

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5171232号
(P5171232)

(45) 発行日 平成25年3月27日 (2013. 3. 27)

(24) 登録日 平成25年1月11日 (2013. 1. 11)

(51) Int. Cl. F I
 H O 1 L 21/329 (2006. 01) H O 1 L 29/48 P
 H O 1 L 29/47 (2006. 01)
 H O 1 L 29/872 (2006. 01)

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2007-314124 (P2007-314124)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成19年12月5日 (2007. 12. 5)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2008-172212 (P2008-172212A)		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
(43) 公開日	平成20年7月24日 (2008. 7. 24)	(74) 代理人	100082669
審査請求日	平成22年11月26日 (2010. 11. 26)		弁理士 福田 賢三
(31) 優先権主張番号	特願2006-338012 (P2006-338012)	(74) 代理人	100095337
(32) 優先日	平成18年12月15日 (2006. 12. 15)		弁理士 福田 伸一
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100095061
			弁理士 加藤 恭介
		(72) 発明者	磯部 敦生
			神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	小澤 傑
			神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に島状半導体層を形成し、
 前記島状半導体層に第 1 の不純物元素を添加して第 1 の不純物領域を形成し、
 前記島状半導体層を覆うように絶縁膜を形成し、
 前記絶縁膜に、前記第 1 の不純物領域の一部を露出する第 1 の開口部及び第 2 の開口部を形成し、
 前記第 2 の開口部によって露出した前記第 1 の不純物領域の一部に、前記第 1 の不純物元素とは逆の導電型を付与する第 2 の不純物元素を添加して第 2 の不純物領域を形成し、
 前記第 1 の開口部に前記第 1 の不純物領域と接する第 1 の配線を、前記第 2 の開口部に前記第 2 の不純物領域と接する第 2 の配線を、それぞれ形成することを特徴とする半導体装置の作製方法であって、
 前記第 1 の不純物元素の添加量は、前記第 2 の不純物元素の添加量よりも多いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、
 前記第 1 の不純物領域は、前記第 1 の不純物元素の濃度が $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、
 前記第 2 の不純物領域は、前記第 1 の不純物元素の濃度が $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、かつ、前記第 2 の不純物元素の濃度が

10

20

$1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、

前記第 1 の不純物元素として N 型導電型を付与する元素を添加し、

前記第 2 の配線として仕事関数が 4.4 eV 以上の配線を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 において、

前記第 1 の不純物元素として P 型導電型を付与する元素を添加し、

前記第 2 の配線として仕事関数が 4.8 eV 以下の配線を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項において、

前記第 2 の不純物領域と前記第 2 の配線がショットキーバリアを形成していることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】

基板上に第 1 の島状半導体層及び第 2 の島状半導体層を形成し、

前記第 1 の島状半導体層及び前記第 2 の島状半導体層を覆うように第 1 の絶縁膜を形成し、

前記第 1 の絶縁膜を介して、前記第 1 の島状半導体層上に電極を形成し、

前記電極をマスクとして、前記第 1 の島状半導体層及び前記第 2 の島状半導体層に第 1 の不純物元素を添加して第 1 の不純物領域を形成し、

前記第 1 の絶縁膜及び前記電極の上に第 2 の絶縁膜を形成し、

前記第 2 の絶縁膜に、前記第 1 の島状半導体に形成した前記第 1 の不純物領域の一部を露出する第 1 の開口部、前記第 2 の島状半導体に形成した前記第 1 の不純物領域の一部を露出する第 2 の開口部及び第 3 の開口部を形成し、

前記第 3 の開口部によって露出した前記第 1 の不純物領域の一部に、前記第 1 の不純物元素とは逆の導電型を付与する第 2 の不純物元素を添加して第 2 の不純物領域を形成し、

前記第 1 の開口部に前記第 1 の不純物領域と接する第 1 の配線を、前記第 2 の開口部に前記第 1 の不純物領域と接する第 2 の配線を、前記第 3 の開口部に前記第 2 の不純物領域と接する第 3 の配線を、それぞれ形成することを特徴とする半導体装置の作製方法であって、

前記第 1 の不純物元素の添加量は、前記第 2 の不純物元素の添加量よりも多いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記第 1 の不純物領域は、前記第 1 の不純物元素の濃度が $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、

前記第 2 の不純物領域は、前記第 1 の不純物元素の濃度が $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、かつ、前記第 2 の不純物元素の濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 8】

請求項 6 又は 7 において、

前記第 1 の不純物元素として N 型導電型を付与する元素を添加し、

前記第 3 の配線として仕事関数が 4.4 eV 以上の配線を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 9】

請求項 6 又は 7 において、

前記第 1 の不純物元素として P 型導電型を付与する元素を添加し、

前記第 3 の配線として仕事関数が 4 . 8 e V 以下の配線を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】

請求項 6 乃至 9 のいずれか一項において、

前記第 2 の不純物領域と前記第 3 の配線がショットキーバリアを形成していることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、アノードとカソードが同一平面上に形成されるショットキーバリアダイオードおよびその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の半導体基板上に形成されるショットキーバリアダイオードの作製方法としては、半導体基板上に形成された酸化シリコン膜にカソード領域の開口を行い、半導体基板と同一導電型の不純物を選択的に拡散又はイオン注入法等により導入し、オーミック性接触を得た後、アノード領域の開口部を形成し、その後、このアノード開口部上に金属膜を形成し、ショットキー接合を形成し、次いでアノード電極、カソード電極を形成する方法がある（特許文献 1 参照）。

20

【0003】

アノード領域の開口部とカソード領域の開口部はマスクを用いて形成するため、一定距離以上に近づけると、マスクの位置合わせずれによりショートする可能性が生じる。その為、アノード領域の開口部とカソード領域の開口部間には一定のマージンをもたせる必要がある。しかし、それらのマージンが両開口部間の寄生抵抗となり、ショットキーバリアダイオードのオン電流を低下させるという問題がある。

【0004】

同一基板上に薄膜トランジスタ（TFT）と共に、ショットキーバリアダイオードを作製する場合にも、上述した従来のショットキーバリアダイオードの寄生抵抗によるオン電流の低下という問題がある。

30

【特許文献 1】特開平 2 - 178973 公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述した従来のショットキーダイオードの製造方法は、カソードコンタクト開口領域の開口を行い、カソード領域の拡散層を形成した後にアノードコンタクト開口領域の開口を行うため、カソードコンタクト開口領域とアノードコンタクト開口領域との位置合わせを行う。両開口部間の寄生抵抗によるショットキーバリアダイオードのオン電流の低下を抑えるためには、カソードコンタクト開口領域とアノードコンタクト開口領域をできるだけ近づける必要があるが、その位置合わせ精度を十分に取るのが難しいという問題がある。

40

【0006】

また、カソードコンタクト開口領域とアノードコンタクト開口領域の位置のばらつきはショットキーバリアダイオードのオン電流のばらつきの要因になるという問題がある。

【0007】

また、アノード領域とカソード領域が重なるとショットキーバリアダイオードのオフ電流が上昇するという問題がある。

【0008】

以上より、本発明はカソード領域とアノード領域を極力近くに配置し、位置のばらつきを抑え、寄生抵抗によるオン電流の低下を抑え、かつ、オン電流のばらつきの少なく、

50

さらに、オフ電流の上昇を抑えたショットキーバリアダイオードを作製することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、ショットキーバリアダイオードに関し、カソード領域内にアノードコンタクト開口領域を形成し、カウンタードープを行うことによりアノード領域を形成することを要旨とする。

【0010】

島状の半導体膜を形成し、島状の半導体膜に第1の不純物元素を添加し、第1の不純物領域を形成し、島状の半導体膜を覆って絶縁膜を形成し、絶縁膜をエッチングして、第1の不純物領域の一部を露出させるように第1の開口部と第2の開口部を形成し、第2の開口部を露出するように、第1の開口部をマスクして、第1の不純物領域に第2の不純物元素を添加し、第2の不純物領域を形成し、第1の開口部によって露出されている第1の不純物領域に接する第1の配線、および第2の開口部によって露出されている第2の不純物領域に接する第2の配線を、それぞれ、形成する。

10

【0011】

第2の開口部から第2の不純物元素の添加を行うため、第2の開口部周辺も僅かながら第2の不純物元素が添加される。その為、第1の不純物領域と第2の配線はショートしない程度に僅かに離れている。別言すると、第1の不純物領域と第2の配線はショートしない程度に、第1の不純物領域の端部は第2の配線からずれている。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明により、寄生抵抗によるオン特性の低下を抑え、かつ、オン特性のばらつきの少ないショットキーバリアダイオードを有する半導体装置を作製することができる。

【0013】

本発明の半導体装置の作製方法により、ショットキーバリアダイオードのカソード電極とアノード領域をショートしない程度に僅かに離すこと（ずらすこと）ができるため、オフ電流の上昇を抑えられたショットキーバリアダイオードを有する半導体装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0014】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更しうることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は本実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0015】

また、以下に示す実施の形態1～3は実施可能な範囲で適宜組み合わせることが可能である。

【0016】

（実施の形態1）

40

以下に、薄膜トランジスタ（TFT）とショットキーバリアダイオードの構造及びその作製方法について、図1～図2を用いて説明する。図1（A）、（B）、（C）及び図2（A）、（B）、（C）、（D）の左側断面図はTFT作製工程を示す断面図であり、右側断面図はショットキーバリアダイオード作製工程を示す断面図である。

【0017】

まず、図1（A）に示すように基板111上に下地絶縁膜112を30～300nm形成する。基板111としては、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、セラミックス基板等の絶縁性基板、金属基板、半導体基板等を用いることができる。

【0018】

下地絶縁膜112は、酸化珪素（ SiO_x ）、窒化珪素（ SiN_x ）、窒素を含む酸

50

化珪素 (SiO_xN_y 、 $x > y$) (酸化窒化珪素とも言う)、酸素を含む窒化珪素 (SiN_xO_y 、 $x > y$) (窒化酸化珪素とも言う) 等の酸素または窒素を有する絶縁膜の単層構造、またはこれらの積層構造を用いることができる。特に、基板からの汚染が懸念される場合には、下地絶縁膜を形成することが好ましい。また、下地絶縁膜 112 は固定電荷の少ない膜を用いると良い。例えば、 SiH_4 と N_2O の混合ガスを用いて、 SiO_2 膜を形成したものをを用いることができる。

