

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3836127号

(P3836127)

(45) 発行日 平成18年10月18日(2006.10.18)

(24) 登録日 平成18年8月4日(2006.8.4)

(51) Int. Cl. F I
G O 2 B 6/30 (2006.01)
B 2 9 C 67/00 (2006.01)
B 3 2 B 27/30 (2006.01)

G O 2 B 6/30
 B 2 9 C 67/00
 B 3 2 B 27/30 A
 B 3 2 B 27/30 D

請求項の数 4 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願平7-507618	(73) 特許権者	501246857
(86) (22) 出願日	平成6年8月10日(1994.8.10)		コーニング・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表平9-502032		アメリカ合衆国ニューヨーク州14831
(43) 公表日	平成9年2月25日(1997.2.25)		, コーニング, リバーフロント・プラザ
(86) 国際出願番号	PCT/US1994/009050		1
(87) 国際公開番号	W01995/006270	(74) 代理人	100089705
(87) 国際公開日	平成7年3月2日(1995.3.2)		弁理士 社本 一夫
審査請求日	平成13年8月10日(2001.8.10)	(74) 代理人	100071124
審査番号	不服2004-4652(P2004-4652/J1)		弁理士 今井 庄亮
審査請求日	平成16年3月8日(2004.3.8)	(74) 代理人	100076691
(31) 優先権主張番号	08/111, 254		弁理士 増井 忠次
(32) 優先日	平成5年8月23日(1993.8.23)	(74) 代理人	100075270
(33) 優先権主張国	米国(US)		弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100096013
			弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバーの、導波路への連結を容易にする高分子マイクロ構造体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

次の：

基材、

該基材の表面上の光伝送導波路、

寸法 d_1 を有する光ファイバー、および

該基材の表面上に、該光ファイバーと該光導波路を光学的に心合わせして連結するためのチャンネルを含んでなる、保持力試験により測定された値で少なくとも 1 ニュートン (N) である該光ファイバーをずらす力に耐える手段；

を含んでなり、

該チャンネルの縦軸と該導波路とが、該チャンネル中での該光ファイバーの据付けにおいて、該ファイバーの光伝送コアと該導波路とが光学的に芯が合うか、若しくは実質的に光学的に芯が合うように心合わせされ、若しくは実質的に心合わせされており、該チャンネルは複数の側壁と底面を有し、該底面に垂直な方向での断面の深さ d_2 の点における該側壁間の隔りは幅 W_1 であり、そして該底面に接した点における該側壁の隔りは幅 W_2 であり；
 W_1 、 W_2 、 d_1 および d_2 は、

(a) W_2 は W_1 より大きく、(b) d_2 は $1/2 d_1$ より大きく、(c) d_1 は W_1 より大きく、且つ W_2 以下となる、および(d) W_1 が約 $0.6 d_1$ から約 $0.99 d_1$ である、

10

20

ように選ばれている、
光導波路を有する光学連結デバイス。

【請求項 2】

W_1 が約 $0.8 d_1$ から約 $0.99 d_1$ である、請求の範囲第 1 項に記載の光学連結デバイス。

【請求項 3】

W_1 が約 $0.9 d_1$ から約 $0.99 d_1$ である、請求の範囲第 2 項に記載の光学連結デバイス。

【請求項 4】

d_2 が $1/2 d_1$ より大きい値から約 $2 d_1$ までである、請求の範囲第 2 項に記載の光学連結デバイス。

10

【発明の詳細な説明】

発明の背景

1. 発明の分野

本発明は、光ファイバーの光導波路への連結を容易にするための光学連結デバイス、およびそのような連結素子を製造する方法に関する。本発明のもう一つの態様は、本発明の連結デバイスを含んでなる光ファイバー-光導波路相互連結デバイス、および複数の配列 (array) を含んでなるそのような配列体に関する。

2. 従来技術の説明

光通信分野における最近の発展により、光の制御と経路指示のための多数の光導波路デバイスが提供されている。独立の基材上に創られる光導波路デバイスは、面集積光デバイスまたは光子デバイスと呼ばれることが多い。さらに、これらのデバイスは、特定の経路に沿って光の伝搬を経路指定するためだけに役立つ受動デバイスと、光の強さや偏光のような、進行する光の或種機能を制御する、または光がそれに沿って伝搬される経路を動的に制御する能動デバイスとに特性化される。しかし、光導波路の付いた基材上での光の伝搬は、普通、1メートルより遥かに短い伝搬距離にだけ適している。より長い距離の伝搬には、光ファイバーが、その素晴らしい透光特性と数キロメートルの長さで製造できることに因り、特に優れた媒体である。それ故、光導波路デバイスは、光通信若しくは光センサまたは分配システムに利用される場合には、基材上の少くとも一点で、また多くの点で、光ファイバーに連結されることが必要である。光ファイバー・システムへの差込みを容易にするために、長い光ファイバーに連結された光導波路デバイスはこの技術分野では“ピグテール付き (pigtailed)”導波路デバイスと呼ばれることが多い。光は光ファイバーのコア領域を通して伝搬し、これらのコア領域はその直径を二三ミクロンのように小さくすることができる。かくして、光ファイバーの導波路への連結を、光が殆ど無駄にならないように効率的に行うためには、当然光ファイバーの導波路への心合わせ (アライメント: alignment) が不可欠な要素となる。光導波路を有する基材に光ファイバーを効率的に連結するために、従来技術分野で非常に多くの物品と方法が考案されている。心合わせの限界許容度に対する要求により、従来技術での考案と方法は非常に複雑かつ高価なものになった。シリコンの特定結晶配向が高い精度で優先的にエッチングされるという事実を利用する米国特許第 4,767,174 号などの位置決め素子として、
“V-グループ (溝) (V-grooves)” を利用する多くの方法が記載されている。これは、レジストの塗布と露光、それに続く液体エッチングを含む一連のリソグラフィ工程で行われる。しかし、この V-グループは、一度作られると、シリコンウエハの表面に対する光ファイバーの位置を決めるためだけしか役立たない。まだその他に、導波路の末端に対する光ファイバーの末端の位置を決めることが残っている。これは、普通、この二つの成分をお互いに対して顕微鏡下で操作し、次いで光学用品質の糊でその整列を固定することにより行われる。顕微鏡操作は量産過程に利用するには費用と時間のかかる操作である。代替法として、追加の位置決め素子を用いることにより V-グループと光ファイバーを導波路に対して位置決めすることができ、これもまた複雑さを増し、従って費用のかかる方法である。V-グループ法が二本の光ファイバーをお互いに連結するだけの

20

30

40

50

ために用いられる場合でも、米国特許第4,973,126号明細書におけるように、数種の追加の位置決め素子が必要である。またV-グループ法は光ファイバーをシリコンそれ自身の表面などの或る種の表面に対して位置決めするのに役立つが、このV-グループはその光ファイバーを正しい位置に保持するための如何なる力も提供しない。即ち、その光ファイバーは、何らかの保持力を提供するための、一種またはそれ以上の追加の素子が存在しなければ、その溝から容易に滑り抜けてしまう。普通カバー・プレート若しくはV-グループを含む第2の基材がその光ファイバーに接して、それをV-グループの中に保持するために下に押し付け、そして光セメント若しくは感光性樹脂を用いてそのアセンブリを一つに保持している。

導波路または集積光デバイスも付いている基材上で光ファイバー位置決めデバイスを創る数種の方法が、従来技術の中に教示されている。これらの方法は、光ファイバーと導波路との連結を完全にするために集められなければならない個々の素子の全体としての数を減らすのには役立つ。しかし、これらの方法は量産にはまだ複雑であり、またかかる連結を提供する簡単で、低コストで、効率的な方法を提供するためには、十分な保持力が不足している。米国特許第5,150,440号明細書には、導波路をプラスチックフィルム中に印刷し、次いでこの導波路末端近くのフィルムのエキシマレーザ・アブレーションによって、そのフィルムの中に長方形のグループ(溝)を創る方法が説明されている。次いで、この導波路とグループの付いたフィルムの両面に追加のフィルム層をラミネートして、断面が正方形の開口がその導波路の面内に創られるようにする。この開口の端は、普通、次のマイクロトミング工程で近付き易く、平滑にされる。次いで、この正方形の開口に液状の感光性高分子接着剤を充填し、そして光ファイバーをこの正方形の開口に入れ、硬化工程で正しい場所に固定する。この方法は、ラミネーションやエキシマレーザ・アブレーションなどの多数の製造工程を含み、特定の導波路タイプの発明品、即ちレーザ・アブレーションのような方法でうまく切り込みを付けることができるものの、導波路と同じオーダーの厚みの薄いプラスチックシート中に創られた導波路に限定される。この方法は、半導体ウエハ、ポリイミド回路基板材料、ガラス、ニオブ酸リチウムおよびその他の結晶性基材およびセラミック基材などの他の有用な基材上に創られた光導波路に光ファイバーを付ける便利な方法ではない。この方法は、その厚みが光導波路の厚みと同じでない任意のフィルムに光ファイバーを取付ける方法を提供しない。ただ、そのフィルムが、切込みを付ける工程の後で、外すことができるもう一つの層の上に担持されている場合は例外であるが、これは製造工程を一層複雑にする。米国特許第4,735,677号明細書には、シリコン基材の表面に光ファイバーを整列させるための導波路を提供する方法が説明されている。この方法では、先ず、スート法(soot process)でシリコンウエハ上にガラスの層を生長させる必要がある。この方法では、ガラスの前駆体を火災加水分解法で処理してシリコン表面にガラス粒子を沈着させ、次いで、電気炉で加熱して、そのガラスを固めてやる。次いで、このガラスの層にリソグラフィー法でパターンを作成し、反応イオンエッチング(RIE)などによってエッチングして、位置決め素子を形成させる。これらの素子の生成後、それらの間に光ファイバーを挿入し、接着剤またはCO₂レーザ・ビームでそのガラスを融解して固定化する。この方法は、多数の加工工程を含み、高温加工で損傷を受けない、若しくはRIEエッチングで損傷するであろう敏感な電子デバイスを含んでいない基材に限定される。ポリイミド・プリント回路基板およびポリカーボネートなどの導波路素子用に望ましい多くの基材は、これらの理由により用いられない。さらに、この方法は、V-グループ法のように接着剤の添加若しくは他の高温融解法を使う場合を除いて、その光ファイバーを位置決めすることにだけ役立ち、その連結に固定性若しくは保持力を提供しない。成形した熱可塑性樹脂中に光ファイバー位置決め素子を形成させる数種の方法が提供されている。日本特許公開第278004号公報は、型(ダイ)の中で熱可塑性樹脂を圧縮成形する方法により断面が大体三角形の光ファイバー案内グループを提供している。これは、基本的には、シリコンV-グループの型-成形プラスチック・バージョン(version)である。V-グループを製造するためにリソグラフィー・エッチングの必要性を除く一方で、この方法には他の欠点が残っている。即ち、そ

