

(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.

H01L 21/329 (2006.01)

F 1

H01L 29/47 (2006.01)

P

H01L 29/872 (2006.01)

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号

特願2007-314124 (P2007-314124)

(22) 出願日

平成19年12月5日 (2007.12.5)

(65) 公開番号

特開2008-172212 (P2008-172212A)

(43) 公開日

平成20年7月24日 (2008.7.24)

審査請求日

平成22年11月26日 (2010.11.26)

(31) 優先権主張番号

特願2006-338012 (P2006-338012)

(32) 優先日

平成18年12月15日 (2006.12.15)

(33) 優先権主張国

日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(74) 代理人 100082669

弁理士 福田 賢三

(74) 代理人 100095337

弁理士 福田 伸一

(74) 代理人 100095061

弁理士 加藤 恒介

(72) 発明者 磯部 敦生

神奈川県厚木市長谷398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398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 1×10^{19} atoms/cm³以上 1×10^{22} atoms/cm³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 1×10^{19} atoms/cm³以上 1×10^{22} atoms/cm³以下であり、かつ、前記第2の不純物元素の濃度が

10

20

1×10^{18} atoms / cm³ 以上 1×10^{21} atoms / cm³ 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つて、

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 1×10^{19} atoms / cm³ 以上 1×10^{22} atoms / cm³ 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 1×10^{19} atoms / cm³ 以上 1×10^{22} atoms / cm³ 以下であり、かつ、前記第 2 の不純物元素の濃度が 1×10^{18} atoms / cm³ 以上 1×10^{21} atoms / cm³ 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、

10

20

30

40

50

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4.8eV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】

20

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、オーミック性接觸
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）。

【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。

【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の配線から離れている。

【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】

【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)

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

10

20

30

40

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できる。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、シリコング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、 YVO_4 レーザー等を用いることができる。

【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。

【0021】

次に、半導体膜をフォトリソグラフィー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て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て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。

【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、タンクスチル (W) 膜、窒化タンクスチル膜、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、窒化タンクスチル膜と 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 115 を窒化タンタル 30 nm とタンクスチル (W) 370 nm の積層膜とする。

【0024】

続いて、導電膜 115 上にフォトマスクを用い、フォトリソグラフィー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。

10

20

30

40

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\タンゲステン(W)370nmの積層膜をエッティングする第1のエッティングを行う。第1のエッティングでは、窒化タンタルに対して選択比の高いエッティング条件でエッティングすることが好ましい。第1のエッティングでは、エッティングガスとして、SF₆、Cl₂、O₂の混合ガスを用い、混合比はSF₆/Cl₂/O₂=33/33/10sccm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ティングする第2のエッティングを行う。この第2のエッティングにより、電極117を形成する。このとき、第1の絶縁膜114をエッティングしないように、第1の絶縁膜114に対し選択比の高いエッティング条件でエッティングすることが好ましい。第2のエッティングの条件は、0.67Paの圧力でコイル型の電極に200W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。エッティングガスはCl₂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ティングは、ドライエッティングで行うことができ、ICP(Inductively Coupled Plasma:誘導結合型プラズマ)エッティ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1×10¹⁹atoms/cm³～1×10²²atoms/cm³の濃度(好ましくは1×10²⁰atoms/cm³～5×10²¹atoms/cm³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。2030

【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150

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。

10

【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。

20

【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。

30

【0035】

第2の不純物領域216のシート抵抗値は10k / から100k / となるよう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

40

50

7 a、217 b、217 c、217 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TCA D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1.0μm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1.0μm、1.5μm、2.0μm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と示している。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30～300nm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

10

20

30

40

50

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できる。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、SiH₄とN₂Oの混合ガスを用いて、SiO₂膜を形成したものを用いることができる。

【0045】

続いて、半導体膜を10～300nm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、シリコング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CV法により、SiH₄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ー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5～50nm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て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て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(A1)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、タンクスチル(W)膜、窒化タンクスチル膜、モリブデン(Mo)膜、前記膜を積層させた積層膜、例えば、A1膜とTa膜との積層、A1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30nmとタンクスチル(W)370nmの積層膜とする。

