

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3645380号
(P3645380)

(45) 発行日 平成17年5月11日(2005.5.11)

(24) 登録日 平成17年2月10日(2005.2.10)

(51) Int. Cl.⁷

F I

HO 1 L 21/336	HO 1 L 29/78	6 2 7 G
HO 1 L 21/20	HO 1 L 21/20	
HO 1 L 21/322	HO 1 L 21/322	X
HO 1 L 29/786	HO 1 L 29/78	6 2 7 Z
	HO 1 L 29/78	6 1 7 V

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願平8-326068	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成8年11月21日(1996.11.21)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開平9-312404		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成9年12月2日(1997.12.2)	(72) 発明者	大谷 久
審査請求日	平成15年11月21日(2003.11.21)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願平8-26210		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成8年1月19日(1996.1.19)	(72) 発明者	山崎 舜平
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願平8-26037		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成8年1月20日(1996.1.20)	(72) 発明者	寺本 聡
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願平8-32874		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成8年1月26日(1996.1.26)	(72) 発明者	小山 潤
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		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、情報端末、ヘッドマウントディスプレイ、ナビゲーションシステム、携帯電話、ビデオカメラ、投射型表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁表面上に非晶質珪素膜を成膜し、
前記非晶質珪素膜を珪素の結晶化を助長する金属元素の作用により結晶化させ結晶性珪素膜を形成し、

ハロゲン元素を含有させた酸化性雰囲気の中での加熱処理により前記結晶性珪素膜の表面に第1の熱酸化膜を形成し、

前記第1の熱酸化膜を除去し、

前記第1の熱酸化膜を除去した後、ハロゲン元素を含有させた酸化性雰囲気の中での加熱処理により前記結晶性珪素膜の表面に第2の熱酸化膜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2】

絶縁表面上に非晶質珪素膜を成膜し、
前記非晶質珪素膜を珪素の結晶化を助長する金属元素の作用により結晶化させ結晶性珪素膜を形成し、

ハロゲン元素を含有させた酸化性雰囲気の中で800～1100 での加熱処理により前記結晶性珪素膜の表面に第1の熱酸化膜を形成し、

前記第1の熱酸化膜を除去し、

前記第1の熱酸化膜を除去した後、ハロゲン元素を含有させた酸化性雰囲気の中で800～1100 での加熱処理により前記結晶性珪素膜の表面に第2の熱酸化膜を形成する

10

20

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 または 2 において、

前記第 1 の熱酸化膜の膜厚と前記第 2 の熱酸化膜の膜厚の合計を、最終的に得られる前記結晶性珪素膜の膜厚よりも厚く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 乃至 3 のいずれか一項において、

前記珪素の結晶化を助長する金属元素は、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Au から選ばれた一種または複数種類であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の方法により作製され、アクティブマトリクス型液晶表示装置又はアクティブマトリクス型 EL 表示装置を表示部に有することを特徴する情報端末。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の方法により作製され、アクティブマトリクス型液晶表示装置を表示部に有することを特徴するヘッドマウントディスプレイ。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の方法により作製され、アクティブマトリクス型液晶表示装置又はアクティブマトリクス型 EL 表示装置を表示部に有することを特徴するナビゲーションシステム。

20

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の方法により作製され、アクティブマトリクス型液晶表示装置又はアクティブマトリクス型 EL 表示装置を表示部に有することを特徴する携帯電話。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の方法により作製され、アクティブマトリクス型液晶表示装置を表示部に有することを特徴するビデオカメラ。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の方法により作製され、アクティブマトリクス型液晶表示装置を表示部に有することを特徴する投射型表示装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本明細書で開示する発明は、結晶性を有する薄膜半導体に関する。また、その薄膜半導体の作製方法に関する。またその薄膜半導体を利用した半導体装置に関する。またその半導体装置の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

ガラス基板や石英基板上に結晶性を有する珪素膜を成膜し、その珪素膜をもって薄膜トランジスタ（以下 TFT と称する）を作製する技術が知られている。

40

【0003】

この薄膜トランジスタは、高温ポリシリコン TFT や低温ポリシリコン TFT と称されている。

【0004】

高温ポリシリコン TFT は、結晶性珪素膜の作製手段として、800 や 900 以上というような比較的高温の加熱処理を利用する技術である。この技術は、単結晶シリコンウエハーの利用した IC の作製プロセスの派生技術といえる。

【0005】

当然、高温ポリシリコン TFT が作製される基板としては、上記加熱温度に耐える石英基

50

板が利用される。

【 0 0 0 6 】

他方、低温ポリシリコン T F T は、基板として安価なガラス基板（当然耐熱性は石英基板に対して劣るものとなる）を利用したものである。

【 0 0 0 7 】

低温ポリシリコン T F T の構成する結晶性珪素膜の作製には、ガラス基板の耐える 6 0 0 以下の加熱や、ガラス基板に対しての熱ダメージはほとんど無いレーザーアニール技術が利用される。

【 0 0 0 8 】

高温ポリシリコン T F T は、特性のそろった T F T を基板上に集積化できるという特徴がある。 10

【 0 0 0 9 】

他方、低温ポリシリコン T F T は、基板として安価で大面積化が容易なガラス基板を利用できるという特徴がある。

【 0 0 1 0 】

なお、現状の技術においては、高温ポリシリコン T F T も低温ポリシリコン T F T もその特性に大きな違いはない。強いて違う点を述べるなら、生産歩留りや基板面内の特性の均一性の点で高温ポリシリコンが優れ、生産性や生産コストの点で低温ポリシリコンが優れている。

【 0 0 1 1 】

特性としては、両者共に、移動度が 5 0 ~ 1 0 0 (cm²/Vs) 程度、S 値が 2 0 0 ~ 4 0 0 (mV/dec) (V_D = 1 V) 程度のものが得られている。 20

【 0 0 1 2 】

この特性は、アモルファスシリコンを使用した T F T に比較すれば、2桁程度的高速動作を行わしめる値であるが、単結晶シリコンウエハーを利用した M O S 型トランジスタの特性に比較して大きく見劣りするものである。一般的に、単結晶シリコンウエハーを利用した M O S 型トランジスタの S 値は 6 0 ~ 7 0 (mV/dec) 程度であり、その動作周波数も高温ポリシリコン T F T や低温ポリシリコン T F T の 1 ~ 2 桁程度高い値で動作する。

【 0 0 1 3 】

【 発明が解決しようとする課題 】

現状において T F T は、アクティブマトリクス型の液晶表示装置のアクティブマトリクス回路と周辺駆動回路とを同一基板上に集積化するために利用されている。即ち、アクティブマトリクス回路と周辺駆動回路とを同一の基板上に T F T でもって作り込むことが行われておる。 30

【 0 0 1 4 】

このような構成において、周辺駆動回路のソースドライバー回路は、十数 M H z 以上の動作が要求される。しかし、現状における高温ポリシリコン T F T 及び低温ポリシリコン T F T で構成した回路は、その動作速度のマージンが数 M H z 程度までしかとれない。

