

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6291822号
(P6291822)

(45) 発行日 平成30年3月14日 (2018. 3. 14)

(24) 登録日 平成30年2月23日 (2018. 2. 23)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 21/02 (2006.01)	H O 1 L 21/02 B
	H O 1 L 21/02 C

請求項の数 18 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2013-255156 (P2013-255156)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成25年12月10日 (2013. 12. 10)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2014-143399 (P2014-143399A)		東京都港区港南二丁目15番3号
(43) 公開日	平成26年8月7日 (2014. 8. 7)	(74) 代理人	110000877
審査請求日	平成28年11月11日 (2016. 11. 11)		龍華国際特許業務法人
(31) 優先権主張番号	特願2012-281788 (P2012-281788)	(72) 発明者	菅谷 功
(32) 優先日	平成24年12月25日 (2012. 12. 25)		東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		株式会社ニコン内
		(72) 発明者	綱井 史郎
			東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
			株式会社ニコン内
		(72) 発明者	岡田 政志
			東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
			株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板および基板接合方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

他の基板に接合される接合面と、
 前記接合面に形成された凹部と、
 前記凹部内に形成され、表面が前記接合面よりも下方に位置するとともに、前記表面の中央がさらに下方に位置している導通領域と、
 前記凹部内における前記導通領域の前記表面上の空間に連通した空洞部と、
 を備える基板。

【請求項 2】

前記空洞部は、前記接合面に開口している請求項 1 に記載の基板。

10

【請求項 3】

前記空洞部は、前記導通領域の周囲に形成されている請求項 1 または 2 に記載の基板。

【請求項 4】

前記空洞部は、前記接合面に形成された多孔質層を含む請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の基板。

【請求項 5】

前記空洞部は、前記基板の周縁部まで連通する部分を有する請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の基板。

【請求項 6】

前記空洞部の一部は、前記他の基板の前記表面に形成された突出部と相補的な形状を有

20

する部分を含む請求項 1 から請求項 5 までのいずれか一項に記載の基板。

【請求項 7】

前記導通領域内に前記空洞部としての穴が設けられている請求項 1 に記載の基板。

【請求項 8】

他の基板に接合される接合面と、

前記接合面に形成された凹部と、

前記凹部内に形成され、表面の少なくとも一部が前記接合面よりも下方に位置する導通領域と、

前記凹部内における前記導通領域の前記表面上の空間に連通した空洞部と、

前記導通領域を包囲するとともに、前記空洞部の内部において少なくとも一部が除去されているバリア層と

を備える基板。

【請求項 9】

基板の接合面に凹部を形成する段階と、

表面が前記接合面よりも下方に位置するとともに、前記表面の中央がさらに下方に位置している導通領域を、前記凹部内に形成する段階と、

前記凹部内における前記導通領域の前記表面上の空間に連通した空洞部を形成する段階と、

前記接合面を他の基板の接合面に接触させる段階と、

前記接合面同士を接触させた後に、前記導通領域を前記他の基板の導通領域に接触させる段階と、
を含む基板接合方法。

【請求項 10】

前記空洞部を形成する段階は、前記基板の周縁部まで連通する部分を形成する段階を含み、

前記接合面を他の基板の接合面に接触させる段階は、前記基板および前記他の基板の間を、前記空洞部を通じて脱気する段階を含む請求項 9 に記載の基板接合方法。

【請求項 11】

前記脱気する段階は、前記基板および前記他の基板の少なくとも一方を加熱する段階を含む請求項 10 に記載の基板接合方法。

【請求項 12】

前記脱気する段階は、前記基板および前記他の基板の接合に先立って前記基板および前記他の基板の間を、前記空洞部を通じて脱気する段階を含む請求項 10 または請求項 11 に記載の基板接合方法。

【請求項 13】

前記脱気する段階は、前記基板および前記他の基板を接合しつつ、前記基板および前記他の基板の間を、前記空洞部を通じて脱気する段階を含む請求項 10 から請求項 12 までのいずれか一項に記載の基板接合方法。

【請求項 14】

前記導通領域を包囲するバリア層の少なくとも一部を前記空洞部の内部において除去する段階を更に含む請求項 9 から 13 のいずれか一項に記載の基板接合方法。

【請求項 15】

前記空洞部を形成する段階は、前記基板が前記他の基板に接合された場合に、前記他の基板に設けられた導通領域の縁部を包含する領域に形成される請求項 9 から請求項 14 までのいずれか一項に記載の基板接合方法。

【請求項 16】

前記空洞部を形成する段階は、

前記基板において他の回路に接続されない独立導通領域を形成する段階と、

前記独立導通領域の周囲に、前記基板の周縁部まで連通する部分を前記空洞部に形成する段階と

10

20

30

40

50

を含む請求項 9 から請求項 15 までのいずれか一項に記載の基板接合方法。

【請求項 17】

前記空洞部を形成する段階において、前記空洞部としての穴を前記導通領域内に設ける請求項 9 に記載の基板接合方法。

【請求項 18】

基板の接合面に凹部を形成する段階と、
表面の少なくとも一部が前記接合面よりも下方に位置する導通領域を、前記凹部内に形成する段階と、

前記凹部内における前記導通領域の前記表面上の空間に連通した空洞部を形成する段階と、

前記接合面を他の基板の接合面に接触させる段階と、

前記接合面同士を接触させた後に、前記導通領域を前記他の基板の導通領域に接触させる段階と、

を含み、

前記導通領域を包囲するバリア層の少なくとも一部を前記空洞部の内部において除去する段階を更に含む基板接合方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板および基板接合方法に関する。

【背景技術】

【0002】

表面を活性化した基板を重ねて積層基板を製造する方法がある（特許文献 1 参照）。

[特許文献 1] 特表 2006 - 517344 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

積層基板の基板間に空気等を噛み込むと、積層により密着した基板間で空洞が面方向に拡がり、接合不良および導通不良の原因のひとつになる。また、積層基板の製造当初は不良に至らなくても、デバイス駆動時の発熱により膨張した積層基板内の空気が基板を変形させて、歪みによる回路素子の特性変動または破壊を生じる場合がある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の第一態様においては、表面において活性化された絶縁領域を、他の基板の表面において活性化された絶縁領域に接触させることにより他の基板に接合される基板であって、絶縁領域の表面に連通する空間を形成する空洞部を有する基板が提供される。

【0005】

本発明の第二態様においては、基板の絶縁領域の表面に、表面に連通する空間を形成する空洞部を形成する段階と、絶縁領域の表面を活性化する段階と、活性化された絶縁領域を、他の基板の表面において活性化された絶縁領域に接触させて、基板および他の基板を接合する段階とを備える基板接合方法が提供される。

【0006】

上記した発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではない。これら特徴群のサブコンビネーションも発明となり得る。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】受光基板 100 の断面図である。

【図 2】処理基板 200 の断面図である。

【図 3】積層基板 300 の断面図である。

【図 4】積層半導体装置 400 の断面図である。

10

20

30

40

50

【図５】積層基板３００の製造過程を示す断面図である。
【図６】積層基板３００の製造過程を示す断面図である。
【図７】処理基板２００の平面図である。
【図８】積層基板３００の製造過程を示す断面図である。
【図９】積層基板３００の断面図である。
【図１０】積層基板３００の断面図である。
【図１１】積層基板３０１の断面図である。
【図１２】積層基板３０１の水平断面図である。
【図１３】積層基板３０２の製造過程を示す断面図である。
【図１４】積層基板３０２の断面図である。
【図１５】他の積層基板の製造過程を示す断面図である。
【図１６】他の積層基板３０３の断面図である。
【図１７】他の処理基板２０４を示す模式的断面図である。
【図１８】他の処理基板２０５を示す模式的断面図である。
【図１９】他の処理基板２０６を示す模式的断面図である。
【図２０】他の処理基板２０７を示す模式的断面図である。
【図２１】他の処理基板２０８を示す模式的斜視図である。
【図２２】他の処理基板２０９を示す模式的斜視図である。
【図２３】基板５０１を示す模式的断面図である。
【図２４】他の基板５０２を示す模式的断面図である。
【図２５】他の積層基板３０４の断面図である。
【図２６】積層基板３００等の他の接合手順を示す流れ図である。
【図２７】他の積層基板３０５の断面図である。
【図２８】他の積層基板３０６の断面図である。
【図２９】他の積層基板３０７の断面図である。
【図３０】接合面１５９、２５９の平面図である。
【発明を実施するための形態】
【０００８】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明する。下記の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【０００９】

図１は、積層半導体装置４００の一部をなす受光基板１００の断面図である。受光基板１００は、支持基板１１０、半導体ウェル１３０および多層配線層１５０を備える。

【００１０】

支持基板１１０は、受光基板１００の製造プロセスに耐える機械的強度を担う厚さを有する。支持基板１１０の一面には、絶縁層１２０を介して半導体ウェル１３０が配される。半導体ウェル１３０には、支持基板１１０の面方向に配列された複数のフォトダイオード１３２が配される。また、半導体ウェル１３０には、隣接して形成されたゲート電極１４０等により複数の電界効果トランジスタが形成される。

