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

特許第3941164号

(P3941164)

(45)発行日　平成19年7月4日(2007.7.4)　(24)登録日　平成19年4月13日(2007.4.13)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/20	(2006.01)	H01L	21/20	
H01L 21/268	(2006.01)	H01L	21/268	J

請求項の数 3　(全 6 頁)

(21)出願番号　特願平9-169924
(22)出願日　平成9年6月26日(1997.6.26)
(65)公開番号　特開平11-16836
(43)公開日　平成11年1月22日(1999.1.22)
審査請求日　平成15年2月13日(2003.2.13)

(73)特許権者　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　100100310
弁理士　井上　学
(72)発明者　中原　仁
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地
株式会社　日立製作所　中央研究所内
(72)発明者　秋元　肇
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地
株式会社　日立製作所　中央研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】結晶化方法及び装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

アモルファスシリコン薄膜を全面或いは一部分に堆積した基板にパルス幅が１００ナノ秒以下のパルスレーザを照射して結晶化を行う方法で、まず始めに上記パルスレーザの上記基板上における照射領域Ａの狭い方の幅が１μｍ以下になるように少なくとも１パルスのレーザ照射を行い、次に上記照射領域を含み且つ上記パルスレーザの上記基板上における照射領域Ｂの狭い方の幅が１０μｍ以下になるように少なくとも１パルスのレーザ照射を行うことで上記アモルファスシリコン薄膜を多結晶化することを特徴とする結晶化方法。

【請求項２】

請求項１の結晶化方法で、上記照射領域Ａの狭い方の幅が上記パルスレーザによって溶融したアモルファスシリコンが結晶化する際の平均核発生間隔以下であり、且つ上記照射領域Ｂの狭い方の幅が上記パルスレーザによって溶融したアモルファスシリコン中に結晶核が発生するまでの時間に既存の結晶核が成長する平均核成長距離の２倍以下であることを特徴とする結晶化方法。

【請求項３】

請求項１或いは請求項２のアモルファスシリコン薄膜の結晶化方法を用いるレーザ結晶化装置で、各々少なくとも一つの上記照射領域Ａ及び照射領域Ｂを同時に得るために、一つのパルスレーザから発せられたレーザビームを上記基板上に分離集光する手段と、上記レーザビームと上記基板との相対位置を少なくとも上記照射領域Ｂの狭い方の幅の精度で

変えることが可能な照射位置移動機構とを有することを特徴とするレーザ結晶化装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明はガラス基板上や酸化シリコン基板上に堆積したアモルファスシリコンを６００℃以下の温度で結晶化させる技術に関する。
【０００２】
【従来の技術】
パルスレーザによるアモルファスシリコンの結晶化は、基板の温度を比較的低く保てるため、耐熱温度の低いガラス基板上で多結晶シリコン薄膜を得る方法として注目されている。
【０００３】
従来のパルスレーザを使ったアモルファスシリコン結晶化装置を図２(ａ)を用いて説明する。エキシマレーザ１から発せられたパルス状のレーザビーム２はレンズ系３を介してビームプロファイルを均一にするホモジナイザー４を通過後、投影レンズ６によってあらかじめアモルファスシリコン１１を堆積した基板１０上に照射される。基板全面を結晶化するために、上記ビーム照射位置は１パルス或いは数パルス毎に基板搬送機構８によって移動するようになっている（２５）。試料基板上でのビームサイズは通常は大面積を少ないレーザショット数で結晶化できるように数㎜角或いは幅数㎜の線状である。なお、基板１０には一般にガラス上に薄いシリコン酸化膜を堆積したものを用いるが、図２（ａ）ではシリコン酸化膜は基板の一部とみなして省略している。以後も特に断りのない限り、基板とはアモルファスシリコン薄膜１１より下の部分を総称するものとする。
【０００４】
図２（ｂ）は従来の方法でレーザをアモルファスシリコンに照射したときの結晶化の様子を模式的に示す図である。幅の広いレーザビーム７８がアモルファスシリコン膜９６に照射されると、膜内の至る処で結晶核８１が発生し、各々の結晶核が膜内で成長する。このとき発生する結晶核８１の平均核発生間隔Ｌは核生成密度の平方根であり、通常用いるレーザアニール条件（室温基板）では概ね０.１乃至０.５μｍ程度である。この距離が得られる多結晶粒の大きさを決定する。結晶核８１はほぼ完全にランダムな位置に発生するため、結晶粒の形状は不定形になる。
【０００５】
また、従来の方法でより大きな多結晶粒を得るために、レーザパルスを同一の場所に複数回照射することで、１μｍ程度の粒径を持つ多結晶膜を得ることも行われている。なお、図２（ｂ）では簡単化のために膜９６の下にある基板は省略した。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
多結晶膜を電子素子として用いる場合、結晶粒が大きい方が電子や正孔の移動度を大きくできるため、より高性能の回路を構成することができる。しかし上記従来方法では、結晶粒の大きさがアモルファスシリコンの核生成密度で規定されてしまい、少なくとも薄膜トランジスタ等の電子素子で要求される数μｍ四方以上の大きさの結晶を得ることは困難であるという問題がある。
【０００７】
また、複数回照射によって粒径を拡大したとしても、元の結晶核がランダムに発生しているため、結晶粒の位置は制御できない。このため、たまたま結晶粒界が電子素子の最も重要な部位（例えば薄膜トランジスタのチャネル部分）を横切ってしまった素子と、たまたま結晶粒界を含まない電子素子とが混在することになり、素子間のばらつきが非常に大きくなるという問題がある。
【０００８】
【課題を解決するための手段】
上記課題を解決するために、本発明では、アモルファスシリコン薄膜を全面或いは一部分

