



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明の樹脂封止型半導体装置 10 は、メサ型半導体素子 100 と、メサ型半導体素子 100 を封止するモールド用樹脂 40 とを備える樹脂封止型半導体装置 10 であって、鉛系ガラス層 124 は、溝の内面を酸化して下地酸化層 121 を形成する下地酸化層形成工程と、溝の内面を下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層を焼成する焼成工程とを実施することにより形成されたものである。本発明の樹脂封止型半導体装置は、従来の樹脂封止型半導体装置と同様にメサ型半導体素子を樹脂でモールドした構造を有するものでありながら、従来の樹脂封止型半導体装置よりも高い高温逆バイアス耐量を有する樹脂封止型半導体装置となる。

明 細 書

発明の名称：

樹脂封止型半導体装置の製造方法及び樹脂封止型半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、樹脂封止型半導体装置の製造方法及び樹脂封止型半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、メサ領域を囲む外周テーパー領域に p n 接合が露出した構造を有するメサ型半導体素子が知られている（例えば、特許文献 1 及び 2 参照。）。図 10 は、従来のメサ型半導体素子 900 を説明するために示す図である。

[0003] 従来のメサ型半導体素子 900 は、図 10 に示すように、メサ領域 A を囲む外周テーパー領域 B に p n 接合露出部 C を有するメサ型半導体基体 908 と、外周テーパー領域 B を被覆するガラス層 924 とを有する。ガラス層 924 は、パッシベーション用のガラス層である。なお、図 10 中、符号 910 は n⁻型半導体層を示し、符号 912 は p⁺型半導体層を示し、符号 914 は n⁺半導体層を示し、符号 916a はシリコン酸化膜を示し、符号 934 はアノード電極層を示し、符号 936 はカソード電極層を示す。

[0004] 従来のメサ型半導体素子 900 によれば、プレーナー型の半導体素子に比較して高耐圧の半導体素子を構成することが可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献 1：特開平 10-116828 号公報

特許文献 2：特開 2004-87955 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、本発明の発明者らの研究により、従来のメサ型半導体素子 900 においては、これを樹脂でモールドして樹脂封止型半導体装置（従来

の樹脂封止型半導体装置)としたときの高温逆バイアス耐量が低く、過酷な条件で使用する用途には使用することが難しいという問題があることが明らかになった。

[0007] そこで、本発明は、上記した問題を解決するためになされたもので、メサ型半導体素子を樹脂でモールドして製造された樹脂封止型半導体装置であって、従来の樹脂封止型半導体装置よりも高い高温逆バイアス耐量を有する樹脂封止型半導体装置を提供することを目的とする。また、このような樹脂封止型半導体装置を製造可能な樹脂封止型半導体装置の製造方法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

[0008] [1] 本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法は、主面に平行な p n 接合を備える半導体基板を準備する半導体基板準備工程と、前記半導体基板の一方の表面から前記 p n 接合を超える深さの溝を形成する溝形成工程と、前記溝の内面を被覆するように鉛系ガラス層を形成するガラス層形成工程と、前記溝に沿って前記半導体基板を切断することにより、メサ型半導体素子を作製する半導体基板切断工程と、前記メサ型半導体素子をモールド用樹脂で封止する樹脂封止工程とをこの順序で含む樹脂封止型半導体装置の製造方法であって、前記ガラス層形成工程は、前記溝の内面を酸化して下地酸化層を形成する下地酸化層形成工程と、前記溝の内面を前記下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、前記鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度で前記ガラス組成物層を焼成する焼成工程とを含むことを特徴とする。

[0009] 本明細書において、溶倒点 T_f とは、鉛系ガラス組成物における D T A 曲線の第 1 発熱部の肩の温度をいう（後述する図 5 参照。）。なお、鉛系ガラス組成物における D T A 曲線の第 1 吸熱部の肩の温度がガラス転移点 T_g である。

[0010] [2] 本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法において、前記焼成工程においては、前記鉛系ガラス組成物の軟化点 T_s 以上の温度で前記ガラス組成

物層を焼成することが好ましい。

[0011] [3] 本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法において、前記焼成工程においては、前記鉛系ガラス組成物のDTA曲線におけるガラス転移点 T_g を示す点から高温側に横軸と平行な線を引いたときに当該DTA曲線と交わる点における所定温度 T_p 以上の温度で前記ガラス組成物層を焼成することが好ましい。

[0012] [4] 本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法において、前記焼成工程においては、湿潤酸素ガス雰囲気中で前記ガラス組成物層を焼成することが好ましい。

[0013] [5] 本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法において、前記下地酸化層形成工程においては、 $10\text{ nm} \sim 100\text{ nm}$ の厚さの前記下地酸化層を形成することが好ましい。

[0014] [6] 本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法において、前記下地酸化層形成工程においては、 $950^\circ\text{C} \sim 1150^\circ\text{C}$ の範囲内の温度で下地酸化層を形成することが好ましい。

[0015] [7] 本発明の樹脂封止型半導体装置は、メサ領域を囲む外周テーパ領域にpn接合露出部を有するメサ型半導体基体及び前記外周テーパ領域を被覆する鉛系ガラス層を有するメサ型半導体素子と、前記メサ型半導体素子を封止するモールド用樹脂とを備える樹脂封止型半導体装置であって、前記ガラス層は、前記溝の内面を酸化して下地酸化層を形成する下地酸化層形成工程と、前記溝の内面を前記下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、前記鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度で前記ガラス組成物層を焼成する焼成工程とを実施することにより形成されたものであることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明の樹脂封止型半導体装置（及び本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法により製造される樹脂封止型半導体装置）によれば、鉛系ガラス層が、溝の内面を酸化して下地酸化層を形成する下地酸化層形成工程と、溝の内

面を前記下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層を焼成する焼成工程とを実施することにより形成されたものであることから、後述する試験例1からも分かるように、ガラス層の電荷密度をマイナスからプラスに変えることが可能となる。その結果、高温逆バイアス試験中に外周テーパ領域の端部に向けて伸長する空乏層の伸びを抑制することが可能となり（後述する図6参照、）、後述する試験例2からも分かるように、高温逆バイアス試験中に増大するリーク電流を従来よりも低減することが可能となる。

[0017] その結果、本発明の樹脂封止型半導体装置（及び本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法により製造される樹脂封止型半導体装置）は、従来の樹脂封止型半導体装置と同様にメサ型半導体素子を樹脂でモールドした構造を有するものでありながら、従来の樹脂封止型半導体装置よりも高い高温逆バイアス耐量を有する樹脂封止型半導体装置となる。すなわち、本発明の樹脂封止型半導体装置（及び本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法により製造される樹脂封止型半導体装置）は、メサ型半導体素子を樹脂でモールドして製造された樹脂封止型半導体装置であって、従来の樹脂封止型半導体装置よりも高い高温逆バイアス耐量を有する樹脂封止型半導体装置となる。

[0018] なお、従来、鉛系ガラス層を形成した後に水素含有雰囲気アニールすることにより鉛系ガラス層の電荷密度をプラスにする技術が知られている（特許第3313566号）。しかしながら、従来の技術においては、鉛系ガラス層を形成した後に水素含有雰囲気アニールする必要があることから工程が長くなり生産性が低下する。また、水素含有雰囲気アニールするため安全性が低く防爆仕様のアニール炉を使用する必要があり製造コストが上昇する。これに対して、本発明の樹脂封止型半導体装置（及び本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法により製造される樹脂封止型半導体装置）は、このような問題がない。

[0019] なお、従来の技術においては、焼成時にガラス層内に発生する気泡を抜け

易くする等の目的のため、通常、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f を超える温度でガラス組成物層を焼成することにより鉛系ガラスを形成している。

[0020] 本発明の樹脂封止型半導体装置（及び本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法により製造される樹脂封止型半導体装置）の場合に、ガラス層の電荷密度をマイナスからプラスに変えることが可能となる理由についてはまだ不明である。

[0021] ここで、焼成工程において、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層を焼成することとしたのは、後述する試験例 1 及び図 5 から分かるように、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f を超える温度（この場合 870℃）でガラス組成物層を焼成した場合には、ガラス層の電荷密度をマイナスからプラスに変えることができないからである。

