(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3602344号
(P3602344)
(45)発行日　平成16年12月15日(2004.12.15)　(24)登録日　平成16年10月1日(2004.10.1)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01L 29/786　H01L 29/78　626C

請求項の数 2　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願平10-262314
(22)出願日　平成10年8月31日(1998.8.31)
(62)分割の表示　特願平5-285988の分割
原出願日　平成5年10月20日(1993.10.20)
(65)公開番号　特開平11-154750
(43)公開日　平成11年6月8日(1999.6.8)
審査請求日　平成11年8月19日(1999.8.19)
審判番号　不服2002-5172(P2002-5172/J1)
審判請求日　平成14年3月27日(2002.3.27)
(31)優先権主張番号　特願平5-45786
(32)優先日　平成5年2月10日(1993.2.10)
(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　山崎　舜平
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

合議体
審判長　岡　和久
審判官　今井　淳一
審判官　河合　章

(56)参考文献　特開平４－１９２４６６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２５６６６３（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－２８８６７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－２４５１７４（ＪＰ，Ａ）

(54)【発明の名称】薄膜トランジスタ及びその作製方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ガラス基板と、
前記ガラス基板の表面上に形成された窒化アルミニウム膜と、
前記窒化アルミニウム膜上に形成された酸化珪素膜と、
前記酸化珪素膜上に形成されたソース領域と、ドレイン領域と、チャネル形成領域とを含む島状のシリコン膜と、
前記ソース領域、前記ドレイン領域の一方と接続するチタン膜でなる第１の配線と、
前記ソース領域、前記ドレイン領域の他方と接続するチタン膜でなる第２の配線と、
前記第２の配線と接続する画素電極とを有し、
前記第１の配線及び前記第２の配線の一部並びに前記画素電極の一部は前記窒化アルミニウム膜と接することを特徴とする半導体装置。
【請求項２】
ガラス基板上に窒化アルミニウム膜を形成する工程と、
前記窒化アルミニウム膜上に酸化珪素膜を形成する工程と、
前記酸化珪素膜上に島状のシリコン膜を形成する工程と、
前記島状のシリコン膜上に酸化珪素でなるゲイト絶縁膜を形成する工程と、
前記ゲイト絶縁膜上にゲイト電極を形成する工程と、
前記ゲイト電極をマスクとして前記島状のシリコン膜に不純物を注入することによりソース領域及びドレイン領域を形成する工程と、

前記ゲイト電極をマスクとして前記ゲイト絶縁膜をエッチングし、前記島状のシリコン膜をマスクとして前記酸化珪素膜をエッチングする工程と、
前記ソース領域、前記ドレイン領域の一方と接続するチタン膜でなる第１の配線、及び前記ソース領域、前記ドレイン領域の他方と接続するチタン膜でなる第２の配線を形成する工程と、
前記第２の配線と接続する画素電極を形成する工程を有する半導体装置の作製方法であって、
前記第１の配線及び前記第２の配線は、該第１の配線及び該第２の配線の一部が前記窒化アルミニウム膜と接するように形成され、
前記画素電極は、該画素電極の一部が前記窒化アルミニウム膜と接するように形成され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】

【産業上の利用分野】

本発明は、基板上に絶縁ゲイト型半導体装置およびそれらが多数形成された集積回路の信頼性を向上させる方法に関する。本発明による半導体装置は、薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）を用いた液晶ディスプレー等のアクティブマトリクスやイメージセンサー等の駆動回路、あるいはＳＯＩ集積回路や従来の半導体集積回路（マイクロプロセッサーやマイクロコントローラ、マイクロコンピュータ、あるいは半導体メモリー等）に使用されるものである。

【０００２】

【従来の技術】

近年、絶縁基板上、もしくは半導体基板上であっても厚い絶縁膜によって半導体基板と隔てられた表面（絶縁表面）上に絶縁ゲイト型半導体装置（ＭＩＳＦＥＴ）を形成する研究が盛んに成されている。特に半導体層（活性層）が薄膜状である半導体装置を薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）という。このような半導体装置においては、単結晶の半導体のような良好な結晶性を有する素子を得ることは困難で、通常は結晶性は有するが単結晶でない、非単結晶の半導体を用いている。

【０００３】

このような非単結晶半導体では、欠陥密度が大きく、その欠陥を水素、フッ素のような元素によって中和することによって埋めることとなり、例えば、水素化によって、このような工程が実現された。しかし、水素と半導体元素（シリコン等）の結合は弱く、百数十℃の熱エネルギーによって分解してしまうものであった。このため、長時間にわたって、電圧、電流が印加され、半導体が局所的にも発熱すると容易に水素が離脱し、そのために特性が著しく劣化した。特に、大きな電流を制御するＴＦＴ、例えば、アクティブマトリクス回路とそれを駆動するための周辺回路とを有するモノリシック型アクティブマトリクス回路において、周辺回路のドライバーＴＦＴはチャネル幅が２００μｍ以上もあり、大きな電流をオン／オフすることから大きな熱源となっていた。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、この課題に鑑みてなされたもので、装置使用時に発生する局所的な熱を迅速に放散して、該薄膜回路装置全体を均熱化すべき半導体装置の構造およびそのような半導体装置を製造する方法を提供することを目的とする。

【０００５】

【課題を解決するための手段】

本発明の第１は、薄膜状半導体装置において、基板上に窒化アルミニウムを主成分とする被膜と、その上に直接もしくは間接にシリコンを主成分とする半導体被膜と、その上に直接もしくは間接に金属、半導体等の配線とを有することを特徴とする。

また、本発明はこのような構成を有する薄膜状半導体装置を作製するための方法にも関し、本発明の第２は、基板上、特に熱伝導の悪い、保温性のよいガラス基板上に、窒化アル

ミニウムを主成分とする被膜を形成する工程と、その上に直接もしくは間接にシリコンを主成分とする半導体被膜を形成する工程と、その上に直接もしくは間接に金属、半導体等の配線を形成する工程とを有することを特徴とする。

【０００６】

窒化アルミニウムは極めて熱伝導性に優れ、また、可視光や近紫外線に対して透明（光学バンドギャップ６．２ｅＶ）であるので、透明度を要求される目的にも適している。窒化アルミニウムはスパッタ法や反応性スパッタ法、ＭＯＣＶＤ（有機金属気相成長）法、プラズマＣＶＤ法によって堆積される。反応性スパッタ法によって窒化アルミニウム膜を得るには、アルミニウムをターゲットとして、窒素雰囲気中でおこなうとよい。本発明のごとく、十分な放熱をおこなう目的には、窒化アルミニウムの膜厚は、５００Å～５μｍ、代表的には、１０００～～５０００Åが好ましかった。５μｍ以上の厚い窒化アルミニウムは剥がれやすく使用に適さなかった。

【０００７】

さらに、窒化アルミニウム膜はナトリウム等の可動イオンに対してブロッキング効果を有するので、基板からこれらのイオンが半導体装置中に侵入することを防止する効果も有していた。

また、窒化アルミニウム被膜の窒素とアルミニウムの比率は、熱伝導に問題のない範囲で化学量論比でも、非化学量論比でもよい。典型的には、窒素とアルミニウムの比率は、（アルミニウム／窒素）＝０．９～１．４が好ましく、また、熱伝導度が０．６Ｗ／ｃｍＫ以上（窒化アルミニウム単結晶の熱伝導度は２Ｗ／ｃｍＫ）であると好ましい結果が得られた。

【０００８】

また、窒素とアルミニウムの比率を変えることによって、被膜の応力を最適化してもよい。さらに、窒素とアルミニウム以外に、微量のホウ素、シリコン、炭素、酸素等を０．０１～２０原子％、添加することによっても基板との応力のマッチング、最適化、応力歪みの最小化が可能である。また、この窒化アルミニウムを主成分とする被膜は結晶性でも非晶質でもよい。