【 0 0 1 5 】

従って、動作を分割する（分割駆動と呼ばれる）などして、液晶表示を構成しているのが現状である。しかし、この方法は、分割のタイミングの微妙なズレ等に起因して、画面に縞模様が現れてしまう等の問題がある。 40

【 0 0 1 6 】

また、今後の技術として、周辺駆動回路（シフトレジスタ回路やバッファ回路で構成される）以外に発振回路や D / A コンバータや A / D コンバータ、さらに各種画像処理を行うデジタル回路を、さらに同一基板上に集積化することが考えられている。

【 0 0 1 7 】

しかし、上記発振回路や D / A コンバータや A / D コンバータ、さらに各種画像処理を行うデジタル回路は、周辺駆動回路よりもさらに高い周波数で動作することが必要とされる 50

。

【0018】

従って、現状の技術で得られている高温ポリシリコンTFTや低温ポリシリコンTFTでもってそれらの回路を構成することは実質的に不可能である。

【0019】

なお、単結晶シリコンウエハーを利用したMOSトランジスタでもって構成した集積回路は、100MHz以上の動作を行わせることができるものが実用化されている。

【0020】

本明細書で開示する発明は、上記のような高速動作（一般に数十MHz以上の動作速度）が要求される回路を構成しうる薄膜トランジスタを得ることを課題とする。

10

【0021】

また、単結晶シリコンウエハーを利用して作製したMOS型トランジスタに匹敵するような特性が得られる薄膜トランジスタを提供することを課題とする。またその作製手段を提供することを課題とする。さらに、そのような高い特性を有する薄膜トランジスタでもって必要とする機能を有する半導体装置を提供することを課題とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】

本明細書で開示する発明の一つは、

絶縁表面を有する基板上に複数の薄膜トランジスタが作製された構成を有し、

前記複数の薄膜トランジスタの活性層を構成する結晶性珪素膜は、多数の点から放射状に結晶成長した結晶性珪素膜を利用して構成されていることを特徴とする。

20

【0023】

上記構成は、図3や図6に示すような結晶成長形態を有した結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを構成した場合に得られる。

【0024】

絶縁表面を有する基板としては、ガラス基板（但しプロセス温度の対する耐熱性が要求される）、石英基板、表面に絶縁膜が成膜された半導体基板の例を挙げることができる。

【0025】

上記の多数の点から放射状に結晶成長した結晶性珪素膜は、後述するようにニッケルに代表される珪素の結晶化を助長する金属元素を利用した加熱処理による結晶化、さらにハロゲン元素を含んだ酸化性雰囲気中での熱酸化膜の形成、該熱酸化膜の除去、といった工程を経ることによって得ることができる。

30

【0026】

他の発明の構成は、

絶縁表面を有する基板上に複数の薄膜トランジスタが作製された構成を有し、前記複数の薄膜トランジスタの活性層を構成する結晶性珪素膜は、特定の方向に結晶成長した幅が膜厚程度～2000の細長い多数の構造体よりなり、

前記特定の方向は、各薄膜トランジスタにおいて異なっていることを特徴とする。

【0027】

上記の構成は、図3や図6に示す結晶成長形態を有する結晶性珪素膜を用いた多数の薄膜トランジスタを作製した場合、各薄膜トランジスタを構成する活性層における結晶成長方向（結晶構造の異方性の方向）は、それぞれ異なるものになることを規定したものである。

40

。

【0028】

勿論、同じ結晶成長方向を有する活性層でなる薄膜トランジスタも複数形成されるが、多くは、上記構成に従うものとなる。

【0029】

例えば、アクティブマトクス回路を図3に示すような結晶成長形態を有する結晶性珪素膜でもって構成した場合、数百×数百の数でマトリクス状に配列された多数の薄膜トランジスタは、上記構成を満たすものとなる。

50

【0030】

本明細書で開示する発明における結晶性珪素膜は、図8に示すような特定の方向に結晶構造が連続したものとなっている。この結晶構造が連続した細長い構造体は、幅が膜厚程度～2000程度であり、結晶粒界を介して多数がほぼ平行に並んでいる状態となっている。

【0031】

またよりマクロに見れば、図7や図6に示すように放射状に延在するものとなっている。

【0032】

他の発明の構成は、

絶縁表面上に非晶質珪素膜を成膜する工程と、

前記非晶質珪素膜を珪素の結晶化を助長する金属元素の作用により結晶化させ結晶性珪素膜を得る工程と、

ハロゲン元素を含有させた酸化性雰囲気中での800～1100での加熱処理により前記結晶性珪素膜の表面に第1の熱酸化膜を形成する工程と、

前記第1の熱酸化膜を除去する工程と、

前記結晶性珪素膜の表面に第2の熱酸化膜を形成する工程と、

を有し、

多数の点から放射状に結晶成長した結晶性珪素膜を得ることを特徴とする。

【0033】

上記構成において、得られる結晶性珪素膜の膜質を高くするには、第1及び第2の熱酸化膜の合計を、最終的に得られる結晶性珪素膜の膜厚よりも厚くすることが重要となる。

【0034】

これは、熱酸化膜の形成により、結晶性珪素膜の膜質の改善が劇的に進行するからである。

【0035】

珪素の結晶化を助長する金属元素としては、ニッケルが再現性や効果の点で極めて好ましい。一般にこの金属元素としては、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類のものを利用することができる。

【0036】

ニッケル元素を利用した場合、最終的に珪素膜中に残留するニッケルの濃度は、 1×10^{14} 原子個/cm³～ 5×10^{18} 原子個/cm³程度となる。熱酸化膜のゲッタリング条件を詰めれば、この濃度の上限は 5×10^{17} 原子個/cm³程度にまで低減できる。この濃度の計測は、SIMS(2次イオン分析方法)を利用して計測できる。

【0037】

一般的には、上記ニッケル濃度の下限は、 1×10^{16} 原子個/cm³程度となる。これは、コストとの兼ね合いを考えた場合、基板や装置に付着するニッケル元素の影響を排除することが通常は困難であり、この程度のニッケル元素が残留してしまうからである。しかし、装置の洗浄の度合いや作製工程の詰めを行うことにより、さらにその残留濃度を低減することは可能である。

【0038】

よって、一般的な作製工程に従った場合、残留するニッケル元素の濃度は、 1×10^{16} 原子個/cm³～ 5×10^{17} 原子個/cm³程度となる。

【0039】

また、熱酸化膜の作製工程において、当該金属元素が熱酸化膜中に移動する関係から、得られた結晶性珪素膜の厚さ方向におけるニッケル元素の濃度分布に勾配または分布が発生する。

【0040】

一般に結晶性珪素膜中の当該金属元素の濃度は、熱酸化膜が形成される界面に向かって当該金属元素の濃度が高くなる傾向が観察される。また、条件によっては、基板または下地膜に向かって、即ち裏面側の界面に向かって当該金属元素の濃度が高くなる傾向も観察さ

