

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ファイバを接続する光導波路デバイスであって、
上記光ファイバを位置決めするための V 字形断面の溝を設けた基板と、
この基板上に形成され、上記 V 字形断面の溝によって位置決めされるべき上記光ファイバと整合するように位置決めされたコアを備えた光導波路層と、
を有し、

上記光ファイバと接続されるべきコアが露出した上記光導波路層の端面の少なくとも一部が、上記基板に垂直な平面に対して傾斜していることを特徴とする光導波路デバイス。

【請求項 2】

上記基板が、上記 V 字形断面の溝とほぼ直交し、上記 V 字形断面の溝を横断するように光導波路層に隣接して形成された横断溝を有し、この横断溝の光導波路層側の壁面が、上記基板に対してほぼ垂直である請求項 1 記載の光導波路デバイス。

【請求項 3】

上記基板が、上記 V 字形断面の溝とほぼ直交し、上記 V 字形断面の溝を横断するように光導波路層に隣接して形成された横断溝を有し、この横断溝の光導波路層側の壁面が、上記光導波路層の端面とほぼ同一平面内にある請求項 1 記載の光導波路デバイス。

【請求項 4】

上記光導波路層は、その端面が上記基板に垂直な平面に対して 2.5° 乃至 6.5° 傾斜している請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の光導波路デバイス。

【請求項 5】

上記光導波路層が、さらに、光合波器、光分波路、光減衰器、光回折器、光増幅器、光干渉器、光フィルタ、光スイッチ、波長変換器、発光素子、又は、受光素子を備えている請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の光導波路デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路デバイスに係り、特に、V 字形断面の溝によって光ファイバを位置決めし、接続する光導波路デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

特開 2003 - 167158 号公報（特許文献 1）には、光導波路デバイスの製造方法が記載されている。図 6 に示すように、この光導波路デバイス 100 は、基板 102 と、基板 102 上に形成された光導波路層 104 と、この光導波路層の中に形成された光導波路であるコア 106 と、光ファイバを位置決めするために基板 102 上に形成された V 字形断面の溝 108 と、を有する。光ファイバをこの光導波路デバイスに接続する際は、光ファイバを V 字形断面の溝 108 の上に配置することによって、光ファイバのコアと光導波路層 104 のコア 106 が整合するように光ファイバを位置決めし、この状態で光ファイバを基板 102 に接着する。この接続方式は、主に樹脂製の光導波路の接続に使用されている。

【0003】

光導波路が形成された基板に光ファイバを接続する他の方式として、図 7 に示すものがある。この方式においては、図 7 に示すように、光導波路に接続すべき複数の光ファイバ F が所定の位置に位置決めされるようにまとめられた光ファイバアレイ 110 と、この光ファイバアレイ 110 の光ファイバ F と整合する位置に形成されたコア 114 を備えた光導波路基板 112 が使用される。これら光ファイバアレイ 110 及び光導波路基板 112 の各端面は、光ファイバに直交する平面に対して約 8° 傾斜するように研磨されている。光ファイバを光導波路基板に接続する際には、光ファイバアレイ 110 と光導波路基板 112 が接着される。この接続方式は、主に石英の光導波路の接続に使用されており、1 本の光ファイバを 8 本に分岐する光分波路を有する光導波路デバイスに適用した場合、損失

10

20

30

40

50

約 - 10 . 5 d B、反射減衰約 - 50 ~ - 60 d B という特性が得られている。

【0004】

【特許文献1】特開2003 - 167158号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載の光導波路デバイスの接続方式においては、光ファイバと光導波路層のコアとの間の接続面で生じる光の損失及び反射減衰の特性が必ずしもユーザの要求を満足するものではないという問題がある。

一方、上記の光ファイバアレイを使用して接続する方式では、光ファイバと光導波路層のコアとの間の接続面で生じる光の損失及び反射減衰の特性は、比較的良好なものである。しかしながら、この方式では光ファイバの端面を斜めに研磨しなければならないという問題がある。このため、光ファイバアレイにまとめられていない単体の光ファイバを光導波路に接続することができないという問題がある。これは、単体の光ファイバの端面を斜めに切断又は研磨する加工技術が確立していないためであり、また、単体の光ファイバの端面を斜めに切断又は研磨することができたとしても、単体の光ファイバの斜めに切断された端面が所定の方

