

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4351408号  
(P4351408)

(45) 発行日 平成21年10月28日(2009.10.28)

(24) 登録日 平成21年7月31日(2009.7.31)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>GO2B</b> 26/08	<b>(2006.01)</b>	GO2B	26/08 E
<b>GO2B</b> 5/08	<b>(2006.01)</b>	GO2B	5/08 Z
<b>GO3H</b> 1/04	<b>(2006.01)</b>	GO3H	1/04 T
<b>HO4B</b> 10/02	<b>(2006.01)</b>	HO4B	9/00 T

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2001-307407 (P2001-307407)	(73) 特許権者	596092698
(22) 出願日	平成13年10月3日(2001.10.3)		アルカテルルーセント ユーエスエー
(65) 公開番号	特開2002-196266 (P2002-196266A)		インコーポレーテッド
(43) 公開日	平成14年7月12日(2002.7.12)		アメリカ合衆国 07974 ニュージャ
審査請求日	平成16年8月24日(2004.8.24)		ーシー, マレイ ヒル, マウンテン アヴ
(31) 優先権主張番号	09/686330		ェニュー 600-700
(32) 優先日	平成12年10月11日(2000.10.11)	(74) 代理人	100064447
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 岡部 正夫
前置審査		(74) 代理人	100085176
			弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号スイッチングエレメントおよびそれを動作させる方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電磁放射の入射ビームにより信号スイッチングを提供すべく半導体の材料特性と結合された、前記電磁放射のコヒーレント特性を使用する信号スイッチングエレメントであって、

入力ポートと出力ポートを備えたバルク半導体、  
該バルク半導体上の半導体ウェハ、

前記入射ビームを透過又は反射するための、前記半導体ウェハの主表面上に所定パターンで形成された複数の動作可能なMEMS手段、及び

前記複数の動作可能MEMS手段の動作を制御する、前記半導体ウェハに動作可能に接続されたスイッチングコントローラ手段とを有し、

前記スイッチングコントローラ手段が、前記半導体ウェハの主表面に対して、前記複数の動作可能MEMS手段の少なくとも1つの位置を変化させ、前記複数の動作可能MEMS手段に入射する電磁放射のビームのウェーブフロントに位相遅延を与えており、

該位相遅延された電磁放射のビームが該バルク半導体に照射され、該電磁放射の位相遅延されたビームと電磁放射の入射ビームの一部とを結合することにより該バルク半導体内に三次元の体積空間干渉パターンを生成して、該バルク半導体内に抵抗変化又は屈折率変化を生じさせてチャンネルを形成し、該入力・出力ポート間での信号スイッチングを行っていることを特徴とする信号スイッチングエレメント。

【請求項 2】

10

20

前記複数の動作可能MEMS手段が、

MEMS手段の表面をチルトすること、前記半導体ウェハの主表面に対してMEMS手段の表面を回転させること、および前記半導体ウェハの主表面に対してMEMS手段の表面を垂直方向に移動させること、の少なくとも1つにより前記複数の動作可能MEMS手段を動作させるMEMSオリエンティング手段を含むことを特徴とする請求項1に記載の信号スイッチングエレメント。

【請求項3】

ソースからのコヒーレント電磁放射をリファレンスビームとオブジェクトビームの2つのビームに分割するビーム分割手段と、

前記オブジェクトビームを前記複数のMEMS手段に向ける手段とをさらに有し、

前記スイッチングコントローラ手段が、

電磁放射の前記ウェーブフロントに位相遅延されたオブジェクトビームと電磁放射の前記リファレンスビームとを結合することにより、制御可能な三次元の体積空間干渉パターンを生成する手段を含むことを特徴とする請求項1に記載の信号スイッチングエレメント。

【請求項4】

電磁放射の入射ビームにより信号スイッチングを提供すべく半導体の材料特性と結合された、前記電磁放射のコヒーレンス特性を使用する信号スイッチングエレメントを動作させる方法であって、前記信号スイッチングエレメントは、前記入射ビームを透過又は反射するための、その主表面上に所定パターンで形成された複数の動作可能MEMSデバイスを有する半導体ウェハをバルク半導体上に含み、前記方法は、