[0022] 樹脂封止型半導体装置の高温逆バイアス耐量を高くするには、（１）メサ型半導体素子を製造する過程で幅の広い溝（メサ溝）を形成する方法、（２）メサ型半導体素子を製造する過程で拡散ウェーハを使用し、深い溝（メサ溝）を形成する方法、（３）比抵抗の低いウェーハを使用する方法及び（４）鉛系ガラス層を厚く形成する方法も考えられる。しかしながら、上記（１）の方法においては、チップ面積が大きくなることに起因して、製品の製造コストが高くなってしまいう問題がある。また、上記（２）の方法においては、拡散ウェーハの使用で、ウェーハの価格の高騰、深い溝形成の必要性から工程が難しくなったりすることに起因して、製品の製造コストが高くなってしまいう問題がある。また、上記（３）の方法においては、耐圧を確保することが難しくなるという問題がある。また、上記（４）の方法においては、工程中にウェーハが反ったり割れやすくなったりするという問題がある。これに対して、本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法及び樹脂封止型半導体装置によれば、上記した問題を発生させることなく、高温逆バイアス耐量を高くすることができる。

[0023] 本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法及び樹脂封止型半導体装置においては、鉛系ガラス組成物として、従来から広く使用されている「珪酸鉛を

主成分とするガラス組成物」を好適に用いることができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]実施形態に係る樹脂封止型半導体装置 10 を説明するために示す図である。

[図2]実施形態におけるメサ型半導体素子 100 を説明するために示す図である。

[図3]実施形態に係る樹脂封止型半導体装置の製造方法を説明するために示す図である。

[図4]実施形態に係る樹脂封止型半導体装置の製造方法を説明するために示す図である。

[図5]鉛系ガラス組成物の DTA 曲線を示す図である。

[図6]実施形態に係る樹脂封止型半導体装置 10 の効果を説明するために示す図である。

[図7]試験例 1 の条件及び結果を示す図表である。

[図8]試験例 2 における高温逆バイアス試験の結果を示す図である。

[図9]変形例におけるメサ型半導体素子 200 を説明するために示す図である。

[図10]従来のメサ型半導体素子 900 を説明するために示す図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の樹脂封止型半導体装置の製造方法及び樹脂封止型半導体装置について、図に示す実施の形態に基づいて説明する。

[0026] [実施形態]

1. 樹脂封止型半導体装置

図 1 は、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置 10 を説明するために示す図である。図 1 (a) は樹脂封止型半導体装置 10 の斜視図であり、図 1 (b) は樹脂封止型半導体装置 10 から樹脂を取り除いたものの平面図であり、図 1 (c) は樹脂封止型半導体装置 10 から樹脂を取り除いたものの側面図である。

図2は、実施形態におけるメサ型半導体素子100を説明するために示す図である。

[0027] 実施形態に係る樹脂封止型半導体装置10は、図1に示すように、メサ型半導体素子100と、メサ型半導体素子100を封止するモールド用樹脂40とを備える。メサ型半導体素子100は、リード21、リード22及びダイパッド23からなるリードフレーム20におけるダイパッド23上に載置されている。メサ型半導体素子100の一方の電極はダイパッド23を介してリード21に接続されており、メサ型半導体素子100の他方の電極は金ワイヤー30を介してリード22に接続されている。

[0028] メサ型半導体素子100は、図2に示すように、メサ領域Aを囲む外周テーパ領域Bにpn接合露出部Cを有するメサ型半導体基体108及び少なくとも外周テーパ領域Bを被覆する鉛系ガラス層124を有する。外周テーパ領域Bは、下地酸化層211を介して鉛系ガラス層124により被覆されている。鉛系ガラス層124は、珪酸鉛を主成分とするガラス（例えば、モル比で SiO_2 ：75.0%、 PbO ：20.0%、 Al_2O_3 ：5.0%を含有するガラス）からなる。

[0029] メサ型半導体基体108は、 n^- 型半導体層（ n^- 型シリコン基板）110と、 n^- 型半導体層110の一方の表面からのp型不純物の拡散により形成された p^+ 型半導体層112と、 n^- 型半導体層110の他方の表面からのn型不純物の拡散により形成された n^+ 型半導体層114とを有する。メサ型半導体素子100は、pnダイオードである。なお、図2中、符号134はアノード電極層を示し、符号136はカソード電極層を示す。

[0030] そして、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置10においては、鉛系ガラス層124は、溝の内面を酸化して下地酸化層を形成する下地酸化層形成工程と、溝の内面を下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層を焼成する焼成工程とを実施することにより形成されたものである。

[0031] 2. 樹脂封止型半導体装置の製造方法

実施形態に係る樹脂封止型半導体装置 10 は、以下のような方法（実施形態に係る樹脂封止型半導体装置の製造方法）によって製造することができる。

図 3 及び図 4 は、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置の製造方法を説明するために示す図である。図 3（a）～図 3（d）及び図 4（a）～図 4（d）は各工程図である。図 5 は、ガラス組成物の DTA（示差熱分析）曲線を示す図である。

[0032] 実施形態に係る樹脂封止型半導体装置の製造方法は、図 3 及び図 4 に示すように、「半導体基板形成工程」、「溝形成工程」、「下地酸化層形成工程」、「鉛系ガラス層形成工程」、「フォトレジスト形成工程」、「酸化膜除去工程」、「粗面化領域形成工程」、「電極形成工程」、「半導体基板切断工程」及び「樹脂封止工程」をこの順序で実施する。以下、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置の製造方法を工程順に説明する。

[0033] （a）半導体基板準備工程

まず、 n -型半導体基板（ n -型シリコン基板）110 の一方の表面からの p 型不純物の拡散により p^+ 型半導体層 112、他方の表面からの n 型不純物の拡散により n^+ 型半導体層 114 を形成して、主面に平行な p n 接合が形成された半導体基板を形成する。その後、熱酸化により p^+ 型半導体層 112 及び n^+ 型半導体層 114 の表面に酸化膜 116、118 を形成する。

[0034] （b）溝形成工程

次に、フォトエッチング法によって、酸化膜 116 の所定部位に所定の開口部を形成する。酸化膜のエッチング後、引き続いて半導体基板のエッチングを行い、半導体基板の一方の表面から p n 接合を超える深さの溝 120 を形成する（図 3（a）参照。）。

[0035] （c）下地酸化層形成工程

次に、ドライ酸素（Dry O_2 ）を用いた熱酸化法によって、溝 120 の内面にシリコン酸化膜からなる下地酸化層 121 を形成する（図 3（b）参照）。

。)。下地酸化層 121 の厚さは、10 nm～100 nm の範囲内（例えば 20 nm）とする。下地酸化層 121 の形成は、半導体基体を拡散炉に入れた後、酸素ガスを流しながら 950℃～1050℃ の範囲内にある温度で 5 分～30 分処理することにより行う。下地酸化層 121 の厚さが 10 nm 未満であると逆方向電流低減の効果が得られなくなる場合がある。一方、下地酸化層 121 の厚さが 100 nm を超えると次のガラス層形成工程で電気泳動法によりガラス組成物からなる層を形成することができなくなる場合がある。

[0036] (d) ガラス層形成工程

次に、電気泳動法により溝 120 の内面及びその近傍の半導体基板表面に鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するとともに、当該ガラス組成物層を焼成することにより、パッシベーション用のガラス層 124 を形成する（図 3（c）参照。）。ガラス組成物は珪酸鉛を主成分とするガラス組成物（例えば、モル比で SiO_2 : 75.0%、 PbO : 20.0%、 Al_2O_3 : 5.0% を含有するガラス組成物）を用いる。なお、溝 120 の内面に鉛系ガラス組成物からなる層を形成する際には、溝 120 の内面を下地酸化層 121 を介して被覆するようにガラス組成物層を形成する。従って、溝 120 の内部における p n 接合露出部は下地酸化層 121 を介して鉛系ガラス層 124 により被覆された状態となる。

[0037] ガラス組成物層の焼成（焼成工程）は、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層を焼成することにより行う（図 5 参照。）。当該焼成工程においては、鉛系ガラス組成物の軟化点 T_s 以上の温度でガラス組成物層を焼成することが好ましい（図 5 参照。）。また、焼成工程においては、鉛系ガラス組成物の DTA 曲線におけるガラス転移点 T_g を示す点から高温側に横軸と平行な線を引いたときに当該 DTA 曲線と交わる点における所定温度 T_p 以上の温度でガラス組成物層を焼成することがより一層好ましい（図 5 参照。）。焼成工程においては、湿潤酸素ガス雰囲気中でガラス組成物層を焼成することが好ましい。