【0050】

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ー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))40

【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。この際に、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 1×10^{19} atoms/cm³～ 1×10^{22} atoms/cm³の濃度（好ましくは 1×10^{20} atoms/cm³～ 5×10^{21} atoms/cm³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。

【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プ添加されないように、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 1×10^{19} atoms/cm³～ 1×10^{22} atoms/cm³の濃度（好ましくは 1×10^{20} atoms/cm³～ 5×10^{21} atoms/cm³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。

【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。

【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

10

20

30

40

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 1×10^{18} atoms/cm³~ 1×10^{21} atoms/cm³の濃度(好ましくは 1×10^{19} atoms/cm³~ 5×10^{20} atoms/cm³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、 1×10^{18} atoms/cm³~ 1×10^{21} atoms/cm³の濃度(好ましくは 1×10^{19} atoms/cm³~ 5×10^{20} atoms/cm³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

10

20

30

40

50

接する最下層の金属材料が仕事関数が4.8eV以下であることをいう。配線517a、517b、517c、517d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。

【0062】

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(TFT)と同時に形成することが可能である。

【0063】

(実施の形態3)

10

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。

【0064】

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601は信号の入力端子、端子602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603の出力端子側にショットキーバリアダイオード604を順方向に接続し、容量603がショットキーバリアダイオード604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604のカソード電極に容量606と抵抗607を並列に接続し、容量606と抵抗607のもう一方の端子は、グランドに接続する。さらに、容量603とショットキーバリアダイオード604のアノード電極の間にショットキーバリアダイオード605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605のアノード電極はグランドに接続する。

20

【0065】

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611と電極613はショットキー接合であり、不純物領域612と電極614はオーミック接合である。距離D3は不純物領域612と電極613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612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611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611は電極613に対して、ごく僅かに大きく形成される。

30

【0066】

図8(A)は、図7(A)の不純物領域612と電極613の距離D3を4μm、2μm、0μmのそ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612と電極613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、D3=0であり、かつD3=0として計算した。計算はsynopsys社製TCADES、Sentaurusを用いて行った。

40

【0067】

図8(B)は図6に示した整流回路の端子602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604および605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602の電圧の時間変化計算を行っている。端子601に±5Vの振幅をもつ1MHzの交流信号を入力した際の端子602の電圧の時間変化を、synopsys社製TCADES、Sentaurus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602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ード

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 OF、end of frame)、フレーム開始信号 (S OF、start of frame)、フラグ、コマンドコード、マスク長 (mask length)、マスク値 (mask value) 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 (CRC、cyclic redundancy check) 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】

10

20

30

40

50

基板 700 としては、アルミニ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、タンゲステン (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、タンゲステン、モリブデン、又はタンゲステンとモリブデンの混合物を含む層を形成する。又は、タンゲ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、又はタンゲ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、タンゲステンとモリブデンの混合物とは、例えば、タンゲ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 層目としてタンゲステン、モリブデン、又はタンゲ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、タンゲステン、モリブデン又はタンゲステンとモリブデンの混合物の酸化物を含む層、窒化物を含む層、酸化窒化物を含む層、又は窒化酸化物を含む層を形成する。

20

【0081】

剥離膜 701 として、タンゲステンを含む層とタンゲステンの酸化物を含む層の積層構造を形成する場合、タンゲ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、タンゲステン層と絶縁層との界面に、タンゲ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、タンゲステンを含む層の表面を、熱酸化処理、酸素プラズマ処理、N₂O 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ゲステンの酸化物を含む層を形成してもよい。これは、タンゲ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、タンゲ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】

タンゲステンの酸化物は、WO_x で表される。X は、2 < x < 3 の範囲内にあり、x が 2 の場合 (WO₂)、x が 2.5 の場合 (WO_{2.5})、x が 2.75 の場合 (WO_{2.75})、x が 3 の場合 (WO₃) 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 のタンゲステン膜を形成する。

