

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7202312号
(P7202312)

(45)発行日 令和5年1月11日(2023.1.11)

(24)登録日 令和4年12月27日(2022.12.27)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 2 B	6/12 (2006.01)	G 0 2 B	6/12	3 0 1	
G 0 2 B	6/124(2006.01)	G 0 2 B	6/124		
G 0 2 B	6/122(2006.01)	G 0 2 B	6/122	3 1 1	
G 0 2 B	6/125(2006.01)	G 0 2 B	6/125	3 0 1	

請求項の数 14 (全20頁)

(21)出願番号	特願2019-554900(P2019-554900)	(73)特許権者	591025439 ザイリンクス インコーポレイテッド X I L I N X I N C O R P O R A T E D アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 4 - 3 4 0 0 サン ホセ ロジック ドライブ 2 1 0 0
(86)(22)出願日	平成30年3月12日(2018.3.12)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(65)公表番号	特表2020-516932(P2020-516932 A)	(72)発明者	レシー, オースティン・エイチ アメリカ合衆国、9 5 1 2 4 カリフォ ルニア州、サン・ノゼ、ロジック・ドラ イブ、2 1 0 0
(43)公表日	令和2年6月11日(2020.6.11)	審査官	奥村 政人
(86)国際出願番号	PCT/US2018/022063		
(87)国際公開番号	WO2018/186999		
(87)国際公開日	平成30年10月11日(2018.10.11)		
審査請求日	令和3年2月4日(2021.2.4)		
(31)優先権主張番号	15/480,277		
(32)優先日	平成29年4月5日(2017.4.5)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ウエハのプロープおよび検査を可能にするシリコンフォトニクス構造

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フォトニック半導体チップであって、

第1導波路の第1端に結合されたエッジカブラを備え、前記エッジカブラは、前記フォトニック半導体チップの側面に沿って第1光信号を転送するように構成され、前記エッジカブラは、前記第1光信号が前記エッジカブラを通して伝播するときにモードサイズを変更するように構成され、

(i) 前記第1導波路の第2端、(i i) 第2導波路の第1端および(i i i) 第3導波路の第1端に結合されたスプリッタを備え、前記スプリッタは、前記第2導波路から第1光信号を受信し、前記第1光信号の第1減衰部分および第2減衰部分を前記第1導波路および前記第3導波路に転送するように構成され、

前記第2導波路の第2端に結合された格子カブラを備え、前記格子カブラは、前記フォトニック半導体チップの前記側面に垂直な上面に沿って第2光信号を転送するように構成され、

前記第3導波路の第2端に結合された光学素子を備える、フォトニック半導体チップ。

【請求項 2】

前記エッジカブラは、前記フォトニック半導体チップの外側側面から露出され、

前記格子カブラは、前記フォトニック半導体チップの外側上面から露出され、

前記側面は、前記上面に垂直である、請求項1に記載のフォトニック半導体チップ。

【請求項 3】

前記光学素子は、導電性トレースを介して、前記上面に配置された導電性パッドに接続される、請求項 2 に記載のフォトニック半導体チップ。

【請求項 4】

前記第 1 導波路、前記第 2 導波路および前記第 3 導波路は、少なくとも 1 つのミクロン未満の幅または 1 ミクロン以下の高さを有し、

前記第 1 導波路、前記第 2 導波路および前記第 3 導波路は、前記フォトニック半導体チップの共通面上に配置される、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のフォトニック半導体チップ。

【請求項 5】

前記共通面は、前記フォトニック半導体チップの上部半導体表面層と前記フォトニック半導体チップの絶縁層との間の界面であり、

前記第 1 導波路、前記第 2 導波路、前記第 3 導波路、前記エッジカプラ、および前記格子カプラは、前記絶縁層上に配置される、請求項 4 に記載のフォトニック半導体チップ。

【請求項 6】

前記光学素子は、光検出器および光変調器のいずれかである、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のフォトニック半導体チップ。

【請求項 7】

シリコンオンインシュレータ (SOI) 構造をさらに備え、

前記第 1 導波路、前記第 2 導波路および前記第 3 導波路は、前記 SOI 構造の絶縁層上に配置されたシリコン導波路である、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のフォトニック半導体チップ。

【請求項 8】

方法であって、

エッジカプラ、格子カプラ、スプリッタおよび光学素子を含むフォトニック半導体チップを提供することを含み、前記エッジカプラは、第 1 導波路の第 1 端に結合され、前記スプリッタは、(i) 前記第 1 導波路の第 2 端、(ii) 第 2 導波路の第 1 端および (iii) 第 3 導波路の第 1 端に結合され、前記格子カプラは、前記第 2 導波路の第 2 端に結合され、前記光学素子は、前記第 3 導波路の第 2 端に結合され、

検査プローブと前記格子カプラとの間に受信した光信号を転送することを含み、前記スプリッタは、前記受信した光信号の減衰した部分を前記第 1 導波路および前記第 3 導波路の両方に転送し、前記エッジカプラは、前記フォトニック半導体チップの側面に沿って第 1 光信号を転送するように構成され、前記格子カプラは、前記フォトニック半導体チップの前記側面に垂直な上面に沿って第 2 光信号を転送するように構成され、

前記光信号を転送することに基づいて、前記光学素子の機能を検査することを含む、方法。

【請求項 9】

前記方法は、前記フォトニック半導体チップを含むウエハを提供することをさらに含み、前記フォトニック半導体チップが前記ウエハの一部であるときに、前記光信号を転送し、前記ウエハは、複数のフォトニック半導体チップを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記ウエハを切断することによって、前記複数のフォトニック半導体チップから前記フォトニック半導体チップを分離し、前記エッジカプラを前記フォトニック半導体チップの外側側面から露出させることをさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記エッジカプラを用いて、外部搬送媒体によって搬送された光を受信することと、前記検査プローブを用いて、前記格子カプラによって受信された光を測定することと、前記測定した光に基づいて、前記外部搬送媒体を前記エッジカプラに位置合わせすることとをさらに含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記格子カプラは、前記フォトニック半導体チップの外側上面から露出され、

10

20

30

40

50

前記外側側面は、前記外側上面に垂直である、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

前記光学素子は、導電性トレースを介して、前記上面に配置された導電性パッドに接続される、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 1 導波路、前記第 2 導波路および前記第 3 導波路は、少なくとも 1 つのミクロン未満の寸法を有し、

前記第 1 導波路、前記第 2 導波路および前記第 3 導波路は、前記フォトニック半導体チップの共通面上に配置される、請求項 9 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

技術分野

本開示の例は、一般的には、フォトニックチップ内の光学素子を検査することに関し、具体的には、格子カブラを用いて、フォトニックチップに集積された光学素子の機能を検証することに関する。

【背景技術】

【0002】

背景

多くのネットワーク装置は、導電性ケーブルを使用する場合に実現できない速度でデータを処理する。例えば、導電性ケーブル（例えば、イーサネット（登録商標）ケーブル）を用いて、ネットワーク装置の I/O 速度を達成する場合、大量の電力を必要とするまたは大量のノイズを生成する。したがって、ネットワーク装置の間に高速信号を転送する必要がある場合、これらの装置は、光ファイバケーブルを使用する。光ファイバケーブルは、導電性ケーブルに比べて、より速いデータ転送速度およびより長い距離に対応することができる。

20

【0003】

ネットワーク装置は、光ケーブルに結合される 1 つ以上のフォトニックチップを含むことができる。例えば、フォトニックチップは、100 本以上の異なる光ファイバケーブルに結合することができる。しかしながら、フォトニックチップをこれらの光ケーブルに合わせて取り付けない場合、フォトニックチップ内の光学素子を検査することは、不可能ではなくても困難である。例えば、フォトニックチップがまだウエハ内にあるときに、すなわち、ウエハを個々のフォトニックチップに切断する前に、フォトニックチップ内の光学素子（例えば、光変調器、光検出器など）を検査することができない。

