

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3893303号
(P3893303)

(45) 発行日 平成19年3月14日(2007.3.14)

(24) 登録日 平成18年12月15日(2006.12.15)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/60 (2006.01)

H O 1 L 21/60 3 1 1 S

G O 3 F 7/038 (2006.01)

G O 3 F 7/038 5 O 1

H O 1 L 23/12 (2006.01)

H O 1 L 23/12 F

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-94632 (P2002-94632)
 (22) 出願日 平成14年3月29日(2002.3.29)
 (65) 公開番号 特開2003-297876 (P2003-297876A)
 (43) 公開日 平成15年10月17日(2003.10.17)
 審査請求日 平成16年12月7日(2004.12.7)

(73) 特許権者 000002141
 住友ベークライト株式会社
 東京都品川区東品川2丁目5番8号
 (74) 代理人 100110928
 弁理士 遠水 進治
 (74) 代理人 100127074
 弁理士 佐藤 浩司
 (72) 発明者 川口 均
 東京都品川区東品川2丁目5番8号 住友
 ベークライト株式会社内
 (72) 発明者 高橋 豊誠
 東京都品川区東品川2丁目5番8号 住友
 ベークライト株式会社内

審査官 池淵 立

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体パッケージの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体・MEMS素子の機能面をサブストレートに正対するように搭載し、サブストレートと半導体・MEMS素子とを電氣的に接合させてなる半導体またはMEMSパッケージにおいて、半導体素子機能面とサブストレートとの間に空間部を設けるために、サブストレート上に感光性絶縁樹脂を配置し、該空間部をフォトリソグラフィーの手法により形成するとともに、前記感光性絶縁樹脂が、キャリアフィルム付きのドライフィルムとして供給され、サブストレートにラミネートされた後、キャリアフィルムが付いた状態で、露光前に加熱処理をすることを特徴とする半導体またはMEMSパッケージの製造方法。

【請求項2】

前記感光性絶縁樹脂の厚みが、半導体・MEMS素子とサブストレートとを接続するためのバンプの高さに対し100～130%である請求項1記載の半導体またはMEMSパッケージの製造方法。

【請求項3】

前記感光性絶縁樹脂が、フォトリソグラフィーの手法により前記空間部を形成した後も接着性を有し、感光性絶縁樹脂が所定の位置に配置されたサブストレートに半導体素子を搭載することにより半導体素子と感光性絶縁樹脂とが密着し、その後、熱硬化することにより半導体素子の一部と感光性絶縁樹脂とが強固に接着され、半導体素子とサブストレートとの間に気密化された空間を形成する請求項1又は2記載の半導体またはMEMSパッケージの製造方法。

10

20

【請求項 4】

前記加熱処理において、感光性絶縁樹脂の溶融粘度が $5 \sim 500 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ になる温度で加熱処理する請求項 1 記載の半導体または MEMS パッケージの製造方法。

【請求項 5】

前記加熱処理が、キャリアフィルムよりもサブストレートの熱膨張係数のほうが大きい場合には、サブストレート・感光性絶縁樹脂・キャリアフィルムの構成で実施され、サブストレートの熱膨張係数がキャリアフィルムの熱膨張係数以下である場合には、キャリアフィルムより熱膨張係数の大きな材質からなり、サブストレートより面積の大きな板をサブストレートの感光性絶縁樹脂ラミネート面と逆の面に配置し、この板ごと感光性絶縁樹脂をラミネートしたのち実施されることにより、感光性絶縁樹脂表面の凹凸を平坦化させる請求項 4 記載の半導体または MEMS パッケージの製造方法。

10

【請求項 6】

前記感光性絶縁樹脂が下記の (イ)、(ロ)、及び (ハ) を含む樹脂組成物からなる請求項 1 ~ 5 いずれか記載の半導体または MEMS パッケージの製造方法。

(イ) 少なくとも 2 個のエポキシ基を持つエポキシ樹脂

(ロ) 少なくとも 1 個のアクリロイル基又はメタクリロイル基を有するフェノールノボラック

(ハ) 光官能基を有する多官能モノマー及び/または光官能基と熱官能基とを有する多官能モノマーからなる希釈剤

【請求項 7】

20

前記感光性絶縁樹脂が下記の (イ)、(ロ)、(ハ)、(ニ)、及び (ホ) を必須成分とする樹脂組成物からなる請求項 1 ~ 5 いずれか記載の半導体または MEMS パッケージの製造方法。

