

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-146741

(P2014-146741A)

(43) 公開日 平成26年8月14日(2014.8.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 23/12 (2006.01)	HO 1 L 23/12 5 O 1 S	4 M 1 0 9
HO 1 L 23/28 (2006.01)	HO 1 L 23/12 F	5 F 0 6 1
HO 1 L 21/56 (2006.01)	HO 1 L 23/28 J	
	HO 1 L 21/56 R	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2013-15316 (P2013-15316)
 (22) 出願日 平成25年1月30日 (2013.1.30)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100113608
 弁理士 平川 明
 (74) 代理人 100105407
 弁理士 高田 大輔
 (72) 発明者 中村 誠
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
 Fターム(参考) 4M109 AA01 BA07 CA21 DA10
 5F061 AA01 BA07 CA21 CB12 CB13

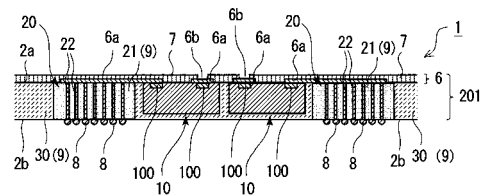
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法及び導電性構造体

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 微細な貫通ビアを所期の位置に精度良く形成することを可能とした半導体装置の製造方法及び導電性構造体を提供する。

【解決手段】 樹脂層9、樹脂層9内に埋め込まれた半導体チップ10、及び樹脂層9を厚さ方向に貫通する貫通電極22を備え、これらが同一面内に形成される半導体装置の製造方法であって、貫通電極22を形成する複数の電極用ピン及び各電極用ピンの基端を束ねる保持板部を含む剣山状の導電性構造体を、支持体に仮接着する仮接着工程と、固化後に樹脂層9の少なくとも一部を形成するモールド樹脂30を支持体上に供給し、仮接着された導電性構造体を被覆するモールド工程とを有し、仮接着工程において保持板部の背面又は各電極用ピンの先端面を仮接着する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

樹脂層、前記樹脂層内に埋め込まれた半導体チップ、及び前記樹脂層を厚さ方向に貫通する貫通電極を備え、これらが同一面内に形成される半導体装置の製造方法であって、前記貫通電極を形成する複数の電極用ピン及び各電極用ピンの基端を束ねる保持板部を含む剣山状の導電性構造体を、支持体に仮接着する仮接着工程と、固化後に前記樹脂層の少なくとも一部を形成するモールド樹脂を前記支持体上に供給し、仮接着された前記導電性構造体を被覆するモールド工程と、を有し、前記仮接着工程において、前記保持板部の背面又は各電極用ピンの先端面を仮接着する、半導体装置の製造方法。

10

【請求項 2】

前記電極用ピンは、前記保持板部に立設されて前記電極用ピンの骨格を形成する骨格部と、前記骨格部の表面を被覆する導体膜とを有する、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記モールド樹脂を固化する固化工程と、前記支持体から、前記導電性構造体を被覆した固化後の前記モールド樹脂を剥離する剥離工程と、固化後の前記モールド樹脂を研削することで、前記電極用ピンの両端を露出させると共に各電極用ピンを互いに独立させる研削工程と、前記研削工程によって得られたモールド貫通電極を、前記半導体チップと共に第 2 の支持体に仮接着する第 2 の仮接着工程と、前記第 2 の支持体に仮接着された前記モールド貫通電極と前記半導体チップとをモールド樹脂によって被覆する第 2 のモールド工程と、を更に有する、請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置の製造方法。

20

【請求項 4】

前記仮接着工程で前記電極用ピンの先端面を仮接着する場合、前記研削工程において、前記モールド樹脂における前記支持体からの剥離面と反対側の非剥離面側から研削して前記保持板部を除去することで前記電極用ピンの基端側を露出させ、前記仮接着工程で前記ベース板部の背面を仮接着する場合、前記研削工程において、前記非剥離面側から前記モールド樹脂を研削することで前記電極用ピンの先端側を露出させ、且つ、前記剥離面側から前記モールド樹脂を研削して前記保持板部を除去することで前記電極用ピンの基端側を露出させる、請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法。

30

【請求項 5】

前記仮接着工程において、前記導電性構造体における各電極用ピンの先端面を仮接着すると共に、前記導電性構造体と併せて前記半導体チップを前記支持体に仮接着し、前記モールド工程において、前記導電性構造体及び前記半導体チップの双方を前記モールド樹脂によって被覆し、前記支持体から、前記導電性構造体及び前記半導体チップを被覆した固化後の前記モールド樹脂を剥離する剥離工程と、固化後の前記モールド樹脂を研削することで、前記電極用ピンの両端を露出させると共に各電極用ピンを互いに独立させる研削工程と、を更に有し、前記研削工程において、前記モールド樹脂における前記支持体からの剥離面と反対側の非剥離面側から研削して前記保持板部を除去することで前記電極用ピンの基端側を露出させる、請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置の製造方法。

40

50

【請求項 6】

前記保持板部は、前記保持板部を板厚方向に貫通して、前記モールド工程に供給される前記モールド樹脂を当該保持板部の背面側から前記電極用ピン側に導くための貫通開口部を有する、

請求項 1 から 5 の何れか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

樹脂層、前記樹脂層内に埋め込まれた半導体チップ、及び前記樹脂層を厚さ方向に貫通する貫通電極を備え、これらが同一面内に形成される半導体装置の製造に適用される剣山状の導電性構造体であって、

前記貫通電極を形成する複数の電極用ピンと、

各電極用ピンの基端を束ねる保持板部と、

を有し、

前記導電性構造体は、前記保持板部の背面又は各電極用ピンの先端面を支持体に仮接着された状態でモールド樹脂によって被覆され、且つ、前記モールド樹脂の固化後に、前記保持板部が前記モールド樹脂と共に研削されて除去されることで、各電極用ピンが互いに独立する、

導電性構造体。

【請求項 8】

前記電極用ピンは、前記保持板部に立設されて前記電極用ピンの骨格を形成する骨格部と、前記骨格部の表面を被覆する導体膜とを有する、

請求項 7 に記載の導電性構造体。

【請求項 9】

前記保持板部は、前記保持板部を板厚方向に貫通して前記モールド樹脂を当該保持板部の背面側から前記電極用ピン側に導くための貫通開口部を有する、

請求項 7 又は 8 に記載の導電性構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置の製造方法及び導電性構造体に関する。

【背景技術】

【0002】

LSI (Large Scale Integration) 等の半導体チップを備えた半導体装置において、複数の半導体チップを 2 次元又は 3 次元に集積し、各半導体チップを相互配線接続する技術が知られている。その中でも、複数の半導体チップを同一平面内に配置した状態でモールド樹脂により被覆及び固定することで擬似ウエハ (ウェーハ) を作製し、擬似ウエハを貫通する貫通ビアを介して擬似ウエハ同士を 3 次元積層する技術が注目されている。この擬似ウエハは、再構築ウエハとも呼ばれている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 108236 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

疑似ウエハを厚さ方向に貫通する貫通ビアを形成する従来の手法として、ドリル加工又はレーザ加工によって貫通孔を開口し、この貫通孔に導電体を埋め込む手法がある。しかしながら、この手法は、貫通ビアの微細化、狭ピッチ化の要請を満たすことが難しい。また、加工プロセスの複雑さ、製造コスト、歩留まり等の観点から改善の余地がある。