[0038] (e) フォトレジスト形成工程

次に、ガラス層 124 の表面を覆うようにフォトレジスト 126 を形成する（図 3（d）参照。）。

[0039] (f) 酸化膜除去工程

次に、フォトレジスト 126 をマスクとして酸化膜 116 のエッチングを行い、Niめっき電極膜を形成する部位 130 における酸化膜 116 を除去する（図 4（a）参照。）。

[0040] (g) 粗面化領域形成工程

次に、Niめっき電極膜を形成する部位 130 における半導体基板表面の粗面化処理を行い、Niめっき電極と半導体基板との密着性を高めるための粗面化領域 132 を形成する（図 4（b）参照。）。

[0041] (h) 電極形成工程

次に、半導体基板にNiめっきを行い、粗面化領域 132 上にアノード電極 134 を形成するとともに、半導体基板の他方の表面にカソード電極 136 を形成する（図 4（c）参照。）。各電極のアニールは、窒素雰囲気下、600℃～800℃の温度で行う。

[0042] (i) 半導体基板切断工程

次に、ダイシング等により、鉛系ガラス層 124 の中央部において半導体基体を切断して半導体基体をチップ化して、メサ型半導体素子（pnダイオード）102 を製造する（図 4（d）参照。）。

[0043] (j) 樹脂封止工程

次に、図示しないリードフレーム（図 1 参照。）におけるダイパッド 23 上にメサ型半導体素子 100 を実装することによりメサ型半導体素子 100 の一方の電極とリード 21 とを接続するとともに、メサ型半導体素子 100 の他方の電極とリード 22 とを金ワイヤー 30 で接続する。その後、これらを図示しない樹脂封止用金型に入れた後、モールド用樹脂を金型内に注入して硬化させることにより、樹脂封止型半導体装置を製造する。この樹脂封止型半導体装置を金型から取り出せば、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置

10となる。

[0044] 以上のようにして、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置10を製造することができる。

[0045] 3. 樹脂封止型半導体装置の効果

図6は、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置10の効果を説明するために示す図である。図6(a)は実施形態に係る樹脂封止型半導体装置10に逆方向電圧を印加したときの様子を示す図であり、図6(b)は比較例に係る樹脂封止型半導体装置に逆方向電圧を印加したときの様子を示す図である。なお、図6中、破線は空乏層の先端部を示す。比較例に係る樹脂封止型半導体装置は、従来のメサ型半導体素子900(下地酸化層無し、ガラス組成物の焼成は湿潤酸素雰囲気中で870℃で行ったもの)を樹脂でモールドして樹脂封止型半導体装置としたものである。また、図6におけるBT試験とは、高温逆バイアス試験のことである。

[0046] 実施形態に係る樹脂封止型半導体装置10(及び実施形態に係る本樹脂封止型半導体装置の製造方法により製造される樹脂封止型半導体装置)によれば、鉛系ガラス層が、溝の内面を酸化して下地酸化層を形成する下地酸化層形成工程と、溝の内面を前記下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層を焼成する焼成工程とを実施することにより形成されたものであることから、後述する試験例1からも分かるように、鉛系ガラス層の電荷密度をマイナスからプラスに変えることが可能となる。その結果、高温逆バイアス試験中に外周テーパ領域の端部に向けて伸長する空乏層の伸びを抑制することが可能となり(図6参照)、後述する試験例2からも分かるように、高温逆バイアス試験中に増大するリーク電流を従来よりも低減することが可能となる。

[0047] その結果、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置(及び実施形態に係る樹脂封止型半導体装置の製造方法により製造される樹脂封止型半導体装置)は、従来の樹脂封止型半導体装置と同様にメサ型半導体素子を樹脂でモールド

した構造を有するものでありながら、従来の樹脂封止型半導体装置よりも高い高温逆バイアス耐量を有する樹脂封止型半導体装置となる。すなわち、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置（及び実施形態に係る樹脂封止型半導体装置の製造方法により製造される樹脂封止型半導体装置）は、メサ型半導体素子を樹脂でモールドして製造された樹脂封止型半導体装置であって、従来の樹脂封止型半導体装置よりも高い高温逆バイアス耐量を有する樹脂封止型半導体装置となる。

[0048] ここで、焼成工程において、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層を焼成することとしたのは、後述する試験例 1 及び図 5 から分かるように、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f を超える温度でガラス組成物層を焼成した場合には、鉛系ガラス層の電荷密度をマイナスからプラスに変えることができないからである。また、焼成工程において、鉛系ガラス組成物の軟化点 T_s 以上の温度でガラス組成物層を焼成することとしたのは、鉛系ガラス組成物の軟化点 T_s 未満の温度でガラス組成物層を焼成した場合には、ガラス組成物層を十分に焼成することができず、欠陥の多いガラス層しか得られないからである。従って、珪酸鉛を主成分とするガラス組成物を用いた場合には、 $760^{\circ}\text{C} \sim 840^{\circ}\text{C}$ の範囲内の温度でガラス組成物層を焼成することが好ましく、 $800^{\circ}\text{C} \sim 840^{\circ}\text{C}$ の範囲内の温度でガラス組成物層を焼成することがより一層好ましい。

[0049] また、焼成工程において、湿潤酸素ガス雰囲気でガラス組成物層を焼成することとしたのは、後述する試験例 1 から分かるように、乾燥酸素ガス雰囲気でガラス組成物層を焼成した場合には、鉛系ガラス層の電荷密度をマイナスからプラスに変えることができないからである。

[0050] また、下地酸化層形成工程において、 $950^{\circ}\text{C} \sim 1150^{\circ}\text{C}$ の範囲内の温度で下地酸化層を形成することとしたのは、 950°C 未満の温度でガラス組成物層を焼成した場合には、鉛系ガラス層の電荷密度をマイナスからプラスに変えることができないからである。一方、 1050°C を超える温度でガラス組成物層を焼成した場合には、半導体素子の電気的特性に影響を与える可

能性が出てくるからである。

[0051] [試験例 1]

1. 試料の調整

図 7 は、試験例 1 の条件及び結果を示す図表である。

以下のようにして 24 個の試料を作製した。このうち 20 個の試料（試料 2-6, 8-12, 14-18, 20-24）については、所定の温度条件（850℃～1050℃）の下、 n -型シリコン基板の一方の表面を酸化して所定厚さ（20 nm 要確認）の下地酸化層を形成し、その後、電気泳動法により所定厚さ（20 μ m～30 μ m）のガラス組成物層を形成し、その後、所定の温度条件（820℃又は 870℃）及び所定の雰囲気条件（圧力：常圧、流量：3～9 L／分、雰囲気：乾燥純酸素条件又は湿潤純酸素条件）の下、15 分間、ガラス組成物層を焼成した。また、残りの 4 個の試料（試料 1, 7, 13, 19）については、 n -型シリコン基板の一方の表面に、下地酸化層を形成することなく所定厚さのガラス組成物層を形成し、その後、所定の温度条件（820℃又は 870℃）及び所定の雰囲気条件（圧力：常圧、流量：3～9 L／分、雰囲気：乾燥純酸素条件又は湿潤純酸素条件）の下、15 分間、ガラス組成物層を焼成した。その後、 n -型シリコン基板の他方の表面及びガラス層の表面に白金電極を形成した。

[0052] なお、試料 2, 8, 14, 20 は、850℃で下地酸化層を形成し、試料 3, 9, 15, 21 は、900℃で下地酸化層を形成し、試料 4, 10, 16, 22 は、950℃で下地酸化層を形成し、試料 5, 11, 17, 23 は、1000℃で下地酸化層を形成し、試料 6, 12, 18, 24 は、1050℃で下地酸化層を形成した。

[0053] また、試料 1～12 は、乾燥酸素雰囲気でガラス組成物層を焼成し、試料 13～24 は、湿潤酸素ガス雰囲気でガラス組成物層を焼成した。また、試料 1～6, 13～18 は、820℃でガラス組成物層を焼成し、試料 7～12, 19～24 は、870℃でガラス組成物層を焼結した。

