

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6809511号
(P6809511)

(45) 発行日 令和3年1月6日(2021.1.6)

(24) 登録日 令和2年12月14日(2020.12.14)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 23/15 (2006.01)	HO 1 L 23/14 C
HO 1 L 25/065 (2006.01)	HO 1 L 25/08 H
HO 1 L 25/07 (2006.01)	HO 1 L 23/12 N
HO 1 L 25/18 (2006.01)	HO 5 K 3/42 6 1 O A
HO 1 L 23/12 (2006.01)	

請求項の数 11 (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2018-129161 (P2018-129161)
 (22) 出願日 平成30年7月6日(2018.7.6)
 (62) 分割の表示 特願2018-95168 (P2018-95168)
 の分割
 原出願日 平成28年9月5日(2016.9.5)
 (65) 公開番号 特開2018-174343 (P2018-174343A)
 (43) 公開日 平成30年11月8日(2018.11.8)
 審査請求日 令和1年7月19日(2019.7.19)

(73) 特許権者 000002897
 大日本印刷株式会社
 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
 (74) 代理人 110000408
 特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ
 (72) 発明者 倉持 悟
 東京都新宿区市谷加賀町一丁目一番一号
 大日本印刷株式会社内

審査官 川原 光司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 貫通電極基板および半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1面から第2面に対して貫通し孔内部において径が極小値を有しない貫通孔を含む基板と、

前記貫通孔の内側面に沿って配置された導電体と、

を備え、

前記貫通孔の内部には、前記導電体に囲まれた絶縁領域が配置され、

前記貫通孔は、前記第1面から前記第2面までの区間のうち前記第1面から6.25%、18.75%、31.25%、43.75%、56.25%、68.75%、81.25%、93.75%の距離の位置における前記貫通孔の中心軸に対する内側面の傾斜角度（前記第1面側が拡がる角度を正の傾斜角度とする）の合計値が、8.0°以上である条件を満たす、貫通電極基板。

10

【請求項2】

第1面から第2面に対して貫通し孔内部において径が極小値を有する貫通孔を含む基板と、

前記貫通孔の内側面に沿って配置された導電体と、

を備え、

前記貫通孔の内部には、前記導電体に囲まれた絶縁領域が配置され、

前記貫通孔は、前記第1面から前記第2面までの区間のうち前記第1面から6.25%、18.75%、31.25%、43.75%の距離の位置における前記貫通孔の中心軸

20

に対する内側面の傾斜角度（前記第1面側が拡がる角度を正の傾斜角度とする）の合計値が4.0°以上、および前記第1面から56.25%、68.75%、81.25%、93.75%の距離の位置における前記貫通孔の中心軸に対する内側面の傾斜角度の合計値が-4.0°以下である条件を満たす、貫通電極基板。

【請求項3】

前記絶縁領域は、絶縁体が充填された領域である、請求項1または請求項2に記載の貫通電極基板。

【請求項4】

前記絶縁体は、樹脂を含む、請求項3に記載の貫通電極基板。

【請求項5】

前記導電体は、第1金属層と第2金属層とを含み、
前記第1金属層は、前記第2金属層と前記基板との間に配置され、
前記第1面と前記第2面との双方において、少なくとも一部に前記第1金属層が配置されている、請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の貫通電極基板。

【請求項6】

前記第1面と前記第2面とに配置された前記第1金属層の少なくとも一部は、前記貫通孔の内部に配置された前記第1金属層と接続されている、請求項5に記載の貫通電極基板。

【請求項7】

前記基板は、ガラス基板である、請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の貫通電極基板。

【請求項8】

前記導電体は、前記基板上に配置された第1金属層および前記第1金属層上に配置された第2金属層を含む、請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の貫通電極基板。

【請求項9】

前記貫通孔のアスペクト比は4以上である、請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の貫通電極基板。

【請求項10】

前記貫通孔は、孔内部において径がさらに極大値を有する、請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の貫通電極基板。

【請求項11】

請求項1乃至請求項10のいずれかに記載の貫通電極基板と、
前記貫通電極基板の前記導電体と電気的に接続された半導体回路基板と、
を有する半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、貫通電極基板に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、集積回路を形成した半導体回路基板を垂直に積層した三次元実装技術が用いられている。このような実装技術においては、貫通電極が形成された基板が用いられる。このような基板は、インターポーザといわれることもある。貫通電極は、基板に形成された貫通孔に導電体を配置することによって形成される。高集積化のためには、貫通孔の微細化が必要である。例えば、特許文献1、2には、微細な貫通孔を形成するために、ガラス基板にレーザを照射する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】国際公開第2010/087483号

10

20

30

40

50

【特許文献2】特表2014-501686号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記特許文献1、2に開示された技術によれば、貫通孔を微細化することができる一方、アスペクト比が大きくなる。アスペクト比が大きくなると、貫通孔内部への導電体の形成が困難となる。

【0005】

本開示の実施形態における目的は、貫通孔の内部に導電体を容易に形成することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一実施形態によると、第1面から第2面に対して貫通し孔内部において径が極小値を有する貫通孔を含む基板と、前記貫通孔の内部に配置された導電体と、を備え、前記貫通孔は、前記第1面から前記第2面までの区間のうち前記第1面から6.25%、18.75%、31.25%、43.75%、56.25%、68.75%、81.25%、93.75%の距離の位置における前記貫通孔の中心軸に対する内側面の傾斜角度（前記第1面側が広がる角度を正の傾斜角度とする）の合計値が、8.0°以上である条件を満たす、貫通電極基板が提供される。

【0007】

20

本開示の一実施形態によると、第1面から第2面に対して貫通し孔内部において径が極小値を有する貫通孔を含む基板と、前記貫通孔の内部に配置された導電体と、を備え、前記貫通孔は、前記第1面から前記第2面までの区間のうち前記第1面から6.25%、18.75%、31.25%、43.75%の距離の位置における前記貫通孔の中心軸に対する内側面の傾斜角度（前記第1面側が広がる角度を正の傾斜角度とする）の合計値が4.0°以上、および前記第1面から56.25%、68.75%、81.25%、93.75%の距離の位置における前記貫通孔の中心軸に対する内側面の傾斜角度の合計値が-4.0°以下である条件を満たす、貫通電極基板が提供される。

【0008】

前記導電体は、第1金属層と第2金属層とを含み、前記第1金属層は、前記第2金属層と前記基板との間に配置され、前記第1面と前記第2面との双方において、少なくとも一部に前記第1金属層が配置されていてもよい。

