

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4168910号
(P4168910)

(45) 発行日 平成20年10月22日(2008.10.22)

(24) 登録日 平成20年8月15日(2008.8.15)

(51) Int. Cl. F I
GO2B 6/122 (2006.01) GO2B 6/12 A
GO2B 6/13 (2006.01) GO2B 6/12 M

請求項の数 7 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-374026 (P2003-374026) (22) 出願日 平成15年11月4日(2003.11.4) (65) 公開番号 特開2005-140815 (P2005-140815A) (43) 公開日 平成17年6月2日(2005.6.2) 審査請求日 平成18年10月13日(2006.10.13)</p>	<p>(73) 特許権者 000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号 (74) 代理人 100083987 弁理士 山内 梅雄 (72) 発明者 高橋 森生 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 審査官 和田 将彦</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路および光導波路の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、

前記基板と一体に、または前記基板の上に形成された下クラッド層と、

前記下クラッド層の上に、この下クラッド層と同等の屈折率を有し、溶融温度が高い第1のガラス層と、溶融温度がこの第1のガラス層よりも低い第2のガラス層とが任意の開始順序で合計複数組積層され、かつ1組ずつの厚さは前記下クラッド層に近いものほど薄くなるように形成された多層膜と、

アニール処理後の前記多層膜の最上層上に形成され、前記下クラッド層および前記多層膜よりも屈折率の大きいコアと、

前記コアの側部および上部を覆うように形成され、前記コアよりも屈折率が小さく、かつ前記下クラッド層と同等の屈折率を有する上クラッド層とを備え、

前記第1のガラス層は前記アニール処理による加熱状態で膜形状を保持し加熱後の冷却時に面方向に働く引っ張り応力が生じる一方、前記第2のガラス層は前記アニール処理による加熱で溶融してその膜形状を変形させることを特徴とする光導波路。

【請求項2】

前記第1のガラス層と第2のガラス層は応力特性が異なることを特徴とする請求項1記載の光導波路。

【請求項3】

前記第 1 のガラス層の厚さは、前記多層膜に前記第 1 のガラス層と前記第 2 のガラス層が 1 層ずつ存在するときの多層膜が形状を保持する上限値に達しない前記第 1 のガラス層についての所定の膜厚を、前記第 1 のガラス層と第 2 のガラス層の繰り返しの回数で分割した値としての膜厚となっていることを特徴とする請求項 2 記載の光導波路。

【請求項 4】

前記下クラッド層は B (ボロン)、P (リン)、SG (シリカガラス: SiO_2) の混合物により構成されており、前記第 1 のガラス層はノンドープ SiO_2 または P (リン)、SG (シリカガラス: SiO_2) の混合物により構成されており、前記第 2 のガラス層は B (ボロン)、SG (シリカガラス: SiO_2) の混合物または前記 B (ボロン)、P (リン)、SG (シリカガラス: SiO_2) の混合物により構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

10

【請求項 5】

前記第 1 のガラス層と前記第 2 のガラス層の厚さの比が 1 対 3 から 1 対 20 の間であることを特徴とする請求項 2 記載の光導波路。

【請求項 6】

前記第 1 のガラス層は、無添加あるいはリンのみが添加されたシリカ系ガラス層であり、前記第 2 のガラス層は、ボロンまたはゲルマニウムが添加されたシリカ系ガラス層であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 7】

基板上にクラッドの下層部分として所定の層厚を有する下クラッド層を形成する下クラッド層形成ステップと、

20

この下クラッド層形成ステップで形成した下クラッド層の上に、下クラッド層と同等の屈折率を有し、熔融温度が高い第 1 のガラス層と熔融温度が低い第 2 のガラス層とが任意の開始順序で合計複数組積層され、かつ 1 組ずつの厚さは前記下クラッド層に近いものほど薄くなるようにして多層膜を形成する多層膜形成ステップと、

この多層膜形成ステップで形成された多層膜における前記第 1 のガラス層については、アニール処理による加熱時に膜形状を保持させたこの層の冷却時に面方向に働く引っ張り応力を生じさせる一方、前記第 2 のガラス層については、前記アニール処理による加熱時に溶解させてその膜形状を変形させるようにしたアニール処理ステップと、