【0005】

また、疑似ウエハに貫通ビアを形成する手法として、貫通ビアとなる導電線を、半導体

10

20

30

40

50

チップと共に予めモールド樹脂に埋め込んでおく手法も提案されている。例えば、半導体チップ及び導電線を、支持体に粘着テープ等を用いて仮接着した状態でモールドし、固化後のモールド樹脂を支持体から取り外すことで、樹脂層を貫通する貫通ビアを備えた疑似ウエハを得ることができる。しかしながら、この手法では、モールド時に供給されるモールド樹脂の流動によって導電線の位置がずれたり、支持体から外れたりする場合がある。特に、貫通ビアの微細化の要求に対応するため、より微細な導電線をモールド樹脂に埋め込む場合には、支持体への導電線の定着力が不足しやすく、モールド樹脂の流動によって導電線が流されやすくなる。

【0006】

本件は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、半導体チップを備えた半導体装置に関して、微細な貫通ビアを所期の位置に精度良く形成することを可能とするための技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本件の一観点によると、樹脂層、前記樹脂層内に埋め込まれた半導体チップ、及び前記樹脂層を厚さ方向に貫通する貫通電極を備え、これらが同一面内に形成される半導体装置の製造方法であって、前記貫通電極を形成する複数の電極用ピン及び各電極用ピンの基端を束ねる保持板部を含む剣山状の導電性構造体を、支持体に仮接着する仮接着工程と、固化後に前記樹脂層の少なくとも一部を形成するモールド樹脂を前記支持体上に供給し、仮接着された前記導電性構造体を被覆するモールド工程と、を有し、前記仮接着工程において、前記保持板部の背面又は各電極用ピンの先端面を仮接着する、半導体装置の製造方法が提供される。

【0008】

また、本件の他の観点によると、樹脂層、前記樹脂層内に埋め込まれた半導体チップ、及び前記樹脂層を厚さ方向に貫通する貫通電極を備え、これらが同一面内に形成される半導体装置の製造に適用される剣山状の導電性構造体であって、前記貫通電極を形成する複数の電極用ピンと、各電極用ピンの基端を束ねる保持板部と、を有し、前記導電性構造体は、前記保持板部の背面又は各電極用ピンの先端面を支持体に仮接着された状態でモールド樹脂によって被覆され、且つ、前記モールド樹脂の固化後に、前記保持板部が前記モールド樹脂と共に研削されて除去されることで、各電極用ピンが互いに独立する、導電性構造体が提供される。

【発明の効果】

【0009】

本件によれば、半導体チップを備えた半導体装置に関して、微細な貫通ビアを所期の位置に精度良く形成することを可能とするための技術を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態1に係る半導体装置の断面図である。

【図2】実施形態1に係る導電性構造体を示す図である。

【図3】実施形態1に係る導電性構造体の製造方法を示す図である。

【図4】実施形態1に係る仮接着工程を示す図である。

【図5】実施形態1に係るモールド工程を示す図である。

【図6】実施形態1に係る固化工程を示す図である。

【図7】実施形態1に係る剥離工程を示す図である。

【図8】実施形態1に係る研削工程を示す図である。

【図9】実施形態1に係る疑似ウエハからモールド貫通電極を個片化する工程を示す図である。

【図10】実施形態1に係る第2の仮接着工程を示す図である。

【図11】実施形態1に係る第2のモールド工程を示す図である。

【図12】実施形態1に係るモールド樹脂を加熱プレスする工程を示す図である。

10

20

30

40

50

- 【図 1 3】実施形態 1 に係る疑似ウエハを剥離する工程を示す図である。
 【図 1 4】実施形態 1 に係る疑似ウエハに再配線層を形成する工程を示す図である。
 【図 1 5】実施形態 1 に係る疑似ウエハのモールド樹脂を研削する工程を示す図である。
 【図 1 6】実施形態 1 に係る疑似ウエハの全形を示す図である。
 【図 1 7】実施形態 1 の変形例に係る導電性構造体を説明する図である。
 【図 1 8】実施形態 1 の変形例に係るモールド工程及び固化工程を示す図である。
 【図 1 9】実施形態 2 に係る仮接着工程を示す図である。
 【図 2 0】実施形態 2 に係るモールド工程を示す図である。
 【図 2 1】実施形態 2 に係る固化工程を示す図である。
 【図 2 2】実施形態 2 に係る剥離工程を示す図である。 10
 【図 2 3】実施形態 3 に係る仮接着工程を示す図である。
 【図 2 4】実施形態 3 に係るモールド工程を示す図である。
 【図 2 5】実施形態 3 に係る固化工程を示す図である。
 【図 2 6】実施形態 3 に係る疑似ウエハに再配線層及び保護層を形成する工程を示す図である。

- 【図 2 7】実施形態 3 に係る研削工程を示す図である。
 【図 2 8 A】実施形態 3 に係る導電性構造体の変形例を説明する図である (1)。
 【図 2 8 B】実施形態 3 に係る導電性構造体の変形例を説明する図である (2)。
 【図 2 8 C】実施形態 3 に係る導電性構造体の変形例を説明する図である (3)。
 【図 2 9】実施形態 3 に係る導電性構造体の変形例を説明する図である (4)。 20
 【図 3 0】実施形態 3 に係る導電性構造体の変形例を説明する図である (5)。
 【図 3 1】実施形態 3 に係る導電性構造体の変形例を説明する図である (6)。
 【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、半導体装置の製造方法に係る実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【 0 0 1 2 】

< 実施形態 1 >

図 1 は、実施形態 1 に係る半導体装置 1 の断面図である。図 2 ~ 図 1 8 は、実施形態 1 に係る半導体装置 1 の製造方法を示す図である。半導体装置 1 は、半導体チップ 1 0、モールド貫通電極 2 0、及び樹脂層 9 を備えたウエハレベルパッケージである。本実施形態において、半導体チップ 1 0 は、LSI (Large Scale Integration) であるが、IC (Integrated Circuit)、トランジスタ等といった他の能動素子であってもよいし、抵抗、コンデンサ、コイル等といった受動素子であってもよい。モールド貫通電極 2 0 は、絶縁樹脂部 2 1 と、この絶縁樹脂部 2 1 を厚さ方向に貫通する複数の貫通電極 2 2 を有している。 30

【 0 0 1 3 】

また、半導体装置 1 は、半導体チップ 1 0、モールド貫通電極 2 0、及び樹脂層 9 を含む疑似ウエハモジュール 2 0 1 を備えており、疑似ウエハモジュール 2 0 1 内においてこれらが同一平面に形成されている。また、疑似ウエハモジュール 2 0 1 の表面側には再配線層 6 が再配線され、裏面側には貫通電極 2 2 に接続される半田パンプ 8 が形成されている。半田パンプ 8 は、図示しないパッケージ基板等に接続することができる。 40

【 0 0 1 4 】

半導体チップ 1 0 の回路形成面 1 0 a には配線がパターン形成されており、この配線に電極パッド 1 0 0 が接続されている。再配線層 6 は配線 6 a を有しており、この配線 6 a は、任意の電極パッド 1 0 0 間、電極 1 0 0 と貫通電極 2 2 との間を電氣的に接続している。また、貫通電極 2 2 は、疑似ウエハモジュール 2 0 1 を厚さ方向に貫通しており、裏面側の半田パンプ 8 と表面側の配線 6 a とを電氣的に接続している。

【 0 0 1 5 】

次に、半導体装置 1 の製造方法について説明する。実施形態 1 では、支持体上にペアチ 50

ップの状態の半導体チップ10と、モールド貫通電極20とを並べて仮接着した状態でモールド樹脂によりモールドして得た疑似ウエハ2の表面に再配線層6を形成することで製造する。ここでは、まず、モールド貫通電極20の製造方法について説明した後、このモールド貫通電極20を用いた半導体装置1の製造工程について説明する。

