチャネル歪みを除去又は低減するためのより大きい範囲を提供し、その目的は、オリジナルのデジタル画像を十分に正確に回復し、デコーダ 704 により、回復した画像から、符号化されたデータを容易に復号することである。

【0079】

[090] 信号処理 700 は、例えば、光学技法と演算技法との組合せ (例えば、機械学習技術法を含み得る) を使用して、位相干渉及びノイズを補正することができる。

【0080】

[091] 学習手法を用いると、エミッタシステム 504 から空間コヒーレント検出器 508 までの経路は、モデル化されるチャネルとして扱われる。チャネルは、チャネル歪み効果を反転させる、学習される関数 (逆転送関数など) でモデル化することができる。そのような関数への入力、空間コヒーレント検出を通して測定された、出力ビームの歪みがある場 (位相及び振幅) であり、そのような関数の出力は、入力ビームの歪みがない場 (位相及び振幅) である。十分な数の訓練例 (すなわち歪みがある出力場とクリーンな入力場との対) が与えられると、この逆関数に近似するようにモデルを訓練することができる (すなわち、歪みがある出力場 (位相及び振幅) が入力として与えられる場合、訓練モデルは、オリジナルの入力場をほぼ回復する)。これは、訓練中、歪みがある出力場のその正確な形態にモデルが遭遇しなかった場合にも当てはまり、なぜなら、十分な訓練例の組からそのようなモデルを一般化することができるためである。例えば、出力及び入力場は、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) の入力及び出力テンソルとして表すことができ、CNN は、各訓練例に対して、その訓練例の出力テンソル (その訓練例の入力テンソルに CNN を適用することによって生成されるような) と、既知の対応する入力場との差にペナルティを科す損失関数に基づいて訓練することができる。理解されるように、この手法は、ホログラフィック記憶装置においてのみならず、そのような訓練例を収集できることを条件として、出力場が導波路歪みを呈するあらゆる状況においても適用することができる。

【0081】

[092] ホログラフィック記憶装置に関連して説明されているが、空間コヒーレント検出と組み合わせたそのような信号処理 700 の使用は、この点において限定されず、光通信若しくは光演算などの他の文脈、又は受信出力ビームが 1 つ若しくは複数の導波路ネットワークにおいて導入された歪みの影響を受けやすい他の任意の文脈において適用することができる。

【0082】

[093] 図 7 は、図 6 B のインカップリング光学系 608 の効果を本質的に反転させるように (すなわち、本質的に、各伝播モードを空間コヒーレント検出器 508 の平面内の単一の点に解像するように) 配置されたアウトカップリング光学系 715 を示す。この場合にもやはり、これは、必須ではなく、図 6 B の代替のエミッタシステムを用いることでアウトカップリング光学系 715 を省略することができる。

【0083】

[094] 図 6 A 又は図 6 B では描写されていないが、変調して入力ビーム 104 に埋め込む前に、あるレベルの前処理をデジタル画像に適用することができる。これにより、検出器側で必要な補償レベルを下げる可以降低ることができる。そのような前処理を行ったとしても、異なるチャネル間の異なる歪み効果を説明するために、ある程度の検出器側の処理が適用され得る。

【0084】

動的スケジューリング

[095] 図 8 は、上述された種類のホログラフィック記憶システム内の読み取り及び書き

10

20

30

40

50

込み動作をスケジュールすることができるスケジューラ 800 の形態のコントローラを示す。効果的なスケジューリングを容易にするため、媒体 102 内又は各媒体ピース 102 A、102 B 内のサブボリュームは、一意アドレスを割り当てられる。これにより、より従来の形態のアドレス指定可能な電子記憶装置に類似したアドレス指定可能なホログラフィック記憶装置の形態が提供される。しかし、従来のアドレス指定を上回る多くの特色が存在する。

【0085】

[096] 第 1 に、上述されたように、単一のサブボリュームは、異なる参照ビーム角度で複数のホログラムを記憶することができる。これに対応するため、各アドレスは、特定の参照ビーム方向と組み合わせて特定のサブボリュームに一意的に対応し（すなわち、利用可能な各タプルには、一意アドレスが割り当てられる）、媒体 102 内又は媒体ピース 102 A、102 B のいずれか 1 つ内の特定のサブボリュームを示し、特定の参照ビーム方向（例えば、ビーム方向を定義する角度又は複数の角度の組であり、「角度」という用語は、参照ビームの方向について言及するための簡潔表現として使用することができるが、方向は、事実上、システムの構成に応じて複数の角度によって定義できることが理解されるであろう）を示す。従って、サブボリュームは、異なる参照ビーム角度に対応する潜在的に多くのアドレスに関連付けることができる。タプルは、論理記憶場所を定義し、異なる参照ビーム角度で同じサブボリュームにより、物理レベルで複数の論理記憶場所が提供される。論理記憶場所の各々は、一意アドレス（ADDR）を有する。この表記は、サブボリューム及び参照ビーム角度に対応するアドレスを意味するための簡潔表現として使用されるが、これは、特定のアドレスの表現を含意しないことが理解されるであろう。この性質の論理記憶場所を一意識別するいかなるアドレス空間及びアドレス指定メカニズムも使用することができる。

【0086】

[097] 第 2 に、従来の記憶装置とは対照的に、論理記憶場所の各々は、画像全体を記憶することができ、従って、単一の論理記憶場所は、潜在的に、非常に多く（例えば、数千又は数百万）のビットを記憶することができる。

【0087】

[098] スケジューラ 800 は、論理記憶レベルで動作し、適切な時間間隔内において、異なるアドレスに関する到来した読み取り及び書き込み動作をスケジュールする。

【0088】

[099] 参照番号 804、806 及び 808 は、それぞれ入力、参照及び出力光導波路ネットワークを示すために使用される。上述されたように、各々は、単一導波路ネットワーク又は多重導波路ネットワーク（例えば、図 5 と同様の）であり得、ホログラフィック記憶媒体の 1 つのピース（又は複数のピース）の異なるサブボリュームへのチャンネルを作成するために使用することができる 1 つ又は複数の構成可能な誘導要素（例えば、SBG 又は他のアクティブスイッチング要素）を有する。

【0089】

[100] 特定のアドレスに関する書き込み動作がスケジュールされる期間（書き込み期間）中、入力及び参照導波路ネットワーク 804、806 内の誘導要素は、エミッタシステム 504 から入力及び参照ネットワーク 804、806 のそれぞれを通して対応するサブボリュームまでの、入力ビーム 104 及び参照ビーム 106 に対するチャンネルを作成するように設定される。加えて、参照ビームステアリング要素 612 は、対応する方向において参照ビーム 106 を参照ネットワーク 806 に向けるように設定される。これにより、サブボリューム内において参照ビーム角度で所望の干渉パターンが生成され、従って、十分に長い持続時間にわたり、サブボリュームが干渉パターンにさらされる場合、その干渉パターンは、ホログラムとして持続的に記憶される。

【0090】

[101] 特定のアドレスに関する読み取り動作がスケジュールされる期間（読み取り期間）中、参照及び出力ネットワーク 806、808 内の誘導要素は、同様に、参照ネットワ