10

20

30

40

50

の導波路にそのV-グループを心合わせする必要がまだ残っており、またそのV-グループに光ファイバーを保持するための追加の素子が必要なままであり、そのことは日本特許公開第278004号公報に示されている。日本特許公告第254404号公報には、さらに、無機ガラス若しくは可塑性樹脂を型-成形して作られる混成光回路が教示されている。その結果得られるものは米国特許第4,735,677号で得られるような光学デバイスおよび光ファイバー用の位置決め素子であるが、シュート層の沈着やエッチングの必要のない素子の付いた基材である。しかし、光ファイバーを保持するチャンネルの形状はその頭部の寸法が底部の寸法と同じか、より大きくなければならず、さもないと成形の型から基材を取出すのが困難若しくは不可能になるであろう。日本特許公告第254404号公報は、その保持部分のブロックがV字形、若しくはそのチャンネルの頭部が底部より大きい台形に作られておれば、型からの取外しがより容易であることを教示している。そして、また、この方法は光ファイバーを導波路に対して位置決めする問題を部分的には解決しているが、そのファイバーに安心できる保持力を提供しない。これら従来法の全てで、位置決めグループの内部に光ファイバーを保持するために何等かの力を加えなければならない。さらに、若し液体の光セメント若しくは光活性単量体または光学マッチング液が連結領域に入れられると、光ファイバーと位置決めグループの壁が毛細管作用の力によって濡れるであろう。これはグループ内部で光ファイバーを浮き上がらせる作用をし、より大きい力でグループ内部で、光ファイバーを下に抑えるための第2の素子が存在しなければ、光ファイバーと導波路の心合わせがうまくできなくなる。可塑性樹脂を型-成形する方法は汚染物を何も含まない型を保全する必要があるという追加の欠点を有する。若し導波路または位置決め素子を成形するマスター・ダイス内のグループが汚染されると、繰返し使用の際にその誤差は各続きの成形で忠実に繰返され、正確な光ファイバーの位置決めが妨げられるであろう。結論として、日本特許公告第254404号公報の型成形法では、その基材、導波路および位置決め素子が同じ材料から一緒に成形される。これは、シリコンウエハ、ニオブ酸リチウムウエハおよびプリント回路基板などの他の望ましい基材上で創られた導波路に光ファイバーを位置決めする可能性を前もって排除し、導波路材料の選択を型-成形プラスチックおよびガラスのクラスに限定することになる。

かくして、多くの追加の製造工程或いは位置決め素子またはマイクロマニプレータによる手の込んだ心合わせを必要とせず、且つ光学接着剤または熱処理により正しい位置に保持された追加の素子を必要としないので、その光ファイバーに確実な保持力を提供するところの、多様な希望される基材の上で光導波路に光ファイバーを簡単かつ正確に位置決めすることを可能にするデバイスおよび方法に対する要求は残っている。

発明の要約

本発明の一つの態様は：

表面上の所定の位置に光導波路据付のための表面領域を有する基材；および直径の大きさ d_1 の光ファイバーと、該所定の位置に位置決めされた光導波路とを光学的に心合わせして連結するための、該基材の表面上のチャンネル；を含んでなり；

該チャンネルの縦軸と該所定の位置とは、該チャンネル中での該光ファイバーの据付けと該所定の位置内での該光導波路の据付けにおいて、該ファイバーの光伝送コアと該導波路とが光学的に芯が合うか、若しくは実質的に光学的に芯が合うように一直線になっており、該チャンネルは複数の側壁と底面を有し、該底面に垂直な方向での断面の深さ d_2 の点における該側壁間の隔りは幅 W_1 であり、そして該底面に接した点における該側壁の隔りは幅 W_2 であり；

W_1 、 W_2 、 d_1 および d_2 は、

(a) W_2 は W_1 より大きく、

(b) d_2 は $1/2 d_1$ より大きく、そして

(c) d_1 は W_1 より大きく、且つ W_2 に等しいか、それより小さい

ように選ばれ；

該チャンネル中の該光ファイバーの据付けにおいて、該光ファイバーを該チャンネルから

ずらすのに要する力が、図 10 に示し、本明細中で後で説明される試験法（以後“保持力試験”と呼ぶ）で求めた値で約 0.01 ニュートン（N）に等しいか、それ以上である、光学連結デバイスに関する。

本発明のもう一つの態様は：

基材；

該基材の表面上の光伝送導波路；および

直径の大きさ d_1 の光ファイバーと該光導波路とを光学的に心合わせして連結するための、該基材の表面上のチャンネル；
を含んでなり；

該チャンネルの縦軸と該導波路とが、該チャンネル中での該光ファイバーの据付けにおいて、該ファイバーの光伝送コアと該導波路とが光学的に芯が合うか、若しくは実質的に光学的に芯が合うように心合わせされ、若しくは実質的に心合わせされており、該チャンネルは複数の側壁と底面を有し、該底面に垂直な方向での断面の深さ d_2 の点における該側壁間の隔りは幅 W_1 であり、そして該底面に接した点における該側壁の隔りは幅 W_2 であり；

W_1 、 W_2 、 d_1 および d_2 は、

（a） W_2 は W_1 より大きく、

（b） d_2 は $1/2 d_1$ より大きく、そして

（c） d_1 は W_1 より大きく、且つ W_2 に等しいか、それより小さいように選ばれ；

該チャンネル中の該光ファイバーの据付けにおいて、該光ファイバーを該チャンネルからずらすのに要する力が、保持力試験で求めた値で約 0.01 ニュートン（N）に等しいか、それ以上である；

光導波路を有する光学連結デバイスに関する。

さらに、本発明のもう一つの態様は：

基材；

該基材の表面上で位置決めされた光伝送導波路；および

直径の大きさ d_1 の光ファイバーと、該光導波路とを光学的に心合わせして連結するための、該基材の表面上のチャンネル；
を含んでなり；

該チャンネルの縦軸と該導波路とが心合わせされ、若しくは実質的に心合わせされており、該チャンネルはその中に該ファイバーの光伝送コアと該導波路とが光学的に芯が合うか、若しくは実質的に光学的に芯が合うように位置決めされている該光ファイバーを有し、該チャンネルは複数の側壁と底面を有し、該底面に垂直な方向での断面の深さ d_2 の点における該側壁間の隔りは幅 W_1 であり、そして該底面に接した点における該側壁の隔りは幅 W_2 であり；

W_1 、 W_2 、 d_1 および d_2 は、

（a） W_2 は W_1 より大きく、

（b） d_2 は $1/2 d_1$ より大きく、そして

（c） d_1 は W_1 より大きく、且つ W_2 に等しいか、それより小さいように選ばれ；

該光ファイバーを該チャンネルからずらすのに要する力が、保持力試験で求めた値で約 0.01 ニュートン（N）に等しいか、それ以上である；

光ファイバー-光導波路相互連結デバイスに関する。

本発明のさらにもう一つの態様は、本発明の基材上に複数の光導波路-光ファイバー連結素子を有する、改良されたピグテール付き平面光学デバイス、および高分子パッケージ中に封入されたこの改良されたピグテール付き平面光学デバイスを含んでなるパッケージ化平面光学デバイスに関する。

また、本発明のもう一つの態様は、該基材の表面上の所定の位置における光導波路据付けのための表面領域、および直径 d_1 の光ファイバーと、該所定の位置に位置決めされた該光導波路とを光学的に心合わせして連結するための高分子光ファイバー位置決め素子とを有する基材を含んでなり；該高分子光ファイバー位置決め素子は複数の側壁を有するチャ

10

20

30

40

50

ンネルを含んでなり、該チャンネルの縦軸と該所定の位置とが、該チャンネル中での該光ファイバー、および該所定位置での該光導波路の据付けにおいて、該光ファイバーと該光導波路が光学的に心合わせされ、若しくは実質的に光学的に心合わせされるように一直線若しくは実質的に一直線に並んでおり、該チャンネルは複数の側壁と底面を有し、該底面に垂直の方向での断面の深さ d_2 の点における該側壁間の隔りは幅 W_1 であり、そして該底面に接した点における該側壁の隔りは幅 W_2 であり；

W_1 、 W_2 、 d_1 および d_2 は、

(a) W_2 は W_1 より大きく、

(b) d_2 は $1/2 d_1$ より大きく、そして

(c) d_1 は W_1 より大きく、且つ、 W_2 に等しいか、それより小さい

ように選ばれ；

該光ファイバーを該チャンネルからずらすのに要する力が、保持力試験で求めた値で約 0.01 ニュートン (N) に等しいか、それ以上である

光学連結デバイスを製造する方法であって、

a) 基材の表面に一種またはそれ以上の光重合性単量体を含んでなる層を乗せる工程；

b) 該層を放射線のパターンに露光して、該高分子位置決め素子の表面寸法を有する重合した単量体の露光パターンと未露光単量体のパターンを形成させる工程；および

c) 該未露光の単量体を除去して、該表面上に該導波路の縦軸が該位置と一直線若しくは実質的に一直線に並んでいる該高分子位置決め素子を形成させるために現像する工程；

を含んでなる方法に関する。

本発明は、また、基材、該基材の表面に位置決めされた光伝送導波路、および直径 d_1 の光ファイバーと該光導波路とを光学的に心合わせして連結するための高分子光ファイバー位置決め素子とを含んでなり；該高分子光ファイバー位置決め素子は複数の側壁を有するチャンネルを含んでなり、該チャンネルの縦軸が該導波路の縦軸と、該チャンネル中での該光ファイバーの据付けにおいて、該光ファイバーと該光導波路が光学的に心合わせされ、若しくは実質的に光学的に心合わせされるように、一直線若しくは実質的に一直線に並んでおり、該チャンネルは複数の側壁と底面を有し、該底面に垂直の方向での断面の深さ d_2 の点における該側壁間の隔りは幅 W_1 であり、そして該底面に接した点における該側壁間の隔りは幅 W_2 であり；

W_1 、 W_2 、 d_1 および d_2 は、

(a) W_2 は W_1 より大きく、

(b) d_2 は $1/2 d_1$ より大きく、そして

(c) d_1 は W_1 より大きく、且つ W_2 に等しいか、それより小さいように選ばれ；

該光ファイバーを該チャンネルからずらすのに要する力が、保持力試験で求めた値で約 0.01 ニュートン (N) に等しいか、それ以上である

光導波路を有する光学的連結デバイスを製造する方法であって、

a) 表面上に導波路を有する基材の表面に一種またはそれ以上の光重合性単量体を含んでなる層を乗せる工程；

b) 該層を放射線のパターンに露光して、該高分子位置決め素子の表面寸法を有する重合した単量体の露光パターンと未露光単量体のパターンを形成させる工程；および

c) 該未露光の単量体を除去して、該表面上に該チャンネルの縦軸が該導波路の縦軸と一直線若しくは実質的に一直線に並んでいる該高分子位置決め素子を形成させるために現像する工程；

