

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4638498号
(P4638498)

(45) 発行日 平成23年2月23日 (2011. 2. 23)

(24) 登録日 平成22年12月3日 (2010. 12. 3)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 N 21/45	(2006. 01)	GO 1 N 21/45	A
GO 2 B 6/12	(2006. 01)	GO 2 B 6/12	Z
GO 1 B 9/02	(2006. 01)	GO 1 B 9/02	

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2007-533658 (P2007-533658)	(73) 特許権者	503003854
(86) (22) 出願日	平成17年9月23日 (2005. 9. 23)		ヒューレット-パッカート デベロップメント カンパニー エル. ビー.
(65) 公表番号	特表2008-514926 (P2008-514926A)		アメリカ合衆国 テキサス州 77070
(43) 公表日	平成20年5月8日 (2008. 5. 8)		ヒューストン コンパック センタ ド
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/034190		ライブ ウェスト 11445
(87) 国際公開番号	W02007/011384	(74) 代理人	100087642
(87) 国際公開日	平成19年1月25日 (2007. 1. 25)		弁理士 古谷 聡
審査請求日	平成19年5月25日 (2007. 5. 25)	(74) 代理人	100076680
(31) 優先権主張番号	10/951, 916		弁理士 溝部 孝彦
(32) 優先日	平成16年9月27日 (2004. 9. 27)	(74) 代理人	100121061
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 西山 清春
(31) 優先権主張番号	11/141, 286		
(32) 優先日	平成17年5月31日 (2005. 5. 31)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトニック結晶干渉計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサ装置であって、
レーザに光学的に結合されるフォトニック結晶構造体を含み、その構造体が、
Y字形構成を形成するように互いに対して配置されている基準アーム (808) 及びセンサアーム (806) を有する干渉計 (804) と、
前記アームのそれぞれの端部に設けられているフォトニック結晶ミラー (809) と、
ブライトポート光検出器に光学的に結合されるように構成された第 1 の出力 (832) と

、
ダークポート光検出器に光学的に結合されるように構成された第 2 の出力 (834) とを含む、センサ装置。

【請求項 2】

前記干渉計 (804) が複光路干渉計である、請求項 1 に記載のセンサ装置。

【請求項 3】

前記複光路干渉計 (804) がマイケルソン干渉計からなる、請求項 2 に記載のセンサ装置。

【請求項 4】

前記第 2 の出力において光が存在することは、前記センサアーム内に分子が存在することを示す、請求項 1 に記載のセンサ装置。

【請求項 5】

前記基準アーム内に D C 移相器 (827) をさらに含む、請求項 1 に記載のセンサ装置。

【請求項 6】

前記センサアーム内に A C 移相器 (825) をさらに含む、請求項 1 に記載のセンサ装置

【請求項 7】

前記フォトリック結晶ミラーがフォトリック結晶ブラッグミラーである、請求項 1 に記載のセンサ装置。

【請求項 8】

前記基準アームが不動態化される、請求項 1 に記載のセンサ装置。

【請求項 9】

前記フォトリック結晶構造体が、I I I - V 族半導体材料からなる、請求項 1 に記載のセンサ装置。

【請求項 10】

前記フォトリック結晶構造体が欠陥を含む、請求項 1 に記載のセンサ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はセンサデバイスに関し、より具体的には、フォトリック結晶構造体を用いる干渉計に関する。

【0002】

関連出願

本出願は、2004年9月27日に出願した「Photonic Crystal Laser Sensor and Methods」と題する米国特許出願第10/951,916号の一部継続出願であり、その米国特許出願は、参照によりその全体が本明細書に援用される。