10

20

30

40

50

ーク 806 を通してサブボリュームまでの、参照ビーム 116 に対するチャンネルを作成し、及びサブボリュームから出力ネットワーク 808 を通して検出器 508 までの、出力ビーム 108 に対するチャンネルを作成するように設定される。参照ビームステアリング要素 612 は、同様に、意図するホログラムをサブボリュームにおいて参照ビーム角度で読み取るために、対応する方向において参照ビーム 116 を参照ネットワーク 806 に向けるように設定される。

【0091】

代替の導波路ネットワーク：

[102] 図 10A 及び図 10B は、代わりに、入力及び参照ビーム 104、106、116 の 1 つ又は複数の光学特性を変調することによって空間多重化が達成される、代替のシステムを示す。そのようなシステムでは、これまでの図にあったアクティブ（切り替え可能な）誘導要素の代わりに、パッシブ（切り替え不可能な）誘導要素を使用することができる。

10

【0092】

[103] 図 10A の例は、周波数（又は均等に波長）変調を考慮する。この事例では、ライトパイプ自体（それら自体）がパッシブであり、静的な波長依存性のアウトカップリング（連続ロングパルスダイクロイック干渉フィルタ又は可変中心波長バンドパスフィルタなど）を有する。

【0093】

[104] 図 11A は、外面 1100-S を有するライトパイプ 1100 を示し、外面 1100-S に沿って複数のパッシブフィルタ 1100-1、1100-2 が存在する。ライトパイプ 1100 の構成は、フィルタ 1100-1、1100-2 が SBG 300-1、300-2 に取って代わるという事実を別として、図 3A~D と同じである。フィルタ 1100-1、1100-2 は、異なる周波数応答を有する（すなわち、それらは、周波数フィルタとして動作する）。より具体的には、各フィルタ 1100-1、1100-2 は、本質的に、比較的狭い範囲の光周波数を透過し、その範囲外の周波数に対して本質的に反射する。図 11A は、インカップリングビーム 1104 を示し、その周波数は、第 2 のフィルタ 1100-2 の範囲内であるが、第 1 のフィルタ 1100-1 の範囲外である。従って、ビーム 1104 は、第 1 のフィルタ 1100-1 に反射されるが、第 2 のフィルタ 1100-2 を通して透過する（従って、その場所でライトパイプ 1100 を出る）。図 11B は、異なる周波数のビーム 1104' を示し、ここでは、その周波数は、第 1 のフィルタ 1100-1 の範囲内であり、従って第 1 のフィルタ 1100-1 を通して透過する。

20

30

【0094】

[105] そのようなライトパイプ 1100 は、上述されたアクティブライトパイプの代わりに使用することができ、上述の説明は、以下のシステムの変更形態にも同じように当てはまる。

【0095】

[106] 図 10A は、入力及び参照ビーム 104、106、116 の周波数（又は均等に波長）を変化させるためのエミッタシステムのレーザ 600 に通信可能に結合されたスケジューラ 800 を示す。この事例では、いずれのビームも、周波数を相応に設定することにより、所望のホログラフィック記憶領域に向けることができる。ここでは、異なるビーム周波数は、導波路ネットワークを通した（パッシブフィルタの異なる周波数特性によって定義される）異なるルートに対応し、周波数は、任意の所望のルートに対応するように設定することができる。

40

【0096】

[107] この事例では、スイッチング次元として波長が使用される。レーザ 600 は、アクティブ要素として機能する高速の調節可能なレーザである。

【0097】

[108] そのような認識では、切り替えは、一空間次元のみにおけるもの（すなわちシン

50

グルパイプに沿ったもの）であり得る。しかし、十分な範囲及び狭い線幅を有するレーザを用いると、第1のライトパイプは、粗く（すなわち比較的広い波長範囲にわたって）フィルタリングし得、後続のライトパイプは、より細かく（すなわちより狭い波長範囲にわたって）サンプリングする。線幅を制限する別の要因は、比較的長いコヒーレンス長に対する要求であり、従って、いかなる事象においても、線幅は、十分に狭くなり得る。ホログラフィック記憶装置に関連して、2次元出力空間にわたるアドレス指定可能な場所への入力場の複製を達成するため、この実装形態は、例えば、異なる切り替え可能なパラメータ（例えば、偏光）を使用する第2の実装形態と組み合わせることができる。

【0098】

[109] 読み取り動作に関連して、出力ビーム108の周波数は、特定のサブボリュームを読み取るために使用される参照ビーム116の周波数と整合するものであり、同じ原理を適用して、出力導波路ネットワーク808において適切なフィルタを使用して検出器に戻すことができる。

【0099】

[110] 図10Bは、入力及び参照ビーム104、106、116の偏光を変化させるために使用することができる制御可能な偏光素子601を備えるそのような実装形態の例を示す。これは、ライトパイプ上又はライトパイプ内のパッシブ偏光フィルタと組み合わせることができる。これは、図10Aの例のパッシブ周波数フィルタの代替として又はそれに加えて実装することができる。そのような偏光変調は、2つの独立したルートを提供し、例えばパッシブ波長フィルタリング及び／又はアクティブライトパイプと組み合わせ役立てることができる。ビームの偏光変調は、アクティブ偏光フィルタと組み合わせることもできる。

【0100】

[111] 上述された様々な「パッシブ」及び「アクティブ」実装形態は、すべて別々に又は組み合わせて実装できる（例えば、アクティブ誘導要素とパッシブ誘導要素との組合せを使用できる）ことに留意されたい。すなわち、導波路がパッシブ要素とアクティブ要素との両方を有し、及び／又は同じネットワーク内でアクティブ導波路とパッシブ導波路とを組み合わせることが可能である。

【0101】

追加の階層レベル：

[112] 上述の例は、親導波路と子導波路との2つの階層「レベル」を有する導波路ネットワークを考慮する。しかし、多重導波路ネットワークは、3つ（親、子、孫）又はそれを超えるレベルを有し得る。「子」、「親」及び「孫」という用語は、必ずしも直接的な階層関係を含意するわけではないことに留意されたい。すなわち、子又は孫という用語は、親又は子導波路のそれぞれの下層のいかなる階層レベルのいかなる導波路も指し得る。すなわち、子／孫導波路は、例えば、エアインタフェース（直接的な子孫）を介してのみならず、その1つ又は複数の他の子／孫導波路（間接的な子孫）を介しても親／子導波路に光学的に結合することができる。

【0102】

[113] 図12は、3つの階層レベルを有する導波路ネットワークの例を示す。親導波路1200は、上述の方法で親導波路1200に光学的に結合された2つの直接的な子導波路ネットワーク1202A、1202Bを有し、それらの子導波路1202A／1202Bの各々は、同じ方法で子導波路1202A／1202Bに光学的に結合された2つの孫ネットワーク1204A-A、1204A-B／1204B-A、1204B-Bを有する。