30

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

概要

格子カブラを用いてフォトニック半導体チップ内の光学素子を検査するための技術を説明する。一例は、フォトニック半導体チップに関する。このフォトニック半導体チップは、第 1 導波路の第 1 端に結合されたエッジカブラを備え、エッジカブラは、フォトニック半導体チップの側面に沿って第 1 光信号を転送するように構成され、エッジカブラは、第 1 光信号がエッジカブラエッジカブラを通して伝播するときにモードサイズを変更するように構成される。フォトニック半導体チップは、(i) 第 1 導波路の第 2 端、(ii) 第 2 導波路の第 1 端および (iii) 第 3 導波路の第 1 端に結合されたスプリッタを備え、このスプリッタは、第 1 導波路、第 2 導波路および第 3 導波路のいずれかから第 1 光信号を受信し、第 1 光信号の第 1 減衰部分および第 2 減衰部分を第 1 導波路、第 2 導波路および第 3 導波路の残りの 2 つの導波路に転送するように構成される。フォトニック半導体チップは、第 2 導波路の第 2 端に結合された格子カブラを備え、格子カブラは、フォトニック半導体チップの側面に垂直な上面に沿って第 2 光信号を転送するように構成され、およ

40

50

び第3導波路の第2端に結合された光学素子を備える。

【0005】

いくつかの実施形態において、エッジカブラは、フォトニック半導体チップの外側側面から露出されてもよく、格子カブラは、フォトニック半導体チップの外側上面から露出されてもよい。側面は、上面に垂直であってもよい。

【0006】

いくつかの実施形態において、光学素子は、導電性トレースを介して上面に配置された導電性パッドに接続されてもよい。

【0007】

いくつかの実施形態において、第1導波路、第2導波路および第3導波路は、少なくとも1つのミクロン未満の寸法を有してもよく、第1導波路、第2導波路および第3導波路は、フォトニック半導体チップの共通面に配置されてもよい。

10

【0008】

いくつかの実施形態において、共通面は、フォトニック半導体チップの上部半導体表面層とフォトニック半導体チップの絶縁層との間の界面であってもよい。第1導波路、第2導波路、第3導波路、エッジカブラおよび格子カブラは、絶縁層上に配置されてもよい。

【0009】

いくつかの実施形態において、光学素子は、光検出器および光変調器のいずれかであってもよい。

【0010】

いくつかの実施形態において、フォトニック半導体チップは、シリコンオンインシュレータ(SOI)構造をさらに含むことができる。第1導波路、第2導波路および第3導波路は、SOI構造内の絶縁層上に配置されたシリコン導波路であってもよい。

20

【0011】

別の例は、方法に関する。この方法は、エッジカブラ、格子カブラ、スプリッタおよび光学素子を含むフォトニック半導体チップを提供することを含む。エッジカブラは、第1導波路の第1端に結合され、スプリッタは、(i)第1導波路の第2端、(ii)第2導波路の第1端および(iii)第3導波路の第1端に結合され、格子カブラは、第2導波路の第2端に結合され、光学素子は、第3導波路の第2端に結合される。この方法は、検査プローブと格子カブラとの間に光信号を転送することを含み、エッジカブラは、フォトニック半導体チップの側面に沿って第1光信号を転送するように構成され、格子カブラは、フォトニック半導体チップの側面に垂直な上面に沿って第2光信号を転送するように構成される。この方法は、光信号を転送することに基づいて、光学素子の機能を検査することを含む。

30

【0012】

いくつかの実施形態において、この方法は、フォトニック半導体チップを含むウエハを提供することをさらに含むことができる。フォトニック半導体チップがウエハの一部であるときに、光信号を転送してもよい。ウエハは、複数のフォトニック半導体チップを含んでもよい。

【0013】

いくつかの実施形態において、この方法は、ウエハを切断することによって、フォトニック半導体チップを複数のフォトニック半導体チップから分離し、エッジカブラをフォトニック半導体チップの外側側面から露出させることをさらに含むことができる。

40

【0014】

いくつかの実施形態において、この方法は、エッジカブラを用いて、外部搬送媒体によって搬送された光を受信することと、検査プローブを用いて、格子カブラによって受信された光を測定することと、測定された光に基づいて、外部搬送媒体をエッジカブラに位置合わせすることとをさらに含むことができる。

【0015】

いくつかの実施形態において、格子カブラは、フォトニック半導体チップの外側上面か

50

ら露出されてもよく、外側側面は、外側上面に垂直であってもよい。

【0016】

いくつかの実施形態において、光学素子は、導電性トレースを介して、上面に配置された導電性パッドに接続されてもよい。

【0017】

いくつかの実施形態において、第1導波路、第2導波路および第3導波路は、少なくとも1つのミクロン未満の寸法を有してもよく、第1導波路、第2導波路および第3導波路は、フォトニック半導体チップの共通面に配置されてもよい。

【0018】

別の例は、方法に関する。この方法は、ウエハを提供することを含み、ウエハは、集積された複数のフォトニックチップを含む。複数のフォトニックチップの第1フォトニックチップは、格子カプラ、スプリッタ、第1光学素子および第2光学素子を含む。格子カプラは、第1導波路の第1端に結合され、スプリッタは、第1導波路の第2端、(i i)第2導波路の第1端および(i i i)第3導波路の第1端に結合され、第1光学素子は、第2導波路の第2端に結合され、第2光学素子は、第3導波路の第2端に結合される。この方法は、検査プローブと格子カプラとの間に光信号を転送することを含み、格子カプラは、第1導波路および第2導波路を配置している共通面に平行な第1フォトニックチップの上面に沿って光信号を転送するように構成される。この方法は、光信号を転送することに基づいて、光学素子の機能を検査することと、ウエハを切断することによって複数のフォトニックチップから第1フォトニックチップを分離することとを含む。

10

20

【0019】

いくつかの実施形態において、スプリッタは、第1導波路、第2導波路および第3導波路のいずれかから第1光信号を受信し、第1光信号の第1減衰部分および第2減衰部分を第1導波路、第2導波路および第3導波路の残りの2つの導波路に転送するように構成されてもよい。

【0020】

いくつかの実施形態において、第1光学素子は、導電性トレースを介して、上面に配置された導電性パッドに接続されてもよい。

【0021】

いくつかの実施形態において、第1導波路、第2導波路および第3導波路は、少なくとも1つのミクロン未満の寸法を有してもよく、第1導波路、第2導波路および第3導波路は、フォトニックチップの共通面に配置されてもよい。

30

【0022】

いくつかの実施形態において、この方法は、ウエハを切断した後、格子カプラと検査プローブとの間に第2光信号を転送することによって、第1光学素子の機能を検査することをさらに含むことができる。

【0023】

いくつかの実施形態において、この方法は、ウエハを切断した後、不透明材料を用いて格子カプラを被覆することをさらに含むことができる。

【0024】

上記の特徴をより詳しく理解できるように、いくつかの実現例を示す添付の図面を参照して、上記の簡潔な概要をより詳細に説明する。理解すべきことは、添付の図面は、代表的な実現例のみを示し、発明の範囲を限定するものと見なされるべきではないことである。

40

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本明細書に開示された一実施形態に従って、SOI装置を示す図である。

【図2】一例に従って、光学素子を検査するための格子カプラを含むフォトニックチップを示す図である。

【図3A】一例に従って、格子カプラおよびエッジカプラを光学素子に光学的に結合するためのスプリッタを示す図である。

50

【図 3 B】一例に従って、格子カブラおよびエッジカブラを光学素子に光学的に結合するためのスプリッタを示す図である。

【図 3 C】一例に従って、格子カブラおよびエッジカブラを光学素子に光学的に結合するためのスプリッタを示す図である。

【図 4 A】一例に従って、エッジカブラを示す図である。

【図 4 B】一例に従って、エッジカブラを示す図である。

【図 5】一例に従って、シリコンオンインシュレータ構造内の格子カブラを示す図である。

【図 6】一例に従って、格子カブラを用いてフォトニックチップを検査するためのフローチャートである。

【図 7】一例に従って、複数のフォトニックチップを含むウエハを示す図である。

10

【図 8】一例に従って、フォトニックチップを検査するためのシステムを示す図である。

【図 9】一例に従って、フォトニックチップを含むラインカードを示す図である。

【図 10】一例に従って、格子カブラを含むフォトニックチップを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