前記複数の動作可能MEMSデバイスの動作を制御するために、前記半導体ウェハにスイッチングコントローラを動作可能に接続するステップと、

前記複数の動作可能MEMSデバイスに入射する電磁放射のビームのウェーブフロントに位相遅延を与えるために、前記半導体ウェハの前記主表面に対して、前記複数の動作可能MEMSデバイスのうちの少なくとも1つの位置を変化させるステップとを有し、

該位相遅延された電磁放射のビームが該バルク半導体に照射され、該電磁放射の位相遅延されたビームと電磁放射の入射ビームの一部とを結合することにより該バルク半導体内に三次元の体積空間干渉パターンを生成して、該バルク半導体内に抵抗変化又は屈折率変化を生じさせてチャンネルを形成し、該バルク半導体に備えられた入力ポートと出力ポート間での信号スイッチングを行っていることを特徴とする方法。

【請求項5】

前記複数の動作可能MEMSデバイスの少なくとも1つの位置を変化させるステップは、

MEMSデバイスの表面をチルトさせること、前記半導体ウェハの主表面に対してMEMSデバイスの表面を回転させること、および前記半導体ウェハの前記主表面に対してMEMSデバイスの表面を垂直方向に移動させること、のうちの少なくとも1つにより前記複数の動作可能MEMSデバイスをオリエンティングするステップを含むことを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項6】

ソースからのコヒーレント電磁放射をリファレンスビームとオブジェクトビームの2つのビームに分割することによりビームを分割するステップと、

前記オブジェクトビームを前記複数のMEMSデバイスに向けるステップとをさらに有し、

前記複数の動作可能MEMSデバイスのうちの少なくとも1つの位置を変化させるステップは、

電磁放射の前記ウェーブフロントに位相遅延されたオブジェクトビームと電磁放射の前記リファレンスビームとを結合することにより、制御可能な三次元の体積空間干渉パターンを生成するステップを含むことを特徴とする請求項4に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## 【 発明の属する技術分野 】

本発明は、通信スイッチングシステム係り、特に、信号スイッチング機能を有効にするために、電磁放射信号ウェーブフロント (electromagnetic radiation signal wavefront) のMEMS修正(modification)を使用する光スイッチングエレメントに関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【 従来技術 】

現行の通信スイッチングシステムにおいて現在使用されている信号スイッチング装置よりも動作が高速で、小型で、より頑丈で、安価な信号スイッチング装置を提供することが、通信スイッチングシステムの分野における課題である。現行の通信スイッチングシステムの最新技術は、受信電気信号の電子的スイッチングを実行するためにトランジスタによる信号スイッチングエレメントを使用することである。これらのトランジスタによる信号スイッチングエレメントは、入力ポートからの通信信号を表す電気信号を受信し、これらの電気信号を、複数の出力ポートのうちの選択された1つにリダイレクト(redirect)する。入力ポートと選択された出力ポートとの相互接続は、電気信号が修正されずに伝達されるようになされる。

## 【 0 0 0 3 】

光信号伝送エレメントがこれらの通信スイッチングシステムに伝播されるとき、信号スイッチング機能を実行するために光信号を電気信号に変換し、かつその逆の変換を行う必要性は、これらのシステム動作をかなり非効率的にする。ほとんどの通信接続は多くのスイッチング段を必要とするので、通信信号の電気フォーマットと光フォーマットとの間の順次変換は、通信信号の光学的伝達により提供される利点を減少させる。信号変換パラダイムの1つの代替法は、全光通信スイッチングシステムを提供することである。しかし、現行の全光通信スイッチングシステムにおいて使用される信号スイッチングエレメントは、これらに限定されずに、高速でないこと、材料に関連する問題、制限されたスケーリングポテンシャル等を含む多くの問題がある。

## 【 0 0 0 4 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

したがって、上記した制約に関わらず、トランジスタ信号スイッチングエレメントと十分に匹敵する全光通信スイッチングシステムにおける信号スイッチングエレメントが現在存在しない。

## 【 0 0 0 5 】

## 【 課題を解決するための手段 】

現行の全光通信スイッチングシステムにおける信号スイッチングエレメントよりも動作が高速で、小型で、より頑丈で、安価な信号スイッチング装置を提供するために、現行のMEMS (Micro-machined Electro-Mechanical System) の適用により、半導体の材料特性と結合された電磁放射のコヒーレンス特性を使用する新しいタイプの全光信号スイッチングエレメントを具現化する信号ウェーブフロントのMEMS修正を伴う本発明のスイッチングシステムにより、上記の問題が解決され、技術的進歩がなされる。これは、その表面上に具現化されたMEMSミラーシステムを有する半導体チップの使用により達成される。