を含んでなる方法に関する。

また、本発明のもう一つの態様は、基材、該基材の表面に位置決めされた高分子光伝送導波路、および直径 d_1 の光ファイバーと該光導波路とを光学的に心合わせして連結するための高分子光ファイバー位置決め素子とを含んでなり；該高分子光ファイバー位置決め素子は複数の側壁を有するチャンネルを含んでなり、該チャンネルの縦軸が該導波路の縦軸と、該チャンネル中での該光ファイバーの据付けにおいて該光ファイバーと該光導波路が光学的に心合わせされ、若しくは実質的に光学的に心合わせされるように、一直線若しくは

10

20

30

40

50

実質的に一直線に並んでおり、該チャンネルは複数の側壁と底面を有し、該底面に垂直な方向での断面の深さ d_2 の点における該側壁間の隔りは幅 W_1 であり、そして該底面に接した点における該側壁の隔りは幅 W_2 であり；

W_1 、 W_2 、 d_1 および d_2 は、

(a) W_2 は W_1 より大きく、

(b) d_2 は $1/2 d_1$ より大きく、そして

(c) d_1 は W_1 より大きく、且つ W_2 に等しいか、それより小さいように選ばれ；

該光ファイバーを該チャンネルからずらすのに要する力が、保持力試験で求めた値で約0.01ニュートン(N)に等しいか、それ以上である光導波路を有する光学連結デバイスを製造する方法であって、

a) 基材の表面に一種またはそれ以上の光重合性単量体を含んでなる層を乗せる工程；
b) 該層を放射線のパターンに露光して、該高分子位置決め素子の表面寸法を有する重合した単量体の露光パターンと未露光単量体のパターンを形成させる工程；および
c) 該未露光の単量体を除去して、該表面上に、該チャンネルの縦軸が該導波路の縦軸と一直線若しくは実質的に一直線に並んでいる該高分子位置決め素子を形成させるために現像する工程；

を含んでなる方法に関する。

本発明は、一つまたはそれ以上の長所を示す。例えば、光導波路の取付けを望まれる非常に多様な基材上で有用である。基材および光導波路に悪影響を及ぼす如何なる高温加工も含まない。高い位置決め若しくは心合わせ精度と、製造法の簡単さおよび低コストとを組み合わせた光リソグラフィ法を使用する。光ファイバーにしっかりした保持力を提供し、それによって光導波路への光ファイバーの取り付けが簡単になり、特に複数のファイバー若しくは光ファイバーの配列体を単一の基材若しくは光導波路配列体に取り付ける重要なケースで簡単になる。正確な心合わせと、光導波路基材上の小さい領域内に位置決めされた光ファイバーのしっかりした保持が得られ、嵩高いクリップや位置決め素子を利用する従来技術での方法より高密度での光学的相互連結が可能になる。光ファイバー位置決めチャンネルに、従来のデバイスでは提供されなかった斬新な幾何学的形状が提供され、その同じ物を製造する方法が提供される。結論として、本発明は製造コストに不利益に影響する複雑で、高価な位置決めデバイスを必要としないで、光導波路への光ファイバーの簡単なアセンブリーを可能にする。

【図面の簡単な説明】

本発明は、以下の本発明の詳細な説明と添付した図面を参照すれば、より十分に理解され、そしてさらなる利点が明らかになるであろう：

図1は、本発明の推奨される光学連結デバイスの透視図である。

図2は、本発明の推奨される光学連結デバイスと光導波路の実施態様の透視図である。

図3は、本発明の推奨される光ファイバー-光導波路相互連結デバイスの実施態様の透視図である。

図4は、光学的緩衝層を有する、図3の実施態様の透視図である。

図5は、図3中の5-5に沿って描かれた本発明の推奨される光ファイバー-光導波路相互連結デバイスの断面図である。

図6は、その中に二本の光ファイバーを有する、台形或いは実質的に台形のチャンネルを有する本発明のもう一つの望ましい光ファイバー-光導波路相互連結デバイスの断面図である。

図7は、基材表面上に一つ以上の光学連結デバイスと、光導波路に相互連結された光ファイバーを有する本発明の配列体の透視図である。

図8は、本発明のもう一つの推奨される配列体の透視図である。

図9は、図3の相互連結素子に類似で、高分子被覆を有する本発明のパッケージ化された光ファイバー-光学相互連結デバイスの切抜き断面を有する透視図である。

図10は、本発明の連結デバイスの保持力を測定するための装置である。

図11は、本発明の連結デバイスの推奨される製造法を例示、説明するものである。

10

20

30

40

50

図 1 2 は、本発明の連結デバイスのもう一つの推奨される製造法を例示、説明するものである。

推奨される実施態様の説明

本発明の望ましい実施態様は上記の図を参照することによりこの技術分野の習熟者により良く理解されるであろう。これらの図に例示された本発明の望ましい態様は網羅的であること、または本発明を開示された正確な形に限定することを意図するものではない。これらの図は、本発明の原理とその応用および実際の利用を記述し、若しくは最も良く説明し、それによってこの技術分野の他の習熟者が本発明を最もうまく利用できるように選ばれたものである。

本発明の連結デバイスの一つの望ましい態様は図 1 に描かれ、番号 1 0 で示されている。デバイス 1 0 は基材 2 0 の表面に位置付けされたチャンネル 1 2 を含んでなる。チャンネル 1 2 は、或る特定の幾何学的寸法を有することを前提として、任意の形状若しくは長さを持つことができる。チャンネル 1 2 は光重合性単量体およびその類似物を用いてリソグラフィ法で作ることができる。チャンネル 1 2 は単一構造であっても良く、或いは多数の部分から構成されていても良い。図 1 に示された本発明の望ましい態様においては、チャンネル 1 2 はリソグラフィ法で成形され、そしてチャンネル 1 2 の側壁 1 6 および 1 8 と、チャンネル 1 2 の底面（床）を形成する基材 2 0 の表面部分を形作る隣接する一対の位置決め素子 1 4 によって形成されている。チャンネル 1 2 は、基材 2 0 の表面上で、その縦軸が基材の表面上の予め決められた所定位置 2 2 と一直線若しくは実質的に一直線になるように位置決めされている。

基材 2 0 は常用の光導波路デバイス用の基材の製造に用いられる任意の固体材料で作ることができる。これら材料の望まれる特性は、そのデバイスの普通の操作温度における機械的および光学的安定性である。基材 2 0 の製造に使用される望ましい材料は、プリント回路基板材料、重合体、石英、ガラス、熔融シリカ、半導体用ウエハおよび無機結晶体である。

本発明の望ましい連結および光導波路デバイスが図 2 に描かれ、番号 2 6 で代表されている。連結および光導波路デバイス 2 6 は、基材 2 0 の表面上で、チャンネル 1 2 を規定する重合体位置決め素子 1 4 を含んでなる。デバイス 2 6 は、また基材 2 0 の表面上の所定の位置（デバイス 1 0 の位置 2 2 に対応する）に、チャンネル 1 2 の縦軸と一直線若しくは実質的に一直線になるように位置決めされている導波路 2 8 を含んでいる。

本発明の望ましい光ファイバー-導波路相互連結デバイスが図 3 に描かれ、番号 3 0 で代表されている。相互連結デバイス 3 0 は、基材 2 0 の表面上で、チャンネル 1 2 の側壁 1 6 および 1 8 を規定する、重合体位置決め素子 1 4 およびチャンネル 1 2 の縦軸と一直線若しくは実質的に一直線になっているチャンネル導波路 2 8 を含んでいる。相互連結デバイス 3 0 はチャンネル 1 2 中に位置決めされた光ファイバー 3 2 も含んでおり、その光ファイバー 3 2 の光伝送コア 3 4 は導波路 2 8 と光学的に心合わせされ、若しくは実質的に光学的に心合わせされていて、光が光伝送コア 3 4 を通って光チャンネル導波路 2 8 に伝搬されるようになっている。

本発明のもう一つの望ましい光ファイバー-光導波路相互連結デバイスが図 4 に描かれ、番号 3 6 で代表されている。相互連結デバイス 3 6 は類似の番号で示されている相互連結デバイス 3 0 の成分の全てを含んでいる。加えて、相互連結デバイス 3 6 は基材 2 0 の表面に追加の緩衝層 3 8 を含んでおり、導波路 2 8 と素子 1 4 は緩衝層 3 8 の表面上に位置している。光緩衝層 3 8 は、導波される光の伝搬の性質により、基材の屈折率がチャンネル光導波路の屈折率より大きい場合に、伝搬損失の小さい導波路構造物を提供するために必要になる。この機能を提供できる任意の材料が緩衝層 3 8 の製造に用いることができる。緩衝層 3 8 の製造に用いられる材料の例は、屈折率の低い光高分子（フォトリソマー）、スピン-コートされた高分子層、スピン-オン・ガラス（spin-on glass）、二酸化ケイ素、化学蒸着（CVD）で形成される酸化物およびフルオロポリマーである。望ましい材料は屈折率の低い光高分子およびフルオロポリマーであり、より望ましい材料は屈折率の低い光高分子である。

10

20

30

40

50

基材 20 の表面上でのチャンネル 12 と、導波路 28 若しくは所定の位置 22 との相対位置は本発明で非常に重要である。図 1、2、3 および 4 に描かれているように、チャンネル 12 と導波路 28 若しくは所定の位置 22 は、チャンネル 12 の縦軸と導波路 28 若しくは所定の位置 22 の縦軸が一直線上若しくは実質的に一直線上にあって、光ファイバー 32 をチャンネル 12 中に入れた時、光ファイバー 32 の光伝送コアと導波路 28 若しくは所定の位置 22 とが光学的に心合わせされ、若しくは実質的に光学的に心合わせされていて、光が光伝送コア 34 を通って導波路 28 に伝搬されるようになっている。これらの図に描かれているように、チャンネル 12 が素子 14 の側壁 16 および 18 と基材 20 の底面 24 から形成されている本発明の望ましい態様では、素子 14 はこの効果を提供するように位置付けされている。高分子位置決め素子 14 が光重合性単量体からリソグラフィ

10

法で創られる本発明のより望ましい態様では、素子 14 は比較的高い精度でチャンネル導波路 28 と心合わせすることができる。例えば、特に正確な心合わせ法は、高分子位置決め素子 14 とチャンネル導波路 28 を同じ重合性単量体から同じ紫外線 (UV) 露光工程で創る方法である。これは、同じパターンマスクに両リソグラフ・画像 (feature) を入れることにより、または単一露光工程で両パターンを走査するように、レーザ直接書込み装置をプログラムすることによって達成される。図 5 は、図 3 の 5 - 5 の線に沿っての、相互連結デバイス 28 の断面図であり、本発明が適切に機能するために存在しなければならない必要不可欠な斬新な幾何学的関係にあるチャンネル 12、素子 14、側壁 16 および 18、光ファイバー 32、芯 34 および基材 20 を描いている。これら素子の相互関係は本発明の利点にとって非常に重要である。即ち、チャンネル 12 中の光ファイバー 32 の位置決めにおいて、一定の幾何学的パラメータを有するチャンネル 12 と光ファイバー 32 を使用することにより、この光ファイバー 32 は、該ファイバーを該チャンネルからずらすのに要する力が、後で考察する、図 10 に示した保持力試験で求めた値で約 0.01 ニュートンに等しいか、それ以上になるようにチャンネル 12 中に保持される。一般に、チャンネル 12 の断面は、チャンネル 12 が、チャンネル 12 の底面 24 から該底面に垂直の方向での深さ d_2 の点におけるチャンネル 12 の領域で、 W_1 の寸法の幅を有し、チャンネル 12 の底辺 24 に隣接するチャンネル 12 の領域で W_2 の寸法の幅を持っている。光ファイバー 32 は直径 d_1 を有する。本発明利点を提供するために、パラメータ W_1 、 W_2 、 d_1 および d_2 は以下のように選ばれる：