10

20

30

40

50

れる。

【0041】

また、熱酸化膜の形成時に雰囲気中にハロゲン元素を含有させた場合、このハロゲン元素も上記金属元素と同様な濃度分布を示すものとなる。即ち、結晶性珪素膜の表面および/または裏面に向かって含有濃度が高くなる濃度分布を示すものとなる。

【0042】

本明細書で開示する発明における結晶性珪素膜は、その最終的な膜厚を好ましくは100～750、より好ましくは150～450とする。このような膜厚とすることにより、図6～図8に示すような結晶構造をより顕著に再現性良く得ることができる。

【0043】

この最終的な結晶性珪素膜の膜厚は、熱酸化膜の成膜により膜厚が目減りすることを考慮して決定する必要がある。

10

【0044】

上記のような工程を採用することにより、本明細書で開示する結晶性珪素膜を得ることができ、さらにその結晶構造の特異性を利用したMOS型薄膜トランジスタを得ることができる。

【0045】

金属元素の導入方法としては、当該金属元素を含んだ溶液を塗布する方法、CVD法による方法、スパッタ法や蒸着法による方法、当該金属を含んだ電極を利用したプラズマ処理による方法、ガス吸着法による方法を挙げることができる。

20

【0046】

ハロゲン元素を導入する方法としては、HCl、HF、HBr、Cl₂、F₂、Br₂、CF₄等を酸化性雰囲気(例えば酸素雰囲気)中に含有させる手段を利用することができる。

【0047】

また、熱酸化膜の形成時における雰囲気中に水素ガスの導入を合わせて行い、ウエット酸化の作用を利用することも有効である。

【0048】

熱酸化膜の形成するための温度は極めて重要なものとなる。後述するような素子単体で数十MHz以上の動作を行わせることが可能で、S値が100(mV/dec)以下というようなTF_Tを得るのであれば、熱酸化膜の形成時における加熱温度を好ましくは800以上、より好ましくは900°以上とすることが必要である。

30

【0049】

なおこの加熱温度の上限は、石英基板の耐熱温度の上限である1100程度とすることが適当である。

【0050】

【発明の実施の形態】

非晶質珪素膜を加熱により結晶化させ結晶性珪素膜を得る技術において、非晶質珪素膜の表面にニッケル元素を接して保持させた状態で加熱処理を施すことにより、結晶性珪素膜を得、さらにその表面に熱酸化膜を形成する。この熱酸化膜は、ハロゲン元素を含んだ酸化性雰囲気下で800～1100の加熱処理を施すことにより形成する。

40

【0051】

こうすると、図6～図8に示すような特異な結晶状態を有する結晶性珪素膜を得ることができる。

【0052】

【実施例】

〔実施例1〕

本実施例では、非晶質珪素膜の表面全体に珪素の結晶化を助長する金属元素を選択的に導入することにより、図6に示すような特異な結晶成長形態を有する結晶性珪素膜を得る方法に関する。

50

【0053】

図1に本実施例の作製工程を示す。まず、石英基板201上に下地膜202として酸化珪素膜を3000の厚さに成膜する。なお、石英基板の表面の平滑性が良く、また洗浄を十分にするのであれば、この下地膜202は特に必要ない。

【0054】

なお、基板としては石英基板を利用することが現状においては好ましい選択となるが、加熱処理温度に耐える基板であれば、石英に限定されるものではない。例えば、酸化膜をその表面に成膜した半導体基板を利用することもできる。

【0055】

次に結晶性珪素膜の出発膜となる非晶質珪素膜203を減圧熱CVD法でもって、500の厚さに成膜する。 10

【0056】

そして重量換算で10ppmのニッケル元素を含んだ酢酸ニッケル溶液を塗布する。そして図示しないスピナーを用いてスピンドライを行い余分な溶液を除去する。

【0057】

こうして、ニッケル元素が図1(A)の点線204で示されるような状態で存在した状態が得られる。

【0058】

ニッケルの導入方法としては、上記の溶液を用いる方法は、導入量の制御や再現性の点で優れている。しかし、CVD法、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理、ガス吸着法等を利用して、ニッケルに代表される珪素の結晶化を助長する金属元素の導入を行ってもよい。 20

【0059】

次に水素を3%含有した極力酸素を含まない窒素雰囲気中において、600、8時間の加熱処理を行う。この加熱処理に結晶化が進行し、図1(B)に示す結晶性珪素膜205を得る。

【0060】

この結晶成長のための加熱処理は、450~1100(上限は基板の耐熱性で規制される)で行うことができる。ある程度の横成長距離を確保するのであれば、加熱処理の温度を600以上とすることが好ましい。しかし、それ以上に温度を上げることによる結晶成長距離や結晶性の向上はそれ程大きくない。 30

【0061】

この加熱による結晶化の後にレーザー光の照射を行ってもよい。即ち、レーザー光の照射により、さらに結晶化を助長させてもよい。このレーザー光の照射は、膜中に存在するニッケル元素の固まりを分散させ、後にニッケル元素を除去し易くする効果を有している。なお、この段階でレーザー光の照射を行っても、さらに横成長が進行することはない。

【0062】

レーザー光としては、紫外領域の波長を有するエキシマレーザーを利用することができる。例えば、KrFエキシマレーザー(波長248nm)やXeClエキシマレーザー(波長308nm)を利用することができる。

【0063】

結晶化のための加熱処理が終了したら、次にHClを3体積%含んだ酸素雰囲気中において、950の加熱処理を行う。この工程において、結晶性珪素膜205の表面に熱酸化膜209を200の厚さに成膜する。(図1(C)) 40

【0064】

この熱酸化膜の形成に従い、結晶性珪素膜208の膜厚は100程度にその膜厚が減少する。即ち、珪素膜の膜厚は、400程度となる。

【0065】

この工程においては、熱酸化膜の形成に従い、膜中の不安定な結合状態を有する珪素元素が熱酸化膜の形成に利用される。そして、膜中の欠陥が減少し、より高い結晶性を得ることができる。 50

【 0 0 6 6 】

また同時に熱酸化膜の形成および塩素の作用により膜中よりニッケル元素のゲッタリングが行われる。

【 0 0 6 7 】

当然、この工程で成膜される熱酸化膜 2 0 9 中には、比較的高濃度にニッケル元素が取り込まれることになる。そして相対的に珪素膜 2 0 8 中のニッケル元素の濃度は減少する。

【 0 0 6 8 】

熱酸化膜 2 0 9 を形成したら、この熱酸化膜 2 0 9 を除去する。こうして、ニッケル元素の含有濃度を減少させた結晶性珪素膜 2 0 8 を得る。(図 1 (D))