【0019】

続いて、半導体膜を 10 ~ 300 nm 形成する。半導体膜の材料は TFT に求められる特性に応じて選択することができ、シリコン膜、シリコンゲルマニウム膜等の半導体膜を用いることができる。半導体膜としては、非晶質半導体膜または微結晶半導体膜を成膜し、レーザー等を用いた結晶化法により結晶化した結晶性半導体膜を用いるのが好ましい。微結晶半導体膜は、プラズマ CVD 法により SiH_4 等のガスを水素又はフッ素の希ガス元素とで希釈して用いることで形成することができる。レーザーとしては、パルスレーザーであればエキシマレーザー等、連続発振レーザーであれば、YVO₄ レーザー等を用いることができる。

10

【0020】

また、結晶化技術としてはハロゲンランプを用いたラピッドサーマルアニール法 (RTA 法) や、加熱炉を使用して結晶化する技術を適用することも可能である。さらに、非晶質半導体膜にニッケル等の金属元素を添加し、添加された金属を結晶核として固相成長させる方法を用いても良い。

20

【0021】

次に、半導体膜をフォトリソグラフィ工程およびエッチング工程により、島状の半導体膜 113a 及び 113b を形成する。島状の半導体膜 113a 及び 113b を覆うように、第 1 の絶縁膜 114 を 5 ~ 50 nm 形成する。第 1 の絶縁膜は島状の半導体膜に接しており、ゲート絶縁膜として機能する。

【0022】

第 1 の絶縁膜 114 としては CVD 法やスパッタ法により、酸化珪素 (SiO_x)、窒化珪素 (SiN_x)、窒素を含む酸化珪素 (SiO_xN_y) ($x > y$)、酸素を含む窒化珪素 (SiN_xO_y) ($x > y$) などのいずれかを適宜組み合わせる積層構造としてもよい。高密度で低電子温度のプラズマ処理により、酸化珪素 (SiO_x)、窒化珪素 (SiN_x)、窒素を含む酸化珪素 (SiO_xN_y) ($x > y$)、酸素を含む窒化珪素 (SiN_xO_y) ($x > y$) などのいずれかを適宜組み合わせる積層構造としてもよい。本実施形態では、第 1 の絶縁膜 114 は、 SiO_xN_y 膜の単層構造とする。

30

【0023】

続いて、第 1 の絶縁膜 114 上に電極となる導電膜 115 を形成する。導電膜 115 としては、アルミニウム (Al) 膜、銅 (Cu) 膜、アルミニウム又は銅を主成分とする膜、クロム (Cr) 膜、タンタル (Ta) 膜、窒化タンタル膜、チタン (Ti) 膜、タングステン (W) 膜、窒化タングステン膜、モリブデン (Mo) 膜、前記膜を積層させた積層膜、例えば、Al 膜と Ta 膜との積層、Al 膜と Ti 膜との積層、窒化タングステン膜と W 膜との積層などを用いることができる。本実施の形態では、導電膜 115 を窒化タンタル 30 nm とタングステン (W) 370 nm の積層膜とする。

40

【0024】

続いて、導電膜 115 上にフォトリソマスクを用い、フォトリソグラフィ技術を使用してマスク 116 を形成する。マスク 116 は TFT となる島状の半導体膜 113a 上に一部位置する形状を有し、ショットキーバリアダイオードとなる島状の半導体膜 113b 上にはマスク 116 は位置していない。(図 1 (A))

【0025】

続いて、マスク 116 を用いて導電膜 115 をエッチングし、その後、マスク 116 を除去し、TFT となる島状の半導体膜 113a 上に電極 117 を形成する (図 1 (B))。この電極 117 はゲート電極として機能する。

50

【0026】

本実施の形態では、マスク116を用いて、導電膜115の窒化タンタル30nm\タングステン(W)370nmの積層膜をエッチングする第1のエッチングを行う。第1のエッチングでは、窒化タンタルに対して選択比の高いエッチング条件でエッチングすることが好ましい。第1のエッチングでは、エッチングガスとして、 SF_6 、 Cl_2 、 O_2 の混合ガスを用い、混合比は $\text{SF}_6 / \text{Cl}_2 / \text{O}_2 = 33 / 33 / 10 \text{ sccm}$ である。0.67Paの圧力でコイル型の電極に2000Wの電力を供給してプラズマを生成する。基板側(試料ステージ)には50Wの電力を投入する。試料ステージの温度は+70にする。続いて、窒化タンタルをエッチングする第2のエッチングを行う。この第2のエッチングにより、電極117を形成する。このとき、第1の絶縁膜114をエッチングしないように、第1の絶縁膜114に対し選択比の高いエッチング条件でエッチングすることが好ましい。第2のエッチングの条件は、0.67Paの圧力でコイル型の電極に2000Wの電力を供給してプラズマを生成する。基板側(試料ステージ)には50Wの電力を投入する。エッチングガスは Cl_2 である。試料ステージの温度は+70にする。

10

【0027】

本実施の形態のエッチングは、ドライエッチングで行うことができ、ICP(Inductively Coupled Plasma: 誘導結合型プラズマ)エッチング装置を用いて行うことが出来る。

【0028】

次に、島状の半導体膜113a、113bに第1の不純物元素の添加を行う。本実施の形態では、島状の半導体膜113a、113bにN型導電型或いはP型導電型を付与する不純物のドーピングを行う。第1の絶縁膜114を透過させて、電極117をマスクとして、島状の半導体膜113a、113bにN型導電型或いはP型導電型を付与する不純物をドーピングし、第1の不純物領域である不純物領域118a、118bを形成する。第1の不純物領域118a、118bの不純物元素濃度は $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度(好ましくは $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3 \sim 5 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度)とする。ドーピング法としてはイオンドーピング法、イオン注入法を用いることができる。例えばP型導電型を付与する際には第1の不純物元素として、ボロン(B)、ガリウム(Ga)等を用い、N型導電型を付与する際には第1の不純物元素として、リン(P)、砒素(As)等を用いることができる。本実施の形態においては、ショットキーバリアダイオードに、N型導電型不純物領域を形成するために、第1の不純物領域118a、118bには第1の不純物元素として、N型導電型を付与するリン(P)、砒素(As)等をドーピングする。

20

30

【0029】

その後、層間絶縁膜211を形成する。層間絶縁膜211は有機材料もしくは無機材料を用いて形成する。層間絶縁膜211は単層構造でも良いし、積層構造でも良い。層間絶縁膜211に第1の不純物領域118a、118bを露出するための開口部212a、212b、212cを形成する(図2(A))。開口部212aはTFTのソース領域、ドレイン領域を配線に接続するためのものであり、開口部212bはショットキーバリアダイオードのカソード領域を配線に接続するためのものであり、開口部212cはアノード領域を配線に接続するためのものである。さらに、ゲート電極を他の配線に接続するための開口部(図示せず)も形成される。本実施の形態では、第1の不純物領域118a、118bはN型導電型不純物領域として形成しているが、第1の不純物領域118a、118bをP型導電型不純物領域として形成した場合には、開口部212bはショットキーバリアダイオードのアノード領域と配線を接続するためのものであり、開口部212cはカソード領域と配線を接続するためのものである。

40

【0030】

なお、層間絶縁膜211を形成する前、または層間絶縁膜211を形成した後に、第1の不純物領域118a、118bの不純物の活性化を行っても良い。層間絶縁膜211が積層膜である場合には、層間絶縁膜211の一部を形成した後に、第1の不純物領域1

50

118a、118bの不純物の活性化を行っても良い。活性化はレーザー光照射、RTA、電気炉を用いた加熱処理などの方法を用いることができる。

【0031】

続いて、マスク215を形成する。TFTは全体がマスク215で覆われ、ショットキーバリアダイオードは開口部212c以外の領域がマスク215で覆われている。(図2(B))

【0032】

次に、開口部212cによって露出されている第1の不純物領域118bに、第1の不純物領域118a、118bに添加した第1の不純物元素とは逆の導電型を付与する第2の不純物元素のドーピングを行い、第2の不純物領域216を形成する。本実施の形態においては、第1の不純物領域118a、118bには、第1の不純物元素として、N型導電型を付与するリン(P)、砒素(As)等を用いるため、第2の不純物領域216にドーピングする第2の不純物元素としては、P型導電型を付与するボロン(B)、ガリウム(Ga)等を用いる。ドーピング法としてはイオンドーピング法、イオン注入法を用いることができる。第2の不純物領域216にドーピングする第2の不純物元素は、第1の不純物領域118a、118bにドーピングする第1の不純物元素の導電型に対して、逆の導電型を付与する不純物元素であるが、第2の不純物領域216の導電型が第1の不純物領域118a、118bの導電型と逆の導電型とならないように、第2の不純物元素のドーピングを行う。第2の不純物領域216にドーピングする第2の不純物元素の濃度は $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度(好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度)とする。

【0033】

開口部212cによって露出されている第1の不純物領域118bに、第1の不純物領域118a、118bにドーピングした第1の不純物元素の活性化を妨げるために第2の不純物元素のドーピングを行い、第2の不純物領域216を形成しても良い。第2の不純物領域216に添加する第2の不純物元素としては、He、Ar等の不活性ガス、或いは酸素、窒素等のSiと結合する作用をもつガスを用いることができる。第2の不純物領域216に添加する第2の不純物元素の濃度は、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度(好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度)とする。ドーピング法としてはイオンドーピング法、イオン注入法を用いることができる。

【0034】

第2の不純物領域216に添加した第1の不純物元素と第2の不純物元素の濃度は、第2の不純物領域216の表面から30nmの範囲の深さ方向に対して、不純物元素の濃度比が0.01~100倍(好ましくは0.1~10倍)とする。

【0035】

第2の不純物領域216のシート抵抗値は $10 \text{ k} / \square$ から $100 \text{ k} / \square$ となるようにドーピングする元素濃度を選択する。

