

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-539411

(P2009-539411A)

(43) 公表日 平成21年11月19日 (2009. 11. 19)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 1 2 M 1/00 (2006. 01)	C 1 2 M 1/00 A	4 B 0 2 9
G 0 1 N 37/00 (2006. 01)	G 0 1 N 37/00 1 0 1	4 B 0 6 3
C 1 2 Q 1/68 (2006. 01)	C 1 2 Q 1/68 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2009-515592 (P2009-515592)	(71) 出願人	506141546 パシフィック バイオサイエンス オ ブ カリフォルニア, インコーポレイテ ッド アメリカ合衆国 カリフォルニア 940 25, メンロ パーク, アダムス ド ライブ 1505
(86) (22) 出願日	平成19年6月11日 (2007. 6. 11)	(74) 代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(85) 翻訳文提出日	平成21年2月10日 (2009. 2. 10)	(74) 代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/070901	(72) 発明者	フォクウェット, マシュー アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94 063, レッドウッド, 16番 アベニュー 1003
(87) 国際公開番号	W02007/149724		
(87) 国際公開日	平成19年12月27日 (2007. 12. 27)		
(31) 優先権主張番号	60/812, 863		
(32) 優先日	平成18年6月12日 (2006. 6. 12)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分析反応を行うための基板

(57) 【要約】

活性表面の位置づけのための体積の増加および／または下層基板における負の電気化学的特性を軽減するための要素を含む、追加の機能的構成要素および／または要素を提供するように作製されているゼロモード導波路基板を含む基板に関する。

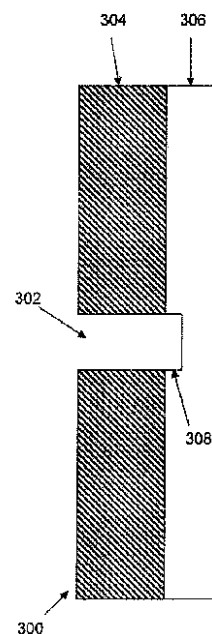


FIG. 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも第 1 の表面を有する透明基板層と、
前記透明基板層の前記第 1 の表面上に配置された金属クラッド層と、
前記クラッド層を貫通して前記透明基板層まで配置され、かつ前記金属クラッド層に囲まれたコア領域を形成する開口と、
前記クラッド層上に配置された犠牲アノードと、
を含むゼロモード導波路基板であって、前記コアはカットオフ周波数を超える周波数の電磁放射が前記コアを完全に貫通伝播することを阻止するように寸法決定される、ゼロモード導波路基板。

10

【請求項 2】

前記犠牲アノードが前記金属クラッド層に付着される、請求項 1 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 3】

前記犠牲アノードが前記クラッド層の上面上に配置された金属層を含む、請求項 1 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 4】

前記犠牲アノードが Z n、M g、A l および F e から選択される金属を含む、請求項 1 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 5】

20

前記犠牲アノードが前記クラッド層の上面上に配置された亜鉛層を含む、請求項 1 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 6】

前記犠牲アノードが金属粒子、金属線または金属ストリップを含む、請求項 1 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 7】

前記犠牲アノードが前記クラッド層上部に堆積されるがそれに付着されることがない、請求項 6 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 8】

30

透明基板層と、
不透明なクラッド層と、
前記クラッド層を貫通して配置された開口を含みかつ少なくとも部分的に前記透明基板層内まで延在するコアと、
を含む、ゼロモード導波路基板。

【請求項 9】

前記透明基板層が少なくとも第 1 および第 2 の透明層を含み、前記第 2 の透明層は前記第 1 の透明層上に配置されかつ前記クラッド層は前記第 2 の透明層上に配置され、ここで前記開口は前記クラッド層および前記第 2 の透明層を貫通して延在する、請求項 8 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 10】

40

前記クラッド層が金属を含む、請求項 9 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 11】

前記コア内部および少なくとも部分的には前記コアの前記透明基板層内まで延在する部分の内部に配置された反応表面をさらに含む、請求項 8 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 12】

前記反応表面がポリメラーゼ酵素を含む、請求項 11 に記載のゼロモード導波路基板。

【請求項 13】

反応を監視する方法であって、
金属クラッド層を含むゼロモード導波路のコア内部に反応混合物を提供するステップと、
ここで前記ゼロモード導波路は犠牲アノードを含み、

50

前記反応混合物を前記コアの照射体積内で監視するステップと、を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本願は、米国特許法第119(e)条の下、2006年6月12日に出願された米国仮特許出願第60/812,863号明細書の優先権を主張するものであり、その全体が参照により本明細書中に明示的に取り込まれる。