このアニール処理後の多層膜の最上層の所定箇所に、前記下クラッド層および多層膜よりも屈折率の大きなコアを形成するコア形成ステップと、

30

このコア形成ステップで形成したコアの側部および上部を覆うように前記下クラッド層と同等の屈折率を有する上クラッド層を形成する上クラッド層形成ステップとを具備することを特徴とする光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はプレーナ光回路等のような光導波路および光導波路の製造方法に係わり、特に成膜によって光の伝送される領域としてのコアを形成する光導波路および光導波路の製造方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

インターネット等の各種通信の需要がますます増大している。通信ネットワークがこれに応じて拡大し、ノード構成が複雑化する傾向にある。これにより、各ノードで各種の高度な処理が要求されている。このような状況で、光信号を電気信号に変換することなく処理することのできる光スイッチング技術が注目を集めている。光を主体とした通信システムを実現するためには、集積化に適したプレーナ光回路 (PLC: Planar Lightwave Circuit) 技術が有望である。

【0003】

この集積化に適したプレーナ光回路技術では、光波長合分波器、分散補償器、光ファイ

50

バンプ用利得等化器、光スイッチ等の受動的な光導波路を幾つも通過させる構成となるのが通常である。したがって、光の伝播する距離が長くなり、これらの受動デバイスの低損失化が必要不可欠となる。しかしながら、プレーナ光回路を用いた光導波路は、光ファイバと比較すると伝搬損失が非常に大きいのが現状である。このため、これらの光導波路を幾つも直列に接続して使用するには伝搬損失で大きな問題が生じる。

【0004】

図6は、従来のプレーナ光回路を用いた光導波路の要部を示したものである。基板11上には所定の厚さでクラッドの下半分を構成する下クラッド12が形成されている。この下クラッド12の上には、コア13が形成され、上クラッド14がこのコア13の周囲を覆うように形成されている。

10

【0005】

このような光導波路では、基板11の表面が十分な平滑度を有していても、下クラッド13をある程度の厚さで形成すると、その表面は平坦ではなく、微小な凹凸が存在する状態となる。そこで、この下クラッド12の上にコア13を形成すると、これらの境界部分でミー散乱(Mie scattering)を発生させる。ミー散乱は、この凹凸のように波長に比べて無視できないようなミクロンサイズの物体表面についての光の散乱をいう。下クラッド12とコア13の境界部分におけるこの散乱損失は、伝搬損失の大きな要因となる。そこで、従来では下クラッド12の表面を光学研磨して平滑面に仕上げ、この研磨工程の後にコア14を形成している。

【0006】

しかしながら光学研磨を行うと光導波路の製造効率が低下して量産性に劣るようになるだけでなく、光学研磨による表面粗さがそれぞれの光導波路で均一となるように製品管理を行うことが必要となり、管理業務が困難になる。そこで、クラッドとコアの境界に平滑化層を形成して、光の散乱を防止するようにした技術が第1の提案として提案されている(たとえば特許文献1参照)。

20

【0007】

図7は、この第1の提案による光導波路の断面構造の要部を表わしたものである。この光導波路のクラッドとしてのガラス基板21は屈折率が n_1 であり、その表面に微小な凹凸22が存在している。ガラス基板21を乾燥させた後に焼成炉に入れて、所定の温度でゾルゲルガラス材料を焼成して硬化させ、これにより表面が平滑でガラス基板21と一体となった平滑化層23を形成する。平滑化層23の屈折率 n_2 は屈折率 n_1 とほぼ等しい。この平滑化層23の表面に、スパッタ法でコーニングガラス7059(商品名)を成膜して、屈折率 n_1 および屈折率 n_2 よりも大きな屈折率 n_3 のコア24を形成するようにしている。

30

【0008】

【特許文献1】特開平6-235837号公報(第0017、第0018段落、図4A)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

この図7に示した光導波路では、ガラス基板21の表面の微小な凹凸22の中にゾルゲルガラス材料をスピコート法等で入り込ませることで表面を平滑化している。しかしながら、このような手法の光導波路では偏光依存性が大きいという問題があった。

40

【0010】

そこで本発明の目的は、クラッドとコアの境界で光の散乱を防止し、しかも偏光依存性を低減することのできる光導波路を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の光導波路は、(イ)基板と、(ロ)前記した基板と一体に、または前記した基板の上に形成された下クラッド層と、(ハ)前記した下クラッド層の上に、この下クラッド層と同等の屈折率を有し、溶融温度が高い第1のガラス層と、溶融温度がこの第1のガ