10

向くように光ファイバを光導波路基板上に配置することが困難なためである。

従って、本発明は、単体の光ファイバであっても、十分な損失及び反射減衰特性で接続することができる光導波路デバイスを提供することを目的としている。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した目的を達成するために、本発明は、光ファイバを接続する光導波路デバイスであって、光ファイバを位置決めするためのV字形断面の溝を設けた基板と、この基板上に形成され、V字形断面の溝によって位置決めされるべき光ファイバと整合するように位置決めされたコアを備えた光導波路層と、を有し、光ファイバと接続されるべきコアが露出した光導波路層の端面の少なくとも一部が、基板に垂直な平面に対して傾斜していることを特徴としている。

【0007】

このように構成された本発明においては、基板上に形成されたV字形断面の溝の上に光ファイバを配置して光ファイバの位置決めを行う。この状態で、光ファイバを基板に接着して光ファイバを光導波路デバイスに接続する。これにより、光ファイバのコアと、光導波路層に備えられたコアが整合する。光導波路デバイスに接続された光ファイバから射出された光は、光導波路層の端面に露出したコアに入射して、コアによって伝導される。

30

このように構成された本発明によれば、単体の光ファイバであっても、十分な損失及び反射減衰特性で光ファイバを光導波路デバイスに接続することができる。

【0008】

好ましくは、本発明の光導波路デバイスの基板は、V字形断面の溝とほぼ直交し、且つV字形断面の溝を横断するように、光導波路層に隣接して形成された横断溝を有し、この横断溝の光導波路層側の壁面が、基板に対してほぼ垂直である。

40

このように構成された本発明によれば、光導波路デバイスに接続する光ファイバの先端を、光導波路層の端面に近づけることができる。

【0009】

また、本発明の光導波路デバイスの基板は、V字形断面の溝とほぼ直交し、且つV字形断面の溝を横断するように光導波路層に隣接して形成された横断溝を有し、この横断溝の光導波路層側の壁面が、光導波路層の端面とほぼ同一平面内にあるように構成しても良い。

このように構成された本発明によれば、光導波路層の端面と、横断溝の光導波路層側の壁面を同時に形成することができる。

【0010】

50

さらに、好ましくは、本発明の光導波路デバイスの光導波路層は、その端面が基板に垂直な平面に対して 2.5° 乃至 6.5° 傾斜している。

このように構成された本発明によれば、光ファイバと光導波路デバイスの接続点における良好な損失特性及び反射減衰特性を両立することができる。

【0011】

好ましくは、本発明の光導波路デバイスの光導波路層は、さらに、光合波器、光分波器、光減衰器、光回折器、光増幅器、光干渉器、光フィルタ、光スイッチ、波長変換器、発光素子、又は、受光素子を備えている。

このように構成された本発明によれば、光導波路デバイスに光合波器、光分波器等の各種の機能を持たせることができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明の光導波路デバイスによれば、単体の光ファイバであっても、十分な損失及び反射減衰特性で、光ファイバを光導波路デバイスに接続することができる。

また、本発明の光導波路デバイスによれば、単体の光ファイバを斜めに切断又は研磨することなく、光ファイバを光導波路デバイスに接続することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

次に、添付図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。

まず、図1及び3を参照して、本発明の第1実施形態の光導波路デバイスを説明する。本実施形態の光導波路デバイスは、光導波路層に光分波路を形成したものである。図1は、本発明の第1実施形態の光導波路デバイスの平面図であり、図2は、本実施形態の光導波路デバイスの図1のII-II線に沿う断面図である。図3は、本実施形態の光導波路デバイスの製造方法の一例を示す側面断面図である。