[0054] 2. 電荷密度 N_s の測定

電荷密度 N_s の測定は、上記 1. で作製した各試料における n -型シリコン基板の他方の表面に形成した白金電極及びガラス層の表面に形成した白金電極との間に印加する電圧を走査することにより作成した $C-V$ 曲線から電荷密度 N_s を算出することにより行った。

[0055] 3. 結果

試験例 1 の結果、図 7 に示すように、(a) 下地酸化層を介してガラス層を形成し、かつ、(b) $950^{\circ}\text{C} \sim 1050^{\circ}\text{C}$ の範囲内の温度で下地酸化層を形成し、かつ、(c) 湿潤酸素雰囲気中でガラス組成物層を焼成し、かつ、(d) 820°C でガラス組成物層を焼成した場合に、電荷密度 N_s がプラスの値を採るようになることが分かった。

[0056] なお、その後の実験により、 840°C でガラス組成物層の焼成を行った場合にも、電荷密度 N_s がプラスの値を採るようになることが分かった。さらに、その後の実験により、溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層の焼成を行った場合には、電荷密度 N_s がプラスの値を採るようになることが分かった。また、その後の実験により、軟化点 T_s 以上の温度（好ましくは、ガラス組成物の $D-T-A$ 曲線におけるガラス転移点 T_g を示す点から高温側に横軸と平行な線を引いたときに当該 $D-T-A$ 曲線と交わる点における所定温度 T_p 以上の温度）でガラス組成物層の焼成を行った場合には、比較的短い時間（例えば 30 分間以下）でガラス組成物層の焼成を完了させることが分かった。

[0057] [試験例 2]

実施形態に係る樹脂封止型半導体装置の製造方法と同様の方法によって樹脂封止型半導体装置（耐圧 600V ）を作製し試料とした。但し、 1000°C の温度で下地酸化層の形成を行い、 820°C の温度及び湿潤酸素雰囲気での条件でガラス組成物層の焼成を行ったものを試料 25（実施例）とした。また、下地酸化層を形成することなく、 870°C の温度、湿潤酸素雰囲気での条件でガラス組成物層の焼成を行ったものを試料 26（比較例）とした。

[0058] その後、作製した樹脂封止型半導体装置（試料 25, 26）について高温

逆バイアス試験を行い、高温逆バイアス耐量を測定した。高温逆バイアス耐量は、温度 150℃に条件設定された恒温槽・高温逆バイアス試験機に各試料を投入して、アノード電極・カソード電極間に 480V（耐圧の 80%）の電圧を印加した状態で 1000 時間にわたって 10 分毎に逆方向電流を測定することにより行った。

[0059] 図 8 は、試験例 2 における高温逆バイアス試験の結果を示す図である。図 8 中、実線は試料 25（実施例）についての逆方向電流を示し、破線は試料 26（比較例）についての逆方向電流を示す。

その結果、図 8 に示すように、試料 26 においては、高温逆バイアス試験開始直後に温度上昇に伴ってリーク電流（逆方向電流）が増大した後もリーク電流（逆方向電流）が増大し続けることが分かった。そして、100 時間経過後のリーク電流（逆方向電流）は初期のリーク電流（逆方向電流）の 10 倍程度にまで増大することが確認できた。これに対して、試料 25 については、高温逆バイアス試験開始直後に温度上昇に伴ってリーク電流（逆方向電流）が増大した後はリーク電流（逆方向電流）がほとんど増大しないことが分かった。1000 時間経過後のリーク電流（逆方向電流）は初期のリーク電流（逆方向電流）の 2 倍程度に収まっていることが確認できた。

[0060] 以上、本発明の樹脂封止型半導体装置及び樹脂封止型半導体装置の製造方法を上記の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

[0061] （1）上記の実施形態においては、ドライ酸素（Dry O₂）を用いた熱酸化法によって下地酸化層を形成したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、ドライ酸素及び窒素（Dry O₂ + N₂）を用いた熱酸化法によって絶縁層を形成してもよいし、ウェット酸素（Wet O₂）を用いた熱酸化法によって絶縁層を形成してもよいし、ウェット酸素及び窒素（Wet O₂ + N₂）を用いた熱酸化法によって絶縁層を形成してもよい。

[0062] （2）上記の実施形態においては、ダイオード（pn ダイオード）からなる

メサ型半導体素子を用いたが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、サイリスターからなるメサ型半導体素子を用いてもよい。また、サイリスターからなるメサ型半導体素子のほか、 $p-n$ 接合が露出する半導体装置全般（例えば、パワーMOSFET、IGBTなど。）に本発明を適用することもできる。

[0063] 図9は、変形例におけるメサ型半導体素子200を説明するために示す図である。

変形例に係る樹脂封止型半導体装置14（図示せず。）は、基本的には実施形態に係る樹脂封止型半導体装置10と同様の構成を有するが、サイリスターからなるメサ型半導体素子を用いる点が実施形態に係る樹脂封止型半導体装置10の場合とは異なる。

[0064] すなわち、変形例に係る樹脂封止型半導体装置14は、メサ領域を囲む外周テーパ領域に $p-n$ 接合露出部を有するメサ型半導体基体及び少なくとも外周テーパ領域を被覆する鉛系ガラス層224を有するメサ型半導体素子200と、メサ型半導体素子200を封止するモールド用樹脂とを備える樹脂封止型半導体装置であって、鉛系ガラス層224は、溝の内面を酸化して下地酸化層を形成する下地酸化層形成工程と、溝の内面を下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層を焼成する焼成工程とを実施することにより形成されたものである。

[0065] 変形例におけるメサ型半導体素子200は、サイリスターであって、図8に示すように、 n^- 型半導体層210と、 n^- 型半導体層210に接して配置された第1の p^+ 型半導体層212と、 n^- 型半導体層210に接して配置された第2の p^+ 型半導体層214と、第2の p^+ 型半導体層214の表面に形成された n^+ 型半導体領域216と、第1の p^+ 型半導体層212に接続されたアノード電極234と、 n^+ 型半導体領域216に接続されたカソード電極236と、第2の p^+ 型半導体層214に接続されたゲート電極238とを備える。

[0066] このように、変形例に係る樹脂封止型半導体装置 14 は、サイリスターからなるメサ型半導体素子を用いる点が実施形態に係る樹脂封止型半導体装置 10 の場合とは異なるが、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置 10 の場合と同様に、鉛系ガラス層が、溝の内面を酸化して下地酸化層を形成する下地酸化層形成工程と、溝の内面を下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度でガラス組成物層を焼成する焼成工程とを実施することにより形成されたものであることから、従来の樹脂封止型半導体装置と同様にメサ型半導体素子を樹脂でモールドした構造を有するものでありながら、実施形態に係る樹脂封止型半導体装置 10 の場合と同様に、従来の樹脂封止型半導体装置よりも高い高温逆バイアス耐量を有する樹脂封止型半導体装置となる。すなわち、変形例に係る樹脂封止型半導体装置 14 は、メサ型半導体素子を樹脂でモールドして製造された樹脂封止型半導体装置であって、従来の樹脂封止型半導体装置よりも高い高温逆バイアス耐量を有する樹脂封止型半導体装置となる。

[0067] (3) 上記の実施形態においては、珪酸鉛を主成分とするガラス組成物を用いてガラス層を形成したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、鉛を実質的に含有しないガラス組成物を用いてガラス層を形成してもよい。

符号の説明

[0068] 10…樹脂封止型半導体装置、20…リードフレーム、21, 22…リード、23…ダイパッド、30…金ワイヤー、40…樹脂、100, 200…メサ型半導体素子、110, 910… n -型半導体層、112, 912… p +型半導体層、114, 914… n -型半導体層、116, 118, 916, 918…酸化膜、120, 920…溝、121, 221…下地酸化層、124, 924…ガラス層、126, 926…フォトレジスト、130, 930…Niめっき電極膜を形成する部位、132, 932…粗面化領域、134, 234, 934, 234…アノード電極、136, 236, 936…カソード