【0103】

[114] 極端な例は、すべての導波路が正確に2つの直接的な子を有する「二分木」アーキテクチャであり、潜在的には3つを超えるレベルの導波路を有する可能性がある。しかし、実際には、必要な階層レベルの数を低減するために、直接的な子の数を増加することが好ましい状況もあり得る。

【0104】

[115] 図8、10A及び10Bに示されるスケジューラ800は、システムの機能コンポーネントである。同様に、エンコーダ610、デコーダ704及び信号処理コンポーネント700も機能コンポーネントである。そのようなコンポーネントは、ソフトウェアにおいて（すなわちCPU、アクセラレータ、例えばGPUなどの1つ又は複数のプログラム可能なハードウェアプロセッサ上で実行されるプログラムコードとして）実装することも、フィールドプログラマブルゲートアレイ及び／又は特定用途向け集積回路などのプロセッサハードウェアの他の形態を使用して実装することもできる。信号処理コンポーネント700によって行われる信号処理は、アナログ若しくはデジタル信号処理又はそれらの任意の組合せであり得る。そのようなプログラムコード及び他のデータ（例えば、チャンネルモデル702）は、コンピュータ可読記憶装置において符号化することができる。コンピュータ可読記憶装置の例は、光学、磁気及び／又はソリッドステート記憶装置を含み、非一時的な形式でコード、データ及び同様のものを記憶することができる。これは、一時信号搬送波などの一時的な媒体とは対照的である。

10

【0105】

[116] 本明細書の第1の態様は、光データ転送システムであって、入力ビームにデータのセットを埋め込むように構成されたビーム変調器と、1つ又は複数のマルチモード光導波路から形成された入力導波路ネットワークであって、入力ビームを受信するためのインカップリング領域を有し、入力導波路ネットワークのアウトカップリング領域に入力ビームを誘導するように構成される入力導波路ネットワークと、複数の場所で出力光場の位相及び振幅を測定するように構成された空間コヒーレント検出器であって、出力光場は、入力ビームによって少なくとも部分的に画定され、従って、少なくとも部分的には入力ビームが入力導波路ネットワークを通過することにより生じる歪み効果を呈する、空間コヒーレント検出器と、空間コヒーレント検出器に結合された少なくとも1つのプロセッサであって、空間コヒーレント検出器の出力に信号処理を適用して、前記歪み効果を補償し、それにより空間コヒーレント検出器の出力から、入力ビームに埋め込まれたデータのセットを回復するように構成される少なくとも1つのプロセッサとを含む光データ転送システムを提供する。

20

【0106】

[117] 実施形態では、光データ転送システムは、少なくとも1つのホログラフィック記録領域を含み得、入力導波路ネットワークは、入力ビームと参照ビームとの間の干渉を介して、その領域内で記録されたパターンにおいて、埋め込まれたデータを記憶するために、ホログラフィック記録領域に入力ビームを誘導するように構成され、出力光場は、埋め込まれたデータをそのホログラフィック記録領域から読み取るために、記録されたパターンと参照ビームとの間の相互作用を介してその後の時点で生成される。

30

【0107】

[118] 光データ転送システムは、入力導波路ネットワークと、1つ又は複数のさらなるマルチモード光導波路から形成された参照導波路ネットワークとのうちの1つを介して、ホログラフィック記録領域に参照ビームを誘導するように構成され得、参照ビームが入力又は参照導波路ネットワークを通過することも、信号処理によって補償される前記歪み効果に寄与し得る。

40

【0108】

[119] 光データ転送システムは、入力導波路ネットワークと、上述の参照導波路ネットワークと、1つ又は複数のさらなるマルチモード光導波路から形成された出力導波路ネットワークとのうちの1つを介して、入力ビームによって少なくとも部分的に画定される出力ビームを空間コヒーレント検出器に誘導するように構成され得、出力ビームが入力、参照又は出力導波路ネットワークを通過することも、信号処理によって補償される前記歪み効果に寄与し得る。

【0109】

[120] 入力導波路ネットワーク、上述の参照導波路ネットワーク及び上述の出力導波路

50

ネットワークのうちの少なくとも1つは、構成可能な、及び／又は少なくとも1つのビーム特性に応答する少なくとも1つの誘導要素を含み得、それにより、少なくとも1つの誘導要素を再構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することにより、前記少なくとも1つの導波路ネットワークのための異なるチャンネル選択肢が実現され得、少なくとも1つのプロセッサは、出力光場に関連付けられたチャンネル選択に応じて前記信号処理を適用するように構成され得る。

【0110】

[121] 少なくとも1つのプロセッサは、異なるチャンネル選択肢に対応する複数のチャンネルモデルから、関連付けられたチャンネル選択に対応するチャンネルモデルを選択し、及び選択されたチャンネルモデルに応じて前記信号処理を適用するように構成され得る。

10

【0111】

[122] 各チャンネルモデルは、対応するチャンネル選択のために学習された信号処理パラメータのセットを含み得る。

【0112】

[123] 本明細書の第2の態様は、光データ転送システムであって、入力ビームにデータのセットを埋め込むように構成されたビーム変調器と、複数の場所で出力ビームの光場の位相及び振幅を測定するように構成された空間コヒーレント検出器であって、出力ビームは、入力ビームによって少なくとも部分的に画定される、空間コヒーレント検出器と、1つ又は複数のマルチモード光導波路から形成された出力導波路ネットワークであって、出力ビームを受信するためのインカップリング領域を有し、及び空間コヒーレント検出器で受信するために、出力導波路ネットワークのアウトカップリング領域に出力ビームを誘導するように構成される出力導波路ネットワークと、空間コヒーレント検出器に結合された少なくとも1つのプロセッサであって、空間コヒーレント検出器の出力に信号処理を適用して、少なくとも部分的には出力ビームが出力導波路ネットワークを通過することにより生じる歪み効果を補償し、それにより空間コヒーレント検出器の出力から、入力ビームに埋め込まれたデータのセットを回復するように構成される少なくとも1つのプロセッサとを含む光データ転送システムを提供する。

20

【0113】

[124] 光データ転送システムは、複数のホログラフィック記録領域を含み得、出力光導波路ネットワークは、構成可能な、及び／又は少なくとも1つのビーム特性に応答する少なくとも1つの誘導要素を有し、それにより、少なくとも1つの誘導要素を再構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することにより、複数のホログラフィック記録領域の任意の領域が、同じ空間コヒーレント検出器を使用して読み取られるために選択されて、選択されたホログラフィック記録領域から空間コヒーレント検出器に出力ビームを誘導することができ、少なくとも1つのプロセッサは、読み取られているホログラフィック記録領域に応じて前記信号処理を適用するように構成される。

30

【0114】

[125] 各ホログラフィック記録領域は、少なくとも1つのチャンネルモデルに関連付けられ得、少なくとも1つのプロセッサは、読み取られているホログラフィック記録領域に関連付けられたチャンネルモデルを使用して前記信号処理を適用するように構成され得る。

40

【0115】

[126] 各ホログラフィック記録領域は、少なくとも1つの論理アドレスを有し得、チャンネルモデルは、現在の読み取り動作に関連付けられた論理アドレスであって、読み取られているホログラフィック記録領域を識別する論理アドレスに基づいて選択され得る。