に堆積した基板にパルス幅が１００ナノ秒以下のパルスレーザを照射して結晶化を行う方法で、まず始めに上記パルスレーザの上記基板上における照射領域Ａの狭い方の幅が１μｍ以下になるように少なくとも１パルスのレーザ照射を行い、次に上記照射領域を含み且つ上記パルスレーザの上記基板上における照射領域Ｂの狭い方の幅が１０μｍ以下になるように少なくとも１パルスのレーザ照射を行うことで上記アモルファスシリコン薄膜を多結晶化することを特徴とするアモルファスシリコン薄膜の結晶化方法が提供される。

【０００９】

【発明の実施の形態】

本発明の原理及び実施の形態を図１及び図３を用いて説明する。

【００１０】

アモルファスシリコンの融点はシリコン結晶の融点よりも２００乃至３００℃低いことはよく知られている。このため、図３（ａ）に示すように既に結晶核９０が存在している膜９５をちょうどアモルファスシリコンのみが溶融する温度になるようパルスレーザ照射７８を行うと、溶融したアモルファスシリコンの過冷却状態が破れて核が発生する前に既存の結晶の成長が進行し（８０）、結晶核９０の周辺は一つの大きな結晶粒となる。このとき成長が進行する平均核成長距離ｒは基板温度や膜厚などの条件に依存し、通常用いるレーザアニール条件（室温基板）では２乃至５μｍ程度の距離になる。

【００１１】

そこで、図３（ｂ）に示す方法で、容易に大粒径の多結晶膜を得ることが可能になる。

【００１２】

図３（ｂ）ではまず始めに幅が概ね上記平均核発生間隔Ｌ以下の狭いレーザビーム照射７９を行う。このような狭い幅では溶融した領域の幅方向にはほとんど一つの核しか発生しない。或いは、ｗが１μｍ以下であれば複数の核が発生しても複数回のパルスを与えることで優先的に一つの核だけを成長させることが可能である。この結果、アモルファスシリコン中のレーザ照射した領域のみが一つの種結晶９１となる。

【００１３】

次に、上記平均核成長距離ｒの２倍以下の幅の広いビーム７７を照射する。このときは、新たな核が発生する前に、上記種結晶９１が成長し（８２）、膜の幅方向には一つの大きな結晶粒を成長することが可能になる。ｒはせいぜい２乃至５μｍ程度であるため、Ｗは１０μｍ以下であればよい。また、ｗが上記平均核発生間隔Ｌ以下であれば、より確実に単一の核生成のみを行うことが可能になる。なお、図３では簡単化のために膜９６の下にある基板は省略した。

【００１４】

図１は本発明の一実施例の構成を示す図である。図３で示した２回のレーザ照射７９及び７７のエネルギ密度は、ともにアモルファスシリコンが溶融する程度のものであり、同一で構わない。従って、一つのレーザビームをスリット或いは誘電体多層膜ビームマスクなどで広狭２本のレーザに分離し、レーザ照射場所をＷずつ移動しながら連続して結晶化を行うことが可能である。

【００１５】

図１の実施例では、エキシマレーザ１から発せられたレーザビーム２はレンズ系３，ホモジナイザー４を通過し、均一な面光源となる。その後ミラー７で方向を変えたビームはビームマスク２０上に設けた二つのスリット４１及び４２を通過し、２本の幅の異なるラインビームとなる。上記２本のビームは投影レンズ６によって基板１０上に縮小投影される。図１の下図は基板１０上でのビーム照射の様子を斜視図として示したものである。上記二本のビームは細い線状になって基板１０上へ照射される（３０，２８）。二つの照射領域の幅はそれぞれ基板上で上記Ｗ及び上記ｗになるように投影レンズ６は調整される。基板１０はエキシマレーザの１ショット毎に太いレーザーの幅Ｗだけ矢印２５で示した方向へ基板搬送機構８によって移動する。従って、ビーム照射領域３０の右側は堆積したシリコン膜１１がレーザ照射によって多結晶化した領域３１，左側が未照射領域３２になる。この動作を繰り返すことで、まず幅の狭いレーザビームで核生成を行い、次に幅広いビー

ムで既存の核を成長するという作業を連続して行うことができる。

【００１６】

本実施例では多結晶化した領域３１は図１の拡大図に示したように、幅Wの領域にさまざまな幅の矩形結晶粒ができた状態になっている。本実施例では照射領域制限手段として単純スリットからなるビームマスクを用いたが、シリンドリカルレンズなどの光学系を組み合わせてビームを分割集光しても良い。また、本実施例では配置の関係上ミラー７で光路を変えているが、上記ミラーは本発明に必須の要件ではない。