【0084】

40

絶縁膜 702 の形成は、例えば、N₂O ガスを流しながらプラズマを発生させて剥離膜 701 表面に酸化タンゲ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ドル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治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11(E)において、粘着部材715を絶縁膜712に貼り付ける前に、開口部714にNF₃、BrF₃、ClF₃等のフッ素化合物ガスを導入し、剥離膜701をフッ素化合物ガスでエッチングし除去した後、絶縁膜712に粘着部材715を貼りあわせて、基板700から素子形成層710を剥離することもできる。

【0096】

次に、図12(B)に示すように、素子形成層の一部721の絶縁膜702側に、可撓性基板722を貼り付ける。ここでは、可撓性基板722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715を素子形成層の一部721から剥す。

【0097】

次に、図12(C)に示すように、可撓性基板722をダイシングフレーム732のUVシート731に貼り付ける。UVシート731は粘着性を有するため、UVシート731上に可撓性基板722が固定される。この後、導電膜711にレーザビームを照射して、導電膜711と導電膜708の間の密着性を高めてよい。

【0098】

次に、図12(D)に示すように、導電膜711上に接続端子733を形成する。接続端子733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。

【0099】

次に、図13(A)に示すように、素子形成層の一部721を分断する。ここでは、素子形成層の一部721及び可撓性基板722にレーザビーム734を照射して、図13(B)に示すように、溝771を形成し、素子形成層の一部721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721を複数に分断したが、この方法の代わりにダイシング法、スクライビ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710を薄膜集積回路772a、772bということとする。薄膜集積回路772a、772bは、図10のアンテナ部2001を除いた、電源部2002とロジック部2003で構成されている。

【0100】

次に、図13(C)に示すように、ダイシングフレーム732のUVシート731にUV光を照射して、UVシート731の粘着力を低下させた後、UVシート731をエキスパンダ枠744で支持する。このとき、UVシート731を伸ばしながらエキスパンダ枠744で支持することで、薄膜集積回路772aと薄膜集積回路772bの間に形成された溝771の幅を拡大することができる。なお、拡大された溝776は、後に薄膜集積回路772a、772bに貼り合わせられるアンテナ基板の大きさに合わせることが好ましい。

【0101】

次に、図14(A)に示すように、可撓性基板756上にアンテナとして機能する導電膜752a、752bを有するアンテナ基板757と、薄膜集積回路772a、772bとを異方性導電接着剤755a、755bを用いて貼り合わせる。なお、導電膜752a、752bは絶縁膜753で封止されている。可撓性基板756には、導電膜752a、752bの一部が露出するように、開口部が設けられている。

【0102】

アンテナとして機能する導電膜752a、752bと薄膜集積回路772a、772bの接続端子とが、異方性導電接着剤755a、755bに含まれる導電性粒子754a、754bとで接続されるように、位置合わせし、図14(A)に示すように、貼り合わせる。

【0103】

次に、図14(B)に示すように、アンテナとして機能する導電膜752a、752bと、薄膜集積回路772a、772bとが形成されない領域において、アンテナ基板757を分断する。ここでは、絶縁膜753及び可撓性基板756にレーザビーム761を

10

20

30

40

50

照射するレーザカット法により分断を行う。

【0104】

以上の工程により、図14(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762a、762bを作製することができる。

【0105】

なお、図14(A)において、異方性導電接着剤755a、755bにより、導電膜752a、752bを有する可撓性基板756を薄膜集積回路772a、772bに貼り付けた後、可撓性基板756と薄膜集積回路772a、772bとを封止するように可撓性基板を設け、図14(B)のように、アンテナとして機能する導電膜752a、752bと、薄膜集積回路772a、772bとが形成されない領域において、レーザビーム761を照射して、図14(D)に示すような半導体装置764を作製してもよい。この場合、分断された可撓性基板756、763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

【0106】

以上、図12～図14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。

【0107】

次に、図15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15(A)参照）、包装用容器類（包装紙やボトル等、図15(C)参照）、記録媒体（DVDソフトやビデオテープ等、図15(B)参照）、乗物類（自転車等、図15(D)参照）、身の回り品（鞄や眼鏡等）、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15(E)、図15(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