【０００９】

熱伝導度を向上させる目的には、ダイヤモンド系の材料（例えば、多結晶ダイヤモンド薄膜、硬質炭素膜、ダイヤモンド状炭素膜等）を用いることが通常、考えられるが、本発明の目的とするような微小な領域では、ダイヤモンド系材料は一般に酸化珪素系の材料との密着性が良くないので十分な効果が得られない。また、ブロッキング層、パッシベーション層として通常の半導体プロセスで良く用いられる窒化珪素膜は熱伝導度が低いので本発明を実施するには適当でない。以下表１に、主要な薄膜材料の特性を比較した。（○は優れている。△は中程度、×は劣っていることを示す。）

【００１０】

【表１】

	密着性	透光性	機械強度	熱伝導度	耐熱性	Ｎａブロッキング特性
ＡｌＮ	○	○	○	○	○	○
ＤＬＣ	△	△	○	○	△	△
SnO_2	○	○	△	○	△	△
SiN_x	○	○	○	△～×	○	○

（ＡｌＮは窒化アルミニウム、ＤＬＣはダイヤモンド状炭素膜、SnO_2 は酸化錫、SiN_x は窒化珪素を表す。また、密着性は酸化珪素に対する密着性である。）

【００１１】
本発明においては、金属や半導体の配線（ゲイト配線等）から発生する熱はその下に存在する半導体被膜（活性層等）に伝達し、また、半導体被膜に電流が通じることによっても発熱し、半導体被膜の温度が上昇するが、そこに滞留することなく、速やかにその下にある窒化アルミニウム被膜に伝達され、よって、上記配線および半導体被膜の温度は低く抑えられ、半導体被膜からの水素離脱が減少する。特に、ＴＦＴのドレイン－チャネル間での高い逆バイアス電圧の印加によるホットキャリヤの発生による局所的発熱による局所的な劣化を均熱化によって抑えることができる。
【００１２】
本発明において、半導体被膜を窒化アルミニウム被膜上に直接堆積することは、密着性は良いものの、半導体のキャリヤが窒化アルミニウム中に捕獲され、この捕獲されたキャリヤ（捕獲中心）による寄生チャネルが発生しやすく、結果として、半導体被膜の電気特性に悪影響を与えるため好ましくなかった。かかる捕獲中心を除去できるのであれば問題はないが、容易に除去できないのであれば、、酸化珪素被膜のように半導体被膜に対して、電気的、化学的に好ましい材料（酸化珪素膜は窒化アルミニウム膜に比較して捕獲中心の密度は数十分の１しかない）を両被膜の間に設けることが好ましかった。さらに、酸化珪素膜においては、応力緩和の効果も期待できる。
【００１３】
また、窒化アルミニウムの上に窒化珪素膜を１００～１０００Å、例えば、２００Å形成し、その上に酸化珪素膜を１００～２０００Å、例えば、２００Å形成してもよかった。本発明においては、ゲイト電極の材料としては、シリコン（不純物がドーピングされて導電性が高められたものを含む）、アルミニウム、タンタル、クロム、タングステン、モリブテン等の単体、あるいはそれらの合金、もしくは多層膜を用いればよい。また、実施例に示すように、その表面を酸化してもよい。
【００１４】
さらに、窒化アルミニウムはフッ素系のエッチャントではエッチングされず、したがって、酸化珪素やシリコン、アルミニウム等の通常の半導体プロセスで用いられる材料をエッチングする方法ではエッチングされないので、これを積極的にエッチングストッパーとして用いてもよい。すなわち、ＴＦＴのソース、ドレインのコンタクトとしては、ソース、ドレインの上面のみならず、側面をもコンタクトとして用いることができる。例えば、コンタクトホールをソース、ドレインからはみ出して形成しても、窒化アルミニウムがエッチングストッパーとなって、基板がエッチングされることがない。
【００１５】
結果として、従来よりもソース、ドレイン領域を小さく形成できるので、回路の集積化にとって有利である。また、このことは、逆に、コンタクトホールを大きくすることが可能

であることをも意味し、より確実なコンタクトを得ることができるので、量産性、信頼性にとっても有利である。

【００１６】

【実施例】

〔実施例１〕　本発明によって、ＴＦＴを作製する例を図１に示す。まず、基板（コーニング７０５９ガラス基板、大きさは３００ｍｍ×３００ｍｍもしくは１００ｍｍ×１００ｍｍ）１０１上に、厚さ２０００～５０００Åの窒化アルミニウム膜１０２を反応性スパッタ法によって堆積した。アルミニウムをターゲットとして、窒素とアルゴンの雰囲気でスパッタリングをおこなった。窒素の割合は２０％以上とすると良好な熱伝導性を有する被膜が得られた。スパッタ時の圧力は、1×10^{-4}～1×10^{-2}Ｔｏｒｒで好ましい結果が得られた。成膜速度は２０～２００Å／分だった。また、成膜の際には基板温度を１００～５００℃に上昇させてもよい。

【００１７】

窒化アルミニウム膜１０２は基板の両面に形成した。これは、基板中に含有されている、あるいは出荷後に表面に付着したナトリウム等の異元素がＴＦＴの特性を劣化させないように封じ込める意味とともに、基板を強化して表面に傷が付きにくくする効果がある。特に、ＴＦＴをアクティブマトリクス方式の液晶表示装置に使用すると、ＴＦＴの設けられていない面は外部環境と接するのであるが、この面には微細な傷が付きやすく、このような傷は光を乱反射して、画面を暗くする。

【００１８】

次に、窒化アルミニウムが形成されたガラス基板を６００～６８０℃、例えば、６４０℃で４～１２時間、窒素、アンモニア（NH_3　）、もしくは亜酸化窒素（N_2　Ｏ）の雰囲気中でアニールした。そして、０．０１～０．５℃／分、例えば、０．２℃／分で徐冷し、３５０～４５０℃まで温度が低下したところで取り出した。この工程によって、反応性スパッタ直後には黄色く着色していた基板が透明になり、また、電気的な絶縁性も向上した。さらに、このアニール工程では、ガラス基板の熱的な収縮が発生し、応力が緩和した結果、不可逆的な収縮が減少した。そのため、その後の熱処理工程において基板の縮みがなくなり、マスクずれが著しく減少した。

【００１９】

上記アニール終了後、ＴＦＴを形成する面に下地酸化膜１０３として厚さ２０００～５００Åの酸化珪素膜を形成した。この酸化膜の形成方法としては、酸素雰囲気中でのスパッタ法やＴＥＯＳを酸素雰囲気のプラズマＣＶＤ法で分解・堆積した。さらに、このようにして形成した膜を４５０～６５０℃でアニールしてもよい。

【００２０】

その後、図１（Ａ）において、プラズマＣＶＤ法やＬＰＣＶＤ法によってアモルファス状のシリコン膜を１００～１５００Å、好ましくは３００～８００Å堆積し、これをパターニングして、島状シリコン領域１０４を形成した。そして、厚さ２００～１５００Å、好ましくは５００～１０００Åの酸化珪素１０５を形成した。この酸化珪素膜はゲイト絶縁膜としても機能する。そのためその作製には十分な注意が必要である。ここでは、ＴＥＯＳを原料とし、酸素とともに基板温度１５０～６００℃、好ましくは３００～４５０℃で、ＲＦプラズマＣＶＤ法で分解・堆積した。ＴＥＯＳと酸素の圧力比は１：１～１：３、また、圧力は０．０５～０．５ｔｏｒｒ、ＲＦパワーは１００～２５０Ｗとした。あるいはＴＥＯＳを原料としてオゾンガスとともに減圧ＣＶＤ法もしくは常圧ＣＶＤ法によって、基板温度を３５０～６００℃、好ましくは４００～５５０℃として形成した。成膜後、酸素もしくはオゾンの雰囲気で４００～６００℃で３０～６０分アニールした。

【００２１】

そして、図１（Ａ）に示すようにＫｒＦエキシマーレーザー（波長２４８ｎｍ、パルス幅２０ｎｓｅｃ）を照射して、シリコン領域１０４を結晶化させた。レーザーのエネルギー密度は２００～４００ｍＪ／ｃｍ^2　、好ましくは２５０～３００ｍＪ／ｃｍ^2　とし、また、レーザー照射の際には基板を３００～５００℃に加熱した。このようにして形成さ