30

【0009】

前記第1面と前記第2面とに配置された前記第1金属層の少なくとも一部は、前記貫通孔の内部に配置された前記第1金属層と接続されていてもよい。

【0010】

前記基板は、ガラス基板であってもよい。

【0011】

前記導電体は、前記導電体は、前記基板上に配置された第1金属層および前記第1金属層上に配置された第2金属層を含んでもよい。

40

【0012】

前記貫通孔のアスペクト比は4以上であってもよい。

【0013】

本開示の一実施形態によると、上記記載の貫通電極基板と、前記貫通電極基板の前記導電体と電氣的に接続された半導体回路基板と、を有する半導体装置が提供される。

【発明の効果】

【0014】

本開示の実施形態によると、貫通孔の内部に導電体を容易に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

50

- 【図 1】本開示の第 1 実施形態における貫通電極基板の断面構造を説明する図である。
- 【図 2】本開示の第 1 実施形態における貫通電極基板の製造方法を説明する図である。
- 【図 3】図 2 に続く貫通電極基板の製造方法（貫通孔の形成）を説明する図である。
- 【図 4】図 3 に続く貫通電極基板の製造方法（第 1 金属層の形成）を説明する図である。
- 【図 5】図 4 に続く貫通電極基板の製造方法（第 1 金属層の形成）を説明する図である。
- 【図 6】図 5 に続く貫通電極基板の製造方法（第 2 金属層の形成）を説明する図である。
- 【図 7】図 6 に続く貫通電極基板の製造方法（貫通電極の形成）を説明する図である。
- 【図 8】図 7 に続く貫通電極基板の製造方法（配線層の形成）を説明する図である。
- 【図 9】本開示の第 1 実施例における貫通孔の形状例（形状 A）を説明する図である。
- 【図 10】本開示の第 2 実施例における貫通孔の形状例（形状 B）を説明する図である。 10
- 【図 11】本開示の第 1 実施例（形状 A 1）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 12】本開示の第 1 実施例（形状 A 2）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 13】本開示の第 1 実施例（形状 A 3）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 14】本開示の第 1 比較例（形状 A 4）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 15】本開示の第 1 比較例（形状 A 5）における貫通孔の形状特性を説明する図である。 20
- 【図 16】本開示の第 2 実施例（形状 B 1）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 17】本開示の第 2 実施例（形状 B 2）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 18】本開示の第 2 比較例（形状 B 3）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 19】本開示の第 2 比較例（形状 B 4）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 20】本開示の第 3 実施例における貫通孔の形状例（形状 C）を説明する図である。
- 【図 21】本開示の第 4 実施例における貫通孔の形状例（形状 D）を説明する図である。 30
- 【図 22】本開示の第 5 実施例における貫通孔の形状例（形状 E）を説明する図である。
- 【図 23】本開示の第 3 実施例（形状 C 1）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 24】本開示の第 3 実施例（形状 C 2）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 25】本開示の第 3 実施例（形状 C 3）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 26】本開示の第 3 比較例（形状 C 4）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 27】本開示の第 4 実施例（形状 D 1）における貫通孔の形状特性を説明する図である。 40
- 【図 28】本開示の第 4 実施例（形状 D 2）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 29】本開示の第 4 比較例（形状 D 3）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 30】本開示の第 4 比較例（形状 D 4）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 31】本開示の第 5 実施例（形状 E 1）における貫通孔の形状特性を説明する図である。
- 【図 32】本開示の第 2 実施形態における半導体装置を示す図である。 50

【図33】本開示の第2実施形態における半導体装置の別の例を示す図である。

【図34】本開示の第2実施形態における半導体装置のさらに別の例を示す図である。

【図35】本開示の第2実施形態における半導体装置を用いた電子機器を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本開示の各実施形態に係る貫通電極基板について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下に示す各実施形態は本発明の実施形態の一例であって、本発明はこれらの実施形態に限定して解釈されるものではない。なお、本実施形態で参照する図面において、同一部分または同様な機能を有する部分には同一の符号または類似の符号（数字の後にA、B等を付しただけの符号）を付し、その繰り返しの説明は省略する場合がある。また、図面の寸法比率は説明の都合上実際の比率とは異なったり、構成の一部が図面から省略されたりする場合がある。

【0017】

<第1実施形態>

[貫通電極基板の構成]

図1は、本開示の第1実施形態における貫通電極基板の断面構造を説明する図である。貫通電極基板10は、ガラス基板100および配線層210、220を含む。ガラス基板100の第1面101側には、配線層210が配置されている。ガラス基板100の第2面102側には、配線層220が配置されている。ガラス基板100は、第1面101から第2面102に対して貫通する貫通孔150を備える。貫通電極50は、貫通孔150の内部、ガラス基板100の第1面101側の一部および第2面102側の一部に配置された導電体である。貫通電極50は、ガラス基板100の第1面101側と第2面102側とを電気的に接続する。配線層210は、導電層212および絶縁層215を含む。配線層220は、導電層222および絶縁層225を含む。導電層212と導電層222とは、貫通電極50を介して電気的に接続されている。なお、配線層210および配線層220の少なくとも一方または双方は存在しなくてもよい。

【0018】

図1では貫通孔150の形状は円筒形状のように示しているが、実際には、貫通孔150の内側面は複雑な形状を有している。図2～8の説明においても同様である。なお、貫通孔150の具体的な形状については、後述する図9、10、22、23、24に示す形状が例示される。

【0019】

[貫通電極基板の製造方法]

続いて、貫通電極基板10の製造方法について、図2から図8を用いて説明する。まず、ガラス基板100に貫通孔150を形成する工程について説明する。

【0020】

図2は、本開示の第1実施形態における貫通電極基板の製造方法を説明する図である。図3は、図2に続く貫通電極基板の製造方法（貫通孔の形成）を説明する図である。まず、ガラス基板100を準備する（図2）。ガラス基板100の厚さは、この例では、400μmである。ガラス基板100の代わりに、石英基板、シリコンウェハ、セラミックなど他の無機材料で形成された基板が用いられてもよいし、樹脂基板などの有機材料で形成された基板が用いられてもよい。シリコンウェハ等、導電性を有する基板を用いる場合には、貫通孔が形成された状態において、貫通電極と基板とが導通しないように、貫通孔の内側面を含めた基板表面が絶縁体で覆われる。

【0021】

続いて、ガラス基板100に貫通孔150を形成する（図3）。貫通孔150は、上述したように内側面が図9、10、20、21、22に示すいずれかの形状となるように形成される。この例では、貫通孔150の形状は、以下の第1条件および第2条件のいずれかを満たす。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

(第1条件)

第1条件は、以下の(1)、(2)に示す条件である。

(1) 貫通孔150の内部において径 S_d が極小値を有しない。

(2) 貫通孔150の内側面における複数の測定点の傾斜角度の合計値が 8.0° 以上である。

ここで、複数の測定点とは、第1面101から第2面102までの区間のうちの第1面101から 6.25% 、 18.75% 、 31.25% 、 43.75% 、 56.25% 、 68.75% 、 81.25% 、 93.75% の距離の位置(合計8点)である。

【 0 0 2 3 】

(第2条件)

第2条件は、以下の(3)、(4)、(5)に示す条件である。

(3) 貫通孔150の内部において径 S_d が極小値を有する。

(4) 貫通孔150の内側面における複数の第1測定点の傾斜角度の第1の合計値が 4.0° 以上である。

(5) 貫通孔150の内側面における複数の第2測定点の傾斜角度の第2の合計値が -4.0° 以下である。

ここで、複数の第1測定点とは、第1面101から第2面102までの区間のうちの第1面101から 6.25% 、 18.75% 、 31.25% 、 43.75% の距離の位置(合計4点)である。複数の第2測定点とは、第1面101から第2面102までの区間のうちの第1面101から 56.25% 、 68.75% 、 81.25% 、 93.75% の距離の位置(合計4点)である。

【 0 0 2 4 】

上記の各用語の定義について説明する。貫通孔150の内部とは、貫通孔150におけるガラス基板100の第1面101と第2面102との間を示す。貫通孔150の径 S_d とは、貫通孔150の中心軸に垂直な断面形状において、中心軸から内側面までの距離を示している。中心軸に垂直な断面の位置に応じて径 S_d は変化する。この例では、断面形状が円である。したがって、径 S_d は半径に相当する。また、中心軸は円の中心に位置する。また、この例では、貫通孔150の中心軸は、第1面101および第2面102に対して垂直になっている。傾斜角度とは、貫通孔150の中心軸に対する内側面の傾斜角度である。第1面101側が広がる傾斜角度を正の値としている。

【 0 0 2 5 】

第1条件を満たす貫通孔150は、ガラス基板100に対して所定の条件でレーザを照射することによって形成される。第2条件を満たす貫通孔150は、ガラス基板100に対して所定の条件でレーザを照射した後に、所定のエッチング液によりエッチング処理を施すことによって形成される。径 S_d の最大値は、 $35\mu\text{m}$ ~ $45\mu\text{m}$ 程度である。上述した通り、ガラス基板100の厚さは $400\mu\text{m}$ である。したがって、アスペクト比(貫通孔150の直径(径 S_d の最大値 $\times 2$)に対する貫通孔150の長さ(ガラス基板100の厚さ)の割合)は5程度である。上記の第1条件または第2条件は、アスペクト比が4以上である貫通孔150であるときに適用されることが望ましい。いずれの条件を満たす貫通孔150についても、詳細の加工条件については後述する各実施例において説明する。

【 0 0 2 6 】

続いて、貫通孔150に貫通電極50を形成する工程について説明する。

【 0 0 2 7 】

図4は、図3に続く貫通電極基板の製造方法(第1金属層の形成)を説明する図である。図5は、図4に続く貫通電極基板の製造方法(第1金属層の形成)を説明する図である。図6は、図5に続く貫通電極基板の製造方法(第2金属層の形成)を説明する図である。図7は、図6に続く貫通電極基板の製造方法(貫通電極の形成)を説明する図である。

【 0 0 2 8 】

10

20

30

40

50

貫通孔150が形成されたガラス基板100に対して、第1金属層51を形成する。第1金属層51は、電解めっき処理のためのシード層の機能を有する。第1金属層51はTiである。なお、第1金属層51は、電解めっき処理のシード層として機能する金属であればよく、例えば、Cu、Ni、Cr、Ti、W等を含む金属であってもよい。