【0116】

[127] 光データ転送システムは、出力導波路ネットワークと、1つ又は複数のさらなるマルチモード光導波路から形成された参照導波路ネットワークとのうちの1つを介して、ホログラフィック記録領域の選択されたものに参照ビームを誘導するように構成され得、参照ビームが出力又は参照導波路ネットワークを通過することも、信号処理によって補償される前記歪み効果に寄与し得る。

50

【0117】

[128] 光データ転送システムは、出力導波路ネットワークと、さらなる1つ又は複数のマルチモード光導波路から形成された入力導波路ネットワークとのうちの1つを介して、ホログラフィック記録領域の選択されたものに入力ビームを誘導するように構成され得、入力ビームが出力又は入力導波路ネットワークを通過することは、信号処理によって補償される前記歪み効果に寄与し得る。

【0118】

[129] 本明細書の第3の態様は、光データ転送システムであって、入力ビームにデータのセットを埋め込むように構成されたビーム変調器と、複数の場所で出力光場の位相及び振幅を測定するように構成された空間コヒーレント検出器であって、出力光場は、入力ビーム及び参照ビームによって少なくとも部分的に画定される、空間コヒーレント検出器と、1つ又は複数のマルチモード光導波路から形成された参照導波路ネットワークであって、参照ビームを受信するためのインカップリング領域を有し、出力光場を画定するために、参照導波路ネットワークのアウトカップリング領域に参照ビームを誘導するように構成される参照導波路ネットワークと、空間コヒーレント検出器に結合された少なくとも1つのプロセッサであって、空間コヒーレント検出器の出力に信号処理を適用して、少なくとも部分的には参照ビームが参照導波路ネットワークを通過することにより生じる歪み効果を補償し、それにより空間コヒーレント検出器の出力から、入力ビームに埋め込まれたデータのセットを回復するように構成される少なくとも1つのプロセッサとを含む光データ転送システムを提供する。

【0119】

[130] 光通信システム又は光演算システムは、少なくとも1つのそのような光データ転送システムを含み得る。

【0120】

[131] 上述のある実施形態では、以下に記載されるような導波路ネットワークを使用することができる。

【0121】

[132] マルチモード光導波路ネットワークは、親導波路と、複数の子導波路とを含み得、親及び子導波路の各々は、第1の表面領域と、複数の第2の表面領域と、導波路の表面に取り付けられるか又は導波路内に埋め込まれた少なくとも1つの誘導要素とを有するマルチモード光導波路であり、親導波路の第2の表面領域の各々は、子導波路のうち対応するものの第1の表面領域に光学的に結合され、親導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その複数の第2の表面領域の選択された第2の表面領域に又は選択された第2の表面領域からビームを誘導するように配置され、ビームは、親導波路の第2の表面領域と対応する子導波路の第1の表面領域とを介して、その第1の表面領域が親導波路の第2の表面領域に光学的に結合された対応する子導波路に取り込まれるか又は対応する子導波路から受信され、各子導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その複数の第2の表面領域の選択された第2の表面領域に又は選択された第2の表面領域からビームを誘導するように配置され、各導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その導波路の第2の表面領域を選択するように構成可能であり、及び／又は、少なくとも1つのビーム特性に応答して、少なくとも1つのビーム特性の変調を介してその導波路の第2の表面領域を選択する。

【0122】

[133] マルチモード光導波路ネットワークは、複数の孫導波路を含み得、その各々は、第1の表面領域と、複数の第2の表面領域と、孫導波路の表面に取り付けられるか又は孫導波路内に埋め込まれた少なくとも1つの誘導要素とを有するマルチモード光導波路であり、各子導波路の第2の表面領域の各々は、孫導波路のうち対応するものの第1の表面領域に光学的に結合され、各孫導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その複数の第2の表面領域の選択された第2の表面領域に又は選択された第2の表面領域からビームを誘導するように配置することができ、ビー

ムは、その第1の表面領域を介して及びそこに光学的に結合された子導波路の第2の表面領域を介して、その孫導波路に取り込まれるか又はその孫導波路から取り出され、各孫導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その孫導波路の第2の表面領域を選択するように構成可能であり、及び／又は、少なくとも1つのビーム特性に応答して、少なくとも1つのビーム特性の変調を介してその孫導波路の第2の表面領域を選択する。

【0123】

[134] 導波路の各々は、その導波路の第2の表面領域を選択するように構成可能である少なくとも1つのアクティブ誘導要素を有し得る。

【0124】

[135] 導波路の各々は、少なくとも1つのビーム特性に応答して、少なくとも1つのビーム特性の変調を介してその導波路の第2の表面領域を選択する、少なくとも1つの誘導要素を有し得る。

10

【0125】

[136] 導波路の少なくとも1つは、その導波路の第2の表面領域を選択するように構成可能である少なくとも1つのアクティブ誘導要素を有し得、導波路の少なくとも別のものは、少なくとも1つのビーム特性に応答して、少なくとも1つのビーム特性の変調を介してその他の導波路の第2の表面領域を選択する、少なくとも1つの誘導要素を有し得る。

【0126】

[137] 親導波路の1つ及び子導波路の1つは、少なくとも1つの波長応答誘導要素を有し得、それにより、第1の波長範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、子若しくは孫導波路の第1のものに又は子若しくは孫導波路の第1のものから誘導され、第2の波長範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、子若しくは孫導波路の第2のものに又は子若しくは孫導波路の第2のものから誘導され、第1の子又は孫導波路は、少なくとも1つの波長応答誘導要素を有し得、それにより、第1の波長範囲の第1のサブ範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その第2の表面領域の1つに又はその第2の表面領域の1つから誘導され、第1の波長範囲の第2のサブ範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その第2の表面領域の別のものに又はその第2の表面領域の別のものから誘導され、第2の子又は孫導波路は、少なくとも1つの波長応答誘導要素を有し得、それにより、第2の波長範囲の第1のサブ範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その第2の表面領域の1つに又はその第2の表面領域の1つから誘導され、第2の波長範囲の第2のサブ範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その第2の表面領域の別のものに又はその第2の表面領域の別のものから誘導される。

20

30

【0127】

[138] その又は各アクティブ誘導要素は、構成可能な透過率及び反射率並びに構成可能な屈折率の少なくとも1つを有し得る。

【0128】

[139] その又は各アクティブ誘導要素は、切り替え可能グレーティング又はグレーティング領域であり得る。

40

【0129】

[140] 誘導要素の少なくとも1つは、固定若しくは構成可能な波長応答及び／又は固定若しくは構成可能な偏光軸を有する波長及び／又は偏光フィルタであり得る。

【0130】

[141] 導波路の少なくとも1つは、2つ以上の誘導要素及び3つ以上の第2の表面領域を有し得、それらのいずれも、2つ以上の誘導要素の一方若しくは両方を構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することによって選択することができる。

【0131】

[142] そのような導波路ネットワークを組み込む光学システムは、第1の光学システムコンポーネントと、複数の第2の光学システムコンポーネントと、上述の態様又は実施形