【0036】

次に、図2(D)に示すように、配線217a、217b、217c、217dを形成する。第2の不純物領域216の導電型がN型である場合には、第2の不純物領域216と接する配線217dの仕事関数を4.4eV以上とするのが好ましい。例えば、配線217dをTi、W、Pt等を用いて形成すると良い。なお、配線217dが積層構造の導電膜で形成されている場合、配線217dの仕事関数が4.4eV以上であるとは、第2の不純物領域216と接する最下層の金属材料の仕事関数が4.4eV以上であることをいう。第2の不純物領域216の導電型がP型である場合には、第2の不純物領域216と接する配線217dの仕事関数を4.8eV以下とするのが好ましい。例えば、配線217dをTi等を用いて形成すると良い。なお、配線217dが積層構造の導電膜で形成されている場合、配線217dの仕事関数が4.8eV以下とは、第2の不純物領域216と接する最下層の金属材料の仕事関数が4.8eV以下であることをいう。配線21

10

20

30

40

50

7 a、2 1 7 b、2 1 7 c、2 1 7 dは前記の材料のみでは配線抵抗が高い場合には、積層構造として用いれば良い。例えば、最下層から順にTi\Al\Ti、或いはTi\窒化チタン\Al\Ti等の積層構造とすることもできる。

【0037】

以下に、本実施の形態に基づいた構造にすることにより、ショットキーバリアダイオードのオン特性が向上することを、論理計算により示す。計算には、synopsys社製TCADソフト、Sentaurusを用いた。図3(A)及び図3(B)は理論計算に用いたショットキーバリアダイオードの構造を示す上面図である。

【0038】

図3(A)は本実施の形態に基づいた構造であり、不純物領域301、303は第1の不純物元素のみを添加した第1の不純物領域であり、不純物領域302は、第1の不純物元素および第2の不純物元素を添加した、第2の不純物領域である。不純物領域301は第1の配線と接続し、オーミックな接合を形成する。不純物領域302は第2の配線と接続し、ショットキーバリアを形成する。不純物領域303は不純物領域301と同一のシート抵抗値であり、不純物領域302のシート抵抗値に比べて低い値となる。

【0039】

図3(B)は、本実施の形態との比較例のショットキーバリアダイオードのための構造であり、不純物領域306、307は第1の不純物元素のみを添加した領域であり、不純物領域305は、第1の不純物元素および第2の不純物元素を添加した領域である。不純物領域305は第1の配線と接続し、オーミックな接合を形成する。不純物領域306は第2の配線と接続し、ショットキーバリアを形成する。不純物領域307は不純物領域306と同一のシート抵抗値であり、不純物領域305のシート抵抗値に比べて高い値となる。

【0040】

図9は、図3(A)の不純物領域301と不純物領域302の間の距離D1を1.0 μmとした場合、及び図3(B)の不純物領域305と不純物領域306の間の距離D2を1.0 μm、1.5 μm、2.0 μmとした場合のショットキーバリアダイオードの電流-電圧特性の計算結果である。図9の結果は、図3(A)の構造、すなわち、本実施の形態の構造が最もオン特性の低下が少ないことを示している。また、不純物領域305と不純物領域306の間の距離D2が短いほど、オン特性の低下が小さいことを示している。図3(A)の構造、すなわち、本実施の形態の構造はオン特性の低下が少ないため、オン特性のばらつきも小さくなる。

【0041】

以上より、本実施の形態で作製したショットキーダイオードは、オン特性の低下を抑え、かつ、オン特性のばらつきを小さくすることができる。

【0042】

(実施の形態2)

以下に、相補型薄膜トランジスタ(TFT)とショットキーバリアダイオード素子の構造及びその作製方法について、図4～図5を用いて説明する。図4(A)、(B)、(C)、(D)及び図5(A)、(B)、(C)、(D)の左側断面図及び中央断面図はTFT作製工程を示す断面図であり、右側断面図はショットキーバリアダイオード作製工程を示す断面図である。

【0043】

まず、図4(A)に示すように基板411上に下地絶縁膜412を30～300 nm形成する。基板411としては、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、セラミックス基板等の絶縁性基板、金属基板、半導体基板等を用いることができる。

【0044】

下地絶縁膜412は、酸化珪素(SiO_x)、窒化珪素(SiN_x)、窒素を含む酸化珪素(SiO_xN_y、x>y)(酸化窒化珪素とも言う)、酸素を含む窒化珪素(SiN_xO_y、x>y)(窒化酸化珪素とも言う)等の酸素または窒素を有する絶縁膜の単層

構造、またはこれらの積層構造を用いることができる。特に、基板からの汚染が懸念される場合には、下地絶縁膜を形成することが好ましい。また、下地絶縁膜 412 は固定電荷の少ない膜を用いると良い。例えば、 SiH_4 と N_2O の混合ガスを用いて、 SiO_2 膜を形成したものをを用いることができる。

【0045】

続いて、半導体膜を 10 ~ 300 nm 形成する。半導体膜の材料は TFT に求められる特性に応じて選択することができ、シリコン膜、シリコンゲルマニウム膜等の半導体膜を用いることができる。半導体膜としては、非晶質半導体膜または微結晶半導体膜を成膜し、レーザー等を用いた結晶化法により結晶化した結晶性半導体膜を用いるのが好ましい。微結晶半導体膜は、プラズマ CVD 法により、 SiH_4 等のガスを水素又はフッ素の希ガス元素とで希釈して用いることにより形成する、ことができる。レーザーとしては、パルスレーザーであればエキシマレーザー等、連続発振レーザーであれば、YVO₄ レーザー等を用いることができる。

10

【0046】

また、結晶化技術としてはハロゲンランプを用いたラピッドサーマルアニール法 (RTA 法) や、加熱炉を使用して結晶化する技術を適用することも可能である。さらに、非晶質半導体膜にニッケル等の金属元素を添加し、添加された金属を結晶核として固相成長させる方法を用いても良い。

【0047】

次に、半導体膜をフォトリソグラフィ工程およびエッチング工程により、島状の半導体膜 413a、413b、413c を形成する。島状の半導体膜 413a、413b、413c を覆うように、第 1 の絶縁膜 414 を 5 ~ 50 nm 形成する。第 1 の絶縁膜は島状の半導体膜に接しており、ゲート絶縁膜として機能する。

20

【0048】

第 1 の絶縁膜 414 としては CVD 法やスパッタ法により、酸化珪素 (SiO_x)、窒化珪素 (SiN_x)、窒素を含む酸化珪素 (SiO_xN_y) ($x > y$)、酸素を含む窒化珪素 (SiN_xO_y) ($x > y$) などのいずれかを適宜組み合わせる積層構造としてもよい。高密度で低電子温度のプラズマ処理により、酸化珪素 (SiO_x)、窒化珪素 (SiN_x)、窒素を含む酸化珪素 (SiO_xN_y) ($x > y$)、酸素を含む窒化珪素 (SiN_xO_y) ($x > y$) などのいずれかを適宜組み合わせる積層構造としてもよい。本実施形態では、第 1 の絶縁膜 414 は、 SiO_xN_y 膜の単層構造とする。

30

【0049】

続いて、第 1 の絶縁膜 414 上に電極となる導電膜 415 を形成する。導電膜 415 としては、アルミニウム (Al) 膜、銅 (Cu) 膜、アルミニウム又は銅を主成分とする膜、クロム (Cr) 膜、タンタル (Ta) 膜、窒化タンタル膜、チタン (Ti) 膜、タングステン (W) 膜、窒化タングステン膜、モリブデン (Mo) 膜、前記膜を積層させた積層膜、例えば、Al 膜と Ta 膜との積層、Al 膜と Ti 膜との積層、窒化タンタル膜と W 膜との積層などを用いることができる。本実施の形態では、導電膜 415 を窒化タンタル 30 nm とタングステン (W) 370 nm の積層膜とする。

【0050】

40

続いて、導電膜 415 上にフォトマスクを用い、フォトリソグラフィ技術を使用してマスク 416 を形成する。マスク 416 は TFT となる島状の半導体膜 413a 及び 413b 上に一部位置する形状を有し、ショットキーバリアダイオードとなる島状の半導体膜 413c 上にはマスク 416 は位置していない。(図 4 (A))

【0051】

続いて、マスク 416 を用いて導電膜 415 をエッチングし、その後、マスク 416 を除去し、TFT となる島状の半導体膜 413a、413b 上に電極 417a と 417b を形成する (図 4 (B))。これらの電極 417a と 417b はゲート電極として機能する。この工程において、ショットキーバリアダイオードとなる島状の半導体膜 413c 上の導電膜 415 はエッチングにより全て除去される (図 4 (B))。

50

【0052】

次に、島状の半導体膜413a、413cに第1の不純物元素の添加を行う。本実施の形態では、島状の半導体膜413a、413cにN型導電型或いはP型導電型を付与する不純物のドーピングを行う。第1の絶縁膜414を透過させて、電極417をマスクとして、島状の半導体膜413a、413cにN型導電型或いはP型導電型を付与する第1の不純物元素をドーピングし、第1の不純物領域418a、418cを形成する。この際、島状の半導体膜413bに第1の不純物元素が添加されないように、島状の半導体膜413bを覆うようにマスクを形成しておき、第1の不純物元素のドーピングが完了したら、マスクを取り除いておく。第1の不純物領域418a、418cの不純物元素濃度は $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度（好ましくは $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3 \sim 5 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度）とする。ドーピング法としてはイオンドーピング法、イオン注入法を用いることができる。例えばP型導電型を付与する際には不純物元素として、ボロン（B）、ガリウム（Ga）等を用い、N型導電型を付与する際には不純物元素として、リン（P）、砒素（As）等を用いることができる。本実施の形態においては、ショットキーバリアダイオードとなる島状の半導体膜413cは、N型導電型不純物領域を形成するために、不純物領域418a、418cにはN型導電型を付与するリン（P）、砒素（As）等を用いる。

10

【0053】

次に、島状の半導体膜413bに第2の不純物元素の添加を行う。本実施の形態では、島状の半導体膜413a、413cにドーピングした不純物とは逆の導電型を付与する不純物のドーピングを行う。第1の絶縁膜414を透過させて、電極417をマスクとして、島状の半導体膜413bにN型導電型或いはP型導電型を付与する第2の不純物元素をドーピングし、第2の不純物領域418bを形成する。この際に、島状の半導体膜413aと413cに第2の不純物元素がドーピングされないように、島状の半導体膜413aと413cを覆うようにマスクを形成しておき、第2の不純物元素のドーピングが完了したら、マスクを取り除いておく。第2の不純物領域418bの不純物元素濃度は $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度（好ましくは $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3 \sim 5 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度）とする。ドーピング法としてはイオンドーピング法、イオン注入法を用いることができる。例えばP型導電型を付与する際には第2の不純物元素として、ボロン（B）、ガリウム（Ga）等を用い、N型導電型を付与する際には第2の不純物元素として、リン（P）、砒素（As）等を用いることができる。本実施の形態においては、第2の不純物領域418bにはP型導電型を付与するボロン（B）、ガリウム（Ga）等を用いる。

