(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3778456号

(P3778456)

(45)発行日　平成18年5月24日(2006.5.24)　(24)登録日　平成18年3月10日(2006.3.10)

(51)Int.Cl.		F I	
H01L 29/786	(2006.01)	H01L 29/78	627G
H01L 21/336	(2006.01)	H01L 29/78	627C
H01L 21/20	(2006.01)	H01L 29/78	618C
		H01L 21/20	

請求項の数 8　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願平7-56481
(22)出願日　平成7年2月21日(1995.2.21)
(65)公開番号　特開平8-228006
(43)公開日　平成8年9月3日(1996.9.3)
審査請求日　平成11年9月9日(1999.9.9)
審判番号　不服2002-21042(P2002-21042/J1)
審判請求日　平成14年10月31日(2002.10.31)

(73)特許権者　000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷３９８番地
(74)代理人　100108741
弁理士　渡邊　順之
(72)発明者　楠本　直人
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　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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】絶縁ゲイト型薄膜半導体装置の作製方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ＹＡＧレーザーの高調波を用いてレーザー光を生成する工程と、

非晶質半導体膜をエッチングして、最も狭い部分の幅が１００μｍ以下の長方形状の第１の島状半導体領域を形成する工程と、

前記第１の島状半導体領域を前記レーザー光を走査して光アニールして、結晶化する、または結晶性を高める工程と、

前記第１の島状半導体領域を前記レーザー光を走査して光アニールした際に当該第１の島状半導体領域外周部に生成される歪領域における、チャネルを形成する部分のみをエッチングして、第２の島状半導体領域を形成する工程と、

を有することを特徴とする絶縁ゲイト型薄膜半導体装置の作製方法。

【請求項２】

ＹＡＧレーザーの高調波を用いてレーザー光を生成する工程と、

非晶質半導体膜をエッチングして、最も狭い部分の幅が１００μｍ以下の長方形状の第１の島状半導体領域を形成する工程と、

前記第１の島状半導体領域を前記レーザー光を走査して光アニールして、結晶化する、または結晶性を高める工程と、

前記第１の島状半導体領域を前記レーザー光を走査して光アニールした際に当該第１の島状半導体領域外周部に生成される歪領域における、チャネルを形成する部分のみをエッチングして、第２の島状半導体領域を形成する工程と、

前記第２の島状半導体領域を覆って、ゲイト絶縁膜を形成する工程と、
前記第２の島状半導体領域のエッチングされた部分を横切って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Ｎ型もしくはＰ型不純物を前記第２の島状半導体領域に導入する、もしくは拡散する工程と、
を有することを特徴とする絶縁ゲイト型薄膜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の島状半導体領域は凹部がない形状であることを特徴とする絶縁ゲイト型薄膜半導体装置の作製方法。
【請求項４】
ＹＡＧレーザーの高調波を用いてレーザー光を生成する工程と、
非晶質半導体膜の膜面を、その短辺が１００μｍ以下の長方形になるようにエッチングし、第１の島状半導体領域を形成する工程と、
前記第１の島状半導体領域を前記レーザー光を走査して光アニールする工程と、
前記第１の島状半導体領域を前記レーザー光を走査して光アニールした際に当該第１の島状半導体領域外周部に生成される歪領域における、チャネルを形成する部分のみをエッチングして、第２の島状半導体領域を形成する工程と、
を有することを特徴とする絶縁ゲイト型薄膜半導体装置の作製方法。
【請求項５】
請求項１ないし４のいずれか１項において、前記第２の島状半導体領域は、水素またはハロゲン元素を1×10^{15}～1×10^{20}原子cm^{-3}の濃度で含むことを特徴とする絶縁ゲイト型薄膜半導体装置の作製方法。
【請求項６】
請求項１ないし５のいずれか１項において、前記ＹＡＧレーザーの高調波として、第２高調波を用いることを特徴とする絶縁ゲイト型薄膜半導体装置の作製方法。
【請求項７】
請求項１ないし５のいずれか１項において、前記ＹＡＧレーザーの高調波として、第３高調波を用いることを特徴とする絶縁ゲイト型薄膜半導体装置の作製方法。
【請求項８】
請求項１ないし７のいずれか１項において、前記第２の島状半導体領域は、酸素を1×10^{17}～5×10^{19}原子cm^{-3}の濃度で含むことを特徴とする絶縁ゲイト型薄膜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】
本明細書で開示する発明は、結晶性を有する薄膜半導体を用い、かつ、ゲイト電極を有する半導体装置、例えば、薄膜トランジスタの作製方法に関する。薄膜トランジスタの応用範囲としては、アクティブマトリクス型の液晶表示装置が知られている。これは、マトリクス状に配置された数十万以上の画素のそれぞれにスイッチング素子として薄膜トランジスタを配置し、微細で高精細の表示をおこなうものである。
【０００２】
【従来の技術】
近年、ガラスや石英基板上に形成された薄膜半導体を用いたトランジスタ（薄膜トランジスタやＴＦＴと称される）が注目されている。これは、ガラス基板や石英基板の表面に数百～数千Åの厚さを有する薄膜半導体を形成し、この薄膜半導体を用いてトランジスタ（絶縁ゲイト型電界効果トランジスタ）を形成する技術である。
【０００３】
このような薄膜トランジスタは、非晶質珪素（アモルファスシリコン）薄膜を用いたものと結晶性珪素を用いたものが実用化されている。結晶性珪素を用いた薄膜トランジスタは特性が優れているため、将来性が期待されている。

