

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4761616号
(P4761616)

(45) 発行日 平成23年8月31日(2011.8.31)

(24) 登録日 平成23年6月17日(2011.6.17)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/322	(2006.01)	H01L 21/322	N
G02F 1/1368	(2006.01)	G02F 1/1368	
H01L 21/20	(2006.01)	H01L 21/20	
H01L 21/336	(2006.01)	H01L 29/78	627G
H01L 29/786	(2006.01)	H01L 29/78	627Z

請求項の数 7 (全 40 頁)

(21) 出願番号

特願2000-357250 (P2000-357250)

(22) 出願日

平成12年11月24日 (2000.11.24)

(65) 公開番号

特開2001-223219 (P2001-223219A)

(43) 公開日

平成13年8月17日 (2001.8.17)

審査請求日 平成19年10月17日 (2007.10.17)

(31) 優先権主張番号 特願平11-336850

(32) 優先日 平成11年11月26日 (1999.11.26)

(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

(72) 発明者 前川 慎志

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 萩原 周治

(56) 参考文献 特開平10-223533 (JP, A)

特開平09-266172 (JP, A)

特開平06-296023 (JP, A)

特開平11-040499 (JP, A)

特開平07-263367 (JP, A)

特開平05-198579 (JP, A)

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】

半導体膜を結晶化を助長する金属元素を利用して結晶化し、
前記半導体膜上に絶縁膜を形成し、
前記絶縁膜上に第1のマスクを形成し、
前記第1のマスクを用いて前記絶縁膜をエッチングすることによって、前記絶縁膜からなる第2のマスクを形成するとともに、前記半導体膜の一部を露呈させ、
前記第1のマスクを除去し、
前記露呈した前記半導体膜上に窒化珪素膜を形成することによって、前記半導体膜中に含有された前記金属元素を、前記窒化珪素膜中にゲッタリングし、
前記窒化珪素膜を除去し、
前記第2のマスクを用いて前記半導体膜をエッチングすることによって、複数の島状半導体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】

請求項1において、

前記絶縁膜は、酸化珪素膜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又は請求項2において、

前記窒化珪素膜の引張応力は、 $8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ 以上であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

20

【請求項 4】

請求項 1 又は請求項 2 において、

前記窒化珪素膜の引張応力は、 $9.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ 以上であ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 乃至請求項 4 のいずれか一項において、

前記窒化珪素膜を、LPCVD法を用いて 500 ~ 900 の温度範囲で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 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項において、

前記窒化珪素膜を、塩素を含むガスを原料ガスに用いて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 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、

前記金属元素は、ニッケル、鉄、コバルト、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、オスニウム、イリジウム、白金、銅、金から選ばれた元素であ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】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は基板上に形成された結晶質半導体膜の作製方法に関し、より具体的には結晶質半導体膜を活性層として用いた薄膜トランジスタ（以下、TFTという）で構成された回路を有する半導体装置およびその作製方法に関する。例えば、液晶表示パネルに代表される電気光学装置およびその様な電気光学装置を部品として搭載した電子機器に関する。

【0002】

なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、電気光学装置、半導体回路および電子機器は全て半導体装置である。

【0003】**【従来の技術】**

シリコンウェーハ等の半導体基板を用いた半導体装置の作製方法において、プロセス汚染で導入される重金属元素などの不純物がデバイス特性を劣化させ、歩留まりを低下させるため、これらの不純物を根元から排除する技術としてウルトラクリンテクノロジーが提唱され、その有用性が実証されている。一方、半導体プロセス技術では、不純物をデバイス活性領域から除去、捕獲するゲッタリング技術が比較的コストも安く、歩留まり向上に着実な実績をあげてきた。

【0004】

従来のゲッタリング技術は、便宜的に（1）エクストリンシックゲッタリング(Extrinsic Gettering: EG)法、（2）イントリニシックゲッタリング(Intrinsic Gettering: IG)法、（3）化学ゲッタリング(chemical gettering: CG)法の3つに大別されている。

【0005】

エクストリンシックゲッタリング(EG)法は、ゲッタリングシンクを外的手段(Extrinsic means)によってウェーハ裏面に供給するものである。このため、EG法は裏面ゲッタリング(backside gettering)とも呼ばれる。EG法におけるゲッタリングシンクは、ウェーハ裏面に外的手段(SiO₂砥粒などを用いたサンドブラッシング(Sand blasting)に代表される機械的ダメージ、燐の高濃度拡散、Si₃N₄膜あるいはポリシリコン膜のCVD成長など)によって与えられる。

【0006】

上記外的手段によりウェーハ裏面に導入された歪み、応力場、欠陥、あるいは化学的に活性な場がゲッタリングシンクとして働き、ウェーハ表面からの厚さに相当する距離を拡散してきた不純物を捕獲する。従って、ゲッタリングシンクは、最初の酸化処理以前にウェ

10

20

30

40

50

一ハ裏面に供給されていなければならない。EG法の一つの欠点は、EG法を用いたプロセスそのものがウェーハ表面に新たに不純物を導入する可能性があることである。しかし、ウェーハ裏面に機械的ダメージを施したEG法は、その簡易さと低コストゆえにデバイス製造において広く一般的に使われている。

【0007】

また、イントリンシックゲッタリング(IG)法は、熱処理でシリコンウェーハ内部に誘起されるバルク欠陥をゲッタリングに利用する。つまり、IG法は、ウェーハ内部のシンクを用いるので内部ゲッタリングとも呼ばれる。

【0008】

また、化学ゲッタリング(CG)法は、塩素ガスを含有した雰囲気中で熱処理する事により蒸発しやすい金属の塩化物を形成し、ウェーハ表面から汚染物質を除去するものである。また、CG法は上記EG法や上記IG法と異なり、ゲッタリングシンクを供給しない。なお、CG法は、EG法やIG法と比べれば使用頻度が少ない。

10

【0009】

上記ゲッタリング技術を用いることでデバイス特性が向上することは多くが認めることであって、量産技術として適しているEG法が積極的に取り入れられるとともに、より優れたゲッタリング手法の開発やより簡便な方法が検討されてきた。さらにIG効果が見出され、学問的にもゲッタリング技術への関心が高まり、ゲッタリング現象のモデルも提唱されたが、工業的な応用が先行していた。重金属元素からなる不純物のシリコン結晶中の個飽和度、拡散係数、固溶度、偏析係数等の物理定数及び化学定数を考慮したゲッタリングのメカニズムが明らかにされたのはごく最近のことである。

20

【0010】

ところで、近年、絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜(厚さ数~数百nm程度)を用いて薄膜トランジスタ(TFT)を構成する技術が注目されている。薄膜トランジスタはICや電気光学装置のような電子デバイスに広く応用され、特に画像表示装置のスイッチング素子として開発が急がれている。

【0011】

また、従来では非晶質珪素膜(アモルファスシリコン膜)を用いてTFTが形成されてきたが、より高性能を求めるために結晶質珪素膜(多結晶シリコン膜、若しくはポリシリコン膜ともいう)を利用してTFTを作製することが試みられている。

30

【0012】

この結晶質珪素膜をガラス基板上に得る一つの技術として特開平8-78329号公報記載の技術が開示されている。同公報記載の技術は、非晶質珪素膜に対して結晶化を助長する金属元素を選択的に添加し、加熱処理を行うことで添加領域を起点として広がる結晶質珪素膜を形成するものである。

【0013】

この技術は、非晶質珪素膜に対して結晶化を助長する金属元素(Ni等)を選択的に添加し加熱処理を行うことで添加領域を起点として広がる結晶質珪素膜を形成するものである。また、この技術は、金属元素を用いないで結晶化を行う場合と比べて金属元素の作用により非晶質珪素膜の結晶化温度を50~100程度下げることが可能であり、結晶化に要する時間も金属元素を用いないで結晶化を行う場合と比べ1/5~1/10に低減することができる。

40

【0014】

しかしながら、この技術は結晶化プロセスの低温化及び時間短縮に優れた利点がある一方で、結晶化に用いた金属元素(Ni等)が珪素膜中に深い準位を形成してキャリアを捕獲するため、TFTの電気特性や信頼性に悪影響を及ぼすことが懸念されている。従って、珪素の結晶化後に、上記半導体基板を用いた半導体装置の作製方法と同様にゲッタリングを行ない金属元素を速やかに除去するか、電気特性に影響しない程度にまで低減することが望ましい。

【0015】

50

そこで、金属元素（Ni）のゲッタリング方法の一つとして、絶縁表面上に形成された非晶質珪素膜に金属元素を添加した後、熱処理を行なって形成された結晶質珪素膜中の一部に燐（P）を添加し、熱処理を行うことでTFTの活性層とする領域からNiをゲッタリングするプロセスが考え出された。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記ゲッタリングプロセスにおいては 2×10^{15} (atoms/cm³) のドーピング量で燐を非晶質珪素膜にドープしているため、クリンルーム内においてケミカル汚染という新たな問題を引き起こしている可能性が極めて高い。また、燐がドーピングされた基板を炉に投入することで生じる炉の燐汚染も問題になっている。実際には、クリンルーム中ではドーピング装置付近のみならず、他の場所でもかなりの高濃度の燐が検出された。この燐は、TFTのしきい値制御を困難なものとしている主な原因の一つと考えられている。10

【0017】

上記諸問題を解決すべく、各種多方面から数多くの実験、検討を重ねたところ、結晶質珪素膜に残存している金属元素を、極めて有効に除去または低減させることができることを見い出し、本発明に至ったものである。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明（1）は、引張応力が所定の値以上である物質を基板上の半導体に接して形成することにより、前記半導体中の不純物元素を前記物質中にゲッタリングさせることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。なお、前記物質の引張応力が、 8×10^9 dynes/cm² (8×10^8 N/m²) 以上、好ましくは 9.5×10^9 dynes/cm² (9.5×10^8 N/m²) 以上であれば、半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。20

【0019】

また、前記物質は、LPCVD法により500～900の温度範囲内、0.1～3 Torrの圧力範囲内、または塩素を含むガスを原料ガスとして形成することで半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。

【0020】

また、前記物質は、LPCVD法で形成された窒化珪素膜であった場合に特にゲッタリング効果を有している。加えて、前記窒化珪素膜におけるN/Siの組成比は、1.2～1.4であることが望ましい。30

【0021】

本発明（2）は、LPCVD法により500～900の温度範囲内で形成された物質を基板上の半導体に接して形成することにより、前記半導体中の不純物元素を前記物質中にゲッタリングさせることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによって、半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。

【0022】

本発明（3）は、LPCVD法により0.1～3 Torrの圧力範囲内で形成された物質を基板上の半導体に接して形成することにより、前記半導体中の不純物元素を前記物質中にゲッタリングさせることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによって、半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。40

【0023】

本発明（4）は、LPCVD法により塩素を含むガスを原料ガスとして形成された物質を基板上の半導体に接して形成することにより、前記半導体中の不純物元素を前記物質中にゲッタリングさせることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによって、半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。

【0024】

本発明（5）は、N/Siの組成比が1.2～1.4である窒化珪素膜を基板上の半導体50

に接して形成し、前記半導体中の不純物元素を前記窒化珪素膜中にゲッタリングすることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによって、半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。

【0025】

本発明(6)は、LPCVD法で形成された窒化珪素膜を基板上の半導体に接して形成することにより、前記半導体中の不純物元素を前記窒化珪素膜中にゲッタリングさせることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによって、半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。

【0026】

また、前記窒化珪素膜は、LPCVD法により500～900の温度範囲内、0.1～3Torrの圧力範囲内、または塩素を含むガスを原料ガスとして形成することで半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。10

【0027】

また、前記窒化珪素膜におけるN/Siの組成比が1.2～1.4である場合、特にゲッタリング効果を有している。

【0028】

なお、上記半導体中の不純物元素とは、主に金属元素を指しており、ニッケル、鉄、コバルト、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、オスニウム、イリジウム、白金、銅、金から選ばれた元素である。

【0029】

また、前記半導体とは、基板等に形成された非単結晶半導体膜であり、特に結晶質珪素膜である場合に本発明は有効である。20

【0030】

なお、上記塩素を含むガスとは、SiCl₄、SiH₂Cl₂、SiCl₃、Si₂Cl₆のいずれか一を含む混合ガスを指している。

【0031】

本発明(7)は、基板上の半導体に接して物質を形成した後、前記物質の引張応力を8×10⁹dynes/cm²以上とする加熱処理を行うと同時に、前記半導体中の不純物元素を前記物質中にゲッタリングすることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。

【0032】

また、前記加熱処理は、500～1100の温度、0.1～10Torrの圧力下、または不活性ガスの雰囲気下で形成することで半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。また、不活性ガスとして窒素を用いた場合に特に有効であった。

【0033】

また、前記物質は、プラズマCVD法あるいはスパッタ法で形成された窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜、またはこれらの積層膜であった場合に特にゲッタリング効果を有している。

【0034】

また、窒化珪素膜において前記加熱処理前のN/Siの組成比が0.8～1.4であることを特徴としている。40

【0035】

また、窒化珪素膜において前記加熱処理後のN/Siの組成比が1.2～1.4であることを特徴としている。

【0036】

本発明(8)は、物質を基板上の半導体に接して形成した後、前記物質のN/Siの組成比が1.2～1.4となる加熱処理を行うと同時に、前記半導体中の不純物元素を前記物質中にゲッタリングすることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによって、半導体中の不純物元素を極めて有効に除去または低減させることができる。なお、前記物質は、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜、またはこれらの積層膜である。

【0037】

20

30

40

50

本発明(9)は、非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を意図的に導入し、第1の加熱処理により前記非晶質半導体膜を結晶化させて結晶質半導体膜を得た後、前記結晶質半導体膜に接して窒化珪素膜を形成すると同時に、前記窒化珪素膜に前記金属元素をゲッタリングさせることにより、前記結晶質半導体膜中の金属元素を除去または低減させることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによって、半導体膜中の金属元素を極めて有効に除去または低減させることができる。

【0038】

本発明(10)は、非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を選択的に導入し、第1の加熱処理により前記非晶質半導体膜を結晶化させて結晶質半導体膜を得た後、前記結晶質半導体膜に接して窒化珪素膜を形成すると同時に、前記窒化珪素膜に前記金属元素をゲッタリングさせることにより、前記結晶質半導体膜中の金属元素を除去または低減させることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによって、半導体膜中の金属元素を極めて有効に除去または低減させることができる。10

【0039】

また、本発明(9)または本発明(10)において、前記窒化珪素膜はLPCVD法により成膜されることを特徴としている。

【0040】

また、本発明(9)または本発明(10)において、前記窒化珪素膜の成膜後、前記窒化珪素膜を除去することで半導体膜中の金属元素を極めて有効に除去または低減させることができ20る。

【0041】

本発明(11)は、非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を意図的に導入し、第1の加熱処理により前記非晶質半導体膜を結晶化させて結晶質半導体膜を得た後、前記結晶質半導体膜に接して窒化珪素膜を形成し、第2の加熱処理を行ない、前記窒化珪素膜に前記金属元素をゲッタリングさせることにより、前記結晶質半導体膜中の金属元素を除去または低減させることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによ20って、半導体膜中の金属元素を極めて有効に除去または低減させることができる。

【0042】

本発明(12)は、非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を選択的に導入し、第1の加熱処理により前記非晶質半導体膜を結晶化させて結晶質半導体膜を得た後、前記結晶質半導体膜に接して窒化珪素膜を形成し、第2の加熱処理を行ない、前記窒化珪素膜に前記金属元素をゲッタリングさせることにより、前記結晶質半導体膜中の金属元素を除去または低減させることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによ30って、半導体膜中の金属元素を極めて有効に除去または低減させることができる。

【0043】

本発明(13)は、非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を意図的に導入し、第1の加熱処理により前記非晶質半導体膜を結晶化させて結晶質半導体膜を得た後、前記結晶質半導体膜に接して開口部を有する酸化珪素膜を形成し、前記開口部に接する窒化珪素膜を形成し、第2の加熱処理を行ない、前記窒化珪素膜に前記金属元素をゲッタリングさせることにより、前記結晶質半導体膜中の金属元素を除去または低減させ、前記酸化珪素膜をマスクとして結晶質半導体膜をパターニングすることを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。このことによ40って、半導体膜中の金属元素を極めて有効に除去または低減させることができる。