20

(a) W_2 は W_1 より大きく、

30

(b) d_2 は $1/2 d_1$ より大きく、そして

(c) d_1 は W_1 より大きく、且つ、 W_2 に等しいか、それより小さい。

W_1 、 W_2 、 d_1 および d_2 の値は広い範囲で変えられるが、それでもチャンネル 12 中での光ファイバー 32 の連結が、光ファイバー 32 を該チャンネル 12 からずらすのに要する力が、後で考察する、図 10 に示した保持力試験で求めた値で約 0.01 ニュートン (N) に等しいか、それ以上であるという前提で、上の条件に適合される。しかし、一般に、支配的なファクターは d_1 、 d_2 および W_1 の相対値である。本発明の望ましい態様では、 W_1 は約 $0.6 d_1$ から約 $0.99 d_1$ 、より望ましくは約 $0.8 d_1$ から約 $0.99 d_1$ 、そして最も望ましくは約 $0.9 d_1$ から約 $0.99 d_1$ である。 d_2 の値は、望ましくは $1/2 d_1$ より大きい値から約 $2 d_1$ 、そしてより望ましくは約 $0.6 d_1$ から約 $0.99 d_1$ 、そして最も望ましくは約 $0.8 d_1$ から約 $0.99 d_1$ である。特に望ましい態様では、 d_2 は約 $0.9 d_1$ から約 $0.99 d_1$ である。 d_1 は任意の光ファイバーの直径の値であり、そのような光ファイバーは単一ファイバー、偏光保持ファイバー、マルチファイバー若しくはケーブル、UV-NIR (紫外線-近赤外線) 透過性ファイバーおよび硬質高分子被覆ファイバー・ケーブルなどである。 d_1 の値は、望ましくは 1 mm に等しいかそれ未満、より望ましくは約 $125 \mu\text{m}$ から約 1 mm、そして最も望ましくは約 $125 \mu\text{m}$ から約 $250 \mu\text{m}$ である。とりわけ望ましい態様では、 d_1 の値は約 $125 \mu\text{m}$ から約 $140 \mu\text{m}$ である。

40

W_2 の値は広い範囲で変えられ、唯一の必要条件は、 W_2 が W_1 より大きく、且つ d_1 より大きい、等しいことである。 W_2 は、望ましくは d_1 より大きく、約 $2 d_1$ まで、より望ま

50

しくは約 $1.0 d_1$ から $1.5 d_1$ 、そして最も望ましくは約 $1.0 d_1$ から $1.2 d_1$ である。とりわけ望ましい態様では、 W_2 は約 $1.0 d_1$ から $1.1 d_1$ である。

チャンネル 12 の長さは、該光ファイバーを該チャンネルからずらすのに必要な力が、後で考察する、図 10 に示した保持力試験で求めた値で約 0.01 ニュートン (N) に等しいか、それ以上であるという前提で、広い範囲で変えられる。本発明の望ましい態様では、チャンネル 12 の長さは d_1 に大体等しいか、それより大きい。より望ましくは、チャンネル 12 の長さは約 0.1 から約 20 mm 、そして最も望ましくは約 0.5 から約 10 mm である。とりわけ望ましい態様では、チャンネル 12 の長さは約 1 から約 5 mm である。

チャンネル 12 の断面の形状は広い範囲で変えられ、それでもチャンネル 12 中での光ファイバー 32 の連結が図 10 の方法の試験を通るという前提で、上記の条件に適合する。図 5 では側壁 16 と 18 は直線として描かれているが、これは本発明の必要条件ではなく、側壁 16 と 18 は本発明の基本的寸法要件が侵されない限り、曲がっていても、内側若しくは外側に湾曲していても、若しくは類似の形で良く、また一方が直線で他方は直線でなくてもよい。

図 1 から 5 に描かれている本発明の望ましい態様では、チャンネル 12 は台形若しくは実質的に台形の断面を有する。図 5 の望ましい態様では、チャンネル 12 は、基材 20 の表面上の二つの平行な若しくは実質的に平行な高分子位置決め素子 14 で形成されている。チャンネル 12 は、素子 14 の各々の側面から形成される側壁 16 および 18 と、両素子 14 の間の基材 20 の表面で形成されている底面 (床) 24 を有する。図 5 に示されているように、高分子位置決め素子 14 はチャンネル 12 を規定し、それは逆台形の断面を持ち、その二つの平行若しくは実質的に平行な不等辺の長い方の寸法は 40 で、これは二つの不等平行辺の他方の寸法 42 より大きく、そして寸法 40 である平行不等辺の長い方の辺は頭部に位置し、そして寸法 42 である不等平行辺の短い方は基材 20 または、場合によって基材 20 の上に付いている緩衝層 38 (図 4 参照) と接して位置している。

高分子位置決め素子 14 の側面が基材 20 の法線となす壁角 (wall angle) は文字で示されている。高分子素子 14 が望ましい逆台形若しくは実質的な逆台形の形状を持つためには、角度は 0 より大きくなければならない。角度が 0 であると、素子 14 の断面は、従来技術の場合のように、単なる長方形になり、二つの素子 14 の間で創られるチャンネル 12 中の光ファイバー 32 の位置をその連結が図 10 の試験を通るように保持するという予想外の能力を持たなくなるであろう。角度が大きく作られている方が、光ファイバー 32 をチャンネル内に保持するのがより容易になる。しかし、如何に大きい角度までうまく作ることができるかは実際の意味で制約がある。角度が余り大きくなると、高分子 14 の基部 (図 5 での寸法 42) が、比較的良好な接着を確保するために、基材 20 と十分な接触面積を持つために高分子素子 14 の幅の寸法 (図 5 での寸法 40) も大きくならなければならない、これは本発明の主要な利点である相互連結素子の密度に悪い影響を持つ。それ故、壁角は約 1 度から約 30 度の範囲に限定するのが望ましい。より望ましくは、壁角は約 2 度から約 25 度の範囲、そして最も望ましくは壁角は約 3 度から約 20 の範囲である。

高分子位置決め素子 14 は一定の重要な物理的性質を有する。これらの物理的性質により、光ファイバーの直径 d_1 がチャンネル 12 の頭部の開口の幅の寸法 W_1 より大きい場合、応力を加えると変形してその中に挿入するのが可能になる。しかし、その変形は永久的であってはならず、高分子位置決め素子 14 は、光ファイバー 32 に有用な保持力を提供するために、できるだけ迅速に元の寸法形状に回復するか、実質的に回復しなければならない。それ故、この性質は或る程度の弾性強度を提供しなくてはならない。また、この高分子は余り脆くて挿入により損傷されてはならず、また余り硬くて光ファイバー 32 を傷付ける原因になってはいけない。材料の性質の立場から、ガラスの位置決め素子を用いる従来技術の方法がなぜ適していないかは明らかである。この高分子は、望ましくは分子量が約 $50,000$ またはそれ以上の高分子、より望ましくは $100,000$ またはそれ以上の高分子である。本発明の最も望ましい態様では、この高分子材料はそのゲル化点以上で

10

20

30

40

50

架橋される、即ちその分子量が無限大の高分子になる光高分子である。この架橋光高分子は最も望ましい物理的性質を持っているだけでなく、素子14がリソグラフ法で作られる場合、架橋光高分子は現像溶媒に最早溶けないので、未照射単量体の除去が最も簡単である。この高分子は結晶性というより、大体非晶質（結晶度50%未満）であるべきであり、そのガラス転移温度（ T_g ）は、分子鎖セグメントの高い移動度を確保するために、その融点より低くあるべきである。この高分子の結晶度は25%未満であるのが望ましく、そしてより望ましくは、その結晶度は、約10%未満である。最も望ましい態様では、この高分子は完全に非晶質、即ちその結晶度は約0%である。基材20上の反応性単量体の単一の層から、両高分子位置決め素子14および高分子光導波路28を一回のリソグラフ工程を用いて製造する本発明の態様では、完全に非晶性の高分子が望ましく、その場合高分子の結晶領域からの光の散乱による損失量が最小の光導波路が得られるであろう。 T_g に関して言えば、光導波路デバイスに光ファイバーを付ける便利な温度は室温であるから、光高分子の T_g は室温より低いことが基本的である。かくして、 T_g は約30 未満であるのが望ましく、そしてより望ましくは約20 未満であり、そしてその T_g が10 未満である光高分子材料が最も望ましい。今説明した光高分子の T_g は、そのポリマーの本来の性質であることが望ましい。しかし、可塑剤の添加若しくは溶媒によるその高分子膨潤などの、高分子科学の一般的技術で知られている多くの方法によって、高分子の T_g は調節できることが認められており、そしてそのように処理した高分子もまた本発明の方法の中でその範囲を逸脱することなしに使用できる。加えて、その光高分子マトリックス中に捕捉されている未反応の単量体がそのような可塑剤として役立つことがさらに知られている。さらに、その光ファイバーが本発明のチャネルに一度挿入されると、その高分子位置決め素子の T_g は、最早、その臨界範囲内に入っている必要がないことが分かっている。この T_g は、後になって、溶媒若しくは可塑剤を蒸発させることにより、その高分子をさらに橋架けすることにより、より高い値に調整できる。同様に、余り便利ではないが、室温以上、即ち約30 以上の T_g を有する高分子は、そのデバイスの集積をその高分子の T_g に等しいかそれ以上の高い温度で行い、次いで T_g より低い温度に冷却すれば使用できる。位置決め素子14を構成する高分子は、その分子鎖の全体としての動きを抑え、そして素子14の間の位置決めチャンネル12に光ファイバー32を挿入した後、素子14を必要な幾何学的形状に復帰させるために、多数の架橋点を含んでいるのが望ましい。この高分子素子14の形状の回復は、その反発弾性と低い永久セット性に関連する。位置決め素子14を構成する高分子材料は、そのゲル化点以上で橋架け高分子である、望ましい場合には必然的に高分子鎖当たり最少一つの主要化学結合の架橋が存在することになる。より望ましい組成では、反応性単量体の少くとも一つが多官能性単量体、即ち同じ分子に二つまたはそれ以上の反応基を含んでいる単量体である。このような多官能性単量体が単量体混合物の主要成分である場合には、得られる高分子は非常に広範囲に橋架けされ、高分子鎖当たり多くの架橋ができるであろう。

本発明で有用な高分子が示す引張り強さは、望ましくは約100から約850 kg cm^{-2} の範囲であり、より望ましくは約150から約300 kg cm^{-2} の範囲である。