20

30

【0054】

その後、層間絶縁膜511を形成する。層間絶縁膜511は有機材料もしくは無機材料を用いて形成する。層間絶縁膜511は単層構造でも良いし、積層構造でも良い。層間絶縁膜511に第1の不純物領域418a、418c、及び第2の不純物領域418bを露出するための開口部512a、512b、512c、512dを形成する（図5（A））。開口部512a、512bはTFTのソース領域、ドレイン領域と配線を接続するためのものであり、開口部512cはショットキーバリアダイオードのカソード領域と配線を接続するためのものであり、開口部512dはアノード領域と配線を接続するためのものである。図示されていないが、ゲート電極を配線に接続するための開口部も形成されている。本実施の形態では、第1の不純物領域418cはN型導電型不純物領域として形成しているが、第1の不純物領域418cをP型導電型不純物領域として形成した場合には、開口部512cはショットキーバリアダイオードのアノード領域と配線を接続するためのものとなり、開口部512dはカソード領域と配線を接続するためのものとなる。

40

【0055】

なお、層間絶縁膜511を形成する前、または層間絶縁膜511を形成した後に、第1の不純物領域418a、418c、および、第2の不純物領域418bの不純物の活性化を行っても良い。層間絶縁膜511が積層膜である場合には、層間絶縁膜511の一部

50

を形成した後に、第1の不純物領域或418a、418c、および、第2の不純物領域418bの不純物の活性化を行っても良い。活性化はレーザー光照射、RTA、電気炉を用いた加熱処理などの方法を用いることができる。

【0056】

続いて、マスク515を形成する。TFTは全体がマスク515で覆われ、ショットキーバリアダイオードは開口部512c以外の領域がマスク515で覆われている。(図5(B))

【0057】

次に、開口部512cによって露出されている第1の不純物領域418cに、第1の不純物領域418a、418cに添加した第1の不純物元素とは逆の導電型を付与する第3の不純物元素のドーピングを行い、第3の不純物領域516を形成する。本実施の形態においては、第1の不純物領域418a、418cには、第1の不純物元素として、N型導電型を付与するリン(P)、砒素(As)等を用いるため、第3の不純物領域516にドーピングする第3の不純物元素としては、P型導電型を付与するボロン(B)、ガリウム(Ga)等を用いる。ドーピング法としてはイオンドーピング法、イオン注入法を用いることができる。第3の不純物領域516にドーピングする第3の不純物元素は、第1の不純物領域418a、418cにドーピングする第1の不純物元素の導電型に対して、逆の導電型を付与する不純物元素であるが、第3の不純物領域516の導電型が第1の不純物領域418a、418cの導電型と逆の導電型とならない濃度で第3の不純物元素のドーピングを行う。第3の不純物領域516にドーピングする第3の不純物元素の濃度は $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度(好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度)とする。

【0058】

開口部512cによって露出されている第1の不純物領域418cに、第1の不純物領域418a、418cにドーピングした第1の不純物元素の活性化を妨げるために第3の不純物元素のドーピングを行い、第3の不純物領域516を形成しても良い。第3の不純物領域516に添加する第3の不純物元素としては、He、Ar等の不活性ガス、或いは酸素、窒素等のSiと結合する作用をもつガスを用いることができる。第3の不純物領域516に添加する第3の不純物元素の濃度は、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度(好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度)とする。ドーピング法としてはイオンドーピング法、イオン注入法を用いることができる。

【0059】

第3の不純物領域516に添加した第1の不純物元素と第3の不純物元素の濃度は、第3の不純物領域516の表面から30nmの範囲の深さ方向に対して、不純物元素の濃度比が0.01~100倍(好ましくは0.1~10倍)とする。

【0060】

第3の不純物領域516のシート抵抗値は10k / から100k / となるようにドーピングする元素濃度を選択する。

【0061】

次に、図5(D)に示すように、配線517a、517b、517c、517dを形成する。第3の不純物領域516の導電型がN型である場合には、第3の不純物領域516と接する配線517cの仕事関数が4.4eV以上であるのが好ましい。例えば、配線517cをTi、W、Pt等を用いて形成すると良い。なお、配線517cが積層構造の導電膜で形成されている場合は、配線517cの仕事関数が4.4eV以上とは、第3の不純物領域516と接する最下層の金属材料の仕事関数が4.4eV以上であることをいう。第3の不純物領域516の導電型がP型である場合には、第3の不純物領域516と接する配線517cの仕事関数が4.8eV以下であるのが好ましい。例えば、配線517cをTi等を用いて形成すると良い。なお、配線517cが積層の導電膜で形成されている場合は、配線517cの仕事関数が4.8eV以下とは、第3の不純物領域516と

接する最下層の金属材料が仕事関数が 4 . 8 e V 以下であることをいう。配線 5 1 7 a、5 1 7 b、5 1 7 c、5 1 7 d は前記の材料のみでは配線抵抗が高い場合には、積層構造として用いれば良い。例えば、最下層から順に T i \ A l \ T i 或いは T i \ 窒化チタン \ A l \ T i 等の積層構造とすることもできる。

【 0 0 6 2 】

以上より、本実施の形態で作製したショットキーダイオードは、寄生抵抗が極力抑えられており、オン特性が優れている。また、相補型薄膜トランジスタ (T F T) と同時に形成することが可能である。

【 0 0 6 3 】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、ショットキーバリアダイオード素子を用いた整流回路について図 6、図 7、図 8 を用いて説明する。図 6 は整流回路を示す回路図であり、図 7 はショットキーバリアダイオードの素子構造を示す図であり、図 8 (A) 及び (B) は、それぞれ、ショットキーバリアダイオードの電流 - 電圧特性と該ショットキーバリアダイオードを整流回路に用いた場合の整流特性のグラフである。

【 0 0 6 4 】

以下に、理論計算によりショットキーバリアダイオードの構造を実施の形態 1、2 に基づいた構造にすることにより、整流回路の出力電圧特性が向上することを示す。まず、図 6 の整流回路について説明する。端子 6 0 1 は信号の入力端子、端子 6 0 2 は整流回路により整流された生成電圧を出力する端子である。容量 6 0 3 の出力端子側にショットキーバリアダイオード 6 0 4 を順方向に接続し、容量 6 0 3 がショットキーバリアダイオード 6 0 4 のアノード電極になるように接続し、ショットキーバリアダイオード 6 0 4 のカソード電極に容量 6 0 6 と抵抗 6 0 7 を並列に接続し、容量 6 0 6 と抵抗 6 0 7 のもう一方の端子は、グランドに接続する。さらに、容量 6 0 3 とショットキーバリアダイオード 6 0 4 のアノード電極の間にショットキーバリアダイオード 6 0 5 のカソード電極を接続し、ショットキーバリアダイオード 6 0 5 のアノード電極はグランドに接続する。

【 0 0 6 5 】

図 7 は図 6 の整流回路の整流特性を計算する際に用いたショットキーバリアダイオードの素子構造である。図 7 (A) は不純物領域 6 1 1 と電極 6 1 3 はショットキー接合であり、不純物領域 6 1 2 と電極 6 1 4 はオーミック接合である。距離 D 3 は不純物領域 6 1 2 と電極 6 1 3 の距離である。図 7 (B) は実施の形態 1 に基づくショットキーバリアダイオードの素子構造である。不純物領域 6 1 2 は実施の形態 1 の第 1 の不純物領域に対応し、不純物領域 6 1 1 は実施の形態 1 の第 2 の不純物領域に対応する。不純物領域 6 1 1 は電極 6 1 3 に対して、ごく僅かに大きく形成される。

【 0 0 6 6 】

図 8 (A) は、図 7 (A) の不純物領域 6 1 2 と電極 6 1 3 の距離 D 3 を 4 μ m、2 μ m、0 μ m のそれぞれについて計算したショットキーバリアダイオードの電流 - 電圧特性、および、図 7 (B) の不純物領域 6 1 2 と電極 6 1 3 がごく僅かに離れた構造のショットキーバリアダイオードの電流 - 電圧特性を示している。即ち、図 7 (B) は実施の形態 1 に基づいた構造のショットキーバリアダイオードであり、D 3 = 0 であり、かつ D 3

0 として計算した。計算は s y n o p s y s 社製 T C A D ソフト、S e n t a u r u s を用いて行った。

【 0 0 6 7 】

図 8 (B) は図 6 に示した整流回路の端子 6 0 2 の電圧の時間変化を示している。ショットキーバリアダイオード 6 0 4 および 6 0 5 に、図 8 (A) に示す電流 - 電圧特性をそれぞれ用いた場合について、整流回路の端子 6 0 2 の電圧の時間変化計算を行っている。端子 6 0 1 に ± 5 V の振幅をもつ 1 M H z の交流信号を入力した際の端子 6 0 2 の電圧の時間変化を、s y n o p s y s 社製 T C A D ソフト、S e n t a u r u s を用いて計算を行っている。図 8 (B) に示されるように、実施の形態 1 に基づいた構造が端子 6 0 2 の出力電圧が最も高くなることが分かる。これらの結果は、ショットキーバリアダイオ

10

20

30

40

50

ドのオン特性が高いほど、端子 602 の電圧も高くなることを示している。

【0068】

以上より、実施の形態 1 或いは 2 で作製したオン特性が優れたショットキーバリアダイオードを用いた整流回路は、高い電圧が生成され、高効率の整流が可能である。

【0069】

以上のように、本発明により作製された半導体装置は、優れた特性が得られ、本発明により作製された半導体装置を薄膜集積回路等の各々に適用することによって、さらなる高機能化と高付加価値化を実現することができる。

【実施例 1】

【0070】

本実施例では、本発明のショットキーバリアダイオードを用いた整流回路を有する半導体装置について説明する。本実施例の半導体装置は、非接触でデータの伝送が可能な半導体装置である。図 10 は、半導体装置の構成例を示すブロック図である。本実施例の半導体装置は、大別して、アンテナ部 2001、電源部 2002、ロジック部 2003 から構成される。