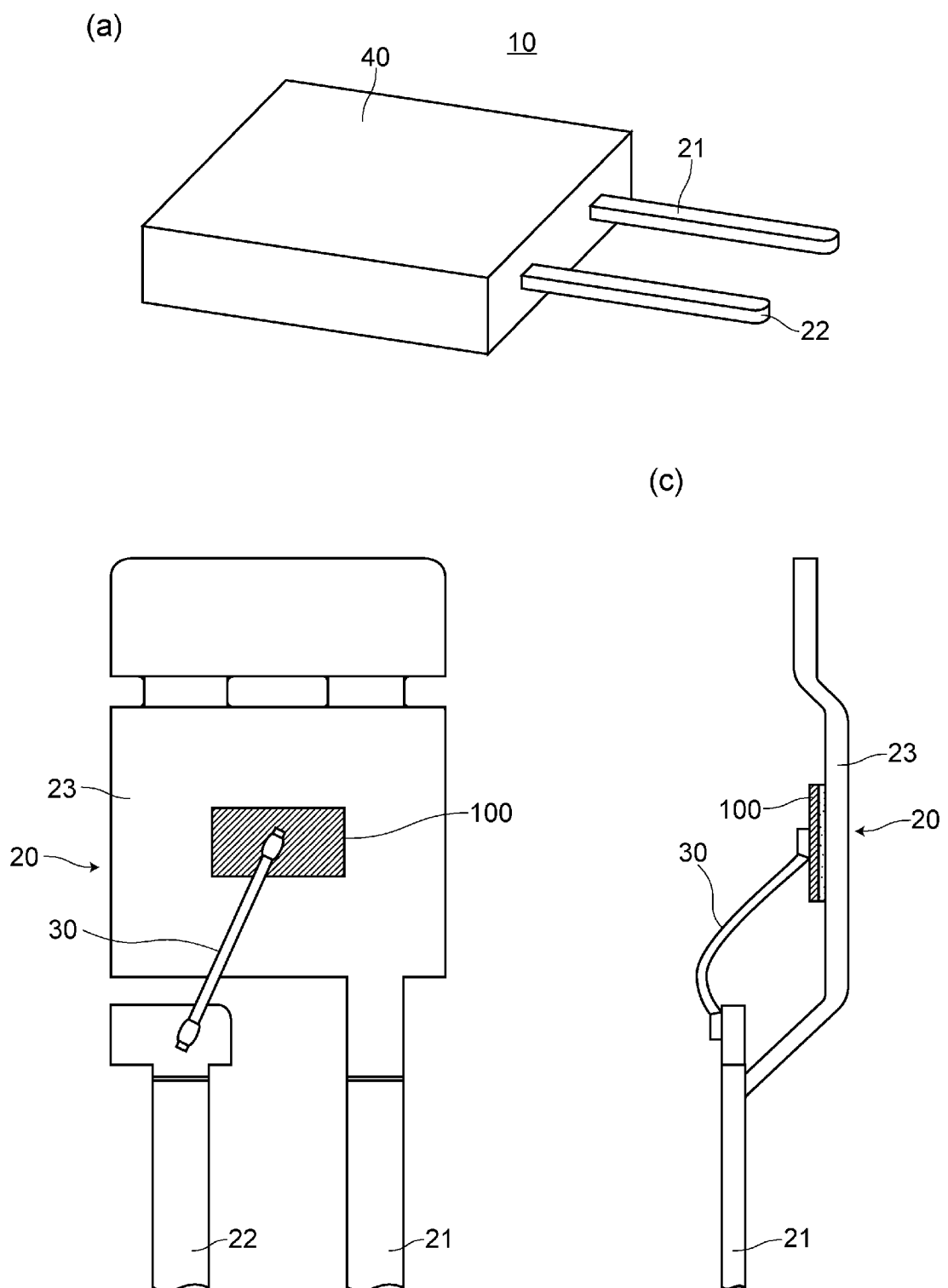
電極、210… n^- 型半導体層、212…第1の p^+ 型半導体層212、214…第2の p^+ 型半導体層、216… n^+ 型半導体領域、238…ゲート電極層

請求の範囲

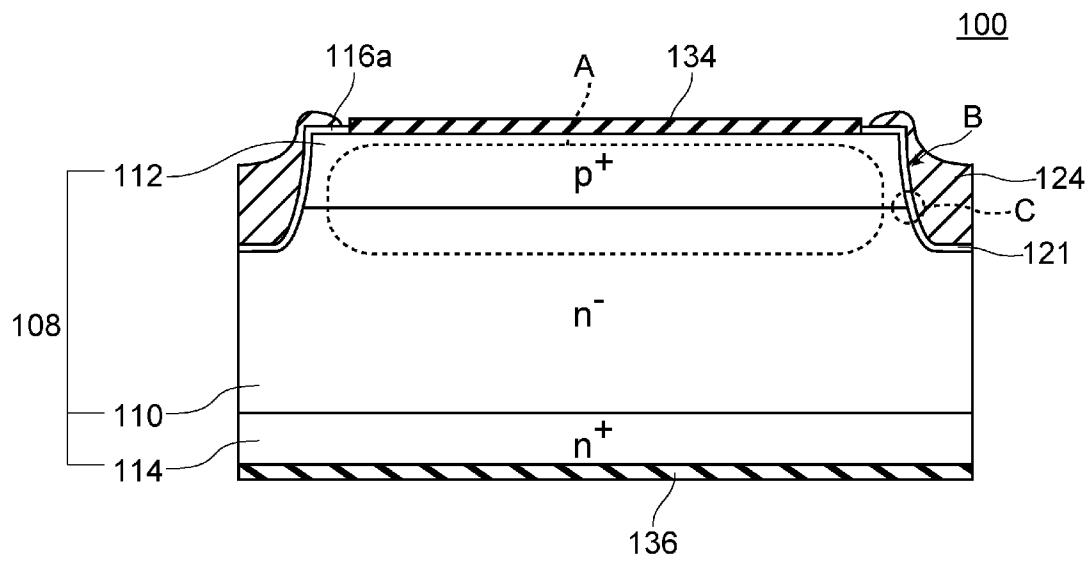
- [請求項1] 主面に平行な p n 接合を備える半導体基板を準備する半導体基板準備工程と、
- 前記半導体基板の一方の表面から前記 p n 接合を超える深さの溝を形成する溝形成工程と、
- 前記溝の内面を被覆するように鉛系ガラス層を形成するガラス層形成工程と、
- 前記溝に沿って前記半導体基板を切断することにより、メサ型半導体素子を作製する半導体基板切断工程と、
- 前記メサ型半導体素子をモールド用樹脂で封止する樹脂封止工程とをこの順序で含む樹脂封止型半導体装置の製造方法であって、
- 前記ガラス層形成工程は、
- 前記溝の内面を酸化して下地酸化層を形成する下地酸化層形成工程と、
- 前記溝の内面を前記下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、
- 前記鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度で前記ガラス組成物層を焼成する焼成工程とを含むことを特徴とする樹脂封止型半導体装置の製造方法。
- [請求項2] 前記焼成工程においては、前記鉛系ガラス組成物の軟化点 T_s 以上の温度で前記ガラス組成物層を焼成することを特徴とする請求項1に記載の樹脂封止型半導体装置の製造方法。
- [請求項3] 前記焼成工程においては、前記鉛系ガラス組成物の D T A 曲線におけるガラス転移点 T_g を示す点から高温側に横軸と平行な線を引いたときに当該 D T A 曲線と交わる点における所定温度 T_p 以上の温度で前記ガラス組成物層を焼成することを特徴とする請求項2に記載の樹脂封止型半導体装置の製造方法。

- [請求項4] 前記焼成工程においては、湿潤酸素ガス雰囲気の前記ガラス組成物層を焼成することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の樹脂封止型半導体装置の製造方法。
- [請求項5] 前記下地酸化層形成工程においては、10nm～100nmの厚さの前記下地酸化層を形成することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の樹脂封止型半導体装置の製造方法。
- [請求項6] 前記下地酸化層形成工程においては、950℃～1150℃の範囲内の温度で下地酸化層を形成することを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の樹脂封止型半導体装置の製造方法。
- [請求項7] メサ領域を囲む外周テーパー領域にpn接合露出部を有するメサ型半導体基体及び前記外周テーパー領域を被覆する鉛系ガラス層を有するメサ型半導体素子と、
前記メサ型半導体素子を封止するモールド用樹脂とを備える樹脂封止型半導体装置であって、
前記鉛系ガラス層は、前記溝の内面を酸化して下地酸化層を形成する下地酸化層形成工程と、前記溝の内面を前記下地酸化層を介して被覆するように鉛系ガラス組成物からなるガラス組成物層を形成するガラス組成物層形成工程と、前記鉛系ガラス組成物の溶倒点 T_f 以下の温度で前記ガラス組成物層を焼成する焼成工程とを実施することにより形成されたものであることを特徴とする樹脂封止型半導体装置。