50

ラス層よりも低い第2のガラス層とが任意の開始順序で合計複数組積層され、かつ1組ずつの厚さは前記した下クラッド層に近いものほど薄くなるように形成された多層膜と、(ニ)アニール処理後の前記した多層膜の最上層上に形成され、前記した下クラッド層および前記した多層膜よりも屈折率の大きいコアと、(ホ)前記したコアの側部および上部を覆うように形成され、前記したコアよりも屈折率が小さく、かつ前記した下クラッド層と同等の屈折率を有する上クラッド層とを備え、(ヘ)前記した第1のガラス層は前記したアニール処理による加熱状態で膜形状を保持し加熱後の冷却時に面方向に働く引っ張り応力が生じる一方、前記した第2のガラス層は前記したアニール処理による加熱で溶融してその膜形状を変形させることを特徴としている。

【0013】

また、本発明では、(イ)基板上にクラッドの下層部分として所定の層厚を有する下クラッド層を形成する下クラッド層形成ステップと、(ロ)この下クラッド層形成ステップで形成した下クラッド層の上に、下クラッド層と同等の屈折率を有し、溶融温度が高い第1のガラス層と溶融温度が低い第2のガラス層とが任意の開始順序で合計複数組積層され、かつ1組ずつの厚さは前記した下クラッド層に近いものほど薄くなるようにして多層膜を形成する多層膜形成ステップと、(ハ)この多層膜形成ステップで形成された多層膜における前記した第1のガラス層については、アニール処理による加熱時に膜形状を保持させたこの層の冷却時に面方向に働く引っ張り応力を生じさせる一方、前記した第2のガラス層については、前記したアニール処理による加熱時に溶融させてその膜形状を変形させるようにしたアニール処理ステップと、(ニ)このアニール処理後の多層膜の最上層の所定箇所に、前記した下クラッド層および多層膜よりも屈折率の大きなコアを形成するコア形成ステップと、(ホ)このコア形成ステップで形成したコアの側部および上部を覆うように前記した下クラッド層と同等の屈折率を有する上クラッド層を形成する上クラッド層形成ステップとを光導波路の製造方法に具備させる。

【発明の効果】

【0015】

以上説明したように本発明によれば、下クラッドの上に溶融温度の異なる第1および第2のガラス層を交互に複数組形成することにしたので、層が多層となっても2種類の層材料を用意すればよく、多層膜の形成を簡易に行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下実施例につき本発明を詳細に説明する。

【0017】

図1は、本発明の第1の実施例における光導波路の要部を表わしたものである。この光導波路100は、基板101の上に下クラッド102を形成している。下クラッド102の表面は図示しないが微細な凹凸が存在している。下クラッド102の上には多層膜103が形成されており、その上の所定位置にはコア104が形成されている。このコア104の周囲および上部には、上クラッド105が形成されている。コア104の周辺の下クラッド102、多層膜103および上クラッド105により光導波路が形成される。

【0018】

図2は、この光導波路の多層膜の周辺を拡大して示したものである。多層膜103は、高温アニール処理に強い第1の膜111と、溶融温度の低い第2の膜112とを複数回交互に積層した構造となっている。本実施例では、第1の膜111と第2の膜112のペアが3組積層されている。第1の膜111は第2の膜112よりも薄い膜であり、かつ高温アニール処理に強い材料で構成されている。第2の膜112は溶融温度の低い材料で構成されている。ここでアニール処理とは一定温度に加熱して成形によるひずみを除去する処理をいう。本実施例では O_2 雰囲気中で約800 ~ 1100 程度で加熱処理を行った。