【００１１】

多層配線層１５０は、半導体ウェル１３０の表面に交互に積層された層間絶縁材１５２および配線材１５４により形成される。配線材１５４としては、チタン、タングステン等の金属材料を使用できる。層間絶縁材１５２は、珪素酸化物等により形成できる。

【００１２】

フォトダイオード１３２および電界効果トランジスタは、多層配線層１５０により相互に接続されて受光回路１１１を形成する。多層配線層１５０における配線材１５４の一端は、支持基板１１０と反対側の一面において外部に露出した接続パッド１６０に電氣的に接続される。即ち、図中上面に当たる受光基板１００の表面１５８には、絶縁体である層間絶縁材１５２に分離された複数の接続パッド１６０が露出している。

【 0 0 1 3 】

受光回路 1 1 1 においては、フォトダイオード 1 3 2 の各々が画素に対応し、電界効果トランジスタが画素毎にリセット、選択および増幅を担う。フォトダイオード 1 3 2 が入射光を受けて蓄積した電荷は、電界効果トランジスタによるソースフォロワを通じて電圧信号として接続パッド 1 6 0 から外部に出力される。

【 0 0 1 4 】

図 2 は、積層半導体装置 4 0 0 の一部をなす処理基板 2 0 0 の断面図である。処理基板 2 0 0 は、支持基板 2 1 0、半導体ウェル 2 3 0 および多層配線層 2 5 0 を備える。

【 0 0 1 5 】

支持基板 2 1 0 は、処理基板 2 0 0 の製造プロセスに耐える機械的強度を担う厚さを有する。支持基板 2 1 0 の一面には、半導体ウェル 2 3 0 が配される。半導体ウェル 2 3 0 には、半導体ウェル 2 3 0 に隣接して形成されたゲート電極 2 4 0 等により複数の電界効果トランジスタが作り込まれている。

【 0 0 1 6 】

多層配線層 2 5 0 は、半導体ウェル 2 3 0 の表面に交互に積層された層間絶縁材 2 5 2 および配線材 2 5 4 により形成される。複数の電界効果トランジスタは、多層配線層 2 5 0 により相互に接続されて処理回路 2 1 1 を形成する。

【 0 0 1 7 】

また、多層配線層 2 5 0 における配線材 2 5 4 の一端は、支持基板 2 1 0 と反対側の一面において外部に露出した接続パッド 2 6 0 に電氣的に接続される。即ち、図中上面に当たる処理基板 2 0 0 の表面 2 5 8 には、絶縁体である層間絶縁材 2 5 2 に分離された複数の接続パッド 2 6 0 が露出している。

【 0 0 1 8 】

処理基板 2 0 0 の接続パッド 2 6 0 は、受光基板 1 0 0 と積層された場合に、受光基板 1 0 0 の接続パッド 1 6 0 に接続される。これにより、処理回路 2 1 1 が、受光基板 1 0 0 の受光回路 1 1 1 の出力信号を処理する。処理回路 2 1 1 においては、アナログ/デジタル変換、ノイズ抑圧、ファイル生成等の処理が実行される。

【 0 0 1 9 】

更に、処理基板 2 0 0 は、支持基板 2 1 0 に嵌入した貫通電極 2 5 6 を有する。貫通電極 2 5 6 の一端は、多層配線層 2 5 0 の配線材 2 5 4 に電氣的に接続される。貫通電極 2 5 6 の他端は、図示の段階では、支持基板 2 1 0 の内部に埋没している。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、イメージセンサとして用い得る積層半導体装置 4 0 0 を製造する過程で形成される積層基板 3 0 0 の断面図である。積層基板 3 0 0 において、受光基板 1 0 0 は、図 1 に示した状態に対して表裏が反転されて処理基板 2 0 0 に積層される。積層基板 3 0 0 においては、受光基板 1 0 0 の接続パッド 1 6 0 と、処理基板 2 0 0 の接続パッド 2 6 0 とが互いに当接して電氣的に接続される。

【 0 0 2 1 】

受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 を積層する場合は、それぞれの基板において予め定めた数箇所の位置合わせ指標の位置ずれに基づいて、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 が位置合わせされる。位置合わせにおいては、例えば、全体の位置ずれが最小になる位置を算出するグローバルアライメント法により、積層基板 3 0 0 の歩留りを向上させることができる。更に、位置合わせ指標の位置に基づいて、オフセット補正、回転補正、直交度補正、スケーリング補正等を加えて、位置合わせ精度をより向上させることもできる。

【 0 0 2 2 】

位置合わせの指標としては、接続パッド 1 6 0、2 6 0 そのものを利用してよいし、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 に形成された配線、基板等を利用してよい。更に、位置合わせに利用する目的で受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 に設けたアライメントマークを利用してよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

図 4 は、積層基板 3 0 0 を更に加工して作製された積層半導体装置 4 0 0 の断面図である。積層半導体装置 4 0 0 において、処理基板 2 0 0 の支持基板 2 1 0 は薄化され、図中下面に露出した貫通電極 2 5 6 の下端に、バンプ 2 2 0 が設けられる。これにより、積層半導体装置 4 0 0 は、他の基板、リードフレーム等に電氣的に接続できる。

【 0 0 2 4 】

また、積層半導体装置 4 0 0 において、受光基板 1 0 0 の支持基板 1 1 0 は除去され、露出した絶縁層 1 2 0 に、遮光層 1 7 0、平坦化層 1 7 2、有機平坦化層 1 7 4、1 8 2、オンチップカラーフィルタ 1 8 0 およびオンチップレンズ 1 9 0 等が順次積層される。

【 0 0 2 5 】

これにより、受光基板 1 0 0 のフォトダイオード 1 3 2 は、オンチップレンズ 1 9 0 およびオンチップカラーフィルタ 1 8 0 を通じて入射した光を、多層配線層 1 5 0 を通すことなく受光する。このように、積層半導体装置 4 0 0 は、裏面照射型イメージセンサを形成する。

【 0 0 2 6 】

積層半導体装置 4 0 0 において、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 は、接続パッド 1 6 0、2 6 0 を通じて電氣的に結合されている。よって、受光基板 1 0 0 においてフォトダイオード 1 3 2 への入射光により発生した電荷は、電圧信号として処理基板 2 0 0 側の処理回路 2 1 1 に受け渡され、更に、デジタル変換等の処理を経て、バンプ 2 2 0 から外部に出力される。

【 0 0 2 7 】

なお、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 のそれぞれは、図 1 または図 2 に示した構造をそれぞれの面方向に繰り返し有する。よって、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 を積層することにより、多数の積層半導体装置 4 0 0 が一括して製造される。

【 0 0 2 8 】

よって、積層基板 3 0 0 は、ダイシングにより切り分けられて多数のダイとなる。こうして得られたダイのそれぞれは、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 を積層して製造したことにより、高い歩留りと高い集積密度とを有する。

【 0 0 2 9 】

図 5 から図 1 0 は、積層基板 3 0 0 の製造過程を、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の接合段階に注目して詳細に示す模式的断面図である。図中においては、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 を単純化して、絶縁物である層間絶縁材 1 5 2、2 5 2 と導体である接続パッド 1 6 0、2 6 0 とにより示している。また、特に断らない限り、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 は大気環境において接合する。

【 0 0 3 0 】

図 5 に示すように、積層基板 3 0 0 の製造では、受光基板 1 0 0 において層間絶縁材 1 5 2 の中に接続パッド 1 6 0 が露出した面と、処理基板 2 0 0 において層間絶縁材 2 5 2 の中に接続パッド 2 6 0 が露出した面とが接合される。続いて説明するように、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の接合においては、まず層間絶縁材 1 5 2、2 5 2 が相互に接合され、続いて接続パッド 1 6 0、2 6 0 が相互に接合される。

【 0 0 3 1 】

受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の接合においては、まず、図 6 に示すように、処理基板 2 0 0 に陥没部 2 5 7 が形成される。陥没部 2 5 7 は、接続パッド 2 6 0 に隣接した領域において、層間絶縁材 2 5 2 をエッチングすることにより形成される。

【 0 0 3 2 】

形成された陥没部 2 5 7 は、処理基板 2 0 0 の表面 2 5 8 に向かって開口する。また、形成された陥没部 2 5 7 は、図 7 に示すように、接続パッド 2 6 0 に隣接し、且つ、接続パッド 2 6 0 を包囲する。これにより、処理基板 2 0 0 の表面 2 5 8 に連通する空洞部が処理基板 2 0 0 内部に形成される。

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

50

次に、図 8 に示すように、受光基板 100 および処理基板 200 の表面 158、258 を平滑化して、層間絶縁材 152、252 の表面に、接合面 159、259 を形成する。接合面 159、259 は、研磨によっても平滑化できるが、研磨に先立ってエッチングも併用してもよい。接合面 159、259 は、それぞれ 1 nm 未満まで平滑化することが好ましい。平滑化された受光基板 100 および処理基板 200 は、研磨に伴って生じた残留物を洗浄により除去した後乾燥される。