【背景技術】

【0003】

マイケルソン干渉計は、光学的測定値を得るために用いられる計測器である。干渉計は、多くのタイプの化学検出デバイスにおいて有効であることが実証されている、分光分析に基づくシステムに組み込まれている。例えば、空気中のガスの存在を検出するために用いられる化学検出デバイスは、光スペクトルを用いて、種々の化学物質の存否を検出する。デバイスはフィルタの中に空気のサンプルを通すことができ、そのフィルタは種々の化学物質蒸気を捕捉するか、又は化学物質蒸気に付着するように構成された表面コーティングを有する。捕捉された分子を燃焼又は気化して、電磁スペクトル、例えば光スペクトルを生成する。生成された光スペクトルを分析することによって、化学物質の存在（又は不在）を判定することが可能になる。分光器を用いて、光スペクトルの種々の波長成分を分離し、化学物質の存否を示す線のパターンを生成する。これらのような分光分析に基づくシステムの大半は一般に、あまりにも大きく、あまりにも多くの電力を必要とするので、持ち運ぶことができない。

【0004】

他のタイプの化学検出デバイスは、機械的振動子として水晶結晶板を用いる。振動する水晶結晶板の周波数を監視して、特定の化学物質の分子の吸収から生じることになる変化を検出する。周波数の変化を測定して、その化学物質の存在を検出する。しかしながら、化学物質蒸気が吸収される際の、水晶振動子の質量の変化は極めて小さい可能性があり、その結果として、振動周波数の変化も非常に小さくなる。これは、このタイプの水晶結晶板に基づく検出デバイスの感度を制限し、それにより、そのようなデバイスを高い信頼性で利用することができる用途の数は少なくなる。

【0005】

これらの欠点を克服する検出デバイスが必要とされている。

【0006】

概要

10

20

30

40

50

本発明の実施形態は、フォトニック結晶構造体に光学的に結合されるレーザを用いる、高感度で、コンパクトで、しかも電力効率の良い検出デバイスを教示する。その例示的なデバイスは、検出過程においてエバネッセント場を用いる。

【 0 0 0 7 】

1つの例示的な実施形態では、本発明は、レーザに光学的に結合されるフォトニック結晶構造体を含むセンサ装置である。フォトニック結晶構造体は、ビームスプリッタと、基準アーム及びセンサアームを有する干渉計と、ブライトポート光検出器に光学的に結合されるように構成された第1の出力と、ダークポート光検出器に光学的に結合されるように構成された第2の出力とを含む。

【 0 0 0 8 】

本発明を例示するために、図面において1つの例示的な具現化形態が示される。しかしながら、本発明が、図示されたものと全く同じ構成及び手段に限定されないことは理解されたい。

【 0 0 0 9 】

詳細な説明
概説

光の全反射現象の結果として、エバネッセント場が生成される。エバネッセント場は、全反射界面の反対側に生成される指数関数的に減衰する場である。エバネッセント場は一般的に、フォトニック結晶構造体に関連付けられる。そのような場を用いて、本発明の例示的な実施形態によるセンサ及び検出方法を可能にすることができる。

【 0 0 1 0 】

図1を参照すると、例示的なリッジ半導体レーザ100が示される。レーザ100は、活性層102と、オーバークラッド層104と、アンダークラッド層106と、リッジ108とを含む。リッジ半導体レーザ100から(矢印110によって示される方向に沿って)出力される光は、楕円112によって示されるようにリッジ108によって導かれる。図2を参照すると、光がもはやリッジ108の下に閉じ込められないように、リッジ半導体レーザ100を変更して、領域114においてリッジ108を部分的に除去することができる。形成される光パターンは実際には楕円であり、楕円116によって表される。

【 0 0 1 1 】

次に図3を参照すると、フォトニック結晶の空隙118を半導体レーザの表面上に形成することができる。これらの空隙は、楕円120によって示されるように、光パターンを変更するための役割を果たす。その結果が、フォトニック結晶レーザ構造体である。例示された実施形態では、オーバークラッド層104及びアンダークラッド層106は、コア層102よりも小さい屈折率を有する。3つの層の全てがフォトニック結晶構造でパターンニングされ、該構造を用いて、導波路が画定される。導波路内を進行する光信号は、フォトニック結晶構造体によって水平方向(即ち、矢印110の方向)に閉じ込められ、且つ小さい屈折率のクラディング層によって垂直方向に閉じ込められる。