【0019】

本実施例では図1に示した基板101がSi(シリコン)で構成されており、その厚さ

10

20

30

40

50

は0.8mmである。基板101はSi以外の半導体あるいは石英ガラス等の絶縁体で構成されていてもよい。下クラッド102および上クラッド105は、BPSG、すなわちB(ボロン)、P(リン)、SG(シリカガラス: SiO₂)の混合物で構成されている。第1の膜111は、NSG(ノンドープSiO₂)あるいはPSGすなわちP(リン)、SG(シリカガラス: SiO₂)の混合物でPの濃度が低いもので構成されたシリカ系ガラス層であり、膜厚はたとえば0.15μmとなっている。第2の膜112は、BPSG、BSGあるいはGPSGすなわちGe(ゲルマニウム)、P(リン)、SG(シリカガラス: SiO₂)の混合物で構成されたシリカ系ガラス層である。第2の膜112の膜厚はたとえば0.5μmとなっている。また、第1の膜111および第2の膜112は、下クラッド102および上クラッド105とほぼ等しい屈折率を有しており、コア104 10
に比べるとその値が低くなっている。コア104はたとえば高さおよび幅がそれぞれ5.5μmの矩形の断面をしており、一例としてはGPSGで構成されている。コア104と下クラッド102および上クラッド105の比屈折率差は、たとえば0.65パーセントである。

【0020】

NSG等によって構成される第1の膜111は、高温アニール処理に強いので、加熱によっても溶融しにくくその膜形状を良好に保持する。これに対してBPSG等によって構成される第2の膜112は、高温アニール処理に弱いので、加熱によって溶融しやすく溶融状態でその膜形状を変形させやすい。また、同じ膜厚では第1の膜111には加熱後の冷却時に面方向に働く引っ張り応力が生じる。 20

【0021】

したがって、図2に示すように下クラッド102の上の微小な凹凸は、この形状によくなじむ第2の膜112と、膜形状の保持および冷却時の表面の緊張によって平坦化に寄与する第1の膜111の組み合わせによって、効果的に平坦化する。そして、これら第1および第2の膜111、112のペアを繰り返し積層することで、それぞれのペアで生じる表面平滑化の効果を積み上げることかできる。

【0022】

次にこの実施例の光導波路の製造方法を説明する。まず、厚さが0.8mmのシリコンの基板101上に、常圧化学気相成膜法(AP-CVD)により、石英を主成分とするガラス膜として、たとえばBPSGが14μmの厚さに成膜された下クラッド102が形成 30
される。

【0023】

この下クラッド102の上に、第1の膜111が0.15μmで成膜され、その上に第2の膜112が0.5μmで成膜される。以上の第1の膜111および第2の膜112の成膜プロセスが3回繰り返され、その後O₂雰囲気中で約800~1100程度で高温アニール処理が行われる。これにより、多層膜103の上面が平滑化される。

【0024】

このようにして形成された多層膜103の上に高さ5.5μmのコア層が形成される。そして、フォトリソグラフィおよび反応性イオンエッチング(RIE)によりコア104 40
が形成される。コアの幅は5.5μmである。次にコア104を埋め込むように、BPSGの上クラッド105がAP-CVDにより、たとえば15μmの膜厚に形成されて、たとえば埋め込み型の光導波路からなる光導波路100が形成される。

【0025】

図3は、以上説明した実施例と対比するために、参考として、第1の膜と第2の膜を1層ずつ用いた多層膜を下クラッドの上に形成した光導波路の要部を表わしたものである。この光導波路100Aの場合には、下クラッド102の上に配置する第2の膜112Aは1層だけなので、凹凸を効果的に吸収させるためにその膜厚をある程度厚くする必要が生じる。しかしながら、第2の膜112Aの厚さを厚くしても、下クラッド102と同様の特性の材料で構成されているため、それだけで表面の平滑化が達成できるものではない。そこで、第1の膜111Aについても、トータルの表面形状を保持するために厚くする必 50

要がある。ところが第1の膜111Aの厚さをある程度以上厚くすると、その面方向に働く引っ張り応力が大きくなりすぎて、光導波路100Aの冷却時に面が反ってしまうという現象が発生する。反りが生じるとコア104が下クラッド102の面方向に受ける応力と、これと垂直方向に受ける応力が異なってきて屈折率の異方性が発生する。これにより、光導波路に偏光依存性が生じ、光の伝搬損失が大きくなる等の問題が起こる。