【0002】

10

連邦政府支援研究に関する記載事項

本発明の一部は国立ヒトゲノム研究所(NHGR I)の助成金番号R01-HG003710-01の下で政府の助成によって行われたものであり、政府は本発明に対する特定の権利を有する。

【背景技術】

【0003】

発明の背景

多様な科学的教義の生物学的研究への適用により、生体系を特徴づけ、監視する方法および生物学的障害を治療する方法において著しい進歩が得られている。特に、生物学的研究用途に対するソリッドステート電子技術の組み合わせにより、例えば分子アレイ技術、すなわちDNAアレイ(米国特許第6,261,776号明細書を参照)、マイクロ流体チップ技術(米国特許第5,976,336号明細書を参照)、化学的に高感度の電界効果トランジスタ(ChemFET)、および他の有用なセンサ技術を含む多数の重要な進歩がもたらされている。

20

【0004】

ゼロモード導波路(ZMW)技術は、の半導体製造技術の異なる研究および診断分野へのさらに別の拡大を提供している。特に、ZMWアレイは、生化学分析の範囲内、特に遺伝的分析の分野内で適用されている。ZMWは、典型的には透明基板上に配置された不透明なクラッド層内に配置されたナノスケールのコア、ウェルまたは開口部を含む。コアの寸法が狭いことから、特定のカットオフ周波数を超える周波数の電磁放射におけるコアの貫通伝播が阻止されることになる。上記に対し、コア内に浸透する放射における距離が制限され、もたらされるコア内部の照射体積が極めて小さくなる。極めて小さい体積の照射により、例えば単一分子の反応を含む極めて少量の試薬について検討できる余地がある。

30

【0005】

単一分子レベルで反応を監視することにより、所与の反応に対して正確に同定および／または監視を行うことができる。これは、単一のポリメラーゼ酵素による鋳型依存性の方法でのDNA鎖の分子合成により分子を監視する単一分子のDNA配列決定技術における特に有望な分野の背景となる基盤である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

上記の利点に対し、多数のさらなる改善および利点を利用することが可能である。本発明は多数のかかる利点および改善を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

発明の概要

本発明は、一般に、化学分析および生化学分析で用いられる基板の構成および／または作製における改善、ならびに特にかかる基板内に作製された光学的特徴、例えばゼロモード導波路(ZMW)を有する基板を対象とする。

【0008】

50

第1の態様では、本発明は、少なくとも第1の表面を有する透明基板層と、透明基板層の第1の表面上に配置された金属クラッド層と、クラッド層を貫通して透明基板層まで配置され、かつ金属クラッド層に囲まれたコア領域を形成する開口とを含むゼロモード導波路基板であって、コアはカットオフ周波数を超える周波数の電磁放射が前記コアを完全に貫通伝播することを阻止するように寸法決定される、ゼロモード導波路基板を提供する。基板は、クラッド層上に配置された犠牲アノードも含む。

【0009】

それに関連し、本発明は、反応を監視する方法であって、金属クラッド層を含むゼロモード導波路のコア内部に反応混合物を提供するステップと、ここでゼロモード導波路は犠牲アノードを含み、反応混合物をコアの照射体積内で監視するステップと、を含む、方法を提供する。

10

【0010】

本発明は、さらなる態様では、透明基板層と、不透明なクラッド層と、クラッド層を貫通して配置された開口を含みかつ少なくとも部分的に透明基板層内に延在するコアと、を含む、ゼロモード導波路基板を提供する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】基板内に配置されたゼロモード導波路（ZMW）の略図を提供する。

【図2】犠牲アノード層を含むZMWの略図を提供する。

【図3】透明基板層内の体積が増加した領域を含むZMWの略図を提供する。

20

【図4】図3に示されるZMW用の典型的な製造プロセスの略図を提供する。

【図5】図3に示されるZMWを生産するための他の典型的な製造プロセスを示す。

【図6】凹部表面を含むZMWについての利点を比較したものの略図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

発明の詳細な説明

本発明は、一般に、化学分析および生化学分析で用いられる基板の構成および／または作製における改善、ならびに特にかかる基板内に作製された光学的特徴、例えばゼロモード導波路（ZMW）を有する基板を対象とする。