[図1]



[図2]



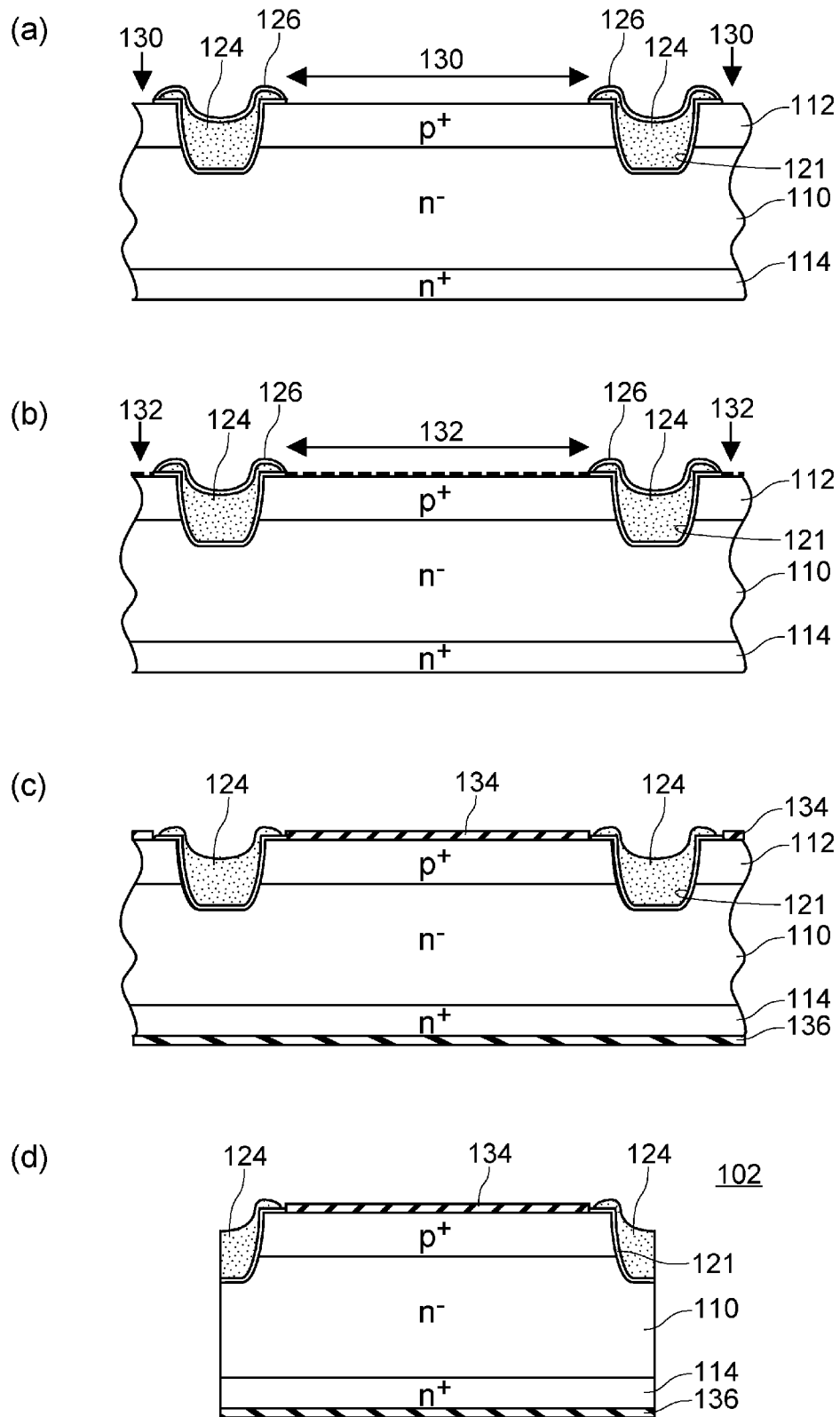
(a) Cross-sectional view of a semiconductor device. The device has a substrate with a p⁺ layer, an n⁻ layer, and an n⁺ layer. A gate stack 110 is formed on the p⁺ layer, consisting of layers 116, 112, 114, and 118. The gate stack 110 is shown with a central region 120 and side regions 116 and 112.

(b) Cross-sectional view of the semiconductor device showing the formation of a gate stack 120 on the p⁺ layer. The gate stack 120 is shown with a central region 120 and side regions 116 and 112. The gate stack 120 is formed on the p⁺ layer, and the n⁻ layer is shown below it.

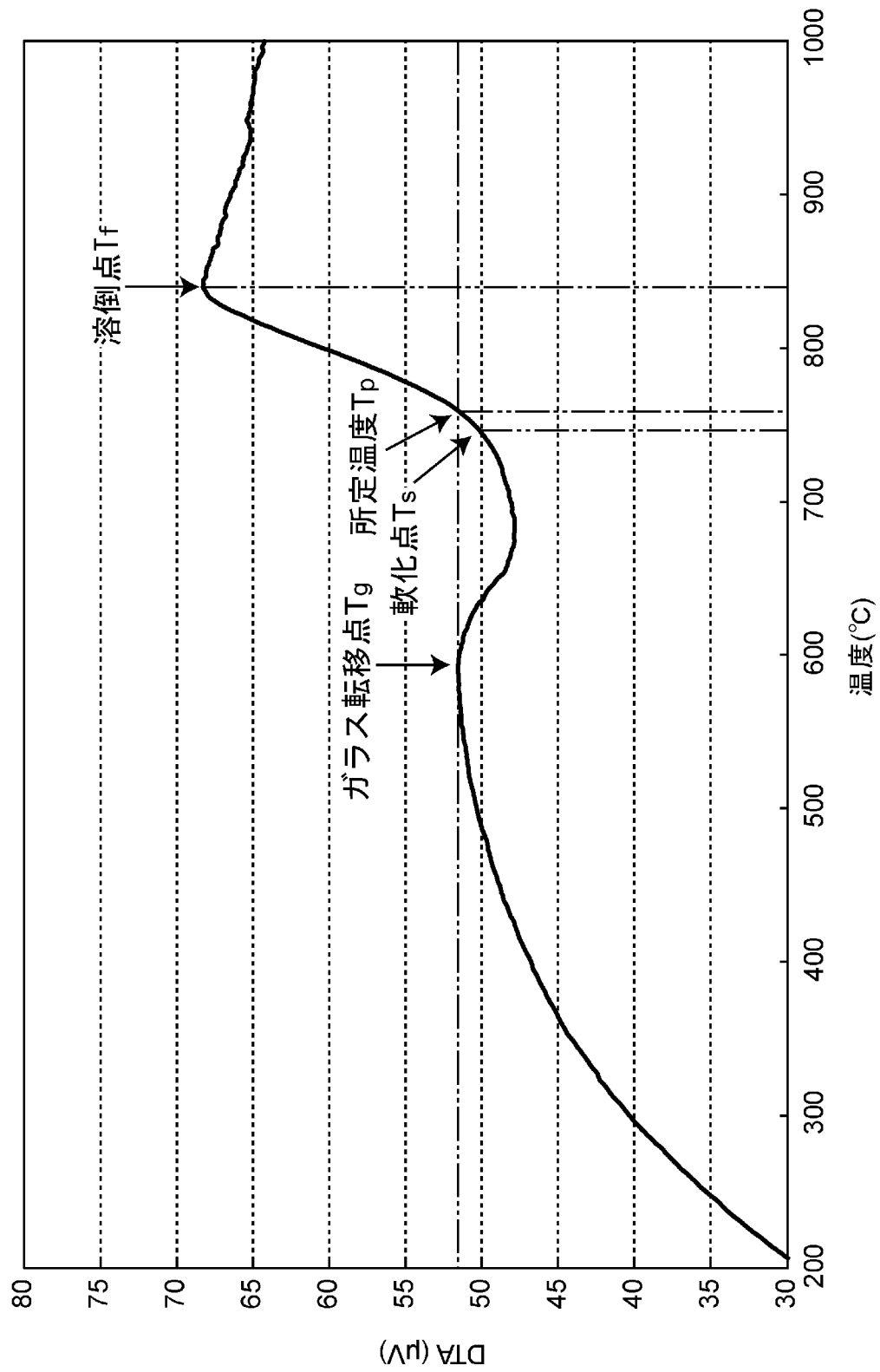
(c) Cross-sectional view of the semiconductor device showing the formation of a gate stack 124 on the n⁻ layer. The gate stack 124 is shown with a central region 124 and side regions 116 and 112. The gate stack 124 is formed on the n⁻ layer, and the p⁺ layer is shown below it.