【0108】

本実施例の半導体装置800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800は、小型、薄型、軽量であり、撓めることができるために、物品自体のデザイン性を損なうことなく、半導体装置800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800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】

【0109】

【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10】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11】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図12】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図13】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図14】本発明の半導体装置の作製方法を示す断面図

【図15】本発明の半導体装置の用途を説明する図

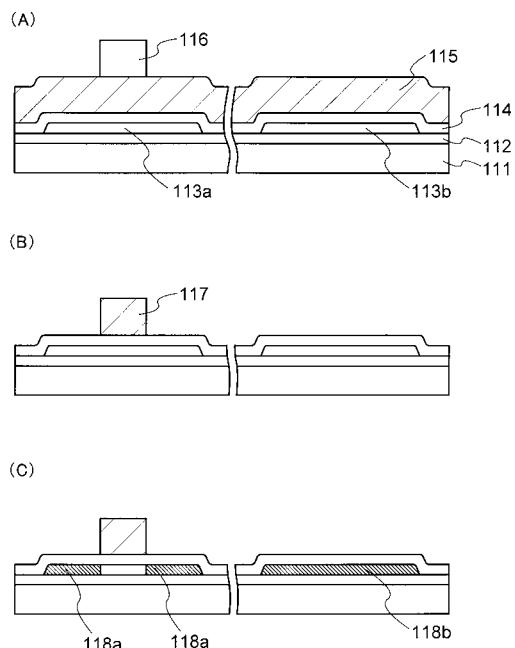
【符号の説明】

【0110】

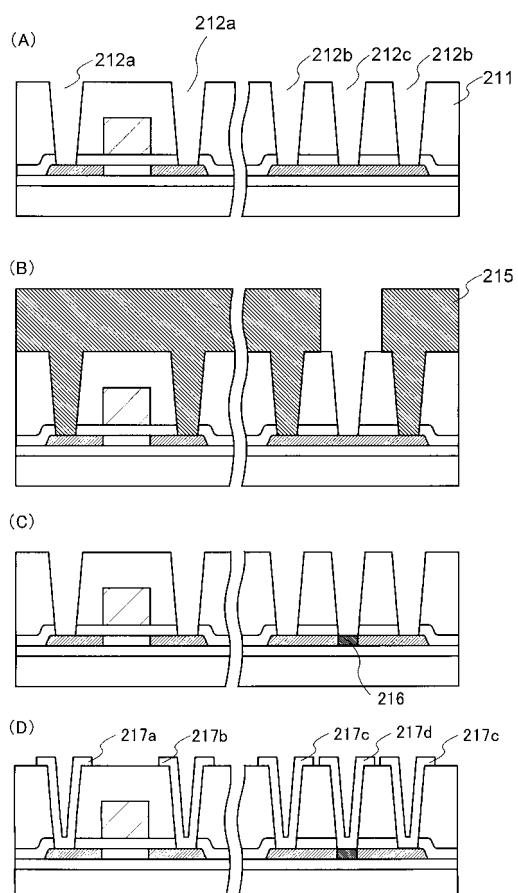
111	基板	10
112	下地絶縁膜	
113a、113b	半導体膜	
114	絶縁膜	
115	導電膜	
116	マスク	
117	電極	
118a、118b	第1の不純物領域	
211	層間絶縁膜	
212a～212c	開口部	
217a～217d	配線	20
215	マスク	
216	第2の不純物領域	
301	不純物領域	
302	不純物領域	
303	不純物領域	
305	不純物領域	
306	不純物領域	
307	不純物領域	
411	基板	
412	下地絶縁膜	30
413a～413c	半導体膜	
418a、418c	第1の不純物領域	
418b	第2の不純物領域	
414	絶縁膜	
415	導電膜	
416	マスク	
417a、417b	電極	
511	層間絶縁膜	
512a～512d	開口部	
515	マスク	40
516	第3の不純物領域	
517a～517c	配線	
601、602	端子	
603	容量	
604、605	ショットキーバリアダイオード	
606	容量	
607	抵抗	
611	不純物領域	
612	不純物領域	
613	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