【0013】

30

本発明との関連で、分析用基板は、一般に、典型的には全体的な構成として実質的に平面の硬質もしくは半硬質の固体基板を含み、その上で目的の反応が行われ、関連の検出システム、例えば蛍光顕微鏡、光イメージングシステム、または電気信号検出システムを用いて監視されうる。かかる基板は、典型的には、基板内に作製されるかまたは基板の表面上に配置される追加の機能的要素を有しうる。かかる要素は、例えば、分子的な要素、例えば分子結合部分、例えば抗体、核酸に非特異的な化学共役基、結合ペプチド、またはそれに類するものを含み、あるいは疎水基または親水基などの特性を改変する基（property altering groups）を含むことで基板上に相対的に疎水性または親水性の領域を提供する。同様に、基板は、例えば、バリア、ウェル、ポスト、ピラー、チャネル、トラフ、電気接点、マスク層、クラッド層またはそれに類するものを含む、基板の上部もしくは下部に作製される構造的要素を有しうる。

40

【0014】

本発明は、一般に、本発明により提供される特定の解決策への需要に応じ、異なる基板タイプの全範囲にわたり適用可能である。例えば第1の態様では、本発明は、基板上に配置されたゼロモード導波路（ZMW）のアレイを含む基板を提供する。ZMWは典型的にはコア要素を囲むクラッド要素により特徴づけられ、ここでコアは、特定の閾値もしくははカットオフ周波数未満に収まる周波数のコアに入射する電磁エネルギーがコアを完全に貫通伝播することが阻止されるように寸法決定される。その結果、コアでのかかる電磁エネルギーの方向により、コアのごく一部の内部に極めて小さい照射領域がもたらされる。コアがクラッドに制約された開放容積（open volume）として提供される場合、結果的にコ

50

ア内部で極めて小さい体積を照射する能力が得られる。例えば化学反応物または生化学反応物の極めて小さい体積を照射する能力は、多数の用途において特に重要である。これらのZMWアレイ、それらの作製および使用については、米国特許第6,917,726号明細書（あらゆる目的でその全体が本明細書中に援用される）中に記載されている。

【0015】

ゼロモード導波路は、典型的には約10nm～約250nmの断面寸法を含み、好ましくは断面寸法が約20～約100nmである。ZMWは、典型的には断面が環状であるが、細長い構造、例えば楕円、エクリップス、スリット、グループ、または他の非環状の形状でもありうる。本明細書での考察によると、ゼロモード導波路のコアの深さは典型的には少なくとも一部ではクラッド層の厚みにより定義され、典型的には約25nm～約500nmの厚み、および好ましくは約50nm～約200nmの厚みの範囲となる。所望の用途に応じ、適用可能な深さの全範囲から所望の深さを選択することができる。

10

【0016】

本発明のゼロモード導波路は、典型的には透明基板層および透明基板上に堆積された不透明なクラッド層を含む基板内に作製される。導波路のコア部分は、クラッド層を貫通して透明層まで配置された開口を含み、開口の上端および透明基板によりキャップされた下端を有するウェルを画定する。かかる導波路の略図が図1に示される。図示のように、基板100全体は、不透明なクラッド層104内に配置されかつ透明基板層106まで貫通する導波路コア102を含む。

【0017】

ZMWの作製は多数の方法により実施可能である。しかし好ましい態様では、透明平面基板、例えばガラス、熔融シリカ、水晶、アルミナ、透明ポリマーまたはそれに類するものの上部に金属薄膜を提供する積層による作製方法が用いられる。コアについては、通常、透明基板上に適切なレジスト層を提供しかつレジスト層を現像して所望の導波路コアのネガ像としてピラーまたはポストを生成することにより画定される。次いで、不透明膜、例えば金属薄膜または半導体膜層を基板上に堆積させることでクラッド層が提供され、レジストピラーを除去することでその場所にクラッド層に囲まれた開口またはコアが生成される。典型的な金属クラッド層は、スパッタリングおよび／または蒸発などの従来の金属堆積技術を用いて処理可能な多数の金属膜のいずれかを含む。かかる金属は、アルミニウム、金、白金、クロムなど、ならびに例えば多層堆積のようなこれらの組み合わせを含む。半導体クラッド層は、種々の用途においても有用であり、例えば蒸着を用いて基板上に堆積可能である、例えば種々のIII-V族、IV族、および／またはII-VI族半導体のいずれかを含む。