【0071】

アンテナ部 2001 は、外部信号の受信とデータの送信を行うためのアンテナ 2011 を有する。信号の伝送方式は、電磁結合方式、電磁誘導方式またはマイクロ波方式等を用いることができる。伝送方式は、実施者が使用用途を考慮して適宜選択すればよく、伝送方式に伴って最適なアンテナを設ければよい。

【0072】

電源部 2002 は、アンテナ 2011 を介して外部から受信した信号により電源を作る整流回路 2021 と、作りだした電源を保持するための保持容量 2022 と、各回路に供給する一定電圧を作り出す定電圧回路 2023 を有する。整流回路 2021 に実施の形態 3 の整流回路が用いられている。図 6 が整流回路 2021 の等価回路図になる。

【0073】

ロジック部 2003 は、受信した信号を復調する復調回路 2031 と、クロック信号を生成するクロック生成・補正回路 2032 と、各コード認識及び判定回路 2033 と、メモリからデータを読み出すための信号を受信信号により作り出すメモリコントローラ 2034 と、符号化した信号を受信信号にのせるための変調回路 2035 と、読み出したデータを符号化する符号化回路 2037 と、データを保持するマスク ROM 2038 とを有する。なお、変調回路 2035 は変調用抵抗 2036 を有する。

【0074】

各コード認識及び判定回路 2033 が認識・判定するコードは、フレーム終了信号 (E O F、e n d o f f r a m e)、フレーム開始信号 (S O F、s t a r t o f f r a m e)、フラグ、コマンドコード、マスク長 (m a s k l e n g t h)、マスク値 (m a s k v a l u e) 等である。また、各コード認識及び判定回路 2033 は、送信エラーを識別する巡回冗長検査 (C R C、c y c l i c r e d u n d a n c y c h e c k) 機能も含む。

【0075】

次に、非接触でデータの伝送が可能な半導体装置の作製工程を図 11 ~ 図 14 を用いて説明する。本実施例の半導体装置は、撓めることができる装置であり、そのため、回路を製造時に使用していた基板から、可撓性の基板に転置することを特徴とする。

【0076】

図 11 (A) に示すように、基板 700 上に剥離膜 701 を形成する。次に、剥離膜 701 上に絶縁膜 702 を形成する。絶縁膜 702 上に、図 10 に示す回路を薄膜トランジスタなどで形成する。なお、図 11 (A) では、基板 700 に接するように剥離膜 701 を形成しているが、本発明はこの工程に制約されない。基板 700 に接するように下地となる絶縁膜を形成し、その絶縁膜に接するように剥離膜 701 を設けてもよい。

【0077】

基板 700 としては、アルミノホウケイ酸ガラス、バリウムホウケイ酸ガラス、石英などのガラス基板を用いることができる。

【0078】

剥離膜 701 は、スパッタリング法やプラズマ CVD 法、塗布法、印刷法等により、タングステン (W)、モリブデン (Mo)、チタン (Ti)、タンタル (Ta)、ニオブ (Nb)、ニッケル (Ni)、コバルト (Co)、ジルコニウム (Zr)、亜鉛 (Zn)、ルテニウム (Ru)、ロジウム (Rh)、パラジウム (Pd)、オスミウム (Os)、イリジウム (Ir)、珪素 (Si) から選択された元素、又は元素を主成分とする合金材料、又は元素を主成分とする化合物材料からなる層を、単層又は積層して形成する。珪素を含む剥離膜の結晶構造は、非晶質、微結晶、多結晶のいずれの場合でもよい。

10

【0079】

剥離膜 701 が単層構造の場合、好ましくは、タングステン、モリブデン、又はタングステンとモリブデンの混合物を含む層を形成する。又は、タングステンの酸化物を含む層若しくは酸化窒化物を含む層、モリブデンの酸化物を含む層若しくは酸化窒化物を含む層、又はタングステンとモリブデンの混合物の酸化物を含む層若しくは酸化窒化物を含む層を形成する。なお、タングステンとモリブデンの混合物とは、例えば、タングステンとモリブデンの合金に相当する。

【0080】

剥離膜 701 が積層構造の場合、好ましくは、1 層目としてタングステン、モリブデン、又はタングステンとモリブデンの混合物を含む層を形成し、2 層目として、タングス

20

【0081】

剥離膜 701 として、タングステンを含む層とタングステンの酸化物を含む層の積層構造を形成する場合、タングステンを含む層を形成し、その上層に酸化物で形成される絶縁層を形成することで、タングステン層と絶縁層との界面に、タングステンの酸化物を含む層が形成されることを活用してもよい。さらには、タングステンを含む層の表面を、熱酸化処理、酸素プラズマ処理、 N_2O プラズマ処理、オゾン水等の酸化力の強い溶液での処理、水素が添加された水での処理等を行ってタングステンの酸化物を含む層を形成してもよい。これは、タングステンの窒化物を含む層、酸化窒化物を含む層、または窒化酸化物を含む層を形成する場合も同様であり、タングステンを含む層を形成後、その上層に窒化珪素層、酸化窒化珪素層、窒化酸化珪素層を形成するとよい。

30

【0082】

タングステンの酸化物は、 WO_x で表される。X は、 $2 \leq x \leq 3$ の範囲内にあり、x が 2 の場合 (WO_2)、x が 2.5 の場合 (W_2O_5)、x が 2.75 の場合 (W_4O_{11})、x が 3 の場合 (WO_3) などがある。

【0083】

ここでは、スパッタリング法により厚さ 20 ~ 100 nm、好ましくは 40 ~ 80 nm のタングステン膜を形成する。

【0084】

40

絶縁膜 702 の形成は、例えば、 N_2O ガスを流しながらプラズマを発生させて剥離膜 701 表面に酸化タングステン膜を形成した後、プラズマ CVD 法により、窒素を含む酸化珪素膜を形成する方法がある。

【0085】

図 11 (A) には、図 10 の回路として、代表的にショットキーバリアダイオード 703 および薄膜トランジスタ 704 を図示している。ショットキーバリアダイオード 703 および薄膜トランジスタ 704 の作製方法は、実施の形態 1 または実施の形態 2 の作製方法を用いればよい。ショットキーバリアダイオード 703 は、図 10 の整流回路 202 1 を構成する。

【0086】

50

次に、ショットキーバリアダイオード 703 および薄膜トランジスタ 704 を覆う絶縁膜 707 を形成する。絶縁膜 707 に、薄膜トランジスタ 704 のソース電極またはドレイン電極として機能する導電膜 706 に達するコンタクトホールを形成する。絶縁膜 707 上に導電膜 706 に接続する導電膜 708 を形成する。

【0087】

絶縁膜 707 は、ポリイミド、アクリル、またはシロキサンポリマーを塗布し焼成して形成することができる。また、スパッタリング法やプラズマ CVD 法、塗布法、印刷法等により、無機化合物を用いて単層又は積層で形成してもよい。無機化合物の代表例としては、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素がある。

【0088】

次に、図 11 (B) に示すように、導電膜 708 上に導電膜 711 を形成する。ここでは、印刷法により金粒子を有する組成物を印刷し、200 で 30 分加熱して組成物を焼成して導電膜 711 を形成する。

【0089】

次に、図 11 (C) に示すように、絶縁膜 707 及び導電膜 711 の端部を覆う絶縁膜 712 を形成する。ここでは、絶縁膜 707 及び導電膜 711 の端部を覆う絶縁膜 712 を、エポキシ樹脂を用いて形成する。エポキシ樹脂の組成物をスピンコート法により塗布し、160 で 30 分加熱した後、導電膜 711 を覆う部分の絶縁膜を除去して、導電膜 711 を露出すると共に、厚さ 1 ~ 20 μm 、好ましくは 5 ~ 10 μm の絶縁膜 712 を形成する。本実施例の作製工程では、絶縁膜 702 から絶縁膜 712 までの積層体を素子形成層 710 とする。

【0090】

次に、図 11 (D) に示すように、素子形成層 710 を基板 700 から分離する工程を容易にするために、レーザビーム 713 を照射して、図 11 (E) に示すような開口部 714 を形成する。基板 700 上に、複数の回路が形成されているため、開口部 714 はすべての回路を取り囲むように形成される。次に、絶縁膜 712 に粘着部材 715 を貼りあわせる。

【0091】

なお、開口部 714 を形成しなくとも、素子形成層 710 と基板 700 の分離が容易であれば、レーザビームを照射する工程を省くことで、スループットを向上させることができる。

【0092】

次に、図 12 (A) に示すように、基板 700 から素子形成層 710 の一部 721 を物理的手段により剥離する。物理的手段とは、力学的的手段または機械的手段を指し、何らかの力学的エネルギー（機械的エネルギー）を変化させる手段を指している。物理的手段は、代表的には機械的な力を加えること（例えば人間の手や把持具で引き剥がす処理や、ローラーを支点としてローラーを回転させながら分離する処理）である。

【0093】

本実施例においては、剥離膜 701 と絶縁膜 702 の間に金属酸化膜が形成されているため、この界面の密着性が弱いので、この界面での剥離が進行しやすい。そのため、物理的手段により、素子形成層 710 を基板 700 から剥離する方法を用いたがこれに限られない。基板 700 に透光性を有する基板を用い、剥離膜 701 に水素を含む非晶質珪素層を用いる場合は、図 11 (E) の工程の後、基板 700 側からのレーザビームを照射して非晶質珪素層に含まれる水素を気化させることで、剥離膜 701 自体を脆くすることで、基板 700 から素子形成層 710 を分離することもできる。

【0094】

また、図 11 (E) の工程の後、基板 700 を機械的に研磨し除去する方法や、基板 700 を HF 等の基板を溶解する溶液を用いて基板を除去する方法を用いることができる。この場合、剥離膜 701 を用いなくともよい。

【0095】

10

20

30

40

50

また、図 1 1 (E) において、粘着部材 7 1 5 を絶縁膜 7 1 2 に貼り付ける前に、開口部 7 1 4 に NF_3 、 BrF_3 、 ClF_3 等のフッ素化合物ガスを導入し、剥離膜 7 0 1 をフッ素化合物ガスでエッチングし除去した後、絶縁膜 7 1 2 に粘着部材 7 1 5 を貼りあわせて、基板 7 0 0 から素子形成層 7 1 0 を剥離することもできる。