【 0 0 6 9 】

こうして得られた結晶性珪素膜は図 6 に示すような多数の局所領域(多数の点)から、放射状に結晶成長した状態を有している。図 6 は、光学顕微鏡による拡大像を撮影した写真である。

10

【 0 0 7 0 】

図 6 の一部をさらに拡大したものを図 7 に示す。図 7 は、TEM (透過型電子顕微鏡)により撮影した写真である。

【 0 0 7 1 】

この結晶構造は、放射状に結晶成長した方向に結晶粒界が延在し、かつその方向に結晶構造が連続したものとなっている。この結晶構造が連続した方向においては、結晶格子の連続性がほぼ保たれていることが確認されている。

20

【 0 0 7 2 】

図 8 は図 7 の一部をさらに拡大したものである。図 8 も TEM により観察した像を写した写真である。また図 3 に示すのは、膜全体における結晶成長状態を模式的に示したものである。

【 0 0 7 3 】

こうして得られた結晶性珪素膜は、図 6 または図 7 に示すように一方向に結晶構造が延在した(この方向は結晶成長方向に一致する)構造を有している。即ち、細長い柱状の結晶体が複数の一方向に延在した結晶粒界を介して、複数平行に並んでいるような構造を有している。

【 0 0 7 4 】

この特定の方向に結晶構造が延在した柱状の結晶体の幅は膜厚程度 ~ 2 0 0 0 程度を有している。そしてそれらが特定の方向(この方向は上記結晶構造の連続した方向に概略一致する)に延在した結晶粒界を境にして微視的に見て多数平行に配列された構造となっている。

30

【 0 0 7 5 】

熱酸化膜 2 0 9 の除去が完了し、図 1 (D) に示すように結晶性珪素膜 2 0 8 を得たら、次にパターンニングを行うことにより、横成長領域でなるパターン 3 0 2 を形成する。この島状の領域 3 0 2 が後に T F T の活性層となる。

【 0 0 7 6 】

そして、図 2 (A) に示すように、3 0 2 でなるパターンを形成後にプラズマ C V D 法により、酸化珪素膜 3 0 4 を 1 0 0 0 の厚さに成膜する。この酸化珪素膜 3 0 4 は、後にゲイト絶縁膜として機能する。

40

【 0 0 7 7 】

酸化珪素膜 3 0 4 を成膜したら、H C l を 3 % 含有した酸素雰囲気中において、9 5 0 の加熱処理を行うことにより、熱酸化膜 3 0 3 を 3 0 0 の厚さに成膜する。この熱酸化膜は、図 2 (A) に示すように活性層となるパターン 3 0 2 の表面に形成される。

【 0 0 7 8 】

熱酸化膜 3 0 3 を成膜することにより、活性層となるパターン 3 0 2 の膜厚は 2 5 0 となる。

【 0 0 7 9 】

50

より高い性能を有するTFTを得るのであれば、活性層を構成する結晶性珪素膜の膜厚よりも熱酸化膜303の膜厚を厚くすることが好ましい。

【0080】

一般に、最終的に得られる活性層の膜厚より、熱酸化膜209と熱酸化膜303の合計した膜厚を厚くすることが重要な要件となる。

【0081】

この熱酸化膜303は、ゲイト絶縁膜の一部を構成する。こうして図2(A)に示す状態を得る。

【0082】

次にゲイト電極を形成するためのアルミニウム膜をスパッタ法で4000の厚さに成膜する。このアルミニウム膜中には、スカンジウムを0.2重量%含有させる。 10

【0083】

アルミニウム膜中にスカンジウムを含有させるのは、後の工程において、ヒロックやウィスカーが発生することを抑制するためである。ヒロックやウィスカーというのは、加熱の際のアルミニウムの異常成長に起因する針状あるいは刺状の突起部のことである。

【0084】

アルミニウム膜を成膜したら、図示しない緻密な陽極酸化膜を形成する。この陽極酸化膜は、3%の酒石酸を含んだエチレングルコール溶液を電解溶液とし、アルミニウム膜を陽極、白金を陰極として行う。この工程においては、アルミニウム膜上に緻密な膜質を有する陽極酸化膜を100の厚さに成膜する。 20

【0085】

この図示しない陽極酸化膜は、後に形成されるレジストマスクとの密着性を向上させる役割を有している。

【0086】

この陽極酸化膜の膜厚は、陽極酸化時の印加電圧によって制御することができる。

【0087】

次にレジストマスク306を形成する。そしてこのレジストマスクを利用して、アルミニウム膜を305で示されるパターンにパターンニングする。こうして図2(B)に示す状態を得る。

【0088】

ここで再度の陽極酸化を行う。ここでは、3%のシュウ酸水溶液を電解溶液として用いる。この電解溶液中において、アルミニウムのパターン305を陽極とした陽極酸化を行うことにより、308で示される多孔質状の陽極酸化膜が形成される。(図2(C)) 30

【0089】

この工程においては、上部に密着性の高いレジストマスク306が存在する関係で、アルミニウムパターンの側面に選択的に陽極酸化膜308が形成される。

【0090】

この陽極酸化膜は、その膜厚を数 μm まで成長させることができる。ここでは、その膜厚を6000とする。なお、その成長距離は、陽極酸化時間によって制御することができる。 40

【0091】

そしてレジストマスク306を除去する。次に再度の緻密な陽極酸化膜の形成を行う。即ち、前述した3%の酒石酸を含んだエチレングルコール溶液を電解溶液とした陽極酸化を再び行う。

【0092】

この工程においては、多孔質状の陽極酸化膜308中に電解溶液が進入する関係から、309で示されるように緻密な膜質を有する陽極酸化膜が形成される。

【0093】

この緻密な陽極酸化膜309の膜厚は1000とする。この膜厚の制御は印加電圧によって行う。 50

【0094】

次に、露呈した酸化珪素膜304をエッチングして除去する。また同時に熱酸化膜303をエッチングする。このエッチングはドライエッチングを利用する。

【0095】

ここで、310が残存したCVD法で成膜された酸化珪素膜である。この残存した酸化珪素膜下に同様な形状の熱酸化膜が残存した状態となる。

【0096】

こうして図2(C)に示す状態を得る。そして酢酸と硝酸とリン酸とを混合した混酸を用いて多孔質状の陽極酸化膜308を除去する。こうして図2(D)に示す状態を得る。

【0097】

図2(D)に示す状態を得たら、不純物イオンの注入を行う。ここでは、Nチャネル型の薄膜トランジスタを作製するためにP(リン)イオンの注入をプラズマドーピング法でもって行う。

【0098】

この工程においては、ヘビードープがされる311と315の領域とライトドープがされる312と314の領域が形成される。これは、残存した酸化珪素膜310が半透過なマスクとして機能し、注入されたイオンの一部がそこで遮蔽されるからである。

【0099】

そしてレーザー光(またはランプを用いた強光)の照射を行うことにより、不純物イオンが注入された領域の活性化を行う。こうして、ソース領域311、チャンネル形成領域313、ドレイン領域315、低濃度不純物領域312と314が自己整合的に形成される。