【0026】

図2に示した本実施例の場合には、このような反りを発生させない上限値に達しない所定の膜厚を3分割して、それぞれ均等の厚さの第1の膜111としている。しかも2種類の膜111、112のペアが積層されて、平坦化の効果を順次増幅している。このため、図3に示した光導波路100Aよりも同一量の材料を使用するときには平坦化が良好になる。もちろん、第1の膜111Aの膜厚が光導波路100Aの反りを発生させない程度、あるいはそのデバイスにとって許容できる範囲のものになる厚さであれば、このような多層膜103Aを設けること自体は有効である。実施例の光導波路100と比較して層構造が単純な分だけ製造プロセスも簡単になる。

【0027】

<第1の変形例>

【0028】

図4は、本発明の第1の変形例における光導波路の要部を表わしたものである。この第1の変形例の光導波路100Bの場合には、下クラッド102の上に第2の膜112B₁を形成し、その上に第1の膜111B₁を形成している。そしてこの2種類の膜のペアの上に第2の膜112B₂と第1の膜111B₂のペアを形成し、更にその上に第2の膜112B₃と第1の膜111B₃のペアを形成している。ただし、中間のペアのそれぞれの膜厚は1番下のペアの膜厚の2倍であり、1番上のペアの膜厚は、1番下のペアの膜厚の3倍となっている。このように図で上側ほどそれぞれ膜厚が厚くなる多層膜100Bを形成すると、コア104および上クラッド105を形成する前にアニール処理を行った場合、図で下の層ほど加熱による平坦化の効果が大きいので、多層膜103Bの効果的な平坦化を行うことができる。

【0029】

<第2の変形例>

【0030】

図5は、本発明の第2の変形例における光導波路の要部を表わしたものである。この第2の変形例の光導波路100Cの場合には、下クラッド102の上に第1の膜111C₁を形成し、その上に第2の膜112C₁を形成している。そしてこの2種類の膜のペアの上に第1の膜111C₂と第2の膜112C₂のペアを形成し、更にその上に第1の膜111C₃と第2の膜112C₃のペアを形成している。このように膜の配列順序が今までのものと逆になっている。第1の膜111C₁の直下の下クラッド102は第2の膜112と同様に加熱によって熔融しやすいので、高温アニール処理後の冷却時に第1の膜111C₁の面方向の引っ張り応力が表面の平坦化に寄与することになる。

【0031】

このように第1の膜111と第2の膜112の配列の順序は、図1に示した実施例と逆の関係になっていてもよい。また、第1の膜111と第2の膜112は必ずしも対となって同数ずつ存在する必要はない。たとえば第2の変形例では下クラッド102と接して第1の膜111C₁を形成したが、この例で第2の膜112C₃の上に更に図示しない第1の膜111C₄を形成して、これによって更に平坦化された多層膜103Cの上にコア104が形成されるようにしてもよい。

【0032】

次に、第1の膜111の膜厚を変動させるとき、膜厚はどの程度の範囲で有効かについて考察する。第1の膜111の1層の厚さの上限は、すでに説明したように、アニール処理後の冷却によって基板101(図1)に偏光依存性を引き起こすような反りを発生させない程度のものである。第1の膜111の1層の厚さの下限は本実施例および変形例の場

10

20

30

40

50

合、 $0.01\ \mu\text{m}$ 程度となる。これ以下の場合にはアニール処理で膜の形状を保持することが困難であり、表面の平坦化に寄与しないからである。

【0033】

一方、第2の膜112の方は本実施例および変形例の場合に、1層について $0.1\ \mu\text{m}$ 以上の膜厚であることが好ましい。これ以下の膜厚では薄すぎて溶融による平坦化に寄与せず、また多層構造にしたときに層の数を多くしなければ平坦化の効果を出しにくく、製造を非効率とってしまうからである。

【0034】

次に本実施例および変形例では第1の膜111よりも第2の膜112の方を厚くしたが、両者の厚さの好ましい範囲について考察する。NSGまたはPSGにより構成される第1の膜111の厚さと、BSGまたはBPSGにより構成される第2の膜112の厚さの比は、実験によれば1対3から1対20の範囲に存在することが好ましいことが分かった。1対3以下では応力緩和の点から好ましくなく、1対20よりも比率が大きくなると膜形状の維持上で好ましくない。

10

【0035】

なお、以上説明した実施例および変形例では基板101上に下クラッド102を形成し、その上に多層膜103(103B、103C)を形成したが、基板101そのものが下クラッド102を形成する構成であってもよい。また、実施例および変形例では第1の膜111(111B、111C)と第2の膜112(112B、112C)のペアを3組積層する構成としたが、層の数はこれらに限定されるものでないことは当然である。