【 0 0 1 2 】

フォトニック結晶構造体がレーザのための空洞共振器として機能するように、フォトニック結晶構造体を用いて、検出される媒体領域の中を通るエバネッセント場を提供することができる。図4A~図4Cを参照すると、レーザセンサ装置400は、レーザ402と、図示されるようにレーザ402に光学的に結合されるフォトニック結晶ミラー構造体404とを含む。この例では、レーザ402は、活性層406、オーバークラッド層408、アンダークラッド層410及びリッジ412を含む半導体レーザである。しかしながら、本明細書において説明される原理は、他の光源(例えば、ファイバレーザ)にも適用できることは理解されたい。この実施形態におけるフォトニック結晶ミラー構造体404は、オーバークラッド層408、活性層406及びアンダークラッド層410を貫通して、図示されるようなパターンで形成されるフォトニック結晶の空隙414を含む。また、フォトニック結晶ミラー構造体404には、空隙414によって画定されるフォトニック結晶導波路上に配置される被検出媒体領域416(破線で示される)も設けられる。動作中

10

20

30

40

50

、化学的媒体、生物学的媒体、又は他の媒体（例えば、シアン化物又は炭疽）が被検出媒体領域 4 1 6 内に配置される。フォトニック結晶構造体に沿って光が伝搬することから生じるエバネッセント場は、その媒体を精査することができる。より具体的には、フォトニック結晶導波路構造体に沿って伝搬するモードのエバネッセントテール（evanescent tail）が媒体を通過し、結果として生じる媒体との相互作用が、エバネッセントテールの伝搬速度及び/又は減衰を変更することができる。また、オーバーラッド層 4 0 8 の厚みを調整して、媒体のための置き場所を設けるか、コア及びクラディング材料等の種々の組み合わせの屈折率に適應させることもできる。この実施形態では、空隙 4 1 4 が、フォトニック結晶ミラー構造体 4 0 4 を提供するパターンで配列される。従って、被検出媒体領域 4 1 6 におけるエバネッセント場と媒体との相互作用が、フォトニック結晶ミラー構造体 4 0 4 によって反射される光（矢印 4 1 8 によって示される）の特性に影響を及ぼし、それにより、検出された媒体を示す出力が提供される。

10

【 0 0 1 3 】

材料に関しては、フォトニック結晶構造体（例えば、ナノ構造及びサブミクロン構造）は、III-V 族半導体材料（例えば、GaAs 又は InP 及びそれらの合金）上に製造され得る。分子線エピタキシ（MBE）を用いて、エピタキシャル成長中に、III-V 族半導体のための非常に薄い層を極めて正確に制御しながら製造することができる。

【 0 0 1 4 】

他の材料を用いて、本明細書で説明される平面フォトニック結晶導波路を製造することができる。一般に、バルク材料は、光信号の波長に対して実質的に透過性の任意の材料とすることができる。例えば、平面フォトニック結晶バルク材料は、ドーパされたシリカ、ドーパされていないシリカ、シリコン、高分子有機材料、有機/無機ハイブリッド材料、無機ガラス（例えば、カルコゲナイドガラス）又は任意の他の適切な材料とすることができる。コア層とクラディング層との間の屈折率の差は、2つの大きく異なる材料を用いることによって、又は類似の材料を選択的にドーピングすることによって、又は当業者に知られている他の方法によって達成され得る。空隙は、空気、又は別の材料（例えば、ガラス又は水）で満たされ得る。種々の実施形態において、空隙の材料は、バルクフォトニック結晶材料とは大きく異なる屈折率を有する。空隙のパターン（より一般的には、「フォトニック結晶構造体」）の幾何学的形状は、所望の面内フォトニックバンドギャップに応じて、六角形、正方形、三角形、長方形又は他の形状とすることができる。さらに、空隙は、円筒形以外の形状（例えば、楕円、長方形又は偏菱形）で形成され得る。