【0014】

図1及び2に示すように、本発明の第1実施形態の光導波路デバイス1は、V字形断面を有する溝を形成した基板2と、1本の光ファイバから8本の光ファイバに分岐するように形成された光導波路であるコアを形成した光導波路層4とを有する。

基板2は、シリコンウエハ基材2aと、シリコンウエハ基材2aの上に設けられた二酸化珪素層2bとを有する。また、光導波路層4の両側の基板2の両端部には、光ファイバFを搭載するための領域2c、2dが設けられ、領域2cには1本、領域2dには8本の光ファイバFを位置決めするためのV字形断面の溝6が形成されている。各V字形断面の溝6は、所定の直径の光ファイバFを上配置したとき、光ファイバFのコアと光導波路層4のコアが整合するような寸法、形状に形成されている。光導波路層4と領域2cの間、及び光導波路層4と領域2dの間には、横断溝8が夫々形成されている。本実施形態においては、横断溝8の光導波路層4側の各壁面8a、横断溝8の光導波路層4の反対側の各壁面8bとも、基板2に対してほぼ垂直に形成されている。

【0015】

光導波路層4は、基板2の二酸化珪素層2bの上に、有機ジルコニウム化合物層（図示せず）、フッ素を含まない樹脂層（図示せず）、下部クラッド層4a、コア10、及び上部クラッド層4bを順に積層することによって構成されている。コア10は、その入口側の端部が、領域2cに形成された1本のV字形断面の溝6と整合する位置に形成され、分岐点10aで2本に分岐する。分岐した2本のコア10は、2つの分岐点10bで夫々2本に分岐して、4本のコア10となる。さらに、分岐した4本のコアは4つの分岐点10cで夫々2本に分岐して、8本のコア10となる。分岐した8本のコア10の端部は、基板2の領域2dに形成された8本のV字形断面の溝6と夫々整合している。

また、光導波路層4のコア10が露出した2つの端面4cは、基板2に垂直な平面に対して α° 傾斜した平面であり、それらの下辺は横断溝8の光導波路層4側の各壁面8aと連なっている。本実施形態では、角度 α は 3° である。好ましくは、角度 α を 2.5° 乃至 4.5° にする。

10

20

30

40

50

【0016】

次に、本発明の実施形態の光導波路デバイス1の製造方法を説明する。まず、シリコンウエハ基材2aの上面全体に、二酸化珪素層2bを熱酸化法や気相体積法等により形成する。次に、フォトリソグラフィとシリコン単結晶の異方性を利用したウエットエッチングにより、基板2上の領域2cに1本、領域2dに8本のV字形断面の溝6を形成する。さらに、二酸化珪素層2bの上に有機ジルコニウム化合物層(図示せず)を形成する。有機ジルコニウム化合物層(図示せず)は、有機ジルコニウム化合物溶液を全体にスピンコートによって塗付し、塗膜を160℃で5分程度乾燥させることによって形成される。有機ジルコニウム化合物溶液としては、例えば、トリブトキシアセチルアセトネートジルコニウムをブタノールに溶解して、1重量%溶液にしたものを用いることができる。

10

【0017】

次に、有機ジルコニウム化合物層(図示せず)の上にフッ素を含まない樹脂層(図示せず)を形成する。フッ素を含まない樹脂層(図示せず)は、樹脂層形成用組成物をスピンコートで塗付し、得られた塗膜を加熱して溶媒を蒸発させ、更に加熱して硬化させることにより形成される。好ましくは、フッ素を含まない樹脂層(図示せず)の厚さが0.23μmとなるようにスピンコートの条件を制御する。

【0018】

次に、領域2c、2dの部分に形成された有機ジルコニウム化合物層(図示せず)とフッ素を含まない樹脂層(図示せず)を除去する。これらの層を除去するためには、まず、有機ジルコニウム化合物層(図示せず)及びフッ素を含まない樹脂層(図示せず)を形成した基板2の全面にレジスト液をスピンコートし、乾燥することによってレジスト膜を形成する。次いで、光導波路層4を形成すべき部分にレジスト膜が残るように、水銀ランプでフォトマスク像を露光する。さらに、レジスト膜を現像することによって、フッ素を含まない樹脂層(図示せず)がウエットエッチングにより除去される。次に、フッ酸を用いたウエットエッチング、又は反応性イオンエッチングにより、有機ジルコニウム化合物層(図示せず)を除去する。