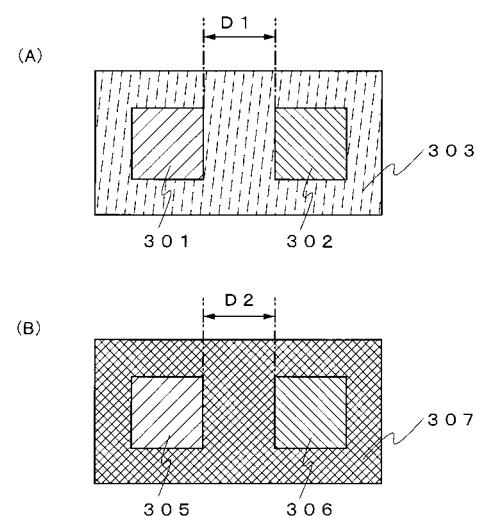
【図1】



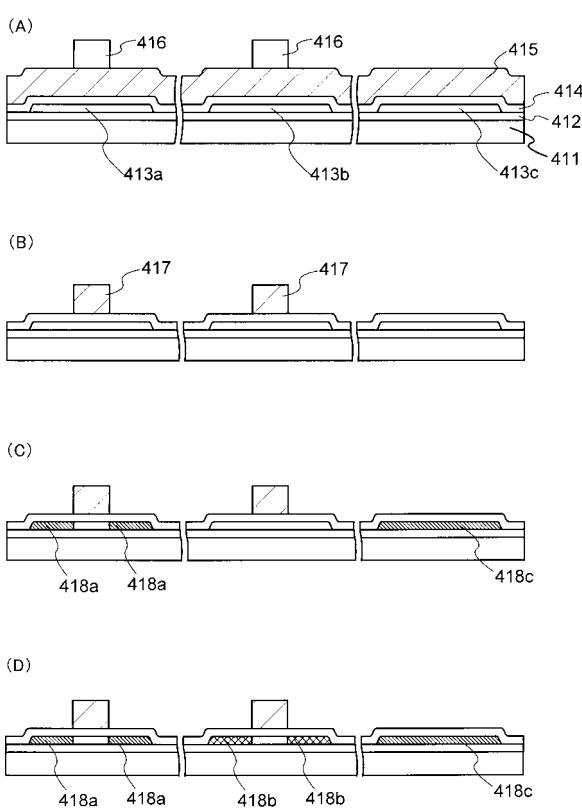
【図2】



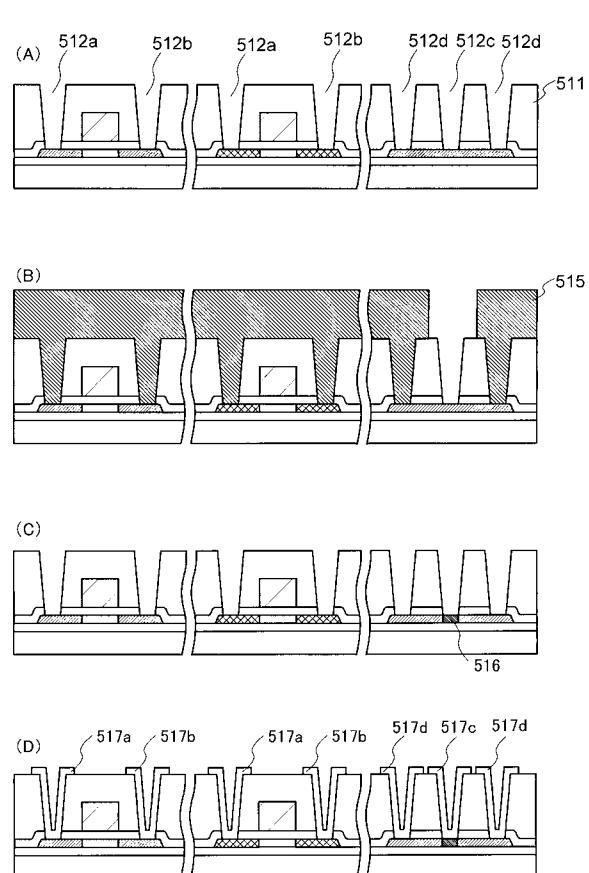
【図3】



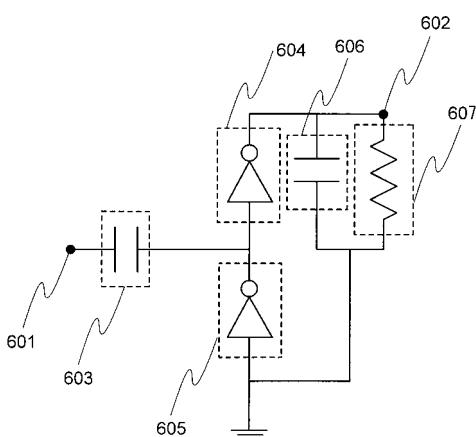