本発明の方法で有用な架橋光高分子の伸び率（%）は、より望ましい組成では架橋水準が増大するために、望ましくは約2から約300%の範囲であり、より望ましくは約2%から約100%の範囲である。硬さの有用な値は約20から約200 s（振り子硬さ）の範囲であり、より望ましくは約40から約150 sの範囲である。

素子14の製造には非常に多様な高分子が用いられる。素子14の製造に使用するのに推奨されるのは、ウレタンアクリレートおよびメタクリレート、エステルアクリレートおよびメタクリレート、エポキシアクリレートおよびメタクリレート、ポリエチレングリコールアクリレートおよびメタクリレート、およびビニル基を含む有機単量体のような光反応性単量体若しくはそのような単量体の混合物の光重合によって生成するフォトポリマーである。そのようなアクリレートおよびメタクリレート単量体の例は、例えばベンゼン、ナフタレン、ビスフェノール-A、ピフェニレン、メタンピフェニレン、ジ-（トリフルオロメチル）メタンピフェニレン、フェノキシフェニレンおよびその類似物のモノ、ジ、トリ

およびテトラアクリレートまたはメタアクリレートのような、アリアルジアクリレート若しくはメタアクリレート、トリアクリレート若しくはメタアクリレートおよびテトラ-アクリレート若しくはメタアクリレートである。有用な単量体には、ブチルアクリレート、エチルヘキシルアクリレート、フェノキシエチルアクリレート、 α -カルボキシエチルアクリレート、イソボルニルアクリレート、テトラヒドロフルフリルアクリレート、シクロヘキシルアクリレート、プロピレングリコール・モノアクリレート、2-(2-エトキシエトキシ)エチルアクリレート、N-ビニルピロリドン、1,6-ヘキサンジオール・ジアクリレート若しくはジメタアクリレート、ネオペンチルグリコール・ジアクリレート、ジエチレングリコール・ジアクリレート若しくはジメタアクリレート、トリエチレングリコール・ジアクリレート若しくはジメタアクリレート、テトラエチレングリコール・ジアクリレート若しくはジメタアクリレート、ポリエチレングリコール・ジアクリレート若しくはジメタアクリレート、ジプロピレングリコール・ジアクリレート、トリプロピレングリコール・ジアクリレート、エトキシル化ネオペンチルグリコール・ジアクリレート、プロポキシ化ネオペンチルグリコール・ジアクリレート、脂肪族ジアクリレート、アルコキシ化脂肪族ジアクリレート、脂肪族カーボネート・ジアクリレート、トリメチロールプロパン・トリアクリレート若しくはトリメタアクリレート、ペンタエリトリトール・トリアクリレート、エトキシル化トリメチロールプロパン・トリアクリレート、プロポキシ化トリメチロールプロパン・トリアクリレート、グリセリルプロポキシ化・トリアクリレート、トリス(2-ヒドロキシエチル)イソシアヌレート・トリアクリレート、ペンタエリトリトール・テトラアクリレート、ジペンタエリトリトール・ペンタアクリレート、ジトリメチロールプロパン・テトラアクリレート、アルコキシ化テトラアクリレートのような脂肪族アクリレート、ジアクリレート、トリアクリレートおよびテトラアクリレートも含まれる。最も望ましい単量体は、トリメチロールプロパン・トリアクリレート、ペンタエリトリトール・トリアクリレート、エトキシル化トリメチロールプロパン・トリアクリレート、グリセリルプロポキシ化・トリアクリレート、ペンタエリトリトール・テトラアクリレート、ジペンタエリトリトール・ペンタアクリレート、ジトリメチロールプロパン・テトラアクリレート、メチルメタアクリレート、 n -ブチルアクリレート、2-エチルヘキシルアクリレート、イソデシルアクリレート、2-ヒドロキシエチルアクリレート、2-ヒドロキシプロピルアクリレート、シクロヘキシルアクリレート、1,4-ブタンジオールジアクリレート、エトキシル化ビスフェノールAジアクリレート、ネオペンチルグリコール・ジアクリレート、ジエチレングリコール・ジアクリレート、ジエチレングリコール・ジメタアクリレート、1,6-ヘキサンジオール・ジアクリレートおよびペンタエリトリトール・テトラアクリレートである。

特に有用なものは、少くとも一つの単量体がジアクリレート若しくはトリアクリレートのような多官能性の単量体である混合物であり、これらは反応した光高分子内で架橋網目を形成するであろう。本発明の方法で用いられる望ましい単量体混合物は33%のジェノマー(Genomer) T1600ウレタンアクリレートと67%の1,6-ヘキサンジオール・ジアクリレートとの混合物であり、また67%のエトキシル化ビスフェノールAジアクリレートと33%のトリメチロールプロパン・トリアクリレートの混合物である。

チャンネル12は一本の光ファイバー32、若しくは、図6に描いたように、一本以上の光ファイバーを含んでいてもよい。さて、適した基材20上の高分子位置決め素子の領域を通して見た断面図である図6を参照して説明すると、次の態様において、素子14は、二本の光ファイバー32がチャンネル12の中に収容されるように位置付けされており、このチャンネル12は、各光ファイバー32の光伝送芯34が導波路(描かれていない)と光学的に心合わせされ、若しくは実質的に心合わせされるように素子14の間に形成されている。これも本発明の一つの態様であり、これによって光導波路の密度を増加させることが可能であり、またファン・イン(fan-in)およびファン・アウト(fan-out)領域の長さや面積を減らすことができる。光ファイバー32の保持力は、唯一本の光ファイバーが位置決めチャンネルを占有している態様程大きくないが、それでも従来技術の方法に比べて基材上の光導波路に光ファイバーを取付ける場合の有用性を増大させるに

10

20

30

40

50

十分である

本発明の望ましい配列体 (array) が図 7 に示され、番号 46 で代表されている。さて、図 7 を参照して説明すると、次の態様では、単位の基材 50 上に光導波路 48 の配列体が心合わせされた本発明の高分子位置決め素子 52 の配列体と共に提供される。素子 52 の各対は、それが関連している光導波路 48 の末端と心合わせされ、平行に並んでおり、その心合わせはこの技術分野での既知の方法、例えばその上に記録マークも付いている露光マスクを利用するようなリソグラフィーによって行われるのが望ましい。光ファイバー 54 の末端は、高分子位置決め素子によって形成されているチャンネル 56 の一つにファイバー 54 の光伝送コア 58 が光導波路 48 の端と一直線で芯合せされるように挿入されることが示されている。光ファイバー 54 は、図 1 から図 5 におけるような必要な幾何学的形状を持った高分子位置付け素子によって、追加の素子、光学糊若しくは融解の必要なしに、そのチャンネル中にしっかりと保持される。このしっかりした位置決めは、近くのチャンネル 56 中に追加の光ファイバー 54 を、既に場所を占めるている光ファイバー 54 の位置決めを乱すことなしに、入れることを可能にする。これは、光導波路 48 に光ファイバー 54 をくっ付ける組立てを従来技術の方法に比べて非常に容易にする。また、各光ファイバーを一つの配列体に個々に導入する可能性も提供され、全光ファイバーが同時に乗せられる従来技術の方法に関連して生じる位置決めの累積誤差を克服することができる。

本発明のもう一つの望ましい配列体が図 8 に示され、番号 60 で代表されている。さて、図 8 を参照して説明すると、そこに描かれている態様 60 では、追加の光学的緩衝層 66 を有する単一基材 64 上に、一番外側でない位置決め素子 68 が光導波路 62 の配列体と共に二つの隣接するチャンネル 70 の壁面を形成している、心合わせされた高分子位置決め素子 68 が提供されている。即ち、中央の高分子位置決め素子 68 は二つの光導波路 62 によって共用されている。かくして、取付けられる光ファイバーの数を n とすれば、必要な高分子位置決め素子 68 の数は $n + 1$ である。この様式で基材 64 上での隣接光導波路 62 の間の距離を減らすことができ、それによって光導波路 62 の密度を増大させるか、若しくはこの技術分野の習熟者に知られているマルチ-ポート光導波路デバイスのファン・インおよびファン・アウト領域の大きさを減らすことができる。

本発明の光ファイバー-導波路相互連結素子、または図 1 から図 8 に描いたようなかかる相互連結素子の配列体は、図 9 に描かれているように、被覆層を付けて製造することができる。次に、図 7 の態様に類似の態様の、高分子位置決め素子 52 の領域の切抜き断面を有する透視図である図 9 を参照して説明する。高分子位置決め素子 52 は、要求される幾何学的形状のチャンネル構造 56 を提供するために、場合によっては光学緩衝層 (示されていない) も付いている基材 50 の表面上で光重合法でリソグラフィー手法で作られる。チャンネル 56 は、光ファイバー 54 の光伝送コア 58 が基材 50 の表面上で光チャンネル導波路 48 の末端と接触を保つように、心合わせ位置決めと、光ファイバー 54 への保持力との両方を提供する。高分子位置決め素子 52 は、この構造体に被覆材料層 74 が塗布される間、光ファイバー 54 を正しい位置に保持するのに役立つ。層 74 はこの光導波路構造体を物理的損傷や塵から保護するのに役立ち、そしてチャンネル光導波路 48 の開口数 (NA) を光ファイバー 54 の開口数に適合するように調整し、それによって開口数の不適合による光学的損失を減らす手段としても役立つ。この被覆層 74 は光学セメント、熱または光重合により硬化して重合体になる反応単量体混合物、硬化してガラスになるガラス前駆体、若しくは溶液法で塗布し、次いで乾燥するプラスチック或いはガラスである。本発明の高分子位置決め素子 52 は、そのユニークな幾何学的形状によって付与される保持力により、被覆塗布工程中に光ファイバー 54 がずれないように光ファイバー 54 を正しい位置に維持し、かくして従来技術の欠点が克服される。特に、光ファイバー 54 は、チャンネル 56 中で被覆塗布液の毛細管作用の力によって“浮上” (“floated”) することなく、素子 52 のユニークな幾何学的形状によって発生する保持力によって、基材 50 に接するように抑えられる。従来技術の方法は、この被覆塗布工程の間、光ファイバーの正しい位置を維持するのに必要な力を加えるために追加の素子を必要と