【0034】

なお、接合面 159、259 を研磨する場合、接合面 159、259 を形成する層間絶縁材 152、252 と、接続パッド 160、260 を形成する金属等との物性の相違により、接続パッド 160、260 の研磨量が、層間絶縁材 152、252 よりも多くなるので、接続パッド 160、260 の先端は、接合面 159、259 から、層間絶縁材 152、252 の内部に沈み込んでいる。

10

【0035】

また、金属製の接続パッド 160、260 は、研磨される場合の圧力により不可避に弾性変形する。このため、研磨後の接続パッド 160、260 の先端表面は平坦ではなく、中央が窪んだ形状になる。

【0036】

次に、受光基板 100 および処理基板 200 の接合面 159、259 を活性化処理する。接合面 159、259 は、例えば、反応性イオンエッチング、誘導結合プラズマ等により接合面 159、259 の表面を処理して活性化できる。更に、活性化処理された接合面 159、259 を、 NH_4OH 、 NH_4F 、 HF 等の溶液に短時間浸漬する処理をしてもよい。

20

【0037】

こうして、絶縁体である層間絶縁材 152、252 の表面に形成された接合面 159、259 を活性化された受光基板 100 および処理基板 200 は、対向して接近させることにより、図 9 に示すように、自ずから吸着して接合され、積層基板 300 を形成する。更に、受光基板 100 および処理基板 200 が相互に吸着した状態で 24 時間程度静置することにより、受光基板 100 および処理基板 200 の接合強度は、支持基板 110、210 の化学機械研磨等の処理に耐え得るものとなる。

【0038】

30

なお、処理基板 200 の層間絶縁材 252 に形成された陥没部 257 は、接合面 259 にも隣接している。よって、上記の接合処理において接合面 159、259 に挟まれた気泡は、相互に吸着し合う接合面 159、259 により、陥没部 257 に押し込まれる。よって、密着した接合面 159、259 の間に薄く広がるボイドの発生が防止される。

【0039】

なお、図 9 に示した段階では、接合面 159、259 から沈み込んだ接続パッド 160、260 の間には間隙が残る。また、既に説明した通り、接続パッド 160、260 の先端表面は中央が窪んだ形状を有するので、接続パッド 160、260 相互の間隙は、中央においてより広い。このため、受光基板 100 と処理基板 200 との間に、十分な電氣的接続はまだ形成されていない。

40

【0040】

そこで、積層基板 300 をリフロー処理することにより、図 10 に示すように、接続パッド 160、260 が一体化され、接続部 360 が形成される。ここで、接続パッド 160、260 を、インジウム、錫 - 銀合金のように低温で溶融する材料で形成することにより、200 度以下の低い温度で積層基板 300 をリフロー処理できる。

【0041】

また、既に説明したように、接続パッド 160、260 の周囲には、陥没部 257 が隣接して配されている。よって、接続パッド 160、260 がリフローにより溶融して表面張力により凝縮した場合、接続パッド 160、260 の窪みに残っていた空気は、陥没部 257 に移る。これにより、リフロー処理された接続パッド 160、260 は、ボイドの

50

無い緻密な接続部 3 6 0 を形成する。

【 0 0 4 2 】

なお、上記のような機能に鑑みて、陥没部 2 5 7 は、接続部 3 6 0 を形成する接続パッド 1 6 0、2 6 0 に隣接していれば、受光基板 1 0 0 に形成されていてもよい。更に、陥没部 2 5 7 は、受光基板と処理基板 2 0 0 の両方に形成されていてもよい。

【 0 0 4 3 】

また、陥没部 2 5 7 は、接続部 3 6 0 を形成する接続パッド 1 6 0、2 6 0 に隣接していれば、完全な環状でなくてもよい。また、陥没部 2 5 7 の深さも、予想される空気の収容量により適宜選択することができる。

【 0 0 4 4 】

このように、表面 2 5 8 に陥没部 2 5 7 を設けた処理基板 2 0 0 を接合して積層基板 3 0 0 を作製することにより、接合面 1 5 9、2 5 9 および接続パッド 1 6 0、2 6 0 の間に挟まれた空気によるボイドが面方向に拡大することを防止できる。これにより、強度の高い接合と、電気特性の良好な接続部 3 6 0 を形成できる。また、作業性が低く、製造コストおよびスループットに影響を及ぼす真空環境での接合作業が不要になるので、積層半導体装置 4 0 0 の生産性向上にも寄与する。

【 0 0 4 5 】

なお、陥没部 2 5 7 は、受光基板 1 0 0 の側に設けてもよい。また、陥没部 2 5 7 を、受光基板 1 0 0 と処理基板 2 0 0 との両方に設けてもよい。

【 0 0 4 6 】

図 1 1 は、他の積層基板 3 0 1 の製造過程を説明する断面図である。積層基板 3 0 1 は、受光基板 1 0 0 の側にも陥没溝 1 5 7 が形成されている点において、図 1 0 までに説明した積層基板 3 0 0 と異なる。これにより、受光基板 1 0 0 の内部には、表面 1 5 8 に連通する空洞部が形成される。その余の部分は、積層基板 3 0 0 と共通なので、重複する説明は省く。

【 0 0 4 7 】

図 1 2 は、積層基板 3 0 1 の水平断面図であり、受光基板 1 0 0 と処理基板 2 0 0 との接合面において積層基板 3 0 1 を切った断面を示す。積層基板 3 0 1 において受光基板 1 0 0 に形成された陥没溝 1 5 7 は、接続部 3 6 0 の周囲に形成された陥没部 2 5 7 を相互に連通させる。また、一部の陥没溝 1 5 7 は、積層基板 3 0 1 の側方端面において外部に連通する。これにより、受光基板 1 0 0 と処理基板 2 0 0 とを接合する場合に大量の空気を噛み込んだとしても、陥没溝 1 5 7 を通じて外部に排出する。

【 0 0 4 8 】

このように、陥没溝 1 5 7 を有する受光基板 1 0 0 と陥没部 2 5 7 を有する処理基板 2 0 0 とを接合して積層基板 3 0 1 を作製することにより、陥没部 2 5 7 の内圧が上昇して接合面 1 5 9、2 5 9 の自己的な吸着を妨げることが防止される。なお、陥没溝 1 5 7 を処理基板 2 0 0 に設け、陥没部 2 5 7 を受光基板 1 0 0 に設けてもよい。

【 0 0 4 9 】

図 1 3 は、また他の積層基板 3 0 2 の製造過程を示す断面図である。積層基板 3 0 1 を形成する処理基板 2 0 1 においては、接続パッド 2 6 0 の略中央に縦穴 2 6 1 が形成されている。これにより、処理基板 2 0 0 には表面 2 5 8 に連通する空洞部が形成される。

【 0 0 5 0 】

一方、処理基板 2 0 1 においては、接続パッド 2 6 0 周囲の陥没部 2 5 7 が除かれている。これらの点において、積層基板 3 0 0、3 0 1 の処理基板 2 0 0 と異なる。その余の部分は処理基板 2 0 0 と共通なので重複する説明は省く。

【 0 0 5 1 】

上記のような縦穴 2 6 1 は、接続パッド 2 6 0 の中央をエッチングすることにより形成できる。また、縦穴 2 6 1 は、接続パッド 2 6 0 を厚さ方向に貫通してもよい。これにより、縦穴 2 6 1 は、接続パッド 2 6 0 に対して隣接して配されることになる。

【 0 0 5 2 】

図 1 4 は、図 1 3 に示した受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 1 を接合して形成された積層基板 3 0 2 の断面図である。なお、図 1 3 に示した状態から、図 1 4 に示した状態までの間は、図 6 から図 9 までを参照して説明した段階と同じ処理が実行されるので、重複する説明を省く。

【 0 0 5 3 】

処理基板 2 0 1 においては、縦穴 2 6 1 が接続パッド 2 6 0 の中央付近に形成されている。よって、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 1 を接合して形成された積層基板 3 0 2 をリフロー処理した場合、接続パッド 1 6 0、2 6 0 の先端付近に挟まれた空気は、縦穴 2 6 1 に取り込まれる。このように、縦穴 2 6 1 を有する処理基板 2 0 1 を接合して積層基板 3 0 2 を作製することにより、接続パッド 1 6 0、2 6 0 の間でボイドが面方向に広がることを防止され、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 1 の間に良好な電氣的接合が形成される。

10

【 0 0 5 4 】

なお、縦穴 2 6 1 は、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 1 の層間絶縁材 1 5 2、2 5 2 の間に噛み込まれた空気にもある程度連通する。しかしながら、図 1 2 までに示した陥没溝 1 5 7 および陥没部 2 5 7 を併用して、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 に挟まれた空気をより効率よく収容してもよい。

【 0 0 5 5 】

また、上記の例では、縦穴 2 6 1 を処理基板 2 0 1 の接続パッド 2 6 0 に形成した。しかしながら、受光基板 1 0 0 の接続パッド 1 6 0 に縦穴 2 6 1 を形成しても、上記の例と同様にボイドの拡大を抑制することができる。更に、受光基板 1 0 0 の接続パッド 1 6 0 と、処理基板 2 0 1 の接続パッド 2 6 0 の両方に縦穴 2 6 1 を形成してもよい。