(イ) 少なくとも 2 個のエポキシ基を持つエポキシ樹脂

(ロ) 少なくとも 1 個のアクリロイル基又はメタクリロイル基を有するフェノールノボラック

(ハ) 光官能基を有する多官能モノマー及び/または光官能基と熱官能基とを有する多官能モノマーからなる希釈剤

(ニ) 光重合開始剤

(ホ) 無機フィラー

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、本発明は半導体・MEMS (マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム) パッケージに気密化されたキャピティ構造を提供するものである。

【0002】

【従来の技術】

最近の携帯電話や携帯型パソコンなど情報通信機器の最小化・高集積化に伴い、その内部の実装部品も、従来のリードフレームパッケージから、BGA (Ball Grid Array)、CSP (Chip Size Package) といった新型高密度半導体パッケージへ移行しつつある。また、パッケージ化される素子も、その機能面に MEMS (マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム) 手法を用いてセンサー等を形成したり、固体を伝わる波としては、その表面を伝わる表面波を利用して周波数選択機能素子として使用するケースがあるが、このようなケースでは、機能面上に空間が必要なため、図 1 に示したように外装にセラミックパッケージを使用し、素子とセラミックパッケージ間をワイヤで結ぶワイヤボンディング方式を採用したうえ、機能面保護のために大型のケーシングを取り付ける必要がある。このため、パッケージ化した場合のサイズを縮小に限界があり、新たなパッケージング手法が待ち望まれていた。

40

【0003】

これを解決するための手法として、図 1 に示したような素子をサブストレートにフリップ

50

チップ実装する方式が提案されているしかし、ケーシングが必要である以上、他の素子が素子のサイズに限りなく近いサイズでパッケージ化されているのと比較すれば、小型化という観点からすれば、まだまだ不十分な状態である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的とするところは、素子が必要とする、素子上の空間を、素子をフリップチップ実装する際に用いる接続バンプの高さにより素子とサブストレートの間に発生する空間を利用して、より小さなパッケージ構造を製造するためのプロセス及び材料を提供するものである。

【0005】

10

【問題を解決するための手段】

本発明者らは、キャリアフィルム付きの感光性絶縁樹脂ドライフィルムを、サブストレート上にバンプの高さの100～130%の厚みとなるようラミネートし、露光現像することにより、素子搭載部に必要とされるくぼみを設け、かつ感光性樹脂が露光現像後の接着性を付与されていれば、素子をサブストレートにフリップチップ方式で搭載する際に感光性樹脂が素子に密着、その後加熱工程を経て両者が強固に接着することにより、素子機能面上に気密化された空間を効率よく形成可能となり、パッケージを小型化することが可能である事を見出し、本発明を完成するに至った。

【0006】

すなわち、本発明は、サブストレート上の配線回路のソルダーレジスト層を兼用する露光現像後も接着性を有する感光性絶縁樹脂フィルムと、これをその表面が平坦になるようサブストレート上に貼り付けるプロセスと、これを露光現像することにより素子をサブストレートにフリップチップ方式で搭載する際に素子機能面上に十分な空間を提供するプロセスと、露光現像された部位の周辺の感光性絶縁樹脂を素子に密着、熱硬化させることにより強固に接着し素子機能面上に設けられた空間を気密化するプロセスからなる。

20

【0007】

また、前記感光性絶縁樹脂フィルムが、好ましくは下記の(イ)、(ロ)、(ハ)、(ニ)、及び(ホ)を必須成分とする感光性絶縁樹脂組成物からなることを特徴とする。

(イ) 少なくとも2個のエポキシ基を持つエポキシ樹脂、

(ロ) 少なくとも1個のアクリロイル基又はメタクリロイル基を有するフェノールノボラック、

30

(ハ) 光官能基を有する多官能モノマー及び/または光官能基と熱官能基を有する多官能モノマーからなる希釈剤、

(ニ) 光重合開始剤、

(ホ) 無機フィラー。

【0008】

【発明の実施の形態】

本発明では、まずサブストレート上にソルダーレジストを兼用する感光性絶縁樹脂層をドライフィルムの形状で供給するが、ラミネートにはいかなる形式のラミネーターを用いてもよく、サブストレート上に形成された回路からなる凹凸への追従性を高めるためには、真空環境でラミネートすることが好ましい。このようにしてラミネートされた感光性絶縁樹脂は、サブストレート上の回路の凹凸をトレースするように凹凸している。しかし、このままでは後の工程で、素子機能面上に形成される空間を気密化する際の妨げになるため、感光性樹脂表面を平坦化する必要がある。