20

30

【0018】

レジストピラーについては、例えばフォトリソグラフィー法、電子ビームリソグラフィー技術、ナノインプリントリソグラフィーまたはそれに類するものを含む半導体加工に関する当該技術分野で公知の種々の方法により画定可能である。

【0019】

少なくとも第1の態様では、ゼロモード導波路の構造全体が、好ましい場合には基板全体に対する追加層として適用される追加的な機能性を組み込みうる。

40

【0020】

上記のように、好ましいゼロモード導波路は透明基板材料上に配置された金属クラッド層を含む。化学操作および／または生化学操作に対するかかる金属化基板の用途においては、それらは例えば比較的高い塩濃度および／または非中性pHの環境、例えば酸性または塩基性条件を含む、金属に多少の損傷をもたらす可能性がある環境に必然的に暴露されることになる。これらの要素のすべてが、かかる材料における腐食を受けやすい傾向を増大させる。特に、これらの金属要素の高塩環境への暴露により、ガルバニック腐食が生じる機会がもたらされうる。したがって、本発明は、少なくとも1つの態様では基板の要素として犠牲またはガルバニックアノードを含むゼロモード導波路基板を提供する。かかるガルバニックアノードは基板に一体化され、例えば基板に一体的なものとしてかまたは基

50

板上の個別の層として堆積されうるか、あるいは別々の要素、例えば粒子、ストリップまたはワイヤとして反応混合物に追加されうる。例えば、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、鉄、ニッケルまたは下層のクラッド層の金属に対する犠牲アノードとして機能する任意の他の金属を含む種々の異なる金属のいずれかを、ガルバニックアノードとして用いてもよい。最適化された金属アノード層の選択が下層のクラッド層の構成にある程度依存しうるということが理解されるであろう。さらに、デバイスが暴露される環境が用途の需要により変化することから、金属の還元電位はその標準値から変化することになる。そのようなことから、極めて多数の材料を犠牲アノードとして用いてもよい。(用いられる条件下で)半電池電位Xのクラッド材料および半電池電位Yのアノード材料においては、YがX未満である場合、金属を犠牲アノードとして用いてもよい。いくつかの場合、クラッド材料またはアノード材料のいずれかまたは双方が新しい半電池電位X'およびY'の別の表面状態への変化を自発的に受けることになり、Y'がX'未満である場合、これらの材料を犠牲アノードとして用いてもよい。犠牲アノード材料の能力範囲で好ましい材料は、マグネシウム、亜鉛、ベリリウム、カドミウム、ウラン、アルミニウム、インジウム、スズ、鉛、鉄、ニッケル、銅、クロム、タンタル、およびタングステンを含む。特に好ましい態様では、亜鉛層が金属クラッド層とともにまたはその上部に堆積される。スパッタリング、蒸発、プラズマ蒸着などを含む種々の金属膜堆積技術を用い、クラッド層の上部にアノード層を提供することが可能である。

10

【0021】

関連の実施形態では、追加層はアノード層とクラッド層との間に配置された非導体層を介してクラッド層から電氣的に絶縁可能である。この実施形態では、アノード層に電位が直接印加可能であることから、アノード材料が特定の還元電位を有するという制限が除かれる。この実施形態では、本発明は、クラッド層に電気接点を、アノード層に別の電気接点を提供する。非導体層は別々のステップで被着されうるか、または被着されるべき他の材料のうちの1つの天然酸化物でありうる。例えば、アルミニウムの天然酸化物は非導電性であり、かつ導電性アルミニウム層上に酸化アルミニウムの絶縁層を形成するための方法が当該技術分野で公知である。

20

【0022】

上記の作製プロセスとの関連で、亜鉛層は、一般に、金属クラッド層と同時に堆積されうるかまたは金属クラッド層の上に続く層として堆積されうる。一旦レジストピラーが除去されると、導波路コアはガルバニックアノード層と金属クラッド層との双方を貫通して配置されることになる。アノード層は、典型的には約0.1nm~約100nmの厚み、好ましくは約1~約100nmの厚み、約1~約50nmの厚み、およびいくつかの場合には約10~約50nmの厚みになる。本発明のこの態様による導波路基板の例が図2に示される。図示のように、また図1に関連し、ZMWデバイス200全体はクラッド層104内に配置されたコア102をさらに含み、ここでクラッド層104は透明基板106の表面上に配置される。一方、上記に加え、犠牲アノード層208がクラッド層104の上面上に配置され、それは被着中での金属クラッド層の過剰なガルバニック腐食を阻止するように機能する。