詳細な説明

理解を容易にするために、可能な場合、同一の参照番号を用いて、図面に共通する同一の要素を指す。一例の要素を他の例に有利に組み込むことができると考えられる。

【0027】

以下、図面を参照して、様々な機能を説明する。理解すべきことは、図面は、縮尺通りに描かれている場合と描かれていない場合があり、同様の構造要素または機能要素は、全ての図面において同様の参照番号で示されることである。理解すべきことは、図面は、特徴の説明を容易にすることを意図していることである。図面は、説明の網羅的な説明または特許請求の範囲を制限することを意図していない。さらに、図示された例は、示された全ての態様または利点を有する必要はない。特定の例に関連して説明された態様または利点は、必ずしもその例に限定されるものではなく、そのように示されていなくてもまたは明示的に説明されていなくても、他の例に実現することができる。

20

【0028】

本明細書の実施形態は、格子カブラを用いてフォトニックチップ内の光学素子を検査するまたは位置合わせするための技術を説明する。一実施形態において、フォトニックチップは、エッジカブラおよび格子カブラを含み、エッジカブラおよび格子カブラは、フォトニックチップを外部の光ファイバケーブルに光学的に結合することができる。エッジカブラは、フォトニックチップの側面またはエッジに配置されてもよく、格子カブラは、フォトニックチップの上部または側面に配置されてもよい。例えば、エッジカブラは、格子カブラを含むフォトニックチップの側面に垂直なチップの側面に配置されてもよい。一般に、エッジカブラは、格子カブラよりもフォトニックチップに進出する光をより効率に転送することができる。また、外部光ファイバケーブルをエッジカブラに位置合わせすると、格子カブラよりも小型のパッケージを得ることができる。

30

【0029】

エッジカブラは、格子カブラよりも優れているが、いくつかの製造段階においてエッジカブラにアクセスできないため、エッジカブラに接続された光学素子を検査することができない。製造時に、ウエハは、複数の同様のフォトニックチップを含むように加工されてもよい。例えば、ウエハは、20～200個のフォトニックチップを含むことができる。ウエハを切断してフォトニックチップを分離する前に、製造業者は、フォトニックチップ内の光学素子を検査したい場合がある。しかしながら、エッジカブラを用いてこれらの素子にアクセスする場合、ウエハをフォトニックチップにダイシングまたは切断しない限り、これらの素子を検査することができない。

40

【0030】

本明細書に記載の実施形態において、フォトニックチップは、エッジカブラに接続されている光学素子を検査するための格子カブラを含む。したがって、（例えば、ウエハを切

50

断する前に) エッジカブラにアクセスできない場合、検査プローブをウエハの上部または下部に配置された格子カブラに光学的に接続することによって、エッジカブラにアクセスすることができる。フォトニックチップの機能を検査するために、検査プローブは、格子カブラから光信号を受信するまたは格子カブラに光信号を転送することができる。一実施形態において、格子カブラおよびエッジカブラは、スプリッタのポートに各々接続される。スプリッタの第3ポートは、フォトニックチップ内の光学素子(例えば、光変調器および光検出器)に結合される。光学素子から光信号を受信すると、スプリッタは、光信号パワーの第1減衰部分をエッジカブラに転送し、光信号パワーの第2減衰部分を格子カブラに転送する。したがって、エッジカブラが露出されていなくてもまたはアクセスできなくても、検査プローブは、格子カブラを介して一部の光信号を受信して、光学素子の機能を検査することができる。

10

【0031】

また、検査プローブは、格子カブラを用いて、光信号をフォトニックチップに転送することもできる。この場合、格子カブラは、光信号をスプリッタに転送し、スプリッタは、信号の少なくとも一部を光学素子に転送する。一実施形態において、光学素子は、電気信号を出力し、この電気信号は、フォトニックチップの上面または底面に設けられた導電性パッドに転送される。検査プローブを導電性パッドに結合し、この電気信号を測定することによって、検査装置は、フォトニックチップが機能しているか否かを判断することができる。

【0032】

20

一実施形態において、ウエハを個々のフォトニックチップに切断した後、格子カブラは、検査に使用される。したがって、ウエハに配置されたフォトニックチップを検査するとき使用された同様の検査装置および構成を用いて、個々の基板に取り付けられた個々のフォトニックチップを検査することができる。また、一実施形態において、格子カブラを用いて、光ファイバケーブルをフォトニックチップ内のエッジカブラに位置合わせすることができる。例えば、位置合わせの時に、光ファイバケーブルは、光をエッジカブラに転送することができる。格子カブラを介して受信した光を監視することによって、位置合わせ装置は、例えば、格子カブラから受信した光が最大になったときに、光ファイバケーブルがエッジカブラに位置合わせされたことを判断することができる。

【0033】

30

図1は、本明細書に開示された一実施形態に従って、シリコンオンインシュレータ(SOI)装置100を示す。SOI装置100は、表面層105と、(埋め込み酸化物(BOX)層とも呼ばれる)埋め込み絶縁層110と、半導体基板115とを含む。本明細書の実施形態は、表面層105および基板115をシリコンとして称するが、本開示は、そのように限定されない。例えば、他の半導体または光透過性材料を用いて、本明細書に開示された構造を形成することができる。また、表面層105および基板115は、同じ材料から作られてもよいが、他の実施形態において、これらの層105および115は、異なる材料から作られてもよい。

【0034】

表面層105の厚さは、100nm未満から1 μ mを超える範囲にあってもよい。より具体的には、表面層105は、100~300nmの厚さを有してもよい。絶縁層110の厚さは、所望の用途に応じて変化してもよい。一実施形態において、絶縁層110の厚さは、1 μ m未満から数十 μ mの範囲にあってもよい。基板115の厚さは、SOI装置100の特定の用途に応じて大きく変化してもよい。例えば、基板115は、典型的な半導体ウエハの厚さ(例えば、100~700 μ m)を有してもよく、薄くされてよくまたは別の基板に取り付けられてもよい。

40

【0035】

光学用途の場合、シリコン表面層105および絶縁層110(例えば、シリコン酸化物、オキシ窒化ケイ素など)は、光信号を表面層105のシリコン導波路に拘束する対照的な屈折率を提供することができる。後の処理工程において、SOI装置100の表面層1

50

05をエッチングして、1つ以上のシリコン導波路を形成することができる。シリコンがシリコン酸化物などの絶縁体に比べて高い屈折率を有するため、光信号は、表面層105に沿って伝播するとき主に導波路に留まる。

【0036】

図2は、SOI構造から形成されたフォトニック半導体チップ200を示している。フォトニックチップ200は、対応するシリコン導波路210A~Cを介して、スプリッタ215に結合されたエッジカプラ205と、格子カプラ220と、光学素子225とを含む。図1のSOI装置100と同様に、フォトニックチップ200は、上面層235と、絶縁層110と、基板115とを含む。しかしながら、表面層235は、様々な光学構造を含むように処理されている。例えば、表面層235は、光学素子225(例えば、光変調器または光検出器)を含み、光学素子225は、フォトニックチップ200の上面240から露出された導電性パッド230を備える。光学素子225は、シリコン層に対して様々な製造工程を実行することによって、例えばシリコン材料をエッチングまたはドーピングすると共に、表面層235上に追加の材料を堆積または成長させることによって形成することができる。導電性パッド230は、光学素子225によって生成された電気信号または光学素子225に転送された電気信号を転送するために使用できる任意の数のパッドまたは接点を表す。導電性パッド230は、導電性トレースまたはビアによって光学素子に結合される。

