

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4008064号
(P4008064)

(45) 発行日 平成19年11月14日(2007.11.14)

(24) 登録日 平成19年9月7日(2007.9.7)

(51) Int.C1.

F 1

G O 2 B 27/28

(2006.01)

G O 2 B 27/28

A

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平9-4551

(22) 出願日

平成9年1月14日(1997.1.14)

(65) 公開番号

特開平9-197345

(43) 公開日

平成9年7月31日(1997.7.31)

審査請求日

平成16年1月8日(2004.1.8)

(31) 優先権主張番号

588,042

(32) 優先日

平成8年1月17日(1996.1.17)

(33) 優先権主張国

米国(US)

前置審査

(73) 特許権者

506098789

アバゴ・テクノロジーズ・ファイバー・ア
イピー(シンガポール)プライベート・リ
ミテッドシンガポール国シンガポール768923
, イーション・アベニュー・7・ナンバー
1

(74) 代理人

100087642

弁理士 古谷 聰

(74) 代理人

100076680

弁理士 溝部 孝彦

(74) 代理人

100121061

弁理士 西山 清春

(54) 【発明の名称】光アイソレータ及びその製造方法

最終頁に続く

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光アイソレータ・チップを製造する方法であって、
前記光アイソレータの複数の部品を整列させるステップと、
前記部品を積層構造をなすように組み立てて光アイソレータ・ユニットを形成するステ
ップと、
前記光アイソレータ・ユニットをダイシングして光アイソレータ・チップにするステッ
プ
とを含み、

前記ダイシングするステップは、裁断される前記積層構造の深さ方向の寸法が最小とな
るように前記積層構造をなす前記光アイソレータ・ユニットの1つの面を下にして前記光
アイソレータ・ユニットを搭載するステップと、積層された前記複数の部品の全てを前記
深さ方向に沿ってかつ前記深さ方向の寸法全体にわたって一度の操作で裁断するステップ
を含み、前記深さ方向は前記積層構造の積層の方向にほぼ垂直であり、前記裁断は、前記
積層の方向に沿った前記積層構造の寸法全体に沿って行われることからなる、方法。

【請求項 2】

前記組み立てるステップは、1つ又は複数の偏光子、または、1つ又は複数の複屈折ウ
オークオフ結晶と、ファラデー回転子を光学等級接着剤で接着するステップを含む、請求
項1に記載の方法。

【請求項 3】

10

20

前記光アイソレータを構成する構成要素の表面に反射防止コーティングを施して、前記光学等級接着剤の屈折率に整合させるステップを含む、請求項2の方法。

【請求項4】

前記光アイソレータを少なくとも1回のダイシング操作中に高速ウェハ・ソーでダイシングして前記光アイソレータ・チップにするステップを含む、請求項1乃至3のいずれかの方法。

【請求項5】

光アイソレータを第1のダイシング操作にかけ、該第1のダイシング操作の結果として作られた光アイソレータの各部分をそれに続く第2のダイシング操作にかける、請求項4の方法。 10

【請求項6】

光アイソレータを製造する方法であって、
請求項1乃至5のいずれかの方法にしたがって光アイソレータ・チップを製造するステップと、
入力及び出力ファイバ結合ボール・レンズと共に、前記光アイソレータ・チップを微小光学台に配置するステップ
を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 20
本願発明は、光伝送システムに関し、より詳細には、光伝送システム用の低コスト・コンパクト型光アイソレータに関する。

【0002】

【従来の技術】

通信における光ファイバの利用は、近年、急速に発展したが、こうした進展につれ新たな問題もいくつか持ち上がっている。例えば、光源が光ファイバを通して別の光学装置へ光を伝送する際、その光ファイバを通して伝送された光は、ファイバの終端面で、もしくは他端に接続された光学装置のその他の部分で反射し、その結果、反射光は光源へ戻ることになる。光ファイバの終端面又は他の光学装置での多重反射でエコーが生ずることがある。これらの作用は、光源の性能に悪影響を及ぼし且つファイバでの通信情報の信頼性を落とす。 30

【0003】

上述の光の反射とエコーの問題を克服するために、種々の光アイソレータ及び非相反性装置(non-reciprocal device)が開発されている。そのような装置の1つは、K.W.Changの米国特許第4,974,944号(1990年12月4日)、「Optical Nonreciprocal Device」に開示されており、この場合、光の分離にウォークオフ(walkoff)結晶が用いられている。他の光アイソレータの設計では、Shirasakiの米国特許第4,548,478号に記載されているような複屈折くさび(birefringent wedge)が使われる。

【0004】

また、K.W.Changの米国特許第5,446,578号(1995年8月29日)、「Polarization Preserving Optical Isolator」を参照すると、ここでは、第一ポイントから第二ポイントへの前進方向には、いかなる偏光をも通過させ、且つ第二ポイントから第一ポイントへの逆方向に通過する光を減らすための光学的非相反性装置が開示されており、この場合同装置は、光を2つの光線に分離するための直線的に配置された少なくとも2つのウォークオフ結晶要素と、2つの隣り合う結晶要素間に挟まれた少なくとも1つの非相反性回転子とから構成される。 40