れたシリコン膜１０４の結晶性をラマン散乱分光法によって調べたところ、単結晶シリコンのピーク（５２１ｃｍ$^{-1}$）とは異なって、５１５ｃｍ$^{-1}$付近に比較的ブロードなピークが観測された。その後、水素中で３５０℃で２時間アニールした。

【００２２】

その後、厚さ２０００Å～１μｍのアルミニウム膜を電子ビーム蒸着法によって形成して、これをパターニングし、ゲイト電極１０６を形成した。アルミニウムにはスカンジウム（Ｓｃ）を０．１５～０．２重量％ドーピングしておいてもよい。次に基板をｐＨ　７、１～３％の酒石酸のエチレングリコール溶液に浸し、白金を陰極、このアルミニウムのゲイト電極を陽極として、陽極酸化をおこなった。陽極酸化は、最初一定電流で２２０Ｖまで電圧を上げ、その状態で１時間保持して終了した。本実施例では定電流状態では、電圧の上昇速度は２～５Ｖ／分が適当であった。このようにして、厚さ１５００～３５００Å、例えば、２０００Åの陽極酸化物１０７を形成した。（図１（Ｂ））

【００２３】

その後、イオンドーピング法（プラズマドーピング法ともいう）によって、各ＴＦＴの島状シリコン膜中に、ゲイト電極部をマスクとして自己整合的に不純物（燐）を注入した。ドーピングガスとしてはフォスフィン（PH_3　）を用いた。ドーズ量は、１～４×１０^{15}ｃｍ$^{-2}$とした。

【００２４】

さらに、図１（Ｃ）に示すようにＫｒＦエキシマーレーザー（波長２４８ｎｍ、パルス幅２０ｎｓｅｃ）を照射して、上記不純物領域の導入によって結晶性の劣化した部分の結晶性を改善させた。レーザーのエネルギー密度は１５０～４００ｍＪ／ｃｍ^2　、好ましくは２００～２５０ｍＪ／ｃｍ^2　であった。こうして、Ｎ型不純物（燐）領域１０８、１０９を形成した。これらの領域のシート抵抗は２００～８００Ω／□であった。本工程において、レーザーを用いるかわりに、フラッシュランプを使用して短時間に１０００～１２００℃（シリコンモニターの温度）まで上昇させ、試料を加熱する、いわゆるＲＴＰ（ラピッド・サーマル・プロセス）を用いてもよい。

【００２５】

その後、全面に層間絶縁物１１０として、ＴＥＯＳを原料として、これと酸素とのプラズマＣＶＤ法、もしくはオゾンとの減圧ＣＶＤ法あるいは常圧ＣＶＤ法によって酸化珪素膜を厚さ３０００Å形成した。基板温度は２５０～４５０℃、例えば、３５０℃とした。成膜後、表面の平坦性を得るため、この酸化珪素膜を機械的に研磨した。さらに、スパッタ法によってＩＴＯ被膜を堆積し、これをパターニングして画素電極１１１とした。（図１（Ｄ））

【００２６】

そして、層間絶縁物１１０をエッチングして、図１（Ｅ）に示すようにＴＦＴのソース／ドレインにコンタクトホールを形成し、クロムもしくは窒化チタンの配線１１２、１１３を形成し、配線１１３は画素電極１１１に接続させた。

なお、この際には、図１（Ｆ）に示すようにソース／ドレイン領域（島状シリコン）をはみだしてコンタクトホールを形成してもよい。この場合にはコンタクトホールのうち、島状シリコンをはみだした面積は３０～７０％であった。この場合には、ソース／ドレインの上面のみならず、側面においてもコンタクトが形成される。以下、このようなコンタクトをトップサイドコンタクトと称する。従来の構造において、トップサイドコンタクトを形成しようとすれば、層間絶縁物のエッチング工程によって、島状シリコン以外の部分の下地の酸化珪素膜、さらには、基板までエッチングされたが、本実施例では、窒化アルミニウム膜１０２がエッチングストッパーとなって、ここでエッチングが止まる。

【００２７】

通常の場合には、コンタクトホールの大きさは、ソース／ドレインよりも小さくする必要があったが、トップサイドコンタクトにおいては、逆にアイランドの大きさをコンタクトホールのよりも小さくでき、結果として、アイランドの微細化できる。また、逆にコンタクホールを大きくすることができるので、量産性、信頼性を高めることができた。

最後に、水素中で３００～４００℃で０．１～２時間アニールして、シリコンの水素化を完了した。このようにして、ＴＦＴが完成した。同時に作製した多数のＴＦＴをマトリクス状に配列せしめてアクティブマトリクス型液晶表示装置とした。

【００２８】

〔実施例２〕　本発明によって、ＴＦＴを作製する例を図２に示す。まず、基板（ＮＨテクノグラス社製ＮＡ３５ガラス）２０１上に、厚さ１０００Å～５μｍの窒化アルミニウム膜２０２を反応性スパッタ法によって堆積した。アルミニウムをターゲットとして、窒素とアルゴンの雰囲気でスパッタリングをおこなった。窒素の割合は２０％以上とすると良好な熱伝導性を有する被膜が得られた。スパッタ時の圧力は、1×10^{-4}～1×10^{-2}Ｔｏｒｒで好ましい結果が得られた。成膜速度は２０～２００Å／分だった。また、成膜の際には基板温度を１００～５００℃に上昇させてもよい。

【００２９】

次に、下地酸化膜２０３として厚さ１００～１０００Å、例えば、５００Åの酸化珪素膜を形成した。この酸化膜の形成方法としては、酸素雰囲気中でのスパッタ法やＴＥＯＳを酸素雰囲気のプラズマＣＶＤ法で分解・堆積した。その後、この膜を５５０～７００℃、例えば、６５０℃で４時間、亜酸化窒素（N_2O）を２０％含む窒素雰囲気中でアニールした。かくすると、窒化アルミニウム膜は透明になり、かつ、その上の酸化珪素膜を高密度化することができた。

【００３０】

その後、プラズマＣＶＤ法やＬＰＣＶＤ法によってアモルファス状のシリコン膜を２００～１５００Å、好ましくは３００～８００Å堆積し、６００℃の窒素雰囲気中で４８時間アニールした。こうして得られた結晶性シリコン膜をパターニングして、島状シリコン領域２０４を形成した。そして、ゲイト絶縁膜２０７として、厚さ２００～１５００Å、好ましくは５００～１０００Åの酸化珪素を形成した。

【００３１】

そして、厚さ２０００Å～５μｍの燐が添加されたシリコン膜を減圧ＣＶＤ法によって形成して、これをパターニングし、ゲイト電極２０９、および配線２０８を形成した。その後、イオンドーピング法（プラズマドーピング法ともいう）によって、ＴＦＴの島状シリコン膜中に、ゲイト電極部をマスクとして自己整合的に不純物（燐）を注入した。ドーピングガスとしてはフォスフィン（PH_3）を用いた。ドーズ量は、$1\sim8\times10^{15}cm^{-2}$とした。

【００３２】

さらに、ＫｒＦエキシマーレーザー（波長２４８ｎｍ、パルス幅２０ｎｓｅｃ）を照射して、上記不純物領域の導入によって、結晶性の劣化した部分の結晶性を改善させた。レーザーのエネルギー密度は１５０～４００ｍＪ／cm^2、好ましくは２００～２５０ｍＪ／cm^2であった。こうして、Ｎ型不純物（燐）領域２０５、２０６を形成した。これらの領域のシート抵抗は２００～８００Ω／□であった。（図２（Ａ））

【００３３】

その後、全面に層間絶縁物２１０としてプラズマＣＶＤ法、もしくは減圧ＣＶＤ法あるいは常圧ＣＶＤ法によって酸化珪素膜を厚さ３０００Å形成した。さらに、フォトレジスト２１１を選択的に形成した。このようなフォトレジストは、配線の交差する部分もしくは配線にコンタクトが設けられる部分に形成すると良い。（図２（Ｂ））

そして、図２（Ｃ）に示すように、フォトレジスト２１１をマスクとして、層間絶縁物２１０、ゲイト絶縁物２０７、さらに下地酸化珪素膜２０３をエッチングした。下地酸化珪素膜はエッチングされたが、窒化アルミニウム膜がストッパーとなって基板はエッチングされなかった。このため、平坦な表面が得られた。（図２（Ｃ））