【0029】

第1金属層51は、まず、ガラス基板100の第1面101側からスパッタリング法によって形成される(図4)。この例では、ガラス基板100を回転させながら、第1面101側からスパッタリング法により第1金属層51が堆積される。ガラス基板100の回転軸は、第1面101の法線に対して傾斜している。回転軸の傾斜角は、0°以上20°以下であることが望ましく、この例では10°である。なお、スパッタに用いられるターゲットの表面の法線は、この回転軸に平行である。

10

【0030】

この時点では、第1金属層51は、第1面101側には形成されているが、第2面102側には形成されていない。また、第1金属層51は、貫通孔150の内側面のうち第1面101側の一部には形成されているが、第2面102側の一部には形成されていない。そのため、ガラス基板100の第2面102側からスパッタリング法により第1金属層51を堆積する(図5)。この処理によって、ガラス基板100の表面が第1金属層51に覆われる。第1面101(および第2面102)上において、第1金属層51は、0.1μm以上3μm以下の厚さになるように堆積されることが望ましく、この例では1.5μmの厚さで堆積される。貫通孔150の内側面に堆積される第1金属層51は、第1面101に堆積される第1金属層51よりも薄くなる。

20

【0031】

続いて、第1金属層51をシード層として、電解めっき処理により第2金属層52を成長させる。電解めっき処理の前に、第2金属層52を成長させない領域にはレジスト等の絶縁体でマスクを形成しておき、第2金属層52を成長させた後にマスクを除去する(図6)。このようにすると、マスクが形成された部分には第2金属層52が成長しないため、マスクを除去した領域は第1金属層51が露出される。

【0032】

第2金属層52はCuである。なお、第2金属層52は、Au、Ag、Pt、Al、Ni、Cr、Sn等を含む金属であってもよい。この例では、第2金属層52は、貫通孔150の内部を充填しない程度の膜厚で形成される。充填されないことによって形成された貫通孔150内の空間については、気体が存在する状態としてもよいし、樹脂等の絶縁体で充填されてもよいし、別の金属等の導電体で充填されてもよい。なお、第2金属層52は、貫通孔150の内部を充填する程度の膜厚で形成されてもよい。

30

【0033】

続いて、第2金属層52をマスクとして、露出されている第1金属層51をエッチングすると、貫通電極50が形成される(図7)。なお、貫通電極50は、第1金属層51および第2金属層52の積層構造であるが、各図においてはこの積層構造を区別せずにまとめて記載している。

【0034】

貫通孔150のアスペクト比が大きくなるほど、貫通孔150の内側面の一部において第1金属層51が形成されない場合がある。第1金属層51が形成されない領域が存在すると、次の工程での電解めっき処理において第2金属層52が形成されない領域が発生する。この結果、第1面101側と第2面102側との導通が実現しないという不良が発生してしまう。

40

【0035】

一方、貫通孔150の形状が上述した第1条件または第2条件を満たしていることにより、第1金属層51が貫通孔150の内側面のほぼ全体わたって形成される。これにより、第2金属層52が貫通孔150の内部で分離しにくくなるため第1面101側と第2面102側との導通を実現する貫通電極50を形成することができる。

50

【 0 0 3 6 】

図 8 は、図 7 に続く貫通電極基板の製造方法（配線層の形成）を説明する図である。ガラス基板 1 0 0 に貫通電極 5 0 が形成されると、続いて、ガラス基板 1 0 0 の第 1 面 1 0 1 側に配線層 2 1 0 が形成される。配線層 2 1 0 は、例えば、コンタクトホールを有する絶縁層 2 1 5 を形成し、導電層 2 1 2 を形成することによって実現される。絶縁層 2 1 5 は、例えば、感光性のドライフィルムレジストによって形成される。ガラス基板 1 0 0 上にドライフィルムレジストが形成され、所定のパターンで露光され、現像されることによってコンタクトホールが形成される。導電層 2 1 2 は、上述した貫通電極 5 0 と同様に、電解メッキ処理を用いて形成されてもよいし、スパッタリング法などを用いた蒸着によって形成されてもよい。絶縁層 2 1 5 と導電層 2 1 2 とを繰り返して形成することにより多層構造の配線層 2 1 0 が形成される。

10

【 0 0 3 7 】

続いて、ガラス基板 1 0 0 の第 2 面 1 0 2 側に配線層 2 2 0 を形成すると、図 1 に示す構造が実現される。以上が貫通電極基板 1 0 の製造方法についての説明である。

【 0 0 3 8 】

< 実施例 >

[貫通孔の形状（径 $S d$ の極小値無し）]

貫通孔 1 5 0 の形状、およびこの形状を実現するための製造方法について説明する。まず、貫通孔 1 5 0 の内部において径 $S d$ が極小値を有しない形状について説明する。ここでは、第 1 実施例（形状 A）および第 2 実施例（形状 B）について説明する。

20

【 0 0 3 9 】

図 9 は、本開示の第 1 実施例における貫通孔の形状例（形状 A）を説明する図である。図 9 に示す貫通孔 1 5 0 A の径 $S d$ は、第 1 面 1 0 1 側で最も大きく、第 2 面 1 0 2 側に向かうほど小さくなっていき、第 2 面 1 0 2 側で最も小さい。なお、図 9 において、貫通孔 1 5 0 A の中心軸 C A は、貫通孔 1 5 0 A を第 1 面 1 0 1 に平行な面で切ったときに現れる円の中心に対応する。したがって、中心軸 C A から貫通孔 1 5 0 A の内側面までの距離（円の半径）が径 $S d$ に対応する。また、傾斜角度 T A は、中心軸 C A に対する内側面の角度である。図 9 では、第 1 面 1 0 1 からの $175 \mu\text{m}$ （43.75%）における内側面の傾き S S と中心軸 C A との角度が傾斜角度 T A として例示されている。

30

【 0 0 4 0 】

図 1 0 は、本開示の第 2 実施例における貫通孔の形状例（形状 B）を説明する図である。図 1 0 に示す貫通孔 1 5 0 B の径 $S d$ は、第 1 面 1 0 1 側より第 2 面 1 0 2 側が小さく、第 1 面 1 0 1 側から第 2 面 1 0 2 側に向かうにつれて、一度大きくなってから小さくなる。すなわち、貫通孔の内部において、径 $S d$ が極大値を有する。径 $S d$ が極大値となる位置は、第 1 面 1 0 1 と第 2 面 1 0 2 との中央の位置よりも第 1 面 1 0 1 側に存在する。

【 0 0 4 1 】

形状 A および形状 B の貫通孔は、上述した特許文献 1（国際公開第 2 0 1 0 / 0 8 7 4 8 3 号）に開示されたレーザの照射を行う装置を用いて作製された。エキシマレーザ光の照射は、 $50 \mu\text{m}$ 毎にガラス基板 1 0 0 の加工面での照射フルエンスを調整した。このように照射フルエンスを調整することによって、形成される貫通孔の形状を制御した。

40

【 0 0 4 2 】

[第 1 実施例および第 1 比較例]

形状 A を前提とした貫通孔 1 5 0 A の様々な形状について、第 1 金属層 5 1 の形成に与える影響を評価した。ここでは、第 1 実施例として形状 A 1 ~ A 3 の貫通孔を形成した。また、第 1 比較例として形状 A 4、A 5 の貫通孔を形成した。各形状における深さ F d と照射フルエンス（およびショット数）との関係は以下の表 1 に示す通りである。なお、深さ F d は、第 1 面 1 0 1 からの距離に対応する。したがって、深さ F d = $0 \mu\text{m}$ は第 1 面 1 0 1 に対応し、深さ F d = $400 \mu\text{m}$ は第 2 面 1 0 2 に対応する。

【 0 0 4 3 】

【表 1】

表 1 : レーザ光の照射条件 (形状 A)