40

【0009】

そこで、サブストレートにラミネートされた感光性絶縁樹脂はキャリアフィルムが付いたままの状態加熱工程に投入される。本加熱工程では、樹脂の流動性を高めるとともにサブストレートとキャリアフィルムとの間の熱膨張係数の差により、キャリアフィルムにテンションを加え、感光性絶縁樹脂表面を平坦化させる。したがって、キャリアフィルムよりもサブストレートの熱膨張係数のほうが大きい場合は何の問題もなく平坦化が可能

50

であるが、サブストレートの熱膨張係数がキャリアフィルムの熱膨張係数以下である場合は、キャリアフィルムにテンションを加えることが出来ない。このような場合は、キャリアテープより熱膨張係数の大きな材質からなり、サブストレートより面積の大きな板をサブストレートの感光性絶縁樹脂ラミネート面と逆の面に配置し、この板ごと感光性絶縁樹脂をラミネートすることにより問題を回避することが可能である。

【0010】

上記、工程でキャリアフィルムに加えられたテンションで感光性絶縁樹脂表面が平坦化されるためには、この加熱条件は、感光性絶縁樹脂の熔融粘度が、 $5 \sim 500 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ になる温度が望ましい。熔融粘度が、 $500 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ を超えてしまう温度で加熱する場合、十分な樹脂流動が得られず、表面平滑性を実現できない場合がある。また、熔融粘度が、 $5 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 未満になる温度で加熱すると樹脂流動が大きすぎ、厚さにムラが生じたり、皺が発生したりする。極端な場合、絶縁樹脂の高分子量化が起こり、十分な現像性を得ることができなくなることもある。

10

【0011】

また、前記加熱処理において、ソルダーレジストの表面平滑性を実現するため感光性絶縁樹脂が流動する際に、キャリアフィルムの張力が維持できる温度で加熱する必要がある。そのため、加熱条件は、キャリアフィルムが十分に強度を保てる範囲でなければならない。より具体的には、キャリアフィルムのガラス転移温度より、 20 以上高い温度で加熱処理を施した場合は、キャリアフィルム自身の弾性率維持ができなくなり、そのために平滑な感光性絶縁樹脂表面を得ることができない。感光性絶縁樹脂のキャリアフィルムとしては、透明性の点から、ポリエチレンテレフタレートが、一般的であり、その場合、 100 以上での加熱処理を行うと、上記効果を得ることができなくなる。

20

【0012】

本発明に用いる感光性絶縁樹脂としては、キャリアフィルムが付いた状態でパターンニング前に加熱処理をすることが可能な感光性絶縁樹脂組成物から成るものであればなんら制約するところはないが、感光性絶縁樹脂の熔融粘度が、 $5 \sim 500 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ になる温度で加熱処理したとき、熱的に安定な状態を保つためには、下記の(イ)、(ロ)、(ハ)、(ニ)、及び(ホ)を必須成分とする感光性絶縁樹脂組成物から成ることが好ましい。

(イ) 少なくとも2個のエポキシ基を持つエポキシ樹脂

(ロ) 少なくとも1個のアクリロイル基又はメタクリロイル基を有するフェノールノボラック、

30

(ハ) 光官能基を有する多官能モノマー及び/または光官能基と熱官能基を有する多官能モノマーからなる希釈剤、

(ニ) 光重合開始剤、

(ホ) 無機フィラー。

【0013】

本発明に用いる少なくとも1個のアクリロイル基又はメタクリロイル基を有するフェノールノボラック(ロ)は、分子中に1個又は2個のフェノール性水酸基を有するフェノール化合物とホルムアルデヒドとを、酸性触媒下で縮合して得られる多官能フェノールが好ましく、グリシジル基を有するアクリレート又はメタクリレートとを反応させて得られる。