【0005】

ファラデー回転子と線形偏光子と共に用いる偏光依存型(polarization-dependent)アイソレータは周知である。空間的ウォークオフ偏光子を用いる偏光独立型(polarization-independent)アイソレータに関する技術情勢は、K.W.Chang, W.V.Sorinの「Polarization Ind 50

ependent Isolator Using Spatial Walkoff Polarizers」、IEEE Photonics Technology Letters, Vol.1, No.3 (1989年3月)、及びK.W.Chang, W.V.Sorinの「High-Performance Single-Mode Fiber Polarization-Independent Isolators」、Optics Letters, Vol.15, No.8 (1990年4月)で述べられている。図1は、従来技術のアイソレータ10を示すもので、この場合、入力単一モード・ファイバからの光は、第1のselfoc(登録商標)レンズ14によってアイソレータ11に、そしてそこから、第2のレンズ15を通して出力単一モード・ファイバ13に集束する。磁界18は、アイソレータに関連づけられている。

【0006】

アイソレータ11における非相反性ファラデー回転は一般的に、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 及び $1.55\text{ }\mu\text{m}$ の波長で作動し且つ $500\text{ }\mu\text{m}$ 未満の厚さで 45° のファラデー回転を与えるビスマス置換YIGフィルム(Bi-YIG)で実施される。アイソレータ中を伝わる異常偏光に対して空間ウォークオフを与えるには、複屈折 TlO_2 、即ち二酸化チタンの結晶が用いられる。アイソレータの偏光子は一般に、単一モード・ファイバによって与えられる空間フィルタ作用と連合した複屈折結晶からの空間ウォークオフを使うことにより実現される。その結晶は多少角度を持たせてよく、且つファイバの終端面は、アイソレータの内表面からの後方反射を減らすため、例えば、 6° の角度をもつよう研磨してよい。

【0007】

前述のアイソレータは、実際に個別の部品から構成されるため、かなり大きい。そのような構造は時には「自由空間」(freespace)構造と呼ばれる。アイソレータの様々な部品類は、それぞれ、別の容器に入れ、その後、対空気のAR(Anti-Refraction)コーティングを施す。従って、各アイソレータについて各結晶を組み立てる必要があり、この場合、各結晶が異なった方位を有する。そのようなアイソレータの例としては、自由空間インターフェース・ファイバ・アイソレータ(Freespace Interfaced Fiber Isolator)(パッケージ・サイズ $3.8\text{mm} \times 13\text{mm}$)、レーザ・インターフェース・ファイバ・アイソレータ(Laser Interfaced Fiber Isolator)(パッケージ・サイズ $3.5\text{mm} \times 23.5\text{mm}$)、ミニチュア光自由空間アイソレータ(Miniature Optic Freespace Isolator)(パッケージ・サイズ: $3.0\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ -1ステージ; $3.0\text{mm} \times 3.0\text{mm}$ -2ステージ)があり、それぞれE-Tek Dynamics社で製造されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

従って、アイソレータの組立ては、個々の結晶をある特定の方位で容器内に配置するという諸処置を要する。それ故、各結晶にアライメント・マークを付けることが必要である。サイズの小さいアイソレータを作る場合、個々の要素を完全に、適切に軸合わせして配置することは極めて困難である。さらに、組立てたアイソレータを取り扱うこと自体も困難である。

【0009】

従って、前述のアイソレータは有望であるとはいえ、製造コスト面及び正確な軸合わせを必要とする厳しさのため、前述のアイソレータの技術を広範囲に採用するには明らかな障壁がある。さらに、各個々のアイソレータ部品を機械的に組立てて必要性により、そのようなアイソレータを小型化する可能性は物理的限界に近づきつつある。このように、前述のアイソレータは、前述の小型化が重要な要素となる点で、これから世に現われる技術の進展を厳しく制限するのである。このことは、ミニチュア光アイソレータが望まれるであろう所で、例えば、微小光学台には特に当てはまることがある。それ故、偏光独立型及び偏光依存型の両用途用の小型の、低コスト光アイソレータを実現することは有益であろう。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本願発明は、大型光アイソレータの性能を有する事前組立の低コスト光アイソレータを提供するものである。1つの光アイソレータのユニット(集合体)を組み立て、その後で、入力及び出力ファイバ結合AR被覆ボール・レンズと共に、シリコン又はセラミック・ベン

10

20

30

40

50

チのような微小光学台に配置できるようそのユニットをダイシングして（さいの目に切って）より小さいアイソレータ・チップにする。偏光独立型の応用では、大きめの複屈折ウォークオフ結晶と45°のファラデー回転子を先ず軸合わせし、次いで、光学等級のエポキシを使って一体に接着する。偏光依存型の応用では、偏光子と45°のファラデー回転子を先ず軸合わせし、次いで、光学等級のエポキシを使って一体に接着する。接着に先立ち、部品類の表面をARコーティングして光学エポキシの屈折率と整合させておく。次いで、この方法で形成した光アイソレータ・ユニットを高速ウェハ・ソーを用いてより小さいアイソレータ・チップにダイシングする。光アイソレータ・ユニットは、好ましくは、ダイシングにとってできるだけ小さい裁断深さだけで事足りるようにその側面のうちの1つを載せる、即ち、アイソレータの最も薄い寸法が裁断されるように搭載する。