10

【0037】

光学素子225が変調器である場合、導電性パッド230は、外部ソースから制御信号を受信して、導波路210Cから受信した光信号の変調を制御することができる。光学素子225が光検出器である場合、検出器は、導電性パッド230にそれぞれ結合されたn型ドーブ領域およびp型ドーブ領域を有するため、シリコン導波路210Cから受信した吸収光信号に対応する電気信号を生成または転送することができる。

20

【0038】

図示されていないが、導電性パッド230は、光学素子225から電気信号を受信するまたは電気信号を光学素子225に転送するための電気集積回路(IC)に接続されてもよい。一実施形態において、電気ICは、フォトニックチップ200から物理的に分離されるが、ボンディングワイヤおよび/またはバスを介して導電性パッド230に結合される。別の実施形態において、電気ICのロジックは、フォトニックチップ200と同様のSOI構造に形成される。したがって、光学素子225は、導電性パッド230を使用する代わりに、内部トレースまたはワイヤを介して、ロジックとの間にデータ信号を送受信することができる。

30

【0039】

シリコン導波路210は、シリコン表面層(例えば、図1の層105)から製造されてもよい。フォトニックチップ200は、導波路210を用いて、表面層235の異なる領域に光信号を搬送する。この例では、シリコン導波路210は、エッジカプラ205、スプリッタ215、格子カプラ220、および光学素子225の間に光信号を転送する。導波路210Bがスプリッタ215から格子カプラ220まで垂直に延在すると図示されているが、これは単に例示である。導波路210Bおよび格子カプラ220は、導波路210Aおよび210C、スプリッタ215、エッジカプラ205、および光学素子225と同一の平面および層(すなわち、表面層235)に配置されてもよい。例えば、導波路210Bは、ページに垂直な方向に延在してもよい。したがって、導波路210Bおよび格子カプラ220は、表面層235に位置している。それにもかかわらず、格子カプラ220の少なくとも1つの側面は、フォトニックチップの上面240から露出される。すなわち、格子カプラ220は、絶縁層110から上面240まで延在することができる。

40

【0040】

図示のように、エッジカプラ205の1つのインターフェイスは、導波路210Aに結合され、別のインターフェイスは、フォトニックチップ200の外側側面245に近接している。エッジカプラ205がチップ200の側面から露出されていると図示されている

50

が、他の実施形態において、エッジカブラ 205 は、側面 245 からわずかに凹んでもよい。一実施形態において、エッジカブラ 205 は、導波路 210 と同様の材料から作られる。例えば、エッジカブラ 205 および導波路 210 の両方は、シリコンから作られてもよい。一実施形態において、エッジカブラ 205 は、変換器の露出側面 245 に当たる光信号を導波路 210 A に集束させるように処理（例えば、エッチング）された複数の積層を含むことができる。

【0041】

エッジカブラ 205 は、外部の光搬送媒体（例えば、レーザまたは光ファイバケーブル）に効率的に結合するように設計されてもよい。シリコン導波路 210 を外部の光搬送媒体に直接に接続する場合、シリコン導波路 210 の寸法は、高い光学損失をもたらす可能性
10
がある。その代わりに、光搬送媒体は、エッジカブラ 205 に結合され、エッジカブラ 205 は、信号をシリコン導波路 210 A に転送する。このようにして、外部の光搬送媒体と導波路 210 A との間に、光信号を導波路 210 A の寸法と同様の直径に集束させるためのレンズを使用する必要がなくなる。換言すれば、一実施形態において、エッジカブラ 205 は、レンズなどの外部集束素子を追加することなく、外部の光搬送媒体を側面 245 に結合することを可能にし、光をフォトニックチップ 200 に直接転送することができる。

【0042】

スプリッタ 215 は、第 1 入力で光信号を受信し、2 つ以上の出力で減衰光信号を出力
20
できる任意の光カブラを表す。一実施形態において、スプリッタ 215 は、導波路 210 A を介してエッジカブラ 205 から光を受信し、受信した光信号を分割して、分割した光信号を格子カブラ 220 および光学素子 225 に各々出力する。したがって、受信した光信号パワーの第 1 減衰部分は、格子カブラ 220 に転送され、受信した光信号パワーの第 2 減衰部分は、光学素子 225 に転送される。例えば、スプリッタ 215 は、20 dB カブラであってもよい。この場合、受信した光信号パワーの 1% は、格子カブラ 220 に転送され、受信した光信号パワーの 99% は、光学素子 225 に転送される。

【0043】

一実施形態において、スプリッタ 215 は、多方向であってもよい。すなわち、出力ポ
30
ートを入力ポートとして使用することができ、入力ポートを出力ポートとして使用することができる。例えば、上述した例を続けると、スプリッタ 215 は、導波路 210 C を介して光学素子 225 から光信号を受信することができる。スプリッタ 215 は、受信した光パワーの第 1 割合をエッジカブラ 205 に転送し、光信号の第 2 割合を格子カブラ 220 に転送することができる。導波路 210 B を介して格子カブラ 220 から受信した光信号に対して、スプリッタ 215 は、同様の光分割を実行することができる。

【0044】

別の実施形態において、スプリッタ 215 は、単方向であってもよい。すなわち、ス
40
プリッタ 215 は、1 つの入力ポートで受信した光のみを分割し、別のポートで受信した光を分割しない。別の実施形態において、スプリッタ 215 は、受信した光信号内の TM 光および TE 光を分離し、その後、対応する光ポートを用いて TM 光および TE 光を転送する。さらに別の実施形態において、スプリッタ 215 は、一方向に沿って光を少なくとも 2 つの出力ポートの間に分割するための光サーキュレータを含むことができる。

【0045】

以下でより詳細に説明するように、格子カブラ 220 およびスプリッタ 215 は、フォ
50
トニックチップ 200 を含むウエハを切断することによってエッジカブラ 205 を側面 245 から露出させる前（すなわち、エッジカブラ 205 にアクセスできる前）に、光学素子 225 を検査することを可能にする。光を格子カブラ 220 に転送した後、格子カブラ 220 は、スプリッタ 215 を用いて、この光を光学素子 225 に転送することができる。一方、検査装置は、スプリッタ 215 が光学素子 225 から光信号を受信することに応じて、格子カブラ 220 から光を受信することもできる。また、フォトニックチップ 200 をウエハから切断した後（エッジカブラ 205 にアクセスできると）、格子カブラ 22

0を用いて、チップ200を検査することができ、エッジカブラ205を光搬送媒体に結合する必要がない。さらに、格子カブラ220を用いて、光搬送媒体をエッジカブラ205に位置合わせすることができる。

【0046】

図3A～3Cは、一例に従って、格子カブラ220およびエッジカブラ205を光学素子225に光学的に結合するためのスプリッタ215を示す。図3A～3Cは、20dBカブラを備えたスプリッタ215を示しているが、任意の種類分割比、例えば10dBまたは30dBカブラを使用することができる。

【0047】

図3Aでは、光信号は、導波管210Cを介して光学素子225からスプリッタ215に転送される。この例では、スプリッタ215は、光学素子225から受信した光信号のパワーの1%を格子カブラ220に転送し、受信した光信号のパワーの99%をエッジカブラ205に転送する20dBカブラである。この分割は、検査中および動作中に実行されてもよい。フォトニックチップを検査するとき、検査プローブを格子カブラ220に光学的に結合することによって、スプリッタ215から提供された(20dBの減衰を伴う)光信号を受信することができる。検査装置は、受信した光信号を評価することによって、光学素子225が予期のように機能しているか否かを判断することができる。この例では、格子カブラ220は、光信号のパワーの1%のみを受信するが、検査装置は、光学素子225からスプリッタ215に転送された光信号のパワーと一致する(または超える)ように、格子カブラ220を介して受信した光信号のパワーを増加させるための光増幅器を含むことができる。