30

【0023】

他の態様では、別のアノード要素が標準外の堆積方法で導波路アレイに追加可能である。特に、適切な金属粒子、金属ストリップまたはそれに類するものが、導波路の機能と干渉する、例えば過剰数のコアの開口部をブロックすることがない程度に十分なサイズである、例えば十分に大きいかまたは十分に小さいという条件で、導波路アレイ上に堆積可能である。

40

【0024】

別の代替的構造の構成では、ゼロモード導波路には、コアの末端でクラッド層を越えて透明基板に延在する空間または体積が提供される。特にコアにより与えられるさらに延在した体積を提供することにより、例えば図1で見られるように体積とコアが同延のゼロモード導波路を上回る多数の利点を得ることができる。この代替構造を有する導波路の例が

50

図 3 に図示される。図示のように、ゼロモード導波路基板 300 が、透明基板 306 上に堆積されたクラッド層 304 を貫通して配置されたコア 302 を含む。導波路構造はまた、導波路構造全体の体積を増加させるための凹部 308、ウェルまたはコア体積の透明基板 306 への延在部を含む。特に、非特異的な表面での結合の阻止を目的とした、修飾表面を含む ZMW、例えば反応分子および／またはリンカー分子および／または保護表面処理を含む操作された表面を有する ZMW の場合、得られる活性表面は下層の基板表面からさらに遠方に移る可能性がある。その結果、例えば反応表面で行われる目的の反応は ZMW の最適な観察体積の末端または外部で生じうる。そのようなことから、下層の基板表面をくぼませることにより、反応表面を観察体積内部により適切に位置づけることができる。この効果は図 6 に概略的に図示される。

10

【0025】

凹部のない ZMW が図 6 のパネル I に図示される。図示のように、ZMW 基板 600 は、クラッド層 604 内部に透明基板層 606 まで通るように配置されたコア 602 を含む。X608 で示される反応表面が、例えば核酸重合反応などの所望の目的の反応を行うために ZNMW コア 602 内部に提供され、かつリンカー分子 610 を介して下層の基板 606 表面に共役される。リンカー 610 のサイズおよび潜在的には他の表面の修飾が理由で、反応表面 608 は（点線 612 により境界が示される）観察体積の末端または外部に配置されうる。しかし、下層の基板の下部表面をくぼませることにより、この可能性のある問題を軽減できる。特に図 6 のパネル II に示されるように、ZMW 620 はコア 622 の底部にくぼんだ下部表面 624 を含み、その結果観察体積内部に十分に収まる反応表面 608 が得られる。これは、特に、例えばクラッド層単独の厚みを超えて調節できるようにより容易に調整可能な観察体積や、導波路の下方に配置された光学素子においてより高い信号レベルを有するゼロモード導波路を提供し、結果として改善された信号対ノイズ比が得られる。

20

【0026】

上記の利点に加え、検出領域の体積の増加により、検出体積内での目的の分子の占有性に関する統計において利点が提供される。場合によっては、各閉じ込め状態での観察下ではアッセイで扱われる分子が 1 個に限られることが望ましい。クラッドの底とデバイスの床が同じ場所にある場合、閉じ込めは短い減衰長とともに指数的に低下する特性を有する。結果的に、ある分子が検出ゾーン内に位置づけられ、かつ第 2 の分子が第 1 の分子に対してバックグラウンドノイズを生成するように検出ゾーン内のより高い位置に存在しないことはまれである。床位置を下げることで、特性はステップ関数をエミュレートするように変化し、その場合、検出ゾーン「内」に相対的に均一な観察効率を有するデバイス部分が存在するとともに検出体積「外」に 2 つの領域に分かれる極めて急速な指数的崩壊を伴う別のデバイス部分が存在する。この後者の状況では、検出ゾーン内に分子が 1 個存在しかつ指数的崩壊領域内に分子が全く存在しないという配置を偶然得る確率は大幅に増加する。深いウェルによりもたらされる相対的均一性のさらなる利点が、単一分子の蛍光出力のレベルの位置依存性が低下することから、フルオロフォアをデバイスに連結する柔軟なリンカーに起因し、変動に対してある程度の自由度がある時間内に均一性が高まる点である。