10

【0011】

この処置で裁断に起因する材料の損失が軽減され、且つ比較的小さいアイソレータ・チップの層間はく離(delamination)が防止される。従って、本願発明は、材料費を低減した光アイソレータを提供するものである。アイソレータ・チップが非常に小さい故、一対の結合AR被覆ボール・レンズ間に微小光学台上に前述のアイソレータを配置することができ、これが各アイソレータ・チップのサイズ要件をさらに軽減するのである。微小光学台を用いることは、それによって光学部品類の精密な受動的位置合わせが可能になるという理由から、重要な意味を持つ。

【0012】

ここに記述したアイソレータ組立技術はまた、アイソレータの構成部分を大きいアイソレータの組立体の状態で軸合わせをし且つ事前組立てをすることにより、及びその後で大きい組立体をさいの目に切っていくつかの小さいアイソレータ・チップにすることにより、いくつかの小さいアイソレータ構成部分を完成品に組立てることに関わる処理コストも低減する。この方法では、いくつかの光アイソレータを作るのに、ただ1回の軸調整処理と組立処理で事足りる。従って、本願発明により、レーザダイオード及びファイバ伝送システムに使える、改良型の、コスト低減した、偏光依存型／独立型アイソレータが実現されると同時に、ファイバコリメータについてもコスト低減が考慮される。

20

【0013】

【実施例】

本願発明は、大きい事前組立型光アイソレータの機能を利用促進する低コストの光アイソレータを提供するものである。本願発明に従い、光アイソレータ・ユニットが、軸調整され、組立てられ、そしてその後で、ARコーティングしたボール・レンズを結合する入出力ファイバに沿って配置できるよう、シリコン又はセラミック・ベンチのような微小光学台において、より小さいアイソレータ・チップにダイシングされる。偏光独立型の応用では、光アイソレータ・ユニットは、好ましくは1つまたは複数の大きめの複屈折ウォークオフ結晶から成り、それらは先ず軸合わせされ、次いで、光学等級のエポキシのような光学等級の接着剤で1つまたは複数の45°のファラデー回転子に接着される。偏光依存型の応用では、偏光子と45°のファラデー回転子が先ず軸合わせされ、次いで、光学等級の接着剤で一緒に接着される。

30

【0014】

偏光独立型応用に関しては、ここに教示した発明の原理は他方式の光アイソレータにも容易に適用されるものであるが、発明の好ましい実施例は、K.W.Changの米国特許第4,974,944号「Optical Nonreciprocal Device」(1990年12月4日)に開示されているような光アイソレータから構成することができる。また、K.W.Changの米国特許第5,446,578号「Polarization Preserving Optical Isolator」(1995年8月29日)も参照されたい。この方法で形成した光アイソレータ・ユニットは、その切断面が光アイソレータ・ユニットの長手方向の軸に沿って切られる時、典型的に長方形の断面を呈する。

40

【0015】

構成部品の表面は、光学等級の接着剤の屈折率に整合するようAR(反射防止)コーティングされる。該ARコーティングは、隣接する2つの媒質間の屈折率の差を補正する屈折率整

50

合コーティングを生成するものである。使用される実際のARコーティングは、コーティングを必要とするシステムによって左右される。例えば、酸化マグネシウム、二酸化チタン、及び二酸化ケイ素のような材料の薄膜を高屈折率の材料の表面に堆積して、顕著な反射もせずに特定の波長もしくは波長帯を通過させることができる。多重コーティングをその表面に施してその材料を他の波長に整合させることもできる。ARコーティングは当分野で周知の技術である。例えば、Evaporated Coatings社の「The Handbook of Optical Coatings for Fiber Optic Devices」を参照されたい。

【0016】

本願発明においてARコーティングは、光アイソレータ・ユニット中の各部分の屈折率を、光アイソレータ・ユニットの各成分を一体にして保持する光学等級の接着剤の屈折率に整合させるために施されている。それ故、ARコーティングは、1である空気の屈折率に整合させるのではなく、ガラスの屈折率、即ち約1.52に近い光学等級の接着剤の屈折率に整合させるものである。発明の他の実施例では、光学等級接着剤は、光学等級エポキシのような、既知の光学等級接着剤のどれかと置き換えてよい。

10

【0017】

光アイソレータ・ユニットは、高速ウェハ・ソー又は当分野で知られているダイシング装置を使ってより小さいアイソレータ・チップに裁断される。該ダイシング操作中、光アイソレータ・ユニットは、好ましくは、ダイシングにとって可能なだけ小さい裁断深さだけで事足りるようにその側面のうちの1つを載せる。即ち、アイソレータの最も薄い方向が裁断のために向けられるように載せる。この処置によって、裁断に起因する材料の損失が軽減され、且つ前述の裁断によって作られる小さいアイソレータ・チップの層間はく離が防止される。

20

【0018】

図2は、発明の第一の好ましい実施例による光アイソレータ20を示す図である。入力単一モード光ファイバ21は光源を供給し、これが光アイソレータを介して出力単一モード光ファイバ22に結合される。従って、発明のこの実施例は、ファイバ対ファイバの応用に有用である。

【0019】

この方式のアイソレータは、光を一方向に進行させることだけができる光学システムに用いられるので、光は、ARコーティングされたガラス24を通してアイソレータに入る。該ガラス24は、光学等級エポキシのような屈折率整合接着剤23によって入力単一モード・ファイバ21に固定されている。光は、第一のARコーティングされたボール・レンズ25に入り、それによって光アイソレータ・チップ26に集束する。ARコーティングされたボール・レンズ25、27及び光アイソレータ・チップ26は全て、好ましくは、光アイソレータの種々の構成部分を軸調整された配置状態に確実に保持するような態様に適した微小光学台29に搭載される。