【００３４】

そして、配線材料としてチタン膜（厚さ２０００Å～５μｍ）を形成し、これをパターニングして、ＴＦＴのソース、ドレインに接続する配線２１２、２１３を形成した。さらに、ＩＴＯを選択的に形成して画素電極２１４とした。最後に、このようにして処理した基

板を１気圧、３５０℃の水素中で３０分間アニールして、水素化を完了した。このようにして、ＴＦＴが完成した。同時に作製した多数のＴＦＴをマトリクス状に配列せしめてアクティブマトリクス型液晶表示装置とした。

【００３５】

〔実施例３〕　本発明によって、ＴＦＴを作製する例を図３に示す。本実施例のＴＦＴは、アクティブマトリクス回路とそれを駆動するための周辺回路を有するモノリシック型アクティブマトリクス回路における周辺回路のＴＦＴ、特にチャネル幅が２００～８００μｍのドライバーＴＦＴに関するものである。このようなドライバーＴＦＴは大きな電流を制御することから発熱量が大きい。そのため、本発明の下地膜による迅速な熱の放散が望まれる。

【００３６】

まず、基板（コーニング７０５９）３０１上に、厚さ２０００～５０００Åの窒化アルミニウム膜３０２を反応性スパッタ法によって堆積した。アルミニウムをターゲットとして、窒素とアルゴンの雰囲気でスパッタリングをおこなった。窒素の割合は２０％以上とすると良好な熱伝導性を有する被膜が得られた。スパッタ時の圧力は、１×１０^{-4}～１×１０^{-2}Ｔｏｒｒで好ましい結果が得られた。成膜速度は２０～２００Å／分だった。また、成膜の際には基板温度を１００～５００℃に上昇させてもよい。

【００３７】

次に、下地酸化膜３０３として厚さ１０００～２０００Åの酸化珪素膜を形成した。この酸化膜の形成方法としては、酸素雰囲気中でのスパッタ法やＴＥＯＳを酸素雰囲気のプラズマＣＶＤ法を用いればよい。

その後、プラズマＣＶＤ法やＬＰＣＶＤ法によってアモルファス状のシリコン膜を１０００～３０００Å、好ましくは１０００～１５００Å堆積し、６００℃の窒素雰囲気中で４８時間アニールした。こうして得られた結晶性シリコン膜をパターニングして、島状シリコン領域３０４を形成した。そして、ゲイト絶縁膜３０５として、厚さ２００～１５００Å、好ましくは５００～１０００Åの酸化珪素を形成した。

【００３８】

そして、厚さ２０００Å～５μｍのアルミニウム膜を電子ビーム蒸着法によって形成して、これをパターニングし、さらに、実施例１と同様の条件で陽極酸化処理を施して、ゲイト電極３０６、および配線３０７を形成した。（図３（Ａ））

その後、イオンドーピング法（プラズマドーピング法ともいう）によって、ＴＦＴの島状シリコン膜中に、ゲイト電極部をマスクとして自己整合的に不純物（燐）を注入した。ドーピングガスとしてはフォスフィン（PH_3　）を用いた。ドーズ量は、$２\sim８\times１０^{15}$ $ｃｍ^{-2}$とした。（図３（Ｂ））

【００３９】

そして、下地酸化珪素膜３０３をエッチングした。エッチングは窒化アルミニウム膜３０２がストッパーとなって止まった。この状態で、ＫｒＦエキシマーレーザー（波長２４８ｎｍ、パルス幅２０ｎｓｅｃ）を照射して、上記不純物領域の導入によって、結晶性の劣化した部分の結晶性を改善させた。レーザーのエネルギー密度は１００～４００ｍＪ／$ｃｍ^2$　、好ましくは１００～１５０ｍＪ／$ｃｍ^2$　であった。燐やホウ素を含有する酸化珪素膜は紫外光を吸収するので、実施例１のように、スルードーピング後に、引き続いてレーザーアニールをおこなうには強力なレーザー光が必要であった。しかし、本実施例では、ドーピング後に酸化珪素膜（ゲイト絶縁膜）が除去されていると、レーザーのエネルギーは少なくても良かった。このためレーザー処理のスループットを向上させることができた。こうして、Ｎ型不純物（燐）領域３０８、３０９を形成した。これらの領域のシート抵抗は２００～８００Ω／□であった。（図３（Ｃ））

【００４０】

その後、全面に層間絶縁物３１０としてプラズマＣＶＤ法、もしくは減圧ＣＶＤ法あるいは常圧ＣＶＤ法によって酸化珪素膜を厚さ２０００～３０００Å形成し、配線材料としてアルミニウム膜（厚さ２０００Å～５μｍ）を形成し、これをパターニングして、ＴＦＴ

のソース、ドレインに接続する配線３１１、３１２を形成した。配線３１２と配線３０７は図に示すように交差する。（図３（Ｃ））

【００４１】

最後に、このようにして処理した基板を１気圧、３５０℃の水素中で３０分間アニールして、水素化を完了した。このようにして、ＴＦＴが完成した。同様に不純物領域にホウ素をドーピングしてＰチャネル型のＴＦＴも作製し、ＣＭＯＳ回路を作製した。Ｎチャネル型、Ｐチャネル型の典型的な電界効果移動度は、それぞれ、８０～１５０ｃｍ^2／Ｖｓ、４０～１００ｃｍ^2／Ｖｓであった。また、このＴＦＴで作製したシフトレジスタは、ドレイン電圧１７Ｖにおいて、１１ＭＨｚで動作することが確認された。

【００４２】

さらに、ゲイトやドレインに長時間（～９６時間）にわたって高電圧（＞２０Ｖ）を印加しても特性の劣化は少なかった。これは、ＴＦＴで局所的に発生した熱が速やかに放散され、半導体被膜やゲイト絶縁膜との界面からの水素の離脱が抑制されたためである。実際に、長時間のバイアス印加状態（ゲイト電圧１１Ｖ、ドレイン電圧１４Ｖ）における発熱の状態をサーモグラフィー（日本アビオニクス社製）によって確かめたところ、本実施例によるＴＦＴでは恒常的な温度上昇は見られず、せいぜい、５０℃程度の温度までしか上昇しなかった。しかしながら、従来のＴＦＴ（下地膜として窒化アルミニウム膜を有しない）では、同条件では、短時間のうちに１００℃以上にまで加熱され、素子特性が著しく劣化した。このように、本発明の効果は顕著に確かめられた。

【００４３】

〔実施例４〕

本実施例はアクティブマトリクス型液晶ディスプレーの画素部分の形成方法を示す。図４および図５に本実施例を示す。まず、基板４０１としては、コーニング７０５９を用いた。基板は、下地膜の成膜の前もしくは後に、歪み温度よりも高い温度でアニールをおこなった後、０．１～１．０℃／分で歪み温度以下まで徐冷すると、その後の温度上昇を伴う工程での基板の収縮が少なく、マスク合わせが用意となる。コーニング７０５９基板では、６２０～６６０℃で１～４時間アニールした後、０．０３～１．０℃／分、好ましくは、０．１～０．３℃／分で徐冷し、４５０～５９０℃まで温度が低下した段階で取り出すとよい。本実施例では、６３０℃で４時間アニールしたのち、０．２℃／分で徐冷した。

【００４４】

そして、基板４０１上に厚さ０．１～２μｍ、好ましくは０．２～０．５μｍ例えば０．３μｍの窒化アルミニウム膜４０２を反応性スパッタ法によって堆積した。アルミニウムをターゲットとして、窒素とアルゴンの雰囲気でスパッタリングをおこなった。窒素の割合は２０％以上とすると良好な熱伝導性を有する被膜が得られた。スパッタ時の圧力は、1×10^{-4}～1×10^{-2}Ｔｏｒｒで好ましい結果が得られた。成膜速度は２０～２００Å／分だった。また、成膜の際には基板温度を１００～５００℃に上昇させてもよい。この窒化アルミニウム膜４０２の成膜は、前記の基板アニール処理の前でもよかった。その後、スパッタリング法によって厚さ０～１０００Å、好ましくは２０～５００Å、例えば２００Åの非常に薄い酸化珪素の下地膜４０３を形成した。