現在、実用化されている結晶性珪素半導体を用いた薄膜トランジスタでは、結晶性珪素薄膜は非晶質珪素博膜を熱アニールする方法、もしくは、直接、結晶性珪素膜を気相成長法によって成膜する方法によって得られている。しかしながら、プロセスの低温化という点ではレーザー等の強光を照射することによって、非晶質珪素膜を結晶化せしめる光アニール法が有望とされている。（例えば、特開平４－３７１４４）

【０００４】

光アニールによって結晶性半導体薄膜を得る場合には大きく分けて２つの方法がある。第１の方法は半導体薄膜を形成する素子の形状にエッチングしてから光アニールする方法である。他の方法は平坦な膜を光アニールしたのち、形成する素子の形状にエッチングする方法である。一般に前者の方が後者よりも良好な特性（特に電界効果移動度）が得られることが知られていた。これは前者の方法では、光アニールの結果、膜が収縮し、パターンの中央部に応力が加わるためであると推定されている。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この場合にも問題は存在する。すなわち、初期特性は良いものの、長時間使用するにしたがって、急激に特性が悪化するという問題である。

【０００６】

従来の方法によって特性の劣化が生じた原因を図３を用いて説明する。最初、図３（Ａ）に示されるような長方形３２の非晶質珪素の島状半導体領域３１を形成したとする。これを光アニールすると結晶化によって膜が僅かだが収縮する（図の点線は光アニール前の島状半導体領域の大きさを示す）。また、この収縮過程において、島状領域領域の外周部に歪みが蓄積した領域３３が形成される。このような領域３３の結晶性はそれほど良好なものではない。（図３（Ｂ））

【０００７】

このような島状領域を横断してゲイト電極３４を形成した場合（図３（Ｃ））には、図３（Ｄ）にそのゲイト電極に沿った（ａ－ｂ）断面を示すように、ゲイト電極３４およびゲイト絶縁膜３５の下に歪みの蓄積した領域３３が存在することとなる。ゲイト電極に電圧を印加すると、領域３３とゲイト絶縁膜３５の界面特性が良好でないために電荷がトラップされるようになり、この電荷による寄生チャネル等によって劣化が発生する。（図３（Ｄ））

【０００８】

本発明はこのような特性の劣化に鑑みてなされたものであり、劣化の少ない絶縁ゲイト型半導体装置の作製方法を提供することを目的とする。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

本発明の第１は以下のような工程を有する。

（１）　非晶質半導体膜を、その最も狭い部分の幅が１００μｍ以下である第１の形状にエッチングし、島状半導体領域を形成する工程

（２）　前記半導体領域に光アニールを施して、結晶化せしめる、もしくは、結晶性を高める工程

（３）　前記半導体領域の端部（もしくは周辺部）のうち、少なくとも半導体装置のゲイト電極もしくはチャネルを形成する部分を端から１０μｍ以上エッチングして、第２の形状の半導体領域を形成する工程

【００１０】

また、本発明の第２は以下のような工程を有する。

（１）　非晶質半導体膜を、その最も狭い部分の幅が１００μｍ以下である第１の形状にエッチングし、島状半導体領域を形成する工程

（２）　前記半導体領域に光アニールを施して、結晶化せしめる、もしくは、結晶性を高める工程

（３）　前記半導体領域の端部（もしくは周辺部）の一部もしくは全部をエッチングする

工程
（４）　前記半導体領域を覆って、ゲイト絶縁膜を形成する工程
（５）　前記半導体領域の端部のうち、エッチングされた部分を横切ってゲイト電極を形成する工程
（６）　前記ゲイト電極をマスクとしてＮ型もしくはＰ型不純物を導入する、もしくは拡散する工程
【００１１】
上記本発明の第１および第２において、第１の形状は長方形、正多角形、長円形（円を含む）のいずれか、より、一般的には、外周上のいかなる点においても凹でない形状であると好ましい。
【００１２】
上記構成において、非晶質半導体膜は、ガラス基板や石英基板等の絶縁表面を有する基板上に形成される。非晶質珪素膜は、プラズマＣＶＤ法や減圧熱ＣＶＤ法で形成される。また、光アニールには、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）等の各種エキシマレーザーやＮｄ：ＹＡＧレーザー（波長１０６４ｎｍ）やその第２高調波（波長５３２ｎｍ）、同第３高調波（波長３５５ｎｍ）等を用いればよい。本発明では、光源がパルス発振でも連続発振でもよい。また、特開平６－３１８７０１に開示されるがごとく、光アニールに際して、珪素の結晶化を助長する金属元素（例えば、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｐｄ、Ｐｔ等）を利用して、結晶化を促進せしめてもよい。
【００１３】
また本明細書で開示する発明は、島状の半導体領域を単結晶または単結晶と見なせる領域で構成する場合に特に有効である。単結晶または単結晶と見なせる領域は、後に実施例で詳細に説明するように、非晶質珪素膜や結晶性を有する珪素膜に対して、線状にビーム加工されたレーザー光を走査しながら照射することによって得ることができる。
【００１４】
　単結晶または単結晶と見なせる領域は、下記の条件を満たしている領域として定義される。
・結晶粒界が実質的に存在していない。
・点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を1×10^{15}～1×10^{20}原子cm^{-3}の濃度で含んでいる。
・炭素および窒素の原子を1×10^{16}～5×10^{18}原子cm^{-3}の濃度で含んでいる。
・酸素の原子を1×10^{17}～5×10^{19}原子cm^{-3}の濃度で含んでいる。
　なお、上記の元素の濃度は、ＳＩＭＳ（２次イオン分析方法）で計測された計測値の最小値として定義される。
【００１５】
【作用】
本明細書で開示する発明においては、半導体装置の特性に大きな影響を及ぼすチャネルに隣接しないように、チャネル部分だけエッチングする。これはゲイト電極が横断する部分にこのような領域が残らないようにエッチングすることとも同様である。
【００１６】
図１には本発明の基本構成を示す。まず、第１の形状として長辺ａ、短辺ｂの長方形１２の島状非晶質半導体領域１１を複数（図では４つ）形成する。本発明では、第１の形状の最も狭い部分の幅は１００μｍ以下であることが必要である。それ以上では、光アニールの際の膜の収縮による特性向上の効果が認められないからである。したがって、ｂは１００μｍ以下である。（図１（Ａ））
【００１７】
次に、光アニールをおこなう。その結果、島状半導体領域は結晶化すると同時に僅かだが収縮する（図の点線は光アニール前の島状半導体領域の大きさを示す）。新たな島状領域の周辺は１４で示される。また、島状半導体領域の周辺部に収縮過程による歪みの蓄積し