【図4】



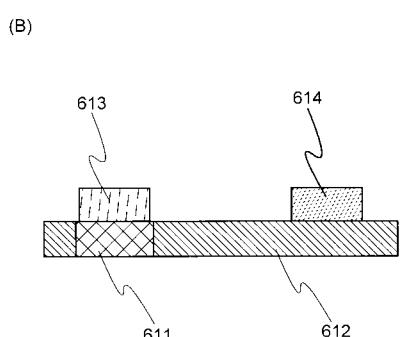
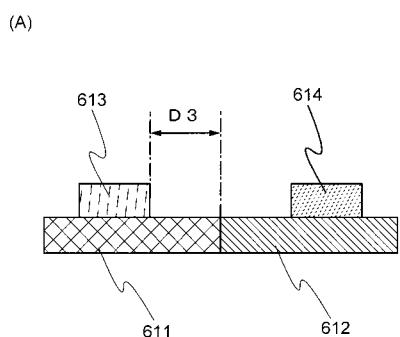
【図5】



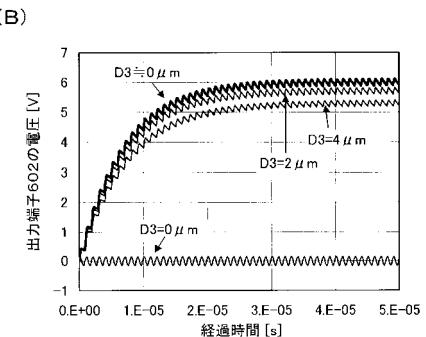
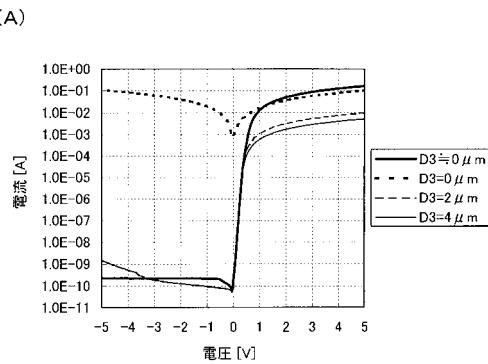
【図6】