10

20

30

40

50

する。

図10は挿入される光ファイバーに供給される高分子位置決め素子14の保持力を示し、そしてそのような力を評価するための試験方法を図示している。図10に描いた試験の望ましい態様では、高分子位置決め素子76と高分子光導波路78の配列体が反応性単量体混合物のマスク照射法によって薄い光学緩衝層82の付いたシリコン・ウエハ基材80の表面に印刷される。ガラス光ファイバー84が、光導波路78と心合わせして保たれている一対の高分子位置決め素子76によって形成されているチャンネル86の一つに挿入される。光ファイバー84への保持力を増加させるための接着剤若しくは追加の素子は存在せず、光ファイバーは単に高分子位置決め素子76の保持力によって正しい位置に保持されているだけである。光ファイバー84の他の端はアルミニウム・ブロック90の端に穿孔されている孔88中に挿入される。このブロックの質量は1グラム、望ましくは10グラム、より望ましくは50グラム、さらに望ましくは75グラム、最も望ましくは100グラムであり、数滴のエポキシ樹脂92によって孔88にしっかりと固定されている。質量1グラムのブロックは光ファイバー84と素子76の連結に0.01ニュートンの力を加え、質量10グラムのブロックは光ファイバー84と素子76の連結に0.1ニュートンの力を加え、質量50グラムのブロックは光ファイバー84と素子76の連結に0.5ニュートンの力を加え、質量75グラムのブロックは光ファイバー84と素子76の連結に0.75ニュートンの力を加え、質量100グラムのブロックは光ファイバー84と素子76の連結に1.0ニュートンの力を加える。このシリコン・ウエハ基材80をクランプ94で挟み、アルミニウム・ブロックがテーブル・トップ96から明瞭に持ち上げられるようにぶら下げた。ブロック90はウエハ80で吊り下げられ、単に高分子位置決め素子76(約5mmの長さが望ましい)と光ファイバー84との相互作用によって生じる保持力によって、光導波路78に対する光ファイバー84の位置に認められる如何なる変化もなしに1時間の間保持された。この方法は光ファイバー84と光導波路78の連結が期待以上に安定なことを明らかにしめす。その連結はユニークな幾何学的形状を有する本発明のチャンネルによって提供されるが、これは従来技術の方法では追加の素子やセメントが存在しなければ提供されないものである。図11と12は、要求されるユニークな幾何学的形状の高分子位置決め素子を提供する本発明の方法を例証するものである。図11に、紫外線によるパターン・マスク照射法で高分子素子98を提供する方法が詳細に説明される。場合によっては、光学緩衝材料102の層で被覆されている基材100に、光反応性単量体の層104を光導波路に連結されるべき光ファイバーの半径($1/2d_1$)より大きい厚みで塗布する。高分子位置決め素子112のパターン、および場合によってはチャンネル導波路素子(描かれていない)のパターンを含んでいる部分だけ紫外線110が透過し得る不透明領域(108)のパターンを有するイメージ・マスク106を、単量体層104の上に極く接近させて置き、そして例えば水銀若しくはキセノンランプからの紫外線110がイメージ・マスク106の表面に当たるように方向づけられる。マスク106の透明な領域を透過した紫外線110は、これらイメージ領域のすぐ下にある単量体層104の領域112中で光重合を誘起する。イメージ・マスク106の不透明な領域108によって紫外線から遮蔽されているこれらの単量体領域では重合が起きない。紫外線照射後、イメージ・マスク106を外し、未反応の単量体をアセトン若しくはメタノールのような適当な溶媒で洗い流し、基材100の上に光重合した構造体のパターンを残す。このパターンは、図10の試験に通るために必要な幾何学的形状を有する台形若しくは実質的に台形である望ましい断面を有するチャンネル114を規定する、本発明の高分子位置決め素子98に対応している。一般にリソグラフ法で可能である高分子構造の光描写の簡単さと容易さおよび心合わせの非常な正確さによって、本発明の方法が従来技術の方法の欠点の多くを克服することを可能になる。図11の右側に示したような逆台形である高分子位置決め素子98のユニークな幾何学的形状が、適切な照射条件を選択することにより達成される。未反応単量体層104の紫外線波長での吸光度は、紫外線強度勾配がそのフィルムを通じて確立されるのに十分な程度に大きくなければならない。即ち、光反応の開始を誘起させるために、その単量体層中で利用できる紫外線の量は、単量体層の有限の吸光

10

20

30

40

50

によって、頭部若しくはイメージ・マスク側から底部若しくは基材側に向かって減少するであろう。この紫外線の勾配は頭部から底部にかけて起きる光重合反応の量に勾配が生じる原因になり、これが現像された高分子構造のユニークな幾何学的形状をもたらし、この幾何学的形状は本発明の方法では容易に得られるが、従来技術の方法では容易に達せられないものである。そのフィルムの上部から底部に向かって起きる光重合の量の勾配はその単量体層中に溶けた酸素ガスの存在によってさらに影響され、このような酸素は、光重合過程で生成するラジカルによって全ての酸素が消費された領域中を除いて、光重合反応を抑えたり停止させたりする。光重合反応の進行中における溶解酸素ガスのこのような作用はこの技術分野の習熟者にはよく知られている。また、この光高分子構造体の必要な幾何学的形状は自己-集光過程によりさらに影響を受ける。即ち、単量体層 104 の表面にに

10

図 12 では、石英の顕微鏡対物レンズのような集光光学素子 120 によって、紫外線レーザー・ビーム 116 が単量体層 118 の表面に集光され、高分子位置決め素子 122 に対応するパターンで、そして、場合によっては、光導波路デバイス（描かれていない）のパターンで集光されたレーザー・スポットを単量体層 118 の表面に走査することにより、光重合された区画 121 が形成される。露光が完了した後、基材 124 からアセトンやメタノールのような適当な溶剤で未露光の単量体を洗い流して、場合によっては光緩衝層 126 の付いている基材 124 の表面に希望の幾何学的形状を有する高分子位置決め素子 122 を形成させる。図 12 の方法の場合には、高分子位置決め素子 122 の必要なユニークな幾何学的形状は単量体層 118 内での同じ光勾配によって提供されるが、さらにそのレーザーの平行ビームを望ましい逆台形の幾何学的形状を有する断面を持った単量体層を横切る光の集光錐面に変換する集光光学素子 120 の集光性によって一層強められる。製造される光高分子の得られる幾何学的形状に及ぼす溶解酸素および自己-集光の影響が、この走査レーザー露光の場合にも考えられる。

20

光反応性単量体層 104 および 118 は光重合性単量体若しくはそのような単量体の混合物、および一種またはそれ以上の光開始剤、そして、場合によっては、一種またはそれ以上の安定剤を含んでなる。有用な単量体は、メチルメタクリレート、n-ブチルアクリレート、2-エチルヘキシルアクリレート、イソデシルアクリレート、2-ヒドロキシエチルアクリレート、2-ヒドロキシプロピルアクリレート、シクロヘキシルアクリレート、1,4-ブタンジオールジアクリレート、エトキシ化ビスフェノール A・ジアクリレート、ネオペンチルグリコール・ジアクリレート、ジエチレングリコール・ジアクリレート、ジエチレングリコール・ジメタクリレート、1,6-ヘキサジオール・ジアクリレート、トリメチロールプロパン・トリアクリレート、ペンタエリトリール・トリアクリレートおよびペンタエリトリール・テトラアクリレート並びにそれらの混合物のような、位置決め素子の製造に用いられる前記の単量体である。特に有用なものは、少くとも一つの単量体がジアクリレート若しくはトリアクリレートのような多官能性の単量体である混合物であり、ジェノマー T1600 ウレタンアクリレートと 1,6-ヘキサジオール・ジアクリレートとの混合物またはエトキシ化ビスフェノール A・ジアクリレートとトリメチロールプロパン・トリアクリレートの混合物のような、反応した光高分子内で架橋網目を形成するであろう混合物である。

30

40

これら単量体混合物での紫外線による重合の開始に使用するために、多様な光開始剤が適している。シー・ジー・ロフィーの表面被覆の光重合、第 3 章 (1982)、[Photopolymerization of Surface Coatings, chapter 3 (1982) by C. G. Roffey] などの、光高分子系用の有用な開始剤に関する多くの優れた文献がこの技術分野で入手できる。望ましい光開始剤は推奨

50

される単量体に可溶で、照射用に選ばれる光の波長で有効な吸収を有する開始剤である。若しも、光高分子素子の必要でユニークな幾何学的形状が単量体層の厚み方向での光開始反応の勾配の確立によって得られるのであれば、その層はその照射波長で有意な吸光度を有することが重要である。若し、これらの波長での成分単量体の吸光度が小さいならば、光開始剤によって必要な吸収を提供してもよい。数種の光開始剤を組合わせるのは、波長感度を広げるために、若しくは添入溶解度を増すために、または用いられる特定光源に単量体系の光応答速度を適合させるために有用である。本発明の方法で特に有用な光開始剤は、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニル-プロパン-1-オン〔ダロキュア (Darocur) 1173〕、2,2-ジメトキシ-2-フェニルアセトフェノン〔イルガキュア (Irgacure) 651〕、およびベンゾフェノン (イルガキュア 500) を 1:1 で加えて増感した 1-ヒドロキシ-シクロヘキシルフェニルケトンである。特に望ましい光開始剤混合物はこれら三種の増感剤の 1:1:1 混合物である。

光重合性単量体混合物中での有用な開始剤の量は、照射光源中に存在する利用できる光力 (optical power) での希望の光重合速度および高分子位置決め素子の壁角度と厚みに依存する。一般に、開始剤が少なければ、走査レーザ・ビームのような明るさの大きい集光光源を必要とし、開始剤が多い場合には、水銀ランプなどのプリント回路基板のような大きい面積をカバーするために広がる明るさの小さい光源を必要とする。光開始剤の有用な添入量は、全単量体混合物層に対する重量パーセントで 0.1 から 10%、望ましくは 0.5 から 8% の範囲、そして最も望ましくは 2 から 6% の範囲である。

以下の実施例は、本発明の有用性をさらに説明することを意図するものである。本発明の範囲はこれら実施例によって限定されるものではなく、本発明の範囲内での他の利用がこの技術分野の習熟者には明らかになるであろう。本発明は添付された請求の範囲によってのみ限定されるものである。

実施例 1

シリコン・ウエハに、光硬化性含フッ素単量体混合物 (80 部の F8 ペルフルオロポリエーテルジオール・ジアクリレート、108 部の F40 ペルフルオロポリエーテルジオール・ジアクリレート、6 部のヘキサフルオロイソブチレン/ビニルアルコール共重合体、3 部のイルガキュア 500 および 3 部のダロキュア 1173) を 6000 rpm でスピンコートし、次いで窒素雰囲気中 1000 ワットのキセノン・ランプ下で 1 分間硬化し、厚み 4 ミクロンの光学緩衝層を得た。このウエハを 120 で 10 分熱処理し、次いで、次に付けられる導波路層の接着性を向上させるために、30 秒間酸素反応性イオンエッチング (RIE) した。この基材に厚み 180 ミクロンの光硬化性アクリレート単量体混合物 (50 部のジェノマー T1600 ウレタン・アクリレート、98 部の 1,6-ヘキサンジオール・ジアクリレート、1 部のダロキュア 1173、1 部のイルガキュア 651 および 1 部のイルガキュア 500) の層を広げた。この基材を紫外線アルゴン・レーザーの集光ビームの下に置いたコンピュータ制御位置決めステージの上に置いた。このコンピュータは、導波路デバイスの 4 つのポート (ports) の各末端に、個々の高分子位置決め素子の対を有する、3×1 チャンネル導波路コンビナ (combiner) で設計されている試料の不連続領域だけが露光されるように、このレーザー・ビーム下で試料を動かすようにプログラムされた。この選択パターン露光が完了した後、この基材をアセトンで洗って、レーザの照射を受けなかった全領域から未反応の単量体を除去した。その結果、光ファイバー “ピグテール” の取付けを容易にするために正確に心合せされされた高分子位置決め素子を有する半導体基材上のリブ導波路 3×1 コンビナが得られた。これら高分子位置決め素子は、それらの間に形成されるチャンネル中に直径 140 ミクロンの裸のガラスファイバーがしっかりと保持されるように正確に描写形成されていた。