た領域１３ができる。（図１（Ｂ））
その後、島状半導体領域１１の外周部をエッチングし、目的とする素子を形成するための半導体領域１５を形成し（図１（Ｃ））、ゲイト絶縁膜（図示せず）、ゲイト電極１６を形成する。（図１（Ｄ））
【００１８】
歪みの蓄積した領域を全て除去する必要がないことを考えれば、図２のような方法も可能である。まず、長方形２２の非晶質半導体領域２１を形成し（図２（Ａ））、これを光アニールすると、図１の場合と同様に領域は収縮し、周辺部には歪みの蓄積された領域２３が形成される。（図２（Ｂ））
そして、ゲイト電極を形成する部分の周辺部を含む領域２４をエッチングし（図２（Ｃ））、ゲイト絶縁膜（図示せず）、ゲイト電極２６を形成する。ゲイト電極の下部のチャネル２５には歪みの蓄積した領域が存在しないため、図１の場合と同様に劣化を低減できる。（図２（Ｄ））
【００１９】
本発明においては、光アニールの際の非晶質半導体領域の形状（第１の形状）はできるだけ単純な形状が好ましい。例えば、長方形や正多角形、円、楕円を含む長円形等である。例えば、図４（Ａ）のように中央部に凹部のある形状４２を有する半導体領域４１に光アニールをおこなうと、膜の収縮の際に、中央の凹部４４は上と下に引っ張られるため、当該部分にクラック等が発生しやすい。（図４（Ｂ））
【００２０】
これは、図４（Ｃ）に示す（矢印は収縮の方向を示す）ように、膜の収縮が最も広い部分を中心にして発生するためである。したがって、第１の形状としては、くびれのあるようなものではなく、全ての点で凸である、もしくは、いかなる点でも凹でない形状を用いるのがよい。
【００２１】
そのような観点からは、例えば、第１の形状として図１のような長方形を採用するとしても、長辺ａと短辺ｂの比率があまりに大きなものは好ましくない。本発明ではａ／ｂ≦１０とすると良い。
【００２２】
　また、島状の半導体領域を単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域として構成した場合、その結晶化の際に島状の半導体領域の周辺部において、やはり歪みが蓄積してしまう。
【００２３】
この歪みは、やはり島状の半導体領域の周辺部に集中して存在するので、島状の半導体領域の周囲を除去することにより、この歪みの悪影響を抑制することができる。
【００２４】
【実施例】
〔実施例１〕
図５を用いて本実施例を説明する。図５には２つの薄膜トランジスタの断面図が描かれているが、左側のものは、薄膜トランジスタをゲイト電極に垂直（図３のａ－ｂに垂直）に切った断面であり、右側のものは、ゲイト電極に平行に（図３のａ－ｂにそって）切った断面である。なお、上方より見た様子は図１を参考にするとよい。
【００２５】
まず、ガラス基板５０１上に下地膜として酸化珪素膜５０２を３０００Åの厚さにスパッタ法またはプラズマＣＶＤ法によって形成した。次にプラズマＣＶＤ法または減圧熱ＣＶＤ法により非晶質珪素膜５０３を５００Åの厚さに成膜した。そして、非晶質珪素膜に燐をドーピングし、薄膜トランジスタのソース／ドレインとなるＮ型不純物領域５０４、５０５を形成した。（図５（Ａ））
【００２６】
次にこの非晶質珪素膜５０３をエッチングして、島状珪素領域５０６、５０７を形成した

