

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3774598号

(P3774598)

(45) 発行日 平成18年5月17日(2006.5.17)

(24) 登録日 平成18年2月24日(2006.2.24)

(51) Int. Cl.	F I
GO2B 6/13 (2006.01)	GO2B 6/12 M
GO2B 6/12 (2006.01)	GO2B 6/12 N
GO2B 6/122 (2006.01)	GO2B 6/12 B
HO1L 31/0232 (2006.01)	HO1L 31/02 C
HO1S 5/026 (2006.01)	HO1S 5/026

請求項の数 5 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平11-278129	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成11年9月30日(1999.9.30)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2001-100055(P2001-100055A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成13年4月13日(2001.4.13)	(73) 特許権者	000233169
審査請求日	平成16年6月3日(2004.6.3)		株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ
			東京都小平市上水本町5丁目2番1号
		(73) 特許権者	000004455
			日立化成工業株式会社
			東京都新宿区西新宿2丁目1番1号
		(74) 代理人	100075096
			弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポリマ導波路基板の製造方法およびポリマ導波路基板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ポリマ層から構成され又はポリマ層を主体に構成された光導波路を持つ第1の領域と前記光導波路を持たない第2の領域を同一基板上に有するポリマ導波路基板の製造方法であって、基板表面に光導波路を構成するための前記ポリマ層の面と基板との密着性または接着性を向上するための接着層を前記第1の領域には設け、前記第2の領域には設けず、前記第1の領域に前記接着層を設けた後に、前記ポリマ層を基板全面に形成する工程を用いて光導波路を作製し、第1の領域と第2の領域との境界の前記ポリマ層を切断して、前記第2の領域の前記ポリマ層を前記基板から剥離・除去する工程を有し、前記導波路を構成する前記ポリマ層にフッ素化ポリイミドを用いたことを特徴とするポリマ導波路基板の製造方法。

10

【請求項2】

前記第2の領域に半導体素子を実装するための電極を有する前記ポリマ導波路基板の製造方法であって、接着層を形成する前に前記電極を前記基板上に作製することを特徴とする請求項1記載のポリマ導波路基板の製造方法。

【請求項3】

前記ポリマ層切断にダイシング装置を使用し、且つ前記ダイシング装置で形成する溝の底面が前記基板にまで達していることを特徴とする請求項1記載のポリマ導波路基板の製造方法。

【請求項4】

20

前記基板がシリコン基板、酸化シリコン膜を有するシリコン基板、ガラス基板、またはセラミック基板のいずれかであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかーに記載のポリマ導波路基板の製造方法。

【請求項5】

前記接着層がポリイミドシリコン樹脂、フッ素を含有しないポリイミド樹脂、有機アルミニウム化合物、有機ジルコニア化合物、有機チタン化合物のいずれかーであるか、またはその組み合わせから成ることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかーに記載のポリマ導波路基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は光導波路基板の製造方法等に関し、特に光通信用光モジュールで用いるポリマ光導波路基板の製造方法等に係る。

【0002】

【従来の技術】

近年、通信用光部品の高機能化・小型化・低コスト化を目的に石英光導波路を用いた光部品が検討されており、光スプリッタやアレイ回折格子型波長合分波器などが既に実用化されている。更に、石英導波路基板に半導体レーザや受光素子などの半導体光素子をハイブリッド実装することによって小型・低コストな光送受信モジュールが実現されている。一方、導波路を構成する材料としては石英の他にポリマも検討されている。ポリマ導波路はスピンドット法によって成膜できるので、石英導波路に比べて生産性が高く、低コストで導波路基板を作製できる。従って、ポリマ導波路基板に半導体光素子をハイブリッド実装することによってより低コストで光モジュールを実現できる。ポリマ導波路に半導体レーザや受光素子を搭載した例としては、電子情報通信学会技術研究報告EMD99-24, pp.7-12(1999年8月)などが挙げられる。ここでは以下の作製プロセスでポリマ導波路基板および光モジュールが作製されている。(1)酸化膜付きのシリコン基板に電極を形成し、その上にポリマ導波路をスピンドット法により作製する。(2)酸素ガスを用いたドライエッチングを用いて素子搭載部のポリマ導波路を基板から完全に除去して電極を露出させる。(3)電極上に半導体レーザや受光素子を半田を用いて実装する。