【００１７】

図４は本発明の他の一実施例を示す図である。本実施例では、ビームマスク２０上には一本の幅Ｗ′の線状のスリット４１と、複数の一辺がｗ′の矩形のスリット４０が配置されている。スリット４０は各々間隔Ｗ′で配置されている。ビームマスク２０を通過したレーザは基板１０上でＷ′→Ｗ，ｗ′→ｗになるように投影される。ここでは簡単化のため、投影光学系は省略している。本実施例による方法では概ね正方形のスリット４０を図４のように配置することで、種結晶２９の位置を二次元的に規定することが可能になり、多結晶領域３１は縦横共にきちんと配列した矩形の結晶粒からなる。本実施例では種結晶を作るためのスリットとして一辺ｗ′の矩形を用いたが、直径がｗ′の円形等、類似した形状であっても良い。また、上記縮小投影系で縦横の縮小比率が同じとしたが、縦横の縮小比率は異なっていても構わない。

【００１８】

【発明の効果】

本発明により、低温プロセスにおいて電子素子に十分な大きさの粒径の多結晶シリコン薄膜を簡便な方法で得ることができ、高性能薄膜トランジスタなどが実現可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施例を示す図。

【図２】従来のパルスレーザを用いたアモルファスシリコン膜の結晶化方法を示す図。

【図３】本発明の作用を説明する図。

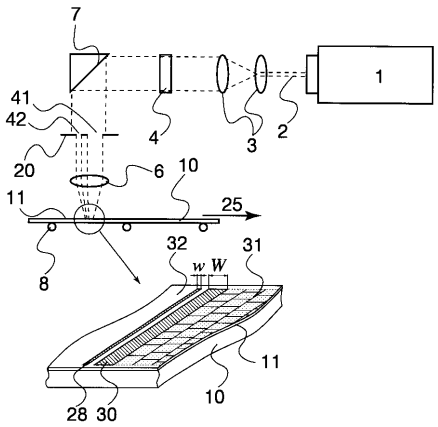
【図４】本発明の他の一実施例を示す図。

【符号の説明】

１…エキシマレーザ、２…レーザビーム、３…光学系、４…ホモジナイザー、６…投影レンズ、７…ミラー、８…基板搬送機構、１０…基板、１１…シリコン薄膜、２０…ビームマスク、２５…基板移動方向、２８…幅の狭いレーザビームが照射される領域、２９…種結晶領域、３０…幅の広いレーザビームが照射される領域、３１…結晶化した領域、３２…未照射領域、４０…矩形スリット、４１…幅の広いスリット、４２…幅の狭いスリット、７７…幅の広いレーザ、７８…レーザパルス、７９…幅の狭いレーザ、８０…既存結晶の成長、８１…核発生、８２…既存結晶の成長、９０…既存の種結晶、９１…狭いレーザによって形成した種結晶、９５…種結晶を含むアモルファスシリコン薄膜、９６…アモルファスシリコン薄膜。

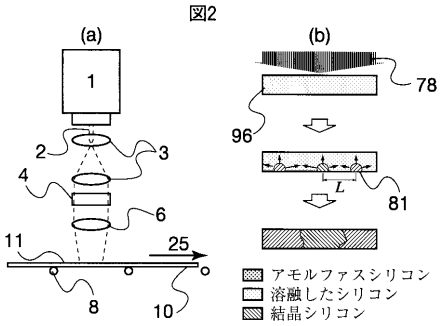
【図１】

図1



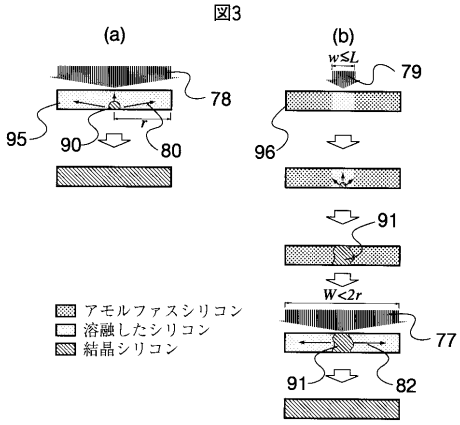
【図２】

図2



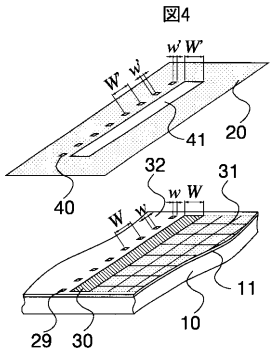
【図３】

図3



【図４】

図4



フロントページの続き

(72)発明者　波多野　睦子
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地　株式会社　日立製作所　中央研究所内

審査官　和瀬田　芳正

(56)参考文献　特開平８－２３６４４３（ＪＰ，Ａ）
特開平６－１７７０３３（ＪＰ，Ａ）
特開平７－１８７８９０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L 21/20
H01L 21/268