【0044】

本発明(14)は、非晶質半導体膜に接して開口部を有する酸化珪素膜を形成し、前記酸化珪素膜をマスクとして非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を選択的に導入し、第1の加熱処理により前記非晶質半導体膜を結晶化させて結晶質半導体膜を得た後、前記開口部に接する窒化珪素膜を形成し、第2の加熱処理を行ない、前記窒化珪素膜に前記金属元素をゲッタリングさせることにより、前記結晶質半導体膜中の金属元素を除去または低減させ、前記酸化珪素膜をマスクとして結晶質半導体膜をパターニングすること50

を特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0045】

また、本発明(11)乃至(14)のいずれか一において、前記第2の加熱処理を行った後、前記窒化珪素膜を除去することが好ましい。

【0046】

また、本発明(11)乃至(14)のいずれか一の本発明において、前記第2の加熱処理は、前記窒化珪素膜の引張応力を $8 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2$ ($8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$)以上、好ましくは $9.5 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2$ ($9.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$)以上にすることが重要である。

【0047】

なお、本明細書中で「プラズマCVD法」とは、化学的気相成長法において、ある低圧下に保持されたガスに高電界を印加することにより発生したプラズマを利用し、気相中から化学反応によって固体物質を堆積する方法である。

【0048】

また、「LPCVD法」とは、化学的気相成長法において、反応容器内部のガスの圧力を大気圧より下げて行う方法であり、ガスの圧力を下げることで被覆性の良い膜を均一に形成できるものである。

【0049】

また、上記各本発明の作製方法によって得られた結晶質半導体膜も本発明であり、上記各本発明の作製方法によって得られた結晶質半導体膜を用いた半導体装置も本発明であることは言うまでもない。

【0050】

ところで、CVD法(化学的気相成長法)やスパッタ法などの公知の成膜技術で作成される薄膜は、内部応力があることが知られている。内部応力には真性応力と、薄膜と基板との熱膨張係数の差に起因する熱応力とが含まれている。

【0051】

熱応力は、基板の材質やプロセス温度を考慮することにより、その影響を無視することができるが、真性応力の発生メカニズムは必ずしも明確にはされておらず、むしろ膜の成長過程やその後の熱処理などによる相変化や組成変化が複雑に絡みあって発生しているものと考えられていた。

【0052】

一般的に内部応力は、引張応力と圧縮応力とがある。図18(A)に示すように、基板402に対して薄膜401が収縮しようとするときには、基板402はそれを妨げる方向に引っ張るため薄膜を内側にして変形し、これを引張応力と呼んでいる。一方、図18(B)に示すように、薄膜401が伸張しようとするときには、基板402は押し縮められ薄膜401を外側にして形成するので、これを圧縮応力と呼んでいる。

【0053】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態について、以下に説明する。

【0054】

本発明は、基板上の半導体中に含まれる不純物元素(金属元素等)を $8 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2$ ($8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$)以上、好ましくは $9.5 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2$ ($9.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$)以上の引張応力を有する物質(SiNやSi₂N₃などで代表されるSi_xN_y膜、Si_xN_yO_z膜)にゲッタリングさせて、不純物元素が膜中から除去または低減された半導体を得る方法を提供する。

【0055】

また、従来のEG法の一つとして、ウェーハ裏面にSi₃N₄膜を形成してゲッタリングを行う方法が知られているが、本発明は、基板上の半導体と接した物質(ただし、所定の値以上の引張応力を有する物質)に不純物元素をゲッタリングさせる点で大きく異なっている。特に、珪素の結晶化を助長する金属元素を用いて結晶性を向上させた結晶質珪素膜か

10

20

30

40

50

ら金属元素をゲッタリングする場合において有効な技術である。

【0056】

なお、高い引張応力を有するLPCVD法で成膜した窒化珪素膜(9.5×10^9 dyne/cm² (9.5×10^8 N/m²))、またはプラズマCVD法で成膜した窒化珪素膜を熱処理(600 ~ 900、1時間 ~ 12時間)することにより引張応力を増加させた窒化珪素膜(1×10^{10} dyne/cm² (1×10^9 N/m²))を積層形成して半導体膜(結晶質珪素膜)中の不純物元素(ここではニッケル)の捕獲能力を調べたところ、ゲッタリング効果があることが実験結果から分かったため今回の発明が生まれた。図1(a)は、本発明によって得られたゲッタリング効果を示す顕微鏡写真(光学顕微鏡、倍率50倍の拡大写真)である。

10

【0057】

本発明によるゲッタリング効果の有無を調べた実験について以下に示す。

【0058】

まず、石英基板201上に非晶質珪素膜を成膜した後、非晶質珪素膜全面に珪素の結晶化を助長する金属元素(ここではニッケル)を導入し、第1の加熱処理(400 ~ 1050、1 ~ 24時間)により結晶化させた。この状態においては、結晶質珪素膜202中にNiSi_x203がニッケルと珪素との反応形成物として多量に含まれている。(図2(A))

【0059】

次いで、結晶化により得られた結晶質珪素膜上に石英のブロック(2 ~ 3 cm × 2 ~ 3 cm)204を数個置いた。(図2(B))

20

【0060】

次いで、石英ブロック204を置いた状態でプラズマCVD法(条件1 ~ 9)またはLPCVD法(条件10、11)により窒化珪素膜205を成膜し、窒化珪素膜と接しない半導体領域を意図的に形成した。次いで、石英ブロック204を取り除いた。このように、石英ブロックを用いることで窒化珪素膜と接する半導体領域と窒化珪素膜と接しない半導体領域とを形成する。(図2(C))

【0061】

次いで、窒化珪素膜と接している半導体領域と窒化珪素膜と接しない半導体領域とが混在して形成された基板を第2の加熱処理(条件2、3、5、6、8、9、11)した。この第2の加熱処理により窒化珪素膜の応力を増加させた。また、この第2の加熱処理を加えない条件(条件1、5、7、10)でも実験を行った。(図2(D))

30

【0062】

次いで、ゲッタリング効果の有無を調べるためにNiSi_xの除去を行った。具体的には基板をFPM溶液に30分間浸漬させた後、フッ化水素アンモニウム(NH₄HF₂)を7.13%とフッ化アンモニウム(NH₄F)を15.4%含む混合溶液(ステラケミファ社製、商品名LAL500)に浸漬させた後、流水洗浄した。(図2(E))なお、LAL500は、窒化珪素膜も同時にほとんど除去してしまうが、窒化珪素膜と接していた半導体領域には跡(ひび割れのような模様)が残る。LAL500によるエッチングの前に加熱した磷酸(モル濃度85%以上、和光純薬工業製)等で窒化珪素膜を除去してもよいが、ここでは窒化珪素膜と接していた半導体領域の位置を明確にするために意図的に用いた。

40

【0063】

この後、光学顕微鏡にて基板を観察した。Niがゲッタリングされていない領域では、FPM溶液及びLAL500によりNiSi_x203が除去され、その際に形成される穴(直径0.7 ~ 1 μm程度)が観察できる。

【0064】

上記実験方法で成膜方法(プラズマCVD法またはLPCVD法)や第2の加熱処理条件を変え、光学顕微鏡で観察した実験結果を表1に示した。

【0065】

50

【表1】

条件		膜厚(nm)	熱処理条件	ゲッタリング効果
1	PCVD法による窒化珪素膜	150	なし	無
2	PCVD法による窒化珪素膜	150	600°C, N ₂ , 12hr	有
3	PCVD法による窒化珪素膜	150	950°C, N ₂ , 2hr	有
4	PCVD法による窒化珪素膜	330	なし	無
5	PCVD法による窒化珪素膜	330	600°C, N ₂ , 12hr	有
6	PCVD法による窒化珪素膜	330	950°C, N ₂ , 2hr	有
7	PCVD法による窒化珪素膜	470	なし	無
8	PCVD法による窒化珪素膜	470	600°C, N ₂ , 12hr	有
9	PCVD法による窒化珪素膜	470	950°C, N ₂ , 2hr	有
10	LPCVD法による窒化珪素膜	300	なし	有
11	LPCVD法による窒化珪素膜	300	950°C, N ₂ , 2hr	有

10

【0066】

図1(a)に示した写真は条件3のものである。また、図1(a)は図2(E)を上面から観察した写真図であり、図1(b)は図1(a)の模式図である。

また、図4は、拡大写真図である。

【0067】

また、窒化珪素膜と接していた半導体領域には跡(ひび割れのような模様)が残らないように、LAL500によるエッチングの前に加熱した磷酸等で窒化珪素膜を除去した場合の写真を図14に示す。

20

【0068】

図1(a)、図1(b)、及び図4から明らかな通り、窒化珪素膜と接していた半導体領域101にはNiSi_xの穴がほとんどない。これらのことから窒化珪素膜と接していた半導体領域101では、Niが窒化珪素膜の引張応力で基板面に垂直な方向に吸い出された、即ち縦方向にゲッタリングされた効果が確認できた。

【0069】

一方、石英ブロックがあったため窒化珪素膜と接していない半導体領域102にはNiSi_xの穴が多数見られる。ただし、窒化珪素膜と接していない半導体領域102においても、窒化珪素膜と接していた半導体領域101との境界部(境界から幅200μm程度の領域)103では、窒化珪素膜と接していた半導体領域101と同様に穴の数が少ない。これらのことから境界部103においてはNiが窒化珪素膜の引張応力で基板面と平行な方向に吸い出された、即ち横方向にゲッタリングされた効果が確認できた。

30

【0070】

従って、最終的にNiSi_xがゲッタリングされた領域104は、窒化珪素膜と接していた半導体領域101と境界部103とを合わせた領域である。

【0071】

また、第2の加熱処理を行ったプラズマCVD法によるサンプル(条件2、5、6、8、9)においては、図1に示した状態と同様な状態を観察することができた。

【0072】

また、600の第2の加熱処理を行ったプラズマCVD法によるサンプル(条件2、5、8)においては、窒化珪素膜と接していた半導体領域101と窒化珪素膜と接していない半導体領域領域102との境界に向かう方向にNiSi_xの穴が集中していた。これは全体的に分散していたNiが窒化珪素膜に近い方に引っ張られる効果であると考えられる。

40

【0073】

対して、950の第2の加熱処理を行ったサンプル(条件3、6、9)は、600の第2の加熱処理を行ったサンプル(条件2、5、8)より更に窒化珪素膜に近いところに局所的にNiSi_xの穴が集まる傾向が見られた。また、穴が集まっている外側でNiSi_xの穴がない部分の境界は、600のサンプルと比較して950のサンプルの方が

50

はっきり見えた。この結果から第2の加熱処理温度が高いほどNiをゲッタリングする効果が大きいと考えられる。この現象は窒化珪素膜の引張応力が温度上昇に伴い増加するためであると考えられる。

【0074】

一方、熱処理を行っていないプラズマCVD法による窒化珪素膜（条件1、5、7）においてはNiSi_xの穴の分布がほぼ均一であることからNiはゲッタリングされていないと考えられる。

【0075】

これらの結果より、プラズマCVD法による窒化珪素膜（150nm～470nmの膜厚範囲）の引張応力を増加させる第2の加熱処理は、金属元素を除去または低減できる効果（ゲッタリング効果）を有していることを確認できた。10

【0076】

なお、上記実験で用いたプラズマCVD法（PCVD装置）による窒化珪素膜は、325の成膜温度、0.7Torrの成膜圧力、50nm/minの成膜速度で、SiH₄/NH₃/N₂=5sccm/38sccm/87sccmの成膜ガス（流量）を用い成膜したものである。また、成膜後の面内均一性は±2%である。

【0077】

また、プラズマCVD法による窒化珪素（膜厚200nm）の成膜直後における引張応力は、 5×10^9 dynes/cm² (5×10^8 N/m²)であった。また、600での第2の加熱処理後の引張応力は、 1.05×10^{10} dynes/cm² (1.05×10^9 N/m²)であり、950での第2の加熱処理後の引張応力は、 1.56×10^{10} dynes/cm² (1.56×10^9 N/m²)以上であった。20

【0078】

図3に第2の加熱処理温度と引張応力の関係を示す。

【0079】

また、LPCVD法による窒化珪素膜においては、熱処理を行わなかった条件10及び熱処理を行った条件11のどちらにおいても上記条件（2、3、5、6、8、9）と同様の結果が得られた。これは、LPCVD法による窒化珪素膜が高温（775）で成膜されることと、成膜直後の引張応力が 8×10^9 (dynes/cm²)以上であることが原因と考えられる。30

【0080】

なお、上記実験で用いたLPCVD（LPCVD装置）による窒化珪素膜は、775の成膜温度、0.3Torrの成膜圧力、4nm/minの成膜速度で、NH₃/SiH₂Cl₂=240sccm/80sccmの成膜ガスを用い成膜したものである。また、成膜後の面内均一性は±1.5%である。また、窒化珪素膜（膜厚200nm）の成膜直後における引張応力は、 9.57×10^9 dynes/cm² (9.57×10^8 N/m²)であった。

【0081】

これらの結果より、LPCVD法による窒化珪素膜を成膜する工程は、金属元素を除去または低減できる効果（ゲッタリング効果）を有していることを確認できた。40

【0082】

また、プラズマCVD法あるいはLPCVD法による窒化珪素膜を利用してゲッタリング効果を得るために、窒化珪素膜の引張応力を 8×10^9 (dynes/cm²)以上、好ましくは 9.5×10^9 (dynes/cm²)以上とし、窒化珪素膜の膜厚を100nm以上、好ましくは150nm以上とすることが重要である。また、窒化珪素膜の膜厚が増加するに従いゲッタリング能力の向上が確認された。これは表面微小欠陥が低減されたためであると言える。

【0083】

以下に、本発明における様々なゲッタリング機構についての考察を述べる。

【0084】

半導体と接する物質の引張応力値が $8 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2$ ($8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$)²)、好ましくは $9.5 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2$ ($9.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$) を越えると、ゲッタリングシンクが供給される。この引張応力によるゲッタリングシンクは、転位と積層欠陥である。これは、引張応力を利用したゲッタリング機構である。

【0085】

また、窒化珪素膜で供給されるゲッタリングシンクは、基本的に転位と積層欠陥である。さらに窒化珪素膜そのものが金属元素を捕獲するシンクになる。プラズマCVD法及びLPCVD法による窒化珪素膜は、完全な化学量論的 Si_3N_4 になっておらず、 Si 原子が不足している。例えば、本発明の窒化珪素膜における N/Si の組成比は $0.8 \sim 1.4$ 、好ましくは $1.2 \sim 1.4$ である。そのために、過剰な格子間シリコン原子が化学量論 Si_3N_4 を形成するので $\text{Si/Si}_3\text{N}_4$ 膜界面に向かって拡散する。つまり、結果的に表面微小積層欠陥の源となる I_{Si} 密度（格子間 Si 密度）を低下させることになる。これは、窒化珪素膜における N/Si の組成比を利用したゲッタリング機構である。10

【0086】

また、この窒化珪素膜における N/Si の組成比を利用したゲッタリングの効果は窒化珪素膜の膜厚に依存する。それは、膜厚増加に伴い 250 nm 以上で表面微小欠陥が低下するためと考えられる。

【0087】

なお、引張応力によるゲッタリング機構に加え、窒化珪素膜の組成比を利用したゲッタリング機構を用いると相乗効果が得られ、有効である。20

【0088】

上記ゲッタリング機構は偏析誘起ゲッタリング(Segregation induced Getting)でゲッタリングサイトとなる窒化珪素膜と金属元素の結合エネルギー - と熱エネルギー - の相対的な大きさが重要である。ゲッタリングサイトで両者が結合して金属元素の偏析が進行する。

【0089】

また、LPCVD法を用いた窒化珪素膜については、原料ガスとして NH_3 と SiH_2Cl_2 との混合ガスを用いている。混合ガスに含まれる塩素は、窒化種の拡散と界面（窒化珪素膜 / 半導体膜）での窒化反応を促進する役目を果たしている。加えて、成膜初期段階においては原料ガスに含まれる塩素による化学ゲッタリングで金属元素と結合しガス化されることによって金属元素が低減される。成膜初期段階後では、膜厚の増加に伴い塩素によるゲッタリング機構が変化して、上記引張応力または窒化珪素膜の組成比によるゲッタリング機構が支配的になる。30

【0090】

上記実験及び考察に基づく本発明の典型的な一形態を示す。

【0091】

実施の形態1においては、まず、予め基板上に形成した非晶質半導体膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を導入し、該金属元素を利用して結晶質半導体膜を形成する。次いで、この結晶質半導体膜全面もしくは一部に接して引張応力を有する物質を形成し、加熱処理を施すことによって引張応力を有する物質の応力値を増大させることにより、該引張応力を有する物質へ金属元素を移行ないしゲッタリングさせ、該結晶質半導体膜中における金属元素の濃度を低下または除去する。40