深さ F d (μm)	照射フルエンス (J/cm^2), ショット数 (回)				
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
0-50	9.3, 537	8.6, 583	8.9, 559	8.9, 559	8.6, 583
50-100	10.0, 499	10.7, 465	8.9, 559	8.9, 559	8.6, 583
100-150	11.5, 436	9.3, 537	8.6, 583	8.6, 583	8.6, 583
150-200	12.9, 388	9.3, 537	8.6, 583	8.2, 608	8.6, 583
200-250	10.0, 499	8.6, 583	8.6, 583	8.2, 608	7.9, 636
250-300	9.3, 537	7.9, 636	8.6, 583	8.2, 608	8.2, 608
300-350	8.6, 583	7.9, 636	8.2, 608	8.2, 608	8.2, 608
350-400	9.3, 537	7.9, 636	8.2, 608	7.9, 636	7.9, 636

10

20

【0044】

図 1 1 は、本開示の第 1 実施例 (形状 A 1) における貫通孔の形状特性を説明する図である。図 1 2 は、本開示の第 1 実施例 (形状 A 2) における貫通孔の形状特性を説明する図である。図 1 3 は、本開示の第 1 実施例 (形状 A 3) における貫通孔の形状特性を説明する図である。図 1 4 は、本開示の第 1 比較例 (形状 A 4) における貫通孔の形状特性を説明する図である。図 1 5 は、本開示の第 1 比較例 (形状 A 5) における貫通孔の形状特性を説明する図である。図 1 1 ~ 図 1 5 において示される貫通孔の形状特性は、深さ F d と径 S d との関係、および深さ F d と傾斜角度 T A との関係である。なお、傾斜角度 T A の測定位置は、第 1 面 1 0 1 から第 2 面 1 0 2 までの区間のうちの第 1 面 1 0 1 から 6 . 2 5 % (2 5 μm)、1 8 . 7 5 % (7 5 μm)、3 1 . 2 5 % (1 2 5 μm)、4 3 . 7 5 % (1 7 5 μm)、5 6 . 2 5 % (2 2 5 μm)、6 8 . 7 5 % (2 7 5 μm)、8 1 . 2 5 % (3 2 5 μm)、9 3 . 7 5 % (3 7 5 μm) の距離の位置 (合計 8 点) である。

30

【0045】

形状 A 1 ~ A 5 の貫通孔 1 5 0 A において、上記の第 1 実施形態で説明した方法で貫通電極 5 0 を形成した。各形状の貫通電極 5 0 の断面を観察し、第 1 金属層 5 1 が貫通孔 1 5 0 A の内側面全体に形成されているか否かを評価した。第 1 金属層 5 1 が形成されていない領域がなければ良好 (OK)、第 1 金属層 5 1 が形成されていない領域がある場合には不良 (NG) とした。なお、第 1 金属層 5 1 は非常に薄いため、電解めっき処理により第 2 金属層 5 2 を形成し、第 2 金属層 5 2 の状況を観察することで、間接的に第 1 金属層 5 1 が形成されているか否かを評価した。

40

【0046】

その結果、形状 A 1、A 2、A 3 は良好であり、形状 A 4、A 5 は不良であると判定された。

【0047】

[第 2 実施例および第 2 比較例]

形状 B を前提とした貫通孔 1 5 0 B の様々な形状について、第 1 金属層 5 1 の形成に与える影響を評価した。ここでは、第 2 実施例として形状 B 1、B 2 の貫通孔を形成した。

50

また、第2比較例として形状B3、B4の貫通孔を形成した。各形状における深さF dと照射フルエンス（およびショット数）との関係は以下の表2に示す通りである。

【0048】

【表2】

表2：レーザ光の照射条件（形状B）

深さF d (μm)	照射フルエンス (J/cm^2) , ショット数 (回)			
	B 1	B 2	B 3	B 4
0-50	3.5, 1414	4.3, 1176	2.1, 2363	2.8, 1771
50-100	2.8, 1771	4.3, 1176	3.5, 1414	2.1, 2363
100-150	9.3, 537	9.3, 537	9.3, 537	6.4, 780
150-200	10.0, 499	10.0, 499	10.0, 499	10.0, 499
200-250	11.5, 436	10.7, 465	10.7, 465	10.7, 465
250-300	11.5, 436	10.0, 499	10.0, 499	10.0, 499
300-350	11.5, 436	10.0, 499	10.0, 499	10.0, 499
350-400	11.5, 436	9.3, 537	7.1, 701	9.3, 537

10

20

【0049】

図16は、本開示の第2実施例（形状B1）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図17は、本開示の第2実施例（形状B2）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図18は、本開示の第2比較例（形状B3）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図19は、本開示の第2比較例（形状B4）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図16～図19において示される貫通孔の形状特性は、深さF dと径S dとの関係、および深さF dと傾斜角度T Aとの関係である。評価方法は、上述と同様にして第1金属層51が貫通孔150Bの内側面全体に形成されているか否かを評価した。

30

【0050】

その結果、形状B1、B2は良好であり、形状B3、B4は不良であると判定された。

【0051】

[評価結果と傾斜角度の関係（径S dの極小値無し）]

上記の第1実施例、第1比較例、第2実施例および第2比較例による評価結果により、傾斜角度T Aの合計値T S Aが所定の条件を満たすときに良好な評価結果が得られることが見出された。傾斜角度合計値T S Aは、8点の傾斜角度T Aを合計した値である。各形状に対する傾斜角度合計値T S Aおよび評価結果の関係を以下の表3に示す。

40

【0052】

【表 3】

表 3：各形状に対する傾斜角度合計値 T S A と評価結果

形状	傾斜角度合計値 T S A (°)	評価結果
A 1	29.23	良好
A 2	11.71	良好
A 3	9.38	良好
A 4	7.03	不良
A 5	5.86	不良
B 1	14.07	良好
B 2	8.22	良好
B 3	0.09	不良
B 4	-2.24	不良

10

20

【 0 0 5 3 】

表 3 に示すように、8 点の測定点における傾斜角度合計値 T S A が 8 ° 以上であると、評価結果が良好となる。これは、上述した貫通孔 1 5 0 が「第 1 条件」を満たす形状であることを示す。

【 0 0 5 4 】

[貫通孔の形状 (径 S d の極小値有り)]

貫通孔 1 5 0 の内部において径 S d が極小値を有する形状について説明する。ここでは、第 3 実施例 (形状 C)、第 4 実施例 (形状 D) および第 5 実施例 (形状 E) について説明する。

30

【 0 0 5 5 】

図 2 0 は、本開示の第 3 実施例における貫通孔の形状例 (形状 C) を説明する図である。図 2 0 に示す貫通孔 1 5 0 C の径 S d は、第 1 面 1 0 1 側および第 2 面 1 0 2 側で最も大きく、貫通孔の内部の中央付近で極小値を有する。中央付近とは、深さ F d が、4 3 . 7 5 % (1 7 5 μ m) と 5 6 . 2 5 % (2 2 5 μ m) との間の位置であり、ほぼ 5 0 % (2 0 0 μ m) の位置である。

【 0 0 5 6 】

図 2 1 は、本開示の第 4 実施例における貫通孔の形状例 (形状 D) を説明する図である。図 2 1 に示す貫通孔 1 5 0 D の径 S d は、貫通孔の内部の中央付近で極小値を有し、第 1 面 1 0 1 と中央付近との中間位置および第 2 面 1 0 2 と中央付近との中間位置で極大値を有する。

40

【 0 0 5 7 】

図 2 2 は、本開示の第 5 実施例における貫通孔の形状例 (形状 E) を説明する図である。図 2 2 に示す貫通孔 1 5 0 E の径 S d は、第 1 面 1 0 1 側および第 2 面 1 0 2 側において極大値を有し、第 1 面 1 0 1 と中央付近との中間位置および第 2 面 1 0 2 と中央付近との中間位置で極小値を有する。なお、第 1 面 1 0 1 での径 S d および第 2 面 1 0 2 での径 S d を除けば、中央付近において径 S d が極大値を有する。

【 0 0 5 8 】

50

形状C、形状Dおよび形状Eの貫通孔は、上述した特許文献2（特表2014-501686号公報）に開示されたレーザの照射を行う装置およびエッチング装置を用いて作製された。具体的には、上記文献に記載されるNd：KGWレーザ装置を用いてUVレーザビームを照射することによってガラス基板100の内部に損傷領域を形成する。このとき、ガラス基板100の第1面101側からのレーザビーム照射、および第2面102側からのレーザビーム照射を順に行った。いずれの面側からのレーザビーム照射においても、それぞれ条件は同じである。

【0059】

両面それぞれのレーザビーム照射が終わった後に、35のエッチング液（HF（20体積%）+HNO₃（10体積%）水溶液）を用いた超音波浴内で10分のエッチング処理を行うことにより、ガラス基板100の損傷領域を溶解した。