【００４５】

下地膜成膜後、プラズマＣＶＤ法によって、厚さ３００～１５００Å、例えば１０００Åの真性（Ｉ型）のアモルファスシリコン膜４０４を成膜した。さらに、プラズマＣＶＤ法によって、厚さ２００～２０００Å、例えば５００Åの酸化珪素もしくは窒化珪素のマスク膜４０５を成膜した。そして、このマスク膜４０５に選択的に孔４０６を形成した。

さらに、スパッタリング法によって、厚さ５～２００Å、例えば２０Åのニッケル膜４０７を成膜した。ニッケル膜の代わりに珪化ニッケル膜（化学式$NiSi_x$、$0.4\leqq x\leqq2.5$、例えば、$x=2.0$）を用いてもよい。また、ニッケル以外にも銅、パラジウム等にも同様にアモルファスシリコンを結晶化させる触媒作用があるので、これらを用いてもよい。（図４（Ａ））

【００４６】

そして、不活性雰囲気下（窒素もしくはアルゴン、大気圧），５５０℃、で４～８時間、例えば８時間アニールして結晶化させた。この工程で、ニッケルが孔４０６の部分からシリコン膜中に導入された。ニッケルは、アモルファスシリコンに対しては、触媒的に作用して結晶化を促進させるため、最初に孔４０６の直下の領域４１０が結晶化した。しかし、この領域では結晶性はランダムであった。その後、ニッケルの拡散とともに結晶化は、孔４０６から周囲に広がり、図の矢印の方向に結晶化が進行し、領域４０９が結晶化した。領域４０９では、結晶化が一方向に進行するため、良好な結晶性が得られた。領域４０８は未結晶化領域である。結晶化領域の大きさはアニール時間に依存した。
マスク膜４０５が薄いと、ニッケルが孔４０６以外から侵入して、結晶化が開始されるので、良好な結晶性を得る目的上、好ましくなかった。したがって、マスク膜４０５は、本実施例のように少なくとも５００Åは必要であった。（図４（Ｂ））

【００４７】
この工程の後に、公知のフォトリソグラフィー法によって、シリコン膜４０４をパターニングして、ＴＦＴの島状の活性層４１１を形成した。この際、チャネル形成領域となる部分に横方向の結晶成長の先端部（すなわち、結晶化領域４０９と未結晶化領域４０８の境界）、およびニッケルが直接、導入された領域４１０（いずれも、ニッケルの濃度が大きい）が存在しないようにすることが重要である。このようにすることで、ソース／ドレイン間を移動するキャリアがチャネル形成領域において、ニッケル元素の影響を受けないようにすることができる。本実施例では選択的にニッケルをシリコン膜に導入し、横方向の結晶化領域４０９のみをＴＦＴの活性層に用いたが、このような選択的なニッケルの導入をおこなわずに、ニッケルを一様に導入して、結晶化させたシリコン膜を用いてもよい。ただし、その場合のＴＦＴの特性は、前者に比較してやや劣る。

【００４８】
図４（（Ｃ）は、シリコン膜４０４のエッチングの途中の様子が示されている。すなわち、島状活性層４１１上には、マスク膜およびフォトレジスト４１２が存在する。このエッチング工程では下地の酸化珪素膜４０３もエッチングされた。（図４（Ｃ））
本工程の後、フォトレジストを剥離し、さらに、活性層４１１上のマスク膜をもエッチングする必要がある。これは通常、フッ化水素酸系のエッチャントを用いておこなわれるが、従来のＴＦＴプロセスにおいては、下地膜として、酸化珪素膜のみを用いていたので、マスク膜のエッチングの際に、下地膜も同様にエッチングされる（この場合には、少なくともマスク膜の厚さ５００Åだけ、下地膜がエッチングされる）ことが問題であった。５００Åもの段差は、あとでゲイト電極を形成した場合において、ゲイト電極の断線の大きな原因であった。このため、マスク膜を薄くすることが必要とされたが、マスク膜があまりに薄いと、上述のように選択的な結晶化をおこなうに際して不都合があった。

【００４９】
しかしながら、本実施例では、下地膜として、フッ化水素酸によってほとんどエッチングされない窒化アルミニウム膜を用いていたので、マスク膜のみを選択的にエッチングできた。問題の段差も、シリコン膜の厚さ（１０００Å）に下地の酸化珪素膜４０３の厚さｔ（＝２００Å）を加えただけでおさまり、その後のゲイト電極の断線の問題は生じなかった。

【００５０】
このように活性層を形成した後、０．５～４μｍここでは０．８～１．４μｍにピークをもつ赤外光を３０～１８０秒照射し、活性層の結晶化をさらに助長させた（光アニール（ランプアニール）工程、もしくはＲＴＰ）。温度は８００～１３００℃、代表的には９００～１２００℃、例えば１１００℃とした。この温度は、同時にモニターとしてセットされた単結晶シリコン基板内の熱電対の温度であり、実際の基板表面の温度ではない。活性層の表面の状態を良くするために、照射はH_2　雰囲気中でおこなった。本工程は、活性層を選択的に加熱することになるので、ガラス基板への加熱を最小限に抑えることができる。そして、活性層中の欠陥や不体結合手を減少させるのに非常に効果がある。このときに問題になることは、本実施例では、選択的な結晶化工程を用いているので、赤外線の吸

収がシリコン膜の場所によって異なることであった。例えば、活性層４１１内においても、図の右側では結晶成分が多いために上記の赤外線を吸収しやすく、一方、左側ではアモルファス成分が多いために、赤外線を吸収しにくいというような現象が観察された。

【００５１】

しかし、本実施例では、下地膜に熱伝導率のよい、窒化アルミニウム膜を用いているので、上記の赤外線の照射によって、シリコン膜が吸収した熱は、シリコン膜の特定の場所に蓄積されることなく、下地膜を通じてただちに拡散するため、シリコン膜が均一に加熱され、熱的な歪みが生じることがなく、シリコン膜の均一性を高めることができた。

その後、プラズマＣＶＤ法によって厚さ１０００Åの酸化珪素膜４１３をゲイト絶縁膜として成膜した。ＣＶＤの原料ガスとしてはＴＥＯＳ（テトラ・エトキシ・シラン、$Si(OC_2H_5)_4$）と酸素を用い、成膜時の基板温度は３００～５５０℃、例えば４００℃とした。

【００５２】

このゲイト絶縁膜となる酸化珪素膜４１３の成膜後に、可視・近赤外光の照射による光アニールを再度行なった。このアニールによって、主に酸化珪素膜４１３とシリコン活性層４１１との界面及びその近傍における準位を消滅させることができた。これは、ゲイト絶縁膜とチャネル形成領域との界面特性が極めて重要である絶縁ゲイト型電界効果半導体装置にとっては極めて有用である。

【００５３】

引き続いて、スパッタリング法によって、厚さ３０００～８０００Å、例えば５０００Åのアルミニウム（０．０１～０．２％のスカンジウムを含む）を成膜した。そして、アルミニウム膜をパターニングして、ゲイト電極と配線を形成した。さらに、このアルミニウムの電極および配線の表面を陽極酸化して、表面に酸化物層を形成した。この陽極酸化は、酒石酸が１～５％含まれたエチレングリコール溶液中で行った。得られた酸化物層の厚さは２０００Åであった。このようにして、ゲイト電極部（すなわち、ゲイト電極とその周囲の酸化物層）４１４および配線部４１５形成した。ゲイト電極はこの他にも、多結晶シリコンやチタン、タングステン、タンタル等の金属、あるいはそれらの金属のシリサイドを単層、あるいは多層にして用いてもよい。（図４（Ｄ））

【００５４】

次に、イオンドーピング法（プラズマドーピング法とも言う）によって、活性層領域（ソース／ドレイン、チャネルを構成する）にゲイト電極部４１４をマスクとして、自己整合的にＮ導電型を付与する不純物を添加した。ドーピングガスとしてはフォスフィン（PH_3）を用い、加速電圧を６０～９０ｋＶ、例えば８０ｋＶとした。ドース量は1×10^{15}～$8\times10^{15}cm^{-2}$、例えば、$2\times10^{15}cm^{-2}$とした。この結果、Ｎ型の不純物領域４１６と４１７が形成された。この不純物領域４１６、４１７には、チタン等のシリサイドを形成してもよい。