。（図５（Ｂ））
次に、ＫｒＦエキシマレーザー光を照射することにより、珪素膜の結晶化をおこなった。この際には、燐の導入された領域５０４、５０５も同時に結晶化・活性化される。レーザーのエネルギー密度は１５０～５００ｍＪ／ｃｍ^2 が好ましかった。また、レーザー照射工程を２回以上に分け、それぞれ異なったエネルギーのレーザー光を照射してもよかった。
【００２７】
本実施例では、最初、エネルギー密度２５０ｍＪ／ｃｍ^2 のレーザー光を２～１０パルス照射し、次に、エネルギー密度４００ｍＪ／ｃｍ^2 のレーザー光を２～１０パルス照射した。レーザー照射時の基板温度は２００℃とした。レーザーの最適なエネルギー密度は、基板温度や非晶質珪素の膜質に依存する。
この結果、島状珪素領域５０６、５０７の端部に歪みの蓄積された領域５０８が形成された。（図５（Ｃ））
【００２８】
次に、島状珪素領域の端部５０９をエッチングし、新たに、島状珪素領域５１０、５１１を形成した。この工程でエッチングされた部分は図の点線５０９で示される。（図５（Ｄ））
そして、プラズマＣＶＤ法によって、厚さ１２００Åの酸化珪素膜５１２（ゲイト絶縁膜）を形成した。また、その上に、厚さ５０００Åのアルミニウム膜（０．３％のスカンジウム（Ｓｃ）を含む）をスパッタ法によって堆積し、これをエッチングして、ゲイト電極５１３、５１４を形成した。（図５（Ｅ））
【００２９】
次に、プラズマＣＶＤ法によって厚さ５０００Åの酸化珪素膜５１５（層間絶縁物）を堆積し、これにコンタクトホールを開孔した。そして、スパッタ法によって、厚さ５０００Åのアルミニウム膜を堆積し、これをエッチングして、ソース／ドレインの電極・配線５１６、５１７を形成した。（図５（Ｆ））
以上の工程によって、薄膜トランジスタが完成した。特性を安定させるため、コンタクトホール開孔工程以後に１気圧の水素雰囲気（２５０～３５０℃）でアニールするとよかった。
【００３０】
〔実施例２〕
図６を用いて本実施例を説明する。図５と同様、図６には２つの薄膜トランジスタの断面図が描かれており、左側のものは、薄膜トランジスタをゲイト電極に垂直に切った断面であり、右側のものは、ゲイト電極に平行に切った断面である。なお、上方より見た様子は図２を参考にするとよい。
【００３１】
まず、ガラス基板６０１上に下地膜として酸化珪素膜６０２を３０００Åの厚さにスパッタ法またはプラズマＣＶＤ法によって形成した。次にプラズマＣＶＤ法または減圧熱ＣＶＤ法により非晶質珪素膜６０３を５００Åの厚さに成膜した。そして、その表面に１～１００ｐｐｍの酢酸ニッケル（もしくは酢酸コバルト）を含有する水溶液を塗布して、酢酸ニッケル（酢酸コバルト）層６０４を形成した。酢酸ニッケル（酢酸コバルト）層６０４は極めて薄いので膜状になっているとは限らない。（図６（Ａ））
【００３２】
次に、これを３５０～４５０℃で２時間、窒素雰囲気中で熱アニールして、酢酸ニッケル（酢酸コバルト）を分解せしめると同時に、ニッケル（もしくはコバルト）を非晶質珪素膜６０３中に拡散させた。そして、非晶質珪素膜６０３をエッチングして、島状珪素領域６０５、６０６を形成した。（図６（Ｂ））
【００３３】
次に、ＫｒＦエキシマレーザー光を照射することにより、光アニールによる珪素膜の結晶化をおこなった。本実施例では、最初、エネルギー密度２００ｍＪ／ｃｍ^2 のレーザー光

を２～１０パルス照射し、次に、エネルギー密度３５０ｍＪ／ｃｍ^2 のレーザー光を２～１０パルス照射した。レーザー照射時の基板温度は２００℃とした。

【００３４】

レーザーの最適なエネルギー密度は、基板温度や非晶質珪素の膜質に加え、添加されたニッケル（コバルト）の濃度にも依存する。本実施例では、２次イオン質量分析（ＳＩＭＳ）法による分析の結果、１×１０^{18}～５×１０^{18}原子／ｃｍ^3 の濃度のニッケル（コバルト）が含有されていることが確認された。

このように、結晶化を促進する触媒元素を用いて、光アニールをおこなう方法に関しては、特開平６－３１８７０１に開示されている。

この結果、島状珪素領域６０５、６０６の端部に歪みの蓄積された領域６０７が形成された。（図６（Ｃ））

【００３５】

次に、島状珪素領域の端部６０７のうち、ゲイト電極が横断する部分のみをエッチングし、新たに、島状珪素領域を形成した。この工程でエッチングされた部分は図の点線６０８で示される。（図６（Ｄ））

そして、プラズマＣＶＤ法によって、厚さ１２００Åの酸化珪素膜６０９（ゲイト絶縁膜）を形成した。また、その上に、厚さ５０００Åの多結晶珪素膜（１％の燐を含む）を減圧ＣＶＤ法によって堆積し、これをエッチングして、ゲイト電極６１０、６１１を形成した。（図６（Ｅ））

【００３６】

次に、イオンドーピング法によって燐イオンを珪素膜に、ゲイト電極をマスクとして導入した。本実施例では、ドーピングガスとして水素で５％に希釈したフォスフィン（PH_3）を用いた。加速電圧は６０～１１０ｋＶが好ましかった。ドーズ量は１×１０^{14}～５×１０^{15}原子／ｃｍ^2 とした。このようにして、Ｎ型の不純物領域（＝ソース／ドレイン）６１２、６１３を形成した。

【００３７】

ドーピング後は、４５０℃で４時間の熱アニールをおこなうことにより、不純物を活性化せしめることができた。これは、半導体領域中にニッケル（コバルト）が含有されているためである。（特開平６－２６７９８９を参照のこと）

活性化のための熱アニール工程の後、レーザー光等を照射して光アニールを施してもよい。

【００３８】

上記の工程の後、１気圧の水素雰囲気（２５０～３５０℃）でアニールすることにより、ゲイト絶縁膜と半導体領域の界面の不対結合手を中和させた。（図６（Ｆ））

次に、プラズマＣＶＤ法によって厚さ５０００Åの酸化珪素膜６１６（層間絶縁物）を堆積し、これにコンタクトホールを開孔した。そして、スパッタ法によって、厚さ５０００Åのアルミニウム膜を堆積し、これをエッチングして、ソース／ドレインの電極・配線６１４、６１５を形成した。（図６（Ｇ））