【0092】

また、他の形態（実施の形態2）においては、まず、予め基板上に形成した非晶質半導体膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を導入し、該金属元素を利用して結晶質半導体膜を形成する。次いで、この結晶質半導体膜全面もしくは一部に接する高い引張応力を有する物質（代表的にはLPCVD法による窒化珪素膜）を形成することにより、該引張応力を有する物質へ金属元素を移行ないしゲッタリングさせ、該結晶質珪素膜中における金属元素の濃度を低下または除去する。

【0093】

上記実施の形態1及び2における非晶質半導体膜の形成は、プラズマCVD法、LPCV50

D法、スパッタ法、その他適宜の手法により行うことができる。該非晶質半導体膜は適宜の絶縁性表面を有する面上に形成される。基板としては特に限定されることはなく、ガラス基板や石英基板のほか、セラミックス基板その他の基板が使用される。

【0094】

また、上記実施の形態1及び2において、珪素の結晶化を助長する金属元素としては、ニッケル以外に、鉄、コバルト、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、オスニウム、イリジウム、白金、銅、金から選ばれた一種または複数種の元素を用いることができる。加えて、非晶質半導体膜への金属元素の導入方法は、金属元素を非晶質半導体膜に表面または内部に存在させ得る手法であれば、特に限定ではなく、例えばスパッタ法、CVD法、プラズマCVD法、吸着法、金属塩の溶液を塗布する方法を使用することができる。

10

【0095】

また、上記実施の形態1及び2において、基板上に非晶質半導体膜を成膜した後、非晶質半導体膜の全面または一部に珪素の結晶化を助長する金属元素（ここではニッケル）を導入し、加熱処理により結晶化させる。なお、この加熱処理を本明細書中では「第1の加熱処理」と呼ぶ。また、加熱処理に代えて、レーザー光または紫外線、赤外線等の強光の照射によって行ってもよく、あるいは加熱処理後にレーザー光または紫外線、赤外線等の強光の照射を行ってもよい。非晶質半導体膜の全面に珪素の結晶化を助長する金属元素を導入する場合の利点は、工程数が少ない点である。また、非晶質半導体膜上にマスク等を形成し、珪素の結晶化を助長する金属元素を一部に導入する場合の利点は、導入する金属元素の量を結晶化に必要最低限な量にすることができる点である。加えて、金属元素を一部に導入するためのマスクを後の工程、例えば結晶質半導体膜のパターニングに使用するマスクとして工程数を低減してもよい。

20

【0096】

上記結晶化は、水素や酸素を含む雰囲気でも進行するが、窒素やアルゴン等の不活性雰囲気で行なうことが好ましい。また、結晶化として第1の加熱処理を用いる場合、その加熱温度は、400～1050の範囲で行なうことができる。ただし、400では結晶化速度が遅く、長時間を要するため550以上が好ましい。なお、ガラス基板を用いる場合は、歪点との関係で600～650が限度であり、石英基板を用いる場合は980～1050が限度である。

30

【0097】

また、上記実施の形態1及び実施の形態2において、引張応力を有する物質としては、 SiN 、 Si_2N_3 、 Si_3N_4 などで代表される Si_xN_y 膜、 $\text{Si}_x\text{N}_y\text{O}_z$ 膜（ただしX、Y、Z、具体的には膜中のSiの濃度に対するNの濃度比が0.3～1.6、Siの濃度に対するOの濃度比が0.1～0.8）等を用いることができるが、結晶質半導体膜とのエッチング比や結晶質半導体膜への不純物元素拡散の影響の観点から窒化珪素膜（ Si_xN_y 膜）を用いることが最も好ましい。

【0098】

また、上記実施の形態1において、得られた結晶質半導体膜上に接する膜（引張応力を有する物質）を形成した後、加熱処理するが、この時、応力の作用により膜中に金属元素がゲッタリングされる。なお、この加熱処理を本明細書中では「第2の加熱処理」と呼ぶ。この第2の加熱処理によって引張応力を有する物質の引張応力を増大させ、 $8 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2 (8 \times 10^8 \text{ N/m}^2)$ 以上、好ましくは $9.5 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2 (9.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2)$ 以上とする。この第2の加熱処理の加熱温度が結晶化で適用した温度（第1の加熱処理の温度）より高い温度である場合、結晶質半導体膜の結晶性の改善が行われるため好ましい。

40

【0099】

また、上記実施の形態2においては、得られた結晶質半導体膜上に接する膜（引張応力を有する物質）を形成するのみで膜中に金属元素をゲッタリングできる。これは、引張応力を有する物質の応力値（ $8 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2 (8 \times 10^8 \text{ N/m}^2)$ 以上、好ましくは $9.5 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2 (9.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2)$ 以上）及び成

50

膜温度が高く、膜の形成と同時に膜中に金属元素がゲッタリングされるためと考えられる。なお、引張応力を有する物質の成膜温度は、600 結晶化で適用した温度（第1の加熱処理の温度）より高い温度であることが望ましい。

【0100】

得られた結晶質半導体膜の全面に接して引張応力を有する物質を形成してもよいし、選択的に結晶質半導体膜の一部と接して形成してもよい。選択的に一部と接して形成する手段としては、石英ブロックを用いてもよいし、結晶質半導体膜上に SiO₂膜（酸化珪素膜）を形成後、SiO₂膜にパターニングを施してマスクを形成することによって引張応力を有する物質が成膜されない領域を意図的に形成してもよい。選択的に一部と接して形成する場合、工程数は全面と接して形成する場合と比べて増加するものの、後で TFT のチャネル形成領域となる領域をマスクによって保護することができるため有効である。また、引張応力を有する物質を選択的に一部と接して形成するためのマスクを後の工程、例えば結晶質半導体膜のパターニングに使用するマスクとして工程数を低減してもよい。また、金属元素を一部に導入する場合に用いたマスクをそのまま引張応力を有する物質を選択的に一部と接して形成するためのマスクとして使用してもよい。また、結晶質半導体膜をパターニングした後、全面または一部と接して引張応力を有する物質を形成してもよい。

10

【0101】

また、金属元素を膜中にゲッタリングした膜は、膜中に多量の金属元素を含んでいるため、引張応力を有する物質を除去することが望ましい。引張応力を有する物質を除去する工程の際、後で TFT のチャネル形成領域となる領域の表面が汚染される恐れがあるため、その領域を酸化珪素膜からなるマスクで保護した後、引張応力を有する物質を形成することが好ましく、さらにはゲート絶縁膜の一部として用いてもよい。

20

【0102】

また、上記本願のゲッタリング方法と公知のゲッタリング方法、例えば、ハロゲン元素を含む酸化性雰囲気下での熱酸化を利用したゲッタリング方法（特開平9-312260号公報）や、ドーピングした燐によるゲッタリング方法（特開平10-247735号公報、特開平10-270363号公報）とを適宜組み合わせ、さらなる金属元素の低減を図つてもよい。

【0103】

また、上記実施の形態1及び実施の形態2における非晶質半導体膜としては、非晶質半導体膜、微結晶半導体膜があり、さらに非晶質シリコンゲルマニウム膜などの非晶質構造を含む化合物半導体膜を用いることが可能である。

30

【0104】

また、上記実施の形態1及び実施の形態2においては、基板上に結晶質半導体膜を用いたトップゲート型TFTに適用した例を示したが、特にTFT構造に限定されず、例えばボトムゲート型TFTに適用することも可能である。

【0105】

以上の構成でなる本発明について、以下に示す実施例でもって、さらに詳細な説明を行うこととする。

【0106】

40

【実施例】

【実施例1】

本発明を利用して島状にパターニングされた結晶質珪素膜を作製する工程について説明する。なお、珪素の結晶化を助長する金属元素としてはニッケルを用いた。以下に図5及び図6を用いて本実施例を示す。

【0107】

まず、石英基板501上に、LPCVD法を用いて非晶質珪素膜502を53nmの厚さに形成した。また、非晶質半導体膜であれば非晶質珪素膜に限定されず、例えば微結晶半導体膜、非晶質シリコンゲルマニウム膜などの非晶質構造を含む化合物半導体膜を用いてもよい。

50

【0108】

LPCVD法を用いるのは、膜質が緻密であり、後の結晶化後に得られる結晶質珪素膜の膜質が優れたものとなるからである。なお、LPCVD装置で成膜すると、基板501の両面に非晶質珪素膜502が成膜された。また、LPCVD法以外の方法としてはプラズマCVD法やスパッタ法を用いることができる。

【0109】

また、基板として石英基板に代えてガラス基板を用いた場合には、非晶質珪素膜を成膜する前に予め珪素を含む絶縁膜、例えば酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜、窒化珪素膜等を成膜し、基板からの不純物をプロッキングする下地膜とすることが望ましい。

【0110】

次いで、ニッケル酢酸水溶液を塗布する前に、濡れ性を改善するために、非晶質珪素膜表面にオゾン水で薄い酸化膜を形成した。

【0111】

次いで、この非晶質珪素膜に対してニッケル酢酸塩の水溶液を用いてニッケル元素を導入した。ここでは、5 ppm（重量換算）のニッケルを含んだニッケル酢酸塩水溶液を滴下し、スピンドル法により薄いニッケル含有層503を形成した。（（図5（A））また、本実施例においては、図示しないスピンドルを用いて150 rpmの回転数でニッケル酢酸塩水溶液をスピンドルコートし、40秒間その回転数で保持した後、2000 rpmの回転数でニッケル酢酸塩水溶液の振り切り乾燥を行った。また、非晶質珪素膜に対してニッケル元素を導入する他の方法としてスパッタ法、CVD法、プラズマCVD法などがあるが、金属元素の濃度調整が比較的容易であるため最も好ましいのは溶液を用いる方法である。

【0112】

次いで、窒素雰囲気中で550～600の温度で15時間の第1の加熱処理を行い、非晶質珪素膜の結晶化を行い結晶質珪素膜504を得た。（（図5（B））非晶質珪素膜の全面にニッケル元素を導入して結晶化させたため、無数の点中心から放射状に結晶成長している。本実施例で用いた結晶化方法は、縦成長方法と呼ばれている。また、意図的に非晶質珪素膜の一部にニッケル元素を導入した後で結晶化を行う横成長方法（具体的には酸化珪素膜をマスク絶縁膜とし、パターニングして後に金属元素を添加する領域に開口部を設け金属元素溶液を添加した後、熱結晶化を行う方法）もあるが、縦成長方法と比べて工程が複雑となりマスク数が増えるため、縦成長方法のほうが好ましい。

【0113】

非晶質珪素膜の結晶化後、LPCVD法により基板の裏面側に形成された珪素膜505を除去した。本実施例では、基板の表面側に成膜された結晶質珪素膜504上にレジストを全面塗布し、基板の裏面側の非晶質珪素膜をドライエッティング装置（SF₆/He = 20/20、300W）で除去した。その後、表面側に形成したレジストの剥離を行った。

【0114】

次いで、結晶化した結晶質珪素膜504上にLPCVD法を用いて酸化珪素膜からなるマスク絶縁膜506を400で150nmの厚さに成膜した。（（図5（C））また、LPCVD法以外の方法としてはプラズマCVD法を用いることができる。

【0115】

次いで、マスク絶縁膜506上にレジストを全面塗布した後、パターニングを行い、レジストマスク507を形成した。（（図5（D））

【0116】

次いで、レジストマスク507を用いLAL500溶液を用いてマスクとなる酸化珪素膜の一部を除去した。酸化珪素膜からなるマスク508は開口部500が形成されており、開口部500が形成されている領域においては、結晶質珪素膜504が露呈している。なお、この開口部の形状および寸法は実施者が任意に決定すればよい。この際、基板の裏面側に形成されてしまった酸化珪素膜の除去もできた。その後、レジスト剥離液でレジストマスク507の剥離を行った。（（図5（E））

10

20

30

40

50

【0117】

このレジストマスクにより形成される酸化珪素膜からなるマスク508は、本発明のゲッタリングを行うため結晶質珪素膜504の一部を露呈させるマスクであると同時に、後に結晶化した珪素膜を島状化するためのマスクでもある。また、このマスク508は、後でTFTのチャネル形成領域となる結晶質珪素膜504を保護する効果を有している。このようにゲッタリングのためのパターニングマスクと結晶質珪素膜のパターニングマスクを同一化することで工程の簡略化とマスク数削減を行うことができる。

【0118】

次いで、TFTの活性層として利用する結晶質珪素膜504から金属元素（主にニッケル元素）を除去または低減させるため、LPCVD法により窒化珪素膜509を100nm以上、好ましくは150nm～400nmの厚さに形成する。本実施例では、結晶質珪素膜に開口部500で接する膜厚300nmの窒化珪素膜509を成膜した。（（図6（A）））

10

【0119】

LPCVD法により窒化珪素膜を成膜する場合の原料ガスは、

- (1) SiH₂Cl₂とNH₃との混合ガス（成膜温度700以上）
- (2) SiH₂Cl₂とNH₃とH₂との混合ガス（成膜温度700以上）
- (3) SiCl₄とNH₃とH₂との混合ガス（成膜温度900以上）
- (4) SiH₄とNH₃とH₂との混合ガス（成膜温度600以上）
- (5) SiH₄とNH₃との混合ガス（成膜温度600以上）
- (6) SiCl₃とNH₃とH₂との混合ガス
- (7) Si₂Cl₆とNH₃とH₂との混合ガス
- (8) Si(CH₃)₄とNH₃との混合ガス
- (9) SiCl₄とN₂H₄とH₂との混合ガス（成膜温度800以上）

20

が代表的なものとして挙げられ、このうち、いずれか一を用いればよい。

【0120】

本実施例では、775の成膜温度、0.3 Torrの成膜圧力、4nm/minの成膜速度で、NH₃/SiH₂Cl₂=240sccm/80sccmの成膜ガスを用い成膜した。また、成膜後の面内均一性は±1.5%であった。この時、窒化珪素膜509の成膜と同時に金属元素が図6（A）中の矢印で示した方向に移行し窒化珪素膜にゲッタリングされる。実施の形態で記述したようにLPCVD装置で成膜した窒化珪素膜509については成膜温度が約775と高いことと、引張応力が成膜直後の時点で 8×10^{-9} dynes/cm² (8×10^{-8} N/m²) を越えていることから加熱処理等の応力を増大させるための処理を行わずに結晶質珪素膜504から金属元素の除去ができる。このゲッタリング機構は大きく分類すると偏析誘起ゲッタリング（Segregation induced Gettering）に属する。

30

【0121】

次いで、金属元素がゲッタリングされ、高い濃度でニッケル元素を含む窒化珪素膜509を除去した。この窒化珪素膜509を除去する方法としては、特に限定はないが、本実施例ではエッチャントとして磷酸溶液（モル濃度85%以上、和光純薬工業製）を用い、磷酸溶液をホットプレート上で100～150に加熱し窒化珪素膜509の除去を行った。加熱した磷酸溶液に対して窒化珪素膜509と酸化絶縁膜508とは55/2の選択比があり、加熱した磷酸溶液に対して窒化珪素膜509と結晶質珪素膜504とは55/1の選択比があるため窒化珪素膜509のみを除去することが可能である。また、ドライエッチングにおいても同様に窒化珪素膜と酸化絶縁膜の選択比があり、窒化珪素膜と結晶質珪素膜の選択比もあるため、ドライエッチングを用いてもよい。（（図6（B）））

40

【0122】

次いで、酸化珪素膜からなるマスク508を用いてエッチングを行ない、島状の結晶質珪素膜510を得た。（図6（C））本実施例ではドライエッチング（反応ガス：CF₄/O₂=50/45、over 20秒）を用いた。

50

【0123】

次いで、L A L 5 0 0 溶液によって酸化珪素膜からなるマスク 5 0 8 を除去した。（図 6 (D)）

【0124】

以上のようにして珪素の結晶化を助長する金属元素を非晶質珪素膜に導入した後、結晶化させ、得られた結晶質珪素膜と選択的に接する窒化珪素膜を成膜することにより結晶質珪素膜中における金属元素のゲッタリングを行った。

【0125】**[実施例 2]**

本実施例は、実施例 1 とは異なる成膜方法による窒化珪素膜を用いてゲッタリングを行つた例を図 7 に示す。 10

【0126】

まず、実施例 1 に従い、図 5 (E) と同じ状態を得た。次いで、TFT の活性層として利用する結晶質珪素膜から金属元素を除去または低減するため、プラズマ CVD 法により窒化珪素膜 6 0 1 を 1 0 0 ~ 4 0 0 nm の厚さに形成する。本実施例では、膜厚 3 3 0 nm の窒化珪素膜を形成した。（（図 7 (A)）また、プラズマ CVD 法以外ではスパッタ法を用いることができ、窒化珪素膜以外としては窒素を多く含む Si_xN_yO_z 膜（ただし X Y、Z Y）を用いることもできる。