10

【0060】

上記の処理のうち、レーザビームの照射条件を調整することによって、ガラス基板100に形成される損傷領域の形状を調整した。損傷領域の形状が変化すると、その変化に伴って貫通孔の形状も変化する。照射条件は、レーザビームの入口開口径（ガラス基板100の表面の開口径）、中間開口径（ガラス基板100の中央付近（表面から200μm）における開口径）、および照射時間である。入口開口径および中間開口径は、レンズNAと焦点位置とを変更することで調整される。

【0061】

[第3実施例および第3比較例]

20

形状Cを前提とした貫通孔150Cの様々な形状について、第1金属層51の形成に与える影響を評価した。ここでは、第3実施例として形状C1、C2、C3の貫通孔を形成した。また、第3比較例として形状C4の貫通孔を形成した。各形状における照射条件は以下の表4に示す通りである。

【0062】

【表4】

表4：レーザ光の照射条件（形状C）

	C 1	C 2	C 3	C 4
入口開口径（μm）	75	75	75	75
中間開口径（μm）	55	65	70	73
照射時間（msec）	25	25	25	25

30

【0063】

図23は、本開示の第3実施例（形状C1）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図24は、本開示の第3実施例（形状C2）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図25は、本開示の第3実施例（形状C3）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図26は、本開示の第3比較例（形状C4）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図23～図26において示される貫通孔の形状特性は、深さFdと径Sdとの関係、および深さFdと傾斜角度TAとの関係である。評価方法は、上述と同様に第1金属層51が貫通孔150Cの内側面全体に形成されているか否かを評価した。

40

【0064】

その結果、形状C1、C2、C3は良好であり、形状C4は不良であると判定された。

【0065】

50

【第4実施例および第4比較例】

形状Dを前提とした貫通孔150Dの様々な形状について、第1金属層51の形成に与える影響を評価した。ここでは、第4実施例として形状D1、D2の貫通孔を形成した。また、第4比較例として形状D3、D4の貫通孔を形成した。各形状における照射条件は以下の表5に示す通りである。

【0066】

【表5】

表5：レーザ光の照射条件（形状D）

	D 1	D 2	D 3	D 4
入口開口径（ μm ）	58	58	53	50
中間開口径（ μm ）	80	80	80	100
照射時間（m s e c）	15	18	20	22

10

【0067】

図27は、本開示の第4実施例（形状D1）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図28は、本開示の第4実施例（形状D2）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図29は、本開示の第4比較例（形状D3）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図30は、本開示の第4比較例（形状D4）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図27～図30において示される貫通孔の形状特性は、深さFdと径Sdとの関係、および深さFdと傾斜角度TAとの関係である。評価方法は、上述と同様にして第1金属層51が貫通孔150Dの内側面全体に形成されているか否かを評価した。

20

【0068】

その結果、形状D1、D2は良好であり、形状D3、D4は不良であると判定された。

30

【0069】

【第5実施例】

形状Eを前提とした貫通孔150Eの様々な形状について、第1金属層51の形成に与える影響を評価した。ここでは、第E実施例として形状E1の貫通孔を形成した。この形状における照射条件は以下の表6に示す通りである。

【0070】

【表6】

表6：レーザ光の照射条件（形状E）

	E 1
入口開口径（ μm ）	75
中間開口径（ μm ）	-75
照射時間（m s e c）	25

40

【0071】

50

図31は、本開示の第5実施例（形状E1）における貫通孔の形状特性を説明する図である。図31において示される貫通孔の形状特性は、深さFdと径Sdとの関係、および深さFdと傾斜角度TAとの関係である。評価方法は、上述と同様にして第1金属層51が貫通孔150Eの内側面全体に形成されているか否かを評価した。

【0072】

その結果、形状E1は良好であると判定された。

【0073】

[評価結果と傾斜角度の関係（径Sdの極小値有り）]

上記の第3実施例、第3比較例、第4実施例、第4比較例および第5実施例による評価結果により、傾斜角度TAの合計値TSAが所定の条件を満たすときに良好な評価結果が得られることが見出された。傾斜角度合計値TSAは、4点の傾斜角度TAを合計した値である。各形状に対する傾斜角度合計値TSAおよび評価結果の関係を以下の表7に示す。傾斜角度TAの測定位置は、第1面101から第2面102までの区間のうちの第1面101から6.25%（25μm）、18.75%（75μm）、31.25%（125μm）、43.75%（175μm）の距離の位置の4点である。

【0074】

なお、形状C、D、Eの貫通孔については、貫通孔の中央（50%、200μm）に対して第1面101側と第2面102側とが対称の関係にある。そのため、傾斜角度TAの測定位置は、第1面101から第2面102までの区間のうちの第1面101から56.25%（225μm）、68.75%（275μm）、81.25%（325μm）、93.75%（375μm）の距離の位置の4点とする場合には、傾斜角度合計値TSAは、正負を逆転させた値となる。

【0075】

【表7】

表7：各形状に対する傾斜角度合計値TSAと評価結果

形状	傾斜角度合計値 TSA (°)	評価結果
C1	23.31	良好
C2	11.71	良好
C3	4.10	良好
C4	3.05	不良
D1	9.11	良好
D2	4.03	良好
D3	-4.51	不良
D4	-7.74	不良
E1	5.73	良好

【0076】

表6に示すように、4点の測定点（第1面101から第2面102までの区間のうちの第1面101から6.25%（25μm）、18.75%（75μm）、31.25%（

125 μm)、43.75% (175 μm)の距離の位置)における傾斜角度合計値TSAが4°以上であると、評価結果が良好となる。このとき、結果的には、4点の測定点(第1面101から第2面102までの区間のうちの第1面101が56.25%(225 μm)、68.75%(275 μm)、81.25%(325 μm)、93.75%(375 μm)の距離の位置)における傾斜角度合計値TSAが-4°以下であると、評価結果が良好となる。これは、上述した貫通孔150が「第2条件」を満たす形状であることを示す。

【0077】

<第2実施形態>

第2実施形態においては、第1実施形態における貫通電極基板10を用いて製造される半導体装置について説明する。

【0078】

図32は、本発明の第2実施形態に係る半導体装置を示す図である。半導体装置1000は、積層された3つの貫通電極基板10(10-1、10-2、10-3)を有し、LSI基板70に接続されている。貫通電極基板10-1は、例えば、DRAM等の半導体素子を有し、また、導電層212、222等で形成された接続端子81-1、82-1を有している。これらの貫通電極基板10(10-1、10-2、10-3)がガラス基板100を用いたものでなくてもよく、一部の貫通電極基板10は、他の貫通電極基板10とは異なる材料の基板を用いたものであってもよい。接続端子81-1は、LSI基板70の接続端子80に対して、パンプ90-1を介して接続されている。接続端子82-1は、貫通電極基板10-2の接続端子81-2に対して、パンプ90-2を介して接続されている。貫通電極基板10-2の接続端子82-2と、貫通電極基板10-3の接続端子83-1とについても、パンプ90-3を介して接続されている。パンプ90(90-1、90-2、90-3)は、例えば、インジウム、銅、金等の金属を用いる。

【0079】

なお、貫通電極基板10を積層する場合には、3層に限らず、2層であってもよいし、さらに4層以上であってもよい。また、貫通電極基板10と他の基板との接続は、パンプによるものに限らず、共晶接合など、他の接合技術を用いてもよい。また、ポリイミド、エポキシ樹脂等を塗布、焼成して、貫通電極基板10と他の基板とが接着されてもよい。

【0080】

図33は、本発明の第2実施形態に係る半導体装置の別の例を示す図である。図33に示す半導体装置1000は、MEMSデバイス、CPU、メモリ等の半導体回路基板(半導体チップ)71-1、71-2、および貫通電極基板10を積層した積層構造体を有し、LSI基板70に接続されている。

【0081】

貫通電極基板10は、半導体回路基板71-1と半導体回路基板71-2との間に配置され、パンプ90-1、90-2を介して、それぞれに接続されている。LSI基板70上に半導体回路基板71-1が載置されている。LSI基板70と半導体回路基板71-2とはワイヤ95により接続されている。この例では、貫通電極基板10は、複数の半導体回路基板を積層して3次元実装するためのインターポーザとして用いられる。貫通電極基板10がそれぞれ機能の異なる複数の半導体回路基板と接続することで、多機能の半導体装置を実現することができる。例えば、半導体回路基板71-1を3軸加速度センサとし、半導体回路基板71-2を2軸磁気センサとすることによって、5軸モーションセンサを1つのモジュールで実現した半導体装置を実現することができる。