30

【0020】

光が光アイソレータ・チップ26を通り過ぎると、第二のARコーティングされたボール・レンズ27を通り、そしてそこからARコーティングされたガラス34を通して出力単一モード光ファイバ22に集束する。このように、光アイソレータ・チップ26は、一方向光伝送デバイスであり、ここでは光路に沿って後方へ反射される光はどれも入力単一モード・ファイバに到達しない。従って、光は、入力単一モード・ファイバの方に後方反射しない。

40

【0021】

光アイソレータ・チップ26は、磁界B(参照番号28)を生ずる磁石(図示せず)と連携して作動し、アイソレータに非相反特性を付与する。発明の好ましい実施例では、極めて小さい外部の磁石か、又は、好ましい実装設計により光アイソレータをその内部に配した、それを取り囲む、より大きな磁石が用いられる。

【0022】

この光アイソレータ・チップの活性領域は非常に小さく、即ち、 $200\mu m \times 200\mu m$ である。従って、発明は、典型的に $2 mm \times 2 mm$ のオーダーである在来型の光アイソレータと

50

較べ、顕著なサイズ縮小を実現する。

【0023】

上で言及したように、光アイソレータ・ユニットは、好ましくは、アイソレータの構成部品を注意深く芯出しし、次いで、そのアイソレータの構成部品を屈折率整合接着剤で接合することにより形成され、この場合、そのように接合した各素子は、素子の屈折率を接着剤の屈折率に整合できるようARコーティングする。

【0024】

図3a～図3cは、本願発明に従った大きめの光アイソレータ・ユニットから、偏光独立型光アイソレータ・チップを製造するのに用いられるダイシング工程を示す。光アイソレータ・チップの各部品は、種々の部品を軸調整し接着して一体にする前に、AR-コーティングを施す。10

【0025】

ガラスの層を光アイソレータ・ユニットの両側の端面に設け、その上のガラスの外に面している側に対空気のARコーティングを施す。この目的のために、光アイソレータ・ユニットは、ARコーティングされたガラス・カバー・スライド37、38を包含してもよい。該ガラス・カバー・スライドは、光アイソレータ・ユニットの種々の構成部分を一体に固定するのに使われる光学等級接着剤の屈折率と整合する屈折率を有する。

【0026】

最初に、上述の光アイソレータ・ユニットの構成要素36、即ち、ARコーティングされたガラス・カバー・スライド37、38、ウォークオフ結晶35a、35b、35c、35d及びファラデー回転子39a、39bを軸調整し、次いで一体に接着する。得られる光アイソレータ・ユニットは、典型的には、サイズが $2\text{ mm} \times 2\text{ mm} \times 7.3\text{ mm}$ である。20

【0027】

本願発明は、ダイシング法を適用して、その各々が最終的に個々の光アイソレータ・チップを包含するよう、光アイソレータ・ユニット36をより小さいパーツ片にダイシングする。そのようなダイシング操作中、光アイソレータ・ユニットは、好ましくは、ダイシングにとってできるだけ小さい裁断深さだけで事足りるようにその側面のうちの1つを載せる、即ち、アイソレータの最も薄い範囲が裁断に供されるように載せる。この処置によって、裁断に起因する材料の損失が軽減され、且つ前述の裁断によって作られる小さいアイソレータ・チップの層間はく離が防止される。30

【0028】

最初にウェハ・ソーを使って、光アイソレータ・ユニット36をライン30(図3a)で示した方向にライン31に沿って裁断して、4個のアイソレータ片にする。典型的には、最初のダイシング操作中の裁断深さは、 2 mm であり、結果的に裁断損失は、約 $150\mu\text{m}$ となる。従って、図3aに示したこの操作の結果として、アイソレータの組立体は、 $2\text{ mm} \times 0.3875\text{ mm} \times 7.3\text{ mm}$ の大きさの4個のアイソレータ片に裁断される。

【0029】

最初の裁断操作で形成した4個のアイソレータ片は、次いで、ライン32(図3b)で示した方向にライン33で示すようにそれぞれ裁断する。この操作に関する裁断深さは、 0.4 mm であり、この裁断操作で $100\mu\text{m}$ の材料損失を生ずる。40

【0030】

2つの裁断操作の結果として、合計16個の光アイソレータ・チップ26(図3c)が作られ、この場合、各光アイソレータ・チップは、 $0.45\text{ mm} \times 0.3875\text{ mm} \times 7.3\text{ mm}$ の大きさになる。上述の寸法は、発明の現時点で好ましい実施例のみに関連するということ、及び本願発明は、任意の所望寸法を有する光アイソレータを作るのに容易に適用されるということは、熟練した当業者には明らかであろう。数個の光アイソレータを作るのに要する操作がわずかに1回の軸調整と1回の組立だけであるという理由で、該光アイソレータの製造に関わるコストに関して、本願発明を実施する以外では達成できない実質的な節約がもたらされる。加えて、極小の光アイソレータは、多くの時間消費と費用を要する微細加工及び軸調整操作の必要もなく製造することができる。そのような費用の節約は、製造される特50