20

【0019】

次に、基板2の全面に下部クラッド層4aを形成する。下部クラッド層4aは、第1のポリイミド前駆体溶液を、スピンコーターにより塗付して材料溶液膜を形成し、これを加熱乾燥し、高温加熱で樹脂を硬化させることにより形成される。次いで、下部クラッド層4aの上にコア10を形成する。コア10は、まず、第2のポリイミド前駆体溶液を、下部クラッド層4aの上に、スピンコーターにより塗付し、乾燥させ、硬化させることにより第2のポリイミド樹脂膜を形成する。次いで、この第2のポリイミド樹脂膜の上にレジスト層形成用溶液をスピンコーターにより塗付し、乾燥した後、コア形状を有するパターンのフォトマスクを介して露光し、現像することによりレジストパターン層を形成する。このレジストパターン層をマスクとして、第2のポリイミド樹脂膜を酸素でリアマティブイオンエッチングすることにより、図1に示す分岐した形状のコア10を形成する。その後、レジストパターン層を除去する。

30

【0020】

次に、コア10及び下部クラッド層4aを覆うように、上部クラッド層4bを形成する。上部クラッド層4bは、第1のポリイミド前駆体溶液を、スピンコート法により塗付して材料溶液膜を形成し、これを加熱乾燥し、高温加熱で樹脂を硬化させることにより形成され、光導波路層4が完成する。

40

次に、ダイシングにより2本の横断溝8及びそれに隣接した光導波路層4の端面4cを形成する。まず、ダイシングを行うブレードを基板2に垂直な平面に対して傾斜させ、光導波路層4の端部を切断することによって、光導波路層4のα°傾斜した端面4cを形成する。次に、ブレードを基板2に対して垂直にセットし、基板2に切り込みを入れることによって横断溝8を形成する。

【0021】

また、別の形成方法として、図3に示すように、まず、ブレードを基板2に対して垂直

50

にセットし、B 1 に示す位置で光導波路層 4 に切り込みを入れることによって端面 4 c を形成する。次に、ブレードを B 2 に示す位置にセットし、基板 2 に切り込みを入れることによって横断溝 8 を形成する。この形成方法では、光導波路層 4 の端面 4 c の傾斜角度 α は、ブレードの先端の形状に依存するので、端面 4 c の所望の傾斜角度に応じてブレードを選択する必要がある。

【0022】

更に別の形成方法として、光導波路層 4 を形成する際のポリマ収縮を利用することでもできる。一般に、光導波路層 4 を形成するポリマは、乾燥、加熱硬化処理工程において収縮する性質があるので、各層を順次重ねることにより形成された光導波路層 4 の端面は、ダイシングによって切断する前から傾斜している。従って、光導波路層 4 の各層を形成する際の乾燥、加熱硬化処理工程の処理温度や処理時間を制御することにより、所望の角度で傾斜した端面 4 c を形成することができる。次いで、ブレードを基板 2 に対して垂直にセットし、基板 2 に切り込みを入れることによって横断溝 8 を形成する。

10

【0023】

次に、本発明の第 1 実施形態の光導波路デバイスの作用を説明する。まず、基板 2 の領域 2 c に形成された V 字形断面の溝 6 に接着材を塗付する。次いで、図 2 に一点鎖線で示すように、光導波路デバイス 1 に接続すべき光ファイバ F を、V 字形断面の溝 6 の上に配置する。光ファイバ F が V 字形断面の溝 6 の上に配置されると、光ファイバ F のコア F 1 と、光導波路層 4 のコア 10 が整合する。この状態で、押え部材（図示せず）により光ファイバ F を基板 2 に押し付け、接着剤を硬化させると、光ファイバ F が光導波路デバイス 1 に固定される。同様に、基板 2 の領域 2 d に形成された 8 本の V 字形断面の溝 6 に、夫々光ファイバ（図示せず）を固定する。