20

【 0 0 5 6 】

図 1 5 は、また他の積層基板を形成する処理基板 2 0 2 の断面図である。図 1 5 に示す処理基板 2 0 2 は、複数の開口穴 2 5 5 を有する多孔質体により表面 2 5 8 が形成されている。これにより、処理基板 2 0 2 には、表面 2 5 8 に連通する複数の空洞部が形成される。開口穴 2 5 5 の一部は、接続パッド 2 6 0 に隣接して配され、他の一部は、接合面 2 5 9 を形成する層間絶縁材 2 5 2 の表面に点在する。

【 0 0 5 7 】

これにより、処理基板 2 0 2 を他に基板に接合する場合の接合面の面積が僅かに減少するが、受光基板 1 0 0 と処理基板 2 0 2 とを接合する場合に空気を噛み込んでも、接合面においてボイドが面方向に広がることを防止される。よって、層間絶縁材 1 5 2、2 5 2 と接続パッド 1 6 0、2 6 0 とを良好に接合することができる。

30

【 0 0 5 8 】

なお、上記の処理基板 2 0 2 に積層する受光基板 1 0 0 の表面を、複数の開口穴 2 5 5 を有する多孔質体により形成してもよい。また、上記の形態においても、開口穴 2 5 5 を有する多孔質体と、図 1 0 までに示した陥没溝 1 5 7、陥没部 2 5 7、縦穴 2 6 1 等を組み合わせてもよい。

【 0 0 5 9 】

図 1 6 は、また他の積層基板 3 0 3 の製造過程を示す断面図である。図示の積層基板 3 0 3 は、図 1 1 および図 1 2 に示した積層基板 3 0 1 に加えて、受光基板 1 0 1 に形成された嵌合穴 1 5 3 と、処理基板 2 0 3 に形成された嵌合突起 2 5 3 とを備える。これにより、受光基板 1 0 1 と処理基板 2 0 3 とを接合する場合は、嵌合穴 1 5 3 と嵌合突起 2 5 3 とを嵌合させることにより、位置合わせの段階を省くことができる。なお、受光基板 1 0 1 と処理基板 2 0 3 とが相補的な形状の部分の有していれば、嵌合穴 1 5 3 および嵌合突起 2 5 3 の他の部分の形状および数に制限はない。

40

【 0 0 6 0 】

図 1 7 は、積層基板を形成し得る他の処理基板 2 0 4 の模式的断面図である。図 1 7 に示す処理基板 2 0 4 は、接続パッド 2 6 0 と共に、接続パッド 2 6 0 を充填することなく形成された陥没部 5 5 1 を表面 2 5 8 に有する。陥没部 5 5 1 は、例えば、接続パッド 2

50

60を形成した後に、改めて層間絶縁材252をフォトリソグラフィにより加工して形成できる。

【0061】

処理基板204の陥没部551は、接続パッド260の先端に形成された凹部に比較して、より大きな容量を有する。よって、処理基板204を受光基板100に接合する場合に基板間に残された空気が陥没部551に収容される。これにより、接合後の積層基板の温度が上昇しても、膨張した空気による内圧の上昇が抑制される。よって、積層基板内に残された空気による積層基板の歪みも低減される。

【0062】

なお、図示のように接続パッド260と同じ形状を有する陥没部551は、接続パッド260を形成する場合に用いるレジスト材、エッチャント等をそのまま利用して形成できる。また、陥没部551の形状を様々に変形し得ることはいうまでもない。陥没部551の形状は、複数の接続パッド260を連通させる溝であってもよいし、処理基板204の側周面まで連通して内部の空気を外部に逃がす溝でもよい。

【0063】

更に、陥没部551は、図16までに例示した陥没溝157、開口穴255、嵌合穴153、嵌合突起253等と同様の形状を有してもよい。更に、図示の陥没部551と、これら陥没溝157、開口穴255、嵌合穴153、嵌合突起253等を組み合わせてもよい。

【0064】

また、陥没部551の配置も、処理基板204に形成された素子、配線等と干渉しない範囲で様々に変更し得る。更に、処理基板204に複数の陥没部551を設ける場合は、互いに同じ大きさでもよいし、個々に異なる形状および大きさを有してもよい。また更に、受光基板100側にも陥没部551を設けてもよい。

【0065】

図18は、積層基板を形成し得る他の処理基板205の模式的断面図である。図18は、処理基板205におけるひとつの接続パッド260に着目して、他の図よりも拡大して描かれている。

【0066】

処理基板205は、接続パッド260に隣接して形成された空洞部552を有する。空洞部552は、接続パッド260に沿って処理基板206の表面258に連通するが、空洞部552自体の端部は、処理基板205の表面258に開口しておらず、層間絶縁材252の内部に開口する。これにより、処理基板205における受光基板100に対する接合面積を減少させることなく、積層基板内に残る空気を収容する空洞部552を形成できる。

【0067】

上記のような空洞部552は、層間絶縁材252の表面258をレジスト等により保護した状態で、層間絶縁材252を選択的にエッチングするエッチャントを用いて層間絶縁材252を加工することにより形成できる。空洞部552の形状および配置が図示の例に限定されないことは、図17について説明した場合と同様である。

【0068】

図19は、積層基板を形成し得る他の処理基板206の模式的断面図である。処理基板206においては、貫通電極262の一端が、処理基板206を接合する場合の接続パッドを形成する。

【0069】

貫通電極262は、処理基板206の面方向については図17に示した処理基板204の接続パッド260と同じレイアウトを有する。しかしながら、貫通電極262は、例えば層間絶縁材252を厚さ方向に貫通する。また、貫通電極262は、支持基板210まで貫通して、処理基板206の裏面まで抜けている場合もある。

【0070】

処理基板 206 は、縦穴 553 を更に備える。縦穴 553 は、処理基板 206 の厚さ方向に、貫通電極 262 の各々に沿って形成される。このような縦穴 553 は、例えば、貫通電極 262 を形成した後に、改めて層間絶縁材 252 等をフォトリソグラフィにより加工して形成できる。図 19 の例では、縦穴 553 が貫通電極 262 に近接して形成されているが、複数の縦穴 553 を貫通電極 262 の周囲を取り囲むように形成したり、複数の貫通電極 262 の間に所定の間隔をおいて複数の縦穴 553 を形成したり、スクライプライン上等の回路への影響が少ない位置に形成したりしてもよい。

【0071】

図 20 は、積層基板を形成し得る他の処理基板 207 の模式的断面図である。処理基板 207 は、図 19 に示した処理基板 206 と同様に貫通電極 262 を備え、更に、貫通電極 262 の内部を長手方向に貫通する縦穴 263 を有する。

10

【0072】

このような縦穴 263 は、例えば、貫通電極 262 を形成する導電材料を埋め込む場合に、ビアが埋まり切る前に導電材料の堆積を停止すれば、貫通電極 262 の形成と同時に形成できる。また、図 4 に示したように、支持基板 210 を薄化した場合は、縦穴 263 を処理基板 207 の裏面まで貫通させることができる。

【0073】

これら図 19 および図 20 に示した処理基板 206、207 に形成された縦穴 553、263 は、図 10 等 に示した陥没部 257 等と比較すると容量が大きい。よって、処理基板 206、207 を受光基板 100 に接合し、接合後の温度変化で縦穴 553、263 に収容された空気が膨張しても、積層基板を歪ませる応力が緩和される。

20

【0074】

また、縦穴 553、263 を処理基板 206、207 の裏面まで貫通させた場合は、処理基板 206、207 を接合する場合に基板間に挟まれた空気を、積層基板の外部まで排出できる。よって、処理基板 206、207 を受光基板 100 に密着させることができると共に、接合後の空気の熱膨張が積層基板を歪ませることを防止できる。

【0075】

図 21 は、積層基板を形成し得る他の処理基板 208 の模式的斜視図である。図 21 は、1 枚のウエハに複数の処理回路 211 が形成されている様子を示す。

【0076】

30

処理基板 208 を、複数の受光回路 111 が形成されたウエハと接合することにより、複数の積層半導体装置 400 を一括して製造できる。接合により形成された複数の積層半導体装置 400 は、処理基板 208 において処理回路 211 相互の間に形成されたスクライプライン上を切断することにより、個別のダイに切り分けられる。

【0077】

なお、図 20 は模式図であり、半導体装置の製造においては、一枚のウエハに多数の処理回路 211 が形成される。また、処理回路 211 は、ダイシングで切り分けられた個々のダイの形状が互いに等しい矩形になるようにウエハ上に配置される。

【0078】

図示の処理基板 208 は、スクライプラインに沿って形成された陥没溝 554 を更に有する。陥没溝 554 は、例えば、ダイシング加工を部分的実行すること、即ち、処理基板 207 を浅く切削することにより形成できる。また、フォトリソグラフィにより、スクライプラインに沿って処理基板 208 の表面 558 をエッチングしてもよい。