【0016】

図2～図9は、モールド貫通電極20の製造工程を示す図である。まず、図2に示す導電性構造体4を準備する。導電性構造体4は、図示の如く剣山状の構造体であって、板形状を有する保持板部41と、この保持板部41から垂直に立設する複数の電極用ピン42とを有する。電極用ピン42は各々の長さが略等しく、基端が保持板部41に束ねられている。電極用ピン42は、電極用ピン42の骨格を形成する骨格部420と、この骨格部420の表面を被覆する導体膜421とを有する。なお、符号41aは、保持板部41の「前面」を表し、符号41bは「背面」を表す。導電性構造体4における複数の電極用ピン42は、保持板部41の前面41aから垂直に延びるようにして立設している。また、保持板部41に立設させる電極用ピン42の数は、適宜変更することができる。半導体装置1の貫通電極22の配置パターンの仕様に応じて、電極用ピン42の数、及び配置パターンを自由に決定することができる。

10

【0017】

導電性構造体4は、図3に示すようにして作製することができる。本実施形態では、まず、(a)に示すように、略直方体形状のシリコン基板401を用意する。そして、例えば、反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching、RIE)によって、シリコン基板401を(b)に示す状態となるように微細加工を行う。これにより、導電性構造体4における保持板部41と、電極用ピン42の骨格部420が成形される。なお、保持板部41及び骨格部420は、十分な剛性及び強度を有するシリコンによって形成されている。また、(a)においては、シリコン基板401を斜視的に表し、(b)においては、骨格部420を加工後のシリコン基板401の側面図を示している。そして、電極用ピン42の骨格部420を洗浄後、(c)に示すように、骨格部420の表面に、導体膜421を形成する。本実施形態では、まず、スパッタリングによって骨格部420の表面にチタン(Ti)、銅(Cu)の膜を順次成膜し、これをシード層として銅めっき(鍍金)を行う。これにより、電極用ピン42における骨格部420の表面を銅の膜で被覆するように導体膜421を形成することができる。以上の工程により、導電性構造体4の作製が完了する。なお、上記の例では、反応性イオンエッチングによってシリコン基板401を加工したが、ダイシング又は他の方法を採用してシリコン基板401を加工してもよい。

20

30

【0018】

次に、図4に示すように、表面に粘着層5を形成した支持基板3を準備する。そして、導電性構造体4を支持基板3の粘着層5上に載置することで、粘着層5を介して導電性構造体4を支持基板3に仮接着(仮固定)する(仮接着工程)。その際、導電性構造体4における保持板部41の背面41bを、支持基板3の粘着層5に仮接着する。なお、この仮接着工程においては、保持板部41によって束ねられている各電極用ピン42の先端面を粘着層5に仮接着してもよいが、その態様については他の実施形態において別途説明する。また、図4に示す例では、作図の都合上、4個の導電性構造体4が描かれているが、支持基板3に仮接着する導電性構造体4の数は適宜変更することができる。

40

【0019】

粘着層5には、例えば、両面粘着テープを用いることができる。また、粘着層5に適用する粘着テープには、例えば、耐熱性や剥離容易性の観点から、加熱発泡型の粘着テープ、紫外線照射によって密着強度を低下させる粘着テープ等を用いることが好ましい。また、本実施形態では、支持基板3にステンレスを用いているが、例えば、アルミニウム、シリコン、ガラス等、種々の材料を適用することができる。支持基板3は、支持体の一例である。支持基板3の形状は、円形でもよいし、多角形でもよい。

【0020】

次いで、図5に示すように、支持基板3における粘着層5の上にモールド樹脂21を供

50

給（ディスペンス）する。粘着層 5 上に供給したモールド樹脂 2 1 によって、導電性構造体 4 を埋め込むことで、これらを被覆する（モールド工程）。ここで、支持基板 3（粘着層 5）上に供給されたモールド樹脂 2 1 が流動する際に、粘着層 5 を介して支持基板 3 に仮接着されている導電性構造体 4 を押し流そうとする。これに対して、導電性構造体 4 は、保持板部 4 1 における平坦な背面 4 1 b を粘着層 5 に貼り付けているため、粘着層 5 との接着面積を十分に確保することができる。つまり、モールド工程において、保持板部 4 1 の粘着層 5 への接着力（定着力）は、モールド樹脂 2 1 の流動に十分に耐え得るものとなり、導電性構造体 4 の位置がずれたり、導電性構造体 4 が粘着層 5 から外れたりすることを抑制できる。

【0021】

なお、モールド樹脂 2 1 は、例えばエポキシ等の絶縁性の樹脂組成物である。また、モールド樹脂 2 1 は、絶縁性樹脂組成物に無機材料からなるフィラーを含有していてもよい。この無機フィラーとしては、例えば、酸化シリコン、窒化シリコン、窒化ホウ素、アルミナ、水酸化アルミニウム、及び窒化アルミニウム等を主成分としてもよい。固化したモールド樹脂 2 1 は、後の工程において半導体装置 1 に組み込まれることにより、半導体装置 1 における樹脂層の一部となる。

【0022】

次に、図 6 に示すように、モールド樹脂 2 1 を加熱プレスする。これにより、モールド樹脂 2 1 は、その表面が略平坦になると共に、固化（硬化）する（固化工程）。なお、本実施形態では、モールド樹脂 2 1 に熱硬化性樹脂を用いており、モールド樹脂 2 1 を加熱プレスすることで好適に固化させることができる。

【0023】

次いで、図 7 に示すように、導電性構造体 4 が埋め込まれたモールド樹脂 2 1 を、支持基板 3 から剥離する（剥離工程）。本実施形態では、粘着層 5 に加熱発泡型の粘着テープを用いている。このため、固化したモールド樹脂 2 1 を支持基板 3 から剥離する際、粘着層 5 を加熱することで粘着テープを発泡させることで、容易にこれらの剥離を行うことができる。また、粘着層 5 に係る粘着テープが、紫外線照射によって密着強度を弱めるものである場合、紫外線を照射することによって容易に剥離することができる。なお、支持基板 3 から剥離した後のモールド樹脂 2 1 において、支持基板 3 から剥離した方の面を「剥離面 2 1 a」と呼び、その反対側の面を「非剥離面 2 1 b」と呼ぶこととする。

【0024】

次に、固化後のモールド樹脂 2 1 における剥離面 2 1 a 及び非剥離面 2 1 のうち少なくとも一方を研削し、モールド樹脂 2 1 を薄化することで、導電性構造体 4 における各電極用ピン 4 2 の両端を露出させる（研削工程）。図 7 に示すように、支持基板 3 から剥離した後のモールド樹脂 2 1 は、導電性構造体 4 における保持板部 4 1 の背面 4 1 b が剥離面 2 1 a に露出しており、電極用ピン 4 2 の両端面はモールド樹脂 2 1 によって被覆されている。そこで、本実施形態のように、仮接着工程において、保持板部 4 1 の背面 4 1 b を仮接着する場合、モールド樹脂 2 1 における剥離面 2 1 a 側と非剥離面 2 1 b 側の双方から研削を行うことにより、各電極用ピン 4 2 の両端面を露出させるようにする。

【0025】

すなわち、非剥離面 2 1 b 側からモールド樹脂 2 1 を研削することで電極用ピン 4 2 の先端側を露出させる。一方、剥離面 2 1 a 側からモールド樹脂 2 1 を研削して、導電性構造体 4 の保持板部 4 1 を除去することで、電極用ピン 4 2 の基端側を露出させる。これにより、電極用ピン 4 2 の両端面がモールド樹脂 2 1 の表面から露出する。また、剥離面 2 1 a 側からモールド樹脂 2 1 を研削する際に、各電極用ピン 4 2 を束ねていた導電性構造体 4 の保持板部 4 1 がモールド樹脂 2 1 と共に除去されることになる。その結果、保持板部 4 1 によって連結されていた各電極用ピン 4 2 を、互いに独立させることができる。