20

【0024】

領域 2 c の V 字形断面の溝 6 に取付けられた光ファイバ F から射出された光は、光導波路層 4 の領域 2 c 側の端面 4 c に露出している 1 本のコア 10 に入射する。コア 10 に入射した光は 8 本に分岐され、光導波路層 4 の領域 2 d 側の端面 4 c に露出している 8 本のコア 10 から射出される。8 本のコア 10 から射出された光は、各コア 10 に夫々整合するように取付けられている 8 本の光ファイバ F（図示せず）のコアに入射する。表 1 は、このようにして光導波路デバイスを通じた光の損失及び反射減衰と、光導波路層 4 の端面 4 c の傾斜角度 α の関係を表すデータの一例を示す。

30

【表 1】

角度 α °	0 °	4 °	6 °	8 °
損失	-10.8 dB	-11.0 dB	-11.2 dB	-13 dB
反射減衰	-30 dB	-40 dB	-43 dB	-45 dB

本実施形態の光導波路デバイスは、1 本の光ファイバ F からの光を 8 本に分岐する光分波路を備えている。このため、1 本の光ファイバから入射した光が何れの経路を通った場合でも、二股の分岐を 3 回通過することになるので、理論上 $-3 \text{ dB} \times 3 = -9 \text{ dB}$ の損失が発生する。従って、表 1 に示す損失のから -9 dB を減じた残りの損失が、光ファイバと光導波路デバイスの接続点等において発生した損失と考えられる。

40

【0025】

一方、8 本の光分波路を備えた光導波路デバイスが満たすべき特性として、損失が -11.2 dB よりも少ないこと、反射減衰が -40 dB よりも大きいことが望まれている。従って、光導波路層 4 の端面 4 c の傾斜角度 α が約 2.5° 乃至 4.5° であるとき、これらの要求が満足されることがわかる。このように、傾斜角度 α を適宜変更することによって、損失及び反射減衰特性をコントロールすることができる。

本発明の第 1 実施形態の光導波路デバイスによれば、単体の光ファイバであっても、十分な損失及び反射減衰特性で、光ファイバを光導波路デバイスに接続することができる。

50

また、本実施形態の光導波路デバイスによれば、単体の光ファイバを斜めに切断又は研磨することなく、光ファイバを光導波路デバイスに接続することができる。

【0026】

上述した本発明の第1実施形態においては、光導波路層4の端面4c全体が角度 α で傾斜した平面であり、横断溝8の光導波路層4側の各壁面8aが垂直な平面であったが、必ずしも端面4cの全体が傾斜した平面でなくても良い。即ち、変形例として、図4(a)に示すように、端面4cは、上部が傾斜した平面であり、下部が垂直な平面であっても良い。或いは、図4(b)に示すように、端面4c全体が傾斜した平面であり、この傾斜した平面が横断溝8の壁面8aの上部まで連なり、壁面8aの下部が垂直な平面であっても良い。

10

【0027】

次に、図5を参照して、本発明の第2実施形態の光導波路デバイスを説明する。本発明の第2実施形態の光導波路デバイスは、光導波路層の端面及び横断溝の形状が第1実施形態とは異なる。従って、ここでは、同様の構成要素には同一の参照番号を付し、本発明の第2実施形態の第1実施形態とは異なる点のみを説明する。図5は、本発明の第2実施形態の光導波路デバイスの側面断面図である。

【0028】

図5に示すように、本発明の第2実施形態の光導波路デバイス20は、V字形断面を有する溝を形成した基板2と、1本の光ファイバから8本の光ファイバに分岐するように形成された光導波路であるコアを形成した光導波路層4とを有する。

20

基板2は、シリコンウエハ基材2aと、二酸化珪素層2bとを有する。また、光導波路層4の両側の基板2の両端部には、光ファイバFを搭載するための領域2c、2dが設けられ、領域2cには1本、領域2dには8本のV字形断面の溝6が形成されている。光導波路層4と領域2cの間、及び光導波路層4と領域2dの間には、横断溝22が夫々形成されている。本実施形態においては、横断溝22の光導波路層4の反対側の各壁面22bは、基板2に対してほぼ垂直に形成されている。