40

【0079】

陥没溝 554 は、複数の処理回路 211 の個々の間隙を通過して、処理基板 207 の縁部まで連通する。よって、処理基板 207 を受光基板 100 に接合する場合は、基板間に挟まれた空気が、陥没溝 554 を通じて積層基板の外部に排出される。

【0080】

なお、図中に点線で示すように、処理回路 211 の各々から陥没溝 554 に連通する細溝 555 を更に形成しておいてもよい。これにより、処理回路 211 が形成された領域に

50

挟まれた空気を陥没溝 5 5 4 に誘導して、処理回路 2 1 1 を受光回路 1 1 1 に密着させることができる。

【 0 0 8 1 】

また、スクライブライン上に形成された陥没溝 5 5 4 は、積層基板のダイシングに伴って消滅する。よって、陥没溝 5 5 4 により、処理基板 2 0 8 の実効的な接合面積が減少することはない。陥没溝 5 5 4 の形状、配置等は様々に変更できる。更に、先に例示した陥没部 2 5 7、陥没溝 1 5 7、縦穴 2 6 1、開口穴 2 5 5、嵌合穴 1 5 3 および嵌合突起 2 5 3 のいずれかまたは全部を、陥没溝 5 5 4 に組み合わせて形成してもよい。

【 0 0 8 2 】

図 2 2 は、積層基板を形成し得る他の処理基板 2 0 9 の模式的斜視図である。処理基板 2 0 9 は、スクライブライン上に形成された複数の貫通穴 5 5 6 を有する。貫通穴 5 5 6 の各々は、処理基板 2 0 9 を厚さ方向に貫通して、処理基板 2 0 9 の裏面に至る。これにより、処理基板 2 0 9 を受光基板 1 0 0 に接合した場合に、基板間に挟まれた空気を、貫通穴 5 5 6 を通じて積層基板の外部に排除できる。

10

【 0 0 8 3 】

また、スクライブライン上に形成された貫通穴 5 5 6 は、積層基板のダイシングに伴って消滅する。よって、貫通穴 5 5 6 を設けることにより、処理基板 2 0 9 の実効的な接合面積が減少することはない。貫通穴 5 5 6 の形状、配置等は様々に変更できる。更に、先に例示した陥没部 2 5 7、陥没溝 1 5 7、5 5 4、縦穴 2 6 1、開口穴 2 5 5、嵌合穴 1 5 3 および嵌合突起 2 5 3 のいずれかまたは全部を、貫通穴 5 5 6 に組み合わせて形成し

20

【 0 0 8 4 】

図 2 3 は、他の基板 5 0 0 と接合することにより積層基板を形成し得る基板 5 0 1 の模式的断面図である。基板 5 0 1 は、表面に開口する複数の開口穴 5 5 7 を有し、表面 5 5 8 に多孔質体の層が形成されている。

【 0 0 8 5 】

ここまでで説明した受光基板 1 0 0、1 0 1 および処理基板 2 0 1 ~ 2 0 9 は、それぞれ、接合面の表面 1 5 8、2 5 8 に、接続パッド 1 6 0、2 6 0 または貫通電極 2 6 2 を備えていた。これに対して、基板 5 0 1 は、接続パッド 1 6 0、2 6 0 および貫通電極 2 6 2 を有していない。

30

【 0 0 8 6 】

しかしながら、接続パッド 1 6 0、2 6 0 および貫通電極 2 6 2 を有していない基板 5 0 1 においても、基板の表面 5 5 8 に連通する空洞部を形成した後に接合することにより、ボイドの面方向の拡大を防止し、積層基板内に残留する空気の影響を抑制できる。

【 0 0 8 7 】

基板 5 0 1 の場合は、表面 5 5 8 に多数の開口穴 5 5 7 を有する多孔質体が形成されている。これにより、基板 5 0 1 は、他の基板 5 0 0 に接合して積層基板にする場合、基板間に挟まった空気を開口穴 5 5 7 に収容して、連続して広がるボイドの形成を防止できる。また、積層基板の温度が上昇した場合に、積層基板内に残る空気の圧力が開口穴 5 5 7 内に分散され、積層基板を歪める圧力の上昇が抑制される。

40

【 0 0 8 8 】

なお、基板 5 0 1 において、開口穴 5 5 7 を、陥没部 2 5 7、5 5 1、陥没溝 1 5 7、嵌合穴 1 5 3、嵌合突起 2 5 3 等に変形してもよい。また、図示の開口穴 5 5 7 と、これら陥没溝 1 5 7、開口穴 2 5 5、嵌合穴 1 5 3、嵌合突起 2 5 3 等とを組み合わせて同時に形成してもよい。更に、基板 5 0 1 に貼り合わせる他の基板 5 0 0 にも陥没溝 1 5 7、開口穴 2 5 5、嵌合穴 1 5 3、嵌合突起 2 5 3 等を形成して空洞部を設けてもよい。

【 0 0 8 9 】

図 2 4 は、積層基板を形成し得る基板 5 0 2 の模式的斜視図である。基板 5 0 2 も、基板 5 0 1 と同様に、接続パッド 1 6 0、2 6 0 および貫通電極 2 6 2 の無い表面 5 5 8 において他の基板 5 0 0 に接合されて積層基板を形成する。

50

【 0 0 9 0 】

基板 5 0 2 は、図 2 1 に示した処理基板 2 0 8 と同じレイアウトを有する格子状の陥没溝 5 5 4 を表面 5 5 8 に有する。陥没溝 5 5 4 は、ダイシングと同じ加工により形成してもよいし、エッチングにより形成してもよい。陥没溝 5 5 4 は、基板 5 0 2 の縁部まで連通する。

【 0 0 9 1 】

よって、基板 5 0 0 と接合することにより、基板間に挟まれた空気が陥没溝 5 5 4 を通じて排出される。また、陥没溝 5 5 4 を、基板 5 0 2 自体のスクライプラインか、接合する他の基板 5 0 0 のスクライプラインに合わせて配置することにより、ダイシングにより陥没溝 5 5 4 を除去できる。よって、陥没溝 5 5 4 を設けることにより、基板 5 0 2 の実効的な接合面積が減少することはない。

10

【 0 0 9 2 】

基板 5 0 2 においても、陥没溝 5 5 4 を、陥没部 2 5 7、5 5 1、陥没溝 1 5 7、嵌合穴 1 5 3、嵌合突起 2 5 3 等に変形してもよい。また、図示の陥没溝 5 5 4 と、これら陥没溝 1 5 7、開口穴 2 5 5、嵌合穴 1 5 3、嵌合突起 2 5 3 等とを組み合わせると同時に形成してもよい。更に、基板 5 0 2 に貼り合わせる他の基板 5 0 0 にも陥没溝 1 5 7、開口穴 2 5 5、嵌合穴 1 5 3、嵌合突起 2 5 3 等を形成して空洞部を設けてもよい。

【 0 0 9 3 】

図 2 5 は、他の積層基板 3 0 4 の断面図である。積層基板 3 0 4 は、次に説明する部分を除くと、図 5 から図 1 0 に示した積層基板 3 0 0 と同じ構造を有する。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

20

【 0 0 9 4 】

積層基板 3 0 4 は、接続部 3 6 0 の周囲に陥没部 2 5 7 を有する点では積層基板 3 0 0 と共通する。ただし、接続部 3 6 0 に点線 A で境界を示すように、積層基板 3 0 4 においては、受光基板 1 0 0 側の接続パッド 1 6 0 の周囲にも陥没部 2 5 7 が形成されている。よって、積層基板 3 0 4 においては、積層基板 3 0 4 の厚さ方向について、陥没部 2 5 7 の寸法が大きい。

【 0 0 9 5 】

これにより、周囲の層間絶縁材 1 5 2、2 5 2 よりも熱膨張率が高い接続部 3 6 0 が温度変化により膨張した場合に、受光基板 1 0 0 と処理基板 2 0 0 との接合部に作用する力が緩和される。即ち、接続部 3 6 0 の熱膨張により生じた応力は、陥没部 2 5 7 を越えた後に接合部に作用する。よって、この間の層間絶縁材 1 5 2、2 5 2 の変形により、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の接合を引き剥がそうとする力が緩和される。これにより、積層基板 3 0 4 の温度変化に対する安定性が向上される。

30

【 0 0 9 6 】

なお、上記のような剥離防止の作用は、陥没部 2 5 7 の幅を増すことにより効果が増す。一方、図 5 ~ 1 0 に示したように、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 のいずれか一方に陥没部 2 5 7 を設けた場合であっても、同様の効果は得られる。なお、接続パッド 1 6 0、2 6 0 により形成された接続部 3 6 0 について説明したが、積層基板 3 0 4 の接合面に存在して、層間絶縁材 1 5 2、2 5 2 と熱膨張率が異なる他の要素、例えば、貫通電極等の周囲に陥没部 2 5 7 を設けても、同様に剥離を防止できる。

40

【 0 0 9 7 】

図 2 6 は、積層基板 3 0 0 等を作製する手順のひとつを示す流れ図である。まず、シリコンウエハ等の基板材料に半導体素子を形成して、受光基板 1 0 0、処理基板 2 0 0 等を作製する（ステップ S 1 0 1）。