20

30

【 0 0 1 5 】

本明細書で説明されるフォトニック結晶構造体は、種々の異なる方法で製造され得る。ナノインプリンティング、即ち、ナノスケールからサブミクロン及びミクロンスケールのパターンを用いて、チップ表面上に設計をスタンプ又は印刷する技術を用いることができる。一例として、ナノインプリンティング技術は、硬質の型を用いて、ポリマーフィルムに直接的にインプリントすることによってナノスケールの機構を形成することを含むことができる。パターンがインプリントされた後に、パターンをエッチングすることによって（例えば、反応性イオンによる異方性ドライエッチング）、フォトニック結晶の欠陥が形成される。

40

【 0 0 1 6 】

他のフォトニック結晶構造の製造技術を用いることもできる。例えば、集束イオンビーム（FIB）を用いて、フォトニック結晶に穴を開けることができる。FIBによって引き起こされるあらゆる光学的/電気的品質のダメージに対処するために、フォトニック結晶部分に付加的な光ポンピング及び/又は電荷を与えて、損傷を回復することができる。また、紫外線（UV）レーザーリソグラフィ、レーザ干渉リソグラフィ及び電子ビームリソグラフィを用いることもできる。

【 0 0 1 7 】

センサ装置内の干渉装置においてフォトニック結晶ミラーを用いることができる。図 5 を参照すると、例示的なレーザセンサ装置 5 0 0 は、レーザ 5 0 2（例えば、半導体レー

50

ザ)と、図示されたようにレーザ502に光学的に結合されるフォトニック結晶複光路干渉計構造体504とを含む。この例では、フォトニック結晶複光路干渉計構造体504は、図示されたようにY字形に構成されたセンサアーム506及び基準アーム508を含む。各アームの端部には、フォトニック結晶ミラーが設けられる。この例では、基準アーム508は、不動態化領域510によって示されるように、不動態化される。また、フォトニック結晶複光路干渉計構造体504には、センサアーム506のフォトニック結晶導波路上に配置される被検出媒体領域512(破線で示される)も設けられる。動作中、化学的媒体、生物学的媒体又は他の媒体が、被検出媒体領域512内に配置される。フォトニック結晶構造体に沿って光が伝搬することから生じるエバネッセント場が、その媒体を精査することができる。より具体的には、フォトニック結晶導波路構造体に沿って伝搬するモードのエバネッセントテールが媒体を通過し、その結果として生じる媒体との相互作用が、エバネッセントテールの伝搬速度及び/又は減衰を変更することができる。この例では、(レーザ502の)オーバーラッド層514の厚みを調整して、媒体のための置き場所を設けることもでき、コア及びクラディング材料の種々の組み合わせの屈折率に適応させることもできる。この実施形態では、空隙516が、フォトニック結晶複光路干渉計構造体504を提供するパターンに配列される。従って、被検出媒体領域512におけるエバネッセント場と媒体との相互作用が、フォトニック結晶複光路干渉計構造体504によって反射される光(矢印518によって示される)の特性に影響を及ぼし、それにより、検出された媒体を示す出力が提供される。

10

【0018】

20

図6を参照すると、別の実施形態において、他の点では同じレーザセンサ装置500'の基準アーム508に、検出するための(例えば、媒体の特定のタイプ又は種を検出するための)最適な、又は所望の感度点にレーザの動作点を調整するために移相器520が設けられる。また、移相器520は、バイアスをかけて製造欠陥を除去するために、汚染を補償するために、及びレーザセンサ装置500'を新たな動作点に再設定するために使用され得る。