【0127】

プラズマ CVD 法により窒化珪素膜を成膜する場合においては、原料ガスとして、SiH₄ と NH₃ と N₂ の混合ガス、SiH₄ と N₂ の混合ガス、SiF₄ と N₂ の混合ガスのいずれかを用いればよい。また、プラズマ CVD 法により窒素を多く含む Si_xN_yO_z 膜（ただし X Y、Z Y）を成膜する場合には SiH₄ と NH₃ と N₂O の混合ガスを用いればよい。 20

【0128】

次いで、窒化珪素膜 6 0 1 の成膜後、第 2 の加熱処理を行う。このときの加熱処理は窒素雰囲気で 6 0 0 ~ 9 5 0 、1 ~ 1 2 時間行う。本実施例では 9 5 0 、2 時間の加熱処理を行つた。（（図 7 (B)）この加熱処理により 8×10^9 dynes/cm² (8×10^8 N/m²) 以上、好ましくは 9.5×10^9 dynes/cm² (9.5×10^8 N/m²) 以上に増大した引張応力を有する窒化珪素膜 6 0 2 とすることが重要である。 30

【0129】

第 2 の加熱処理を行うことによって、実施の形態で記述したように窒化珪素膜の引張応力を増大させ、窒化珪素膜 6 0 2 をゲッタリングサイトとして金属元素を図 7 (B) 中の矢印で示した方向に移行させ窒化珪素膜にゲッタリングさせることができた。このゲッタリング機構は分類すると偏析誘起ゲッタリング (Segregation induced Gettering) に属する。

【0130】

次いで、金属元素をゲッタリングした窒化珪素膜 6 0 2 を除去する。この窒化珪素膜を除去する方法としては、特に限定はないが、本実施例ではエッチャントとして磷酸溶液を用い、磷酸溶液をホットプレート上で 1 0 0 ~ 1 5 0 に加熱し窒化珪素膜の除去を行つた。加熱した磷酸溶液に対して窒化珪素膜と酸化絶縁膜とは 5 5 / 2 の選択比があり、加熱した磷酸溶液に対して窒化珪素膜と結晶質珪素膜とは 5 5 / 1 の選択比があるため窒化珪素膜のみを除去することが可能である。また、ドライエッチングにおいても同様に窒化珪素膜と酸化絶縁膜の選択比があり、窒化珪素膜と結晶質珪素膜の選択比もあるため、ドライエッチングを用いてもよい。（（図 7 (C)） 40

【0131】

次いで、酸化珪素膜からなるマスクを用いてエッチングを行ない、島状の結晶質珪素膜を得た。（図 7 (D)）本実施例ではドライエッチング（反応ガス：CF₄ / O₂ = 5 0 / 4 5、over 2 0 秒）を用いた。 50

【0132】

次いで、L A L 5 0 0 溶液によって酸化珪素膜からなるマスクを除去した。（図7（E））

【0133】

以上のようにして珪素の結晶化を助長する金属元素を非晶質珪素膜に導入した後、結晶化させ、得られた結晶質珪素膜と選択的に接する窒化珪素膜を成膜した後、第2の加熱処理をすることにより結晶質珪素膜中の金属元素のゲッタリングを行った。

【0134】**[実施例3]**

実施例1及び実施例2においては、結晶化方法として縦成長方法を用いた例を示したが、本実施例では横成長方法の例を図8に示す。

10

【0135】

実施例1と同様にして基板701上に非晶質珪素膜702を形成した。次いで、酸化珪素膜を成膜後、パターニングして開口部700を有するマスク703を形成した。次いで、開口部700、即ちニッケル元素を添加する領域にニッケル元素溶液を添加し、薄いニッケル含有層704を形成した。（図8（A））

【0136】

その後、熱結晶化を行い結晶質珪素膜705を得た。この結晶化により珪素の結晶が金属元素の添加領域から結晶格子が連続的に連なり、線状に、しかも基板面と平行、またはほぼ平行な方向に成長が行われる。（図8（B））

20

【0137】

次いで、実施例2に示したようにプラズマCVD法により窒化珪素膜706を形成した。窒化珪素膜706は、結晶質珪素膜に開口部700で接している。次いで、実施例2と同様に第2の加熱処理を施しゲッタリングを行なった。（図8（C））また、実施例1のようにLPCVD法により窒化珪素膜を形成しゲッタリングを行ってもよい。

【0138】

次いで、窒化珪素膜706の除去を行なった。次いで、ドライエッティングにより結晶質珪素膜のパターニングを行った。（図8（D））なお、本実施例では、金属元素を導入する際に使用したマスクを結晶質珪素膜のパターニングマスクとして用いマスク数の低減を図った。なお、窒化珪素膜の除去後、マスクを除去して再度、結晶質珪素膜のパターニングマスクを形成し、結晶質珪素膜のパターニングを行ってもよい。

30

【0139】

次いで、酸化珪素膜からなるマスク703を除去した。（図8（E））

【0140】

以上のように、金属元素を導入する際に使用したマスク703を選択的に窒化珪素膜を形成するためのマスクと兼用し、さらに結晶質珪素膜のパターニングするためのマスクと兼用することにより工程数及びマスク数の低減が可能となった。また、本実施例で示した横成長方法は、後でチャネル形成領域となる界面がマスク703により保護できるため好ましい。

40

【0141】**[実施例4]**

実施例1、実施例2、実施例3においては、酸化珪素膜からなるマスクを形成した後、結晶質珪素膜の一部に接する窒化珪素膜を成膜した例を示したが、本実施例では、マスクを使用せずに結晶質珪素膜の全面と接する窒化珪素膜を成膜あるいは成膜後に加熱処理する例を示す。

【0142】

実施例1においては、図5（B）の状態を得た直後に結晶質珪素膜の全面と接する窒化珪素膜をLPCVD法により成膜すればよい。

【0143】

また、実施例2においては、図5（B）の状態を得た直後に結晶質珪素膜の全面と接する

50

窒化珪素膜をプラズマCVD法により成膜した後に加熱処理すればよい。

【0144】

また、実施例3においては、結晶化後、金属元素を添加する際に使用したマスクを除去した後で結晶質珪素膜の全面と接する窒化珪素膜を、LPCVD法により成膜すればよく、またはプラズマCVD法により成膜した後に加熱処理すればよい。

【0145】

本実施例は、実施例1、実施例2、及び実施例3と比較した場合、結晶質珪素膜と接する面積が大きいため効率よくゲッタリングできる。

【0146】

[実施例5]

10

本実施例では、実施例1乃至4のいずれか一によって得られる島状の半導体層（ここでは結晶質珪素膜）をTFTの活性層として用いたアクティブマトリクス基板の作製例を図9～図11に示す。

【0147】

まず、実施例1乃至4のいずれか一に従って、島状の半導体層804～808を形成した。（図9(A)）なお、図9(A)は、図6(D)、図7(E)、図8(E)の島状の結晶質半導体膜に相当する。

【0148】

次いで、プラズマCVD法またはスパッタ法により50～100nmの厚さの酸化珪素膜によるマスク層894を形成した。この状態で島状半導体層に対し、TFTのしきい値電圧(V_{th})を制御する目的でp型を付与する不純物元素、ここではボロンを 1×10^{16} ～ 5×10^{17} atoms/cm³程度の濃度で島状半導体層の全面に添加した。本実施例ではマスク層形成後にボロンの添加を行ったが、特に工程順序は限定されず、例えば、島状半導体層を形成する前に行っても良い。

20

【0149】

半導体に対してp型を付与する不純物元素には、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)など周期律表第13族の元素が知られている。その方法として、イオン注入法やイオンドープ法を用いることができるが、大面積基板を処理するにはイオンドープ法が適している。イオンドープ法ではジボラン(B₂H₆)をソースガスとして用いボロン(B)を添加する。このような不純物元素の注入は必ずしも必要でなく省略しても差し支えないが、特にnチャネル型TFTのしきい値電圧を所定の範囲内に収めるために好適に用いる手法である。省略した場合、マスク層894の形成は必要でない。

30

【0150】

次いで、マスク層894をフッ酸などの溶液でエッチング除去した。

【0151】

次いで、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、膜厚を10～100nmとして珪素を含む絶縁膜でゲート絶縁膜809を形成する。本実施例では、後の工程で熱酸化工程を行うため30nmの厚さで酸化窒化珪素膜を形成した。また、後の工程で熱酸化工程を行わず、100～150nmの厚さでゲート絶縁膜809を形成してもよい。勿論、ゲート絶縁膜はこのような酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

40

【0152】

次いで、ハロゲン元素を含んだ酸化性雰囲気下で800～1150の温度、15分～8時間の熱酸化処理工程を行う。（図9(C)）本実施例では酸化雰囲気中に3%のHCl（塩化水素）を添加した雰囲気で950、80分の熱酸化工程を行った。この熱酸化工程の間、珪素を含む絶縁膜とその下の島状半導体層との界面においても酸化反応が進行する。本実施例ではそれを考慮して、最終的に形成されるゲート絶縁膜の膜厚が100～150nmとなるように調整した。本実施例の熱酸化工程では、膜厚53nmの島状半導体層のうち25nmが酸化されて島状半導体層の膜厚は25nmとなる。また、膜厚30nmの珪素を含む絶縁膜に対して膜厚50nmの熱酸化膜が加わるので、最終的なゲート絶縁膜の膜厚は25nmとなる。

50

縁膜の膜厚は 110 nm となった。

【0153】

また、この熱酸化工程はゲッタリング効果を有しており、島状半導体層中におけるニッケル元素の低減を行うことができる。このゲッタリングにおいては、酸素雰囲気のほか、結晶質珪素膜中に存在する酸素が重要な役割を果たす。即ち、酸素とニッケルが結合することによって酸化ニッケルが形成され、この形でニッケル元素が熱酸化膜中にゲッタリングされる。また、ニッケル元素がゲッタリングされた熱酸化膜を除去した後、膜厚 100 ~ 150 nm のゲート絶縁膜を形成してもよい。なお、ハロゲン元素を含んだ酸化性雰囲気下での熱酸化工程によるゲッタリングについての詳細は、特開平 9 - 312260 号公報に開示されている。

10

【0154】

次いで、駆動回路の n チャネル型 TFT の LDD 領域を形成するために、n 型を付与する不純物元素を島状半導体層 805、807 に選択的に添加する。そのため、あらかじめレジストマスク 895a ~ 895e を形成した。n 型を付与する不純物元素としては、燐 (P) や砒素 (As) を用いれば良く、ここでは燐 (P) を添加すべく、フォスフィン (PH₃) を用いたイオンドープ法を適用した。形成された不純物領域は低濃度 n 型不純物領域 896、897 とし、含まれる燐 (P) 濃度は $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19}$ atoms / cm³ の範囲とすれば良い。本明細書中では、ここで形成された不純物領域 896、897 に含まれる n 型を付与する不純物元素の濃度を (n⁻) と表す。また、不純物領域 898 は、画素部の保持容量を形成するための半導体層であり、この領域にも同じ濃度で燐 (P) を添加した。(図 9 (D))

20

【0155】

次いで、添加した不純物元素を活性化させる工程を行う。活性化は、窒素雰囲気中で 600 ~ 900 で 1 ~ 4 時間の熱処理や、レーザー活性化の方法により行うことができる。また、両者を併用しても良い。本実施例では 800 、 1 時間の不活性雰囲気中で活性化を行った。

【0156】

そして、図 9 (E) に示すように、ゲート絶縁膜 809 上にゲート電極を形成するための耐熱性導電層を形成する。耐熱性導電層は単層で形成しても良いが、必要に応じて二層あるいは三層といった複数の層から成る積層構造としても良い。このような耐熱性導電性材料を用い、例えば、導電性の窒化物金属膜から成る導電層 (A) 810 と金属膜から成る導電層 (B) 811 とを積層した構造とすると良い。導電層 (B) 811 はタンタル (Ta) 、チタン (Ti) 、モリブデン (Mo) 、タンクスチタン (W) から選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金か、前記元素を組み合わせた合金膜 (代表的には Mo-W 合金膜、Mo-Ta 合金膜) で形成すれば良く、導電層 (A) 810 は窒化タンタル (TaN) 、窒化タンクスチタン (WN) 、窒化チタン (TiN) 膜、窒化モリブデン (MoN) などで形成する。また、導電層 (A) 810 はタンクスチタンシリサイド、チタンシリサイド、モリブデンシリサイドを適用しても良い。

30

【0157】

導電層 (A) 810 は 10 ~ 50 nm (好ましくは 20 ~ 30 nm) とし、導電層 (B) 811 は 200 ~ 400 nm (好ましくは 250 ~ 350 nm) とすれば良い。本実施例では、W ターゲット (純度 99.9999%) を用いたスパッタ法で、アルゴン (Ar) ガスと窒素 (N₂) ガスを導入して導電層 (A) 811 を窒化タンクスチタン (WN) で 50 nm の厚さに形成し、導電層 (B) 810 をタンクスチタン (W) で 250 nm の厚さに形成した。その他の方法として、熱 CVD 法で W 膜を形成することもできる。

40

【0158】

尚、図示しないが、導電層 (A) 810 の下に 2 ~ 20 nm 程度の厚さで燐 (P) をドープした珪素膜を形成しておくことは有効である。ドープした珪素膜上に形成される導電膜の密着性向上と酸化防止を図ると同時に、導電層 (A) 810 または導電層 (B) 811 が微量に含有するアルカリ金属元素がゲート絶縁膜 809 に拡散するのを防ぐことができ

50

る。いずれにしても、(A) 810 及び導電層(B) 811 の抵抗率を $10 \sim 50 \mu \text{ cm}$ の範囲とすることが好ましい。

【0159】

次いで、フォトマスクを用いレジストマスク 812～817 を形成し、導電層(A) 810 と導電層(B) 811 とをエッチングしてゲート電極 818～822 と容量配線 823 を形成した。ゲート電極 818～822 と容量配線 823 は、導電層(A) から成る 818a～822a と、導電層(B) から成る 818b～822b とが一体として形成されている(図 10 (A))。

【0160】

次いで、画素 TFT の n チャネル型 TFT に LDD 領域を形成するために、n 型を付与する不純物元素添加の工程(n+ドープ工程)を行う。ゲート電極 818～822 をマスクとして自己整合的に n 型を付与する不純物元素をイオンドープ法で添加した。n 型を付与する不純物元素として添加する燐(P) の濃度は $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度範囲で添加した。このようにして、図 10 (B) に示すように島状半導体層に低濃度 n 型不純物領域 824～829 を形成した。

10

【0161】

次いで、n チャネル型 TFT において、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度 n 型不純物領域の形成を行った(n+ドープ工程)。まず、フォトマスクを用い、レジストのマスク 830～834 を形成し、n 型を付与する不純物元素を添加して高濃度 n 型不純物領域 835～840 を形成した。n 型を付与する不純物元素には燐(P) を用い、その濃度が $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度範囲となるようにフォスフィン(PH_3) を用いたイオンドープ法で行った(図 10 (C))。

20

【0162】

次いで、p チャネル型 TFT を形成する島状半導体層 804、806 にソース領域およびドレイン領域とする高濃度 p 型不純物領域 844、845 を形成する。本実施例では、ゲート電極 818、820 をマスクとして p 型を付与する不純物元素を添加し、自己整合的に高濃度 p 型不純物領域を形成した。このとき、n チャネル型 TFT を形成する島状半導体膜 805、807、808 は、第 4 のフォトマスクを用いてレジストマスク 841～843 を形成し全面を被覆しておく。高濃度 p 型不純物領域 844、845 はジボラン(BH_6) を用いたイオンドープ法で形成した。この領域のボロン(B) 濃度は $3 \times 10^{20} \sim 3 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ となるようにする(図 10 (D))。

30

【0163】

この高濃度 p 型不純物領域 844、845 には、前工程において燐(P) が添加されていて、高濃度 p 型不純物領域 844a、845a には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度で含有し、高濃度 p 型不純物領域 844b、845b には $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度で含有しているが、この工程で添加するボロン(B) の濃度を 1.5 から 3 倍となるようにすることにより、p チャネル型 TFT のソース領域およびドレイン領域として機能する上で何ら問題はなかった。