【００３９】

〔実施例３〕

本実施例は、非晶質珪素膜に対して、珪素の結晶化を助長する金属元素を導入し、さらにレーザー光の照射を行うことにより、実質的に単結晶と見なせる領域を形成し、この実質的に単結晶と見なせる領域を用いて薄膜トランジスタの活性層を構成する場合の例を示す。

【００４０】

図７に本実施例に示す薄膜トランジスタの一部の工程を示す。まずガラス基板７０１上に下地膜として酸化珪素膜７０２をプラズマＣＶＤ法またはスパッタ法により、３０００Åの厚さに成膜した。次に非晶質珪素膜７０３を５００Åの厚さにプラズマＣＶＤ法または減圧熱ＣＶＤ法で成膜した。

【００４１】

そして試料を基板ごとスピナー７００の上に配置する。この状態で所定のニッケル濃度に調整されたニッケル酢酸塩溶液を塗布し、水膜７０４形成した。この状態が図７（Ａ）に示されている。そして、スピナーを用いたスピンドライを行うことにより、不要なニッケル酢酸塩溶液を吹き飛ばし、微量のニッケル元素が非晶質珪素膜の表面に接して保持された状態とした。

【００４２】

次にパターニングを行うことにより、薄膜トランジスタの活性層７０５を形成する。この状態においては、活性層７０５は非晶質珪素膜で構成されている。（図７（Ｂ））

【００４３】

この状態でレーザー光を照射し、非晶質珪素膜でなる活性層７０５を結晶化させた。ここで用いるレーザー光は線状にビーム加工されたものある。レーザー光の照射は、活性層の一方の辺から対向する辺に向かって、線状レーザーが走査されながら照射されるよう行う。またレーザー光としては、パルス発振のエキシマレーザーを用いることが必要である。ここでは、ＫｒＦエキシマレーザー（波長２４８ｎｍ）を用いる。

【００４４】

このレーザー光の照射は、基板を５００℃の温度に加熱しながら行う。これは、レーザー光の照射に従う結晶構造の急激な変化を緩和するためである。この加熱温度は、４５０℃～ガラス基板の歪み点以下の温度の範囲とすることが好ましい。

【００４５】

非晶質珪素膜に対して線状のレーザー光が照射されると、レーザー光が照射された領域が瞬間的に溶融する。そして、この線状のレーザー光が走査されて照射されることで、結晶成長が徐々に進行していき、単結晶と見なせる領域を得ることができる。

【００４６】

即ち、図７（Ｃ）に示すように非晶質珪素膜で構成された活性層の一方の端部から線状のレーザー光７０８が徐々に走査されながら照射されると、７０７で示されるような単結晶と見なせる領域がレーザー光の照射に伴って成長していき、最終的に活性層全体を単結晶と見なせる状態とすることができる。

【００４７】

このようにして、単結晶と見なせる珪素薄膜で構成された活性層７０９が得られた。（図７（Ｄ））

【００４８】

ここで示す単結晶と見なせる領域というのは、その領域中において、以下の条件を満たしていることが必要である。

・結晶粒界が実質的に存在していない。

・点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を1×10^{15}～1×10^{20}原子cm^{-3}の濃度で含んでいる。

・炭素および窒素の原子を1×10^{16}～5×10^{18}原子cm^{-3}の濃度で含んでいる。

・酸素の原子を1×10^{17}～5×10^{19}原子cm^{-3}の濃度で含んでいる。

【００４９】

また、本実施例で示すような珪素の結晶化を助長する金属元素を利用している場合には、その膜中に当該金属元素を1×10^{16}～$5\times10^{19}$$cm^{-3}$の濃度で含んでいる必要がある。この濃度範囲の意味するところは、これ以上の濃度範囲では、金属としての特性が表れてしまい半導体としての特性が得られず、またこの濃度範囲以下では、そもそも珪素の結晶化を助長する作用を得ることができないということである。

【００５０】

これらのことより分かるように、上記のレーザー光の照射によって得られる単結晶とみなせる珪素膜の領域は、単結晶ウエハーのような一般的な単結晶とは本質的に異なるものである。

【００５１】

このレーザー光の照射による結晶化の際においても膜の収縮が発生し、その歪みは活性層

の周辺部に行くほど蓄積する。即ち、図７（Ｄ）の７１０で示される部分に歪みが集中して蓄積してしまう。

【００５２】

また、一般に活性層の厚さは、数百Å～数千Å程度である。またその大きさは数μｍ角～数百μｍ角である。即ち、非常に薄い薄膜状の形状を有している。このような薄い薄膜状の状態において、図７（Ｃ）に示すような結晶成長が進行すると、その周囲、即ち結晶成長の成長終点付近やそれ以上結晶成長が進行しない領域に歪みが集中して発生してしまう。

【００５３】

このように主に２つの原因により、活性層の周囲に歪みが集中して存在することとなってしまう。活性層中にこのような歪みが集中している領域が存在することは、薄膜トランジスタの動作において悪影響を及ぼす原因ともなるもので、好ましいものではない。

【００５４】

そこで、本実施例においても、活性層の周囲全周をエッチングする。こうして図７（Ｅ）に示すような実質的に単結晶と見なせる領域で構成され、また応力の影響が低減された活性層７１１を得ることができる。（図７（Ｅ））