【 0 0 9 6 】

次に、図 1 2 (B) に示すように、素子形成層の一部 7 2 1 の絶縁膜 7 0 2 側に、可撓性基板 7 2 2 を貼り付ける。ここでは、可撓性基板 7 2 2 として、キャスト法によりポリアニリンで形成されたフィルムを用いる。次に、粘着部材 7 1 5 を素子形成層の一部 7 2 1 から剥す。

【 0 0 9 7 】

10

次に、図 1 2 (C) に示すように、可撓性基板 7 2 2 をダイシングフレーム 7 3 2 の UV シート 7 3 1 に貼り付ける。UV シート 7 3 1 は粘着性を有するため、UV シート 7 3 1 上に可撓性基板 7 2 2 が固定される。この後、導電膜 7 1 1 にレーザビームを照射して、導電膜 7 1 1 と導電膜 7 0 8 の間の密着性を高めてもよい。

【 0 0 9 8 】

次に、図 1 2 (D) に示すように、導電膜 7 1 1 上に接続端子 7 3 3 を形成する。接続端子 7 3 3 を形成することで、後にアンテナとして機能する導電膜との位置合わせ及び接着を容易に行うことが可能である。

【 0 0 9 9 】

次に、図 1 3 (A) に示すように、素子形成層の一部 7 2 1 を分断する。ここでは、素子形成層の一部 7 2 1 及び可撓性基板 7 2 2 にレーザビーム 7 3 4 を照射して、図 1 3 (B) に示すように、溝 7 7 1 を形成し、素子形成層の一部 7 2 1 を複数に分断する。ここでは、レーザカット法を用いて素子形成層の一部 7 2 1 を複数に分断したが、この方法の代わりにダイシング法、スクライピング法等を適宜用いることができる。ここでは、分断された素子形成層 7 1 0 を薄膜集積回路 7 7 2 a、7 7 2 b ということとする。薄膜集積回路 7 7 2 a、7 7 2 b は、図 1 0 のアンテナ部 2 0 0 1 を除いた、電源部 2 0 0 2 とロジック部 2 0 0 3 で構成されている。

20

【 0 1 0 0 】

次に、図 1 3 (C) に示すように、ダイシングフレーム 7 3 2 の UV シート 7 3 1 に UV 光を照射して、UV シート 7 3 1 の粘着力を低下させた後、UV シート 7 3 1 をエキスパンダ枠 7 4 4 で支持する。このとき、UV シート 7 3 1 を伸ばしながらエキスパンダ枠 7 4 4 で支持することで、薄膜集積回路 7 7 2 a と薄膜集積回路 7 7 2 b の間に形成された溝 7 7 1 の幅を拡大することができる。なお、拡大された溝 7 7 6 は、後に薄膜集積回路 7 7 2 a、7 7 2 b に貼り合わせられるアンテナ基板の大きさに合わせる 것이好ましい。

30

【 0 1 0 1 】

次に、図 1 4 (A) に示すように、可撓性基板 7 5 6 上にアンテナとして機能する導電膜 7 5 2 a、7 5 2 b を有するアンテナ基板 7 5 7 と、薄膜集積回路 7 7 2 a、7 7 2 b とを異方性導電接着剤 7 5 5 a、7 5 5 b を用いて貼り合わせる。なお、導電膜 7 5 2 a、7 5 2 b は絶縁膜 7 5 3 で封止されている。可撓性基板 7 5 6 には、導電膜 7 5 2 a、7 5 2 b の一部が露出するように、開口部が設けられている。

40

【 0 1 0 2 】

アンテナとして機能する導電膜 7 5 2 a、7 5 2 b と薄膜集積回路 7 7 2 a、7 7 2 b の接続端子とが、異方性導電接着剤 7 5 5 a、7 5 5 b に含まれる導電性粒子 7 5 4 a、7 5 4 b とで接続されるように、位置合わせし、図 1 4 (A) に示すように、貼り合わせる。

【 0 1 0 3 】

次に、図 1 4 (B) に示すように、アンテナとして機能する導電膜 7 5 2 a、7 5 2 b と、薄膜集積回路 7 7 2 a、7 7 2 b とが形成されない領域において、アンテナ基板 7 5 7 を分断する。ここでは、絶縁膜 7 5 3 及び可撓性基板 7 5 6 にレーザビーム 7 6 1 を

50

照射するレーザカット法により分断を行う。

【 0 1 0 4 】

以上の工程により、図 1 4 (C) に示すように、非接触でデータの伝送が可能な半導体装置 7 6 2 a、7 6 2 b を作製することができる。

【 0 1 0 5 】

なお、図 1 4 (A) において、異方性導電接着剤 7 5 5 a、7 5 5 b により、導電膜 7 5 2 a、7 5 2 b を有する可撓性基板 7 5 6 を薄膜集積回路 7 7 2 a、7 7 2 b に貼り付けた後、可撓性基板 7 5 6 と薄膜集積回路 7 7 2 a、7 7 2 b とを封止するように可撓性基板を設け、図 1 4 (B) のように、アンテナとして機能する導電膜 7 5 2 a、7 5 2 b と、薄膜集積回路 7 7 2 a、7 7 2 b とが形成されない領域において、レーザビーム 7 6 1 を照射して、図 1 4 (D) に示すような半導体装置 7 6 4 を作製してもよい。この場合、分断された可撓性基板 7 5 6、7 6 3 によって、薄膜集積回路が封止されるため、薄膜集積回路の劣化を抑制することが可能である。

10

【 0 1 0 6 】

以上、図 1 2 ~ 図 1 4 に示した工程により、薄型化で軽量、かつ撓めることが可能な半導体装置を歩留まり高く作製することができる。

【 0 1 0 7 】

次に、図 1 5 を用いて、本実施例の非接触でデータの伝送が可能な半導体装置の用途を説明する。非接触でデータの伝送が可能な半導体装置の用途は広範にわたる。例えば、紙幣、硬貨、有価証券類、無記名債券類、証書類（運転免許証や住民票等、図 1 5 (A) 参照）、包装用容器類（包装紙やボトル等、図 1 5 (C) 参照）、記録媒体（DVDソフトやビデオテープ等、図 1 5 (B) 参照）、乗物類（自転車等、図 1 5 (D) 参照）、身の回り品（靴や眼鏡等）、食品類、植物類、動物類、人体、衣類、生活用品類、電子機器等の商品や荷物の荷札（図 1 5 (E)、図 1 5 (F) 参照）等の物品に設けて使用することができる。電子機器とは、液晶表示装置、EL表示装置、テレビジョン装置（単にテレビ、テレビ受像機、テレビジョン受像機とも呼ぶ）及び携帯電話等を指す。

20

【 0 1 0 8 】

本実施例の半導体装置 8 0 0 は、プリント基板に実装したり、表面に貼ったり、埋め込んだりして、物品に固定される。例えば、本なら紙に埋め込んだり、有機樹脂からなるパッケージなら当該有機樹脂に埋め込んだりして、各物品に固定される。本実施例の半導体装置 8 0 0 は、小型、薄型、軽量であり、撓めることができるため、物品自体のデザイン性を損なうことなく、半導体装置 8 0 0 を取り付けることができる。また、紙幣、硬貨、有価証券類、無記名債券類、証書類等に本実施例の半導体装置 8 0 0 を設けることにより、認証機能を設けることができ、この認証機能を活用すれば、偽造を防止することができる。また、包装用容器類、記録媒体、身の回り品、食品類、衣類、生活用品類、電子機器等に本実施例の半導体装置を設けることにより、検品システム等のシステムの効率化を図ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 9 】

【図 1】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

40

【図 2】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図 3】図 9 の電流 - 電圧特性を測定したショットキーバリアダイオード構造を説明するための上面図

【図 4】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図 5】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図 6】本発明の整流回路の回路図

【図 7】本発明の構造を示す図

【図 8】(A) はショットキーバリアダイオードの電流 - 電圧特性図であり、(B) は該ショットキーバリアダイオードを整流回路に用いた場合の整流特性のグラフ

【図 9】本発明の実施の形態 1 および比較例のショットキーバリアダイオードの電流 - 電

50

圧特性のグラフ

【図 1 0】本発明の非接触でデータの伝送が可能な半導体装置の構成例を示すブロック図

【図 1 1】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図 1 2】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図 1 3】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図 1 4】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図 1 5】本発明の半導体装置の用途を説明する図