【0100】

ここで、314で示されるのが、LDD(ライトドープドレイン)領域と称される領域である。(図2(D))

【0101】

なお、緻密な陽極酸化膜309の膜厚を2000以上というように厚くした場合、その膜厚でもってチャンネル形成領域313の外側にオフセットゲイト領域を形成することができる。

【0102】

本実施例においてもオフセットゲイト領域は形成されているが、その寸法が小さいのでその存在による寄与が小さく、また図面が煩雑になるので図中には記載していない。

【0103】

なお、緻密な膜質を有する陽極酸化膜を2000以上というように厚く形成するには、200V以上の印加電圧が必要とされるので、再現性や安全性に関して、注意が必要である。

【0104】

図2(D)に示す状態を得たら、層間絶縁膜として窒化珪素膜300をプラズマCVD法で成膜し、さらにポリイミド樹脂膜316スピンコート法を利用して成膜する。

【0105】

そしてコンタクトホール形成を行い、ソース電極317とドレイン電極318の形成を行う。こうして図2(E)に示すTFETが完成する。

【0106】

本実施例に示すTFETは、その特性として従来には得られなかった極めて高いものを得ることができる。

【0107】

例えば、NTFET(Nチャネル型のTFET)で、移動度が200~300(cm^2/Vs)、S値が75~90(mV/dec)($V_D = 1\text{V}$)という高性能なものが得られる。PTFET(Pチャネル型のTFET)で120~180(cm^2/Vs)、S値が75~100(mV/dec)($V_D = 1\text{V}$)という高性能なものを得ることができる。

【0108】

10

20

30

40

50

特にS値は、従来の高温ポリシリコンTFT及び低温ポリシリコンTFTの値に比較して、1/2以下という驚異的に良い値である。

【0109】

このようなTFTを利用して石英基板上にOPアンプ、メモリー回路、各種延在回路や増幅アンプを形成することができる。

【0110】

〔実施例2〕

本実施例は、アクティブマトリクス型の液晶表示装置のアクティブマトリクス回路部分の作製工程を示す。

【0111】

図4に本実施例の作製工程の概略を示す。実施例1に示した作製工程に従って、結晶性珪素膜を得る。さらに図1及び図2に示す作製工程に従って、図2(D)(図4(A))に示す状態を得る。

【0112】

図4(A)に示す状態を得たら、第1の層間絶縁間膜として、窒化珪素膜401を2000の厚さにプラズマCVD法で成膜する。さらにポリイミド樹脂膜402をスピンコート法で成膜する。こうして、図4(B)に示す状態を得る。なお、樹脂材料としては、ポリイミド以外にポリアミドやポリイミドアミドを利用することができる。

【0113】

次にソース領域311とドレイン領域315に達するコンタクトホールを形成を行い、ソース電極403とドレイン電極403を形成する。これらの電極は、チタン膜とアルミニウム膜とチタン膜との積層膜でもって形成する。なお、ソース電極403は、ソース線から延在したものと形成される。(図4(C))

【0114】

ドレイン電極403は、その一部が補助容量を形成するための電極として利用される。

【0115】

ソース及びドレイン電極を形成したら、第2の層間絶縁膜としてポリイミド樹脂膜404を成膜する。こうして図4(C)に示す状態を得る。

【0116】

次に樹脂層間絶縁膜404に開口を形成し、さらにチタン膜とアルミニウム膜との積層膜でもってなるブラックマトリクス(BM)405を形成する。このブラックマトリクス405は、本来の遮光膜としての機能以外に補助容量を形成するための電極として機能する。

【0117】

ブラックマトリクス405を形成したら、第3の層間絶縁膜として、ポリイミド樹脂膜406を成膜する。そして、ドレイン電極403へのコンタクトホールを形成し、ITOなる画素電極407を形成する。

【0118】

ここで、ブラックマトリクス405のパターンと画素電極407のパターンとがポリイミド樹脂膜406を介して重なり合った領域が補助容量となる。

【0119】

〔実施例3〕

本実施例は、実施例1に示す構成において、ゲイト電極またはゲイト電極から延在したゲイト配線に対するコンタクトの形成の採り方を工夫した例である。

【0120】

実施例1に示す構成においては、ゲイト電極の側面及び上面が緻密な膜質を有する陽極酸化膜によって被覆された状態となっている。

【0121】

このような構造は、アルミニウムを材料とした電極を形成する場合には、ヒロックの抑制、配線間ショート抑制という点において大きな効果を有している。

10

20

30

40

50

【0122】

しかしながら、その強固な膜質故にコンタクトの形成が比較的困難であるという問題がある。

【0123】

本実施例は、この問題を解決する構成に関する。図5に本実施例の作製工程を示す。他の実施例と同じ符号箇所の詳細な作製条件等は、他の実施例と同じである。

【0124】

まず図5(A)に示すように、結晶性珪素膜でなる活性層パターン210を得る。そして、熱酸化膜211とCVD酸化膜304とが積層された状態を得る。

【0125】

ここでは、まずCVD酸化膜を成膜し、その後に熱酸化膜を成膜する工程を採用する。

【0126】

図5(A)に示す状態を得たら、アルミニウム膜を成膜し、さらに窒化珪素膜を500の厚さに成膜する。そして、レジストマスク306を用いてパターンニングを施し、305で示されるアルミニウムパターンとその上の窒化珪素膜501が形成された状態を得る。(図5(B))

【0127】

図5(B)に示す状態を得たら、レジストマスク306を配置した状態で多孔質状の陽極酸化膜308を形成し、さらに緻密な膜質を有する陽極酸化膜309を形成する。

【0128】

これらの陽極酸化膜は、ゲイト電極となるアルミニウムパターン307の側面のみにおいて選択的に形成される。これは、アルミニウムパターンの上面に窒化珪素膜501が存在しているからである。

【0129】

陽極酸化膜の形成が終了したら、レジストマスク306を除去する。そしてさらに露呈した酸化珪素膜304を除去し、さらに熱酸化膜211の一部も除去する。

【0130】

こうして図5(C)に示す状態を得る。図5(C)に示す状態を得たら、レジストマスク306を除去し、さらに多孔質状の陽極酸化膜308を除去する。

【0131】

そして、さらに窒化珪素膜501を除去する。こうして図5(D)に示す状態を得る。この状態で導電型を付与する不純物のドーピングをプラズマドーピング法でもって行う。

【0132】

この結果、ソース領域311、低濃度不純物領域312と314、チャネル領域313、ドレイン領域315が自己整合的に形成される。

【0133】

不純物のドーピング終了後、レーザー光の照射を行うことにより、ドーピング時に生じた損傷のアニールと、ドーピングされた不純物の活性化とを行う。

【0134】

こうして図5(D)に示す状態を得る。次に層間絶縁膜502を形成する。そしてコンタクトホール形成を行い、ソース電極317、ゲイト取り出し電極503、ドレイン電極318を形成し、図5(E)に示す状態を得る。