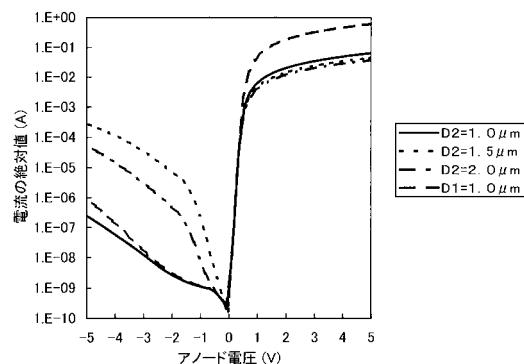
【図7】



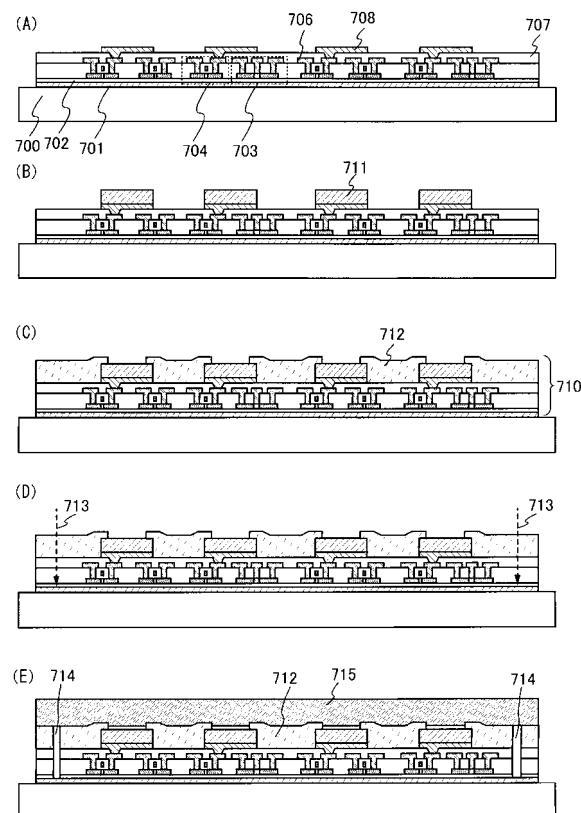
【図8】



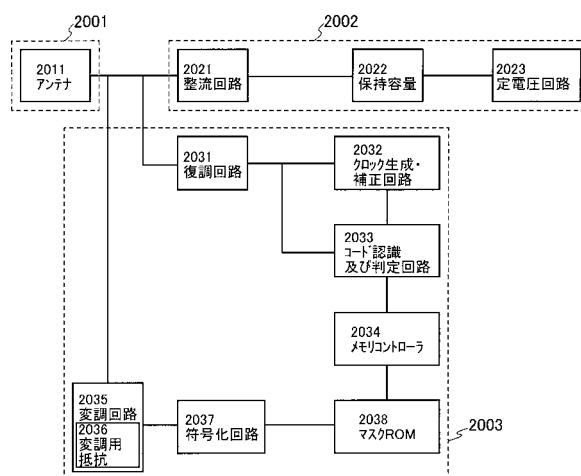
【図9】



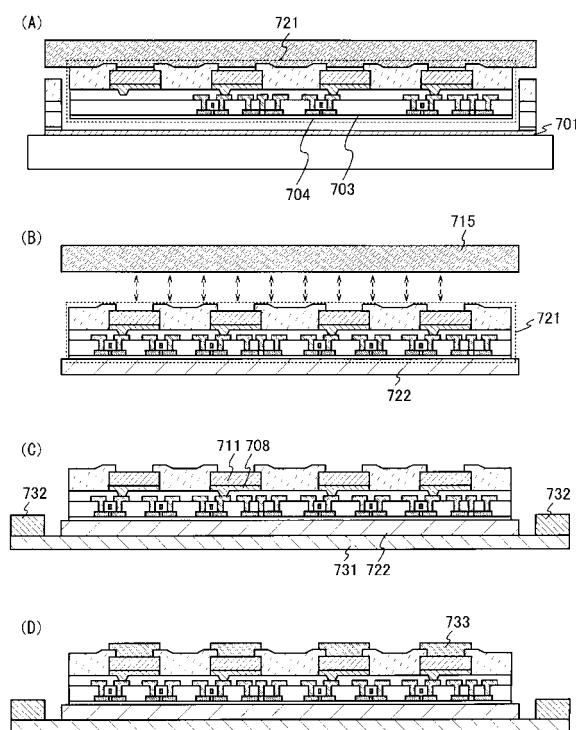
【図11】