20

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】本発明の第1の実施の形態における光導波路の要部を表わした断面図である。

【図2】第1の実施例における多層膜の周辺を拡大して示した要部断面図である。

【図3】第1の膜と第2の膜を1層ずつ用いた多層膜を下クラッドの上に形成した光導波路の要部断面図である。

【図4】本発明の第1の変形例における光導波路の要部断面図である。

【図5】本発明の第2の変形例における光導波路の要部断面図である。

【図6】従来のプレーナ光回路を用いた光導波路の要部を示す断面図である。

【図7】第1の提案による光導波路の断面構造の要部を表わした断面図である。

30

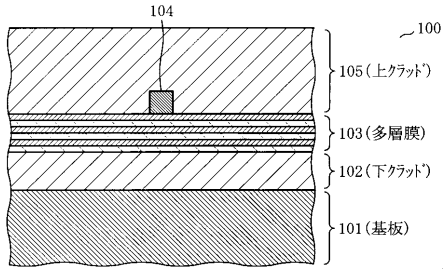
【符号の説明】

【0037】

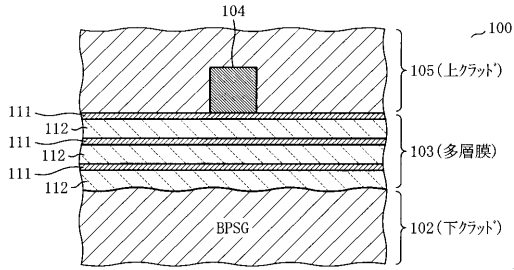
- 100 光導波路
- 101 基板
- 102 下クラッド
- 103 多層膜
- 104 コア
- 105 上クラッド
- 111 第1の膜
- 112 第2の膜

40

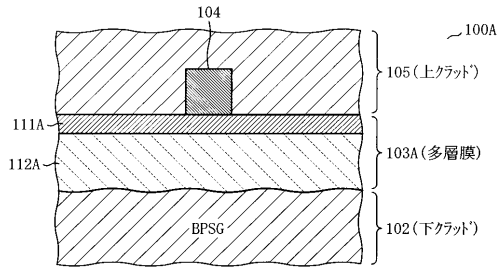
【図1】



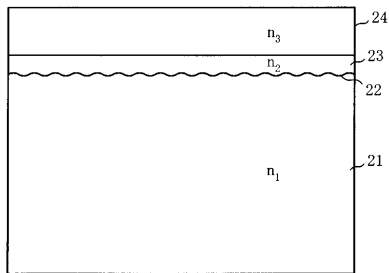
【図2】



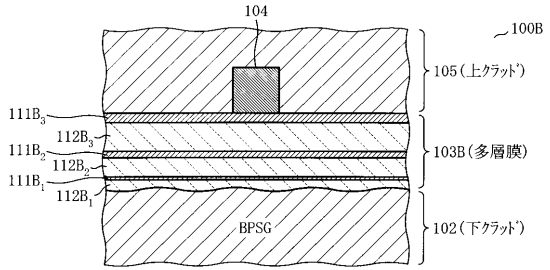
【図3】



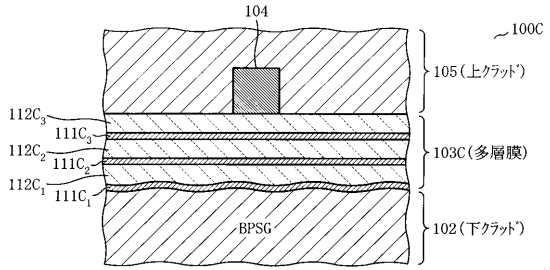
【図7】



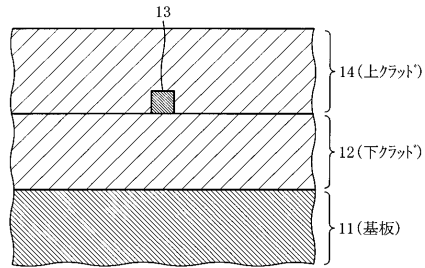
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-051143(JP,A)
特開平06-235837(JP,A)
特開平05-157925(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/122
G02B 6/13