【 0 0 9 8 】

次に、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の各々において接続パッド 1 6 0、2 6 0 となる導通領域を形成する（ステップ S 1 0 2）。導通領域の各々は、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の各々における接合面 1 5 9、2 5 9 の表面に端面が露出するように形成される。

50

【 0 0 9 9 】

次に、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の各々の層間絶縁材 1 5 2、2 5 2 に、上記導通領域に隣接した陥没部 1 7 5、2 5 7 を形成する（ステップ S 1 0 3）。また、このステップにおいては、陥没部 1 7 5、2 5 7 を受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の周縁部に連通させる陥没溝 1 5 7、細溝 5 5 5 等を併せて形成される。

【 0 1 0 0 】

次に、接合面 1 5 9、2 5 9 を活性化させた上で、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 を重ね合わせる（ステップ S 1 0 4）。ここで、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の間で接続される導通領域の間に挟まれた気体は、導通領域に隣接する陥没部 1 7 5、2 5 7 に押し出される。

10

【 0 1 0 1 】

更に、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の間に残る気体を、陥没部 1 7 5、2 5 7、陥没溝 1 5 7、細溝 5 5 5 等を通じて脱気する（ステップ S 1 0 5）。受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の間は、例えば、ステップ S 1 0 4 における重ね合わせを、減圧環境または真空環境において実行することにより、陥没部 1 7 5、2 5 7、陥没溝 1 5 7、細溝 5 5 5 等を通じて脱気できる。

【 0 1 0 2 】

また、ステップ S 1 0 4 における重ね合わせを大気または不活性ガス雰囲気中、で実行した上で加熱することにより、重ね合わせた受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の間を脱気することもできる。なお、加熱により、接合面 1 5 9、2 5 9 の露出した金属、酸化物等から水分が析出する場合があるので、真空中で重ね合わせた受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 に対しても、加熱による脱気をすることが好ましい。

20

【 0 1 0 3 】

こうして重ね合わされた上で（ステップ S 1 0 4）脱気された受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 は、接続パッド 1 6 0、2 6 0 が融合して接続部 3 6 0 となる温度まで加熱されて、接続部が形成される（ステップ S 1 0 6）。これら一連の手順により、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の間の気体を除去した後に接続部を形成するので、気泡を含まない緻密な接続部 3 6 0 を形成できる。

【 0 1 0 4 】

また、接続部 3 6 0 および層間絶縁材 1 5 2、2 5 2 における接着強度も高くなる。更に、ステップ S 1 0 5 において、加熱により水蒸気を脱気することにより、金属を含む接続部 3 6 0 の酸化も防止できる。

30

【 0 1 0 5 】

なお、積層する基板の少なくとも一方に、他の回路に接続されていない独立した導通領域と、当該独立導通領域に隣接した陥没部等を設けてもよい。これにより、加熱した場合に受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 の間に生じる水蒸気等を、当該独立導通領域に吸収させて、接続部 3 6 0 を形成する接続パッド 1 6 0、2 6 0 が酸化されることを防止できる。

【 0 1 0 6 】

また、接続部 3 6 0 の周囲には陥没部等を形成することなく、前記独立導通領域の周囲のみに陥没部等を形成してもよい。この場合、接続パッド 1 6 0、2 6 0 の間の気体は陥没溝 5 5 4 等により前記独立導通領域の周囲の陥没部に流入させることができる。また、この場合、受光基板 1 0 0 および処理基板 2 0 0 を例えば大気中で重ね合わせたときに接続部 3 6 0 の周囲に気体が溜まる場所がないため、その溜まった気体による接続部 3 6 0 の酸化を防止することができる。

40

【 0 1 0 7 】

図 2 7 は、他の積層基板 3 0 5 の断面図である。積層基板 3 0 5 は、次に説明する部分を除くと、図 2 5 に示した積層基板 3 0 4 と同じ構造を有する。共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

【 0 1 0 8 】

50

積層基板 305 を形成する受光基板 100 および処理基板 200 は、接続部 360 を形成する接続パッド 160、260 と、層間絶縁材 152、252 との間に形成されたバリア層 164、264 を有する。バリア層 164、264 は、接続パッド 160、260 を形成する銅等の金属が、受光基板 100 または処理基板 200 の内部に拡散することを阻止する目的で設けられている。

【0109】

積層基板 305 においては、陥没部 257 の内部において、バリア層 164、264 の少なくとも一部が取り除かれている。これにより、積層基板 305 においては、接続部 360 が、バリア層 164、264 に遮られることなく陥没部 257 の内部に露出する。よって、接続部 360 を形成する前の段階において、接続パッド 160、260 の間の気体を、バリア層 164、264 に妨げられることなく陥没部 257 に押し出すことができる。これにより、積層基板 305 は、ボイドの無い緻密な接続部 360 を有する。

10

【0110】

なお、接続部 360 と陥没部 257 の空洞とが連通していれば、バリア層 164、264 は、接続部 360 の全周にわたって除去しなくてもよい。また、図示の例では、処理基板 200 側に陥没部 257 を設けているが、受光基板 100 側に設けてもよいし、受光基板 100 および処理基板 200 の両方に設けてもよい。

【0111】

図 28 は、他の積層基板 306 の断面図である。積層基板 306 は、次に説明する部分を除くと、図 25 に示した積層基板 304 と同じ構造を有する。共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

20

【0112】

積層基板 306 を形成する受光基板 100 および処理基板 200 は、接続部 360 を形成する接続パッド 160、260 の間隔が異なる。このため、図中右側の接続部 363 においては、受光基板 100 側の部分と、処理基板 200 側の部分との間に、図中水平方向のずれ W_{d1} を生じている。

【0113】

しかしながら、積層基板 306 においては、陥没部 257 が、ずれ W_{d1} よりも大きな幅 W_{t1} を有するので、接続パッド 160、260 と層間絶縁材 152、252 との境界はそれぞれ、陥没部 257 の内部に露出する。これにより、積層基板 306 においては、接続部 360 を形成する前の段階において、接続パッド 160、260 の間の気体を陥没部 257 に押し出すことができる。よって、積層基板 306 は、ボイドの無い緻密な接続部 360 を有する。

30

【0114】

図 29 は、他の積層基板 307 の断面図である。積層基板 307 は、次に説明する部分を除くと、図 28 に示した積層基板 306 と同じ構造を有する。共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

【0115】

積層基板 307 を形成する受光基板 100 および処理基板 200 においては、接続部 360 を形成する接続パッド 160、260 の位置が、積層基板 307 の面方向に全体にずれ W_{d2} を生じている。これに対して、陥没部 175、257 は、ずれ W_{d2} よりも広い幅 W_{t2} を有する。これにより、積層基板 307 においては、接続部 360 を形成する前の段階において、接続パッド 160、260 の間の気体を陥没部 175、257 に押し出すことができる。よって、積層基板 307 は、ボイドの無い緻密な接続部 360 を有する。

40

【0116】

ただし、陥没部 175、257 の幅 W_{t2} が広がると、受光基板 100 および処理基板 200 の接合面 159、259 において接合される層間絶縁材 152、252 の接合面積が減少して、接合強度が低下する。これに対して、積層基板 307 においては、陥没部 175、257 が接続部 360 に接する範囲を制限することにより、層間絶縁材 152、

50

252の接合面積の減少を抑制している。

【0117】

図30は、積層基板307における受光基板100および処理基板200の接合面159、259のレイアウトを示す平面図である。受光基板100においては、陥没部175は、接続部360となる接続パッド160の、図中左側に形成され、図中右側には形成されていない。また、処理基板200においては、陥没部257は、接続部360となる接続パッド260の、図中右側に形成され、図中左側には形成されていない。

【0118】

ただし、陥没部175、257は、いずれも、接続パッド160、260の図中上面および下面に沿って半分以上まで延在する。これにより、陥没部257を有する受光基板100および処理基板200を接合した場合、受光基板100側の陥没部175と、処理基板200側の陥没部257は互いに連通する。

【0119】

また、積層基板307は、接続パッド160、260のずれ W_{d2} よりも広い幅 W_{t2} を有する。これにより、受光基板100が処理基板200に接合された場合に、受光基板100に設けられた陥没部175は、処理基板200に設けられた接続パッド260の端面を縁部まで包含し、処理基板200に設けられた陥没部257は、受光基板100に設けられた接続パッド160の端面を縁部まで包含する。

【0120】

よって、積層基板307においては、陥没部175、257を併せると、接続部360を一周する空洞部が形成され、接続パッド160、260の間の気体を確実に受け入れる。これにより、積層基板307は、ボイドの無い緻密な接続部360を有する。また、受光基板100および処理基板200の各々の接合面159、259においては、陥没部175、257の面積が制限されているので、陥没部175、257を設けたことによる接合面積の減少が抑制され、接合強度の低下が防止されている。