## 【 0 0 0 6 】

MEMSデバイスは、動く機械パーツを設けることなしに、ピュアマテリアルフレックスモード (pure materials flex mode) において動作するように構成される。MEMSミラーシステムは、バルク半導体の抵抗または屈折率を変化されたチャンネルを生じるように、電磁放射をリダイレクトするために、反射されたおよび/または透過した電磁放射ウェーブフロント中に局部歪み (local distortions) を生じるために使用される。これらのチャンネルに対する抵抗の変化は、バルク半導体を通る電子の運動性 (motility) を強化または妨害するように働き、これにより、バルク半導体中の電氣的スイッチング機能を提供する。代替的に、入力電磁放射ウェーブフロントのリダイレクションは、バルク半導体材料

10

20

30

40

50

中の屈折率の変化によりなされ得る。

【 0 0 0 7 】

このシステムにおいて、ソースからの光ビームのようなコヒーレント電磁放射は、2つのビーム、リファレンスビームおよびオブジェクトビームに分割される。オブジェクトビームは、半導体ウェハへの適切な電圧の印加によりその位置が変更され得る複数のMEMS表面を作るように修正された半導体ウェハの表面に向けられる。この電圧の印加は、MEMSデバイスの表面を傾ける (tilting) または半導体ウェハに対してMEMSデバイスの表面を垂直方向に移動させる (repositioning) ことにより、半導体ウェハに対する選択されたMEMSデバイスの表面の位置を変化させる。

【 0 0 0 8 】

この選択されたMEMSデバイスの移動 (repositioning) は、フェーズフロントディレイ (phase front delay) を与え、オリジナル信号のリファレンスビームに対して、MEMSデバイスの表面を通して透過したまたはこれから反射されたオブジェクトビームの電磁放射ウェーブフロントの一部において所定方向に進むリダイレクトされたウェーブフロントの強度変調を与える可能性がある。フェーズフロント修正されたオブジェクトビームは、リフレクションホログラフィ (reflection holography) において典型的であるように、MEMS表面のすぐ上またはすぐ下のボリューム中のリファレンスビームと相互作用するために使用され、またはその代わりに、トランスミッションホログラフィ (transmission holography) において典型的であるように、リファレンスビームと結合される。

【 0 0 0 9 】

いずれの場合においても、制御可能な三次元ボリュームスペーシャルフリンジパターン (体積空間干渉パターン) が、MEMSデバイスの動作により生じる2つのビーム中の変化により形成される。ボリュームスペーシャルフリンジパターンは、バルク半導体の変化した抵抗のチャンネルを生じるために、1つのアプリケーションにおいて使用され得る1つ以上のスペーシャルボリュームで構成される。

【 0 0 1 0 】

【発明の実施の形態】

電磁放射信号ウェーブフロントのMEMS修正を備えた本発明によるスイッチングシステムは、バルク半導体中に变化した抵抗のチャンネルを生成するように、電磁放射をリダイレクトするために、反射されたおよび/または透過された電磁放射ウェーブフロント中に局部的歪みを生じるために使用されるその表面上に具現化されたMEMSミラーシステムを有する半導体チップを使用する。この目的のために使用される典型的なバルク半導体材料は、GaAsである。チャンネルに対するこれらの半導体の変化は、バルク半導体を通る電子の移動性を強化または妨害するために働き、これにより、バルク半導体中のスイッチング機能を提供する。

【 0 0 1 1 】

代替的に、電磁放射ウェーブフロントのリダイレクションは、バルク半導体材料中の屈折率の変化によりなされ得る。リダイレクトされた電磁放射ウェーブフロントは、バルク半導体中に变化された抵抗のチャンネルを生じるために、バルク半導体へのような、指定された方向に向けられ得る。このチャンネルに対する抵抗の変化は、バルク半導体を通る電子の運動性を強化または妨害するように働き、これにより、バルク半導体中にスイッチング機能を提供する。屈折率の変化は、様々なターゲットエリア間をスイッチするために、複数のディメンジョンにおいて使用され得る。