【0019】

さらに、本明細書において説明されるようなフォトニック結晶構造体は、マイケルソン干渉計のような受動センサ装置を設けるために使用され得る。図7を参照すると、マイケルソン平面フォトニック結晶導波路センサ700は、フォトニック結晶マイケルソン干渉計構造体702と、図示されたようにフォトニック結晶マイケルソン干渉計構造体702の入力及び出力にそれぞれ光学的に結合される従来の導波路/フォトニック結晶変換素子704及び706とを含む。この実施形態では、フォトニック結晶マイケルソン干渉計構造体702は、図示されたように、センサ導波路アーム710及び基準導波路アーム712を画定する1つの考えられるパターンに配列された空隙708を含む。また、他の二重アームパターンを用いることもできる。フォトニック結晶マイケルソン干渉計構造体702には、センサ導波路アーム710上に配置される被検出媒体領域714(破線で示される)も設けられる。この例では、基準導波路アーム712には、バイアスをかけて製造欠陥を除去するために、汚染を補償するために、及びマイケルソン平面フォトニック結晶導波路センサ700を新たな動作点に再設定するために移相器716が設けられる。光学的又は電氣的にキャリアを注入することに加えて、位相シフトする別の方法は、DCバイアスをかけて、III-V族半導体内の電気光学効果を利用することである。金属半導体又は金属酸化物半導体コンタクト(図7に示されない)を介して、デバイスの半導電性領域に場が印加される。この例では、光ファイバ718及び720がそれぞれ、変換素子704及び706に光学的に結合される。動作中、化学的媒体、生物学的媒体又は他の媒体が被検出媒体領域714内に配置される。センサ導波路アーム710に沿って光が伝搬することから生じるエバネッセント場が、その媒体を「精査する(probe:探査する)」ことができる。より具体的には、センサ導波路アーム710に沿って伝搬するモードのエバネッセントテールが媒体を通過し、その結果として生じる媒体との相互作用が、エバネッセントテールの伝搬速度及び/又は減衰を変更することができる。センサ導波路アーム71

30

40

50

0の光路長を変更することによって、センサ導波路アーム710と基準導波路アーム712との間の光路長の差が、それらの導波路内で伝搬する光信号の再結合時の干渉を制御する。従って、被検出媒体領域714におけるエバネッセント場と媒体との相互作用が、フォトニック結晶マイケルソン干渉計構造体702によって出力される光(矢印722によって示される)の特性に影響を及ぼし、それにより、検出された媒体を示す出力が提供される。

【0020】

変形されたマイケルソン干渉計

図8を参照すると、マイケルソン干渉計デバイスの実施形態が示されており、そのデバイスは、そのデバイスが周波数プリング及び利得飽和の影響を受けにくくすることを可能にする2つの出力ポートを含む。レーザセンサ装置800は、半導体レーザ803に光学的に結合されるフォトニック結晶複光路干渉計構造体804を含む。フォトニック結晶複光路干渉計構造体804は、センサアーム806及び基準アーム808を含む。例示された実施形態は、Y字形構成を形成するように互いに対して配置されたセンサアーム806及び基準アーム808を示すが、他の構成を用いることもできる。各アームの端部には、フォトニック結晶ミラー809が設けられる(例えば、反射率100%のブラッグミラー)。一実施形態では、基準アーム808は、不動態化領域810によって示されるように、不動態化される。

10

【0021】

レーザセンサ装置800には2つの出力ポート832、834が含まれる。光ポート832は、半導体レーザ803からの第1の出力を提供する。光ポート832は、第1の光出力を受光するように構成された光検出器(図示せず)に結合される。さらに、ダークポート834が、半導体レーザ803からの第2の出力を提供する。ダークポート834は、第2の光出力を受光するように構成された光検出器(図示せず)に結合される。