【0121】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。例えば、互いに接合される二つの基板の少なくとも一方に、接合により他方の基板に接触する底面を有する凹部を積極的に形成し、もしくは、回路形成プロセス等により基板に生じた歪み等の変形によって上記凹部が形成されている場合に、接合時に上記凹部内の空気を逃がす部分を有する基板であれば、本発明の技術的範囲に含まれる。

【0122】

特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

【符号の説明】

【0123】

100、101 受光基板、110、210 支持基板、111 受光回路、120 絶縁層、220 パンプ、130、230 半導体ウェル、132 フォトダイオード、140、240 ゲート電極、150、250 多層配線層、152、252 層間絶縁材、154、254 配線材、153 嵌合穴、157、554 陥没溝、158、258、558 表面、159、259 接合面、160、260 接続パッド、164、264 バリア層、170 遮光層、172 平坦化層、174、182 有機平坦化層、175、257、551 陥没部、180 オンチップカラーフィルタ、190 オンチッ

10

20

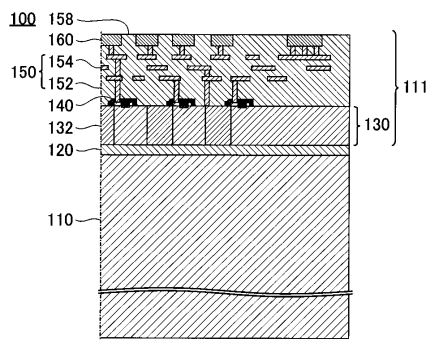
30

40

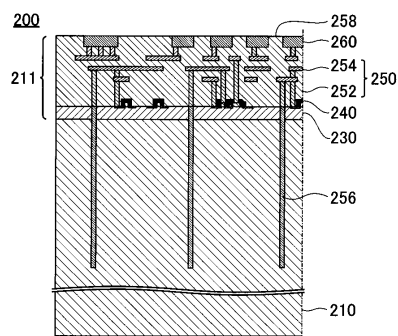
50

プレズ、200、201、202、203、204、205、206、207、208、209 処理基板、211 処理回路、253 嵌合突起、255、557 開口穴、256、262 貫通電極、261、263、553 縦穴、300、301、302、303、304、305、306、307 積層基板、360、363 接続部、400 積層半導体装置、500、501、502 基板、552 空洞部、555 細溝、556 貫通穴