【0164】

その後、図 11 (A) に示すように、ゲート電極およびゲート絶縁膜上から保護絶縁膜 846 を形成した。保護絶縁膜は酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜、窒化珪素膜、またはこれらを組み合わせた積層膜で形成すれば良い。いずれにしても保護絶縁膜 846 は無機絶縁物材料から形成する。保護絶縁膜 846 の膜厚は $100 \sim 200 \text{ nm}$ とする。

40

【0165】

その後、それぞれの濃度で添加された n 型または p 型を付与する不純物元素を活性化する工程を行う。この工程はファーネスアニール炉を用いる熱アニール法で行う。その他に、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法(RTA 法)を適用することができる。本実施例では 550 度 4 時間の熱処理を行った。(図 11 (B))。

【0166】

活性化の工程の後、さらに、3～100% の水素を含む雰囲気中で、300～450 、

50

1～12時間の熱処理を行い、島状半導体膜を水素化する工程を行った。この工程は熱的に励起された水素により島状半導体膜にある $10^{16} \sim 10^{18}/\text{cm}^3$ のダンギングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）を行っても良い。

【0167】

活性化および水素化の工程が終了したら、有機絶縁物材料からなる層間絶縁膜847を1.0～2.0 μm の平均厚を有して形成する。有機樹脂材料としては、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、BCB（ベンゾシクロブテン）等を使用することができる。

【0168】

このようにして層間絶縁膜を有機絶縁物材料で形成することにより、表面を良好に平坦化させることができる。また、有機樹脂材料は一般に誘電率が低いので、寄生容量を低減することができる。しかし、吸湿性があり保護膜としては適さないので、本実施例のように、保護絶縁膜846として形成した酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜、窒化珪素膜などと組み合わせて用いる必要がある。

【0169】

その後、フォトマスクを用い、所定のパターンのレジストマスクを形成し、それぞれの島状半導体膜に形成されたソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを形成する。本実施例では、エッチングガスに CF_4 、 O_2 、Heの混合ガスを用いたドライエッチング法により有機樹脂材料から成る層間絶縁膜をエッチングし、その後、エッチングガスを CF_4 、 O_2 として保護絶縁膜846をエッチングした。

【0170】

次いで、導電性の金属膜をスパッタ法や真空蒸着法で形成し、フォトマスクによりレジストマスクパターンを形成し、エッチングによってソース配線848～852とドレイン配線853～858を形成する。ここで、ドレイン配線857は画素電極として機能するものである。図示していないが、本実施例ではこの電極を、Ti膜を50～150 nmの厚さで形成し、島状半導体層のソースまたはドレイン領域を形成する半導体膜とコンタクトを形成し、そのTi膜上に重ねてアルミニウム（Al）を300～400 nmの厚さで形成して配線とした。

【0171】

この状態で水素化処理を行うと TFT の特性向上に対して好ましい結果が得られた。例えば、3～100% の水素を含む雰囲気中で、300～450 で1～12時間の熱処理を行うと良く、あるいはプラズマ水素化法を用いても同様の効果が得られた。（図11（C））。

【0172】

こうして、同一の基板上に、駆動回路のTFTと画素部の画素TFTとを有した基板を完成させることができた。駆動回路には第1のpチャネル型TFT900、第1のnチャネル型TFT901、第2のpチャネル型TFT902、第2のnチャネル型TFT903、画素部には画素TFT904、保持容量905が形成されている。本明細書では便宜上このような基板をアクティブマトリクス基板と呼ぶ。

【0173】

駆動回路の第1のpチャネル型TFT900には、島状半導体膜804にチャネル形成領域906、高濃度p型不純物領域から成るソース領域907a、907b、ドレイン領域908a、908bを有したシングルドレインの構造を有している。第1のnチャネル型TFT901には、島状半導体膜805にチャネル形成領域909、ゲート電極819と重なるLDD領域910、ソース領域912、ドレイン領域911を有している。

【0174】

このLDD領域において、ゲート電極819と重なるLDD領域をLovとしてそのチャネル長方向の長さは0.5～3.0 μm 、好ましくは1.0～2.0 μm とした。nチャネル型TFTにおけるLDD領域の長さをこのようにすることにより、ドレイン領域近傍に

10

20

30

40

50

発生する高電界を緩和して、ホットキャリアの発生を防ぎ、TFTの劣化を防止することができる。駆動回路の第2のpチャネル型TFT902は同様に、島状半導体膜806にチャネル形成領域913、高濃度p型不純物領域から成るソース領域914a、914b、ドレイン領域915a、915bを有したシングルドレインの構造を有している。第2のnチャネル型TFT903には、島状半導体膜807にチャネル形成領域916、ゲート電極821と一部が重なるLDD領域917、918、ソース領域920、ドレイン領域919が形成されている。このTFTのゲート電極と重なるL_{off}の長さも0.5~3.0μm、好ましくは1.0~2.0μmとした。また、ゲート電極と重ならないLDD領域をL_{off}として、このチャネル長方向の長さは0.5~4.0μm、好ましくは1.0~2.0μmとした。画素TFT904には、島状半導体膜808にチャネル形成領域921、922、LDD領域923~925、ソースまたはドレイン領域926~928を有している。LDD領域(L_{off})のチャネル長方向の長さは0.5~4.0μm、好ましくは1.5~2.5μmである。さらに、容量配線823と、ゲート絶縁膜と同じ材料から成る絶縁膜と、画素TFT904のドレイン領域928に接続する半導体層929とから保持容量905が形成されている。図11(C)では画素TFT904をダブルゲート構造としたが、シングルゲート構造でも良いし、複数のゲート電極を設けたマルチゲート構造としても差し支えない。

【0175】

以上の様なTFT構成は、画素TFTおよび駆動回路が要求する仕様に応じて各回路を構成するTFTの構造を最適化し、半導体装置の動作性能と信頼性を向上させることを可能としている。

【0176】

このアクティブマトリクス基板はそのまま反射型の液晶表示装置に適用することができる。一方、透過型の液晶表示装置とする場合には画素部の各画素に設ける画素電極を透明電極で形成すれば良い。

【0177】

[実施例6]

本実施例では、実施例5で得られたアクティブマトリクス基板から、アクティブマトリクス型液晶表示装置を作製する工程を説明する。まず、図12(A)に示すように、図11(C)の状態のアクティブマトリクス基板にスペーサを形成する。スペーサは数μmの粒子を散布して設ける方法でも良いが、ここでは基板全面に樹脂膜を形成した後、樹脂膜をパターニングして柱状スペーサを形成する方法を採用した。

【0178】

柱状スペーサの配置は任意に決定すれば良いが、好ましくは、図12(A)で示すように、画素部においてはドレイン配線861(画素電極)のコンタクト部と重ねてその部分を覆うように柱状スペーサ868を形成すると良い。コンタクト部は平坦性が損なわれ、この部分では液晶がうまく配向しなくなるので、このようにしてコンタクト部にスペーサ用の樹脂を充填する形で柱状スペーサ868を形成することでディスクリネーションなどを防止することができる。

【0179】

その後、配向膜874を形成した。通常、液晶表示素子の配向膜にはポリイミド樹脂を用いる。配向膜を形成した後、ラビング処理を施して液晶分子がある一定のプレチルト角を持って配向するようにした。また、ラビング処理では静電気の発生がしばしば問題となるが、駆動回路のTFT上にもスペーサ872を形成しておくと、スペーサとしての本来の役割と、静電気からTFTを保護する効果を得ることができる。

【0180】

対向側の対向基板875には、遮光膜876、透明導電膜877および配向膜878を形成する。遮光膜876はTi、Cr、Alなどを150~300nmの厚さで形成する。そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とをシール剤879で貼り合わせる。シール剤879にはフィラー880が混入されていて、このフ

イラー 880 とスペーサ 872、873 によって均一な間隔を保ちつつ、2枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に液晶材料 881 を注入し、封止剤（図示せず）によって完全に封止する。液晶材料には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図 12 (B) に示すアクティブマトリクス型液晶表示装置が完成する。

【0181】

このようなアクティブマトリクス型液晶表示装置の構成を図 13 の斜視図を用いて説明する。図 13においてアクティブマトリクス基板は、基板 801 上に形成された、画素部 888 と、走査信号駆動回路 885 と、画像信号駆動回路 886 とその他の信号処理回路 887 とで構成される。画素部 888 には画素 TFT 904 と保持容量 905 が設けられ、画素部の周辺に設けられる駆動回路は CMOS 回路を基本として構成されている。走査信号駆動回路 885 と、画像信号駆動回路 886 はそれぞれゲート配線 822 とソース配線 852 で画素 TFT 904 に接続している。また、フレキシブルプリント配線板 (Flexible Printed Circuit : FPC) 891 が外部入力端子 882 に接続していて画像信号などを入力するのに用いる。そして接続配線 883 でそれぞれの駆動回路に接続している。また、対向基板 875 には図示していないが、遮光膜や透明電極が設けられている。

10

【0182】

[実施例 7]

本実施例は実施例 2 に示す構成において、加熱処理に関する実施例である。実施例 2 においては、結晶質珪素膜の全面と接する窒化珪素膜をプラズマ CVD 法により成膜した後に加熱処理した例を示したが、本実施例では、加熱処理に代えて、レーザー光または紫外線、赤外線等の強光の照射を用いる。レーザー光または紫外線、赤外線等の強光の照射を用いた場合、結晶質珪素膜の結晶性の向上させることができるとともに、工程の短縮が図れるという利点がある。

20

【0183】

また、窒化珪素膜の加熱処理後にレーザー光または紫外線、赤外線等の強光の照射を行ってもよい。

【0184】

なお、本実施例は、実施例 3 乃至 6 のいずれか一と自由に組み合わせることが可能である。

【0185】

30

[実施例 8]

本発明を実施して形成された CMOS 回路や画素部は様々な電気光学装置（アクティブマトリクス型液晶ディスプレイ、アクティブマトリクス型 EL ディスプレイ、アクティブマトリクス型 EC ディスプレイ）に用いることができる。即ち、それら電気光学装置を表示部に組み込んだ電子機器全てに本発明を実施できる。

【0186】

その様な電子機器としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター（リア型またはフロント型）、ヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル型ディスプレイ）、カーナビゲーション、カーステレオ、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等）などが挙げられる。それらの一例を図 15、図 16 及び図 17 に示す。

40

【0187】

図 15 (A) はパーソナルコンピュータであり、本体 2001、画像入力部 2002、表示部 2003、キーボード 2004 等を含む。本発明を画像入力部 2002、表示部 2003 やその他の駆動回路に適用することができる。

【0188】

図 15 (B) はビデオカメラであり、本体 2101、表示部 2102、音声入力部 2103、操作スイッチ 2104、バッテリー 2105、受像部 2106 等を含む。本発明を表示部 2102 やその他の駆動回路に適用することができる。

【0189】

50

図15(C)はモバイルコンピュータ(モービルコンピュータ)であり、本体2201、カメラ部2202、受像部2203、操作スイッチ2204、表示部2205等を含む。本発明は表示部2205やその他の駆動回路に適用できる。

【 0190 】

図15(D)はゴーグル型ディスプレイであり、本体2301、表示部2302、アーム部2303等を含む。本発明は表示部2302やその他の駆動回路に適用することができる。

【 0191 】

図15(E)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤーであり、本体2401、表示部2402、スピーカ部2403、記録媒体2404、操作スイッチ2405等を含む。なお、このプレーヤーは記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。本発明は表示部2402やその他の駆動回路に適用することができる。

10

【 0192 】

図15(F)はデジタルカメラであり、本体2501、表示部2502、接眼部2503、操作スイッチ2504、受像部(図示しない)等を含む。本発明を表示部2502やその他の駆動回路に適用することができる。

【 0193 】

図16(A)はフロント型プロジェクターであり、投射装置2601、スクリーン2602等を含む。本発明は投射装置2601やその他の駆動回路に適用することができる。

20

【 0194 】

図16(B)はリア型プロジェクターであり、本体2701、投射装置2702、ミラー2703、スクリーン2704等を含む。本発明は投射装置2702やその他の駆動回路に適用することができる。

【 0195 】

なお、図16(C)は、図16(A)及び図16(B)中における投射装置2601、2702の構造の一例を示した図である。投射装置2601、2702は、光源光学系2801、ミラー2802、2804～2806、ダイクロイックミラー2803、プリズム2807、液晶表示装置2808、位相差板2809、投射光学系2810で構成される。投射光学系2810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図16(C)中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

30

【 0196 】

また、図16(D)は、図16(C)中における光源光学系2801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系2801は、リフレクター2811、光源2812、レンズアレイ2813、2814、偏光変換素子2815、集光レンズ2816で構成される。なお、図16(D)に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

40

【 0197 】

ただし、図16に示したプロジェクターにおいては、透過型の電気光学装置を用いた場合を示しており、反射型の電気光学装置及びEL表示装置での適用例は図示していない。

【 0198 】

図17(A)は携帯電話であり、本体2901、音声出力部2902、音声入力部2903、表示部2904、操作スイッチ2905、アンテナ2906等を含む。本発明を音声出力部2902、音声入力部2903、表示部2904やその他の駆動回路に適用することができる。

【 0199 】

50

図17(B)は携帯書籍(電子書籍)であり、本体3001、表示部3002、3003、記憶媒体3004、操作スイッチ3005、アンテナ3006等を含む。本発明は表示部3002、3003やその他の駆動回路に適用することができる。

【0200】

図17(C)はディスプレイであり、本体3101、支持台3102、表示部3103等を含む。本発明は表示部3103に適用することができる。本発明のディスプレイは特に大画面化した場合において有利であり、対角10インチ以上(特に30インチ以上)のディスプレイには有利である。

【0201】

以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。なお、本実施例の電子機器は実施例1~7と適宜、自由に組み合わせることが可能である。10

【0202】

[実施例9]

本実施例では、本発明を用いてEL(エレクトロルミネッセンス)表示装置を作製した例について説明する。

【0203】

図19(A)は本発明を用いて形成される結晶質珪素膜をTFTに用いて形成したEL表示装置の上面図、図19(B)は図19(A)をA-A'で切断した断面図である。点線で示された4001は画素部、4002はソース側駆動回路、4003はゲート側駆動回路である。また、4004はカバー材、4005は第1シール材、4006は第2シール材である。20

【0204】

なお、4008はソース側駆動回路4002及びゲート側駆動回路4003に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC(フレキシブルプリントサーキット)4008からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基盤(PWB)が取り付けられているても良い。

【0205】

次に、断面構造について図19(B)を用いて説明する。絶縁表面を有する基板4000の上方には画素部、ソース側駆動回路4009が形成されており、画素部は電流制御TFT4010とそのドレインに電気的に接続された画素電極4011を含む複数の画素により形成される。ただし、ここではソース側駆動回路4009として、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTとを組み合わせたCMOS回路を代表例として示している。なお、絶縁表面を有する基板4000には偏光板(代表的には円偏光板)を貼り付けても良い。30

【0206】

本発明は、ソース側駆動回路4009、画素部における電流制御TFT4010の活性層の作製方法に際して用いることができる。

【0207】

また、画素電極4011の両端にはバンク4012が形成され、画素電極4011上にはEL層4013およびEL素子の陽極4014が形成される。陽極4014は全画素に共通の配線としても機能し、接続配線4015を経由してFPC4016に電気的に接続されている。さらに、画素部及びソース側駆動回路4009に含まれる素子は全てパッシベーション膜4018で覆われている。40

【0208】

EL層4013は公知のEL材料(正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層または電子注入層)を自由に組み合わせて積層構造または単層構造とすれば良い。どのような構造とするかは公知の技術を用いれば良い。また、EL材料には低分子系材料と高分子系(ポリマー系)材料がある。低分子系材料を用いる場合は蒸着法を用いるが、高分子系材料を用いる場合には、スピンドルコート法、印刷法またはインクジェット法等の簡易な方法を用50

いることが可能である。

【0209】

なお、EL層として一重項励起子（シングレット）により発光する有機化合物（以下、シングレット化合物という）および三重項励起子（トリプレット）により発光する有機化合物（以下、トリプレット化合物という）を併用してもよい。なお、シングレット化合物とは一重項励起のみを経由して発光する化合物を指し、トリプレット化合物とは三重項励起を経由して発光する化合物を指す。トリプレット化合物は、シングレット化合物よりも発光効率が高く、同じ発光輝度を得るにも動作電圧（EL素子を発光させるに要する電圧）を低くすることが可能である。

【0210】

また、第1シール材4005によりカバー材4004が貼り合わされている。そして、第1シール材4005の内側には充填材4017が形成されている。また、第1シール材4005の内側を空隙としてもよい。なお、第1シール材4005は水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。