【００５５】

活性層を７１１を得た後、図８（Ａ）に示すように、活性層７１１を覆ってゲイト絶縁膜７１２として酸化珪素膜を１０００Åの厚さにプラズマＣＶＤ法で成膜した。さらにＰ（リン）を多量にドーピングした多結晶珪素膜を減圧熱ＣＶＤ法で５０００Åの厚さに成膜し、パターニングを施すことにより、ゲイト電極７１３を形成した。（図８（Ａ））

【００５６】

次にＰ（リン）イオンの注入をプラズマドーピング法またはイオン注入法により行い、自己整合的にソース領域７１４とドレイン領域７１６を形成した。そしてゲイト電極７１３がマスクとなることによって不純物イオンが注入されない領域７１５をチャネル形成領域として画定した。（図８（Ｂ））

【００５７】

次に層間絶縁膜として酸化珪素膜７１７をＴＥＯＳガスを用いたプラズマＣＶＤ法で７０００Åの厚さに成膜した。そしてコンタクトホールの形成後、チタンとアルミニウムの積層膜を用いて、ソース電極とドレイン電極の形成を行った。また図面では示されないが、ゲイト電極７１３へのコンタクト電極も同時に形成した。そして最後に３５０℃の水素雰囲気中において１時間の加熱処理を加えることにより、図８（Ｃ）に示すような薄膜トランジスタを完成させた。

【００５８】

このようにして得られた薄膜トランジスタは、活性層が単結晶と見なせるような珪素膜で構成されているので、その電気的な特性もＳＯＩ技術等を利用して作製された単結晶珪素膜を用いた薄膜トランジスタに匹敵するものとすることができる。

【００５９】

〔実施例４〕

本実施例は、実施例３に示した構成において、活性層を構成するべくパターニングされた非晶質珪素膜に対するレーザー光の照射の仕方を工夫し、より結晶化がし易いように工夫した例である。

【００６０】

図９に示すのは、実施例３に示した工程における活性層に対するレーザー光の照射方法である。この場合、パターニングされた非晶質珪素膜９０１（後に活性層となるので活性層と呼ぶこととする）の一方の辺に平行に長手方向を有する線状のレーザー光を照射する。そして照射しつつ矢印の方向に走査することによって、活性層９０１を単結晶と見なせる領域に変成する。

【００６１】

本実施例に示す方法においては、図１０に示すように活性層９０１の角の部分から結晶成

長が進行するように、線状のレーザー光９００の走査方向を設定したことを特徴とする。図１０で示すレーザー光の照射方法を採用した場合、図１１に示すように狭い領域から徐々に広い領域へと結晶成長が進行していくことなるので、結晶成長がスムーズに進行し易い。そして、図９に示すような状態でレーザー光を照射した場合に比較して、より単結晶と見なせる領域を形成し易く、またその再現性も高いものとすることができる。

【００６２】

【発明の効果】

本発明により、光アニールによって結晶化させた半導体膜を用いて作製された絶縁ゲイト型半導体装置の劣化を低減せしめることができた。実施例では珪素半導体を中心に説明したが、同様な効果は他の半導体（例えば、珪素ゲルマニウム合金半導体、硫化亜鉛半導体、炭化珪素半導体他）においても得られる。このように本発明は工業的に価値を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の作製工程の概念図（上方より見た図）を示す。

【図２】　本発明の作製工程の概念図（上方より見た図）を示す。

【図３】　従来法の作製工程例（上方より見た図と断面）を示す。

【図４】　光アニール時に薄膜半導体に加わる力について示す。

【図５】　実施例１の作製工程断面図を示す。

【図６】　実施例２の作製工程断面図を示す。

【図７】　実施例２の作製工程断面図を示す。

【図８】　実施例２の作製工程断面図を示す。

【図９】　活性層（島上の半導体領域）に対する線状のレーザー光の照射の状態を示す上面図。

【図１０】　活性層（島上の半導体領域）に対する線状のレーザー光の照射の状態を示す上面図。

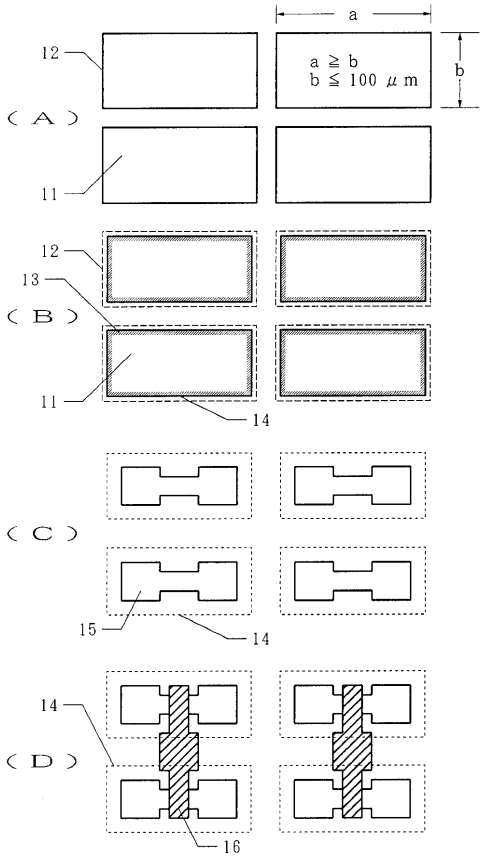
【図１１】　活性層（島上の半導体領域）に対する線状のレーザー光の照射に従う結晶化の様子を示す。