20

【0003】

30

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記作製プロセスの(2)の工程でドライエッチングによりポリマ層を除去する際には以下の課題があることを新たに見出した。まず、除去するポリマ層は20乃至30 μm と極めて厚いためにエッチング時間は少なくとも1時間以上になり、量産性・コストの点で課題がある。またエッチングの際に使用するマスクには高い選択比が要求されると同時にエッチング後に露出する電極、酸化膜、ポリマのいずれにもダメージを与えない手法によって除去する必要があるためにマスク材料の選択が難しいという課題がある。また、このように深いエッチングを行うと、スパッタされたマスクやチャンバから発生する異物等によりエッチング面に荒れが発生し、露出する電極にも凸凹や異物が残って素子の半田接合に支障が発生するという問題もある。導波路を構成するポリマ層にフッ素化ポリイミドを用いた場合にも同様の課題がある。フッ素化ポリイミドは基板との密着性が極めて悪いために、従来はW098/37455号公報等に示されるように、基板全面に接着層を設け、その上の全面にフッ素化ポリイミドからなるポリマ層を形成し、その後、エッチングを用いて基板上の一部のポリマ層を除去して、素子搭載部等を露出していた。しかし、この製造方法では、上述の通り、ドライエッチングによりポリマ層を除去する際に露出面に異物が残る等の課題がある。本発明の目的は、新たに見出した上記問題点を改善することが可能な新たなポリマ導波路基板の製造方法等を提供することにある。

40

【0004】

【課題を解決するための手段】

上記課題は以下に示す方法を用いてポリマ導波路基板を作製することによって解決される

50

。

【0005】

- (1) 半導体素子を搭載する搭載部に電極を設ける。
- (2) ポリマ光導波路を残す導波路部のみにポリマ光導波路と基板との密着性を向上する接着層を設ける。
- (3) 基板全面にポリマ光導波路を作製する。
- (4) ダイシング装置により搭載部と導波路部の境界部のポリマ層を切断する。

【0006】

- (5) 搭載部の不要なポリマ層を剥離・除去して電極を露出する。

【0007】

基板としてはシリコン基板、酸化シリコン膜を有するシリコン基板、ガラス基板、セラミック基板を用いることができる。ポリマ導波路を構成するポリマ層として最下層がフッ素を含有するポリマを用いることで搭載部のポリマ層の剥離がより容易になる。フッ素を含有するポリマとしてはフッ素化ポリイミドが挙げられる。接着層としてはポリイミドシリコン樹脂、フッ素を含有しないポリイミド樹脂、有機アルミニウム化合物、有機ジルコニア化合物、有機チタン化合物のいずれかまたはその組み合わせを用いることができる。

【0008】

【発明の実施の形態】

一般にポリマ材料はシリコンや酸化シリコンなどとの接着性が悪いために、無機基板上にポリマ導波路を作製する際には、導波路と基板との間に何らかの接着層が設けられる。特にフッ素を含む光学用ポリマ（例えばフッ素化ポリイミド）は基板との密着性が極めて悪いために、これを改善する接着層が特に検討されている。接着層としては、特開平7-174930号公報には有機ジルコニア化合物を用いることで、W098/37455号公報にはフッ素を含まないポリイミドやポリイミドシリコン樹脂を用いることでそれぞれ実用上十分な接着強度が得られることが示されている。本発明では、このように接着層の有無によってポリマ（特にフッ素を含むポリマ）と基板との接着強度をコントロールできることに着眼した。