【００５５】

その後、レーザー光の照射によってアニール行った。レーザー光としては、ＫｒＦエキシマレーザー（波長２４８ｎｍ、パルス幅２０ｎｓｅｃ）を用いたが、他のレーザーであってもよい。レーザー光の照射条件は、エネルギー密度が２００～４００ｍＪ／cm^2、例えば２５０ｍＪ／cm^2とし、一か所につき２～１０ショット、例えば2ショット照射した。このレーザー光の照射時に基板を２００～４５０℃程度に加熱することによって、効果を増大せしめてもよい。

【００５６】

また、この工程は、可視・近赤外光によるランプアニールによる方法でもよい。可視・近赤外線は結晶化した珪素、または燐またはホウ素が10^{19}～$10^{21}cm^{-3}$添加された非晶質珪素へは吸収されやすく、１０００℃以上の熱アニールにも匹敵する効果的なアニールを行うことができる。燐またはホウ素が添加されていると、その不純物散乱により、近赤外線でも十分光が吸収される。このことは肉眼による観察でも黒色であることから十分に推測がつく。その反面、ガラス基板へは吸収されにくいので、ガラス基板を高温に

加熱することがなく、また短時間の処理ですむので、ガラス基板の縮みが問題となる工程においては最適な方法であるといえる。本実施例においては下地膜として熱伝導度の高い窒化アルミニウム膜を用いているので、このようなアニール工程においても、１か所に熱が蓄積された熱的な破壊をもたらすことはなかった。特に、熱的に弱いアルミニウムをゲイト電極を用いるだけに、下地膜として窒化アルミニウム膜を用いることは好ましかった。

【００５７】

その後、厚さ３０００～８０００Å、例えば、６０００Åの酸化珪素膜４１８を層間絶縁物としてプラズマＣＶＤ法によって形成した。この層間絶縁物としてはポリイミドまたは酸化珪素とポリイミドの２層膜を利用してもよい。さらに、スパッタ法によって、厚さ８００ÅのＩＴＯ膜を成膜し、これパターニングして画素電極４１９を形成した。そして、層間絶縁物を緩衝フッ化水素酸（ＨＦ／NH_4　Ｆ＝０．０１～０．２、例えば、０．１）でエッチングしてコンタクトホール４２２、４２３を形成して、金属材料、例えば、窒化チタンとアルミニウムの多層膜によってＴＦＴの電極・配線４２０、４２１を形成した。最後に、１気圧の水素雰囲気で３５０℃、３０分のアニールを行い、ＴＦＴを相補型に構成した半導体回路を完成した。（図４（Ｅ））

【００５８】

本実施例では特に、コンタクトホール４２２、４２３は活性層の端部に形成し、一部は活性層からはみ出すような形状とした。このような形状としても、本実施例では下地膜として窒化アルミニウム膜を用いているので、基板へのオーバーエッチはほとんどなく、再現性良くＴＦＴを形成することができた。図５（Ａ）に本発明によって作製した。ＴＦＴを上から見た図を示すが、活性層４１１は直線状とし、その両端にコンタクトホール４２２、４２３を活性層からはみ出す形状に形成した。活性層とゲイト配線４１５の間隔はx_1の距離に、また、活性層と画素電極４１９の距離はx_2を保つように配置した。これはミスアライメントによる線の重なりを防止するためである。本実施例では活性層の面積が小さいので、画素電極の面積を大きく、また、配線の専有する面積を小さくできる。

【００５９】

図５（Ｂ）には、従来のＴＦＴを上から見た様子を、また、図５（Ｃ）にはその断面を示したもので、図５（Ｂ）から明らかなように、活性層はゲイト電極部分ではくびれて細く、ソース、ドレインの領域では太くなっている。これは、コンタクトホール５２２、５２３を活性層のソース５１６、ドレイン５１７に確実に形成するためであり、オーバーエッチの心配からコントタクトホールがミスアライメントがあっても、活性層の部分に形成されるようにするためである。

【００６０】

しかしながら、このような構造では活性層面積が大きくなり、ゲイト配線５１５や画素電極５１９との重なりを防止するために、それぞれx_1、x_2だけ活性層から離して形成すると、図からも明らかなように、配線は大回りとなり、画素電極の面積は削減される。図５（Ａ）および図５（Ｂ）の点線の長方形は同じ面積を示すが、このことからも、従来の方法では、ＴＦＴとそれに接続する配線の占める面積が大きく、画素の面積が小さく、逆に本実施例では、ＴＦＴとその配線の占める面積が小さく、画素の面積が大きくなっていることが分かる。

このように、本実施例により、画素／配線の比率を向上させ、ひいては液晶表示装置の開口率向上や画素の微小化が実現できる。これらは、いずれも液晶表示装置の品質の向上につながるものである。

【００６１】

〔実施例５〕

本実施例はアクティブマトリクス型液晶ディスプレーの画素部分の形成方法を示す。図６に本実施例を示す。まず、基板６０１としては、コーニング７０５９を用いた。最初に、基板６０１上に厚さ０．１～２μｍ、好ましくは０．２～０．５μｍ、例えば、０．３μｍの窒化アルミニウム膜６０２を実施例４と同様に反応性スパッタ法によって堆積した。

その後、スパッタリング法によって厚さ０～１０００Å、好ましくは２０～５００Å、例えば２００Åの非常に薄い酸化珪素の下地膜６０３を形成した。
下地膜成膜後、厚さ３００～１５００Å、例えば８００Åの島状の結晶性シリコン領域６０４を形成した。さらに、プラズマＣＶＤ法によって厚さ１０００Åの酸化珪素膜６０５をゲイト絶縁膜として成膜した。ＣＶＤの原料ガスとしてはＴＥＯＳと酸素を用いた。

【００６２】

その後、厚さ１０００Å～３μｍ、例えば、６０００Åのアルミニウム膜（１ｗｔ％のＳｉ、もしくは０．１～０．３ｗｔ％のＳｃを含む）を電子ビーム蒸着法もしくはスパッタ法によって形成した。そして、フォトレジスト（例えば、東京応化製、ＯＦＰＲ８００／３０ｃｐ）をスピンコート法によって形成した。フォトレジストの形成前に、アルミニウム膜の全表面に陽極酸化法によって厚さ１００～１０００Åの酸化アルミニウム膜を表面に形成しておくと、フォトレジストとの密着性が良く、また、フォトレジストからの電流のリークを抑制することにより、後の陽極酸化工程において、多孔質陽極酸化物を側面のみに形成するうえで有効であった。その後、フォトレジストとアルミニウム膜をパターニングして、アルミニウム膜と一緒にエッチングし、配線６０６、ゲイト電極６０７を形成した。これらの配線、ゲイト電極の上には前記のフォトレジスト６０８、６０９が残されており、これは後の陽極酸化工程において陽極酸化防止のマスクとして機能する。（図６（Ａ））

【００６３】

そして、上記の配線、ゲイト電極に電解液中で電流を通じて陽極酸化し、厚さ３０００Å～２５μｍ、例えば、厚さ０．５μｍの陽極酸化物６１０、６１１を配線、ゲイト電極の側面に形成した。陽極酸化は、３～２０％のクエン酸もしくはショウ酸、燐酸、クロム酸、硫酸等の酸性水溶液を用いておこない、５～３０Ｖ、例えば、８Ｖの一定電流をゲイト電極に印加しておこなった。このようにして形成された陽極酸化物は多孔質なものであった。本実施例では、シュウ酸溶液（３０～８０℃）中で電圧を８Ｖとし、２０～２４０分、陽極酸化した。陽極酸化物の厚さは陽極酸化時間および温度によって制御した。（図６（Ｂ））