30

40

【0027】

透明基板 306 での凹部またはウェル 308 は、典型的にはコアに匹敵する断面寸法、例えば直径を有するが、所望の用途および機能性に応じてその深さが変化しうる。

【0028】

本発明のこの態様に従い改良されたゼロモード導波路は、多数の方法により作製可能である。例えば第 1 の好ましい態様では、ウェルは ZMW 作製のプロセスにおける追加の堆積ステップとして作製され、それは金属クラッド層の堆積に先立って行われる。特にレジストピラーのネガ像を用い、例えば下層の透明基板と同一もしくは類似の組成物からなる透明材料の層が透明基板上に堆積される。次いで、金属クラッド層、および場合により任意の追加層、例えばガルバニックアノード層がその上に堆積される。一旦ピラーが構成か

50

ら除去されると、導波路コアがクラッド層内に透明基板層に延在する追加体積とともに残る。このプロセスは図4に概略的に図示される。

【0029】

図4に示されるように、上面402を有する透明基板400が提供される。次いで、レジスト層404が表面402上に堆積される。レジストが露光、現像されることで、ピラー406として示される所望の導波路コアのネガ像が得られる。次いで、追加の透明材料の層408が基板の露光表面402上に堆積され、ピラー406の周りに透明基板層が構築される。透明材料は、好ましくは下層の透明基板400と同一または類似の組成物である。例えばガラス基板の場合、 SiO_2 層が、例えばスピノングラスの使用、プラズマ励起化学蒸着、シリコンの蒸着とその後の SiO_2 への酸化（例えば熱酸化）を含む、半導体製造分野で公知の種々の技術のいずれかを用い、基板表面上に堆積可能である。次いで、金属クラッド層410が透明層408上に堆積される。次いで、レジストピラーは、例えばリフトオフまたは「ノックオフ」プロセスを用いて基板全体から除去され、クラッド層内に配置された導波路構造のオープンコア412が得られる。さらに、コア体積が追加の透明層408内まで延在することで、コアに追加体積が提供される。

【0030】

他のプロセスでは、導波路コアは追加のエッチングステップにおけるマスキング層として使用可能である。特に、ZMWが上記のプロセスを用いて作製される。次いで、金属クラッド層は後のエッチングステップにおけるマスキング層として機能する。これと関連し、用いられるエッチャントおよびエッチング時間が所望のエッチング空間の構造が得られるように選択される。例えば、基板が異方性の反応性イオンエッチング（RIE）を用いてエッチングされる場合、得られる特徴は垂直側壁とクラッド内の開口部と同じ鳥瞰図を有することになる。この場合、基板材料をクラッド材料に対して許容される程度の選択性でエッチングするための方法については当該技術分野で公知である。エッチングが（湿式化学エッチングまたはRIEのいずれかを用いて）等方性に行われる場合、時間は導波路の寸法よりも実質的に大きいエッチング体積の生成を回避するように制御可能である。代わりにまたはそれに加え、エッチングがエッチング条件にもかかわらず異方性がより強く、より制限されたエッチング空間が生成される場合、より結晶性の高い基板、例えば水晶またはそれに類するものを使用することができる。あるいは、ドライエッチング技術が用いられうる。このプロセスの略図を図5に示す。

【0031】

図5に示されるように、ZMW基板500は、透明基板506上に配置された金属クラッド層504を通して配置されたZMWコア502を含み、透明基板506は本発明のこの態様では、無機材料、例えばガラス、水晶または溶融シリカを含む。本発明のこの態様によると、クラッド層はその後のエッチングステップにおけるマスキング層として二重に機能する。特に、基板は、例えば陰影領域508および凹部510に示されるように、さらに深くエッチングしてコア体積にする（矢印508により示される）適切なエッチャントに暴露される。いくつかの場合、リソグラフィ技術でより日常的に用いられるクラッド層内の金属、例えばクロム、金またはそれに類するものが、より厳しいエッチング環境に対して他の金属よりも大きい許容度を有しうるかまたはマスキング材料としてより優れた機能を発揮しより解像度の高い特性を提供しうることから、それらを用いることが望ましい場合がある。