20

【0022】

フォトニック結晶複光路干渉計構造体804は、センサアーム806のフォトニック結晶導波路上に配置された被検出媒体領域812を有する。動作中、化学的媒体、生物学的媒体又は他の媒体が被検出媒体領域812内に配置される。フォトニック結晶構造体に沿って光が伝搬することから生じるエバネッセント場が、その媒体を精査することができる。より具体的には、フォトニック結晶導波路構造体に沿って伝搬するモードのエバネッセントテールが媒体を通過し、その結果として生じる媒体との相互作用が、エバネッセントテールの伝搬速度及び/又は減衰を変更することができる。この実施形態では、空隙816が、フォトニック結晶複光路干渉計構造体804を提供するパターンに配列される。従って、被検出媒体領域812におけるエバネッセント場と媒体との相互作用が、フォトニック結晶複光路干渉計構造体804によって反射される光出力(矢印818によって示される)の特性に影響を及ぼし、それにより、検出された媒体を示す出力が提供される。

30

【0023】

被検出媒体領域812内の分子の存否を示すものとして、ブライトポート832に出力されるレーザからの出力パワーを測定することができる。ブライトポート832において観測される出力パワーの減少は、パワーのダークポートに逸れる部分を示す。この減少を観測することによって、被検出媒体領域内の分子によって引き起こされる任意の吸収及び/又は任意の位相シフトを特定することができる。しかしながら、吸収によって引き起こされる減少は非常に小さい量なので、観測するのが難しい可能性がある。さらに、レーザが最大利得で動作しようとする際に、レーザ内の周波数プリングの影響によって、吸収により引き起こされる任意の減少がオフセットされるであろう。吸収及び周波数プリングによって引き起こされる影響は、ダークポート834からの出力を観測することによって測定され得る。

40

【0024】

被検出媒体領域内に分子が存在しない場合、ダークポート834への光出力819は0に設定される。これは、DC移相器827を調整して、被検出媒体領域が分子を含まない

50

際にダークポート 834 に向けられることになる任意の場が相殺されるようにすることによって達成される。しかしながら、或る物質（例えば、試験対象である化学物質）の分子が存在する場合には、以下に説明されるように、ダークポートから放射物が放射されるであろう。

【0025】

センサーム 806 に、AC 移相器 825 が追加される。AC 移相器 825 を用いて、センサーム 806 内の位相が、ディザ制御される。これは、被検出媒体領域 812 内に分子が存在することから生じる可能性がある任意の周波数プリングを補償するために行われる。

【0026】

マイケルソン干渉計のダークポートから現われるパワー P （例えば、電界の二乗を測定する標準的なフォトダイオードによって測定される）は、以下の式によって定義される。即ち、

$$P = |E|^2 \sin^2(\theta)$$

ただし、 E はセンサーム内の電界の振幅であり、 θ は移相器によって加えられる AC 位相シフトであり、 ϕ はセンサーム内に捕捉される分子の存在から生じる、時間に依存しない位相シフトである。角度 θ が時間の関数としてディザ制御される場合には、光電流は、以下のように微分され得る。即ち、

$$dP/dt = 2|E|^2 \sin(\theta) \cos(\theta) \frac{d\theta}{dt}$$

dP/dt 対 $d\theta/dt$ をプロットすることにより、 $\theta(t)$ が与えられるであろう。従って、その曲線が x 軸と交差する点（即ち、ゼロ点）を取ることによって、 θ が得られるであろう。

【0027】

センサ領域 812 における吸収によって引き起こされる位相シフト θ を求めることによって、デバイス 800 を較正し、所望の定常状態を生み出すことができる。例えば、周波数パルスオフセットのために、特定の位相条件が維持されなければならない。同様に、半導体レーザ 803 の利得を最大にするために、異なる位相条件が維持されなければならない。デバイスを所望の定常状態に較正することによって、ダークポート 834 への出力がゼロになり、その後、光の放出に関してダークポート 834 を監視することによって、被検出媒体領域 812 内の分子の存在を検出することができる。ダークポート 834 の定常状態はゼロの光出力であるので、ブライトポート 832 に出力される光のわずかな変化を検出する場合に比べて、ダークポート 834 から放射する低いレベルの光をより正確に検出することができる。