【符号の説明】

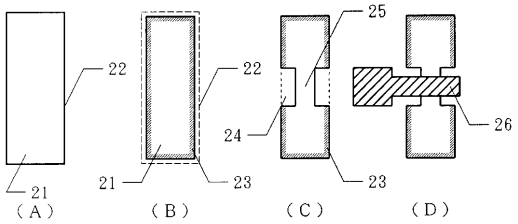
１１	島状半導体領域
１２	光アニール前の島状半導体領域の外周
１３	光アニールによって歪みの蓄積した領域
１４	光アニール後の島状半導体領域の外周
１５	半導体素子を構成するための半導体領域
１６	ゲイト電極
２１	島状半導体領域
２２	光アニール前の島状半導体領域の外周
２３	光アニールによって歪みの蓄積した領域
２４	光アニール後にエッチングした領域
２５	半導体素子のチャネル
２６	ゲイト電極
３１	島状半導体領域
３２	光アニール前の島状半導体領域の外周
３３	光アニールによって歪みの蓄積した領域
３４	ゲイト電極
３５	ゲイト絶縁膜
４１	島状半導体領域
４２	光アニール前の島状半導体領域の外周
４３	光アニールによって歪みの蓄積した領域
５０１	ガラス基板
５０２	下地膜（酸化珪素）

５０３	非晶質珪素膜
５０４、５０５	Ｎ型不純物領域
５０６、５０７	島状半導体領域
５０８	歪みの蓄積された領域
５０９	エッチングした部分
５１０、５１１	島状半導体領域
５１２	ゲイト絶縁膜（酸化珪素）
５１３、５１４	ゲイト電極（アルミニウム）
５１５	層間絶縁膜（酸化珪素）
５１６、５１７	ソース／ドレイン電極・配線（アルミニウム）
６０１	ガラス基板
６０２	下地膜（酸化珪素）
６０３	非晶質珪素膜
６０４	酢酸ニッケル（もしくはコバルト）層
６０５、６０６	島状半導体領域
６０７	歪みの蓄積された領域
６０８	エッチングした部分
６０９	ゲイト絶縁膜（酸化珪素）
６１０、６１１	ゲイト電極（多結晶珪素）
６１２、６１３	ソース／ドレイン
６１４、６１５	ソース／ドレイン電極・配線（アルミニウム）
６１４	層間絶縁物（酸化珪素）
７０１	ガラス基板
７０２	下地膜（酸化珪素膜）
７０３	非晶質珪素膜
７０４	ニッケル酢酸塩溶液の水膜
７０５	活性層（島状の半導体領域）
７０７	結晶化された領域
７０８	レーザー光
７０９	結晶化された活性層
７１０	歪みの集中した領域
７１１	活性層（島状の半導体領域）
７１２	ゲイト絶縁膜（酸化珪素膜）
７１３	ゲイト電極
７１４	ソース領域
７１５	チャネル形成領域
７１６	ドレイン領域
７１７	層間絶縁膜（酸化珪素膜）
７１８	ソース電極
７１９	ドレイン電極
９０１	活性層（島状の半導体領域）
９００	線状のレーザービーム