【0135】

この工程において、ゲイト電極307へのコンタクトホール形成が、ゲイト電極の上面に陽極酸化膜が存在しない関係で比較的容易に行うことができる。

【0136】

なお図には、同じ断面上にソース/ドレイン電極とゲイト電極とが形成されているように記載されているが、実際には、ゲイト取り出し電極はゲイト電極307から延在した部分に形成される。

【0137】

10

20

30

40

50

〔実施例 4〕

本実施例は、実施例 3 に示す構成をさらに改良したものである。本実施例では、ゲイト電極を構成するアルミニウム膜上にチタン膜を成膜し、さらにその上に窒化珪素膜を成膜した構成とする。

【0138】

即ち、図 5 (B) に示す構成において、501 で示される膜をチタン膜と窒化珪素膜との積層膜とする。こうすることで、後の工程において、アルミニウム電極の上面におけるヒロックの発生を抑制することができる。

【0139】

〔実施例 5〕

本実施例は、実施例 1 に示す構成において、基板としてガラス基板を利用した場合の例である。

【0140】

本実施例では、基板として歪点が 667 のコーニング 1737 ガラス基板を利用する。そして結晶化のための加熱処理を 600、4 時間の条件で行い。

【0141】

熱酸化膜の形成のための加熱処理を HCl を 3 体積% 含有した酸素雰囲気中での 640 の条件で行う。この場合、形成される熱酸化膜の膜厚は処理時間 2 時間で 30 程度となる。この場合は、実施例 1 に示すような 950 の加熱処理を加えた場合に比較してその効果は小さなものとなる。

【0142】

〔実施例 6〕

本実施例は、実施例 1 に示す構成において、熱酸化膜の形成時における雰囲気中に HCl を含有させない場合の例である。この場合、HCl を雰囲気中に含有させた場合に比較して、ニッケルのゲッターリング効果は小さなものとなる。

【0143】

〔実施例 7〕

本実施例は、実施例 1 に示す構成において、熱酸化膜の形成後にレーザー光の照射をする場合の例である。このようにすると、さらに結晶化を助長することができる。

〔実施例 8〕

本実施例は、TFT を利用した半導体装置の例を示すものである。図 9 に各種半導体装置の例を示す。

【0144】

図 9 (A) に示すのは、携帯情報端末と呼ばれるもので、本体 2001 に備えられたアクティブマトリクス型の液晶表示装置 2005 に必要とする情報を内部の記憶装置から呼び出して表示したり、電話回線を利用してアクセスした情報を表示することができる。

【0145】

表示装置の形態としては、アクティブマトリクス型の EL 表示装置を利用することも考えられる。表示装置を構成するアクティブマトリクス回路と同一の基板には、各種情報処理回路や記憶回路が集積化回路 2006 として TFT を利用して集積化されている。

【0146】

また、本体 2001 には、カメラ部 2002 が備えられており、操作スイッチ 2004 を操作することにより、必要とする画像情報を取り込むことができる。カメラ部 2002 により取り込む画像は、受像部 2003 から装置内に取り込まれる。

【0147】

図 9 (B) に示すのは、ヘッドマウントディスプレイと呼ばれる表示装置である。この装置は、本体 2101 を頭部に装着し、2 つのアクティブマトリクス型の液晶ディスプレイ 2102 によって、目の前数 cm の場所に画像を表示する機能を有している。この装置では、疑似体験的に画像を見ることができる。

【0148】

10

20

30

40

50

図9(C)に示すのは、カーナビゲーションシステムであり。この装置は、アンテナ2204で受けた人工衛星からの信号を用いて、位置を計測する機能を有している。そして、アクティブマトリクス型の液晶表示装置2202に計測した位置が表示される。また表示する情報の選択は、操作スイッチ2203によって行われる。

【0149】

なお、液晶表示装置の代わりにアクティブマトリクス型のEL表示装置を利用することもできる。

【0150】

図9(D)に示すのは、携帯電話の例である。この装置は、本体2301にアンテナ2306が備えられ、音声入力部2303と音声入力部2302とを備えている。

10

【0151】

電話を掛ける場合は、操作スイッチ2305を操作することによって行う。また表示装置2304には、各種画像情報が表示される。表示装置の携帯としては、アクティブマトリクス型の液晶表示装置やアクティブマトリクス型のEL表示装置が利用される。

【0152】

図9(E)に示すのは、携帯型のビデオカメラである。この装置は、受像部2406から取り込んだ画像を本体2401内に収納した磁気テープに記憶する機能を備えている。

【0153】

画像には、各種デジタル処理が集積化回路2407において施される。この集積化回路2407は、従来から利用されているICチップを組み合わせたもので構成してもよいし、本明細書で開示するようなTFTを用いて構成してもよい。またそれらの組み合わせでもって構成してもよい。

20

【0154】

受像部2406で受像した画像や内部の磁気テープに記憶された画像は、アクティブマトリクス型の液晶表示装置2402に表示される。装置の操作は、操作スイッチ2404によって行われる。また、装置の電力はバッテリー2405によって賄われる。

【0155】

図9(F)に示すのは、投射型の表示装置である。この装置は、本体2501から投影される画像をスクリーン上に表示する機能を有している。

【0156】

本体2501には、光源2502とこの光源からの光を光学変調し画像を形成するアクティブマトリクス型の液晶表示装置2503、画像を投影するための光学系2504が備えられている。

30

【0157】

なお、液晶表示装置の形式としては、(B)に示す装置を除いて透過型または反射型の形式のどちらでも利用することができる。

【0158】

【発明の効果】

本明細書で開示する発明を利用して得られたPTFTとNTFTとを組み合わせ、9段のリングオシレータを構成した場合、400MHz以上の発振を行わせることができる。

40

【0159】

一般的にリングオシレータの発振周波数の10%程度でもって実際の回路の設計を行うことを考慮すると、上記のTFTでもって40MHz程度の周波数で動作する回路を構成できることになる。

【0160】

このように本明細書に開示する発明を利用することにより、高速動作(一般数十MHz以上の動作速度)が要求される回路を構成しうる薄膜トランジスタを得ることができる。

【0161】

従って、例えばアクティブマトリクス型の液晶表示装置の周辺駆動回路を分割駆動することなしにアクティブマトリクス回路と同一基板上に一体化することができる。

50

【 0 1 6 2 】

また、S値に関しては、100 (mV/dec)以下という単結晶シリコンウエハーを利用して作製したMOS型トランジスタに匹敵する特性を得ることができる。

【 0 1 6 3 】

本明細書で開示する発明を利用することにより、各種高速動作が要求される回路を同一基板上にTFTをもって集積化した構成を提供することができる。またその作製方法を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 薄膜トランジスタの作製工程を示す図。