(d) Cross-sectional view of the semiconductor device showing the formation of a gate stack 126 on the n⁺ layer. The gate stack 126 is shown with a central region 126 and side regions 116 and 112. The gate stack 126 is formed on the n⁺ layer, and the n⁻ layer is shown below it.

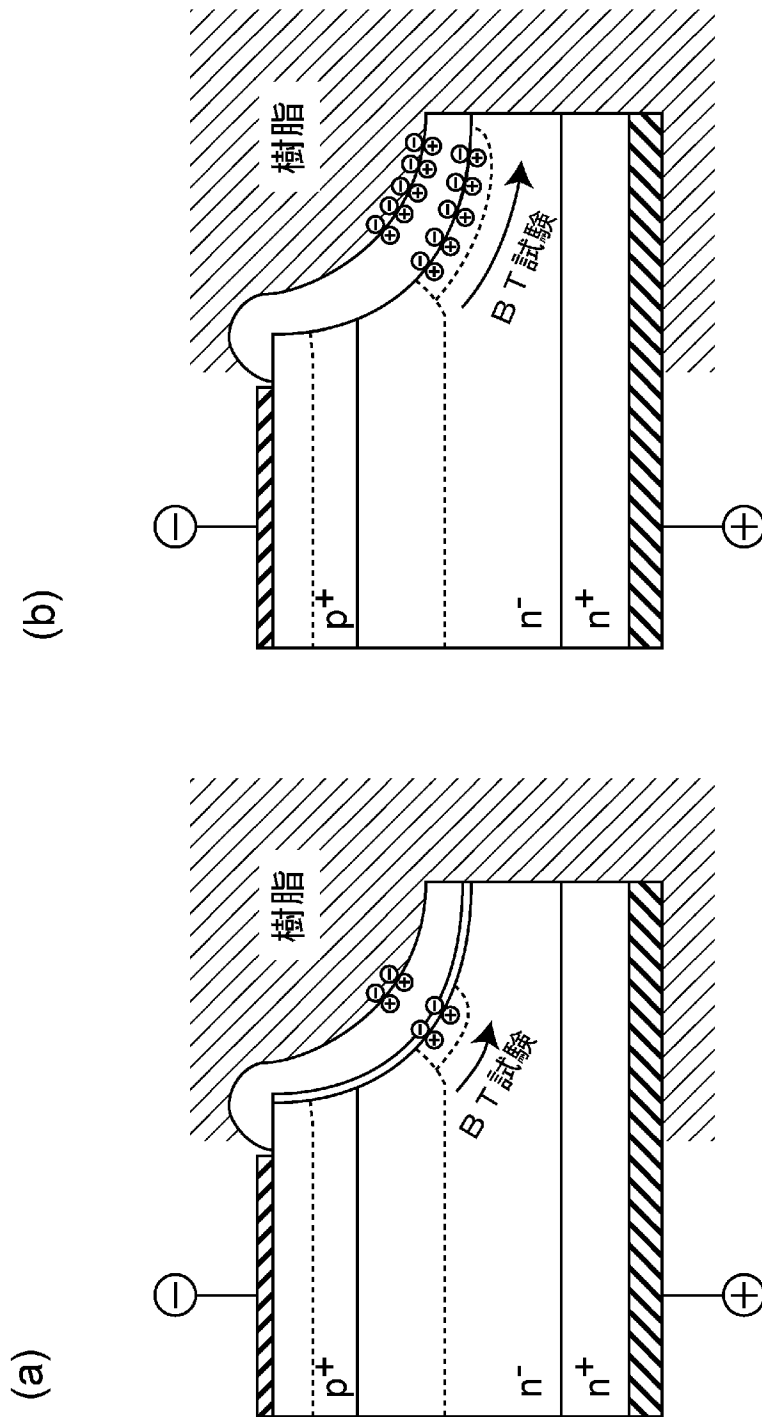
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]

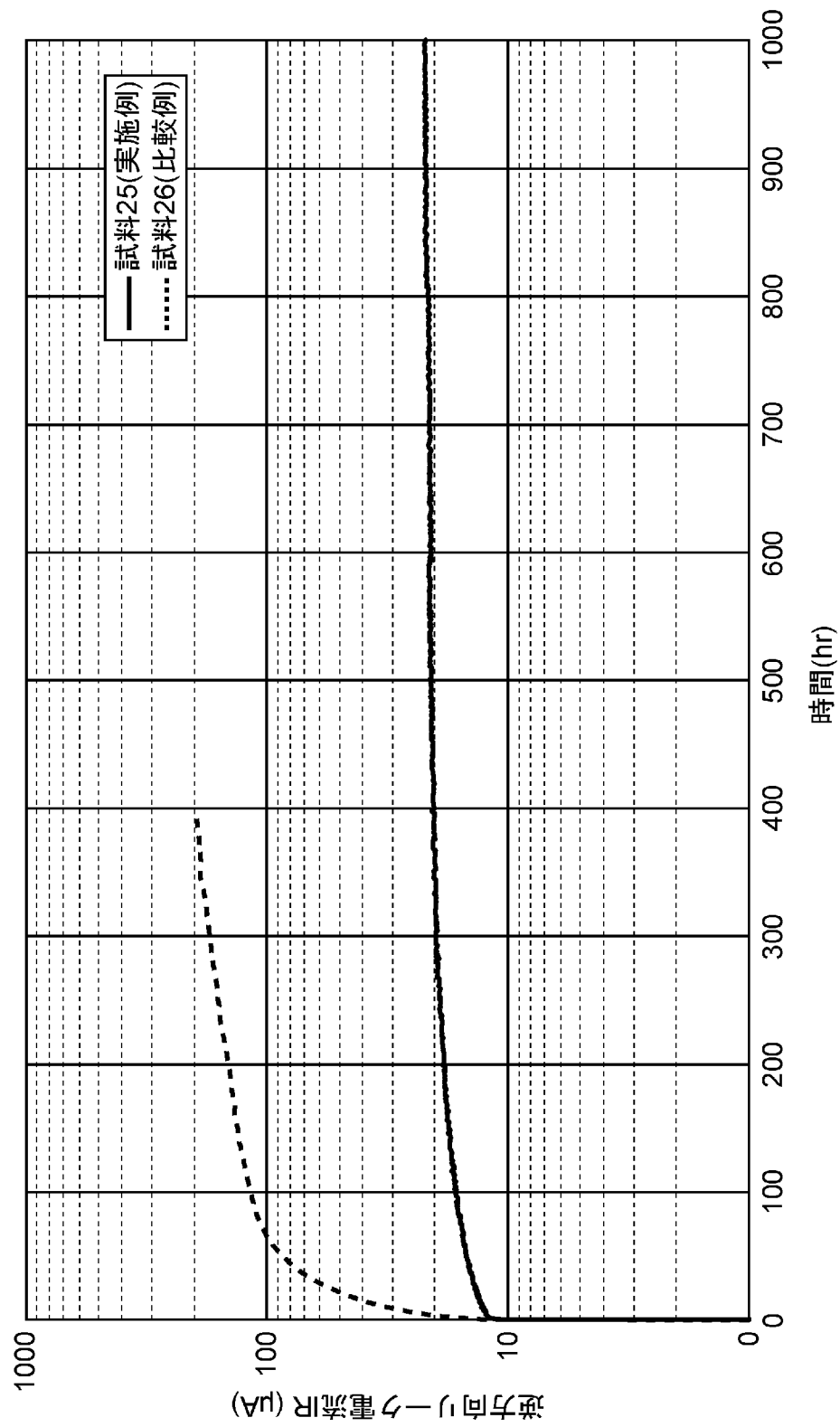
項目		試料1	試料2	試料3	試料4	試料5	試料6
下地酸化層	有／無	無し	有り	有り	有り	有り	有り
	形成温度	—	850℃	900℃	950℃	1000℃	1050℃
焼成条件	焼成雰囲気	Dry	Dry	Dry	Dry	Dry	Dry
	焼成温度	820℃	820℃	820℃	820℃	820℃	820℃
電荷密度Nss ($\times 10^{11}/\text{cm}^2$)		-10.3	-9.4	-7.8	-7.8	-8.0	-7.8
評価		×	×	×	×	×	×