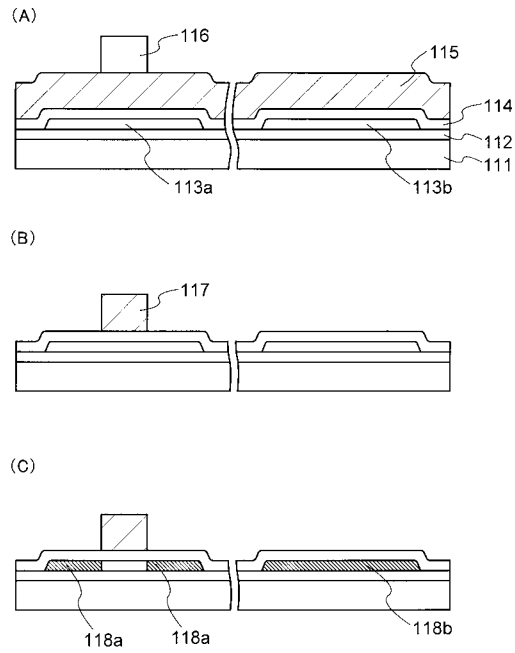
【符号の説明】

【 0 1 1 0 】

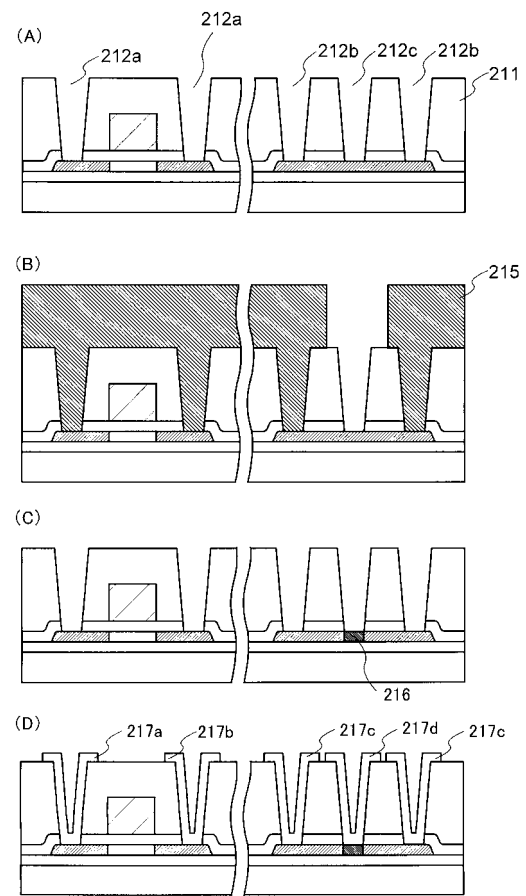
1 1 1	基板	10
1 1 2	下地絶縁膜	
1 1 3 a、1 1 3 b	半導体膜	
1 1 4	絶縁膜	
1 1 5	導電膜	
1 1 6	マスク	
1 1 7	電極	
1 1 8 a、1 1 8 b	第 1 の不純物領域	
2 1 1	層間絶縁膜	
2 1 2 a ~ 2 1 2 c	開口部	
2 1 7 a ~ 2 1 7 d	配線	20
2 1 5	マスク	
2 1 6	第 2 の不純物領域	
3 0 1	不純物領域	
3 0 2	不純物領域	
3 0 3	不純物領域	
3 0 5	不純物領域	
3 0 6	不純物領域	
3 0 7	不純物領域	
4 1 1	基板	
4 1 2	下地絶縁膜	30
4 1 3 a ~ 4 1 3 c	半導体膜	
4 1 8 a、4 1 8 c	第 1 の不純物領域	
4 1 8 b	第 2 の不純物領域	
4 1 4	絶縁膜	
4 1 5	導電膜	
4 1 6	マスク	
4 1 7 a、4 1 7 b	電極	
5 1 1	層間絶縁膜	
5 1 2 a ~ 5 1 2 d	開口部	
5 1 5	マスク	40
5 1 6	第 3 の不純物領域	
5 1 7 a ~ 5 1 7 c	配線	
6 0 1、6 0 2	端子	
6 0 3	容量	
6 0 4、6 0 5	ショットキーバリアダイオード	
6 0 6	容量	
6 0 7	抵抗	
6 1 1	不純物領域	
6 1 2	不純物領域	
6 1 3	電極	50

6 1 4	電極	
7 0 0	基板	
7 0 1	剥離膜	
7 0 2	絶縁膜	
7 0 3	ショットキーバリアダイオード	
7 0 4	薄膜トランジスタ	
7 0 6	導電膜	
7 0 7	絶縁膜	
7 0 8	導電膜	
7 1 0	素子形成層	10
7 1 1	導電膜	
7 1 2	絶縁膜	
7 1 3	レーザビーム	
7 1 4	開口部	
7 1 5	粘着部材	
7 2 1	素子形成層の一部	
7 2 2	可撓性基板	
7 3 1	UVシート	
7 3 2	ダイシングフレーム	
7 3 3	接続端子	20
7 3 4	レーザビーム	
7 4 4	エキスパンダ枠	
7 5 3	絶縁膜	
7 5 2 a、7 5 2 b	導電膜	
7 5 4 a、7 5 4 b	導電性粒子	
7 5 5 a、7 5 5 b	異方性導電接着剤	
7 5 6	可撓性基板	
7 5 7	アンテナ基板	
7 6 1	レーザビーム	
7 6 2 a、7 6 2 b	半導体装置	30
7 6 4	半導体装置	
7 7 1	溝	
7 7 6	拡大された溝	
7 7 2 a、7 7 2 b	薄膜集積回路	
8 0 0	半導体装置	
2 0 0 1	アンテナ部	
2 0 0 2	電源部	
2 0 0 3	ロジック部	
2 0 1 1	アンテナ	
2 0 2 1	整流回路	40
2 0 2 2	保持容量	
2 0 2 3	定電圧回路	
2 0 3 1	復調回路	
2 0 3 2	クロック生成・補正回路	
2 0 3 3	判定回路	
2 0 3 4	メモリコントローラ	
2 0 3 5	変調回路	
2 0 3 6	変調用抵抗	
2 0 3 7	符号化回路	
2 0 3 8	マスクROM	50