【 0 0 1 2 】

システムアーキテクチャ

図1は、動作のトランスミッションホログラフィモードを使用する信号ウェーブフロントのMEMS修正を伴う本発明のスイッチングシステムの全体アーキテクチャを示し、図2は、動作のリフレクションホログラフィモードを使用する信号ウェーブフロントのMEMS修正を伴う本発明のスイッチングシステムの全体アーキテクチャを示す。これらの図において、入射電磁放射ウェーブフロント1が、デバイス2の上のエリア20を通して図示

10

20

30

40

50

しないソースから伝達されており、デバイス 2 上のウェーブフロントスポット 3 (イルミネートされたエリアとも呼ばれる)を生じる。

【0013】

デバイス 2 は、その表面上に基板 5 を形成するバルク半導体材料 6 を含み、基板 5 の上に、複数の個別 MEMS ミラー 4 が形成されている。個別 MEMS デバイス 4 は、複数の MEMS デバイス 4 の動作を制御するスイッチングコントローラ 25 に接続されている。図 1 において、動作のトランスミッションホログラフィモードを使用する信号ウェーブフロントの MEMS 修正が、示されており、バルク半導体材料 6 は、その中に複数のポート 7 - 10 が形成された光学材料である。ポート 7, 8 は接続されておらず、ポート 9, 10 は、バルク半導体材料 6 中でアクティブ化されるチャンネル 11 により互いに接続されており、それぞれは、インタフェースデバイス 9A, 10A に接続されている。

10

【0014】

図 2 において、動作のリフレクションホログラフィモードを使用する信号ウェーブフロントの MEMS 修正が示されており、デバイス 2 の基板 5 上に形成された個別 MEMS ミラー 4 が、入射電磁放射ウェーブフロント 1 を反射し、ターゲットバルク半導体 23 中の電磁放射ウェーブフロント 1 との適切なオーバーラップを生じるように、所定の方向に向けられた出力電磁放射ウェーブフロント 12 を形成する。これらの 2 つの実施形態において、ウェーブフロントスポット 3 は、複数の個別 MEMS ミラー 4 をイルミネートする範囲であり、以下に説明するスイッチング機能は、複数の個別 MEMS ミラー 4 のうちの 1 つより多いものまたは複数の個別 MEMS ミラー 4 のうちの単一のものの動作を起こすことができるようになっている。

20

【0015】

このシステムにおいて、ソースからのコヒーレント電磁放射は、2つのビーム、リファレンスビームおよびオブジェクトビームに分割される。オブジェクトビームは、その位置がデバイス 2 への適切な電圧の印加により変化され得る複数の MEMS 表面 4 を生じるように修正された基板 5 を含むデバイス 2 の表面に向けられる。この電圧の印加は、MEMS デバイス 4 の表面をチルトするまたは回転することにより、または基板 5 に対して MEMS デバイス 4 の表面を垂直方向に移動させることにより、基板に対する選択された MEMS デバイス 4 の表面の位置を変化させる。選択された MEMS デバイス 4 の移動は、リファレンスビームに対してデバイス 2 の表面を透過されるまたはこれから反射されるオブジェクトビームの電磁放射ウェーブフロントの部分にフェーズフロントディレイを与える。

30

【0016】

フェーズフロント修正オブジェクトビームは、図 2 に示されたリフレクションホログラフィにおいて典型的であるように、MEMS 表面のすぐ上またはすぐ下のボリューム中でリファレンスビームと相互作用するか、または、図 1 に示されたトランスミッションホログラフィにおいて典型的であるように、図 1 中のパス 12 に沿ってリファレンスビームと結合される。いずれの場合においても、制御可能な、三次元のボリュームスペーシャルFRINGEパターンが形成される。ボリュームスペーシャルFRINGEパターンは、図 1 のシステム中のバルク半導体 6 中の変化された抵抗のチャンネル 11 を生じる 1 つ以上のスペーシャルボリューム 13 または図 2 にシステム中のデバイス 2 の表面の上に配置されたスペーシャルFRINGEパターンの領域 7 から構成される。