【0026】

以上の研削工程が完了すると、図 8 に示すようなモールド貫通電極 2 0 を個片化する前の疑似ウエハ 2 0 0 が得られる。疑似ウエハ 2 0 0 は、固化したモールド樹脂 2 1 と、こ

10

20

30

40

50

のモールド樹脂 21 にモールドされると共に互いに独立した複数の電極用ピン 42 とを含んでいる。以下、固化したモールド樹脂 21 を「絶縁樹脂部 21」と呼び、電極用ピン 42 を「貫通電極 22」と呼ぶこととする（図 1 を参照）。

【0027】

次に、図 9 に示すように、疑似ウエハ 200 をダイシングソー等によって切り出すことで、個片化したモールド貫通電極 20 を得る。例えば、図中の破線に沿って疑似ウエハ 200 をダイシングすることで、モールド貫通電極 20 を個片化する。個片化した一のモールド貫通電極 20 は、複数の貫通電極 22（電極用ピン 42）を有しており、各貫通電極 22 の両端面は、絶縁樹脂部 21 の上下面からそれぞれ露出している。言い換えると、モールド貫通電極 20 の各貫通電極 22 は、絶縁樹脂部 21 を厚さ方向に貫通するように形成されている。なお、モールド貫通電極 20 の絶縁樹脂部 21 は、図 1 にも示すように、半導体装置 1 における樹脂層 9 の一部を形成することになる。

10

【0028】

次に、上記のモールド貫通電極 20 と、このモールド貫通電極 20 とは別途製作した半導体チップ 10 を用いて半導体装置 1 を製造する工程について説明する。図 10 に示すように、表面に粘着層 5 を形成した支持基板 3A（第 2 の支持基板）を準備する。支持基板 3A は上述した支持基板 3 と同等であってもよい。

【0029】

そして、図 10 に示すように、半導体チップ 10 及びモールド貫通電極 20 を支持基板 3A における粘着層 5 上に載置することで、粘着層 5 を介して半導体チップ 10 及びモールド貫通電極 20 を支持基板 3A に仮接着（仮固定）する（第 2 の仮接着工程）。なお、図 10 に示すように、粘着層 5 上に半導体チップ 10 をフェイスダウンで搭載する。すなわち、半導体チップ 10 の回路形成面 10a が、粘着層 5 の表面に面するように（接するように）粘着層 5 上に載置し、半導体チップ 10 を支持基板 3A に仮接着する。図 10 に示す例では、粘着層 5 を介して支持基板 3A に二つの半導体チップ 10 と、二つのモールド貫通電極 20 を併せて仮接着している。より詳しくは、二つの半導体チップ 10 を並べて配置し、これら二つの半導体チップ 10 の両側を挟むようにしてモールド貫通電極 20 を配置している。但し、支持基板 3A に仮接着する半導体チップ 10 の数、及び、導電性構造体 4 の数は、製造する半導体装置 1 の仕様に応じて適宜変更することができる。

20

【0030】

次いで、図 11 に示すように、支持基板 3A における粘着層 5 の上にモールド樹脂 30 を供給（ディス Pens）する。そして、粘着層 5 上に供給したモールド樹脂 30 に、半導体チップ 10 及びモールド貫通電極 20 を埋め込むことで、これらを被覆する（第 2 のモールド工程）。ここで、支持基板 3A の粘着層 5 上に供給されたモールド樹脂 30 が流動する際に、支持基板 3A に仮接着されている半導体チップ 10 及びモールド貫通電極 20 を押し流そうとする。これに対して、半導体チップ 10 及びモールド貫通電極 20 は、十分な大きさの平坦面を有し、この平坦面全体を粘着層 5 に接着することができるため、モールド樹脂 30 の流動に十分に耐え得る接着力を発揮なし得る。よって、上記第 2 のモールド工程において、半導体チップ 10 及びモールド貫通電極 20 の位置がずれたり、これらが粘着層 5 から外れたりすることを抑制できる。なお、モールド樹脂 30 は、モールド樹脂 21 と同様、例えばエポキシ等の熱硬化性樹脂に、無機フィラーを含有した樹脂組成物であってもよい。

30

40

【0031】

次に、図 12 に示すように、モールド樹脂 30 を加熱プレスする。これにより、モールド樹脂 30 は、その表面が略平坦になると共に、固化（硬化）する。その結果、複数の半導体チップ 10 及びモールド貫通電極 20 が同一平面内に形成された疑似ウエハ 2 が得られる。

【0032】

次に、図 13 に示すように、半導体チップ 10、モールド貫通電極 20、及び固化したモールド樹脂 30 を含む疑似ウエハ（再構築ウエハ）2 を、支持基板 3A から剥離する。

50

上記の通り、粘着層 5 には加熱発泡型の粘着テープを用いている。このため、疑似ウエハ 2 を支持基板 3 A から剥離する際、粘着層 5 を加熱することで粘着テープを発泡させ、剥離を容易に行うことができる。支持基板 3 A からの疑似ウエハ 2 の剥離が完了すると、半導体チップ 1 0 の回路形成面 1 0 a 及びモールド貫通電極 2 0 における各貫通電極 2 2 の一方の端面が、疑似ウエハ 2 を支持基板 3 A から剥離した剥離面から外部に露出した状態となる。以下、疑似ウエハ 2 の上記剥離面を「剥離面 2 a」と呼び、その反対側の面を「非剥離面 2 b」と呼ぶこととする。

【0033】

次に、図 1 4 に示すように、疑似ウエハ 2 の剥離面 2 a に再配線層 6 を形成する。例えば、疑似ウエハ 2 の剥離面 2 a に現れた、回路形成面 1 0 a に形成された電極パッド 1 0 0 及び貫通電極 2 2 上に配線 6 a を形成し、任意の電極パッド 1 0 0 間、電極 1 0 0 と貫通電極 2 2 との間を電氣的に接続する。ここで、再配線層 6 の形成方法は任意であり、例えば、全面にめっきレジストを形成して所定の配線形状の開口を有するようにパターンニングしてから、密着層、シード層等を形成し、電解めっき無電解めっき等で形成してもよい。そして、再配線層 6 を覆うようにして保護層 7 を形成する。保護層 7 には、外部接続端子 6 b を露出させる開口が形成されている。なお、複数の疑似ウエハ 2 を積層して半導体装置 1 を構築しない場合には、この外部接続端子 6 b を形成しなくてもよい。

10

【0034】

次に、図 1 5 に示すように、疑似ウエハ 2 の非剥離面 2 b 側から、モールド樹脂 3 0 を研削することで疑似ウエハ 2 を薄化させ、モールド貫通電極 2 0 における各貫通電極 2 2 の他方側の端面を露出させる。なお、疑似ウエハ 2 の薄化は、疑似ウエハ 2 に再配線層 6 を形成する前に行ってもよい。あるいは、疑似ウエハ 2 の薄化を行った後に、疑似ウエハ 2 を支持基板 3 A から剥離してもよい。

20

【0035】

図 1 6 には、疑似ウエハ 2 の全形と、この疑似ウエハ 2 から切り出されるウエハ個片である疑似ウエハモジュール 2 0 1 の関係が示されている。そして、表面に配線層 6 が形成された状態の疑似ウエハ 2 は、例えば図示の鎖線に沿って切り出されることで、個片化された疑似ウエハモジュール 2 0 1 を得ることができる。その後、疑似ウエハモジュール 2 0 1 における貫通電極 2 2 の端面に半田バンプ 8 を形成する。これにより、図 1 に示すような半導体装置 1 が完成する。なお、疑似ウエハモジュール 2 0 1 に含まれる固化後のモールド樹脂 3 0、及びモールド貫通電極 2 0 の絶縁樹脂部 2 1 は、半導体装置 1 の樹脂層 9 を形成する。また、本実施形態に係る疑似ウエハモジュール 2 0 1 を複数作製し、これら疑似ウエハモジュール 2 0 1 を 3 次元に積層することで、半導体装置 1 を製造してもよい。