【0029】

光導波路層4は、基板2の二酸化珪素層2bの上に、有機ジルコニウム化合物層(図示せず)、フッ素を含まない樹脂層(図示せず)、下部クラッド層4a、コア10、及び上部クラッド層4bを順に積層することによって構成されている。また、光導波路層4のコア10が露出した2つの端面4dは、基板2に垂直な平面に対して α° 傾斜した平面であり、横断溝22の光導波路層4側の各壁面22aと同一平面上に連なっている。本実施形態では、角度 α は 3° である。好ましくは、角度 α は 2.5° 乃至 4.5° であるのが良い。

30

【0030】

2本の横断溝22及びそれに隣接した光導波路層4の端面4dは、ダイシングにより形成されている。まず、ダイシングを行うブレードを基板2に垂直な平面に対して傾斜させ、光導波路層4の端部を切断することによって、光導波路層4の α° 傾斜した端面4d及びそれに連なる壁面22aを形成する。次に、ブレードを基板2に対して垂直にセットし、基板2に切り込みを入れることによって横断溝22の壁面22bを形成する。

40

【0031】

本発明の第2実施形態の光導波路デバイスによれば、単体の光ファイバであっても、十分な損失及び反射減衰特性で、光ファイバを光導波路デバイスに接続することができる。

また、本実施形態の光導波路デバイスによれば、単体の光ファイバを斜めに切断又は研磨することなく、光ファイバを光導波路デバイスに接続することができる。

さらに、本実施形態の光導波路デバイスによれば、一度のダイシングにより光導波路層の傾斜した端面及びそれに連なる壁面を形成することができる。

【0032】

以上、本発明の好ましい実施形態を説明したが、上述した実施形態に種々の変更を加えることができる。特に、上述した実施形態では、光導波路層に光分波路を形成した光導波

50

路デバイスを説明したが、光分波路の代りに、或いは、光分波路に加えて、光合波器、光減衰器、光回折器、光増幅器、光干渉器、光フィルタ、光スイッチ、波長変換器、発光素子、受光素子等を設けることによって、各種機能を有する光導波路デバイスを構成することができる。

また、上述した実施形態においては、光導波路層の両側の端面を傾斜させていたが、適用によっては、光導波路層の片側の端面のみを傾斜させ、もう片側の端面は基板に対してほぼ垂直になるように形成しても良い。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の第1実施形態の光導波路デバイスの平面図である。