40

【0014】

光重合しアルカリ現像性に優れた、パターン精度の良いソルダーレジストを得るためには、フェノールノボラックのフェノール性水酸基1当量に対して、 $30 \sim 70\%$ グリシジル基を有するアクリレート又はメタクリレートを反応させることが適当である。 30% 未満では光重合が不十分になり、現像時の耐現像性が劣る。また、 70% を超えるとアルカリ可溶性を示すフェノール性水酸基が不足し、アルカリ現像が劣る。

【0015】

分子中に2個のフェノール性水酸基を有するフェノール化合物としては、ビスフェノールA型、ビスフェノールF型またはビスフェノールS型等が挙げられる。また、アルキルフェノールノボラックからのノボラックも使用することができるが、その場合のアルキル基

50

は炭素数が1～4程度が好ましく、例えばメチル基、エチル基、*n*-ブチル基、*sec*-ブチル基、*tert*-ブチル基、さらにはアリル基等であり、炭素数がそれ以上の場合は親油性が増しアルカリ現像性のために好ましくない。

グリシジル基を有するアクリレート又はメタクリレートは、例えば、グリシジルアクリレート、グリシジルメタクリレートが反応性、入手の容易さ等により好ましいものである。

【0016】

本発明に用いる希釈剤(ハ)は、光官能基及び熱官能基を有する多官能モノマーである光重合及び熱反応性モノマーからなり、1分子中に少なくとも1個の水酸基を有するアクリレート又はメタクリレート化合物が挙げられる。例えば、ヒドロキシエチルアクリレート、ヒドロキシエチルメタクリレート、ヒドロキシプロピルアクリレート、ヒドロキシプロピルメタクリレート、ヒドロキシブチルアクリレート、ヒドロキシブチルメタクリレート、ブタンジオールモノアクリレートグリセロールメタクリレート、フェノキシヒドロキシプロピルアクリレート、ポリエチレングリコールアクリレート、ポリエチレングリコールメタクリレート、又はグリセロールジメタクリレート等である。

【0017】

また、光官能基を有する光多官能モノマーである光重合モノマーからなる希釈剤も用いられるが、1分子中に2個以上のアクリロイル基又はメタクリロイル基を有する光多官能モノマーが好ましい。例えば、グリシジル基を有するグリシジルアクリレート、グリシジルメタクリレート等の光重合性モノマーである。これらの内、好ましいモノマーとしては、熱硬化後の耐薬品性等のためにカルボン酸やフェノール性水酸基と反応可能なグリシジルアクリレート、グリシジルメタクリレートである。

また、光官能基及び熱官能基を有する多官能モノマーと光官能基を有する光多官能モノマーとを併用することもできる。

【0018】

本発明に用いる光重合開始剤(ニ)としては、ベンゾフェノン、ベンゾイル安息香酸、4-フェニルベンゾフェノン、ヒドロキシベンゾフェノンなどのベンゾフェノン類、ベンゾイン、ベンゾインエチルエーテル、ベンゾインイソプロピルエーテル、ベンゾインブチルエーテル、ベンゾインイソブチルエーテルなどのベンゾインアルキルエーテル類、4-フェノキシジクロロアセトフェノン、4-*t*-ブチル-ジクロロアセトフェノン、4-*t*-ブチル-トリクロロアセトフェノン、ジエトキシアセトフェノンなどのアセトフェノン類、チオキサノン、2-クロルチオキサノン、2-メチルチオキサノン、2,4-ジメチルチオキサノンなどのチオキサノン類、エチルアントラキノン、ブチルアントラキノンなどのアルキルアントラキノン類などを挙げることができる。これらは単独、あるいは2種以上の混合物として用いられる。この光重合開始剤の添加量は、通常、本発明の感光性絶縁樹脂組成物中、0.1～10重量%の範囲で用いられる。

【0019】

その他、本発明に用いる感光性絶縁樹脂組成物には、必要に応じて、保存安定性のために紫外線防止剤、熱重合防止剤、可塑剤、硬化促進剤などが添加できる。また、粘度調整のためにアクリレートモノマー、メタクリレートモノマー、ビニルモノマーなどを添加してもよい。また、表面平坦性のためには、その他の配合剤の兼ね合いから、前記エポキシ樹脂と希釈剤(ハ)の使用量の範囲内で加熱処理時の熔融粘度が5～500P・sになるところに調整することが重要である。