【図 1】

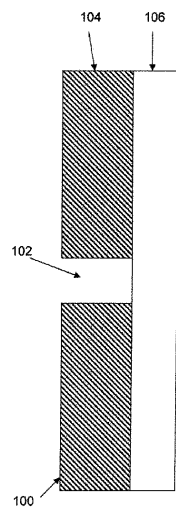


FIG. 1

【図 2】

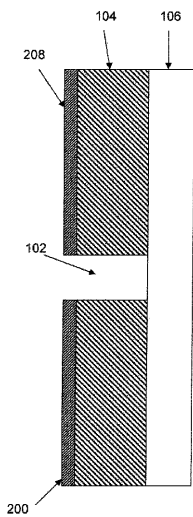


FIG. 2

【図 3】

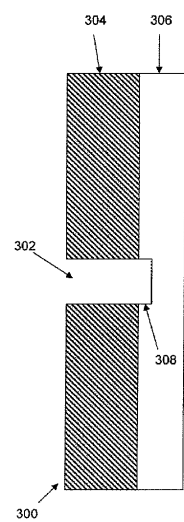


FIG. 3

【図 4】

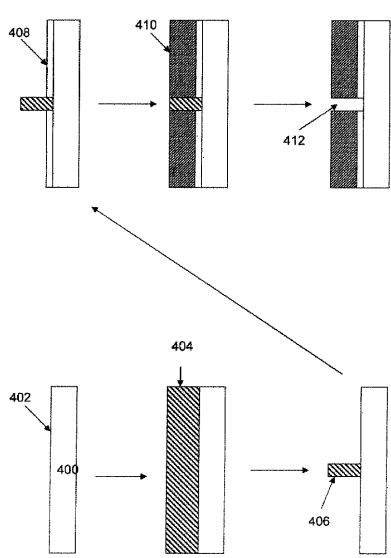


FIG. 4

【図 5】

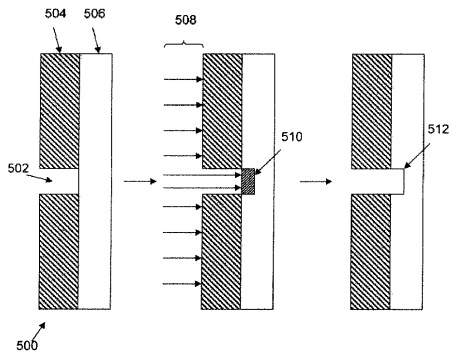


FIG. 5

【図 6】

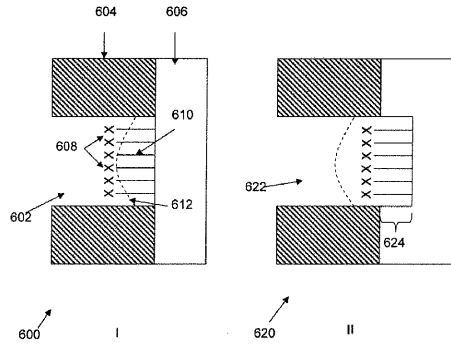


FIG. 6

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US07/70901

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: G02B 6/10(2006.01)

USPC: 385/129

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S.: 385 / 129, 130, 131

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

USPTO EAST: search term = ((zero adj mode adj waveguide) or ZMW) with anode

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7,013,054 B2 (LEVENE et al.) 14 March 2006 (14.03.06), see figures 3C and 3D and column 5, lines 14-26, column 7, lines 11-12 and column 17, lines 5-14).	8-12
A		1-7, 13
A	US 6,917,726 B2 (LEVENE et al.) 12 July 2005 (12.07.05), see entire document	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 May 2008 (09.05.2008)

Date of mailing of the international search report

22 MAY 2008

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. (571) 273-3201

Authorized officer

Jennifer Doan
Telephone No. (703) 308-0956

フロントページの続き

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

(72)発明者 ペルソ, ポール
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94542, ヘーワード, アpartment 167, カロス
ビー ブールバード 25200

(72)発明者 ターナー, ステファン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94025, メンロ パーク, スタンフォード アベニュー
356

(72)発明者 ロイトマン, ダニエル, ベルナルド
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94025, メンロ パーク, カレッジ アベニュー 70
0

(72)発明者 オット, ジェフリー
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95051, サンタ クララ, ウッドハムズ ロード 68
1

Fターム(参考) 4B029 AA07 BB20 FA12 GB02 GB09 HA09
4B063 QA13 QQ42 QS39 QX04