殊な光アイソレータの数に比例する。

【0031】

光アイソレータ・チップ26は、図2に示すように、シリコンベンチ29即ち微小光学台のエッチングされた部分に配置される。シリコンベンチはまた、ARコーティングされたボール・レンズ25、27の各々を配置する場所を与えるためにもエッチングされ、その結果、そのアイソレータ組立体20が、構成部分間の正確な軸合せが成された状態で容易に形成されるのである。加えて、シリコンベンチは、レンズの位置及び光アイソレータ・チップの位置を予め精密に定める適当なパターンをウェハ上にエッチングすることにより、シリコンウェハ上で容易に一括処理される。

【0032】

ボール・レンズを使えば、該レンズはより小さい光アイソレータを収容できるので、より小さいアイソレータ組立体20の製造が可能となるということは注目に値する。ボール・レンズは、好ましくは、ガラス又は高屈折率を有する他の任意の光学材料、例えば、ルビーやサファイアから作る。

【0033】

図4は、本願発明に従ってアイソレータ・チップをそれから作り出せる、偏光依存型光アイソレータ・ユニットを示す図である。最初に、光アイソレータ・ユニット46、即ちARコーティングされたガラス・カバー・スライド47、48、偏光子49a、49b、49c、及びファラデー回転子45a、45bを軸調整し、次いで一体に接着する。偏光子は、Corning, IncのAdvanced Product Department, Corning, NY. 製のパーツNo.1550-HC-0°のような、適当な偏光子ならどれでもよい。組立後、次いで、光アイソレータ・ユニットは、図2及び図3a～図3cの偏光独立型アイソレータについて上述したように処理する。

【0034】

図5は、発明の第二の、同じく好ましい実施例による光アイソレータ組立体50を示す図である。本願発明のこの実施例は、レーザ・ダイオードのようなレーザ源51とボール・レンズ54とを、図4に関連して上述したような、光アイソレータ・ユニット46から作られる方式の偏光依存型光アイソレータ・チップ56で結合するものである。レーザ源、ボール・レンズ、及び光アイソレータ・チップを微小光学台59上に載せ、第二ボール・レンズ57により単一モード・ファイバ52に結合する。そのシステムにはARコーティングされたガラス・カバー・スライド53も含まれ、これは単一モード・ファイバ52に直接取り付けられる。

【0035】

図6は、本願発明の第三の、同じく好ましい実施例による単一モード・ファイバ・プラットフォームを示す図である。本願発明のこの実施例では、光アイソレータ組立体60は、単一モード・ファイバ61を包含する。光アイソレータ・チップ62は該単一モード・ファイバ61に接着される。該光アイソレータ・チップは、単一のARコーティングされたガラス・カバー・スライド65を含む。レーザダイオード64で発生した光は、レンズ63を経て光アイソレータ・チップ62に結合される。

【0036】

[実施態様]

なお、本発明の実施態様の例を以下に示す。

【0037】

[実施態様1]

光アイソレータ・ユニットを組立てるステップと、
前記光アイソレータ・ユニットをダイシングしてより小さいアイソレータ・チップにする
ステップと
を設けて成る光アイソレータを製造する方法。

【0038】

[実施態様2]

入力及び出力ファイバ結合ボール・レンズと共に、アイソレータ・チップを微小光学台に配置して、光アイソレータの組立体を完成させるステップをさらに含むことを特徴とする

10

20

20

30

40

50

、実施態様 1 記載の方法。

【0039】

〔実施態様 3〕 前記組立てステップが、
1つまたは複数の偏光子、又は、1つまたは複数の複屈折ウォークオフ結晶と、ファラデー回転子を光学等級接着剤で一体に接着するステップ
をさらに含むことを特徴とする、実施態様 1 または実施態様 2 に記載の方法。

【0040】

〔実施態様 4〕 前記光アイソレータを含む構成要素の表面に反射防止コーティングを施して、前記光学等級接着剤の屈折率に整合させるステップをさらに含むことを特徴とする、実施態様 3 記載の方法。 10

【0041】

〔実施態様 5〕 形成した大きめの光アイソレータを少なくとも1回のダイシング操作中に高速ウェハ・ソーでダイシングしてより小さい光アイソレータ・チップにすることを特徴とする、実施態様 1 ないし実施態様 4 の何れかに記載の方法。

【0042】

〔実施態様 6〕 前記大きめの光アイソレータは、好ましくは、ダイシングに当たり小さい裁断深さだけで事足りるような側を載せることを特徴とする、実施態様 5 記載の方法。

【0043】

〔実施態様 7〕 前記大きめの光アイソレータの組立体を第一のダイシング操作にかけ、前記第1のダイシング操作の結果として作られた各光アイソレータの組立体を第2の、それに続くダイシング操作にかけることを特徴とする実施態様 5 記載の方法。 20

【0044】

〔実施態様 8〕 前記光アイソレータが、1つまたは複数の偏光子、又は、1つまたは複数の複屈折ウォークオフ結晶、及び、1つまたは複数のファラデー回転子を備えることを特徴とする、実施態様 1 ないし実施態様 7 の何れかに記載の方法。