【0020】

これらの成分からなる感光性絶縁樹脂組成物は、高解像度でアルカリ水溶液による現像性に優れる。特に、アルカリ水溶液に対する溶解性については、少なくとも1個以上のアクリロイル基又はメタクリロイル基を有するフェノールノボラック(ロ)の、フェノール性水酸基によるものである。これらの官能基が残存する光硬化物は、耐アルカリ性、耐薬品性、電気特性等の悪いレジストとなるが、本発明の感光性絶縁樹脂組成物は、光硬化と、現像後の熱硬化反応が主体の樹脂組成物であり、後熱処理により、エポキシ樹脂(イ)及び希釈剤(ハ)の有するグリシジル基が、フェノールノボラック(ロ)の有するフェノール

10

20

30

40

50

ル性水酸基と熱硬化反応し、要求諸特性に優れた主骨格を形成するものである。従って、耐熱性等に優れた硬化物となる。

【0021】

前述のように本発明に用いられる感光性絶縁樹脂は、光・熱2段階反応により硬化反応が終結し最終的な樹脂特性を発現するが、フォトリソグラフィーの手法により素子の機能面に対応する部位の感光性樹脂を除去した段階では、熱硬化成分が未反応であり、光硬化成分のガラス転移点以上まで加熱しつつ、被着物と貼り合わせ、その後熱硬化性成分の硬化温度まで加熱することにより被着物と強固に接着することが可能である。

【0022】

このため、素子がフリップチップ方式でサブストレートに搭載される際に、機能面上に空間を提供するためにフォトリソグラフィーの手法により除去された部位の周辺の感光性樹脂と素子が張り合わされ、その後、熱硬化工程に供されることにより強固に一体化する。また、この際、感光性絶縁樹脂は光硬化が完了しているため、十分な流動性を発現することが出来ず、感光性絶縁樹脂の表面に凹凸が存在する場合、凹部の感光性絶縁樹脂が素子と接触することが出来ず、機能面上に設けられた空間を気密化することが出来ない。しかし、本発明では前述の加熱工程により感光性絶縁樹脂表面が平坦化されているため、感光性絶縁樹脂が素子と正対している面全面に渡り、素子と接触することが可能となり、上記空間が完全気密化される。

【0023】

【実施例】

以下、本発明を実施例により更に詳しく説明するが、本発明はこれらに何ら限定されない。なお図2及び3に実施例の工程の概略図を示した。

【0024】

(合成例) メタクリロイル基含有フェノールノボラックの合成

フェノールノボラック(大日本インキ化学工業(株)製、フェノライトTD-2090-60M)の不揮発分70%MEK溶液600g(OH約4当量)を、2lのフラスコ中に投入し、これにトリブチルアミン1g、およびハイドロキノン0.2gを添加し、110℃に加熱した。その中へ、グリシジルメタクリレート284g(2モル)を30分間で滴下した後、110℃で5時間攪拌反応させることにより、不揮発分約80%メタクリロイル基含有フェノールノボラック(メタクリロイル基変性率50%)を得た。

【0025】

<実施例1>

合成例1のメタクリロイル基含有フェノールノボラック44g(0.1モル)に、エポキシ樹脂(日本化薬製NC-3000P)32.4gを混合し、光開始剤として、ベンジルジメチルケタール(チバ・ガイギー社製、イルガキュア651)3gと、2官能アクリレート(アクロスケミカルズ性Actilane422)8g、熱硬化促進剤として、トリフェニルフォスフィン0.2gを添加して、感光性絶縁樹脂組成物とした。

この感光性絶縁樹脂組成物を、キャリアフィルムとして厚さ25μmのポリエチレンテレフタレート(PET)フィルム上に塗布し、60℃で20分間乾燥して、樹脂層の厚さ65μmの感光性絶縁樹脂ドライフィルム(以下ドライフィルムと呼称)を得た。