50

態のいずれかによる少なくとも1つのマルチモード光導波路ネットワークであって、第1の光学システムコンポーネントから又は第1の光学システムコンポーネントに、複数の第2の光学システムコンポーネントの選択された第2の光学システムコンポーネントに又は選択された第2の光学システムコンポーネントからビームを誘導するように配置される、マルチモード光導波路ネットワークと、複数の第2の光学システムコンポーネントの1つの第2の光学システムコンポーネントを選択するように構成されたコントローラであって、マルチモード光導波路ネットワークの誘導要素の少なくとも1つを構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することにより、第1の光学システムコンポーネントから又は第1の光学システムコンポーネントに、選択された第2の光学システムコンポーネントに又は選択された第2の光学システムコンポーネントからビームを誘導させる、コントローラとを含み得る。

10

【0132】

[143] 第1のシステムコンポーネントは、ビームを放出して、選択された第2のシステムコンポーネントに誘導するためのエミッタシステム又は選択された第2のシステムコンポーネントからビームが誘導される検出器アレイを含み得る。

【0133】

[144] 光学システムは、1つ又は複数のホログラフィック記録媒体を含み得、第2のシステム光学コンポーネントの少なくともいくつかは、1つ又は複数のホログラフィック記録媒体のそれぞれのサブボリュームであり得る。

【0134】

20

[145] 光学システムは、上述の態様又は実施形態のいずれかによる第2のマルチモード光導波路ネットワークを含み得、コントローラは、第2のマルチモード光導波路ネットワークの誘導要素の少なくとも1つを構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することにより、第1の光学システムコンポーネントから又は第1の光学システムコンポーネントに、同じ選択された第2の光学システムコンポーネントに又は同じ選択された第2の光学システムコンポーネントから第2のビームを誘導させるように構成することができる。

【0135】

[146] 光学システムは、上述の態様又は実施形態のいずれかによる第3のマルチモード光導波路ネットワークを含み得、コントローラは、第3のマルチモード光導波路ネットワークの誘導要素の少なくとも1つを構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することにより、第1の光学システムコンポーネントから又は第1の光学システムコンポーネントに、同じ選択された第2の光学システムコンポーネントに又は同じ選択された第2の光学システムコンポーネントから第3のビームを誘導させるように構成することができる。

30

【0136】

[147] 例えば、光通信又は光演算に関連して、第1及び／又は第2の光学システムコンポーネントの少なくとも1つの光学システムコンポーネントは、ビームを電気信号に変換するように（又はその逆も同様）構成された信号変換器又は光学プロセッサを含み得る。

【0137】

40

[148] 上述のある実施形態では、以下に記載されるような導波路ネットワークを使用することができる。

【0138】

[149] マルチモード光導波路ネットワークは、親導波路と、複数の子導波路とを含み得、親及び子導波路の各々は、第1の表面領域と、複数の第2の表面領域と、導波路の表面に取り付けられるか又は導波路内に埋め込まれた少なくとも1つの誘導要素とを有するマルチモード光導波路であり、親導波路の第2の表面領域の各々は、子導波路のうち対応するものの第1の表面領域に光学的に結合され、親導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その複数の第2の表面領域の選択された第2の表面領域に又は選択された第2の表面領域からビームを誘導するように配置さ

50

れ、ビームは、親導波路のその第2の表面領域を介して及び対応する子導波路のその第1の表面領域を介して、その第1の表面領域が親導波路のその第2の表面領域に光学的に結合された対応する子導波路に取り込まれるか又は対応する子導波路から受信され、各子導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その複数の第2の表面領域の選択された第2の表面領域に又は選択された第2の表面領域からビームを誘導するように配置され、各導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その導波路の第2の表面領域を選択するように構成可能であり、及び／又は少なくとも1つのビーム特性に応答して、少なくとも1つのビーム特性の変調を介してその導波路の第2の表面領域を選択する。

【0139】

[150] マルチモード光導波路ネットワークは、複数の孫導波路を含み得、その各々は、第1の表面領域と、複数の第2の表面領域と、孫導波路の表面に取り付けられるか又は孫導波路内に埋め込まれた少なくとも1つの誘導要素とを有するマルチモード光導波路であり、各子導波路の第2の表面領域の各々は、孫導波路のうち対応するものの第1の表面領域に光学的に結合され、各孫導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その複数の第2の表面領域の選択された第2の表面領域に又は選択された第2の表面領域からビームを誘導するように配置することができ、ビームは、その第1の表面領域を介して及びそこに光学的に結合された子導波路の第2の表面領域を介して、その孫導波路に取り込まれるか又はその孫導波路から取り出され、各孫導波路の少なくとも1つの誘導要素は、その孫導波路の第2の表面領域を選択するように構成可能であり、及び／又は少なくとも1つのビーム特性に応答して、少なくとも1つのビーム特性の変調を介してその孫導波路の第2の表面領域を選択する。

【0140】

[151] 導波路の各々は、その導波路の第2の表面領域を選択するように構成可能である少なくとも1つのアクティブ誘導要素を有し得る。

【0141】

[152] 導波路の各々は、少なくとも1つのビーム特性に応答して、少なくとも1つのビーム特性の変調を介してその導波路の第2の表面領域を選択する、少なくとも1つの誘導要素を有し得る。

【0142】

[153] 導波路の少なくとも1つは、その導波路の第2の表面領域を選択するように構成可能である少なくとも1つのアクティブ誘導要素を有し得、導波路の少なくとも別のものは、少なくとも1つのビーム特性に応答して、少なくとも1つのビーム特性の変調を介してその他の導波路の第2の表面領域を選択する、少なくとも1つの誘導要素を有し得る。

【0143】

[154] 親導波路の1つ及び子導波路の1つは、少なくとも1つの波長応答誘導要素を有し得、それにより、第1の波長範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、子若しくは孫導波路の第1のものに又は子若しくは孫導波路の第1のものから誘導され、第2の波長範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、子若しくは孫導波路の第2のものに又は子若しくは孫導波路の第2のものから誘導され、第1の子又は孫導波路は、少なくとも1つの波長応答誘導要素を有し得、それにより、第1の波長範囲の第1のサブ範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その第2の表面領域の1つに又はその第2の表面領域の1つから誘導され、第1の波長範囲の第2のサブ範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その第2の表面領域の別のものに又はその第2の表面領域の別のものから誘導され、第2の子又は孫導波路は、少なくとも1つの波長応答誘導要素を有し得、それにより、第2の波長範囲の第1のサブ範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その第2の表面領域の1つに又はその第2の表面領域の1つから誘導され、第2の波長範囲の第2のサブ範囲内のビームは、その第1の表面領域から又はその第1の表面領域に、その第2の表面領域の別のものに又はその第2の表面領域の