【0082】

半導体回路基板がMEMSデバイスにより形成されたセンサなどである場合には、センシング結果がアナログ信号により出力される場合がある。この場合には、ローパスフィルタ、アンプ等についても半導体回路基板または貫通電極基板10に形成してもよい。

【0083】

図34は、本発明の第5実施形態に係る半導体装置の別の例を示す図である。上記2つ

10

20

30

40

50

の例（図32、図33）は、3次元実装であったが、この例では、2.5次元実装に適用した例である。図34に示す例では、LSI基板70には、6つの貫通電極基板10（10-1～10-6）が積層されて接続されている。ただし、全ての貫通電極基板10が積層して配置されているだけでなく、基板面内方向にも並んで配置されている。

【0084】

図34の例では、LSI基板70上に貫通電極基板10-1、10-5が接続され、貫通電極基板10-1上に貫通電極基板10-2、10-4が接続され、貫通電極基板10-2上に貫通電極基板10-3が接続され、貫通電極基板10-5上に貫通電極基板10-6が接続されている。なお、図33に示す例のように、貫通電極基板10を複数の半導体回路基板を接続するためのインターポーザとして用いても、このような2.5次元実装が可能である。例えば、貫通電極基板10-3、10-4、10-6などが半導体回路基板に置き換えられてもよい。

10

【0085】

上述のように製造された半導体装置1000は、例えば、携帯端末（携帯電話、スマートフォンおよびノート型パーソナルコンピュータ等）、情報処理装置（デスクトップ型パーソナルコンピュータ、サーバ、カーナビゲーション等）、家電等、様々な電気機器に搭載される。

【0086】

図35は、本発明の第5実施形態に係る半導体装置を用いた電子機器を示す図である。半導体装置1000は、例えば、携帯端末（携帯電話、スマートフォンおよびノート型パーソナルコンピュータ等）、情報処理装置（デスクトップ型パーソナルコンピュータ、サーバ、カーナビゲーション等）、家電等、様々な電気機器に搭載される。半導体装置1000が搭載された電気機器の例として、スマートフォン500およびノート型パーソナルコンピュータ600を示した。これらの電気機器は、アプリケーションプログラムを実行して各種機能を実現するCPU等で構成される制御部1100を有する。各種機能には、半導体装置1000からの出力信号を用いる機能が含まれる。なお、半導体装置1000が制御部1100の機能を有していてもよい。

20

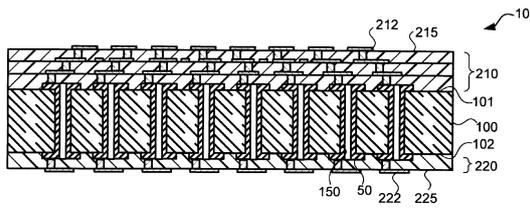
【符号の説明】

【0087】

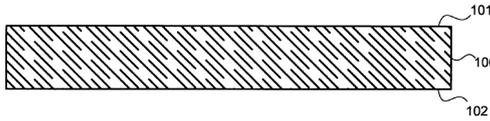
10...貫通電極基板、50...貫通電極、51...第1金属層、52...第2金属層、70...LSI基板、71...半導体回路基板、80, 81, 82...接続端子、90...バンプ、95...ワイヤ、100...ガラス基板、101...第1面、102...第2面、150...貫通孔、210, 220...配線層、212, 222...導電層、215, 225...絶縁層、500...スマートフォン、600...ノート型パーソナルコンピュータ、1000...半導体装置、1100...制御部

30

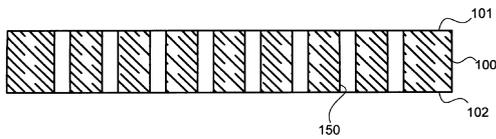
【図1】



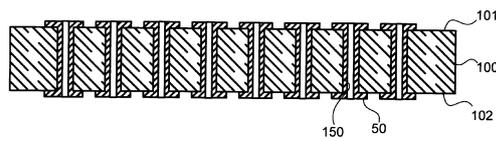
【図2】



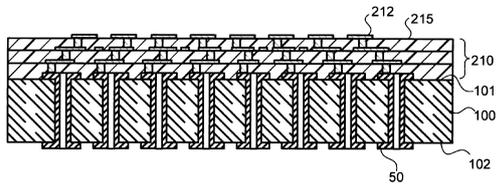
【図3】



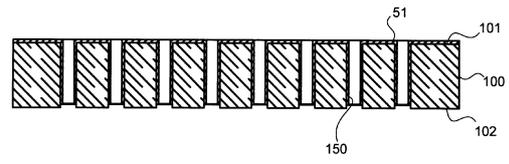
【図7】



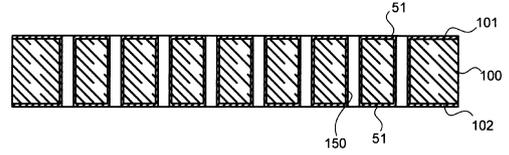
【図8】



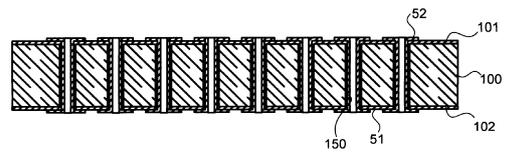
【図4】



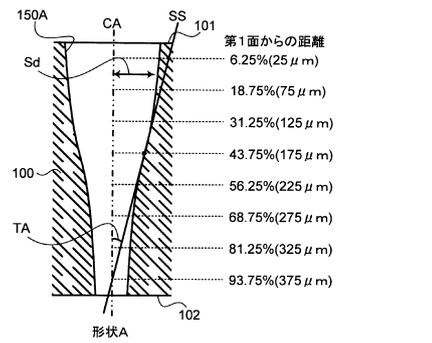
【図5】



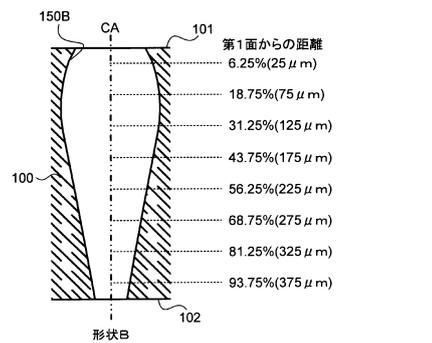
【図6】



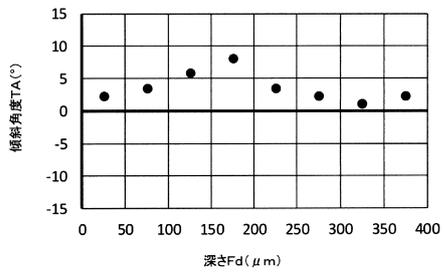
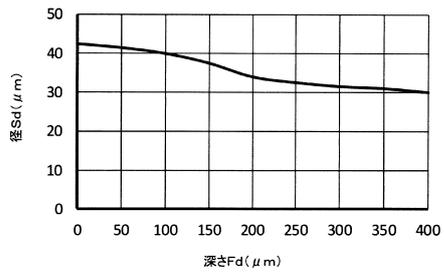
【図9】



【図10】

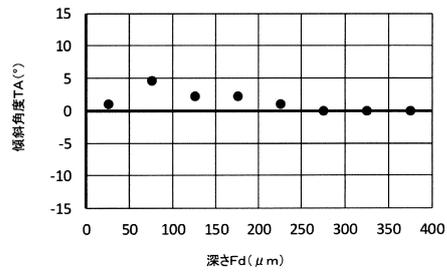
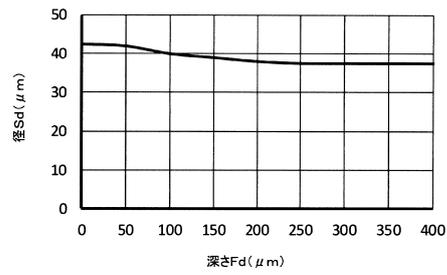