【0026】

得られたドライフィルムをキャリアフィルムを付けたまま、回路銅箔の厚さが18μmで最も隣接した部位の回路間隔が35μm、最も狭い回路幅が35μmである回路が両面に形成されたFR-5グレードのガラスエポキシ基板により作成されたサブストレートの上に、ロール式真空ラミネーターによりラミネートした。次いで70℃で5分間の加熱処理を施し、樹脂層が流動し、表面が平滑となった。このとき、感光性絶縁樹脂の70℃での粘度は、210Pa・sであり、これにより、感光性絶縁樹脂表面の凹凸は最高点と最低点の差が1μm以下であった。その後、素子機能面に対応する部位及びパンプ接続用のランド部を遮光するように設計したネガフィルムをキャリアフィルム上に位置合わせして設置し、高圧水銀灯露光装置を用いて照射量200mJ/cm²で露光して樹脂層を硬化させ

10

20

30

40

50

て、キャリアフィルム剥離し、アルカリ水溶液による現像、高圧水銀灯露光装置を用いて照射量 $800 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ で再度露光した。ランド部は金メッキが施され、ランド部上の感光性樹脂厚みは $50 \mu\text{m}$ であった。

【0027】

つぎに、上記樹脂除去部及びパンプ接続用ランド部に対し位置合わせをして、サブストレーートを 80° に加熱しつつ素子をフリップチップ方式で接合搭載した。このとき用いられた素子は接続用パンプとして、金スタッドパンプが形成されており、ランド部との接合後のパンプ高さは $48 \mu\text{m}$ であった。このようにして素子を搭載されたサブストレーートは 180° で60分加熱されることにより感光性絶縁樹脂が完全硬化し、素子機能面上に気密化された空間を形成された。

10

【0028】

また、前述のサブストレーートの素子搭載面と逆の面には、スルーホールを介して接合用ランドと導通する回路及びそれにつながる半田ボール搭載用ランドが形成されており、ランド以外の部位はソルダーレジストにより被覆されている。このため、素子を搭載されたサブストレーートは、半田ボール搭載ランドに半田ボールを搭載された後、個片化され実働試験に供されたが、素子の機能上の問題点は何ら見出されなかった。

【0029】

【発明の効果】

フリップチップ方式で、機能面上部に空間が必要とされる半導体・MEMS素子をサブストレーートに搭載し、パッケージ化するにあたり、光反応後も接着性を有する感光性絶縁樹脂ドライフィルムを用いてソルダーレジストを兼用する平滑な樹脂層を形成、素子の機能のために必要な空間は、感光性絶縁樹脂をフォトリソグラフィ手法により除去して形成、除去した部位周辺の感光性絶縁樹脂が素子に対して接着性を示すため気密化された空間を素子機能面上に形成された構造のパッケージを効率よく得ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のワイヤーボンディング方式及びフリップチップ方式による半導体パッケージを示す概略図。

【図2】本発明の半導体パッケージの製造方法を示す概略図。

【図3】本発明の半導体パッケージの製造方法を示す概略図。

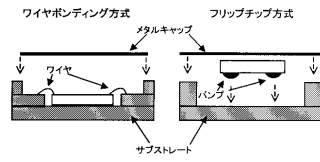
【符号の説明】

30

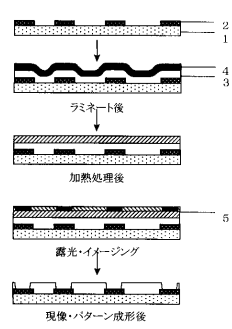
- 1 サブストレーート
- 2 回路
- 3 感光性絶縁樹脂層
- 4 キャリアフィルム
- 5 ネガフィルム
- 6 サブストレーート
- 7 回路
- 8 感光性絶縁樹脂層
- 9 ネガフィルム
- 10 半導体・MEMS素子
- 11 接続用パンプ

40

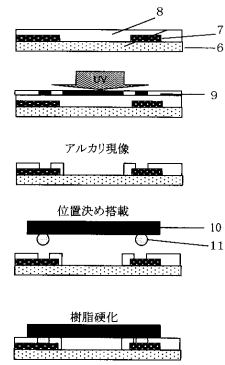
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 0 6 7 8 3 0 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 0 5 4 5 7 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 9 8 1 0 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/60
G03F 7/038