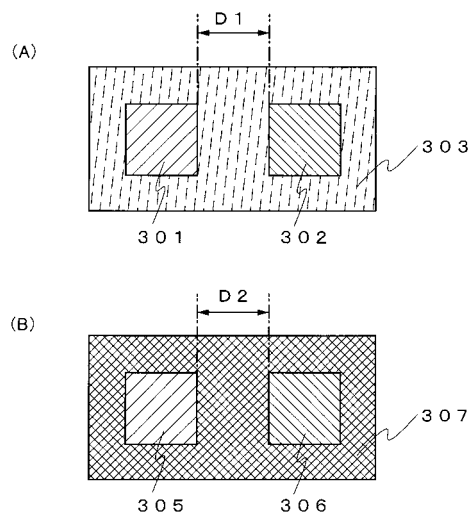
【図 1】



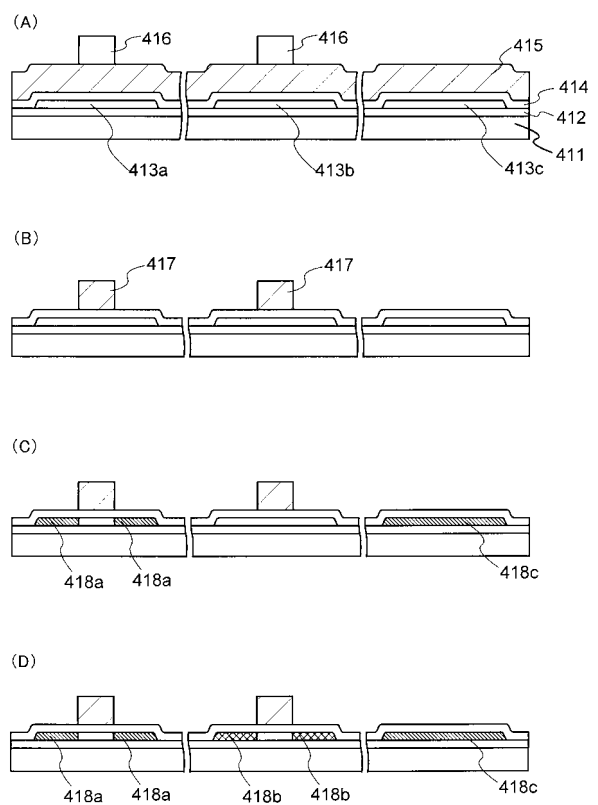
【図 2】



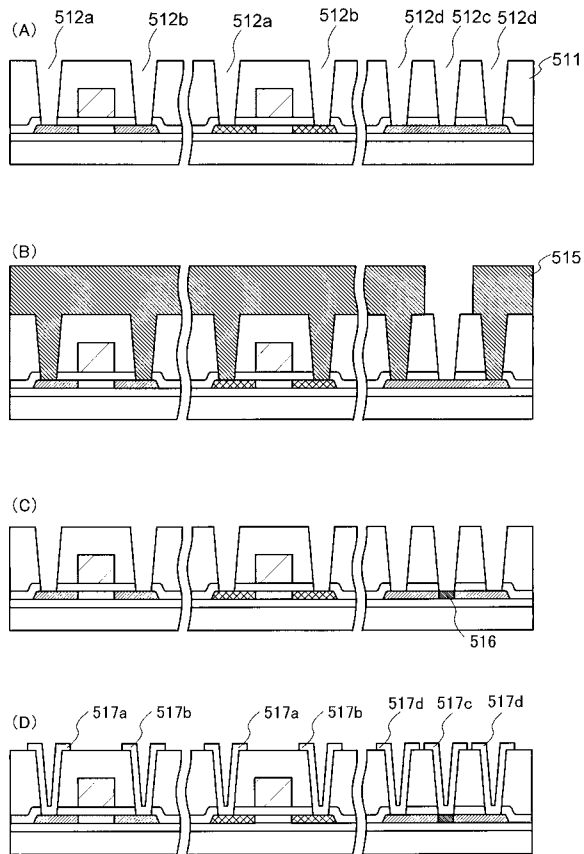
【図 3】



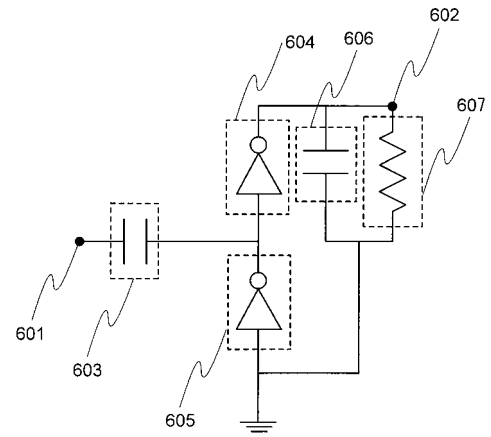
【図 4】



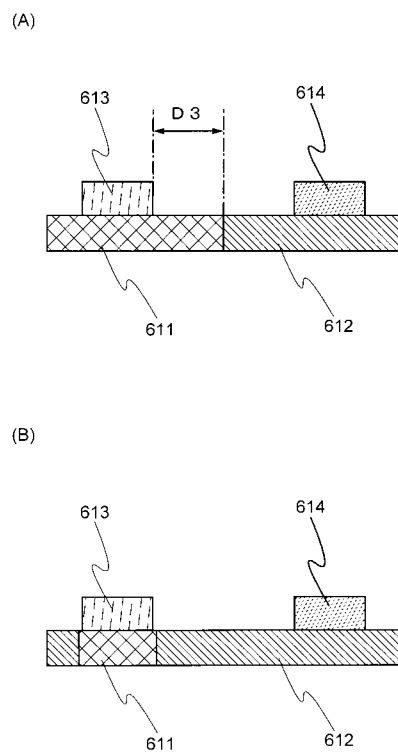
【図 5】



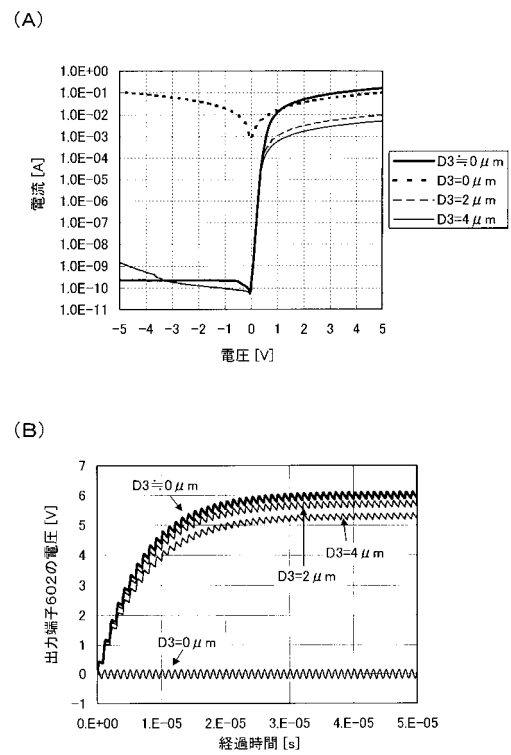
【図 6】



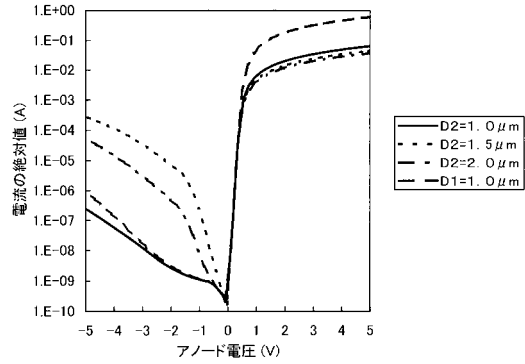
【図 7】



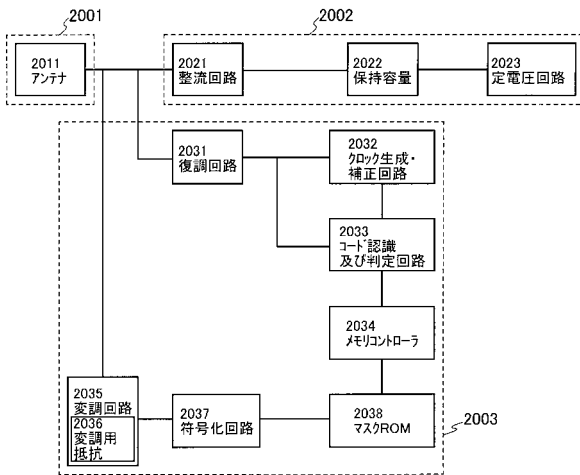
【図 8】



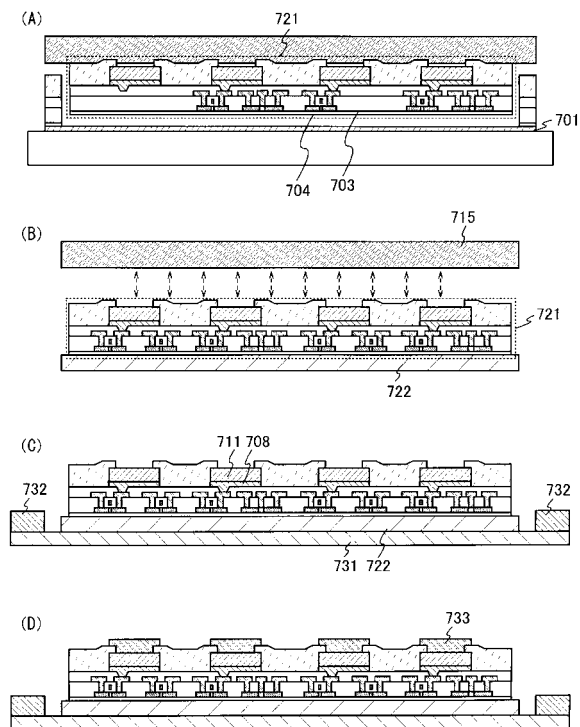
【図 9】



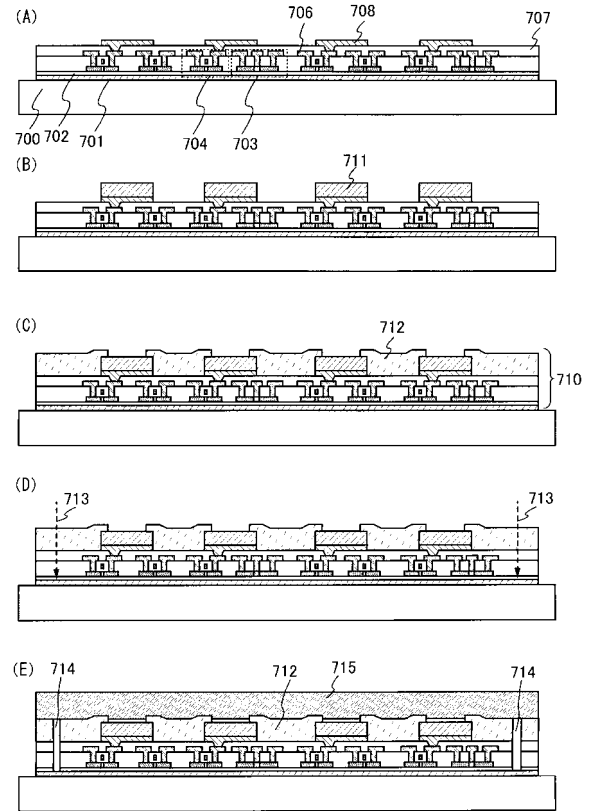
【図 10】



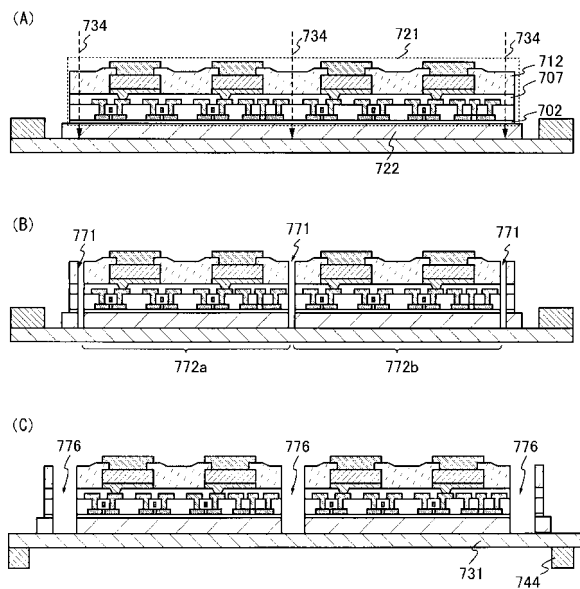
【図 12】



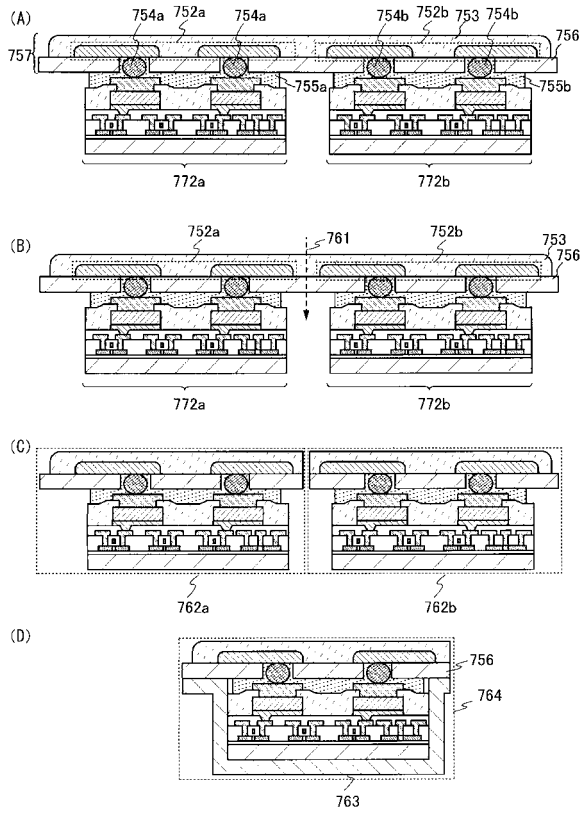
【図 11】



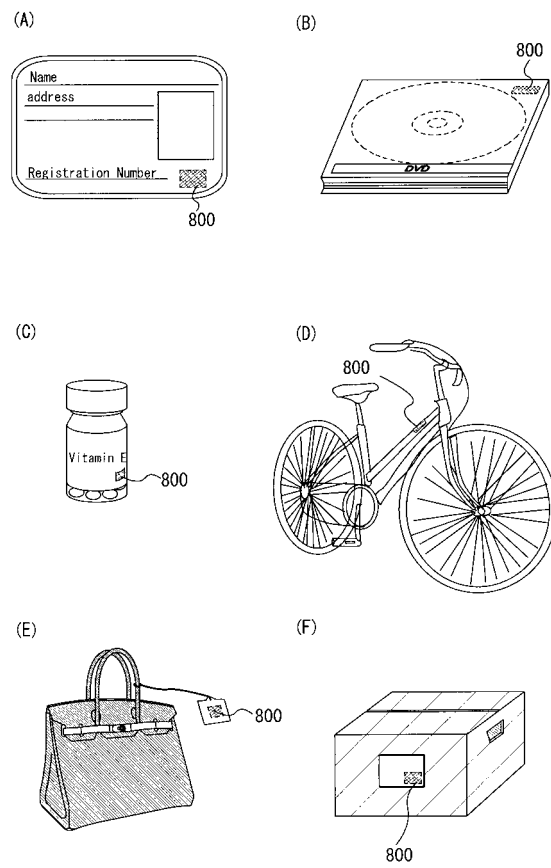
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

審査官 長谷川 直也

- (56)参考文献 特開昭56-004268(JP,A)
特開平03-203374(JP,A)
特開平02-178973(JP,A)
特開昭62-163368(JP,A)
特開2006-066691(JP,A)
特開2007-134684(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/28 - 21/288、21/336、
21/44 - 21/445、21/822 - 21/8228、
21/8232 - 21/8238、
21/8248 - 21/8249、27/04 - 27/092、
29/40 - 29/49、29/786、
29/86 - 29/96