30

【0036】

以上のように、本実施形態に係る半導体装置 1 及びその製造方法によれば、所期の位置に貫通電極 2 2 を配置したモールド貫通電極 2 0 を予め作製し、このモールド貫通電極 2 0 と半導体チップ 1 0 とを支持基板 3 A に仮接着する。そして、モールド貫通電極 2 0 の作製に際しては、導電性構造体 4 の保持板部 4 1 における背面 4 1 b を粘着層 5 に接着するようにしたため、粘着層 5 との接着面積を十分に確保することができる。これにより、導電性構造体 4 のモールド時に、支持基板 3 に対する導電性構造体 4 の貼付け位置がずれたり、粘着層 5 から外れたりすることを抑制できる。従って、半導体装置 1 において、貫通電極 2 2 を所期（所望）の位置に精度よく形成することができる。また、貫通電極 2 2 の形成に際して、レーザやドリル等を用いる必要がないため、微細な貫通電極を狭ピッチで構築することができる。

40

【0037】

また、本実施形態に係るモールド貫通電極 2 0 によれば、貫通電極 2 2 を形成する電極用ピン 4 2 がモールド樹脂 2 1 に埋め込まれている。このため、研削工程においてモールド樹脂 2 1 を研削する際に、各電極用ピン 4 2 がショートすることを抑制することができる。例えば、貫通電極が形成されているシリコン貫通ビアが公知であるが、仮にモールド

50

貫通電極 20 の代わりにシリコン貫通ビアを使用する場合を想定すると、研削時に電極材とシリコンとの間の絶縁膜が欠損し、ショートする虞がある。これに対して、モールド貫通電極 20 においては、絶縁樹脂によって電極用ピン 42 を被覆しているため、研削工程の際に各電極用ピン 42 がショートすることをより確実に抑制できるという利点がある。

【0038】

また、従来のシリコン貫通ビアにおいては、高周波特性が優れているとはいえず、クロストークによって信号遅延が起りやすく、信号の高速伝送には不向きといった実情がある。これに対して、本実施形態に係るモールド貫通電極 20 によれば、従来に比べて高周波特性に優れ、信号の高速伝送が可能なる 3 次元配線を得ることが可能となる。モールド貫通電極 20 における貫通電極 22 (導電性構造体 4 の電極用ピン 42) の径及びピッチは特定の値に特定されないが、実施例として径を 100 μm 以下、ピッチを 200 μm 以下としたモールド貫通電極 20 を製作可能である。よって、従来の一般的な貫通電極 (例えば、径を 200 μm 、ピッチを 500 μm 程度) に比べて微細かつ高密度の貫通電極を形成することが可能である。

10

【0039】

また、導電性構造体 4 の電極用ピン 42 は、剛性及び強度が優れた骨格部 420 の表面を導体膜 421 によって被覆するようにしたので、仮接着工程において導電性構造体 4 を支持基板 3 に押し付ける際に、電極用ピン 42 に変形、破損等が起こることを抑制できる。但し、導電性構造体 4 の構造は、本実施形態の例に限られず、種々の変形例を採用できる。

20

【0040】

例えば、本実施形態において、導電性構造体 4 の基材としてシリコンを用いているが、酸化シリコン (石英) としてもよい。また、導電性構造体 4 のうち、保持板部 41 を形成する部分にシリコン基板を用い、電極用ピン 42 (骨格部 420) を形成する部分に窒化シリコン、酸化シリコンを用いてもよい。また、タングステン (W)、チタン (Ti)、タンタル (Ta) 等といった高融点金属を用いて電極用ピン 42 を形成してもよい。この場合、この高融点金属が電極用ピン 42 における骨格部 420 と導体膜 421 とを兼ねてもよいし、高融点金属に他種の導体膜 (例えば、銅等) を積層してもよい。また、電極用ピン 42 の導体膜 421 は、銅 (Cu) の他、アルミニウム (Al) であってもよい。

【0041】

また、本実施形態において、図 17 に示すような変形例に係る導電性構造体 4' を形成し、モールド貫通電極 20 を作製してもよい。導電性構造体 4' は、上述したモールド貫通電極 20 を複数個分に対応する電極用ピン 42 を有しており、各電極用ピン 42 が共通する一の保持板部 41 に立設している。図 17 において、導電性構造体 4' における保持板部 41 の背面 41b が、支持基板 3 の粘着層 5 に仮接着されている。次に、支持基板 3 における粘着層 5 の上にモールド樹脂 21 を供給 (ディスペンス) することでモールド樹脂 21 に導電性構造体 4' を埋め込んだ後 (モールド工程)、モールド樹脂 21 を加熱プレスしてもよい (固化工程)。これにより、図 18 に示すように、導電性構造体 4' が内部に埋め込まれたモールド樹脂 21 の表面が略平坦になると共に、固化 (硬化) する。その後、導電性構造体 4' が埋め込まれたモールド樹脂 21 を支持基板 3 から剥離し (剥離工程)、モールド樹脂 21 における剥離面と非剥離面側の双方から研削を行うことにより、各電極用ピン 42 の両端面を露出させてもよい (研削工程)。剥離面側からモールド樹脂 21 を研削する際には、導電性構造体 4' の保持板部 41 が除去される。その結果、保持板部 41 によって束ねられていた各電極用ピン 42 が互いに独立すると共に、各電極用ピン 42 の基端側がモールド樹脂 21 の表面に露出するようになる。その結果、図 8 に示したものと同様の疑似ウエハ 200 を得ることができる。このようにして得られた疑似ウエハ 200 を切り出し、個片化することによりモールド貫通電極 20 を作製することができる。その他、本実施形態において、導電性構造体を用いたモールド貫通電極 20 の作製方法について種々の変形例を採用することができる。

30

40

【0042】

50

< 実施形態 2 >

次に、実施形態 2 について説明する。本実施形態では、モールド貫通電極 20 の製造工程が実施形態 1 と相違する。以下、実施形態 1 との相違点を中心に実施形態 2 について説明する。なお、本実施形態においてモールド貫通電極 20 の製造に使用する導電性構造体 4 は、実施形態 1 で使用したものと同一である。

【0043】

本実施形態では、図 19 に示すように、導電性構造体 4 を支持基板 3 に仮接着（仮固定）する際、保持板部 41 によって束ねられている各電極用ピン 42 の先端面を粘着層 5 に仮接着する（仮接着工程）。次に、図 20 に示すように、支持基板 3 における粘着層 5 の上にモールド樹脂 21 を供給（ディスペンス）する。粘着層 5 上に供給したモールド樹脂 21 によって、導電性構造体 4 を埋め込むことで、これらを被覆する（モールド工程）。ここで、導電性構造体 4 における電極用ピン 42 は、基端側が保持板部 41 によって束ねられている。つまり、各々の電極用ピン 42 は、保持板部 41 を介して互いに連結されている。よって、各電極用ピン 42 の先端面を粘着層 5 に接着することで、独立した電極用ピンを単独で粘着層 5 に接着する場合に比べて、粘着層 5 に対するトータルの接着面積が増大する為、その接着力を高めることができる。その結果、モールド工程において供給されたモールド樹脂 21 が流動しても、導電性構造体 4 の位置がずれたり、導電性構造体 4 が粘着層 5 から外れたりすることを抑制できる。