10

【図2】本発明の第1実施形態の光導波路デバイスの図1のII-II線に沿う断面図である。

【図3】本発明の第1実施形態の光導波路デバイスの横断溝の加工手順を示す拡大断面図である。

【図4】本発明の第1実施形態の光導波路デバイスの変形例を示す拡大断面図である。

【図5】本発明の第2実施形態の光導波路デバイスの平面図である。

【図6】従来の光導波路デバイスの一例を示す斜視図である。

【図7】光導波路が形成された基板に光ファイバを接続する従来の方法の一例を示す側面図である。

【符号の説明】

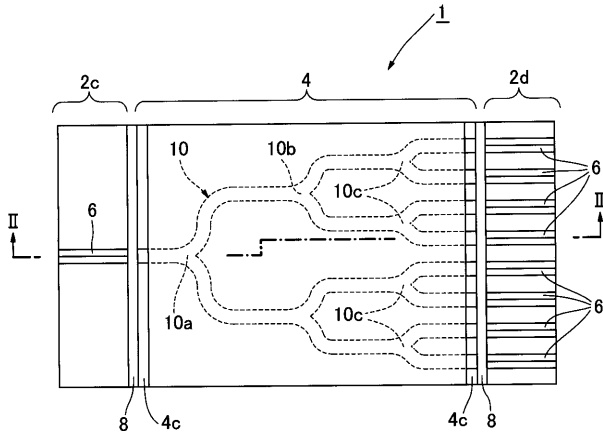
20

【0034】

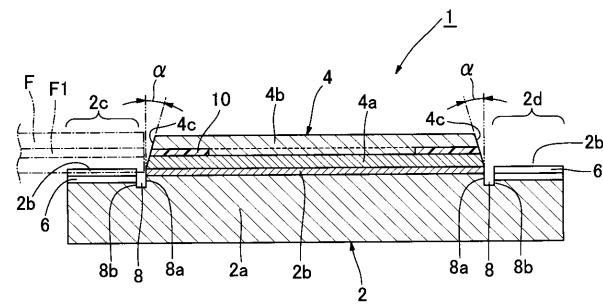
F	光ファイバ
1	本発明の第1実施形態の光導波路デバイス
2	基板
4	光導波路層
6	V字形断面の溝
8	横断溝
10	コア
20	本発明の第2実施形態の光導波路デバイス
22	横断溝

30

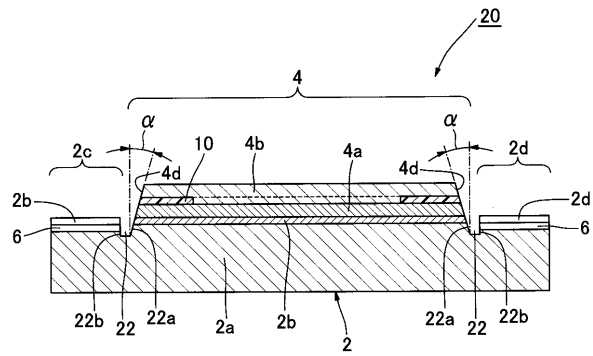
【図 1】



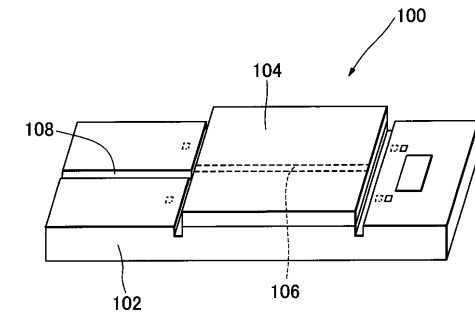
【図 2】



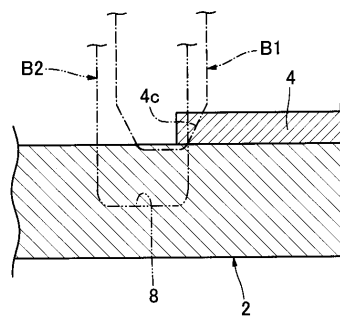
【図 5】



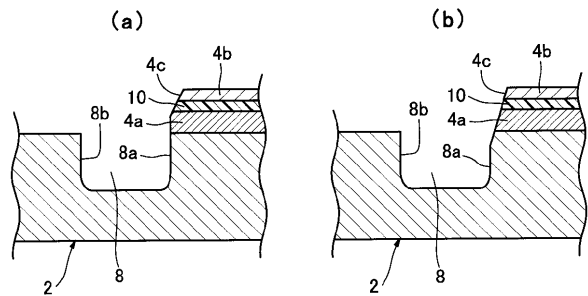
【図 6】



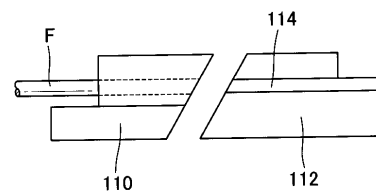
【図 3】



【図 4】



【図 7】



フロントページの続き

(74)代理人 100123630

弁理士 渡邊 誠

(72)発明者 八木 成行

茨城県つくば市和台 4 8 日立化成工業株式会社総合研究所内

(72)発明者 黒田 敏裕

茨城県つくば市和台 4 8 日立化成工業株式会社総合研究所内

F ターム(参考) 2H047 KA03 LA12 MA05 PA01 PA02 PA05 PA24 QA04 QA05 QA07

2H137 AB09 BA32 BA46 BA53 BA55 CA13A CA13B CC01 DB09 EA02

EA04 EA11