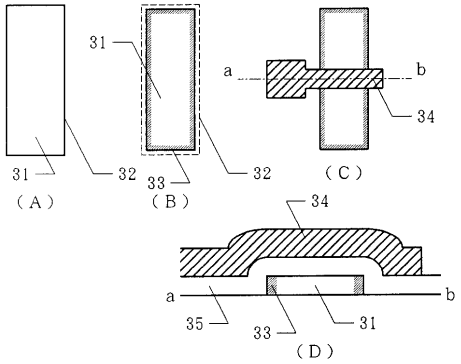
【図１】


a
a ≧ b
b ≦ 100 μm
b
12
11
13
14
15
16
（A）
（B）
（C）
（D）

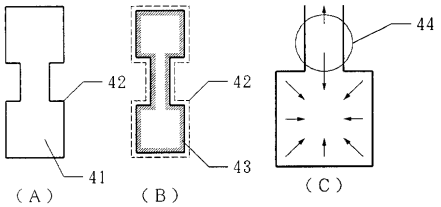
【図２】


22
21
23
24
25
26
（A）
（B）
（C）
（D）

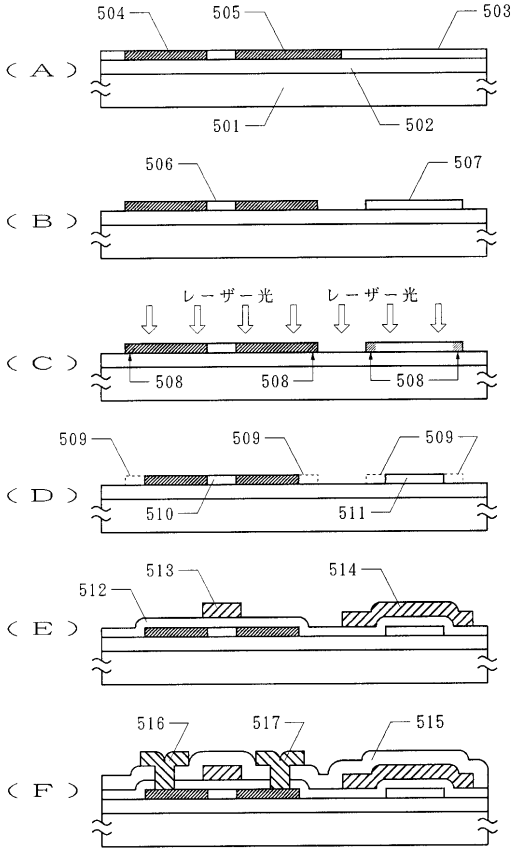
【図３】


31
32
33
34
35
a
b
（A）
（B）
（C）
（D）

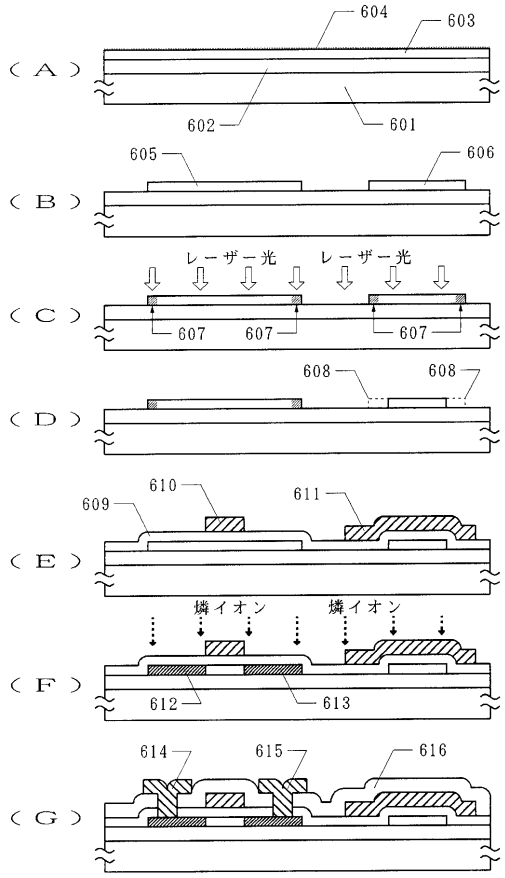
【図４】


41
42
43
44
（A）
（B）
（C）

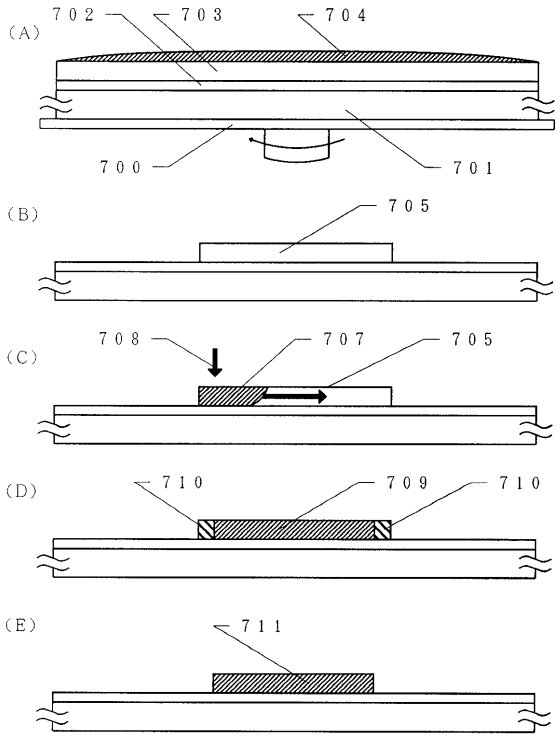
【図５】


501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
レーザー光
レーザー光
（A）
（B）
（C）
（D）
（E）
（F）

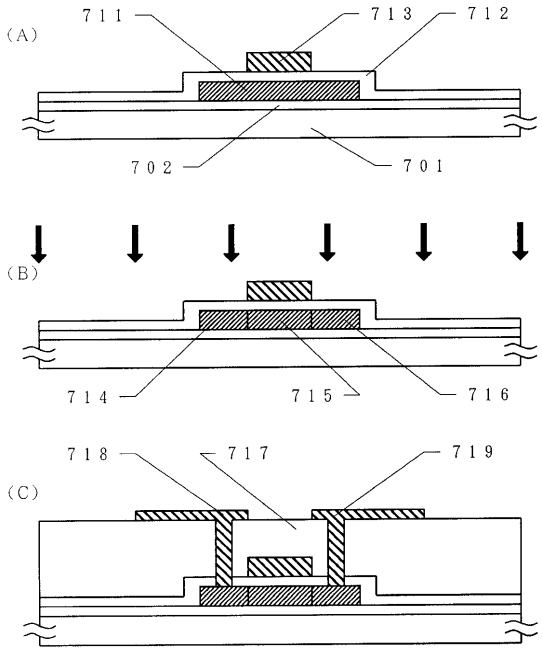
【図６】



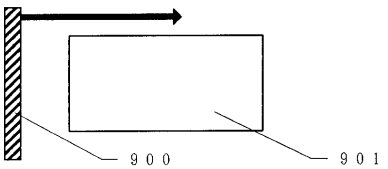
【図７】



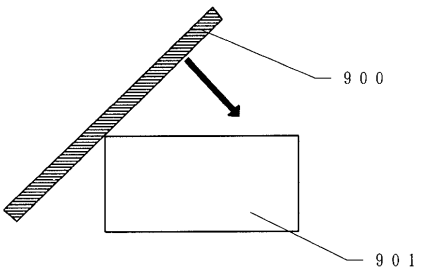
【図８】



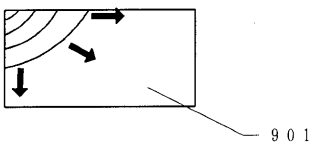
【図９】



【図１０】



【図１１】



フロントページの続き

合議体
審判長　松本　邦夫
審判官　瀧内　健夫
審判官　河合　章

(56)参考文献　特開平５－２９９３３９（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－１０９３２２（ＪＰ，Ａ）