【0048】

一実施形態において、動作中(例えば、フォトニックチップの機能を検証して、光ファイバケーブルをエッジカブラ205に結合した後)、光学素子225によって転送されたパワーの1%は、依然として格子カブラ220を介して転送される。一実施形態において、格子カブラ220は、フォトニックチップを検査するときまたはエッジカブラ205を位置合わせするときのみ使用される。したがって、動作中に格子カブラ220に転送された信号は、使用されない。換言すれば、動作中に、格子カブラ220は、外部の光搬送媒体に結合されなくてもよい。しかしながら、格子カブラ220を用いてフォトニックチップの適切な機能性を確保するおよび/またはエッジカブラ205を位置合わせすることは、動作中に光学素子225から転送された信号のパワーの1%をエッジカブラ205ではなく格子カブラ220に転送することよりも有利である。しかしながら、別の実施形態において、動作中に、格子カブラ220を光ファイバケーブルに結合することができる。例えば、格子カブラ220は、動作中に、フォトニックチップを較正するための光信号を転送することができる。

【0049】

図3Bでは、光信号は、エッジカブラ205からスプリッタ215に転送され、スプリッタ215は、光信号のパワーの99%を光学素子225に転送し、パワーの1%を格子カブラ220に転送する。例えば、図3Bは、エッジカブラ205が外部光ファイバケーブルに位置合わせされているときのフォトニックチップの状態を示している。格子カブラ220は、検査プローブに光学的に結合され、検査プローブは、格子カブラ220から転送された光信号を受信および監視する。格子カブラ220から受信した光が最大になり、素子間の最適な位置合わせを示すまで、光ファイバケーブルとエッジカブラ205との位置を変更することができる。位置合わせした後および動作中、格子カブラ220は、被覆されているため、アクセスできない。したがって、スプリッタ215から格子カブラ220に転送された1%のパワーが失う可能性があるまたは使用できない。しかしながら、格子カブラ220を使用することは、動作中にエッジカブラ205から転送された信号のパワーの1%を光学素子225ではなく格子カブラ220に転送することよりも有利である。

【0050】

図3Cでは、格子カブラ220は、光信号をスプリッタ215に転送し、スプリッタ2

10

20

30

40

50

15は、光信号のパワーの1%をエッジカブラ205に転送し、光パワーの1%を光学素子225に転送する。スプリッタ215が格子カブラ220から受信した光パワーの1%のみをエッジカブラ205および光学素子225に転送するが、検査プローブから格子カブラ220に転送される光信号は、動作中フォトニックチップに使用された光信号よりも100倍強い。したがって、エッジカブラ205および光学素子225に転送された光信号は、スプリッタ215によって減衰されても、動作中に使用された光信号と同様のパワーを有する。このようにして、格子カブラ220を用いて、通常の動作中に使用された光信号と同様または類似の光パワーを有する光信号を導入することによって、光学素子225の機能を検査することができる。

【0051】

一実施形態において、フォトニックチップの機能を検査するときのみ、格子カブラ220を用いて、光信号をフォトニックチップに転送する。したがって、格子カブラ220は、被覆されてもよく、外部の光搬送媒体に接続されなくてもよい。しかしながら、別の実施形態において、通常の動作中に格子カブラ220を用いて光をフォトニックチップに転送できるように、格子カブラ220を光ファイバケーブルに永久に取り付けることができる。

【0052】

図4Aおよび4Bは、一例に従ったエッジカブラ205を示している。図4Aは、エッジカブラ205を示す側面図であり、図4Bは、エッジカブラ205を示す上面図である。図4Aに示すように、エッジカブラ205は、3つの部分、すなわち、フォトニックチップの側面245に位置する第1部分405と、第2部分410と、シリコン導波路210Aに結合された第3部分415とを含む。第1部分405の高さは、第2部分410の高さよりも大きく、第2部分410の高さは、第3部分415の高さよりも大きい。高さの変化は、シリコン導波路210Aから送受信された光信号のモードサイズを増加させることができる。例えば、側面245に位置するエッジカブラ205に位置合わせされた光ファイバは、約9 μ mの寸法のコアを有してもよい。光ファイバがシングルモードファイバである場合、モードサイズは、約9 μ mである。しかしながら、エッジカブラ205を介して光信号を転送する場合、3つの部分の高さの変化は、1 μ m未満の高さを有するシリコン導波路210Aの寸法と一致するように、モードサイズを縮小する。逆に、シリコン導波路210Aから側面245に配置された光ファイバに信号を転送する場合も同様である。この場合、第1部分405、第2部分410および第3部分415の高さの変化は、光ファイバのコアの寸法と一致するようにモードサイズを増加する。

【0053】

図4Bの上面図に示すように、エッジカブラ205は、側面245からシリコン導波路210Aに延在するにつれて、その幅が小さくなる。すなわち、第1部分405は、第2部分410よりも広い幅を有し、第2部分410は、第3部分415よりも広い幅を有する。高さと同様に、幅は、エッジカブラ205から転送された光信号のモードサイズを変更することができる。例えば、ファイバコアの幅は、8~10 μ mの間である一方、シリコン導波路210Aの幅は、1 μ m未満である。

【0054】

図4Aおよび4Bに示されたエッジカブラ205は、単なるエッジカブラの一例である。本明細書に記載の実施形態は、外部の光搬送媒体（例えば、光ファイバケーブルまたはレーザ）が導波路（例えば、1 μ m未満の導波路）を用いて光を送受信することを可能にする任意のエッジカブラと共に使用することができる。

【0055】

図5は、一例に従って、シリコンオンインシュレータ構造内の格子カブラ220を示している。具体的には、図5は、対応する検査プローブ505に光学的に結合された第1格子カブラ220Aおよび第2格子カブラ220Bを示す。図示のように、各検査プローブ505は、角度によって示されるように、表面層235の上面から80度で傾斜される。この傾斜角によって、検査プローブ505A（例えば、光ファイバケーブル）から転

10

20

30

40

50

送された光は、格子カブラ 220 A に進入し、シリコン導波路 510 に沿って伝播することができる。そのために、格子カブラ 220 A は、鋸歯状パターンを含み、検査プローブ 505 A から受信した光をシリコン導波路 510 に導く。格子カブラ 220 B は、シリコン導波路 510 から受信した光を傾斜角 で検査プローブ 505 B に導く。言うこともなく、このプロセスを逆にすることができる。この場合、検査プローブ 505 B は、光を格子カブラ 220 B に転送し、格子カブラ 220 B は、受信した光をシリコンカブラ 510 に導く。その後、格子カブラ 220 A は、光を傾斜角 で検査プローブ 505 A に転送する。このようにして、各々の格子カブラ 220 を用いて、光信号を送受信することができる。

【0056】

一実施形態において、検査プローブ 505 と格子カブラ 220 との間に透明な位置合わせ装置を配置することができる。例えば、検査プローブ 505 を位置合わせ装置に設けられた、表面層 235 に平行な溝（例えば、V 字状溝または U 字状溝）に挿入することができる。位置合わせ装置は、検査プローブ 505 から出射された光を傾斜角 で格子カブラ 220 に導くまたは格子カブラ 220 から出射された光を検査プローブ 505 に導く反射面を含むことができる。

【0057】

図 5 に示された格子カブラ 220 は、単なる格子カブラの一例である。本明細書に記載の実施形態は、フォトニックチップの上面または底面に設けられ、検査プローブが表面層 235 に平行に延在する導波路に光を転送するまたは導波路から光を受信することを可能にする任意の格子カブラと共に使用することができる。すなわち、格子カブラ 220 によって、検査プローブ（または位置合わせ装置）は、導波路と平行ではなくても（例えば、80 度の傾斜角を有しても）、光を導波路に転送することができ、導波路から光を受信することができる。このようにして、格子カブラ 220 は、光信号が導波路 510 と平行な表面を通過するように光信号の方向を変更する。