40

【0017】

図 3 は、図 2 のシステムの反射によるカスケードスイッチングエレメントバージョンの一実施形態を示し、複数のデバイス 2 が、アレイに配置されており、単純化のために、その一次元が示されている。特に、複数のスイッチングエレメント 31 - 34 の各々が、図 2 に示されたような動作のリフレクションホログラフィモードによる信号ウェーブフロントの MEMS 修正を使用する。入射ウェーブフロント 30 は、第 1 の MEMS エレメント 31 に向けられ、MEMS エレメント 31 の角度は、入射オブジェクトビームが第 2 の MEMS エレメント 32 にあたるように反射するように選択されている。中間ミラー 32 - 34 の各々は、入射角および出力角が同じであるので、各ミラーに対する反射角の 2 倍、

50

入射オブジェクトビームのスペーシャルリダイレクションを増大させる。

【0018】

各MEMSエレメント31-34のミラー表面は、典型的には、金のような高反射率材料でコートされている。MEMSデバイス31-34の一部は、入射電磁放射信号のタイムスイッチングを提供するために、時間について変化されることができ、MEMSエレメント31-34のアレイを出るときに異なるあて先にそれらを送ることができる。入射ビームのスペーシャルリダイレクションが、MEMSエレメントの各々に与えられる信号により電氣的に制御されることで、図3のMEMSエレメントの線形アレイが、MEMSエレメントの複数次元アレイに拡張され得ることが明らかである。したがって、複数のMEMSエレメントが、入射オブジェクトビームを所望のあて先に向けてるように協同して動作可能である。

10

【0019】

波長多重化

信号ウェーブフロントのMEMS修正を伴う上述したスイッチングシステムは、信号スイッチング機能を得るために、波長多重化および/または時間多重化を使用することができる。各々が異なる波長の複数の電磁放射のソースの使用は、異なるボリュームスペーシャルフリンジパターンを生じる。これは、異なる信号波長が、信号ウェーブフロントのMEMS修正を伴うスイッチングシステムにおけるボリュームスペーシャルフリンジパターンの生成を制御するために使用され得る異なるフェーズフロントを提供することによる。したがって、信号ウェーブフロントのMEMS修正を伴うスイッチングシステムは、電磁放射の他の波長を入射信号の波長に加えることにより、入射信号を符号化できる。

20

【0020】

また、図1の上述した例において生成されるチャンネルは、部分的にバルク半導体材料中にあり、かつ部分的にその上にあり得る。例えば、MEMSデバイスは、回折格子(diffraction grating)を具現化することができ、ここでは、入射電磁放射の一部が、図1に示されたバルク半導体材料の内部を追加し、入射電磁放射の一部が、図2に示されたMEMSデバイスの表面から反射される。

【0021】

オーバーラッピングおよび空間的に分割された入射ビーム

図1-3の上述した例は、電磁放射の単一入射ビームを示すが、電磁放射の複数のオーバーラップする入射ビームも同時に処理され得る。図1および2に示されているように、複数のMEMSデバイスが、電磁放射の入射ビームによりイルミネートされる。ウェーブフロントスポット3中に位置する様々なMEMSデバイスが、電磁放射の入射ビームを異なるあて先にリダイレクトし、または、バルク半導体材料中で使用するための異なるボリュームスペーシャルフリンジパターンを生成し、バルク半導体中の変化された抵抗の異なるチャンネルを生成するように、異なって動作され得る。これらの複数のチャンネルに対する抵抗の様々な変化は、バルク半導体を通る電子の運動性を強化または妨害するように働き、これにより、ボリュームスペーシャルフリンジパターンによりターゲットされたチャンネルの各々に対するバルク半導体中のスイッチング機能を提供する。

30

【0022】

また、生成されるボリュームスペーシャルフリンジパターンの形状および範囲は、MEMSの動作の程度を選択および入射オブジェクトビームおよび/またはリファレンスビームに加えらるる変調信号の周波数の選択により調節され得る。

40

【0023】

まとめ

その表面上に具現化されるMEMSミラーシステムを有する半導体チップは、バルク半導体中の変化された抵抗のチャンネルを生成するように、電磁放射をリダイレクトするために、反射されたおよび/または透過された電磁放射ウェーブフロント中に局部的歪みを生じる。これらのチャンネルへの抵抗の変化は、バルク半導体を通る電子の運動性を強化または妨害するように働き、これにより、バルク半導体中のスイッチング機能を提供する。代替