【0028】

本発明の実施形態によるデバイス 800 により、位相条件を特定することが可能になり、それゆえ、説明された実施形態に対する較正は、本明細書において提供される開示から当業者には明らかであろう。かくして、本発明は、その思想又は本質的な属性から逸脱することなく、他の特定の形態において具現化されることができ、従って、本発明の範囲を示す場合に、上記の明細書ではなく、添付の特許請求の範囲が参照されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図 1】例示的なリッジ半導体レーザを示す図である。

【図 2】光がもはやリッジの下に閉じ込められないようにし、スラブモードに移行するようにリッジの一部を除去した図 1 のレーザを示す図である。

【図 3】光を導くために、図 2 の半導体レーザ表面上にフォトニック結晶の空隙を形成した図である。

【図 4 A】本発明の実施形態によるフォトニック結晶のミラーを有するレーザセンサ装置の平面図である。

【図 4 B】本発明の実施形態による、図 4 A のフォトニック結晶のミラーを有するレーザセンサ装置の断面図である。

10

20

30

40

50

【図4C】本発明の実施形態による、図4Aのフォトニック結晶のミラーを有するレーザセンサ装置の断面図である。

【図5】本発明の実施形態による、センサアーム及び不動態化された基準アームを含む、フォトニック結晶複光路干渉計を有するレーザセンサ装置の平面図である。

【図6】移相器が設けられた、図5のフォトニック結晶複光路干渉計を有するレーザセンサ装置の平面図である。

【図7】本発明の実施形態による、マイケルソン平面フォトニック結晶導波路センサの平面図である。

【図8】本発明の実施形態による、ダークポート出力を有するマイケルソン平面フォトニック結晶導波路センサの平面図である。

【図1】

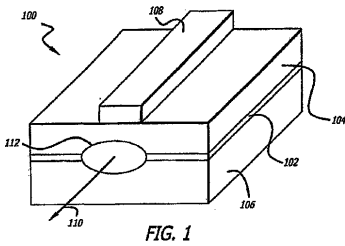


FIG. 1

【図2】

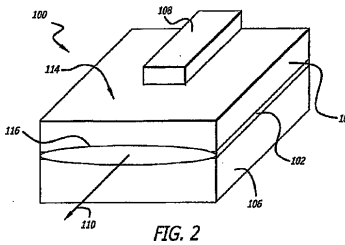


FIG. 2

【図3】

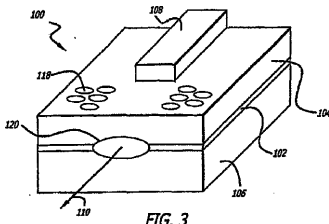


FIG. 3

【図4A】

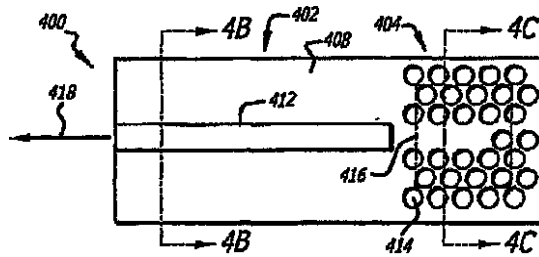