【0058】

図 6 は、一例に従って、格子カブラを用いてフォトニックチップを検査する方法 600 を示すフローチャートである。ブロック 605 において、検査装置は、格子カブラを介して光を送受信することによって、ウエハ内のフォトニックチップを検査する。一実施形態において、検査装置は、格子カブラを介して、フォトニックチップ内の光学素子によって生成または変更された光を受信するための検査プローブを含む。検査装置は、受信した光が所定のパワー、位相、周波数または強度を有しているか否かまたは光が（復調される場合）所定のデータを搬送しているか否かを判断することができる。例えば、検査装置は、受信した光が特定の周波数で閾値強度を有するか否かを判断してもよく、受信し光信号によって搬送されたデータが所定の変調データを含むか否かを判断してもよい。

【0059】

一実施形態において、検査装置は、導電性パッドを介して、フォトニックチップ内の光学素子、例えば変調器を制御するための電気信号をフォトニックチップに転送する。検査装置は、電気信号を用いて光学素子を制御する場合、格子カブラを介して光学素子から受信した光信号が期待した信号と一致するように保証することができる。

【0060】

別の実施形態において、検査装置は、検査装置が光信号をフォトニックチップに転送することに応答して生成された電気信号をフォトニックチップから受信することができる。例えば、格子カブラ（およびスプリッタ）は、検査装置から受信した光信号を光検出器に転送することができる。光検出器は、光信号を電気信号に変換する。電気信号を監視することによって、検査装置は、電気信号が検出器によって適切に生成されたか否かを判断することができる。適切に生成された場合、検査装置は、フォトニックチップ（またはフォトニックチップ内の光学素子）が機能していることを示す記しを保存する。そうでない場合、検査装置は、フォトニックチップが機能していないことを示す。

【0061】

10

20

30

40

50

一実施形態において、フォトニックチップの機能を検査することは、フォトニックチップの光学素子を校正することを含む。例えば、格子カブラから受信した光の強度またはパワーに応じて、検査装置は、フォトニックチップ（またはフォトニックチップに結合された電気IC）のメモリ素子に格納された制御データを変更することによって、光学素子の光出力を所望の強度またはパワーに変更することができる。

【0062】

図7は、一例に従って、複数のフォトニックチップ200を含むウエハ700を示している。一実施形態において、方法600のブロック605は、フォトニックチップ200がウエハ700に配置されたときに実行される。したがって、フォトニックチップ200内のエッジカブラは、隣接するフォトニックチップまたはウエハ700の未使用部分705によって被覆される。この製造状態では、外部の光搬送媒体は、チップ200内のエッジカブラにアクセスできない。ウエハ700を切断することによって、フォトニックチップ200を個々の素子に分離することができる。さらに、ウエハを切断することによって、フォトニックチップ200の1つ以上の側面からエッジカブラを露出させることができる。切断を例として説明したが、ウエハ700は、適切なプロセス、例えば切断、ダイシング、切断を用いて個々のフォトニックチップ200にカットすることができる。

10

【0063】

一実施形態において、フォトニックチップ200は、同様の処理工程を用いて形成されたため、同様の構造および要素を有する。すなわち、フォトニックチップ200は、互いのコピーである。しかしながら、本明細書に記載の実施形態は、これに限定されず、ウエハ700内の一部のチップに対して1つ以上の製造工程を実行し、他のチップに対して製造工程を実行しないことによって、異なるチップを有するウエハ700にも適用することができる。

20

【0064】

図8は、一例に従って、フォトニックチップ200を検査するためのシステム800を示している。システム800は、方法600の様々なステップを実行するために使用できる検査装置805を含む。検査装置805は、光源810と、光増幅器815と、光検出器820とを含む。また、検査装置805は、検査プローブ505（例えば、光ファイバケーブル）に結合され、検査プローブ505は、フォトニックチップ200内の格子カブラ220に光学的に結合される。検査プローブ505によって、検査装置は、格子カブラ220との間で光信号を送受信することができる。

30

【0065】

光源810は、チップ200の機能を検査するために格子カブラ220に転送できる光信号を生成するためのレーザであってもよい。図示されていないが、レーザ源810は、例えば、パルス振幅変調（PAM）、直交振幅変調（QAM）、直交位相シフトキーイング（QPSK）を用いて、データを変調光信号に挿入するための変調器を含んでもよい。検査装置は、変調方式を用いてフォトニックチップに送信される光信号にデータを挿入ことができ、この信号を用いてチップ200内の光学素子を検査することができる。

【0066】

光増幅器815は、格子カブラ220を介してフォトニックチップ200から受信した光信号を増幅することができる。上述したように、格子カブラ220は、フォトニックチップ200に伝播する光信号の減衰信号を受信することができる。光増幅器815は、受信した光信号を増幅ことができ、光検出器820は、例えば、この信号を検出して信号のパワー、周波数または位相を測定ことができ、または信号を復調して受信した光信号内のデータを識別することができる。

40

【0067】

図7に示されたようにフォトニックチップ200がまだウエハに含まれているときにまたはフォトニックチップ200が分離された後、検査装置805を用いて、光学素子を検査することができる。また、格子カブラ220を用いて、光ファイバケーブルをエッジカブラ205に位置合わせするときに支援することができる。例えば、検査装置805は、

50

格子カブラ 2 2 0 で測定された光信号の強度を位置合わせ装置に出力することができ、位置合わせ装置は、光ファイバケーブルとエッジカブラ 2 0 5 との相対位置を調整することができる。

【 0 0 6 8 】

方法 6 0 0 に戻る。ブロック 6 1 0 において、検査装置は、ブロック 6 1 0 で実行された検査に基づいて、ウエハ上の機能的なフォトニックチップを特定する。例えば、検査装置は、検査に合格したフォトニックチップおよび合格しなかったフォトニックチップを示すウエハマップをメモリに記憶することができる。検査に合格しなかったチップを廃棄またはリサイクルするようにマークすることができる。

【 0 0 6 9 】

ブロック 6 1 5 において、ウエハを個々のフォトニックチップに切断する。これによって、チップの切断側からエッジカブラを露出させることができる。図示されていないが、フォトニックチップの側面を研磨する他の製造工程を実行してもよい。

【 0 0 7 0 】

ブロック 6 2 0 において、機能的なフォトニックチップを基板（例えば、半導体または誘電体基板）上に取り付ける。また、機能的なフォトニックチップは、他の半導体チップを含む電子システムに配置されてもよい。例えば、フォトニックチップは、他のフォトニックチップまたは電気 IC と共に、プリント回路基板（PCB）に接続されてもよい。さらに、フォトニックチップは、電気 IC に接続されてもよい。したがって、電気信号をフォトニックチップに転送するまたはフォトニックチップから電気信号を受信することができる。

【 0 0 7 1 】

ブロック 6 2 0 において、検査装置は、格子カブラを用いて、取り付けられた機能的なフォトニックチップを検査する。一実施形態において、エッジカブラは、光ファイバケーブルに位置合わせされていないことがある。したがって、格子カブラのみを用いて、フォトニックチップ内の特定の光学素子にアクセスすることができる。このことは、チップがウエハの一部であるときと同様の方法で、取り付けられたチップを検査するときに、好ましい。

【 0 0 7 2 】

ブロック 6 3 0 において、格子カブラから受信した光を利用して、光ファイバを取り付けられたフォトニックチップ内のエッジカブラに位置合わせする。上述したように、光ファイバは、位置合わせされると、光を出射することができる。エッジカブラは、出射された光の一部を受信し、スプリッタを介して格子カブラに導く。検査装置は、格子カブラから光を受信し、光の強度を位置合わせ装置に通知することができる。位置合わせ装置は、光の強度に応じて、1 つ以上のエッジカブラに対する光ファイバ（または複数のファイバ）の相対位置を変更することができる。

【 0 0 7 3 】

別の実施形態において、チップ内のエッジカブラを光ファイバケーブルに位置合わせした場合においても、格子カブラを用いてフォトニックチップを検査することができる。換言すれば、光をエッジカブラに進入することができるまたはエッジカブラから光を受信することができる場合でも、検査装置は、格子カブラを用いて、チップを検査することができる。このことは、チップがウエハの一部であるときと同様の方法で、取り付けられたチップを検査するときに、好ましい。