【 図 2 】 薄膜トランジスタの作製工程を示す図。

10

【 図 3 】 結晶成長状態の要旨を示す模式図。

【 図 4 】 薄膜トランジスタの作製工程を示す図。

【 図 5 】 薄膜トランジスタの作製工程を示す図。

【 図 6 】 珪素薄膜を写した電子顕微鏡写真。

【 図 7 】 珪素薄膜を写した電子顕微鏡写真。

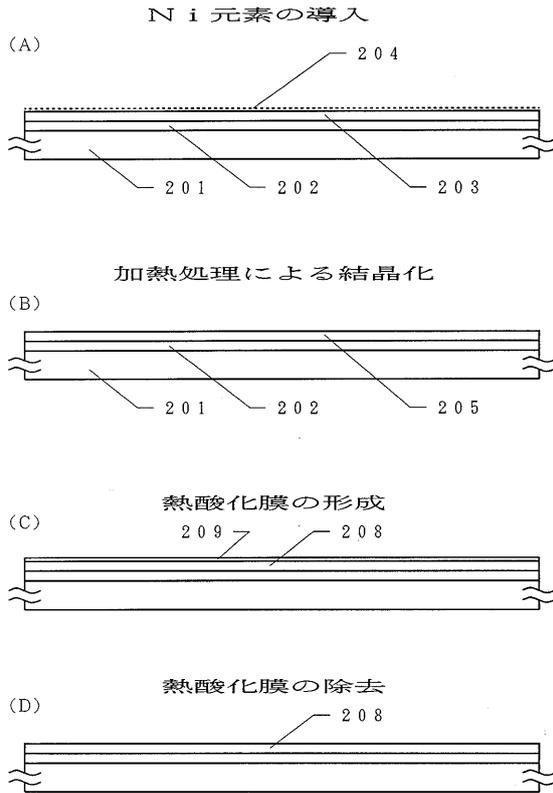
【 図 8 】 珪素薄膜を写した電子顕微鏡写真。

【 図 9 】 発明を利用した半導体装置の概要を示す図。

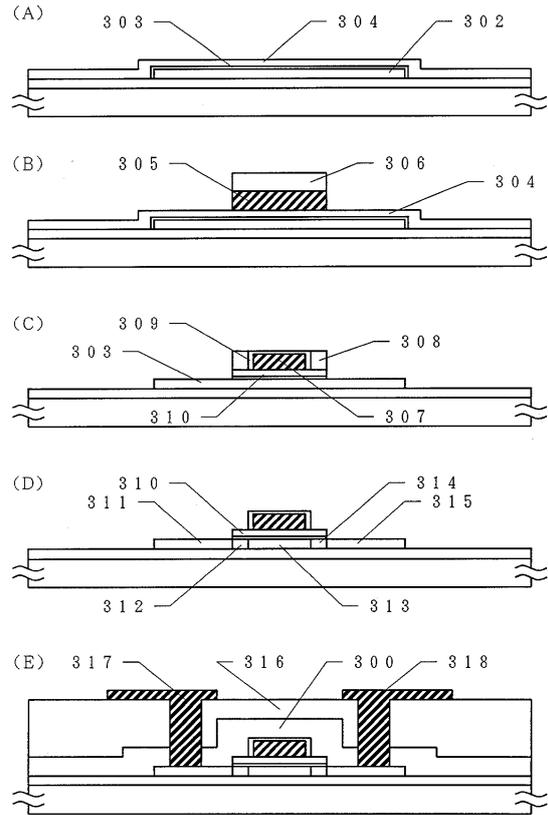
【 符号の説明 】

201	石英基板	
202	下地膜(酸化珪素膜)	20
203	非晶質珪素膜	
204	ニッケル元素	
205	結晶性珪素膜	
208	結晶性珪素膜	
209	熱酸化膜	
302	結晶性珪素膜でなる活性層	
303	熱酸化膜	
304	CVD法で成膜された酸化珪素膜(CVD酸化膜)	
305	アルミニウム膜でなるパターン	
306	レジストマスク	30
307	ゲイト電極	
308	多孔質状の陽極酸化膜	
309	緻密な膜質を有する陽極酸化膜	
310	残存した酸化珪素膜	
311	ソース領域	
312	低濃度不純物領域	
313	チャネル領域	
314	低濃度不純物領域	
315	ドレイン領域	
316	層間絶縁膜を構成する酸化珪素膜	40
300	窒化珪素膜	
317	ソース電極	
318	ドレイン電極	