【 図 1 1 】



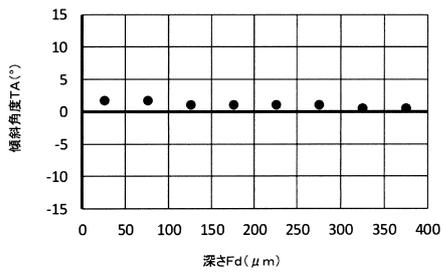
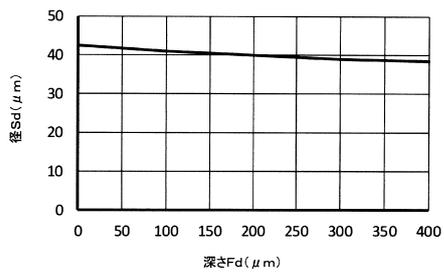
形状A1

【 図 1 2 】



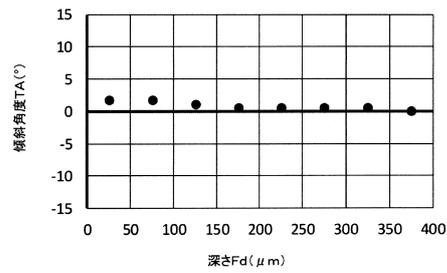
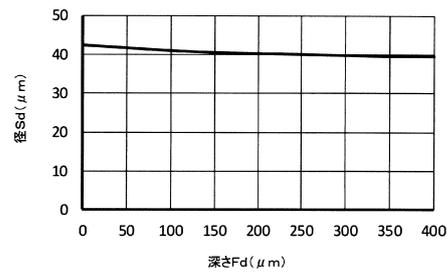
形状A2

【 図 1 3 】



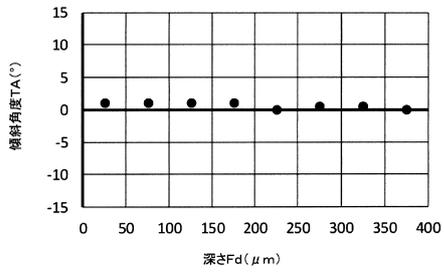
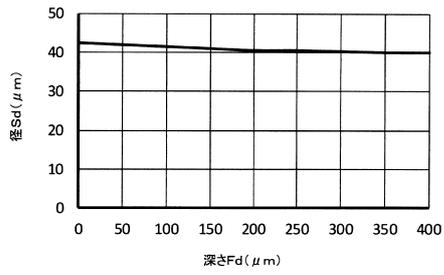
形状A3

【 図 1 4 】



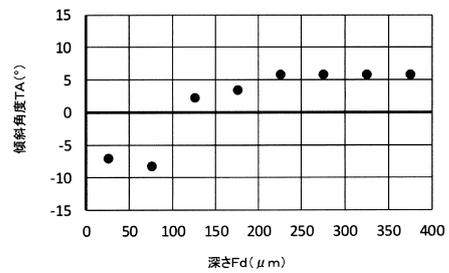
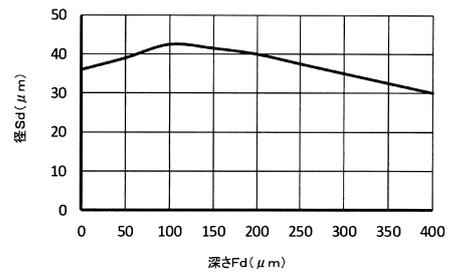
形状A4

【 図 1 5 】



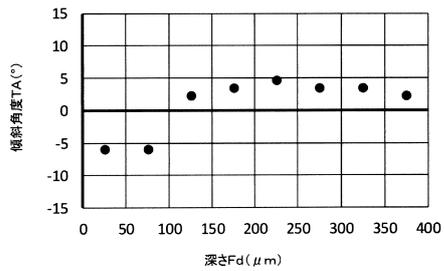
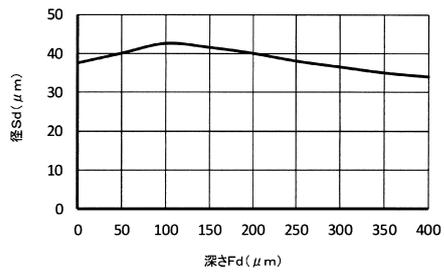
形状A5

【 図 1 6 】



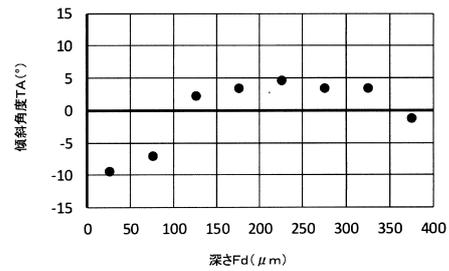
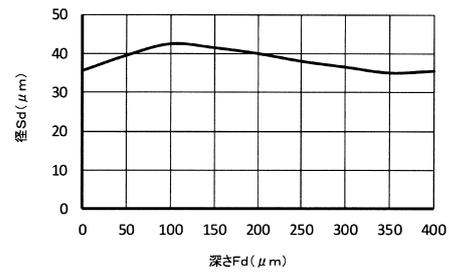
形状B1

【 図 1 7 】



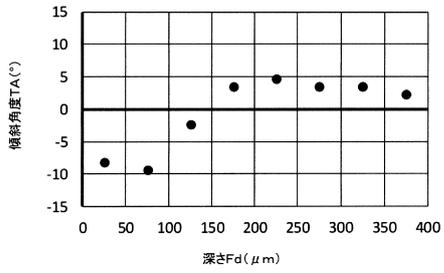
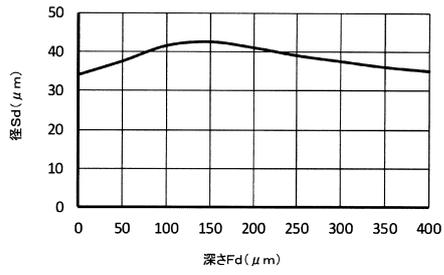
形状B2

【 図 1 8 】



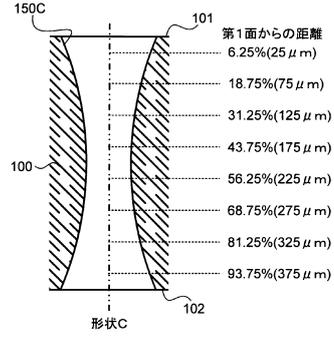
形状B3

【図19】



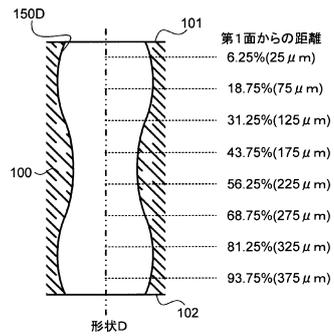
形状B4

【図20】



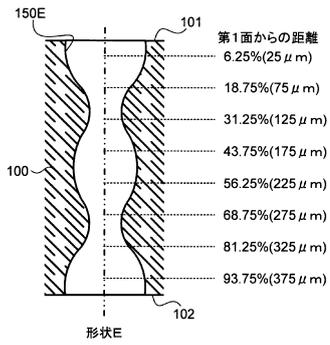
形状C

【図21】



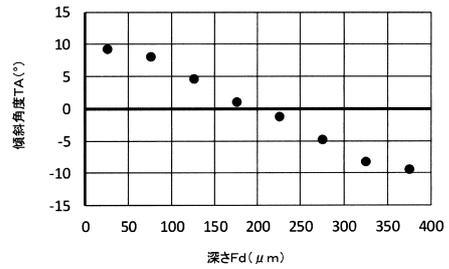
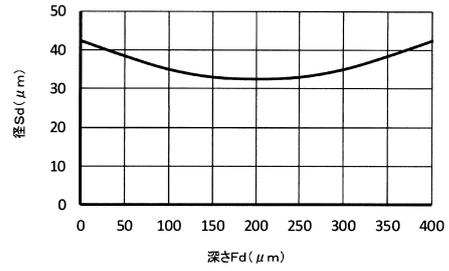
形状D