【0044】

次に、図 21 に示すように、モールド樹脂 21 を加熱プレスすることで、モールド樹脂 21 の表面の平坦化を行うと共に、固化（硬化）させる（固化工程）。次いで、図 22 に示すように、導電性構造体 4 が埋め込まれたモールド樹脂 21 を、支持基板 3 から剥離する（剥離工程）。剥離工程が完了した状態では、導電性構造体 4 における保持板部 41 の背面 41b はモールド樹脂 21 に埋め込まれており、電極用ピン 42 の先端面がモールド樹脂 21 の剥離面 21a に露出した状態となっている。そこで、次の研削工程では、モールド樹脂 21 における非剥離面 21b 側から研削して保持板部 41 を除去することで電極用ピン 42 の基端側を露出させる（研削工程）。これにより、図 8 に示したような、疑似ウエハ 200 が得られる。なお、本実施形態では、モールド樹脂 21 を支持基板 3 から剥離した時点で剥離面 21a に電極用ピン 42 の先端面が既に露出しているため、当該先端面を露出されるためにモールド樹脂 21 を研削する必要が無い。つまり、モールド貫通電極 20 の製造工数を少なくすることができる。研削工程の後に行う各工程は、上述した実施形態 1 と同様であり、その説明を省略する。

【0045】

ここで、実施形態 1 及び 2 に係るモールド貫通電極 20 の製造方法を比較すると、上記のように、実施形態 2 の方が製造工数を少なくすることができるという利点がある。また、支持基板 3 に対する導電性構造体 4 の接着力という観点からは、導電性構造体 4 における各電極用ピン 42 の先端面を仮接着するよりも、保持板部 41 の背面 41b を仮接着する方が大きな接着面積を確保でき、接着力を高めることができる。よって、実施形態 1 は、モールド工程の際に、実施形態 2 に比べて導電性構造体 4 の位置ずれ等をより起こしにくいという利点がある。

【0046】

< 実施形態 3 >

次に、実施形態 3 について説明する。実施形態 1 及び 2 では、モールド貫通電極 20 を半導体チップ 10 と共にモールドするようにしたが、本実施形態では、半導体チップ 10 及び導電性構造体 4 を並べて支持基板に仮接着してモールドする点で実施形態 1 及び 2 と相違する。以下、実施形態 1 及び 2 との相違点を中心に実施形態 3 について説明する。なお、本実施形態における導電性構造体 4 は、実施形態 1 及び 2 で使用したものと同一である。

【0047】

本実施形態においては、上述した半導体チップ 10 及び導電性構造体 4 を用意し、粘着

層5を介して半導体チップ10及び導電性構造体4の双方を合わせて支持基板3に仮接着する(仮接着工程)。その際、図23に示すように、導電性構造体4は、各電極用ピン42の先端面を粘着層5に仮接着する。また、半導体チップ10は、粘着層5上にフェイスダウンで搭載する。また、図23の例では、支持基板3に二つの半導体チップ10と、二つの導電性構造体4を併せて仮接着しているが、これらの数は適宜変更してもよい。

【0048】

次いで、図24に示すように、導電性構造体4及び半導体チップ10の双方をモールド樹脂30によって被覆する(モールド工程)。ここで、導電性構造体4は、各電極用ピン42の先端面を粘着層5に仮接着されているため、実施形態2と同様、モールド樹脂の流動に対して導電性構造体4を十分に抵抗させることができ、位置ずれなどの不具合が起こることを抑制できる。

10

【0049】

次に、図25に示すように、モールド樹脂30を加熱プレスすることでモールド樹脂30を固化(硬化)させた後(固化工程)、導電性構造体4及び半導体チップ10が埋め込まれたモールド樹脂30を支持基板3から剥離する(剥離工程)。これにより、複数の半導体チップ10及び導電性構造体4が同一平面内に形成された疑似ウエハ2Aを得ることができる。以下、疑似ウエハ2Aのうち、支持基板3から剥離した面を「剥離面2a」とし、その反対側の面を「非剥離面2b」とする。また、疑似ウエハ2Aでは、導電性構造体4における電極用ピン42を「貫通電極22」とも呼ぶ。

【0050】

次に、図26に示すように、疑似ウエハ2Aの剥離面2aに再配線層6及び保護層7を形成する。再配線層6及び保護層7の形成方法については、実施形態1と同様であり、ここでの説明を省略する。なお、図26に示す状態では、導電性構造体4における電極用ピン42の先端面が疑似ウエハ2Aの剥離面2aに露出している。一方、導電性構造体4の保持板部41は、モールド樹脂30内に埋め込まれている。そこで、電極用ピン42の両端面を露出した状態とするために、図27に示すように、疑似ウエハ2Aの非剥離面2b側から、モールド樹脂30を研削する(研削工程)。この研削工程により、疑似ウエハ2Aを薄化させることで、導電性構造体4の保持板部41が除去され、各電極用ピン42の基端側も外部に露出するようになる。なお、疑似ウエハ2Aの薄化は、疑似ウエハ2Aに再配線層6を形成する前に行ってもよい。また、疑似ウエハ2Aの薄化を行った後に、疑似ウエハ2Aを支持基板3Aから剥離してもよい。

20

30

【0051】

その後、疑似ウエハ2Aのダイシングを行うことによって、個片化された疑似ウエハモジュール201を得ることができる。そして、疑似ウエハモジュール201の裏面において、貫通電極22の端部と接続されるように半田バンプ8を形成することで、図1に示す半導体装置1が完成する。なお、疑似ウエハモジュール201における固化後のモールド樹脂30は、半導体装置1の樹脂層9を形成する。

【0052】

本実施形態に係る半導体装置1の製造方法によれば、モールド工程を1回で済ますことができる点で、実施形態1及び2に比べて工数を少なくすることができる。

40

【0053】

<変形例>

次に、導電性構造体4の変形例について説明する。上述の実施形態2及び3では、支持基板3に導電性構造体4を仮接着する際に、各電極用ピン42の先端面を粘着層5に仮接着するようにした。この場合、導電性構造体4の上部からモールド樹脂を供給しても、モールド樹脂は保持板部41に遮られるため、電極用ピン42の側方からモールド樹脂を流し込む必要がある。その結果、導電性構造体4の平面方向における中心近傍部位に、モールド樹脂が行き渡りにくくなることが懸念される。そこで、図28A~図28Cに示す変形例では、導電性構造体4の保持板部41に貫通開口部41cを形成するようにした。貫通開口部41cは、保持板部41を板厚方向に貫通するように設けられた開口部である。

50

貫通開口部 4 1 c は、モールド工程において支持基板 3 の粘着層 5 上に供給されるモールド樹脂を保持板部 4 1 の背面 4 1 b 側から前面 4 1 a 側、すなわち電極用ピン 4 2 側に導くための貫通孔である。図 2 8 A ~ 図 2 8 C に示す変形例によれば、各電極用ピン 4 2 の先端面を粘着層 5 に仮接着した状態で導電性構造体 4 をモールドする場合でも、保持板部 4 1 の上部から貫通開口部 4 1 c を通じてモールド樹脂を電極用ピン 4 2 側に流し込むことができる。これによれば、保持板部 4 1 の下部の隅々まで限なくモールド樹脂を行き渡らすことができる。