【００６４】

次に、マスク６０８、６０９を除去し、再び電解溶液中において、ゲイト電極・配線に電流を印加した。今回は、３～１０％の酒石液、硼酸、硝酸が含まれたＰＨ　７のエチレングルコール溶液を用いた。溶液の温度は１０℃前後の室温より低い方が良好な酸化膜が得られた。このため、ゲイト電極・配線６０６、６０７の上面および側面にバリヤ型の陽極酸化物６１２、６１３が形成された。バリヤ型陽極酸化物の厚さは印加電圧に比例し、例えば、印加電圧が１００Ｖで１２００Åの陽極酸化物が形成された。本実施例では、電圧は１００Ｖまで上昇させたので、得られたバリヤ型陽極酸化物の厚さは１２００Åであった。バリヤ型の陽極酸化物の厚さは任意であるが、あまり薄いと、後で多孔質陽極酸化物をエッチングする際に、アルミニウムを溶出させてしまう危険があるので、５００Å以上が好ましかった。

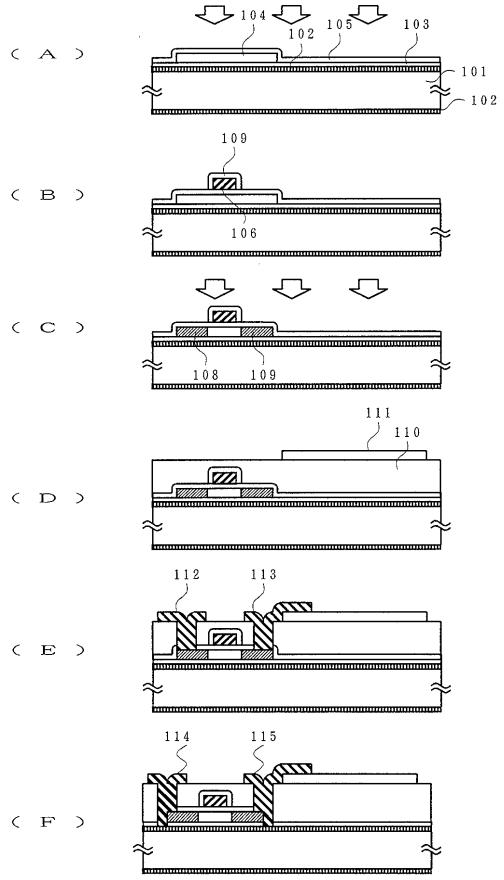
【００６５】

注目すべきは、バリヤ型の陽極酸化物は後の工程で得られるにもかかわらず、多孔質の陽極酸化物の外側にバリヤ型の陽極酸化物ができるのではなく、多孔質陽極酸化物とゲイト電極の間にバリヤ型の陽極酸化物が形成されることである。（図６（Ｃ））
その後、ドライエッチング法によって酸化珪素膜６０５をエッチングした。このエッチングにおいては、等方性エッチングのプラズマモードでも、あるいは異方性エッチングの反応性イオンエッチングモードでもよい。ただし、珪素と酸化珪素の選択比を十分に大きくすることによって、活性層を深くエッチングしないようにすることが重要である。例えば、エッチングガスとしてCF_4　を使用すれば陽極酸化物はエッチングされず、したがって、ゲイト電極・配線の下に存在する酸化珪素膜６１４、６１５はエッチングされずに残った。また、このエッチング工程においても、窒化アルミニウム膜６０２がストッパーなるため、これ以上のエッチングは進行せず、段差を最小限に食い止めることができた。

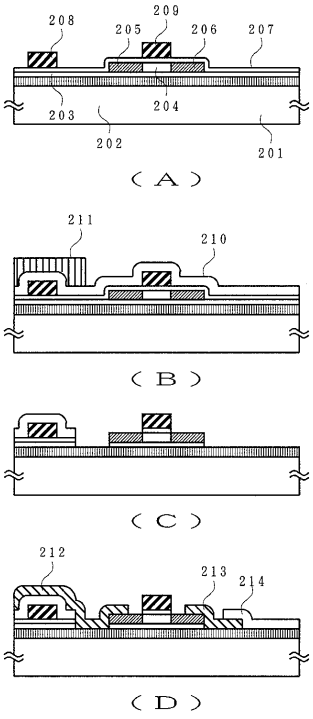
【００６６】
その後、燐酸、酢酸、硝酸の混酸を用いて多孔質陽極酸化物６１２，６１３をエッチングした。そして、イオンドーピング法によって、ＴＦＴの活性層６０４に、ゲイト電極部（すなわちゲイト電極とその周囲の陽極酸化膜）およびゲイト絶縁膜６１５をマスクとして自己整合的に不純物を注入した。この際には、イオンの加速電圧とドーズ量によって、不純物領域にさまざまな組み合わせが考えられる。例えば、加速電圧を５０～９０ｋＶと高めに設定し、ドーズ量を1×10^{13}～5×10^{14}ｃｍ$^{-2}$と低めにすれば、領域６１６、６１７には、ほとんどの不純物イオンは活性層を通過し、下地膜で最大の濃度を示す。このため、領域６１６、６１７は極めて低濃度の不純物領域となる。一方、上にゲイト絶縁膜６１５の存在する領域６１８では、ゲイト絶縁膜によって高速のイオンが減速されて、ちょうど、不純物濃度が最大となり、低濃度の不純物領域を形成することができる。
【００６７】
逆に、加速電圧を５～３０ｋＶと低めに設定し、ドーズ量を5×10^{14}～5×10^{15}ｃｍ$^{-2}$と多めにすれば、領域６１６、６１７には、多くの不純物イオンが注入され、高濃度の不純物領域となる。一方、上にゲイト絶縁膜６１５の存在する領域６１８では、ゲイト絶縁膜によって低速のイオンが妨げられて、不純物イオンの注入量は低く、低濃度の不純物領域を形成することができる。このように、いずれの方法を用いても、領域６１８は低濃度の不純物領域となり、本実施例では、いずれの方法を採用してもよい。
このようにして、イオンドーピングをおこない、Ｎ型の低濃度不純物領域６１８を形成した後、ＫｒＦエキシマーレーザー（波長２４８ｎｍ、パルス幅２０ｎｓｅｃ）を照射して、活性層中に導入された不純物イオンの活性化をおこなった。（図６（Ｄ））
【００６８】
さらに、全面に適当な金属、例えば、チタン、ニッケル、モリブテン、タングステン、白金、パラジウム等の被膜、例えば、厚さ５０～５００Åのチタン膜６１９をスパッタ法によって全面に形成した。この結果、金属膜（ここではチタン膜）６１９は高濃度（もしくは極低濃度）不純物領域６１６、６１７に密着して形成された。（図６（Ｅ））
【００６９】
そして、ＫｒＦエキシマーレーザー（波長２４８ｎｍ、パルス幅２０ｎｓｅｃ）を照射して、金属膜（ここではチタン）と活性層のシリコンを反応させ、金属珪化物（ここでは珪化チタン）の領域６２０，６２１を形成した。レーザーのエネルギー密度は２００～４００ｍＪ／ｃｍ^{2}　、好ましくは２５０～３００ｍＪ／ｃｍ^{2}　が適当であった。また、レーザー照射時には基板を２００～５００℃に加熱しておくと、チタン膜の剥離を抑制することはできた。
【００７０】
この後、過酸化水素とアンモニアと水とを５：２：２で混合したエッチング液で未反応のチタン膜のエッチングした。露出した活性層と接触した部分以外のチタン膜（例えば、ゲイト絶縁膜や陽極酸化膜上に存在したチタン膜）はそのまま金属状態で残っているが、このエッチングで除去できる。一方、金属珪化物である珪化チタン６２０，６２１はエッチングされないので、残存させることができた。本実施例では、珪化物領域６２０，６２１のシート抵抗は１０～５０Ω／□となった。一方、低濃度不純物領域６１８では１０～１００ｋΩ／□であった。
【００７１】
その後、全面に層間絶縁物６２２として、ＣＶＤ法によって酸化珪素膜を厚さ２０００Å～１μｍ、例えば、５０００Å形成した。そして、スパッタ法によってＩＴＯ膜を形成し、これをパターニング・エッチングして、画素電極６２３を形成した。さらに、層間絶縁物６２２をエッチングし、コンタクトホールを形成した、この際にも、実施例１および実施例４と同様に、コンタクトホールがソス／ドレインからはみ出すようなパターンとした。このようなパターンがＴＦＴの量産性、信頼性を向上させることは先に述べた通りである。そして、２０００Å～１μｍ、例えば５０００Åの厚さの窒化チタンとアルミニウムの多層膜による配線・電極６２４、６２５を形成した。（図６（Ｆ））