【0211】

このとき、この充填材4017は、カバー材4004を接着するための接着剤としても機能する。充填材4017としては、PVC（ポリビニルクロライド）、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）またはEVA（エチレンビニルアセテート）を用いることができる。さらに、充填材4017の内部に吸湿効果をもつ物質や酸化防止効果をもつ物質を設けることは有効である。

10

20

【0212】

また、カバー材4004とEL素子との間隔を確保するために充填材4017の中に入スペーサーを設けても良い。このとき、スペーサーをBaOなどからなる粒状物質とし、スペーサー自体に吸湿性をもたせててもよい。

【0213】

スペーサーを設けた場合、パッシベーション膜4018はスペーサー圧を緩和することができる。また、パッシベーション膜とは別に、スペーサー圧を緩和する樹脂膜などを設けてもよい。

【0214】

また、カバー材4004としては、ガラス板、アルミニウム板、ステンレス板、FRP（Fiberglass-Reinforced Plastics）板、PVF（ポリビニルフルオライド）フィルム、マイラーフィルム、ポリエステルフィルムまたはアクリルフィルムを用いることができる。なお、充填材4017としてPVBやEVAを用いる場合、数十μmのアルミニウムホイルをPVFフィルムやマイラーフィルムで挟んだ構造のシートを用いることが好ましい。但し、EL素子からの発光方向（光の放射方向）によっては、カバー材4004が透光性を有する必要がある。

30

【0215】

また、カバー材4004の表面および裏面には保護膜として炭素膜（具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜）を2~30nmの厚さに設けると良い。このような炭素膜（ここでは図示しない）は、酸素および水の侵入を防ぐとともにカバー材4004の表面を機械的に保護する役割をもつ。

40

【0216】

また、カバー材4004を接着した後、第1シール材4005の露呈面を覆うように第2シール材4006を設けている。第2シール材4006は第1シール材4005と同じ材料を用いることができる。

【0217】

以上のような構造でEL素子を封入することにより、EL素子を外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素等のEL層の酸化による劣化を促す物質が侵入することを防ぐことができる。従って、信頼性の高いEL表示装置が得られる。

【0218】

50

なお、本実施例は、実施例1乃至5のいずれか一と適宜、自由に組み合わせることが可能である。また、実施例8の電子機器の表示部として本実施例のEL表示パネルを用いることは有効である。

【0219】

[実施例10]

本実施例では、EL表示装置において、画素部の詳細な上面構造を図20(A)に、回路図を図20(B)に示す。図20(A)及び図20(B)では共通の符号を用いるので互いに参照すれば良い。

【0220】

スイッチング用TFT4102のソースはソース配線4115に接続され、ドレインはドレイン配線4105に接続される。また、ドレイン配線4105は電流制御用TFT4106のゲート電極4107に電気的に接続される。また、電流制御用TFT4106のソースは電流供給線4116に電気的に接続され、ドレインはドレイン配線4117に電気的に接続される。また、ドレイン配線4117は点線で示される画素電極(陰極)4118に電気的に接続される。なお、スイッチング用TFT4102や電流制御用TFT4106は、実施例5に従って作製すればよい。

10

【0221】

このとき、4119で示される領域には保持容量が形成される。保持容量4119は、電流供給線4116と電気的に接続された半導体膜4120、ゲート絶縁膜と同一層の絶縁膜(図示せず)及びゲート電極4107との間で形成される。また、ゲート電極4107、第1層間絶縁膜と同一の層(図示せず)及び電流供給線4116で形成される容量も保持容量として用いることが可能である。

20

【0222】

なお、本実施例ではダブルゲート構造としているが、シングルゲート構造でも構わないし、トリプルゲート構造やそれ以上のゲート本数を持つマルチゲート構造でも構わない。

【0223】

以上のように本実施例のEL表示パネルは図20(A)のような構造の画素からなる画素部を有し、オフ電流値の十分に低いスイッチング用TFTと、ホットキャリア注入に強い電流制御用TFTとを有する。従って、高い信頼性を有し、且つ、良好な画像表示が可能なEL表示パネルが得られる。

30

【0224】

なお、本実施例の構成は、実施例1～5、または実施例9の構成と自由に組み合わせて実施することが可能である。また、実施例8の電子機器の表示部として本実施例のEL表示パネルを用いることは有効である。

【0225】

[実施例11]

本実施例では、非晶質珪素膜に結晶化を助長する金属元素(ここではニッケル)を添加して600、12時間の加熱処理で結晶化させた結晶質珪素膜を用意し、チャネル形成領域となる領域を挟むように、マスク絶縁膜(酸化珪素膜)を用いて開口部(ウィンドウ)を2つ形成し、その開口部に接して窒化珪素膜を形成してゲッタリングを行った。このウィンドウの幅と2つ配置したウィンドウ間の距離との関係を調べた。

40

【0226】

なお、比較例として、2つのウィンドウで露呈した結晶質珪素膜にリン(ドーズ量 2×10^{14} (atoms/cm³)を添加した後、600、2時間で熱処理したものも示した。

【0227】

図21では、条件として、成膜温度775、窒化珪素膜の膜厚をそれぞれ100nm、200nm、300nmとした。また、それぞれの膜厚の窒化珪素膜の成膜後に加熱処理(950、2時間)を行ったものとの比較も行った。

【0228】

50

なお、図21に示したグラフの見方を簡単に説明する。例えば、ウィンドウ間距離が150μmである場合、ウィンドウ幅は200μm以下にすれば、そのウィンドウ間における結晶質珪素領域に含まれていたニッケルはゲッタリング可能である。また、ウィンドウ幅を100μmとした場合、ウィンドウ間距離は50μm以上にすれば、そのウィンドウ間における結晶質珪素領域に含まれていたニッケルはゲッタリング可能である。

【0229】

本実施例に示したグラフ(図21)に基づき、実施者がウィンドウの幅またはウィンドウ間距離を適宜設計し、本発明の窒化珪素膜を用いて所望の領域に存在する結晶化を助長する金属元素をゲッタリングすればよい。

【0230】

10

[実施例12]

本実施例では、本発明のゲッタリング方法と、他のゲッタリング方法(選択的にリンを添加して熱処理を行う技術(特開平10-247735号公報))と組み合わせた例を図22に示す。リンを添加するゲッタリング技術を用いる場合、クリーンルーム内でケミカル汚染を引き起こす恐れがあるが、さらなるゲッタリング効果を得ることができる。

【0231】

本実施例では、結晶化を助長する金属元素としてニッケルを用い、マスクを使用して非晶質珪素膜に添加し、熱処理を行って結晶質珪素膜を得た後、そのマスクを覆って本発明の窒化珪素膜の成膜、あるいは成膜後に加熱処理を行うことによってゲッタリングを行う。

【0232】

20

まず、実施例3に従って図8(B)と同じ状態を得る。図22(A)は、図8(B)と同一であるので同じ符号を用いた。

【0233】

次いで、マスク703を用いて結晶質珪素膜に高濃度のリンをドープしてゲッタリング領域1001を形成する。(図22(B))

【0234】

30

次いで、マスク703を覆ってLPCVD法により窒化珪素膜1002を形成し、窒化珪素膜中にニッケルをゲッタリングさせる。(図22(C))この時、成膜時の温度(775)によって結晶質珪素膜中に含まれるニッケルをゲッタリング領域1001に移動させることができる。また、さらなるゲッタリング効果を得るために加熱処理(窒素雰囲気中で450~650(好ましくは500~550)、4~24時間(好ましくは6~12時間))を行ってもよい。本実施例により窒化珪素膜によるゲッタリング作用と、リンのゲッタリング作用とにより効率よく結晶質珪素膜内のニッケルがゲッタリングされる。

【0235】

また、PCVD法により窒化珪素膜を形成した後、加熱処理を行うことによって、リンのゲッタリング作用と、窒化珪素膜によるゲッタリング作用とにより効率よく結晶質珪素膜内のニッケルをゲッタリングしてもよい。

【0236】

40

次いで、窒化珪素膜1002を除去した後、マスク703をマスクとしてパターニングを行い、ゲッタリング領域1001を除去するとともに裏面の珪素膜も除去する。(図22(D))

【0237】

次いで、マスク703を除去する。(図22(E))

【0238】

以降の工程は、実施例5に従えばTFTが得られる。

【0239】

なお、本実施例は、実施例6乃至10のいずれか一と自由に組み合わせることが可能である。

【0240】

50

[実施例13]

本実施例では、本発明のゲッタリング方法と、他のゲッタリング方法（選択的にリンを添加して熱処理を行う）と組み合わせた例を図23に示す。リンを添加するゲッタリング技術を用いる場合、クリーンルーム内でケミカル汚染を引き起こす恐れがあるが、さらなるゲッタリング効果を得ることができる。

【0241】

本実施例はTFTの作製工程において、ソース領域またはドレイン領域となる領域に添加された不純物元素を活性化させる際、本発明の窒化珪素膜を形成してゲッタリングを行うと同時にチャネル形成領域となる領域に含まれるニッケルを高濃度にリンを含む領域（ソース領域またはドレイン領域）にゲッタリングさせる。

10

【0242】

まず、実施例5に従って、図10（C）の状態を得る。図23（A）は、図10（C）中の駆動回路におけるnチャネル型TFTとpチャネル型TFTを示しており、同じ符号を用いた。この時、高濃度にドープされた領域はソース領域またはドレイン領域となる。なお、nチャネル型TFTに限らず、pチャネル型TFTのソース領域及びドレイン領域となる領域にも高濃度のリンドープを行う。

【0243】

次いで、実施例5と同様に高濃度のボロンのドーピングを行い、図10（D）の状態を得る。図23（B）は、図10（D）に対応しており、同じ符号を用いた。

【0244】

次いで、ゲート電極をマスクとしてエッチングを行い、絶縁膜1100を形成するとともに半導体層の一部を露呈させる。（図23（C））

20

【0245】

その後、本発明の窒化珪素膜1101を成膜してゲッタリングを行う。（図23（D））この時、成膜時の温度（775）によって結晶質珪素膜中に含まれるニッケルを高濃度領域836、845a、845bに移動させることができる。また、さらなるゲッタリング効果を得るために加熱処理（窒素雰囲気中で450～650（好ましくは500～550）、4～24時間（好ましくは6～12時間））を行ってもよい。本実施例により窒化珪素膜によるゲッタリング作用と、リンのゲッタリング作用とにより効率よく結晶質珪素膜内のニッケルがゲッタリングされる。また、この熱処理で不純物領域の不純物元素も活性化させれば、工程数が低減する。

30

【0246】

また、PCVD法により窒化珪素膜を形成した後、加熱処理を行うことによって、リンのゲッタリング作用と、窒化珪素膜によるゲッタリング作用とにより効率よく結晶質珪素膜内のニッケルをゲッタリングしてもよい。

【0247】

次いで、窒化珪素膜1101を除去する。（図23（E））

【0248】

以降の工程は、実施例5に従って、水素化や層間絶縁膜の形成等を行えば図11（C）と同様の構造を形成することができる。

40

【0249】

なお、本実施例は、実施例6乃至10のいずれか一と自由に組み合わせることが可能である。

【0250】

[実施例14]

本実施例では、本発明のゲッタリング方法と、他のゲッタリング方法（ハロゲン元素を含む雰囲気中で高温の熱処理を行う（特開平9-312260号公報））と組み合わせた例を図24に示す。

【0251】

本実施例では、結晶化を助長する金属元素としてニッケルを非晶質珪素膜に添加し、熱処

50

理を行って結晶質珪素膜を得た後、マスクを形成し、該マスクを覆って本発明の窒化珪素膜の成膜、あるいは成膜後に加熱処理を行うことによってゲッタリングを行った後、窒化珪素膜及びマスクを除去し、ハロゲン元素を含む雰囲気中で高温の熱処理を施して熱酸化膜を形成し、この熱酸化膜にニッケル元素をゲッタリングする。

【0252】

まず、実施例2に従って、図7(A)と同様の状態を得る。図24(A)は、図7(A)と同一であるので同じ符号を用いた。

【0253】

次いで、実施例2と同様に加熱処理を行い、ゲッタリングを行う。図24(B)は、図7(B)と同一であるので同じ符号を用いた。

10

【0254】

次いで、マスク及び窒化珪素膜602を除去して結晶質珪素膜を露呈させて図24(C)の状態を得る。

【0255】

次いで、800～1150（好ましくは900～1000）の温度で15分～8時間（好ましくは30分～2時間）の熱処理工程を、酸素雰囲気中にハロゲン元素を含ませた雰囲気下で行う。この熱酸化工程によって、酸化反応が進行して熱酸化膜が形成され、この熱酸化膜にニッケル元素をゲッタリングさせる。

（図24(D)）

20

【0256】

次いで、熱酸化膜を除去し、膜中に含まれていたニッケルが低減された結晶質珪素膜を得ることができる。（図24(E)）

【0257】

以降の工程は、実施例5に従ってTFTを作製すればよい。

【0258】

なお、本実施例は、実施例6乃至10のいずれか一と自由に組み合わせることが可能である。

【0259】

[実施例15]

本実施例では、膜厚の厚い酸化珪素膜からなるマスクを利用することによって、応力の大きな領域を形成し、それをを利用してゲッタリングを形成する例を示す。

30

【0260】

実施例3において形成されるマスク703の膜厚をそれぞれ100nmと200nmとで比較実験を行った。

【0261】

結果として、200nmの膜厚のマスクを形成した後、窒化珪素膜を形成してゲッタリングするほうが100nmの膜厚とした場合よりも効率よくゲッタリングされていた。これは、マスクの膜厚を厚くすることによって、部分的に応力の大きい窒化珪素膜が形成されたためと推測される。これらのことから、膜厚は厚いほどゲッタリング効果が得られる。

40

【0262】

なお、本実施例は、実施例1乃至13のいずれか一と自由に組み合わせることが可能である。

【0263】

[実施例16]

実施例5に示した例はトップゲート型TFTに本発明を適用した例であるが、本実施例ではボトムゲートに適用した例を図25に示す。

【0264】

まず、絶縁表面を有する基板1300上にゲート電極1301を形成した後、ゲート絶縁膜1302を形成する。次いで、非晶質珪素膜を形成した後、結晶化を助長する金属元素を用いて結晶化を行い、結晶質珪素膜をパターニング形成する。次いで、チャネル形成領

50

域 1305 となる領域を酸化珪素膜からなるマスク 1306 で覆った後、そのマスクを用いてリンを結晶質珪素膜に添加し、ソース領域またはドレイン領域となる不純物領域 1304 を形成する。（図 25（A））ここではリンを添加して n チャネル型 TFT の例を示した。

【0265】

次いで、不純物領域 1304 及びマスク 1306 を覆う本発明の窒化珪素膜 1305 を成膜する。

【0266】

次いで、層間絶縁膜 1308 を形成した後、不純物領域に達するコンタクトホールを形成し、ソース配線またはドレイン配線となる電極 1309 を形成する。こうしてボトムゲート型の n チャネル型 TFT が形成することができる。10

【0267】

なお、実施例 5 に示したトップゲート型 TFT に代えて本実施例のボトムゲート型 TFT を適用することは可能である。また、本実施例は、実施例 6 乃至 10 のいずれか一と自由に組み合わせることも可能である。

【0268】

なお、本実施例では典型的なボトムゲート型 TFT の例を示したが、本発明は、様々なボトムゲート型 TFT の構造に利用することができることは言うまでもない。

【0269】

[実施例 17]

20

本実施例では、実施例 1 または実施例 2 に従って得られた結晶質珪素膜における膜中のニッケル濃度を図 26 に示す。

【0270】

まず、基板上に非晶質珪素膜（膜厚 69 nm）を形成した後、ニッケル酢酸塩の水溶液（5 ppm）を用いてニッケル元素を導入し、熱処理（SPC）を行って結晶化させた。次いで、開口部を有するマスク絶縁膜を形成した後、LPCVD 法により窒化珪素膜を 200 nm の厚さに形成する。次いで、窒素雰囲気中で 950 °C 、2 時間の加熱処理を行い、ニッケル元素を窒化珪素膜中にゲッタリングさせた。

【0271】

次いで、窒化珪素膜を除去した後の結晶質珪素膜の膜中のニッケル濃度を SIMS 分析により測定した。その結果を図 26 に示した。30

【0272】

また、比較例として熱処理（SPC）後、即ち窒化珪素膜を形成する前の結晶質珪素膜中のニッケル濃度を SIMS 分析により測定した。その結果を図 27 に示した。

【0273】

図 26、及び図 27 から本発明によってニッケル濃度が低減されたことが読み取れる。例えば、深さ 0.04 μm ~ 0.05 μm の箇所では、約 $1.5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ であったニッケル濃度が、本発明により約 $1.0 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ に低減された。