【0009】

以下、本発明の骨子についてまず説明する。図1は本発明に係るポリマ導波路基板に半導体光素子を搭載した光モジュールであり、図2は同モジュールで使用しているポリマ導波路基板の作製プロセスのうち特にウエハプロセスの部分を説明する図である。同ポリマ導波路基板は以下の製造プロセスで作製した。酸化シリコン膜2を設けたシリコン基板1に半導体素子を搭載するための電極3を設ける（図2（a））。次に、ポリマ導波路の下部クラッド層と基板との密着性を向上するための接着層4を導波路部にのみ設ける（または素子搭載部以外に接着層4を設けるか、または素子搭載部には接着層4を設けず、他の部分には接着層4を設ける。）（図2（b））。ワニス塗布・ベークして基板全面にポリマから成る下部クラッド層5、コア層6を設け、コア層6をエッチング等の手法で導波路パターンに加工する（図2（c））。再びワニス塗布・ベークして上部クラッド層7を設ける（図2（d））。ダイシング装置によって導波路部と搭載部の境界に溝8を作製し、境界部のポリマ層（下部クラッド層5、コア層6、上部クラッド層7）を切断する（図2（e））。搭載部は接着層が存在しないために容易に剥離して電極や酸化膜が露出する（図2（f））。ここで特に下部クラッド層5にフッ素の入った光学ポリマを使用すれば、基板との剥離は特に容易に起こる。一方、導波路部は接着層を有するためにポリマが基板から剥離すること無く長期に渡って実用上十分な接着強度を維持する。その後、ウエハを切断してチップに分割してポリマ導波路基板を完成する。作製した導波路基板の搭載部に半導体レーザや導波路型受光素子などの半導体光素子9をポリマ導波路と光結合するようにアライメントし、金錫半田などにより電極3に固定する。導波路端面に光ファイバを接着して光モジュールを完成する。接着層の例としては、ジルコニアやアルミニウム、チタン等を含むキレートやエステル溶液を塗布・ベークして得られる有機金属化合物、ポリイミドなどのフッ素を含有しないポリマ、ポリイミドシリコン樹脂などのシリコンを含有し密着性を向上したポリマ、あるいはそれらの組み合わせによる多層膜などが挙げられ

10

20

30

40

50

る。ダイシングによって境界部のポリマ層を切断する工程では、使用する砥石に含まれるダイヤモンドの粒系やボンド剤を適当に選択することによって導波路端面の凹凸を十分に小さく($<0.2\mu\text{m}$)することができ、従って半導体素子と導波路の光結合を散乱損失が小さく実現できる。また境界面のポリマ層を切断する方法としては、ダイシング以外にカタなどの方法も考えられる。また、ドライエッチングによって境界部のみをエッチングすることも考えられる。この場合、マスク材料の選択が難しいことやプロセス時間が長くなるといった課題は残るが、従来の方法と違って電極の直上をエッチングしないので、電極に異物が付着したり凸凹になって素子搭載に支障が出るという問題は無い。また、ダイシングを用いる場合には、導波路部と搭載部の境界線がウエハ上で直線状に並んでいる必要があるが、カタやドライエッチングを用いた場合には境界線が曲がっていたり途切れていても作製できるという利点がある。以下に各実施例に対して具体的に述べる。

10

【0010】

本発明による光送信モジュール(図1)の具体的実施の方法を述べる。熱酸化膜2(厚さ $1\mu\text{m}$)を設けたシリコン基板1上にTi/Au電極3を作製する。ワニス塗布ベークしてポリイミドシリコン樹脂からなる接着層4(厚さ $0.5\mu\text{m}$)を基板全面に設ける。次に酸素の反応性イオンエッチング(RIE)により素子搭載部の接着層を除去する。2種類のフッ素化ポリイミドのワニスを順次塗布・ベークして、下部クラッド層5(厚さ $5\mu\text{m}$)とコア層6(厚さ $6\mu\text{m}$)を設ける。次にコア層の不要部分をRIEにより除去してコア層を導波路形状(幅 $6\mu\text{m}$)に加工する。再びフッ素化ポリイミドワニスを塗布・ベークして上部クラッド層7(厚さ $15\mu\text{m}$)を設ける。ここでクラッド層とコア層の屈折率差は 0.6% となるようにフッ素化ポリイミド材料を選択した。次に、ダイシング装置を用いて導波路領域と搭載領域の境界をシリコン基板の途中まで切断、溝入れした。ここでダイシングに用いた砥石の幅は $20\mu\text{m}$ であり、シリコン基板に約 $100\mu\text{m}$ の深さで溝入れを行った。フッ素化ポリイミドは基板との密着性が極めて悪く、膜に残留する伸張応力も極めて大きいため、接着層の無い搭載部のポリマ層はダイシング直後に酸化シリコン膜や電極から自然に剥離し、清浄な電極と酸化シリコン膜が現れた。一方、接着層を有する導波路部のポリマ光導波路は基板と十分な密着性を持ち剥離しなかった。次に半導体レーザー9を光導波路に高効率で光結合するようにアライメントし、電極3にAuSn半田を用いて接合した。また反対の導波路端面に光ファイバを調芯し接着固定した。半導体レーザーに 20mA の電流を流したところ、ファイバ端で光出力 0.5mW が得られた。ここでは、接着層としてポリイミドシリコン樹脂