【図22】



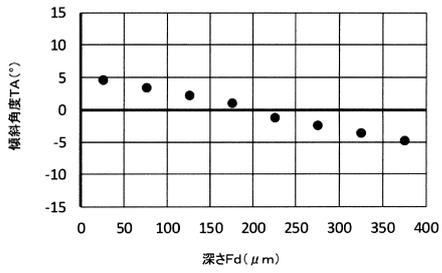
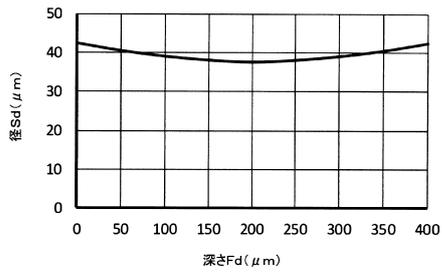
形状E

【図23】



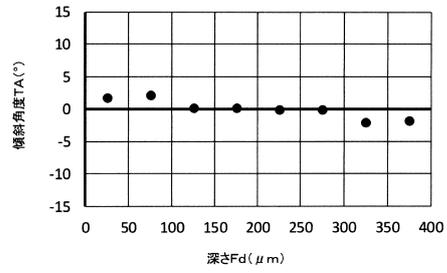
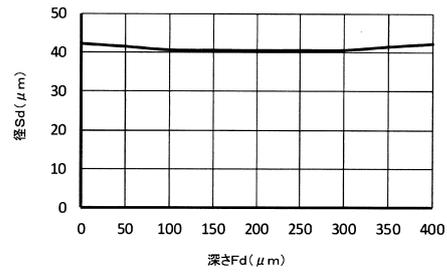
形状C1

【 図 2 4 】



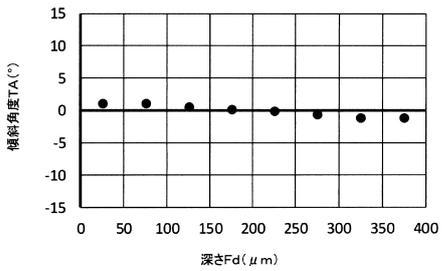
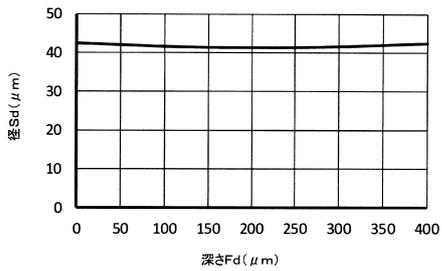
形状C2

【 図 2 5 】



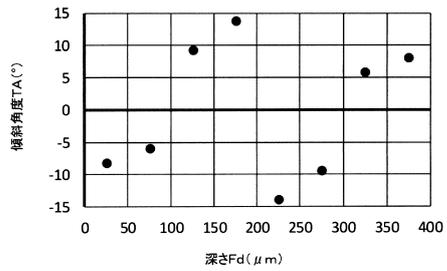
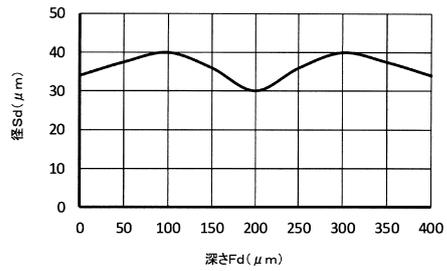
形状C3

【 図 2 6 】



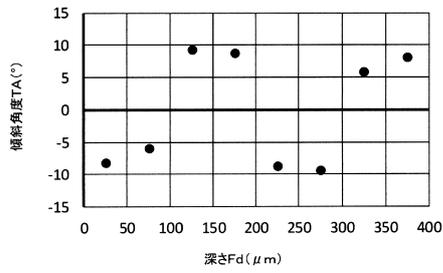
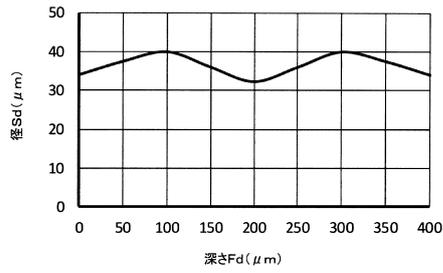
形状C4

【 図 2 7 】



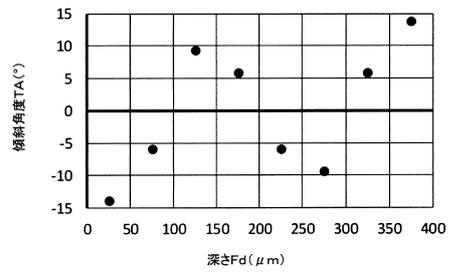
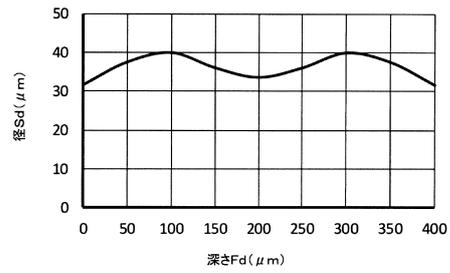
形状D1

【 図 2 8 】



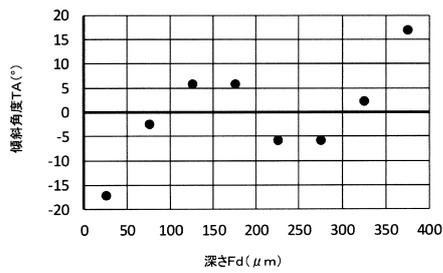
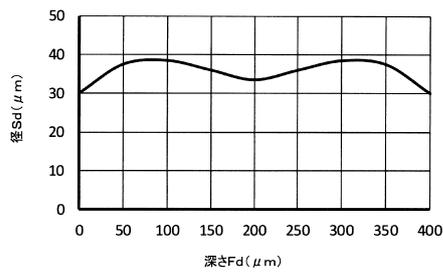
形状D2

【 図 2 9 】



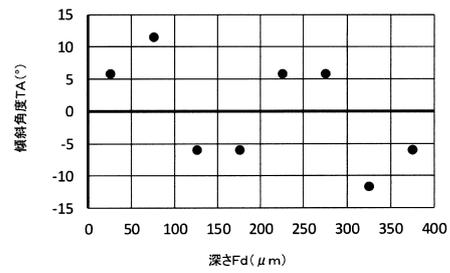
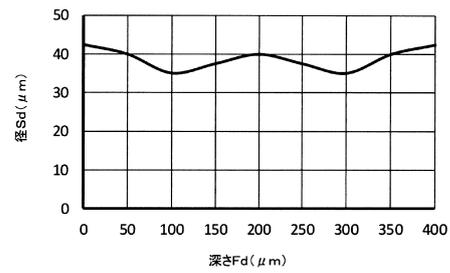
形状D3

【 図 3 0 】



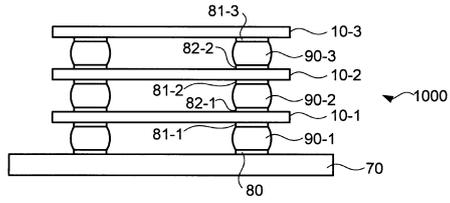
形状D4

【 図 3 1 】

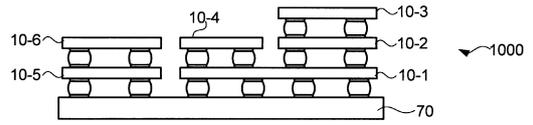


形状E1

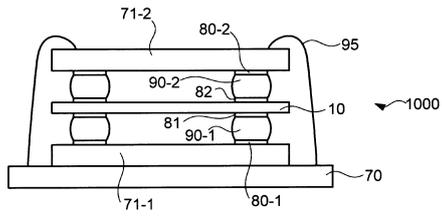
【図 3 2】



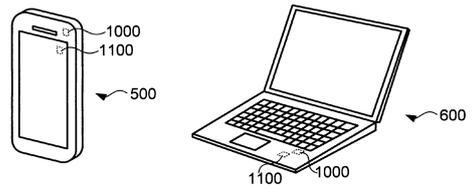
【図 3 4】



【図 3 3】



【図 3 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 5 K 3/42 (2006.01)

(56)参考文献 特開2015-095590(JP,A)
国際公開第2015/076301(WO,A1)
特開2011-205069(JP,A)
特開2016-157982(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 L 2 3 / 1 2 - 2 3 / 1 5
H 0 1 L 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 7
H 0 1 L 2 5 / 1 0 - 2 5 / 1 1
H 0 1 L 2 5 / 1 6 - 2 5 / 1 8
H 0 5 K 1 / 1 1
H 0 5 K 3 / 4 0 - 3 / 4 2