【0045】

〔実施態様 9〕 前記光アイソレータが、少なくとも1つのガラス板をさらに備えることを特徴とする、実施態様 1 ないし実施態様 8 の何れかに記載の方法。

【0046】

〔実施態様 10〕 前記光アイソレータが、ファイバ対ファイバの応用に用いられることを特徴とする、実施態様 1 ないし実施態様 9 の何れかに記載の方法。 30

【0047】

〔実施態様 11〕 前記光アイソレータが、レーザ対ファイバの応用に用いられることを特徴とする、実施態様 1 ないし実施態様 9 の何れかに記載の方法。

【0048】

〔実施態様 12〕 1つまたは複数の偏光子(49a、49b、49c)又は1つまたは複数の複屈折ウォークオフ結晶(35a、35b、35c、35d)、及び1つまたは複数のファラデー回転子(39a、39b、45a、45b)を有するアイソレータ・チップ(26、46、62)を備える光アイソレータであって、

前記アイソレータ・チップが、前記1つまたは複数の偏光子又は1つまたは複数の複屈折ウォークオフ結晶と、1つまたは複数のファラデー回転子を光学等級の接着剤で一体に接着し、その後、形成された大きめの光アイソレータ・ユニットを複数のより小さなアイソレータ・チップ(26、46、62)にダイシングすることにより形成されることを特徴とする光アイソレータ。 40

【0049】

〔実施態様 13〕 凹所を有し、該凹所に前記アイソレータ・チップを受容することができるよう形成した微小光学台(29、59)と、

前記微小光学台上に配置されており、光ファイバ(21、22、52)と前記アイソレータ・チップ(26、46、62)との間で光を伝達する少なくとも1つの結合ボール・レンズ(25、27、54、57)と

をさらに含むことを特徴とする、実施態様12記載の光アイソレータ。

【0050】

〔実施態様14〕 前記偏光子、複屈折ウォークオフ結晶、及び前記ファラデー回転子の表面上に施された、前記光学等級の接着剤の屈折率に整合する反射防止コーティングをさらに含むことを特徴とする、実施態様12および実施態様13の何れかに記載の光アイソレータ。

【0051】

〔実施態様15〕 前記光アイソレータが、前記アイソレータ・チップの1つの端末に載せた少なくとも1つのガラス板(37、38、47、48)をさらに備えることを特徴とする、実施態様12ないし実施態様14の何れかに記載の光アイソレータ。 10

【0052】

〔実施態様16〕 前記光アイソレータが、ファイバ(21)対ファイバ(22)の応用に用いられるることを特徴とする、実施態様12ないし実施態様15の何れかに記載の光アイソレータ。

【0053】

〔実施態様17〕 前記光アイソレータが、レーザ(51)対ファイバ(52)の応用に用いられることを特徴とする、実施態様12ないし実施態様15の何れかに記載の光アイソレータ。 15

【0054】

〔実施態様18〕 第1の光ファイバ(21)を第2の光ファイバ(22)に光学的に結合するための光アイソレータにおいて、 20

前記第1の光ファイバ(21)に近接してそれと光学的に結合して配置された第1のボール・レンズ(25)と、

前記第1のボール・レンズ(25)に近接してそれと光学的に結合して配置された光アイソレータ・チップ(26)であって、前記光アイソレータ・チップが、1つまたは複数の偏光子(49a、49b、49c)、又は1つまたは複数の複屈折ウォークオフ結晶(35a、35b、35c、35d)、及び1つまたは複数のファラデー回転子(39a、39b、45a、45b)から成り、且つ前記アイソレータ・チップが、前記1つまたは複数の偏光子、又は1つまたは複数の複屈折ウォークオフ結晶、及び1つまたは複数のファラデー回転子を光学等級の接着剤で一体に接着し、その後、このようにして形成した大きめの光アイソレータ・ユニットを複数の小さめのアイソレータ・チップにダイシングすることにより形成されることを特徴とする光アイソレータ・チップと、 30

前記光アイソレータ・チップに近接してそれと光学的に結合して配置され且つ前記第2の光ファイバ(22)に近接してそれと光学的に結合して配置された第2のボール・レンズ(27)と、

その全てが相互に精密に軸調整された関係にある、前記第1及び第2のボール・レンズと前記光アイソレータ・チップとを受けられるよう構成されるパターン化された部分を有する微小光学台(29)と

を設けて成ることを特徴とする、実施態様12記載の光アイソレータ。

【0055】

〔実施態様19〕 レーザ源(51)を光ファイバ(52)に光学的に結合するための光アイソレータにおいて、 40

レーザ源(51)と、

前記レーザ源に近接してそれと光学的に結合して配置されており、1つまたは複数のリニア偏光子(49a、49b、49c)及び1つまたは複数のファラデー回転子(45a、45b)を含んだ光アイソレータ・チップ(46)であって、前記1つまたは複数の偏光子又は1つまたは複数の複屈折ウォークオフ結晶、及び1つまたは複数のファラデー回転子を光学等級の接着剤で一体に接着し、その後、このようにして形成した大きめの光アイソレータ・ユニットを複数の小さめのアイソレータ・チップにダイシングすることにより形成されることを特徴とする光アイソレータ・チップ(46)と、 50