20

30

【0011】

次に、本発明による光受信モジュール(図3)の具体的実施の方法を説明する。熱酸化シリコン膜($2\mu\text{m}$)2を設けたシリコン基板1上にTi/Au電極3を作製する。次に、アルミニウムを含むキレート溶液を塗布・ベークすることにより、有機アルミニウム化合物(厚さ 200\AA)を形成する。さらにフッ素を含まないポリイミドのワニスを塗布ベークして、有機金属酸化物とポリイミドからなる接着層4(厚さ $0.5\mu\text{m}$)を設ける。次に、素子搭載部の接着層を酸素とフッ素系ガスを用いたRIEにより除去する。2種類のフッ素化ポリイミドのワニスを順次塗布・ベークして、下部クラッド層5(厚さ $5\mu\text{m}$)とコア層6(厚さ $6\mu\text{m}$)を設ける。次にコア層6の不要部分をRIEにより除去して幅 $6\mu\text{m}$ の導波路形状に加工する。再びフッ素化ポリイミドワニスを塗布・ベークして上部クラッド層7(厚さ $15\mu\text{m}$)を設ける。ここでクラッド層とコア層の屈折率差は 0.6% となるようにフッ素化ポリイミド材料を選択した。ダイシングソーを用いて、導波路領域と搭載領域の境界をシリコン基板の途中まで切断して溝8を形成した。ここでダイシングに用いた砥石の幅は $40\mu\text{m}$ で

40

50

あり、シリコン基板に約100 μ mの深さまで溝入れを行った。フッ素化ポリイミドは基板との密着性が極めて悪く膜に残留する伸張応力も極めて大きいため、接着層のない搭載部のポリマ層はダイシング直後に酸化シリコン膜や電極から自然に剥離して、清浄な電極と酸化シリコン膜が現れた。一方、接着層を有する導波路部のポリマ光導波路は基板と十分な密着性を持ち全く剥離しなかった。次に、導波路型受光素子9とプリアンプIC10をそれぞれの電極に半田で実装してワイヤボンディング11にて両者を接続した。また反対の導波路端面には光ファイバを接着し、パッケージに収納した。作製した光モジュールは150Mbit/sで-36dBmの受信感度を持ち正常に動作した。このように搭載部に実装する半導体素子は、光素子ではなく半導体集積回路(IC)であっても良い。また、本実施例は接着層としてアルミニウムキレートをベークして得られる有機アルミニウム化合物とフッ素を含まないポリイミドの2層膜の組み合わせについて特に説明したが、有機チタン化合物や有機ジルコニウム化合物などその他の有機金属化合物を用いても同様に実施できる。

10

【0012】

また、上記2つの実施例は、単純な直線導波路を持つポリマ光導波路基板について特に説明したが、直線導波路に代わってY分岐、スプリッタ、方向性結合器、波長合分波器などのポリマ光導波路回路を有するポリマ導波路基板に対しても同様に実施可能である。また、搭載する半導体光素子も半導体レーザ、受光素子、半導体光アンプ、半導体光変調器などの内いずれかまたは複数の組合せでにすることで、光送受信モジュール、波長多重送信モジュール、波長多重受信モジュール、光スイッチなどのさまざまな機能を有するモジュールを本発明により実施可能である。基板としては酸化シリコン膜を有するシリコン基板について特に説明したが、酸化膜の無いシリコン基板、ガラス基板、セラミック基板など有機膜との接着性が悪い無機材料を表面層とする基板全てに対して同様に実施可能なことはいうまでもない。また、ポリマ導波路が埋込型の構造を持つ場合について特に説明したが、リッジ型やその他の構造の場合についても同様に実施可能である。