FIG. 4A

【図4B】

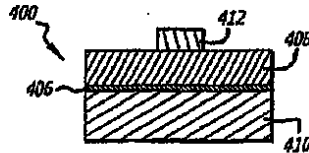


FIG. 4B

【図4C】

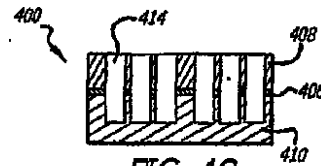


FIG. 4C

【 5 】

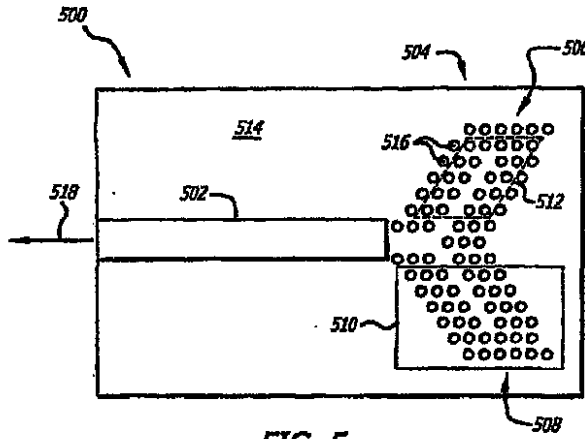


FIG. 5

【 6 】

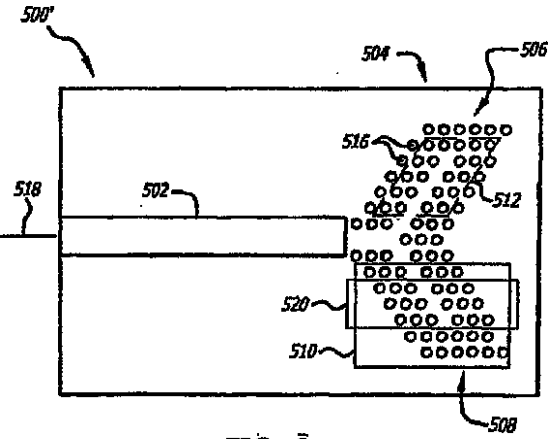


FIG. 6

【 7 】

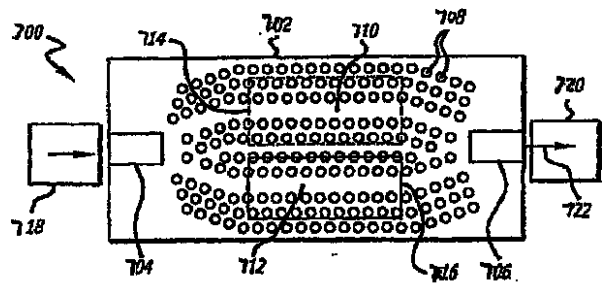


FIG. 7

【 8 】

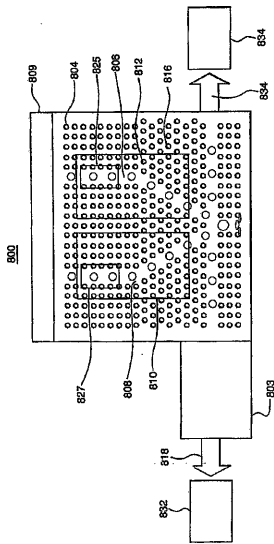


FIG. 8

フロントページの続き

(72)発明者 ビューソレイル, レイモンド, ジー
アメリカ合衆国ワシントン州 9 8 0 5 2 , レッドモンド, ワンハンドレッドセブンティフィフス・
ブレイス・ノースイースト・1 3 8 3 7

審査官 越柴 洋哉

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 1 6 3 6 7 5 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 5 8 7 4 5 (J P , A)
特表 2 0 0 5 - 5 1 7 8 9 5 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 2 4 5 8 6 6 (J P , A)
国際公開第 0 2 / 1 0 1 3 7 9 (W O , A 2)
特開平 1 0 - 1 8 5 8 1 0 (J P , A)
B. J. Luff, et al, Integrated Optical Mach-Zehnder Biosensor, Journal of Lightwave Technology, 米国, IEEE, 1 9 9 8 年 4 月, vol.16, no.4, April 1998, p.583-592

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

G01N21/00-21/61

G02B 6/12- 6/14