実施例 2

実施例 1 の導波路デバイスをその端末領域を拡大して見るために解像顕微鏡の下に置いた。裸のガラス光ファイバー・ストランドを高分子位置決め素子により形成されているチャンネル中に手で挿入した。一度挿入すると、そのガラス光ファイバーが非常にきっちりと把持されるということが直ぐ認められた。それ故、前に挿入された光ファイバーのいずれを

10

20

30

40

50

も邪魔することなく、4つの導波路ポートの各々にうまくピグテールを取付けるのが容易であった。

実施例 3

実施例 2 のピグテールを付けたデバイスを CCD カメラの下に押しつけ、そのファイバーの末端部分が TV スクリーン上で観察できるようにした。この光ファイバーピグテールを XYZ 位置決めステージで把持し、導波路基材に対して動かすことができるようにした。この位置決めステージを用いて、その光ファイバーを面内および面外の両方向に移動させた。この光ファイバーが高分子位置決め素子から外れることを誘き起こすことなしに、どちらの方向にもその光ファイバーを大きく曲げることが可能であった。

実施例 4

実施例 1 および 2 と同様にしてピグテールを付けた試料を調製したが、本実施例では、実施例 1 の非-フッ素化アクリレート単量体混合物が光学緩衝層の調製に用いられ、屈折率のより大きいアクリレート単量体混合物 (96 部のエトキシ化ビスフェノール A ・ジアクリレート、33 部のトリメチロールプロパン・トリアクリレート、3 部のイルガノックス 1010 酸化防止剤、1 部のダロキュア 1173、1 部のイルガキュア 651 および 1 部のイルガキュア 500) が光導波路および高分子位置決め素子を調製するために用いられた。反応性イオンエッチングは用いられなかった。ガラス光ファイバーピグテールを正しく付けた後、全構造体に屈折率の小さいアクリレート単量体混合物の厚い層を被覆塗装し、次いで紫外線で露光して重合した。その結果、塵や物理的損傷から保護するために高分子層によって完全にカプセル化されたデバイスが得られた。この高分子位置決め素子は、追加の保持用素子を必要としないで、この被覆塗装工程中光導波路デバイスの末端へのガラス光ファイバーの心合せを維持することができた。

実施例 5

基材がシリコンウエハでなく、ポリイミド・ラミネート回路基板材料であることを除いて、実施例 4 と同様にして 3 × 1 コンビナを作った。

実施例 6

各端に長さ 5 mm の高分子位置決め素子の付いた真直ぐな光導波路のパターンを含む、ガラスにクロムメッキしたフォトマスクを調製した。このマスクを、実施例 4 の光硬化させた屈折率の小さい薄い光学緩衝層の付いたシリコン基材の上に塗布した、実施例 4 の屈折率の大きい 125 ミクロンの厚みの光硬化性の単量体混合物の層に接触させて置いた。基材、光硬化性単量体およびイメージ・マスクから成るこのサンドイッチ構造体を、紫外線反射レンズの付いた出力 1000 ワットの光を平行にしたキセノン・ランプの下に置いた。その単量体を 12 秒露光し、マスクを外し、未露光部分をアセトンで洗い流した。真直ぐな光導波路と高分子位置決め素子が光学緩衝層の付いたシリコン基材上に残った。この一対の高分子位置決め素子で形成されているチャンネル中に、長いガラス光ファイバーを、高分子導波路と心合せされるように、挿入した。この光ファイバーの他の端に 110 グラムのアルミニウムの錘をエポキシ樹脂で取付けた。そのエポキシ樹脂を乾燥後、この導波路の付いたウエハを垂直にぶら下げて、その錘が高分子位置決め素子の把持作用によってだけ懸垂されるようにした。この光ファイバーと高分子位置決め素子とが相互作用している長さは 5 mm だけであり、この部分には如何なるタイプの糊やエポキシ樹脂も付いていなかった。この錘はその導波路基材から吊り下げられたままで数か月間放置されたが、その光ファイバーにずれは起きなかった。

実施例 7

基材がシリコンウエハでなく、ポリイミド・ラミネート回路基板材料であることを除いて、実施例 6 と同様にして各末端に対の高分子位置決め素子の付いた光導波路をイメージ・マスク露光法で調製した。

実施例 8

実施例 4 の方法を繰り返したが、二つの高分子光導波路は 40 ミクロンの距離で書き込まれ、高分子位置決め素子はガラス光ファイバーの直径の 2 倍より僅かに小さい距離でレーザーで書き込まれた。光導波路の各末端における高分子位置決め素子の間のチャンネルの中

10

20

30

40

50

に二本の裸の光ファイバー・ピグテール（全部で4本のピグテール）を入れた。これら高分子位置決め素子は、被覆塗装の間、個々の光導波路に対する各光ファイバーの心合せを維持する能力があった。

実施例 9

実施例1の集光レーザー書込み法、および実施例6のマスク照射法の両方法を用いてシリコン基材上に高分子位置決め素子を調製した。次いで、この結晶性シリコン・ウエハを、高分子位置決め素子に垂直な方向で、その素子の断面がえられるようにへき開破壊させた。次いで、このへき開された高分子位置決め素子の断面を光学顕微鏡と走査電子顕微鏡で調べた。この高分子素子の構造は、二つの不等平行辺の長い方が頭部に位置し、二つの不等平行辺の短い方がシリコン・ウエハ基材に接して位置する逆台形である、本発明の望ましい態様の必要な幾何学的形状を有していることが観測された。かくして得られた、隣接する二つのそのような構造体の間のチャンネルの形状は、頭部により小さい開口を持ち、そして基材面の距離がより大きいチャンネルであり、本発明の必要な幾何学的形状を有していた。このチャンネルの形状は二つの平行不等辺の長い方が基材に接する辺である台形として説明することもできる。このチャンネルの頭部の分離幅は適したガラス光ファイバーの直径140ミクロンより小さいが、底部の分離寸法は光ファイバーの寸法を収容するに十分であった。

10

実施例 10

レキサン（Lexan）ポリカーボネートのシートから構成される基材を実施例4の光学緩衝材料の薄い層でスピンコートし、キセノンランプを10秒照射して硬化した。次いで、この基材を（56部のエトキシ化ビスフェノールA・ジアクリレート、19部のトリメチロールプロパン・トリアクリレート、21部のジェノマーT1600ウレタン・アクリレート、41部の1,6-ヘキサジオール・ジアクリレート、1.7部のイルガノックス1010酸化防止剤、1部のダロキュア1173、1部のイルガキュア651、1部のイルガキュア500を含んでいる）反応性単量体混合物の20ミクロンの厚みの層で被覆した。実施例1の集光紫外線レーザー装置を用いて長方形のプラトー（台地）から成るパターンを書込み、次いでメタノールで洗って現像した。このプラトー構造の付いた基材を、次に、実施例4の屈折率の大きい単量体混合物の120ミクロンの層で被覆し、同じ集光紫外線レーザー装置を用いて、各々の末端に高分子位置決め素子の対を有する真直ぐなチャンネル導波路に対応するパターンを書込んだ。このチャンネル導波路はプラトー部分と同じ長さで、導波路はプラトーの先端に位置し、各々の末端が一線に並ぶように位置していた。従って、高分子位置決め素子はそのプラトーの端を丁度超えた所に位置した。この露光された微細構造体をメタノールで洗って未反応の単量体を除き、20ミクロンのプラトーの上に乗ったチャンネル光導波路を得た。この導波路の各末端には、中心は合っているが、その長方形のプラトーの端を丁度超えた所に位置する高分子位置決め素子の対が付いている。高分子位置決め素子の各対で形成されているチャンネル構造体に、直径140ミクロンで、コアの径が100ミクロンのガラス光ファイバーのピグテールを取付けた。この方式では、その光ファイバーはその光導波路と正確に心合せをせされ、即ちプラトー部分は差段（オフセット：offset）として役立ち、光ファイバーのコアの一番下の部分が正確に光導波路の底部に位置し、垂直方向にも水平方向にも素晴らしい心合わせができる。このピグテールの付いた導波路構造体を、プラトー構造体も含めて、同じ単量体混合物で被覆し、この混合物をキセノン・ランプ下で1分間光硬化した。この硬化導波路材料と硬化被覆材料の屈折率は、導波路と光ファイバーの開口数とが適合するように選ばれた。

20

30

40

実施例 11

基材がポリイミド・ラミネート回路基板材料であり、未反応単量体をアセトン洗浄で除去したことを除いて、実施例10の方法を繰返した。

実施例 12

長方形のプラトー部分と高分子位置決め素子を有する光導波路との両方を印刷するために、集光紫外線レーザーの代りにガラスにクロム・メッキしたフォトマスクキセノンランプを

50

使用したことを除いて、実施例 11 の方法を繰返した。

対照実施例

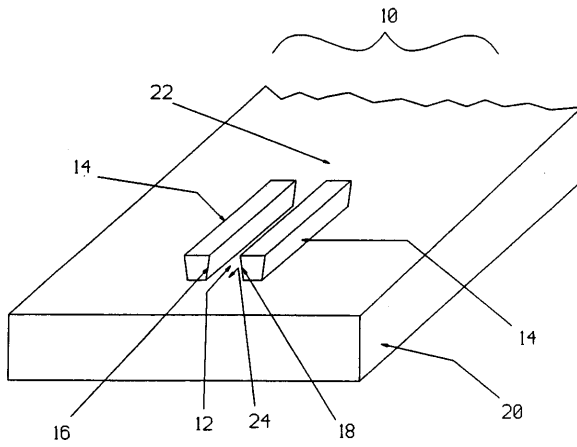
末端に対する位置決め素子が付いた真直ぐなチャンネル光導波路のパターンの付いたクロム・フォトマスクを調製した。この位置決め素子の対は、真直ぐなチャンネル光導波路断面上の正中線 (m i d l i n e) で心合わせされており、この位置決め素子の中心線間の距離は 240 ミクロンであった。素子の各対の間に形成されるチャンネルの幅が 150 から 130 ミクロンの範囲になるように、位置決め素子の幅を 90 ミクロンから 5 ミクロンずつ増やして 110 ミクロンまで変えた。このパターンを、実施例 6 におけるように、リソグラフィ法で露光して印刷し、繋がった高分子位置決め素子を有する高分子チャンネル導波路を作った。かかる素子間に形成されるチャンネルの頭部の幅は 150 から 130 ミクロン (この分離幅は図 5 での寸法 W_1 と同等である) に変えられた。次いで、直径 140 ミクロンのガラス光ファイバーを高分子光導波路と芯合せして、各チャンネルに挿入した。図 5 を参照すれば、これは、チャンネルの頭部における位置決め素子間の距離である寸法 W_1 が光ファイバーの直径より小さい場合から光ファイバーの直径より大きい場合の範囲に当たる。チャンネルに光ファイバーを挿入してから、その基材を持ち上げて、そのファイバーの重量をその接合にかけるような、非常に小さい乱れ (d i s t u r b a n c e s) を与えて観察し、頭部の間隔が 145 および 150 ミクロンのチャンネルは、チャンネル導波路の末端と接触している光ファイバーを保持することができないことを認めた。頭部の間隔が 140 ミクロンのチャンネルは、非常に小さい乱れでは、ファイバーの位置を保つことができるが、ファイバーにかかる力が増すと、保てなかった。頭部の間隔が 135 および 130 ミクロン (光ファイバーの直径より小さい) のチャンネルは、光ファイバーと光チャンネル導波路の非常に強固な連結を提供し、光ファイバーから小さい錘をぶら下げても乱されない。頭部の間隔が 135 ミクロンのチャンネルが安全な連結を提供するので推奨されるが、挿入時にその光ファイバーに必要とされる力は頭部の間隔が 130 ミクロンの場合より小さい。かくして本発明の必要な幾何学的形状を所有しないこれら位置決め素子、即ち頭部の間隔が挿入されるべき光ファイバーの直径より大きい位置決め素子は、光ファイバーと光導波路との安全で正確な位置決めである本発明の望ましい性質を提供しない。