20

【0013】

【発明の効果】

本発明によって、量産性に優れたポリマ導波路基板の製造方法を提供することが可能となり、一層の低コスト化が達成できる。特に、本発明によれば、ポリマ層をドライエッチングにより除去する必要がなく、また、ポリマ層にフッ素化ポリイミドを用いたため、接着層の無い搭載部のポリマ層は、基板との密着性が極めて悪く、膜に残留する伸張応力も極めて大きいため、切断後に酸化シリコン膜や電極から自然に剥離し、清浄な素子搭載部が得られるという格別の効果を奏する。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るポリマ光導波路基板を用いた光モジュールの斜視図。

【図2】本発明に係るポリマ光導波路基板の製造方法を説明する図。

【図3】本発明に係るポリマ光導波路基板を用いたその他の光モジュールの斜視図。

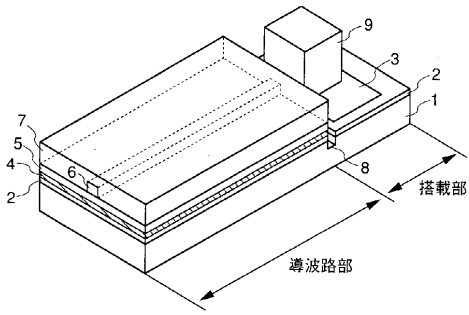
【符号の説明】

1...シリコン基板、2...酸化シリコン膜、3...電極、4...接着層、5...下部クラッド層、6...コア層、7...上部クラッド層、8...ダイシング溝、9...半導体光素子、10...半導体集積回路、11...ワイヤボンディング。

40

【 図 1 】

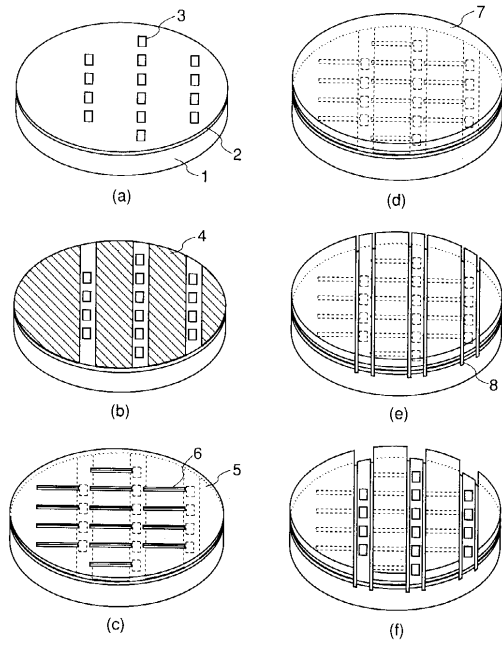
図 1



- 1: シリコン基板
- 2: 酸化シリコン膜
- 3: 電極
- 4: 接層層
- 5: 下部クラッド層
- 6: コア層
- 7: 上部クラッド層
- 8: ダイシング溝
- 9: 半導体光素子

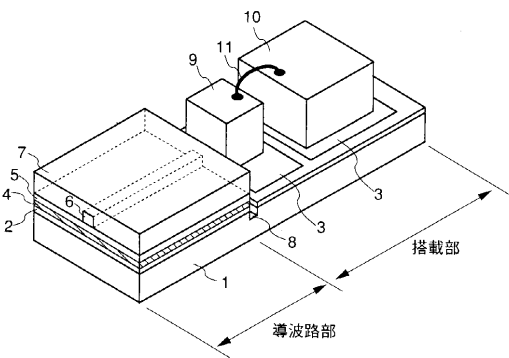
【 図 2 】

図 2



【 図 3 】

図 3



- 10: 半導体集積回路
- 11: ワイヤボンド

フロントページの続き

- (72)発明者 井戸 立身
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
- (72)発明者 長良 高光
東京都小平市上水本町5丁目22番1号 ムズ内 株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ
- (72)発明者 木村 忠広
東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 日立化成工業株式会社内
- (72)発明者 高橋 亨
東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 日立化成工業株式会社内

審査官 柏崎 康司

- (56)参考文献 国際公開第98/037445(WO, A1)
国際公開第98/011460(WO, A1)
特開平10-197754(JP, A)
国際公開第98/037445(WO, A1)
国際公開第98/011460(WO, A1)
特開平10-197754(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12
G02B 6/13
H01L 31/00-31/12
H01S 5/00-5/50