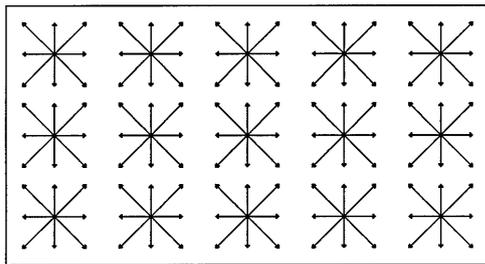
【図1】



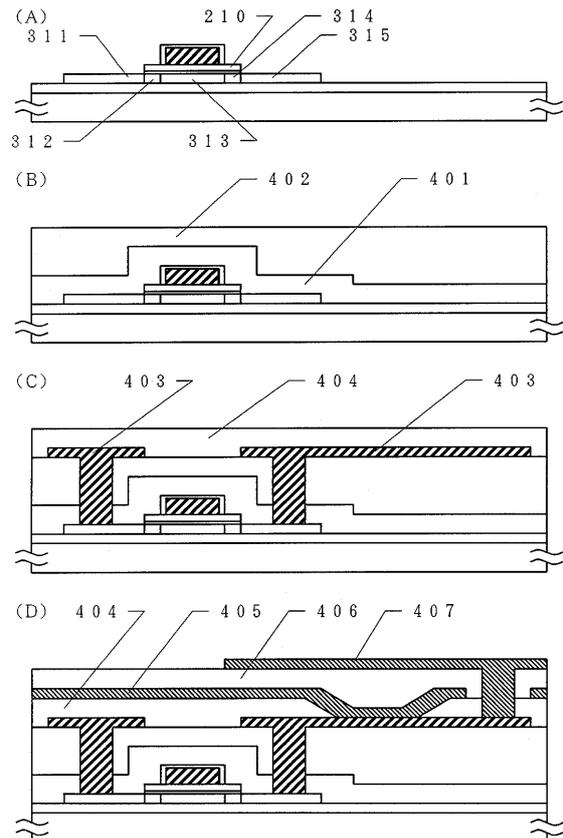
【図2】



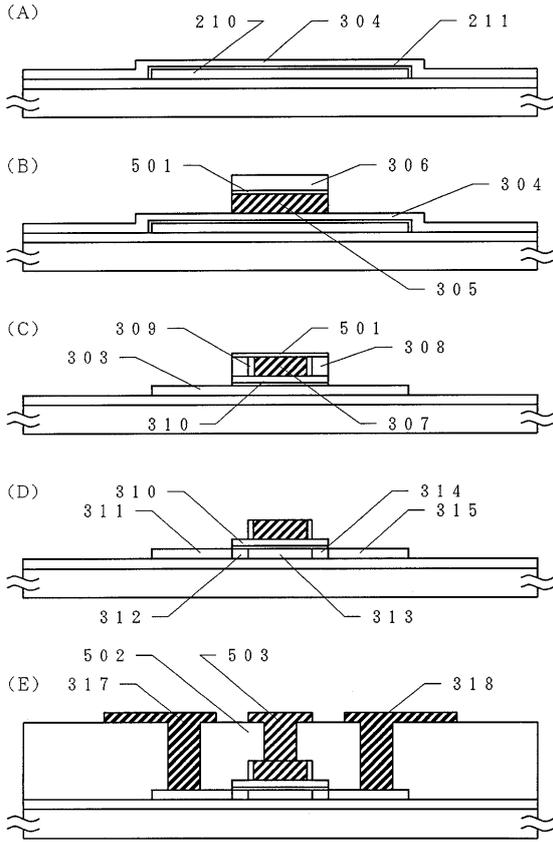
【図3】



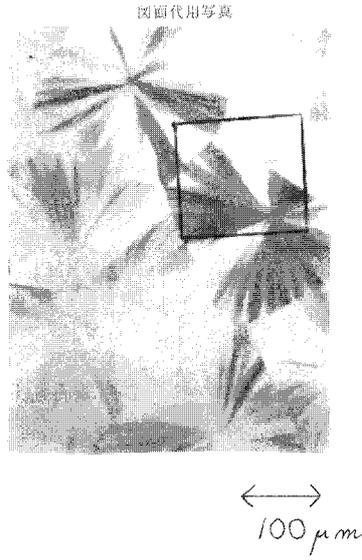
【図4】



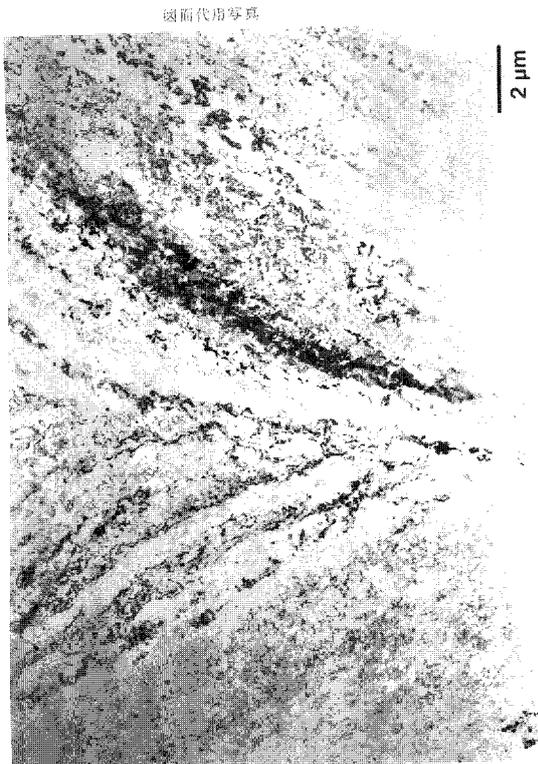
【 図 5 】



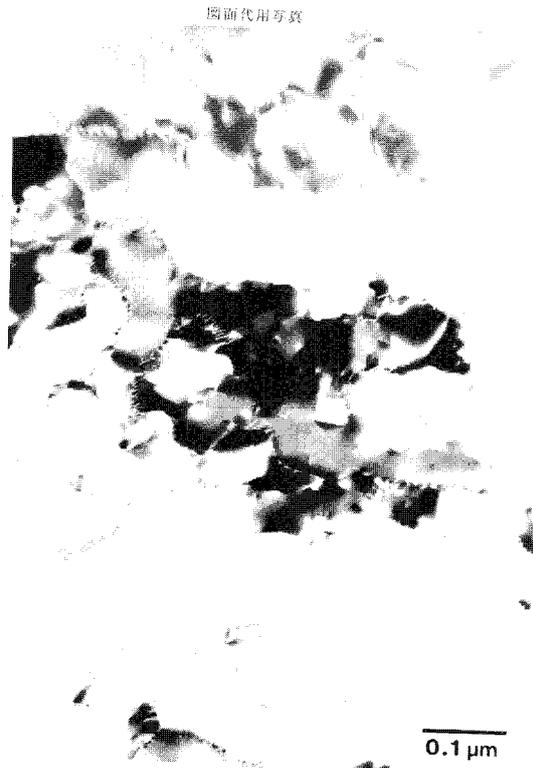
【 図 6 】



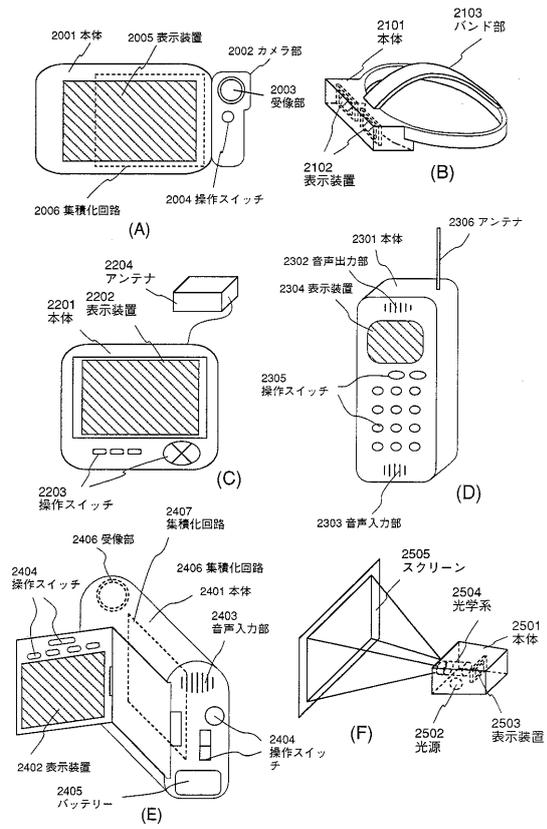
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 特願平8-32875
(32)優先日 平成8年1月26日(1996.1.26)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願平8-32981
(32)優先日 平成8年1月27日(1996.1.27)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願平8-58334
(32)優先日 平成8年2月20日(1996.2.20)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願平8-88759
(32)優先日 平成8年3月17日(1996.3.17)
(33)優先権主張国 日本国(JP)

- (72)発明者 尾形 靖
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 早川 昌彦
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 納 光明
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 浜谷 敏次
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

審査官 綿引 隆

- (56)参考文献 特開平07-045519(JP,A)
特開平07-231100(JP,A)
特開平07-066425(JP,A)
特開平07-094757(JP,A)
特開平07-192998(JP,A)
特開平08-017741(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 21/20
H01L 21/322
H01L 21/336
H01L 29/786