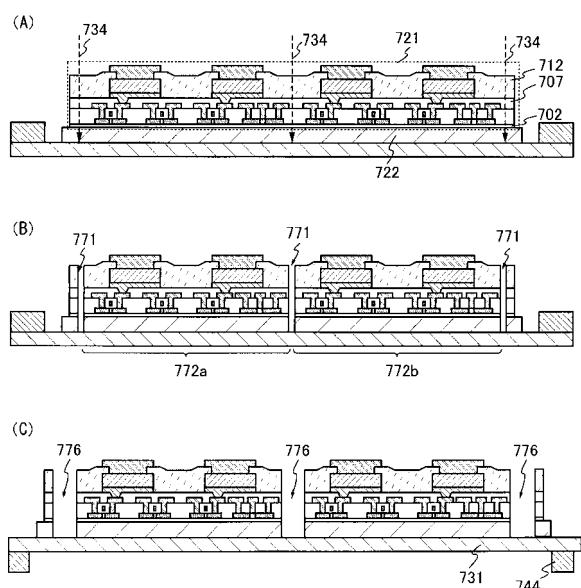
【図10】



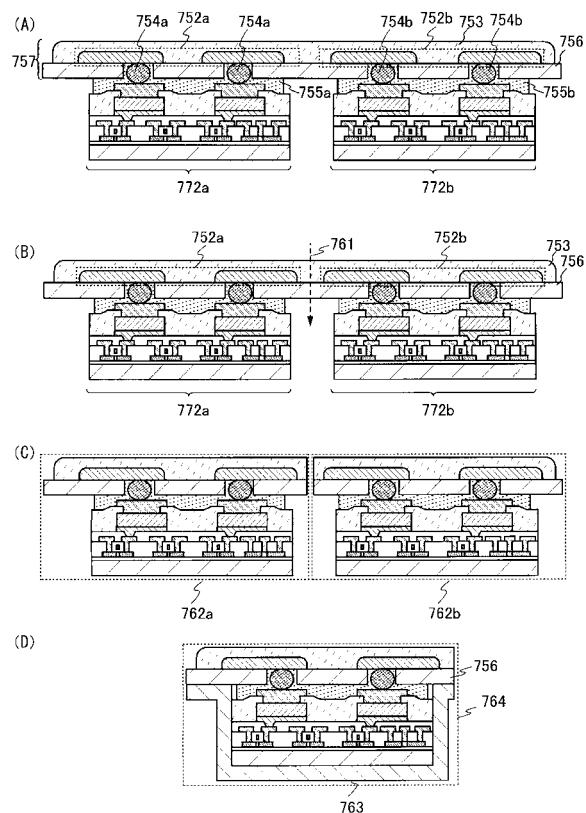
【図12】



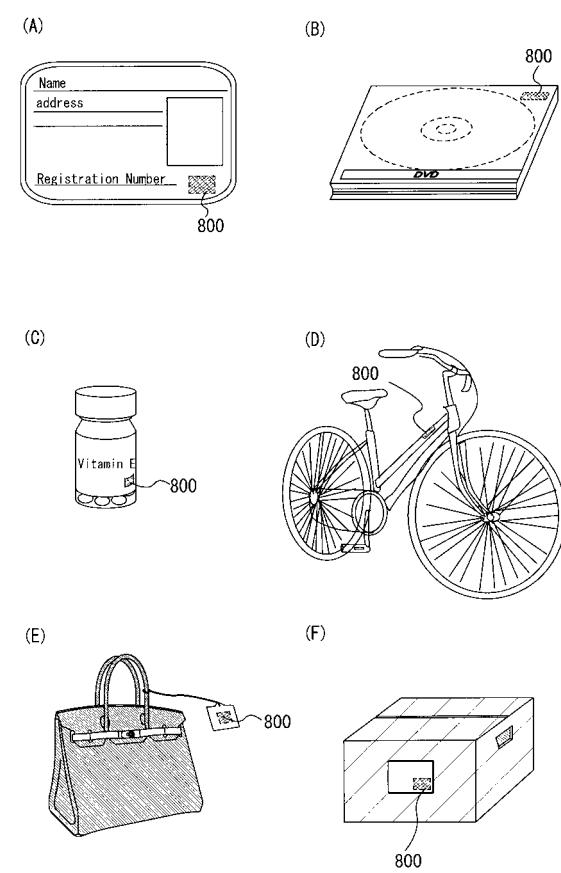
【図13】



【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