項目		試料7	試料8	試料9	試料10	試料11	試料12
下地酸化層	有／無	無し	有り	有り	有り	有り	有り
	形成温度	—	850℃	900℃	950℃	1000℃	1050℃
焼成条件	焼成雰囲気	Dry	Dry	Dry	Dry	Dry	Dry
	焼成温度	870℃	870℃	870℃	870℃	870℃	870℃
電荷密度Nss ($\times 10^{11}/\text{cm}^2$)		-14.6	-13.9	-12.9	-11.2	-12.0	-12.2
評価		×	×	×	×	×	×

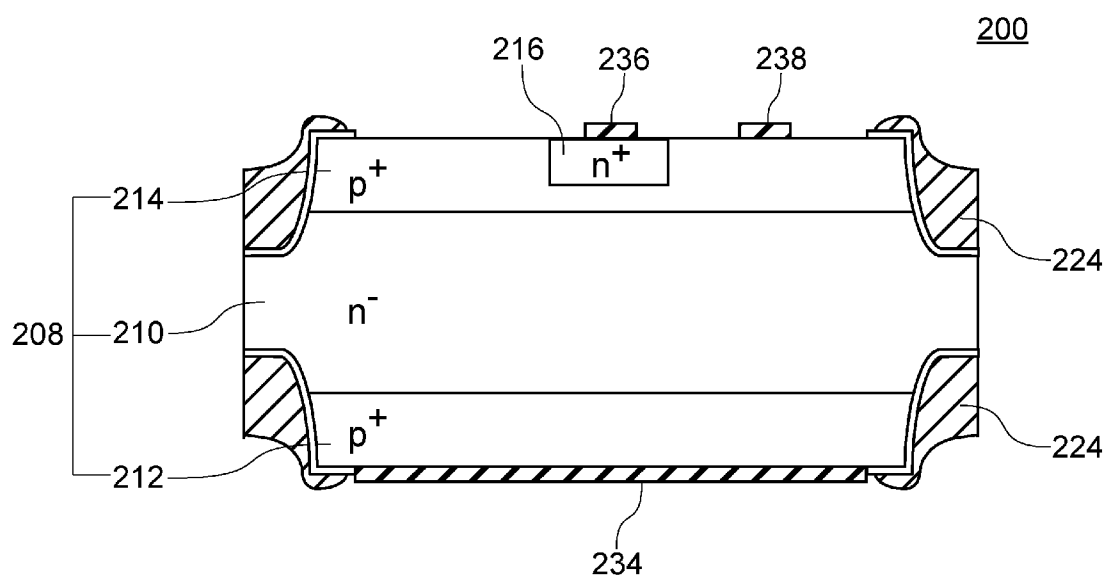
項目		試料13	試料14	試料15	試料16	試料17	試料18
下地酸化層	有／無	無し	有り	有り	有り	有り	有り
	形成温度	—	850℃	900℃	950℃	1000℃	1050℃
焼成条件	焼成雰囲気	Wet	Wet	Wet	Wet	Wet	Wet
	焼成温度	820℃	820℃	820℃	820℃	820℃	820℃
電荷密度Nss ($\times 10^{11}/\text{cm}^2$)		-2.9	-0.6	-2.0	+2.1	+2.0	+1.6
評価		×	×	×	○	○	○

項目		試料19	試料20	試料21	試料22	試料23	試料24
下地酸化層	有／無	無し	有り	有り	有り	有り	有り
	形成温度	—	850℃	900℃	950℃	1000℃	1050℃
焼成条件	焼成雰囲気	Wet	Wet	Wet	Wet	Wet	Wet
	焼成温度	870℃	870℃	870℃	870℃	870℃	870℃
電荷密度Nss ($\times 10^{11}/\text{cm}^2$)		-2.9	-2.0	-2.2	-2.1	-1.9	-2.2
評価		×	×	×	×	×	×

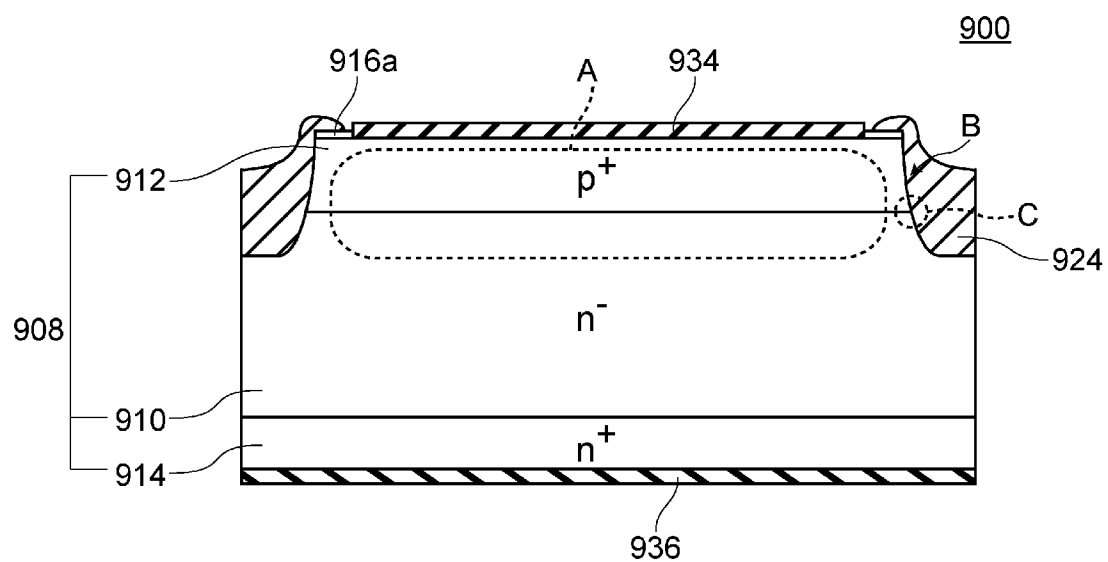
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/080796

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/316(2006.01)i, C03C3/105(2006.01)i, H01L29/74(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i, H01L29/861(2006.01)i, H01L29/868(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/316, C03C3/105, H01L29/74, H01L29/78, H01L29/861, H01L29/868

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 10-125628 A (Hitachi, Ltd.), 15 May 1998 (15.05.1998), paragraphs [0024], [0026] to [0031]; fig. 5, 7 to 8 (Family: none)	1-3, 5-7 4
Y A	JP 09-246571 A (Hitachi, Ltd.), 19 September 1997 (19.09.1997), paragraph [0018]; fig. 4(b) (Family: none)	1-3, 5-7 4
Y A	JP 10-294473 A (Hitachi, Ltd.), 04 November 1998 (04.11.1998), paragraph [0014]; fig. 1 to 14 (Family: none)	1-3, 5-7 4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 December, 2012 (27.12.12)

Date of mailing of the international search report
15 January, 2013 (15.01.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/316(2006.01)i, C03C3/105(2006.01)i, H01L29/74(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i,
H01L29/861(2006.01)i, H01L29/868(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/316, C03C3/105, H01L29/74, H01L29/78, H01L29/861, H01L29/868

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 10-125628 A (株式会社日立製作所) 1998.05.15, 段落【0024】, 【0026】 - 【0031】, 図 5, 図 7-図 8 (ファミリーなし)	1-3, 5-7 4
Y A	JP 09-246571 A (株式会社日立製作所) 1997.09.19, 段落【0018】, 図 4(b) (ファミリーなし)	1-3, 5-7 4
Y A	JP 10-294473 A (株式会社日立製作所) 1998.11.04, 段落【0014】, 図 1-図 14 (ファミリーなし)	1-3, 5-7 4

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 1 2 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 1 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山本 雄一

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

4 R

3 1 2 3