【0274】

【発明の効果】

40

以上のとおり本発明によれば、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用して得られた結晶質珪素膜中における金属元素を除去し、またその濃度を減少させることができ、引張応力が $8 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2$ ($8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$) 以上、好ましくは $9.5 \times 10^9 \text{ dynes/cm}^2$ ($9.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$) 以上の窒化珪素膜で金属元素をゲッタリングすることにより、優れた結晶質珪素膜が得られる。

【0275】

また、燐を用いる工程を最低限度とすることができるため、クリ - ンル - ム内において従来問題となっていた燐によるケミカル汚染を低減することができる。

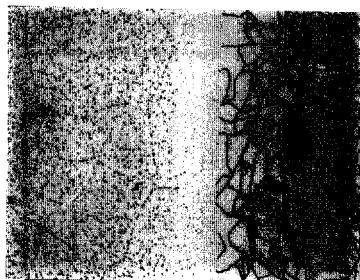
【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明のゲッタリング効果を示す顕微鏡写真および模式図である。

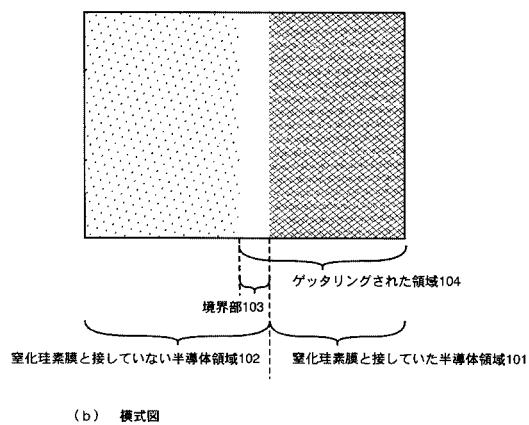
50

- 【図 2】 ゲッタリング効果の有無を確認するための実験工程図である。
- 【図 3】 プラズマ CVD 法による窒化珪素膜の応力と熱処理温度との関係を示す図である。
- 【図 4】 本発明のゲッタリング効果を示す顕微鏡写真を示す図である。
- 【図 5】 島状にパターニングされた結晶質珪素膜の作製工程を示す図である。
- 【図 6】 島状にパターニングされた結晶質珪素膜の作製工程を示す図である。
- 【図 7】 島状にパターニングされた結晶質珪素膜の作製工程を示す図である。 (実施例 2)
- 【図 8】 島状にパターニングされた結晶質珪素膜の作製工程を示す図である。 (実施例 3)
- 【図 9】 AM-LCD の作製工程を示す図である。
- 【図 10】 AM-LCD の作製工程を示す図である。
- 【図 11】 AM-LCD の作製工程を示す図である。
- 【図 12】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の断面構造図である。
- 【図 13】 AM-LCD の外観を示す図である。
- 【図 14】 本発明のゲッタリング効果を示す顕微鏡写真を示す図である。
- 【図 15】 電子機器の一例を示す図である。
- 【図 16】 電子機器の一例を示す図である。
- 【図 17】 電子機器の一例を示す図である。
- 【図 18】 引張応力と圧縮応力を示す図である。
- 【図 19】 アクティブマトリクス型 EL 表示装置の構成を示す図である。
- 【図 20】 アクティブマトリクス型 EL 表示装置の上面図及び回路図を示す図である。
。
- 【図 21】 window 幅と window 間隔によるゲッタリング領域の関係を示す図である。
- 【図 22】 結晶質珪素膜の作製工程を示す図である (実施例 12)
- 【図 23】 TFT の作製工程を示す図である (実施例 13)
- 【図 24】 結晶質珪素膜の作製工程を示す図である (実施例 14)
- 【図 25】 TFT の作製工程を示す図である (実施例 16)
- 【図 26】 ゲッタリング処理後における結晶質珪素膜中のニッケル濃度を示す図。 (30 本発明)
- 【図 27】 ゲッタリング処理前における結晶質珪素膜中のニッケル濃度を示す図。 (比較例)