別のものから誘導される。

【0144】

[155] その又は各アクティブ誘導要素は、構成可能な透過率及び反射率並びに構成可能な屈折率の少なくとも1つを有し得る。

【0145】

[156] その又は各アクティブ誘導要素は、切り替え可能グレーティング又はグレーティング領域であり得る。

【0146】

[157] 誘導要素の少なくとも1つは、固定若しくは構成可能な波長応答及び／又は固定若しくは構成可能な偏光軸を有する波長及び／又は偏光フィルタであり得る。

【0147】

[158] 導波路の少なくとも1つは、2つ以上の誘導要素及び3つ以上の第2の表面領域を有し得、それらのいずれも、2つ以上の誘導要素の一方若しくは両方を構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することによって選択されることができる。

【0148】

[159] そのような導波路ネットワークを組み込む光学システムは、第1の光学システムコンポーネントと、複数の第2の光学システムコンポーネントと、上述の態様又は実施形態のいずれかによる少なくとも1つのマルチモード光導波路ネットワークであって、第1の光学システムコンポーネントから又は第1の光学システムコンポーネントに、複数の第2の光学システムコンポーネントの選択された第2の光学システムコンポーネントに又は選択された第2の光学システムコンポーネントからビームを誘導するように配置される、マルチモード光導波路ネットワークと、複数の第2の光学システムコンポーネントの1つの第2の光学システムコンポーネントを選択するように構成されたコントローラであって、マルチモード光導波路ネットワークの誘導要素の少なくとも1つを構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することにより、第1の光学システムコンポーネントから又は第1の光学システムコンポーネントに、選択された第2の光学システムコンポーネントに又は選択された第2の光学システムコンポーネントからビームを誘導させる、コントローラとを含み得る。

【0149】

[160] 第1のシステムコンポーネントは、ビームを放出して、選択された第2のシステムコンポーネントに誘導するためのエミッタシステム、又は選択された第2のシステムコンポーネントからビームが誘導される検出器アレイを含み得る。

【0150】

[161] 光学システムは、1つ又は複数のホログラフィック記録媒体を含み得、第2のシステム光学コンポーネントの少なくともいくつかは、1つ又は複数のホログラフィック記録媒体のそれぞれのサブボリュームであり得る。

【0151】

[162] 光学システムは、上述の態様又は実施形態のいずれかによる第2のマルチモード光導波路ネットワークを含み得、コントローラは、第2のマルチモード光導波路ネットワークの誘導要素の少なくとも1つを構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することにより、第1の光学システムコンポーネントから又は第1の光学システムコンポーネントに、同じ選択された第2の光学システムコンポーネントに又は同じ選択された第2の光学システムコンポーネントから第2のビームを誘導させるように構成することができる。

【0152】

[163] 光学システムは、上述の態様又は実施形態のいずれかによる第3のマルチモード光導波路ネットワークを含み得、コントローラは、第3のマルチモード光導波路ネットワークの誘導要素の少なくとも1つを構成し、及び／又は少なくとも1つのビーム特性を変調することにより、第1の光学システムコンポーネントから又は第1の光学システムコンポーネントに、同じ選択された第2の光学システムコンポーネントに又は同じ選択された

第2の光学システムコンポーネントから第3のビームを誘導させるように構成することができる。

【0153】

[164] 例えば、光通信又は光演算に関連して、第1及び／又は第2の光学システムコンポーネントの少なくとも1つの光学システムコンポーネントは、ビームを電気信号に変換するように（又はその逆も同様）構成された信号変換器又は光学プロセッサを含み得る。

【0154】

[165] 上述の実施形態は、単なる例として説明されていることが理解されるであろう。開示される技法の他の変形形態又は使用事例は、本明細書の開示が与えられた時点で当業者に明らかになるであろう。本開示の範囲は、説明される実施形態によって限定されず、添付の特許請求の範囲によってのみ限定される。

10

20

30

40

50

【図面】
【図 1 A】

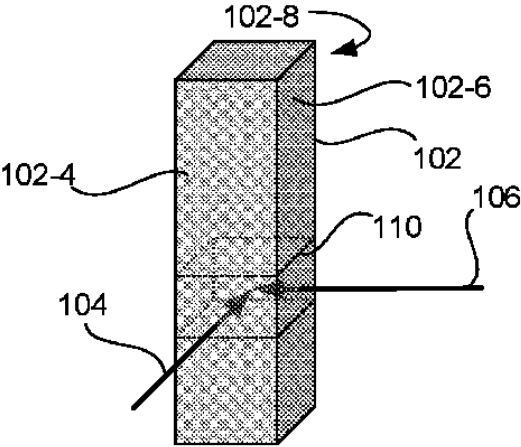


FIG. 1A

【図 1 B】

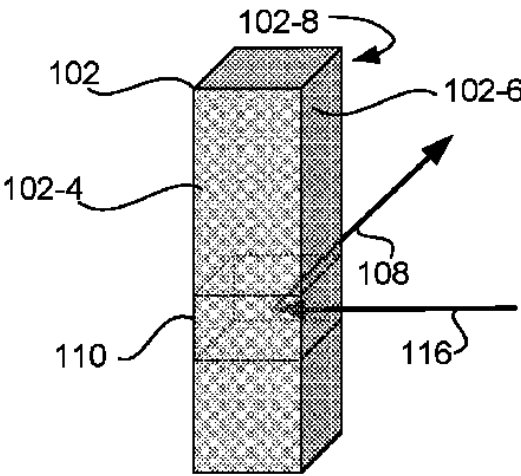
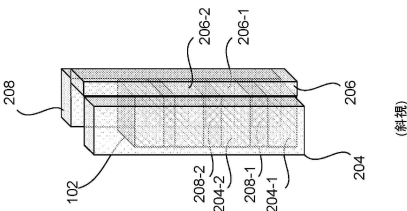
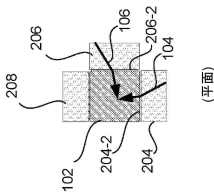