【 0 0 5 4 】

また、本変形例のように、導電性構造体 4 の保持板部 4 1 に貫通開口部 4 1 c を形成する場合、図 2 9 に示すように保持板部 4 1 の背面 4 1 b 側に補強部材 4 3 を形成してもよい。この補強部材 4 3 は、導電性構造体 4 を支持基板に仮接着する際に、保持板部 4 1 が変形することを抑制するための板状部材である。補強部材 4 3 によって保持板部 4 1 を補強することで、保持板部 4 1 の強度不足を補うことができる。なお、補強部材 4 3 は、上記の如く、導電性構造体 4 の仮接着時に支持基板へ導電性構造体 4 を押し付ける際に、電極用ピン 4 2 が折れ曲がったりすることを抑制するための仮設部材である。そして、補強部材 4 3 には、その剛性及び強度を高める観点から、保持板部 4 1 のような貫通孔は形成されていないことが好ましい。そこで、支持基板 3 への導電性構造体 4 の仮接着を行った後、例えば、エッチング等によって補強部材 4 3 を保持板部 4 1 から除去するとよい。これにより、モールド時において、保持板部 4 1 の貫通開口部 4 1 c を通じてモールド樹脂を電極用ピン 4 2 側に流し込むことができ、保持板部 4 1 における下部空間の隅々までモールド樹脂を行き渡らすことができる。

【 0 0 5 5 】

また、導電性構造体 4 は、図 3 0 に示すように、例えば接着材や半田からなる接合部 4 4 を介して電極用ピン 4 2 を保持板部 4 1 に接合してもよい。また、例えば、導電性構造体 4 は、図 3 1 に示すように、導電性構造体 4 の保持板部 4 1 を形成するためのシリコン基板 4 0 1 に、電極用ピン 4 2 の骨格部 4 2 0 を形成するための第 2 基材 4 0 2 を貼り付けた積層基材を用意する。第 2 基材 4 0 2 としては種々の材料を適用できるが、例えば、タングステン (W) 等の高融点金属であってもよい。図 3 1 に示す例では、シリコン基板 4 0 1 に第 2 基材 4 0 2 を貼り付けた後、第 2 基材 4 0 2 を反応性イオンエッチング等で加工することで、電極用ピン 4 2 の骨格部 4 2 0 を形成する。その後、第 2 基材 4 0 2 の表面、すなわち電極用ピン 4 2 の骨格部 4 2 0 の表面を銅 (C u) 等によって被覆することで、導体膜 4 2 1 を形成する。このように、導電性構造体 4 の構造及びその製造方法を種々の変形例を適用することが可能である。

【 0 0 5 6 】

以上、実施形態に沿って本件に係る半導体装置 1 及びその製造方法について説明したが、本件はこれらに限定されるものではない。そして、上記実施形態について、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者にとって自明である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

- 1 . . . 半導体装置
- 2 . . . 疑似ウエハ
- 3 . . . 支持基板
- 4 . . . 導電性構造体
- 5 . . . 粘着層
- 6 . . . 再配線層
- 9 . . . 樹脂層
- 1 0 . . . 半導体チップ
- 2 0 . . . モールド貫通電極
- 2 1 . . . 絶縁樹脂部 (モールド樹脂)
- 2 2 . . . 貫通電極

10

20

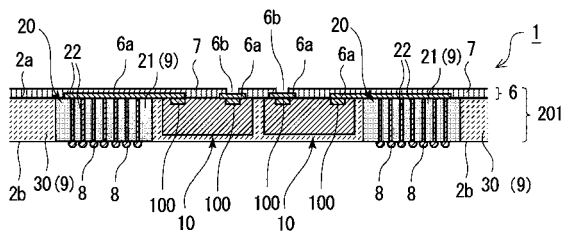
30

40

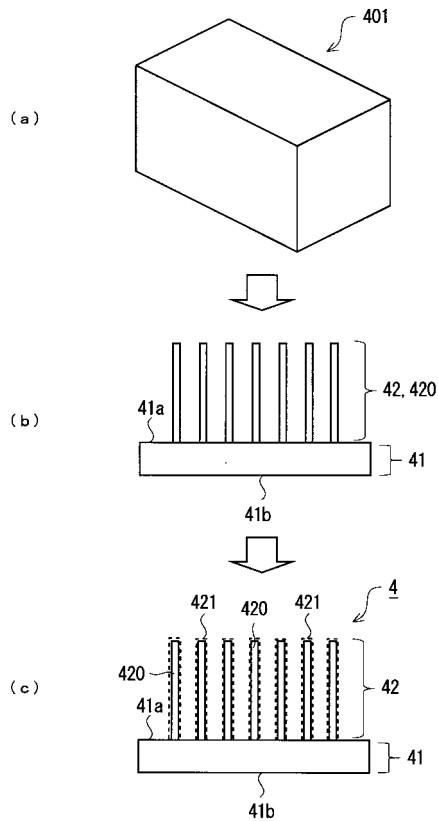
50

- 3 0 . . . モールド樹脂
- 4 1 . . . 保持板部
- 4 2 . . . 電極用ピン
- 4 2 0 . . . 骨格部
- 4 2 1 . . . 導体膜