50

的に電磁放射ウェーブフロントのリダイレクションは、ターゲットバルク半導体材料中の屈折率の変化によってもなされ得る。

【 0 0 2 4 】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、トランジスタ信号スイッチングエレメントと十分に匹敵する全光通信スイッチングシステムにおける信号スイッチングエレメントを提供することができる。

【 0 0 2 5 】

なお、特許請求の範囲の発明の要件の後に括弧で記載した番号は、本発明の一実施例の対応関係を示すもので本発明の範囲を限定するものと解釈すべきではない。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】トランсмисシヨンホログラフィ動作モードを使用する信号ウェーブフロントのMEMS修正を伴う本発明のスイッチングシステムの全体アーキテクチャを示す図。

【図2】リフレクションホログラフィ動作モードを使用する信号ウェーブフロントのMEMS修正を伴う本発明のスイッチングシステムの全体アーキテクチャを示す図。

【図3】図2のシステムの反射カスケードスイッチングエレメントバージョンの一実施形態を示す図。

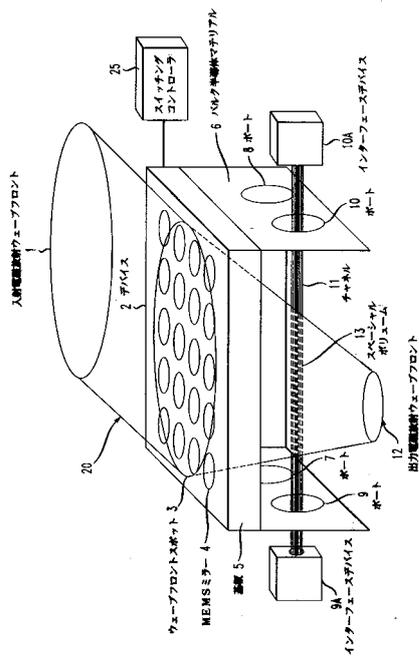
【符号の説明】

- 1 入射電磁放射ウェーブフロント
- 2 デバイス
- 3 ウェーブフロントスポット
- 4 MEMSミラー
- 5 基板
- 6 バルク半導体材料
- 7 - 10 ポート
- 9A, 10A インターフェースデバイス
- 11 チャンネル
- 12 出力電磁放射ウェーブフロント
- 13 スペーシャルボリューム
- 23 ターゲットバルク半導体
- 25 スwitchingコントローラ
- 30 入射ウェーブフロント
- 31 - 34 スwitchingエレメント

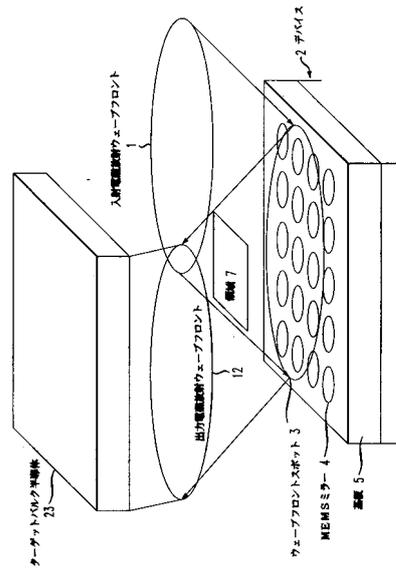
20

30

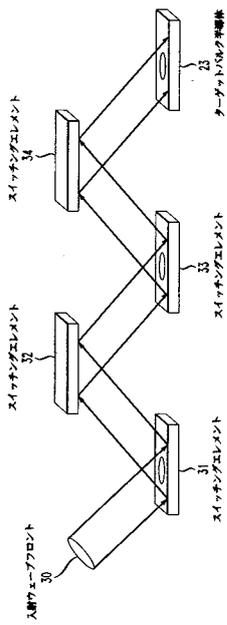
【図 1】



【図 2】



【図 3】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100104352

弁理士 朝日 伸光

(72)発明者 マイケル ジー、レスル

アメリカ合衆国、60558 イリノイ州、ウェスタン スプリングス、ヒフティーファースト  
ストリート 116

審査官 河原 正

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/08

G02B 5/08

G03H 1/04

H04B 10/02