前記光アイソレータ・チップに近接してそれと光学的に結合して配置され且つ前記光ファイバ(22)に近接してそれと光学的に結合して配置されたボール・レンズ(57)と、その全てが相互に精密に軸調整された関係にある前記レーザ源、前記ボール・レンズ、及び前記光アイソレータ・チップを受容できるように、パターンで形成された部分を有する微小光学台(59)と

を設けて成る、実施態様12記載の光アイソレータ。

【0056】

〔実施態様20〕 レーザ源(64)を光ファイバ(61)に光学的に結合するための光アイソレータにおいて、

レーザ源(64)と、

10

前記レーザ源に近接してそれと光学的に結合して配置され、1つまたは複数のリニア偏光子(49a、49b、49c)又は1つまたは複数の複屈折ウォークオフ結晶(35a、35b、35c、35d)、及び1つまたは複数のファラデー回転子(39a、39b、45a、45b)を含んだ光アイソレータ・チップ(62)であって、且つ前記1つまたは複数の偏光子及び1つまたは複数のファラデー回転子を光学等級の接着剤で一体に接着し、その後、このようにして形成した大きめの光アイソレータ・ユニットを複数の小さめのアイソレータ・チップにダイシングすることにより形成され、且つ前記光ファイバの端末に直接接着されることを特徴とする、光アイソレータ・チップと

を設けて成る、実施態様12記載の光アイソレータ。

【0057】

20

【発明の効果】

上述のように、本願発明は、材料の浪費とコストが低減される光アイソレータを提供するものである。光アイソレータ・チップは非常に小さい故、結合したARコーティングされたボール・レンズ間に設けられた、シリコン又はセラミック・ベンチのような微小光学台上に該光アイソレータを配置することができ、そのため、各光アイソレータ・チップのサイズ要件がさらに軽減される。ここに記述した光アイソレータ・チップの組立技術は、光アイソレータの構成部分を大きめのアイソレータユニットに事前組立てし、その後にその大きめの光アイソレータ・ユニットをダイシングしていくつかの小さい光アイソレータ・チップにすることにより、数個の光アイソレータを作るのに要する操作がわずか1回の軸調整と1回の組み立てだけで済むので、いくつかの小さい光アイソレータ構成部分を一つずつ軸調整し組立てて完成品にする場合と比べて処理コストを大幅に低減することができる。従って本願発明は、レーザダイオード及び半導体増幅器に使用できる、改良型の、コスト低減した、偏光依存型光アイソレータを提供すると同時に、ファイバコリメータについてのコスト低減をも考慮するものである。

30

【0058】

本願発明は、ここでは好ましい実施例を参照して記述されたが、他の応用も、本願発明の精神と範囲とから逸脱することなく、ここに説明したそれらと置き換えるものであることは、熟練した当業者には明らかであろう。従って、本願発明は、特許請求の範囲によつてのみ限定されるべきものである。