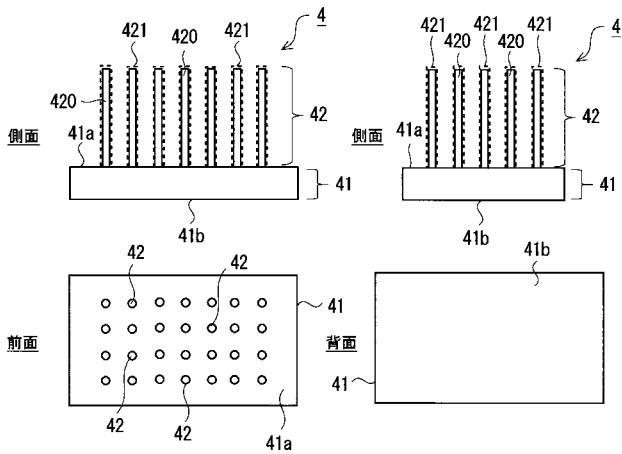
【 図 1 】



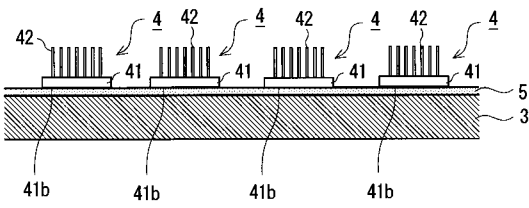
【 図 3 】



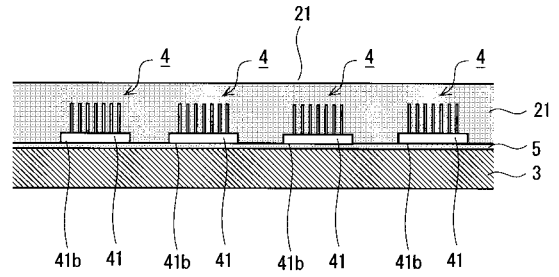
【 図 2 】



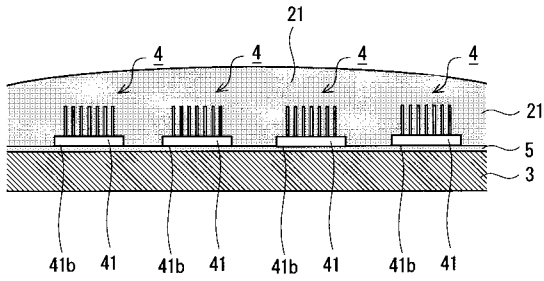
【 図 4 】



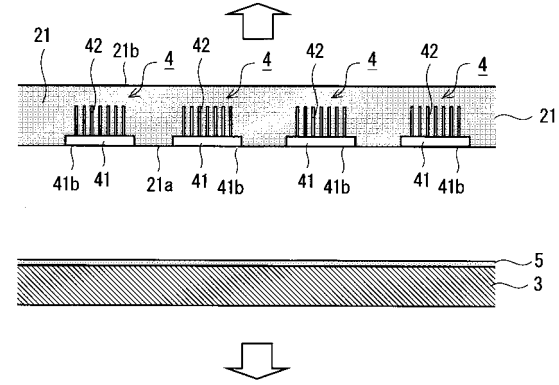
【 図 6 】



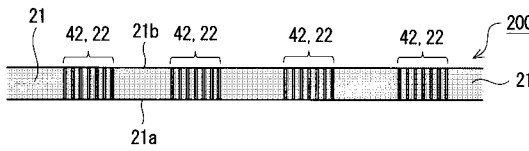
【 図 5 】



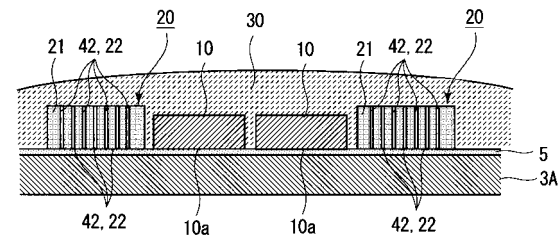
【 図 7 】



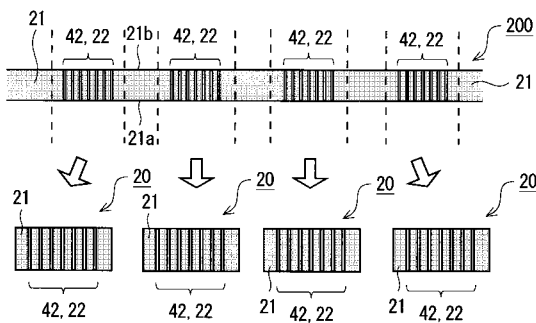
【 図 8 】



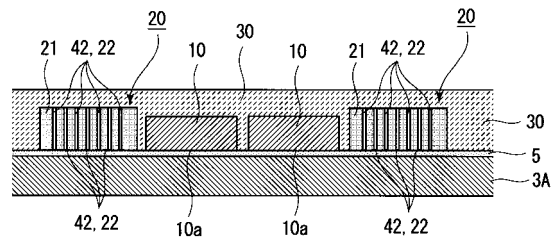
【 図 1 1 】



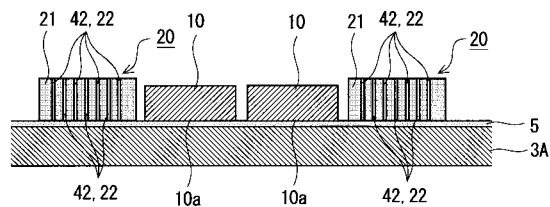
【 図 9 】



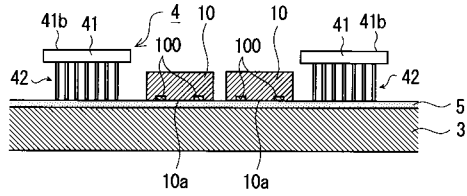
【 図 1 2 】



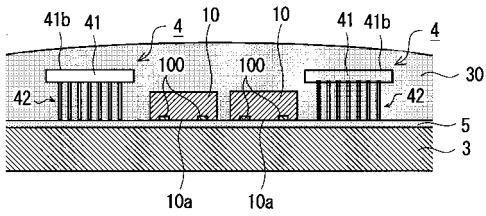
【 図 1 0 】



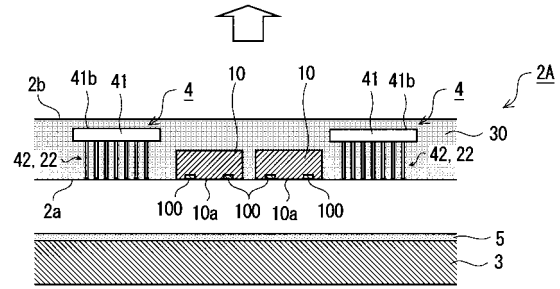
【図 2 3】



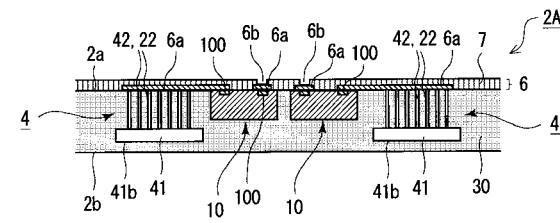
【図 2 4】



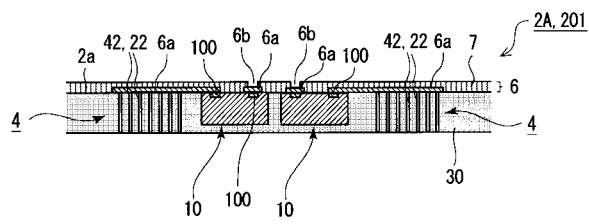
【図 2 5】



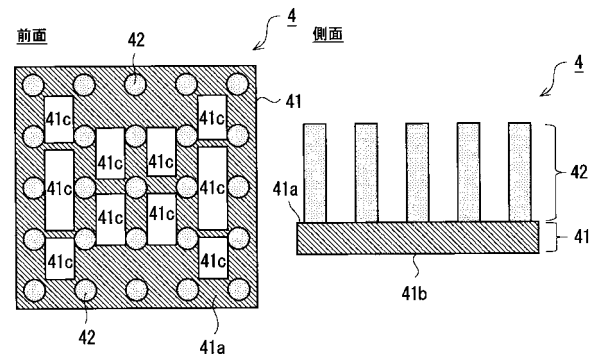
【図 2 6】



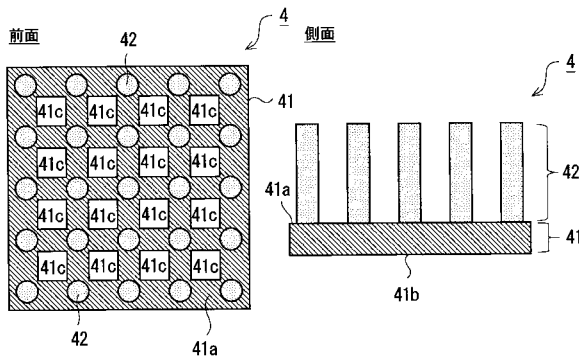
【図 2 7】



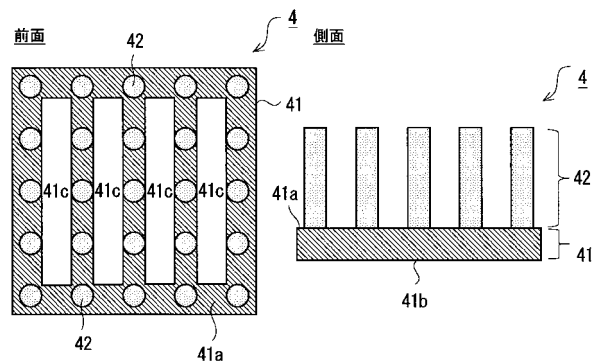
【図 2 8 B】



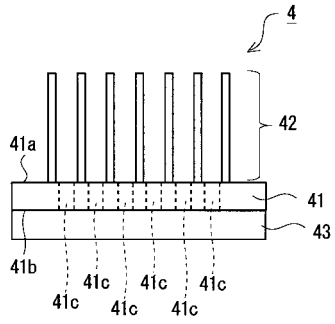
【図 2 8 A】



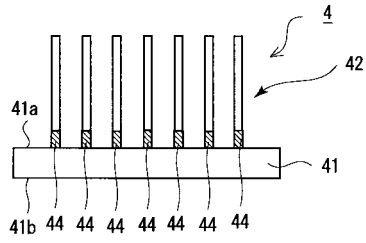
【図 2 8 C】



【 図 2 9 】



【 図 3 0 】



【 図 3 1 】