10

20

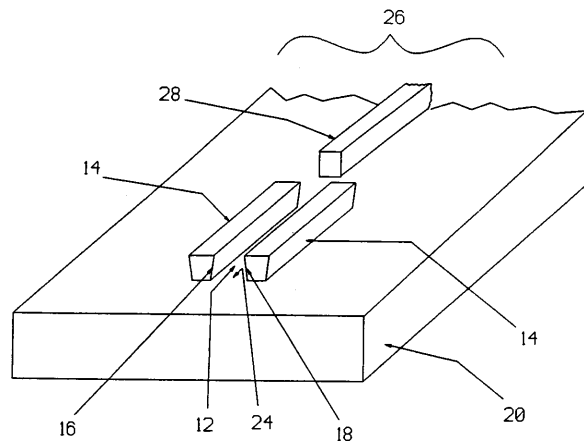
【図 1】

FIG. 1



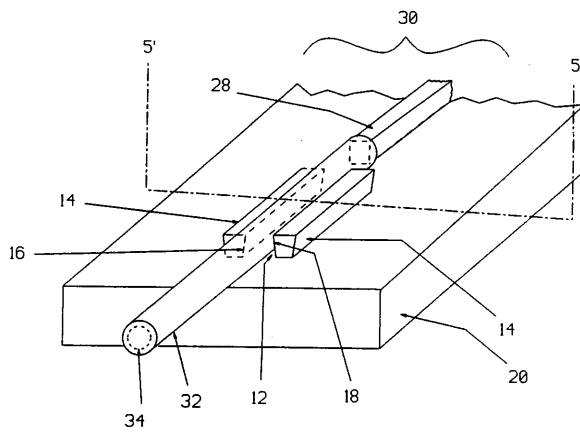
【図 2】

FIG. 2



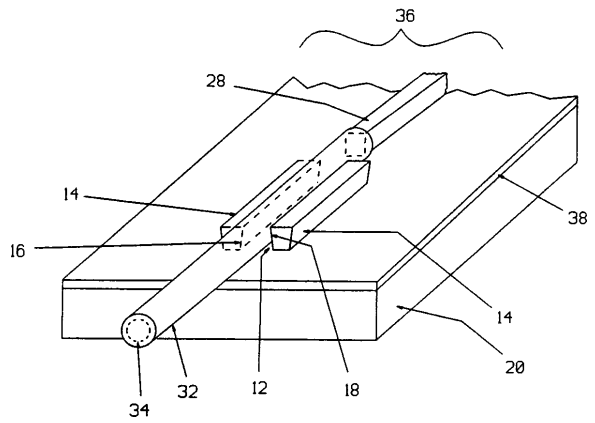
【図 3】

FIG. 3



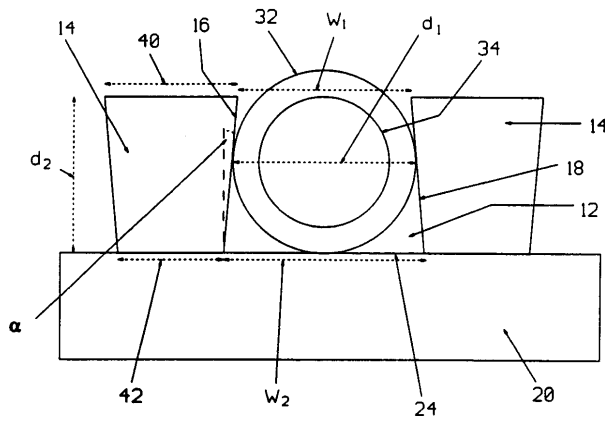
【図 4】

FIG. 4



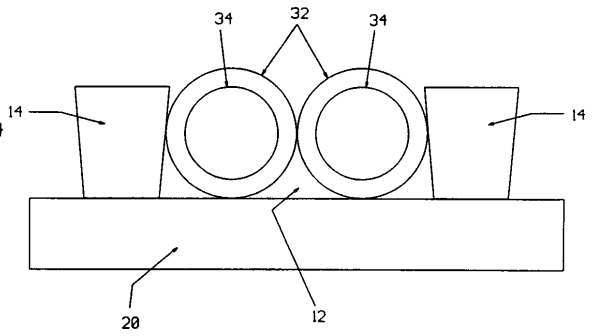
【 図 5 】

FIG. 5



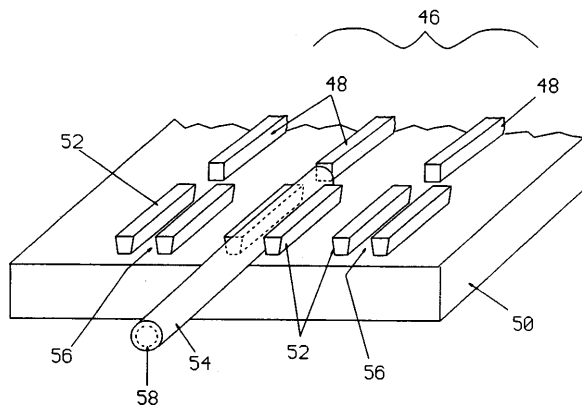
【 図 6 】

FIG. 6



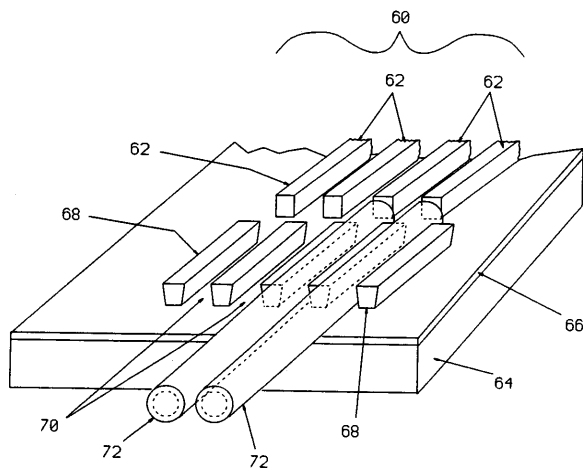
【 図 7 】

FIG. 7



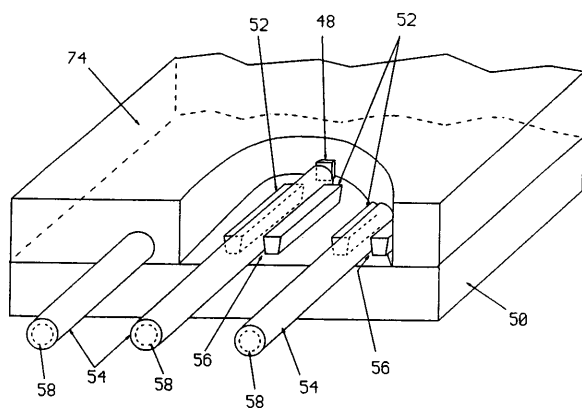
【 図 8 】

FIG. 8



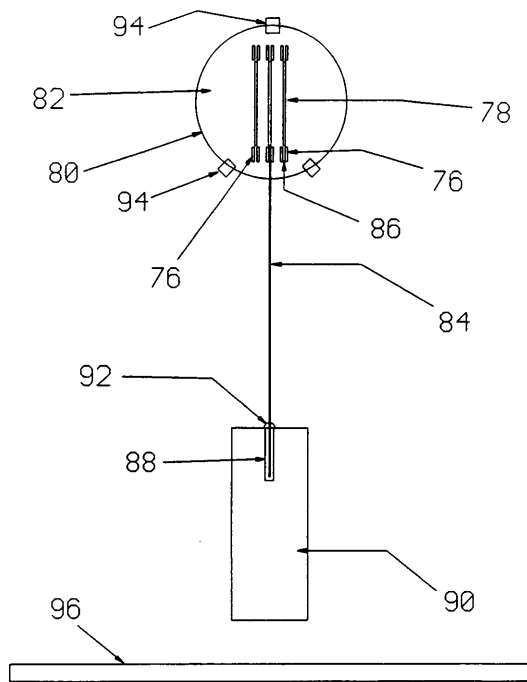
【圖 9】

FIG. 9



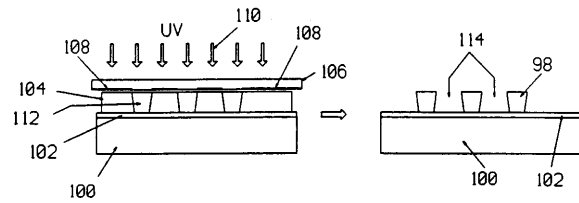
【図 10】

FIG. 10



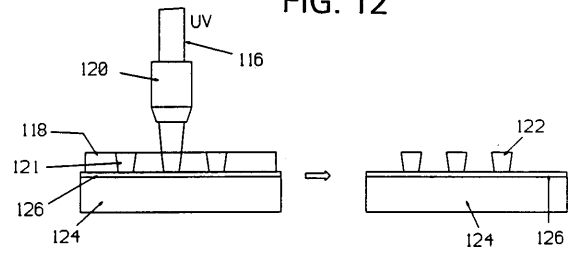
【図 11】

FIG. 11



【図 12】

FIG. 12



フロントページの続き

(74)代理人 100094008

弁理士 沖本 一暁

(72)発明者 マクファーランド, マイケル・ジェームズ

アメリカ合衆国ニュージャージー州07882, ワシントン, マスコントコング・リバー・ロード
148

(72)発明者 ビーソン, カール・ウェイン

アメリカ合衆国ニュージャージー州08540, プリンストン, ドッズ・レーン 197

合議体

審判長 平井 良憲

審判官 向後 晋一

審判官 吉野 三寛

(56)参考文献 特開平51-144244(JP, A)

特開平54-105559(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B6/30