【図面の簡単な説明】

40

【図1】従来技術の光アイソレータを示す略図である。

【図2】本願発明の第1の好ましい実施例による光アイソレータを示す略図である。

【図3a】本願発明による偏光独立型光アイソレータを製造する際に用いられるダイシング工程の一部を示す図である。

【図3b】本願発明による偏光独立型光アイソレータを製造する際に用いられるダイシング工程の一部を示す図である。

【図3c】本願発明による偏光独立型光アイソレータを製造する際に用いられるダイシング工程の一部を示す図である。

【図4】本願発明による偏光依存型光アイソレータを示す図である。

【図5】本願発明の第二の、同じく好ましい実施例による光アイソレータを示す図である

50

。

【図6】本願発明の第三の、同じく好ましい実施例による単一モード・ファイバ・プラットフォームを示す図である。

【符号の説明】

10、20、50、60：光アイソレータ組立体

11、46：光アイソレータ・ユニット

12、21：入力単一モード光ファイバ

13、22：出力単一モード光ファイバ

Pb SA P5 : Selfocレンズ

18、28：磁界

10

23：屈折率整合接着剤

24：ガラス

Qb TA Q7、54、57：ボール・レンズ

26、56、62：光アイソレータ・チップ

29：シリコン・ベンチ（微小光学台）

35a、35b、35c：ウォークオフ結晶

37、38、47、48、53、65：ガラス・カバー・スライド

39a、39b、45a、45b：ファラデー回転子

49a、49b、49c：偏光子

51：レーザ源

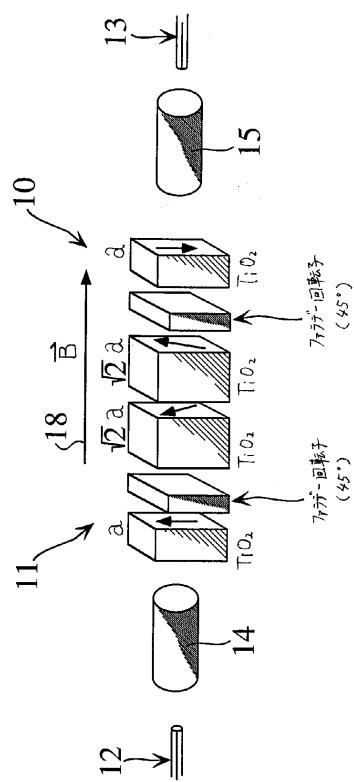
20

52、61：単一モード・光ファイバ

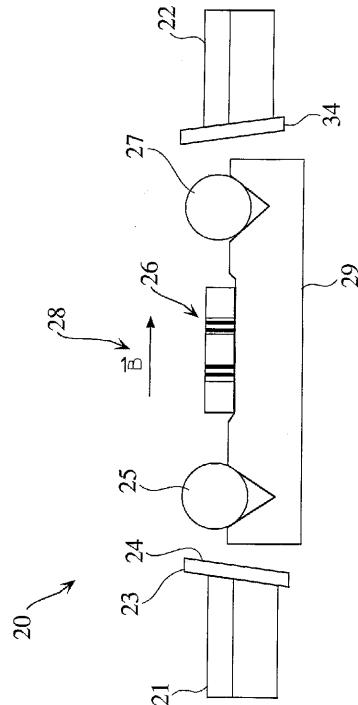
63：レンズ

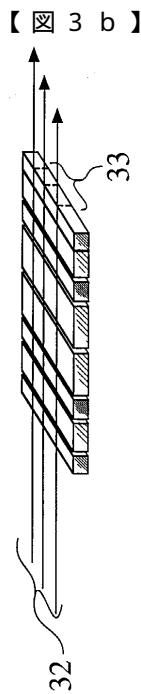
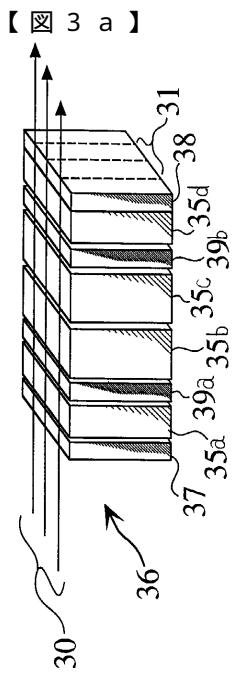
64：レーザ・ダイオード

【図1】

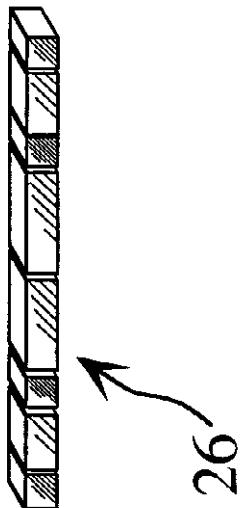


【図2】

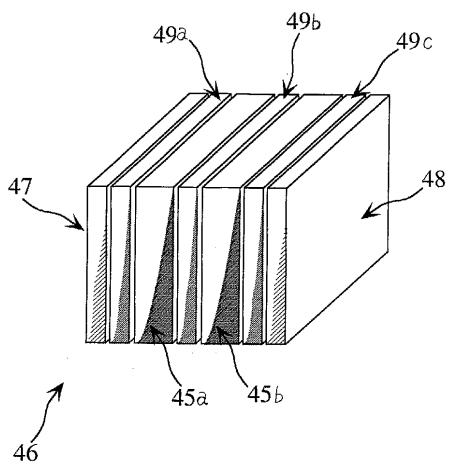




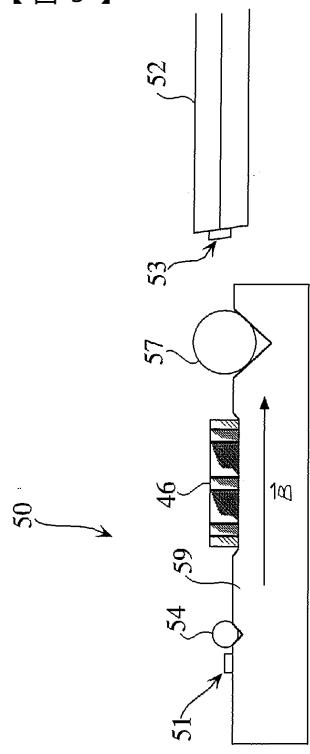
【図 3 c】



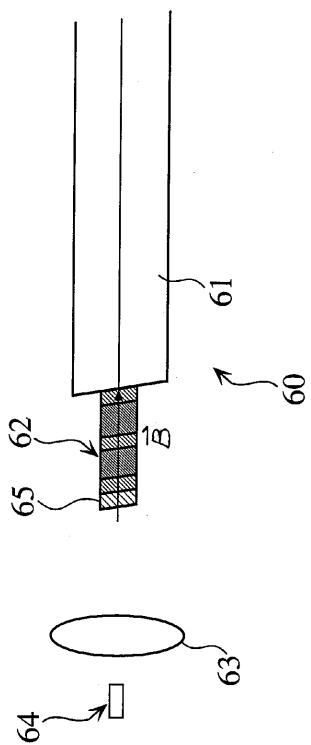
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 コック・ワイ・チャン
アメリカ合衆国カリフォルニア州サニーベイル、シラス・アベニュー 174
(72)発明者 ロング・ヤング
アメリカ合衆国カリフォルニア州ユニオン・シティ、シーサイド・コート 5122

審査官 河原 正

(56)参考文献 特開平07-209605(JP,A)
特開平03-276117(JP,A)
特開平03-243911(JP,A)
特開平02-110425(JP,A)
特開平05-100188(JP,A)
特開平04-333818(JP,A)
特開平02-123321(JP,A)
特開平03-171029(JP,A)
特開平06-244279(JP,A)
特開平03-097108(JP,A)
特開平07-074343(JP,A)
特開平01-248112(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/28