【 0 0 7 4 】

一実施形態において、格子カブラを用いてフォトニックチップの機能を検査した後および/またはエッジカブラを位置合わせした後、カブラを被覆することができる。例えば、光学装置に取り付けられたフォトニックチップの通常の動作時に格子カブラを使用できないように、格子カブラの上に不透明な材料を堆積してもよい。

【 0 0 7 5 】

図 9 は、一例に従って、フォトニックチップ 2 0 0 を含むラインカード 9 0 0 を示して

10

20

30

40

50

いる。一実施形態において、ラインカード 900 は、コンピューティングシステム、例えば、ネットワーク装置（例えば、ルータ）またはサーバに使用されてもよい。図示のように、フォトニックチップ 200 は、電気 IC 925 と共に PCB 905 に取り付けられる。電気 IC 925 は、電気バス 940 を介してフォトニックチップ 200 に接続される。電気バス 940 は、フォトニックチップ 200 内の素子と電気 IC 925 内のロジックとの間のデータ通信を容易にする。この例において、電気 IC 925 は、異なる機能を実行するように構成または変更され得るプログラマブルロジック 930 を含む。例えば、電気 IC 925 は、プログラマブル IC または FPGA であってもよい。別の実施形態において、電気バス 940 を使用せず、（例えば、フリップチップ技術を用いて）電気 IC 925 をフォトニックチップ 200 上の導電性パッドに直接に接続することができる。さらに別の実施形態において、プログラマブルロジック 930 をフォトニックチップ 200 の SOI 構造に配置することによって、単一の集積チップを形成することができる。この場合、電気バス 940 を設けなくてもよい。

10

【0076】

フォトニックチップ 200 は、複数の格子カブラ 220 と、複数のエッジカブラ 205 とを含む。複数の格子カブラ 220 を一直線または一列に配置することができる。これによって、検査装置は、1組の検査プローブを複数の格子カブラ 220 に同時に光学的に結合することができる。一実施形態において、格子カブラ 220 は、フォトニックチップ 200 の上面から露出され、エッジカブラ 205 は、チップ 200 の上面に垂直な側面に配置される。エッジカブラ 205 は、光インターフェイス 910 に接続され、光インターフェイス 910 は、光プラグ 915 および光ファイバ 920 に接続される。この実施形態において、光ファイバ 920 は、光ファイバ 920 を対応するファイバと位置合わせするように構成された光インターフェイス 910 に差し込むことができる。しかしながら、別の実施形態において、光ファイバ 920 は、エッジカブラ 205 に直接位置合わせされ、例えばエポキシまたは樹脂を用いて固定可能に接続されてもよい。

20

【0077】

一実施形態において、光ファイバ 920 は、光信号のみをフォトニックチップ 200 に転送するまたはフォトニックチップ 200 から光信号のみを受信する。別の実施形態において、光ファイバ 920 は、フォトニックチップ 200 と光信号を同時に送受信することができる。例えば、入力の光信号は、第 1 波長範囲を用いて転送され、出力の光信号は、重複しない第 2 波長範囲を用いて転送される。したがって、光ファイバ 920 は、フォトニックチップ 200 に光信号を転送すると同時に、フォトニックチップ 200 からの光信号を転送することができる。

30

【0078】

図 10 は、一例に従って、格子カブラ 220 を含むフォトニックチップ 1000 を示している。図 2 のフォトニックチップ 200 とは異なり、図 10 のスプリッタ 215 は、エッジカブラに結合されていない。その代わりに、格子カブラ 220 を用いて、光学素子 1005 および光学素子 225 を検査することができる。2つの光学素子 1005 および 225 は、例えば光変調器であってもよい。スプリッタ 215 を変調器の間に配置することによって、検査装置は、格子カブラ 220 を用いて、変調器の間に転送する光を受信することができる。受信した光を用いて、変調器の機能を検査することができる。別の実施形態において、検査装置は、格子カブラ 220 を用いて、光学素子 1005 および 225 の少なくとも一方に光信号を転送することができる。したがって、スプリッタ 215 および格子カブラ 220 は、フォトニックチップ 1000 の任意の場所に設けられ、チップ 1000 の光学素子または構造を検査することができる。

40

【0079】

上記では特定の例を説明したが、本発明の基本的な範囲から逸脱することなく、他の例および更なる例を考え出すことができる。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲によって決定される。

50

【図面】

【図 1】

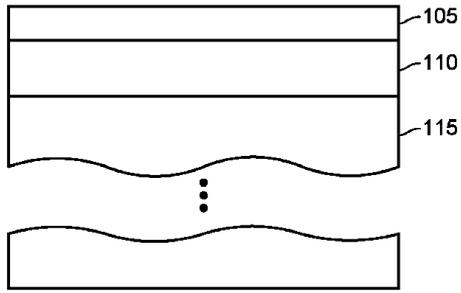


FIG. 1

【図 2】

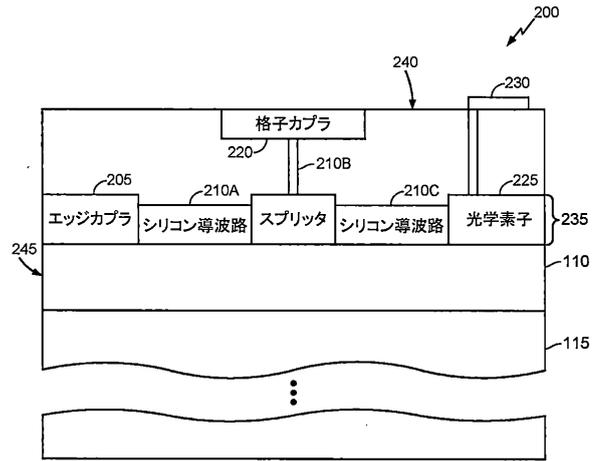


FIG. 2

【図 3 A】

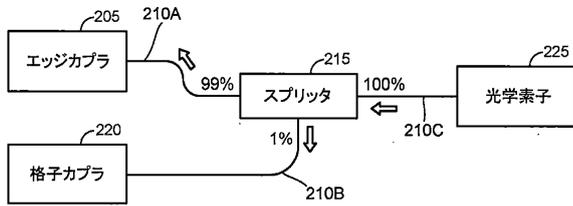


FIG. 3A

【図 3 B】

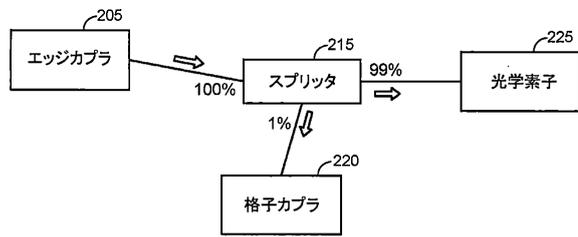


FIG. 3B

10

20

30

40

50

【図 3 C】

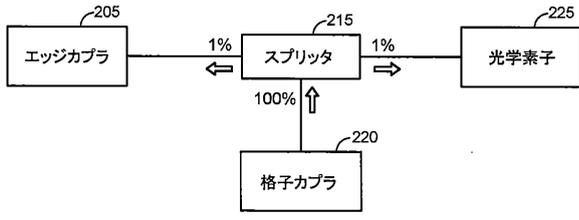


FIG. 3C

【図 4 A】

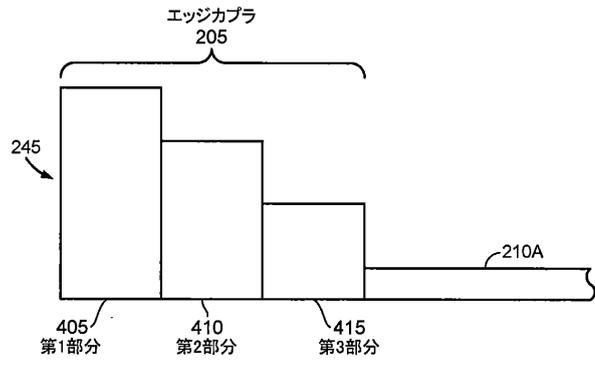


FIG. 4A

【図 4 B】

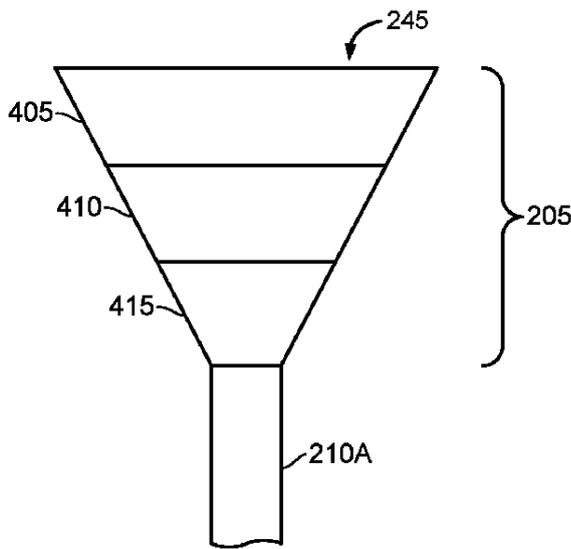


FIG. 4B

【図 5】

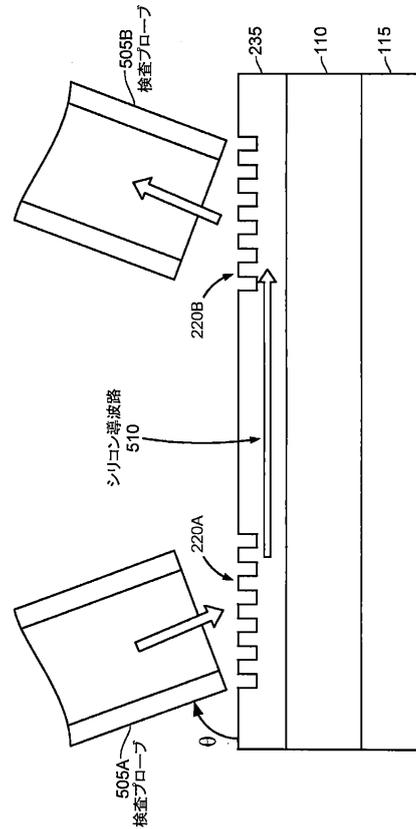


FIG. 5

10

20

30

40

50

【 図 6 】

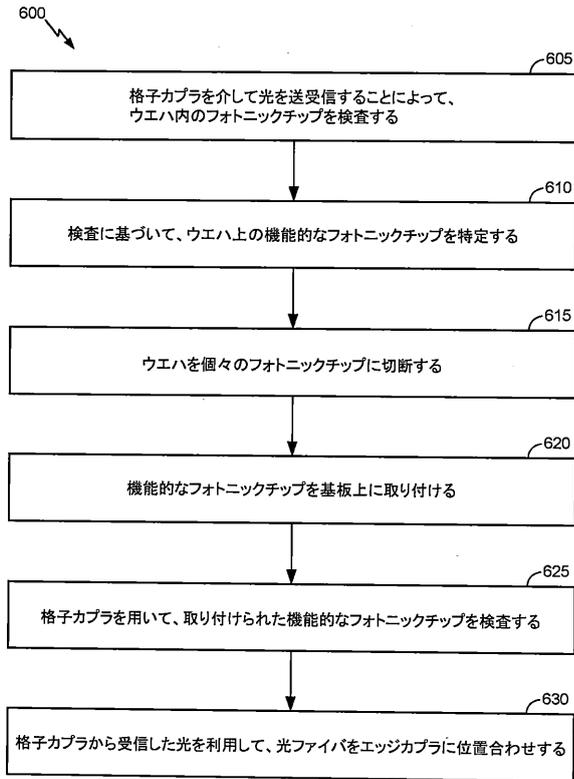


FIG. 6

【 図 7 】

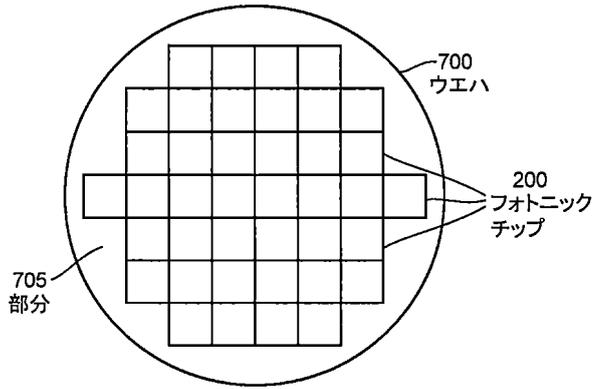


FIG. 7

【 図 8 】

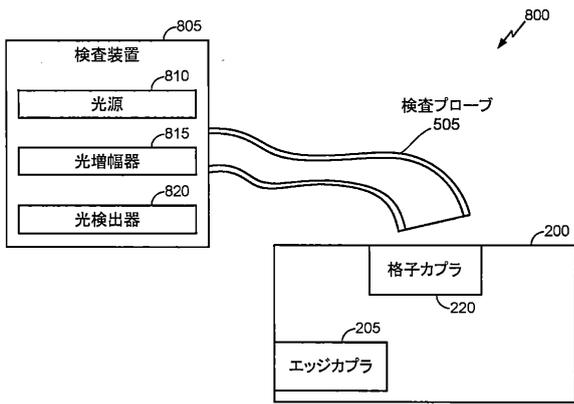


FIG. 8

【 図 9 】

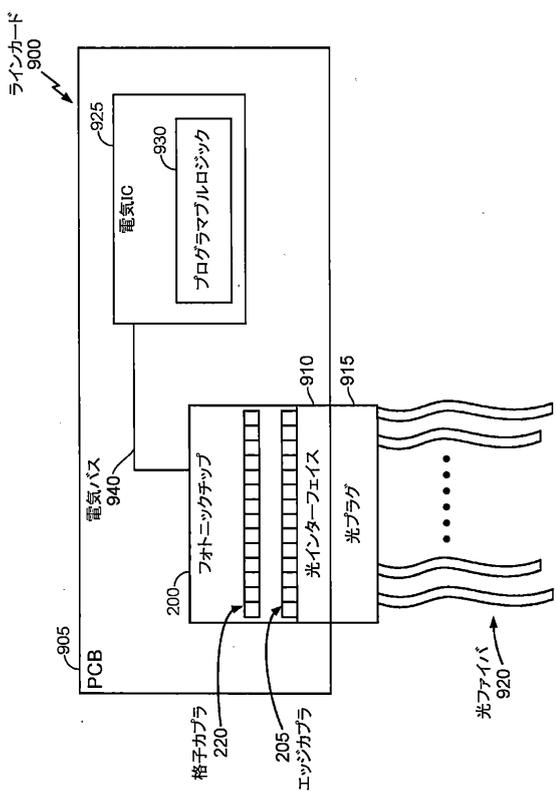


FIG. 9

10

20

30

40

50

【図 10】

フォトニックチップ
1000

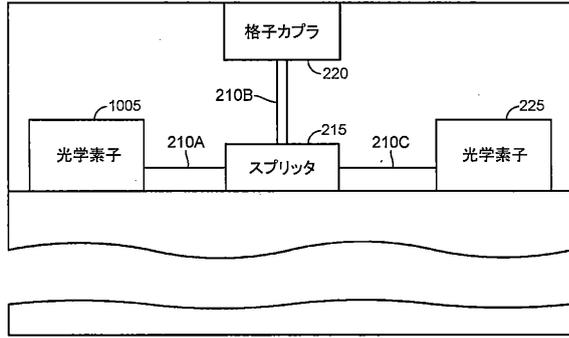


FIG. 10

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2017/0082799 (US, A1)
国際公開第2016/194349 (WO, A1)
米国特許出願公開第2016/0246009 (US, A1)
特開2014-071318 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G02B 6/12 - 6/14
IEEE Xplore