【００７２】
【発明の効果】
本発明によって、長時間の電圧印加に対しても十分な信頼性を示す、信頼性の高いＴＦＴを作製することが出来た。また、活性層やコンタクトの配置においても従来にない自由度を得ることができ、素子の微細化が実現できた。このように本発明は工業的価値が大きな発明であるが、特に大面積基板上にＴＦＴを形成し、これをアクティブマトリクスや駆動回路に利用することによる産業上のインパクトは大きい。
【００７３】
実施例では示さなかったが、本発明を単結晶結晶ＩＣやその他のＩＣの上にさらに半導体回路を積み重ねるといういわゆる立体ＩＣを形成することに用いてもよい。また、実施例では主として各種ＬＣＤに本発明を使用する例を示したが、その他の絶縁基板上に形成することが要求される回路、例えばイメージセンサー等においても本発明が実施できることは言うまでもない。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明によるＴＦＴの作製方法を示す。（実施例１）
【図２】本発明によるＴＦＴの作製方法を示す。（実施例２）
【図３】本発明によるＴＦＴの作製方法を示す。（実施例３）
【図４】本発明によるＴＦＴの作製方法を示す。（実施例４）
【図５】本発明によるＴＦＴおよび従来のＴＦＴの対比をしめす。（実施例４）
【図６】本発明によるＴＦＴの作製方法を示す。（実施例５）
【符号の説明】
１０１　　基板
１０２　　窒化アルミニウムを主成分とする被膜
１０３　　酸化珪素を主成分とする被膜
１０４　　島状半導体領域（シリコン）
１０５　　ゲイト絶縁膜（酸化珪素）
１０６　　ゲイト電極（アルミニウム）
１０７　　陽極酸化物（酸化アルミニウム）
１０８、１０９　Ｎ型不純物領域
１１０　　層間絶縁物（酸化珪素）
１１１　　画素電極（ＩＴＯ）
１１２、１１３　金属配線（クロムもしくは窒化チタン）

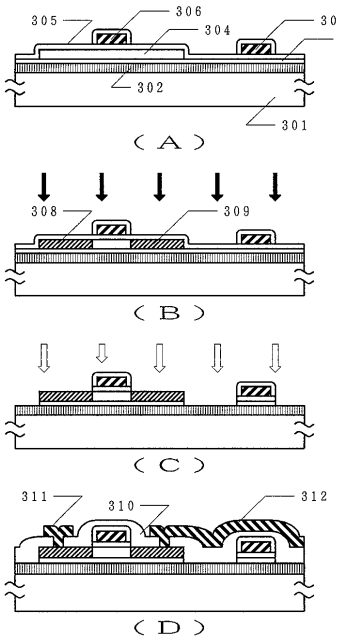
【図１】


（Ａ）
104
102
105
103
101
102
（Ｂ）
109
106
（Ｃ）
108
109
（Ｄ）
111
110
（Ｅ）
112
113
（Ｆ）
114
115

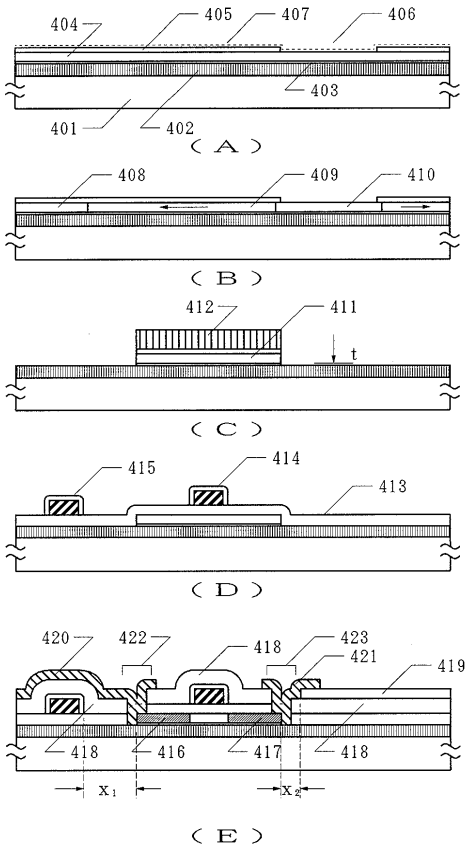
【図２】


208
209
205
206
207
203
204
202
201
（Ａ）
211
210
（Ｂ）
（Ｃ）
212
213
214
（Ｄ）

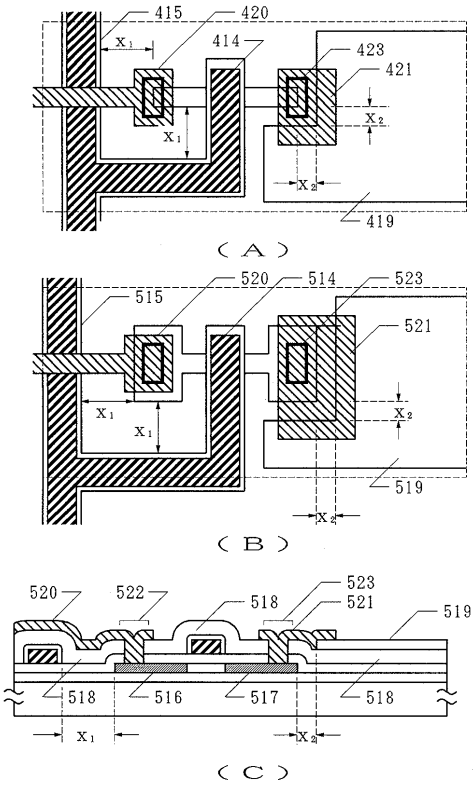
【図３】


305
306
304
307
303
302
301
（Ａ）
308
309
（Ｂ）
（Ｃ）
311
310
312
（Ｄ）

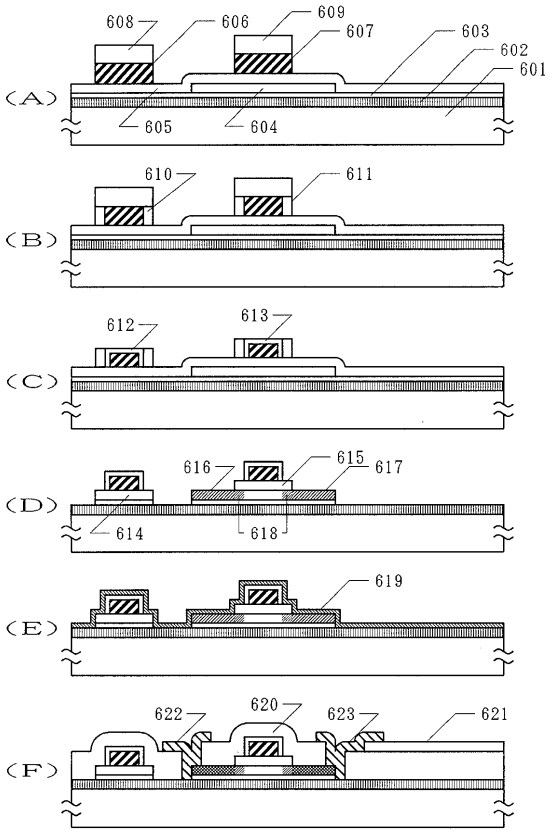
【図４】


404
405
407
406
403
401
402
（Ａ）
408
409
410
（Ｂ）
412
411
t
（Ｃ）
415
414
413
（Ｄ）
420
422
418
423
421
419
418
416
417
418
x1
x2
（Ｅ）

【図５】


415
420
414
423
421
419
515
520
514
523
521
519
520
522
518
523
521
519
518
516
517
518

【図６】


608
606
609
607
603
602
601
605
604
610
611
612
613
616
615
617
614
618
619
622
620
623
621