FIG. 1B

【図 2 A】



【図 2 B】



10

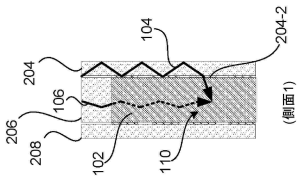
20

30

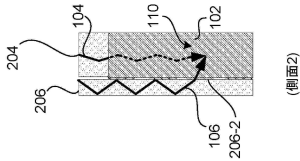
40

50

【図 2 C】

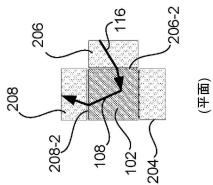


【図 2 D】

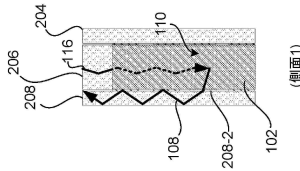


10

【図 2 E】



【図 2 F】



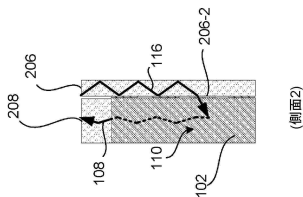
20

30

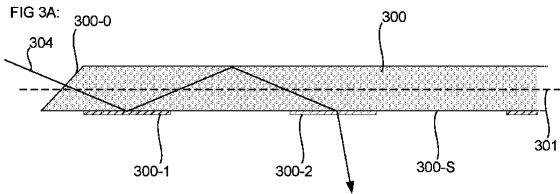
40

50

【図 2 G】

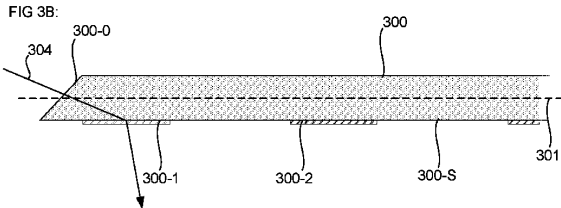


【図 3 A】

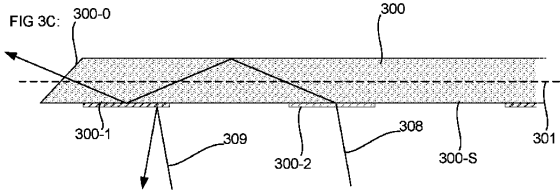


10

【図 3 B】

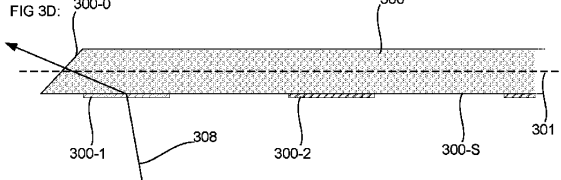


【図 3 C】

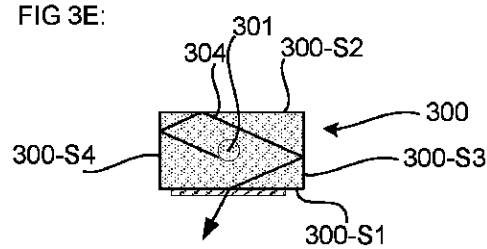


20

【図 3 D】



【図 3 E】



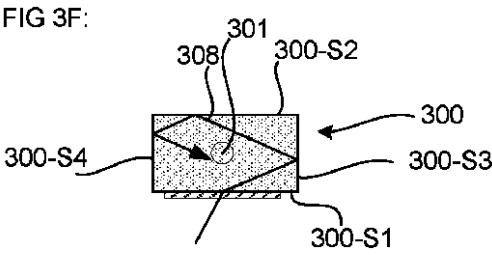
30

40

50

【図 3 F】

FIG 3F:



【図 4 A】

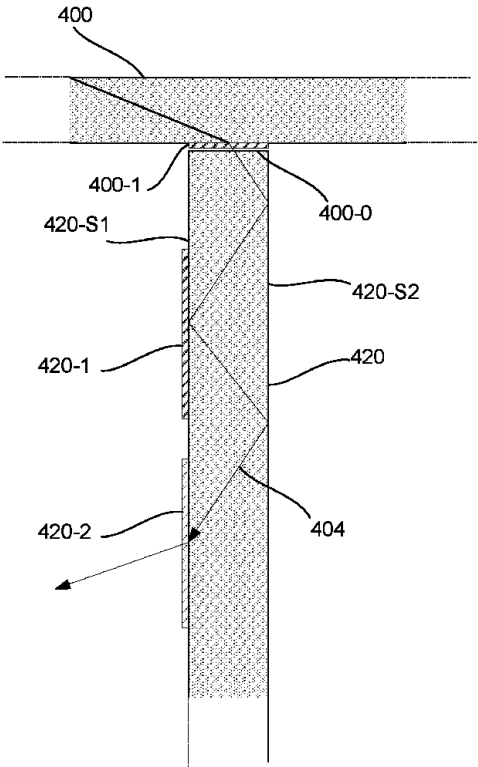


FIG. 4A

【図 4 B】

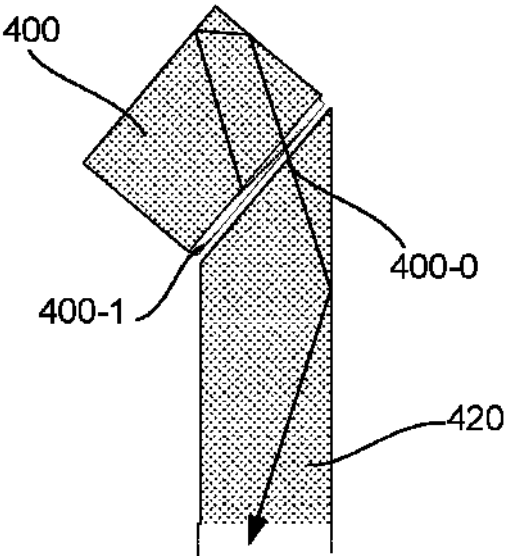


FIG. 4B

【図 5】

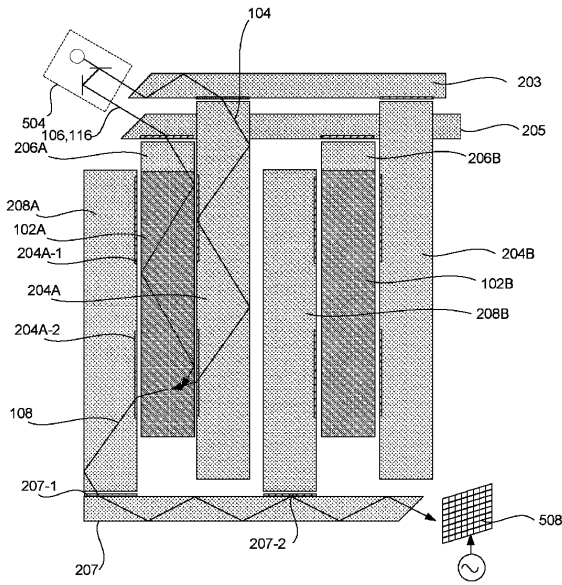


FIG. 5

10

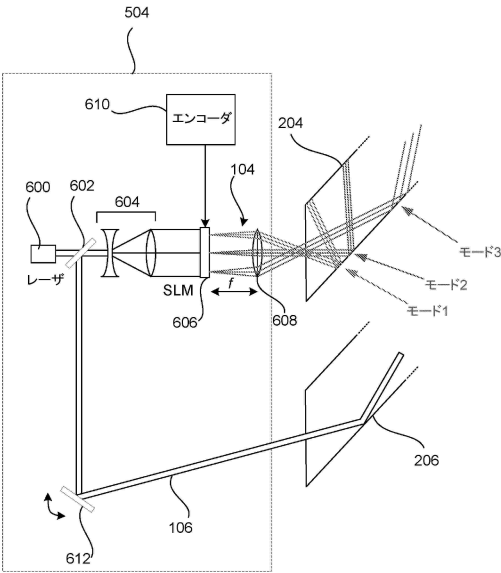
20

30

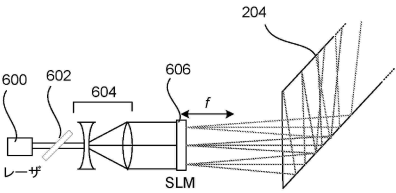
40

50

【図 6 A】



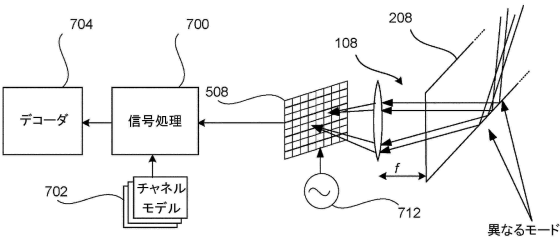
【図 6 B】



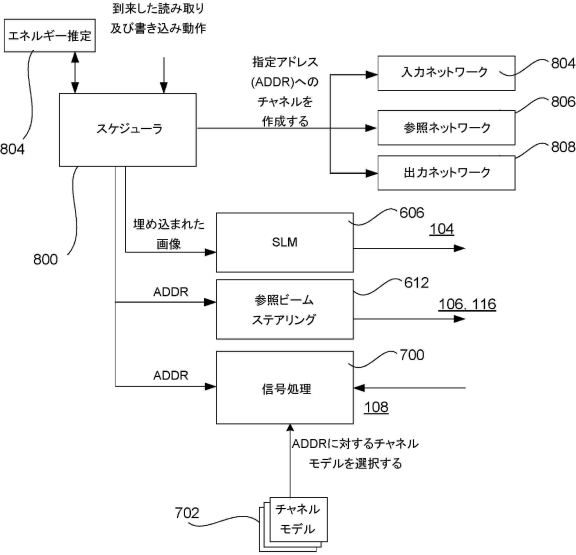
10

20

【図 7】



【図 8】

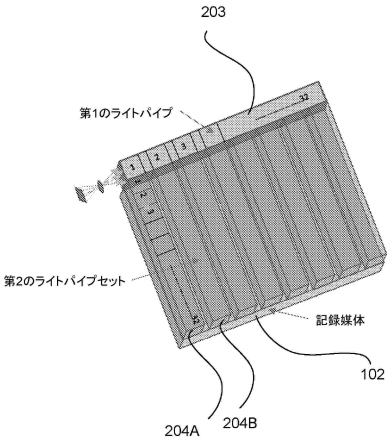


30

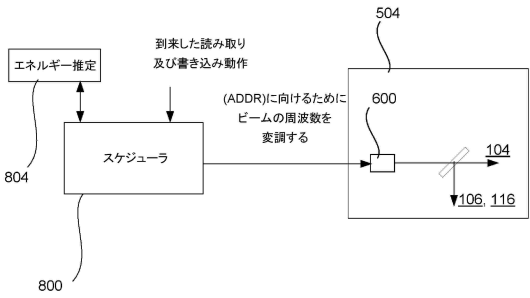
40

50

【図 9】



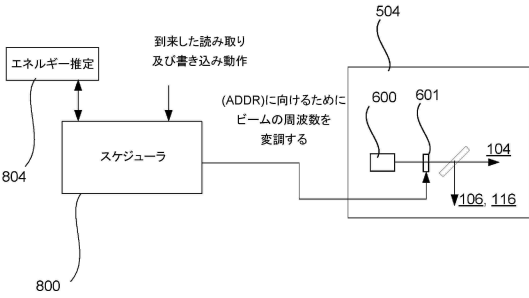
【図 10 A】



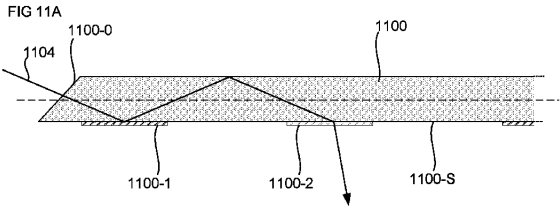
10

20

【図 10 B】



【図 11 A】

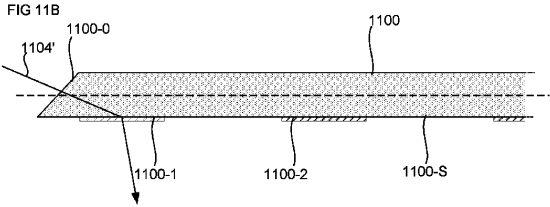


30

40

50

【図 1 1 B】



【図 1 2】

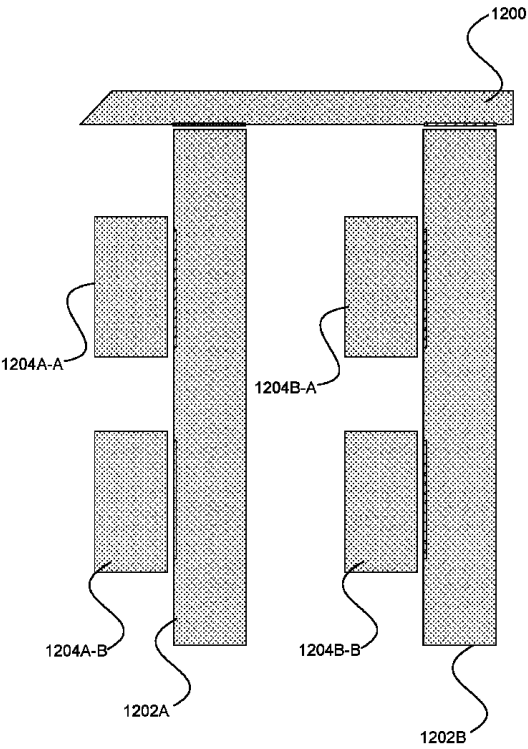


FIG 12

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

G 0 2 F 1/01 (2006.01)

F I

G 0 2 F

1/01

D

弁理士 阿部 豊隆

(72)発明者

ケリー, ダグラス ジェームズ

アメリカ合衆国, ワシントン州 98052-6399, レッドモンド, ワン マイクロソフト ウェイ, マイクロソフト テクノロジー ライセンシング, エルエルシー

(72)発明者

トムセン, ベン チャールズ

アメリカ合衆国, ワシントン州 98052-6399, レッドモンド, ワン マイクロソフト ウェイ, マイクロソフト テクノロジー ライセンシング, エルエルシー

(72)発明者

ナラヤナン, ダシュヤンス

アメリカ合衆国, ワシントン州 98052-6399, レッドモンド, ワン マイクロソフト ウェイ, マイクロソフト テクノロジー ライセンシング, エルエルシー

(72)発明者

ローストロン, アントニー イアン テイラー

アメリカ合衆国, ワシントン州 98052-6399, レッドモンド, ワン マイクロソフト ウェイ, マイクロソフト テクノロジー ライセンシング, エルエルシー

審査官

対馬 英明

(56)参考文献

特開2016-051979 (JP, A)

国際公開第2017/094369 (WO, A1)

特開2003-248416 (JP, A)

特開2003-255418 (JP, A)

特表2013-536451 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H04B 10/00-10/90

H04J 14/00-14/08

G03H 1/00-5/00

G02F 1/00-1/125

G02F 1/21-7/00

G11B 7/00-7/013

G11B 7/28-7/30

G11B 7/12-7/22