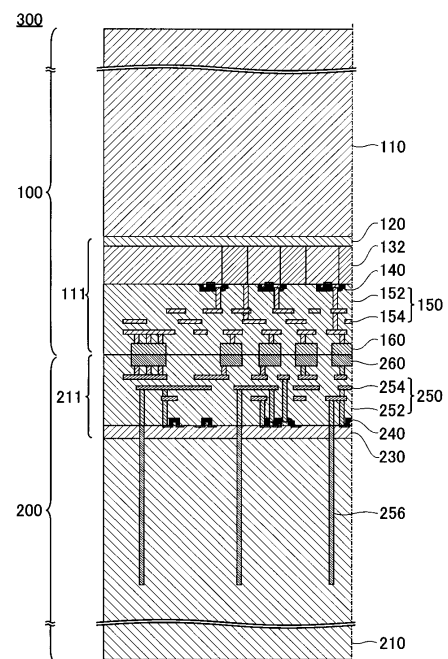
【図1】



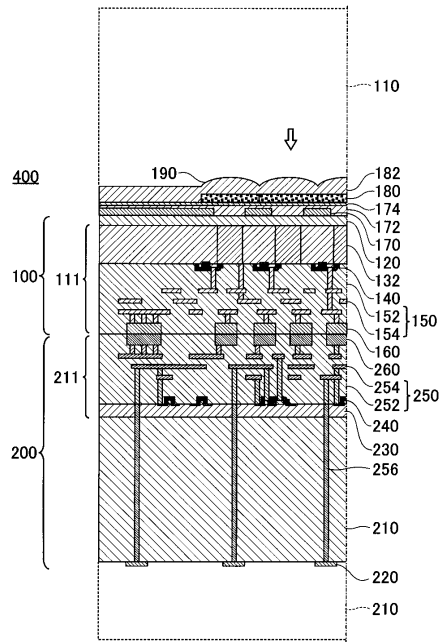
【図2】



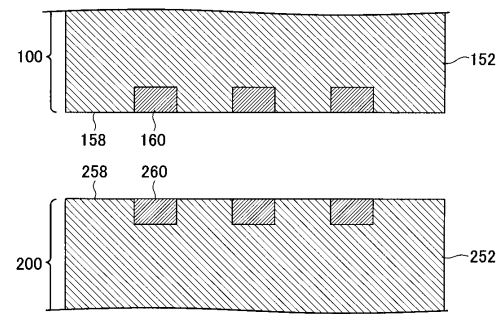
【図3】



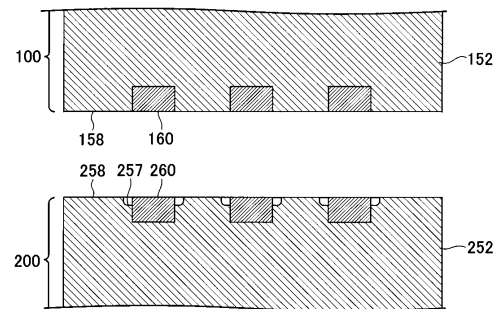
【図 4】



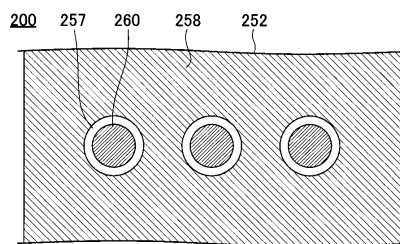
【図 5】



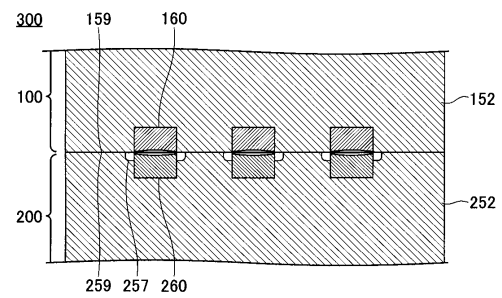
【図 6】



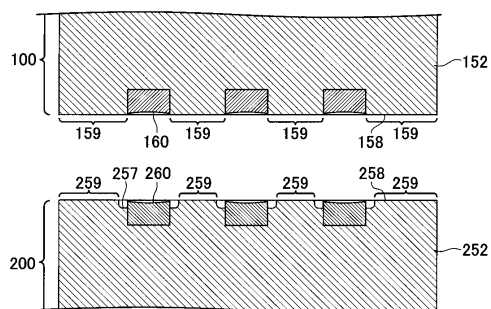
【図 7】



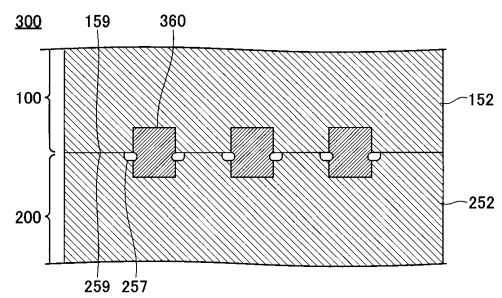
【図 9】



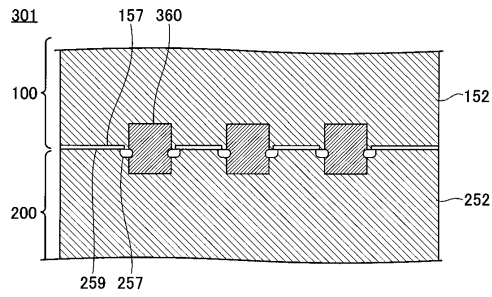
【図 8】



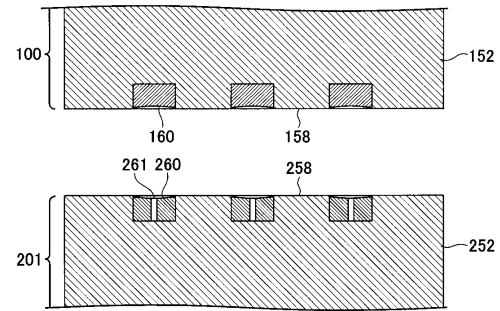
【図 10】



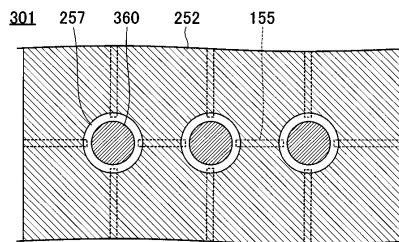
【図 1 1】



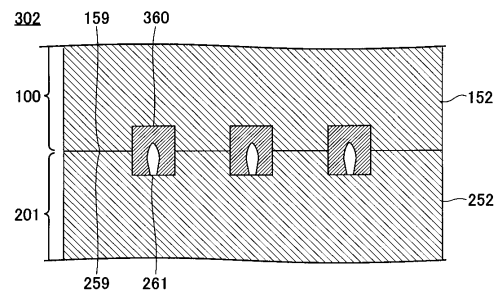
【図 1 3】



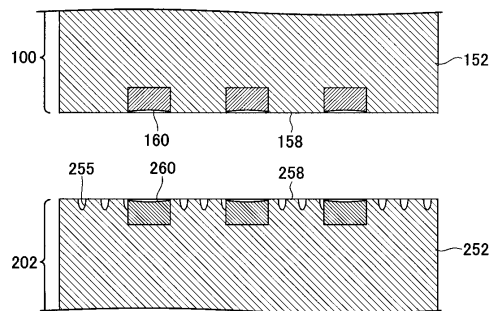
【図 1 2】



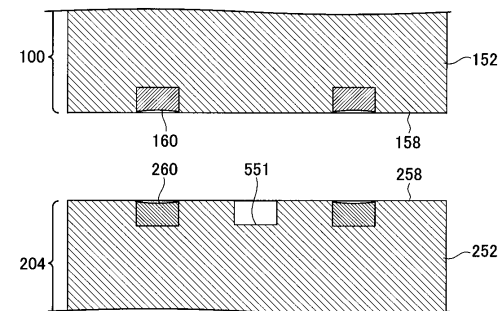
【図 1 4】



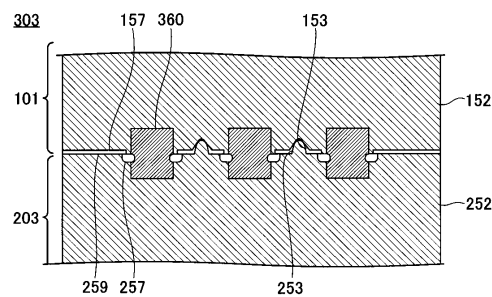
【図 1 5】



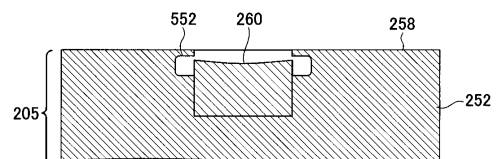
【図 1 7】



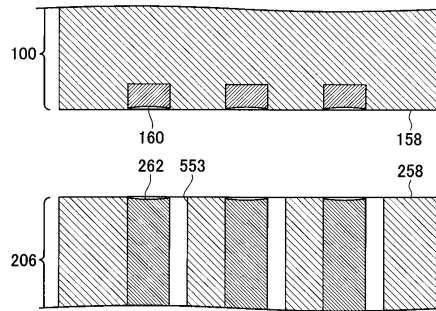
【図 1 6】



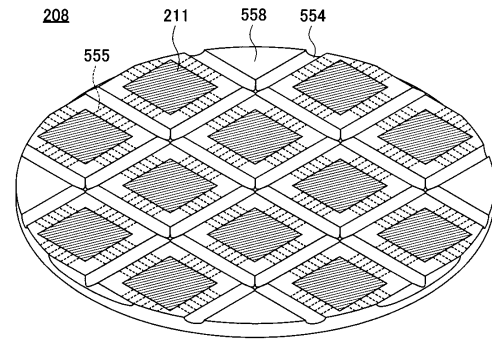
【図 1 8】



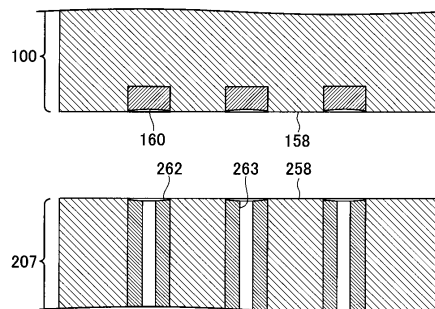
【図 19】



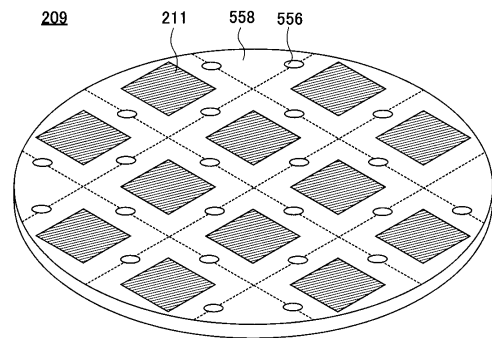
【図 21】



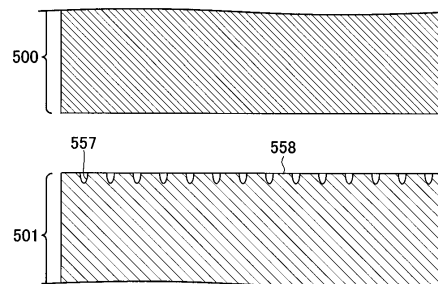
【図 20】



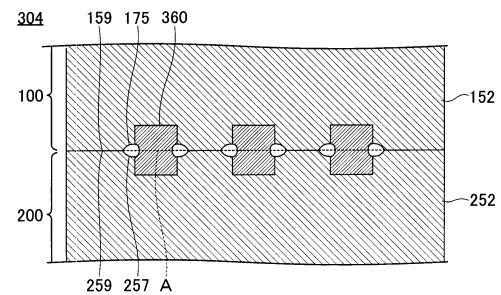
【図 22】



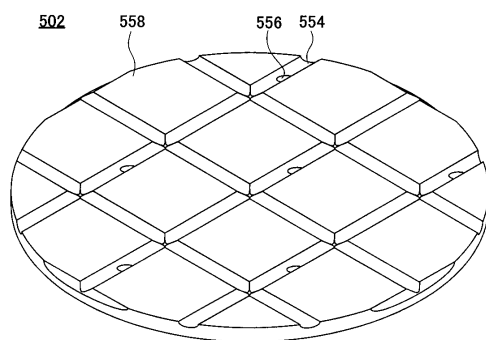
【図 23】



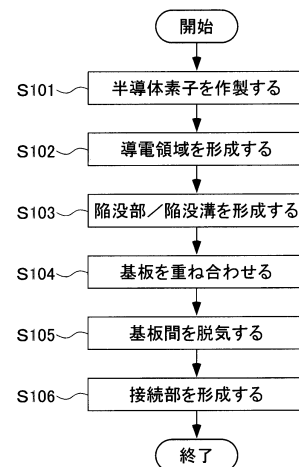
【図 25】



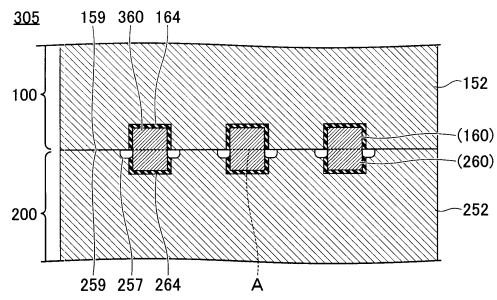
【図 24】



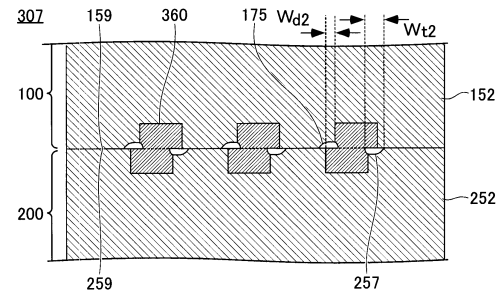
【図 26】



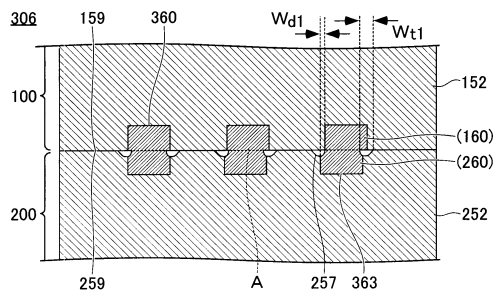
【図 27】



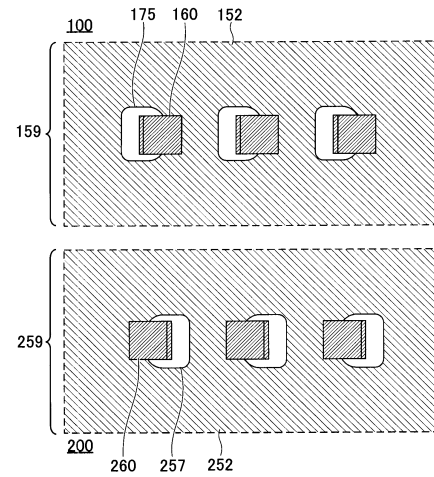
【図 29】



【図 28】



【図 30】



フロントページの続き

(72)発明者 三ッ石 創
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 株式会社ニコン内

審査官 戸次 一夫

(56)参考文献 米国特許出願公開第2009/0294916(US, A1)
特開平10-135404(JP, A)
特開2002-026123(JP, A)
特開平04-148526(JP, A)
特開2008-288384(JP, A)
特開2000-182916(JP, A)
特開平11-307870(JP, A)
特開平09-063912(JP, A)
特開2004-363299(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L21/00-21/02
21/04-21/16