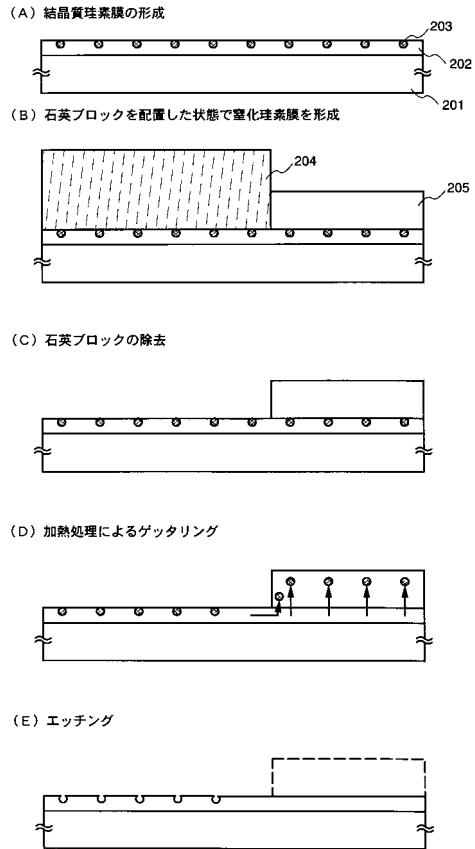
【図1】



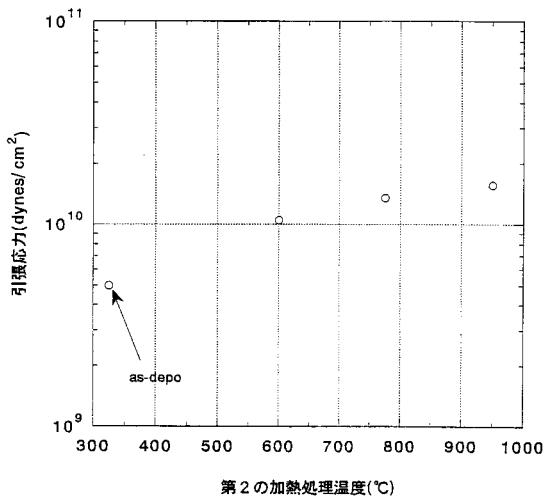
(a) 観察写真



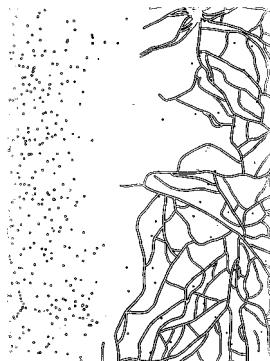
【図2】



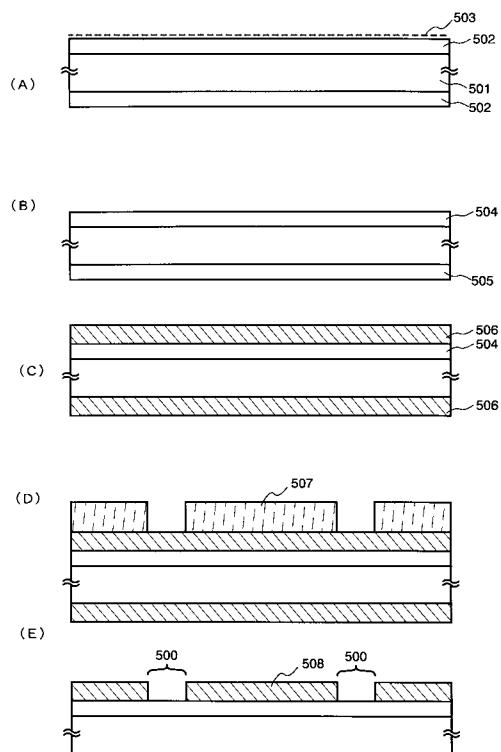
【図3】



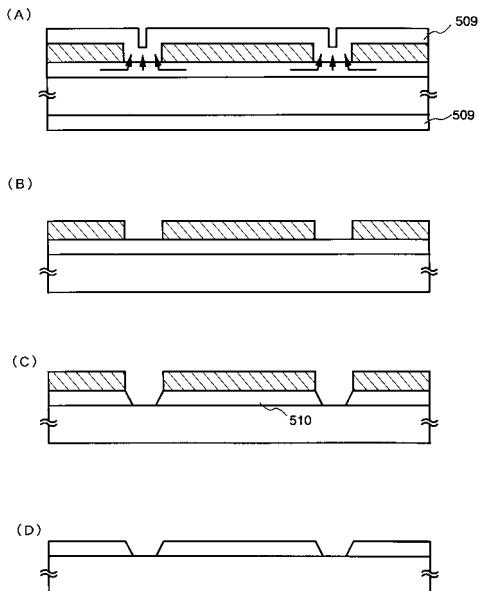
【図4】



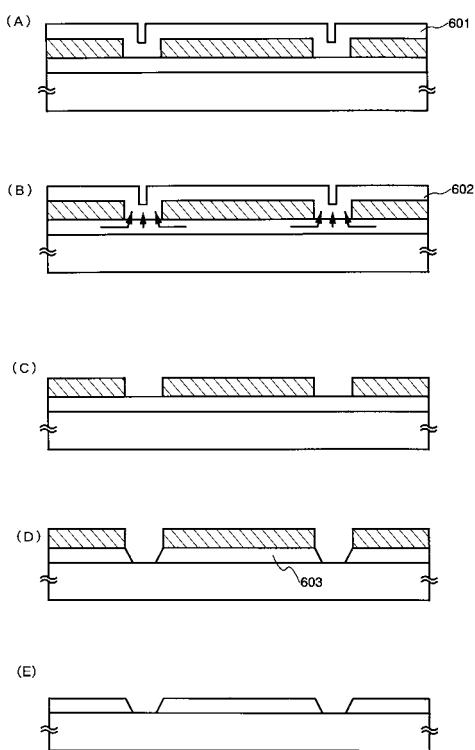
【図5】



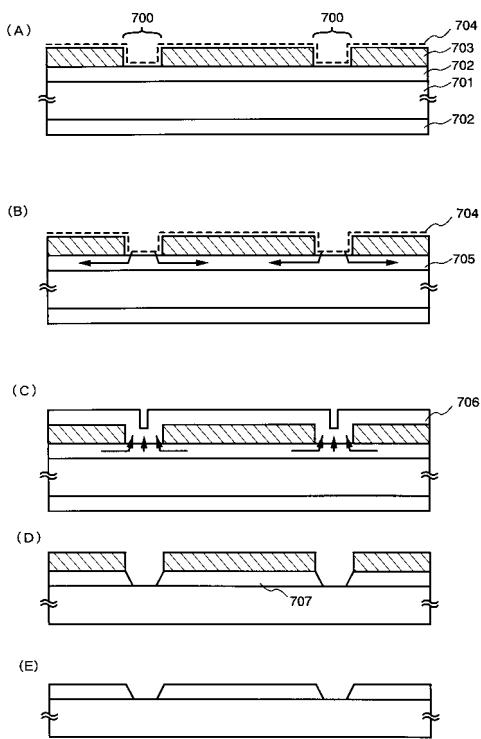
【図6】



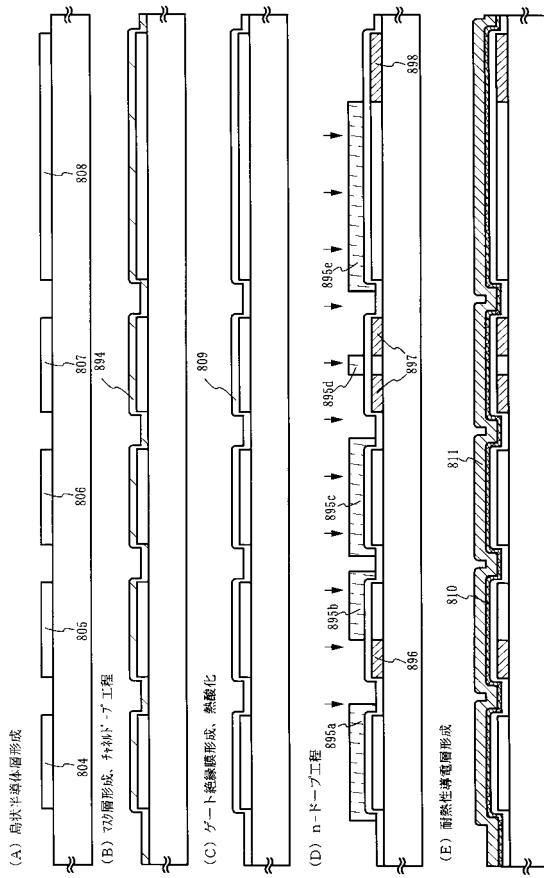
【図7】



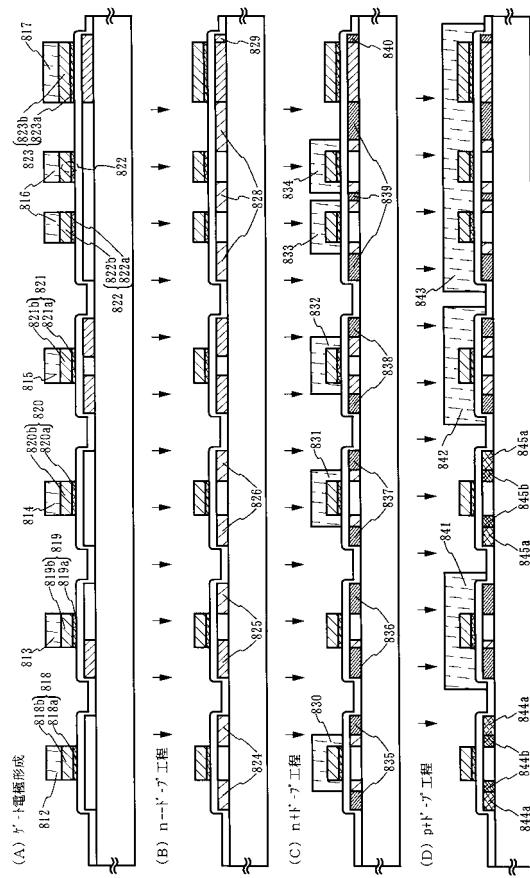
【図8】



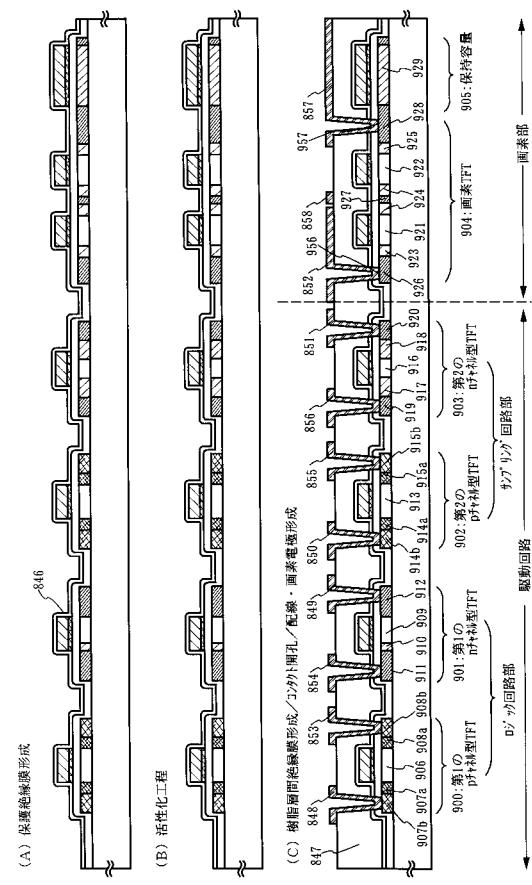
【図9】



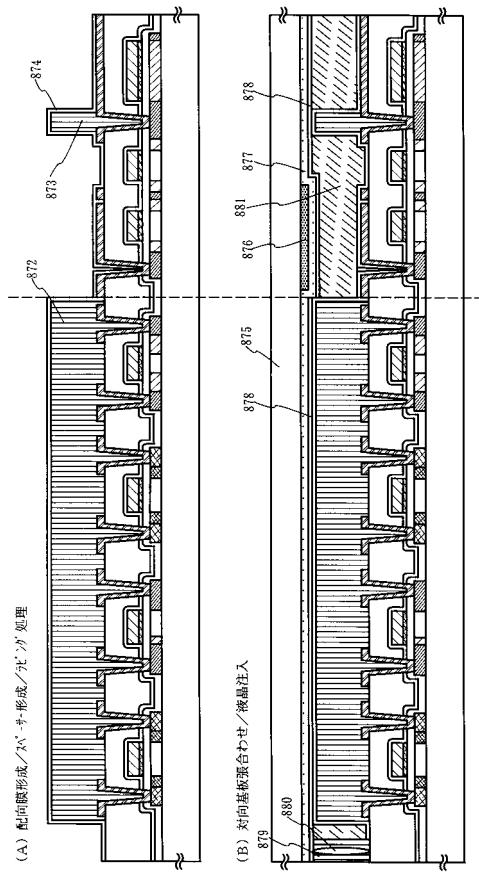
【図10】



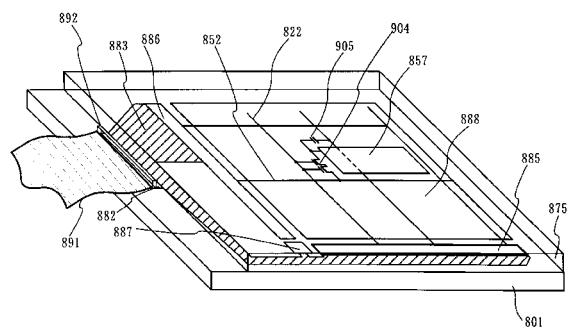
【図11】



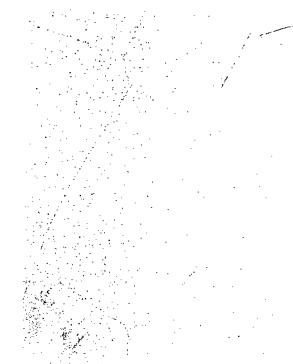
【図12】



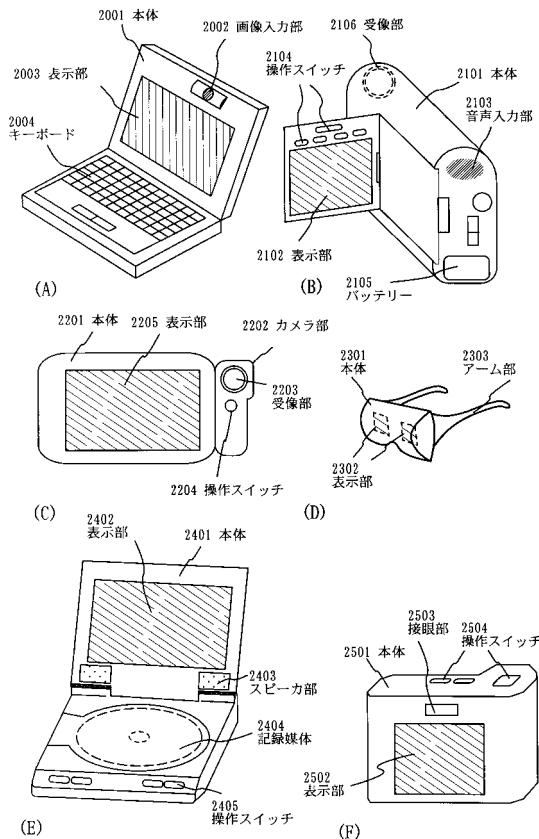
【図13】



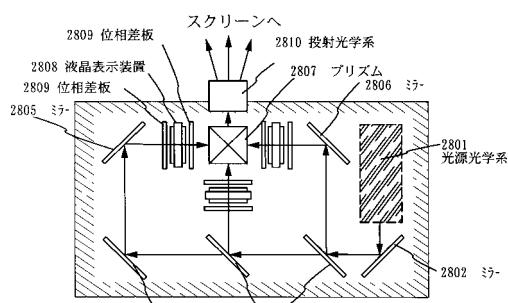
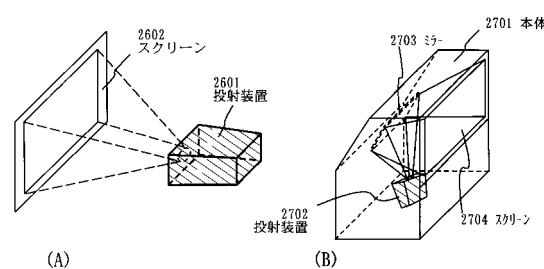
【図14】



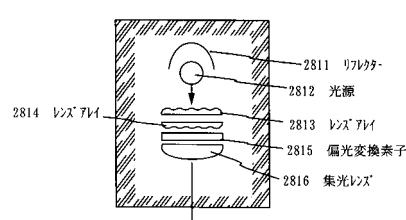
【図15】



【図16】

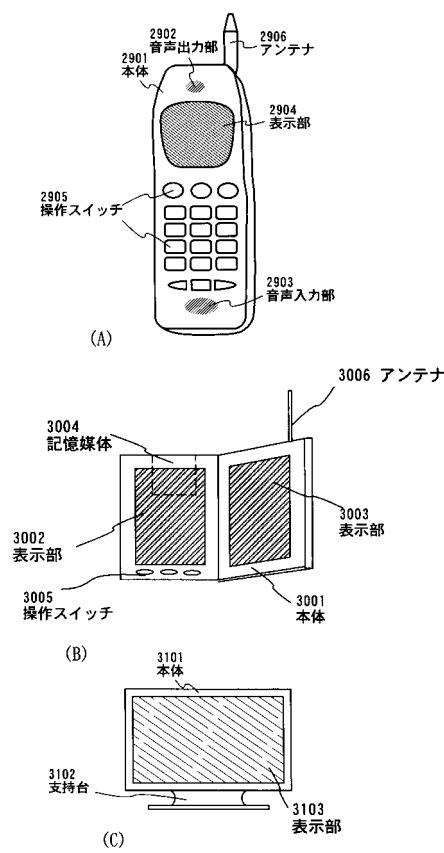


(C) 投射装置(三板式)

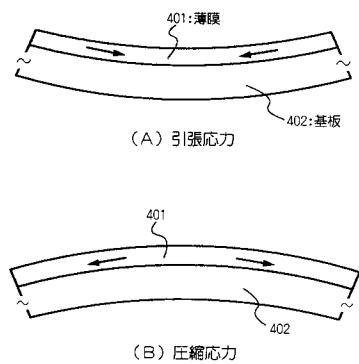


(D) 光源光学系

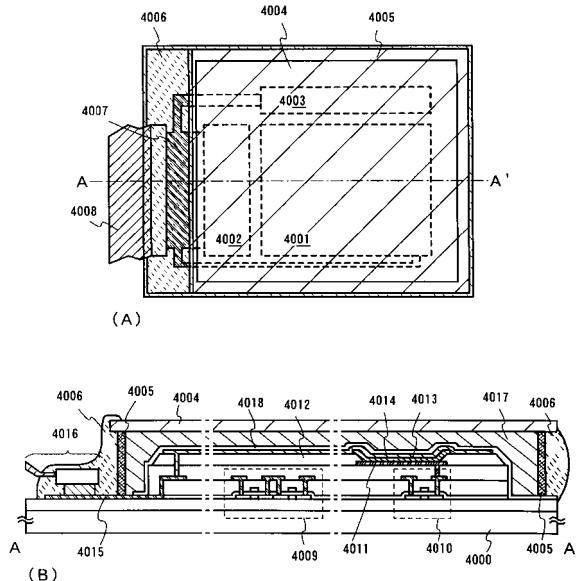
【図17】



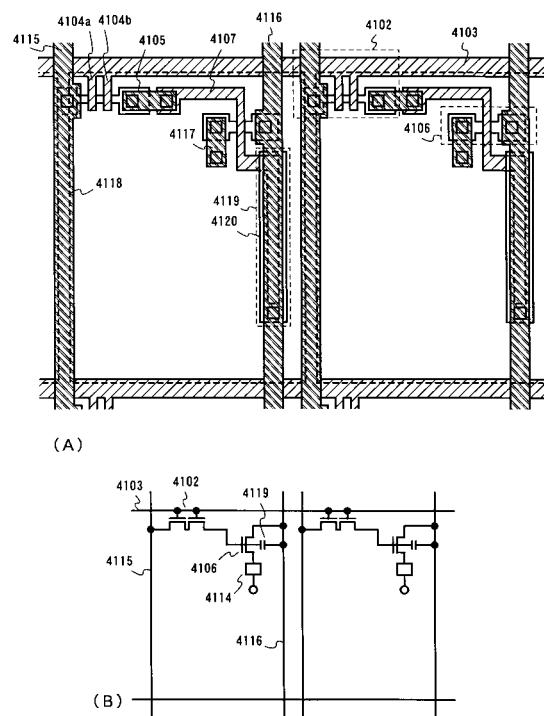
【図18】



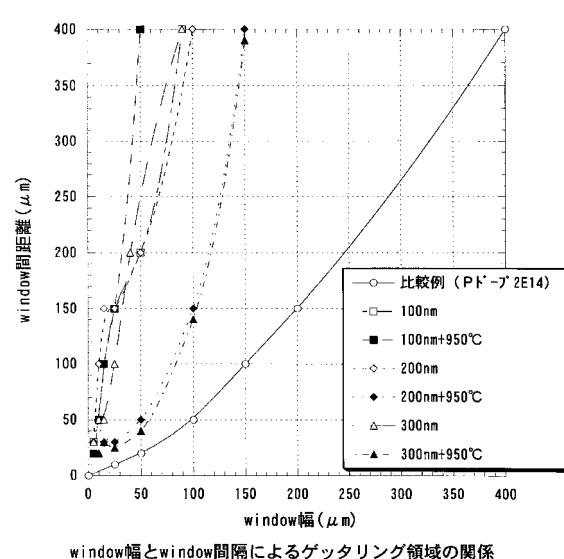
【図19】



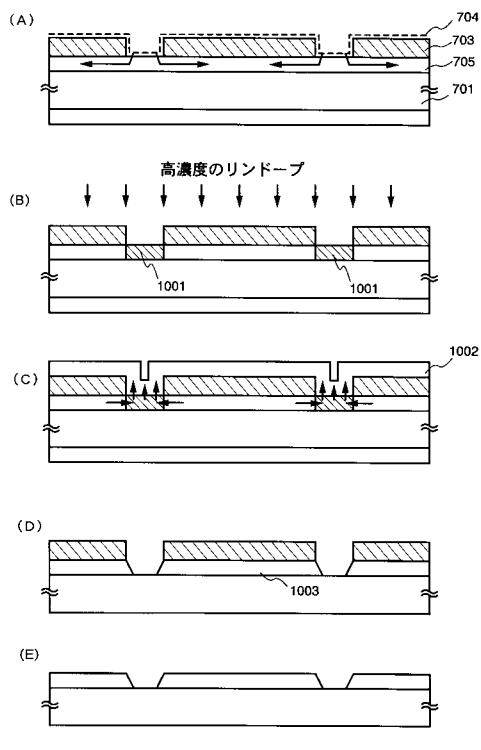
【図20】



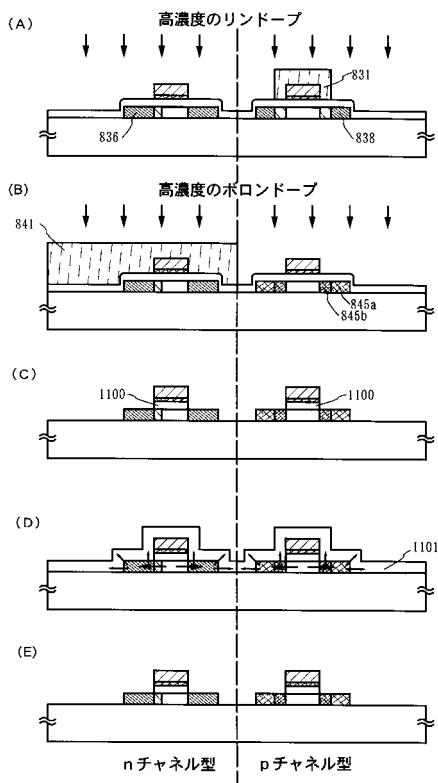
【図21】



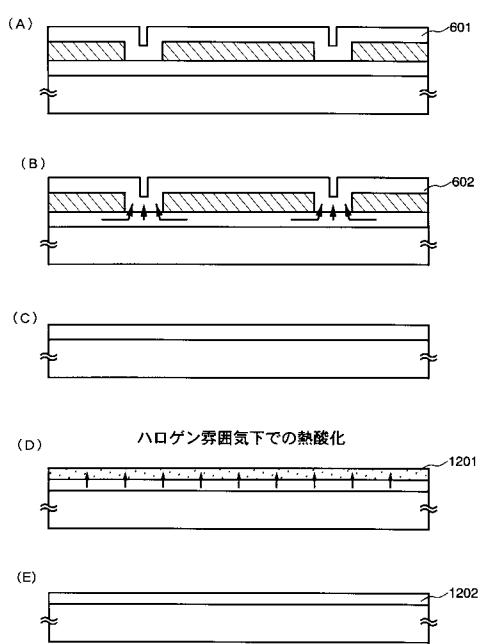
【図22】



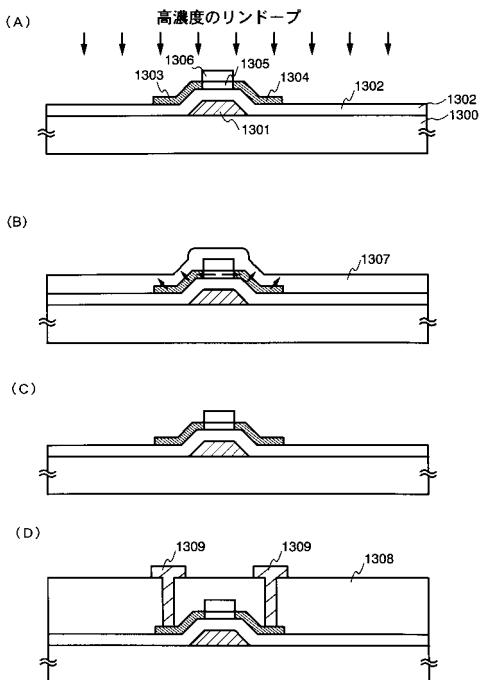
【図23】



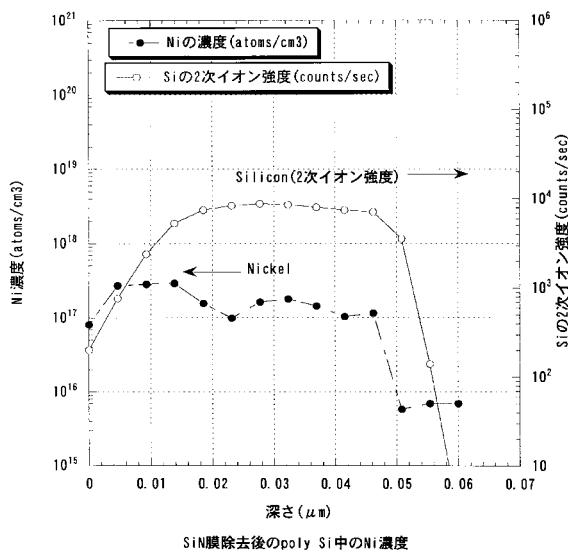
【図24】



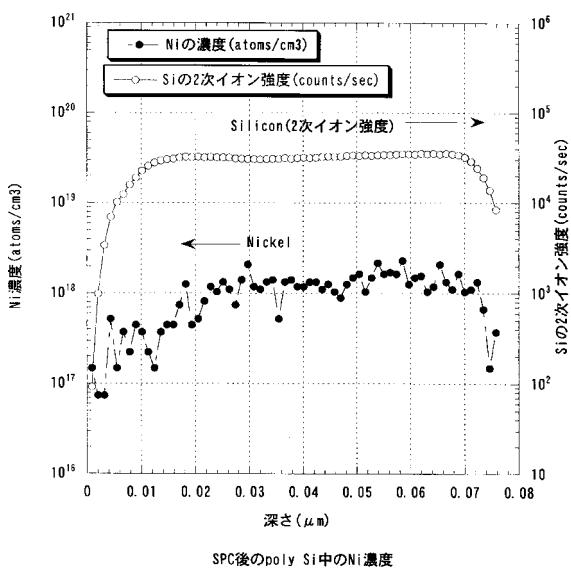
【図25】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H01L 21/26-21/268

H01L 21/322-21/326

G02F 1/1343-1/1345

G02F 1/135-1/1368

H01L 21/20

H01L 21/336

H01L 29/786