

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4112655号
(P4112655)

(45) 発行日 平成20年7月2日(2008.7.2)

(24) 登録日 平成20年4月18日(2008.4.18)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/20 (2006.01)
G02F 1/1368 (2006.01)
H01L 21/268 (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01)
H01L 29/786 (2006.01)

H01L 21/20
G02F 1/1368
H01L 21/268 F
H01L 29/78 627G

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平9-260316

(22) 出願日

平成9年9月25日(1997.9.25)

(65) 公開番号

特開平11-102864

(43) 公開日

平成11年4月13日(1999.4.13)

審査請求日

平成16年9月24日(2004.9.24)

(73) 特許権者 302020207

東芝松下ディスプレイテクノロジー株式会
社

東京都港区港南4-1-8

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦

(74) 代理人 100091351

弁理士 河野 哲

(74) 代理人 100088683

弁理士 中村 誠

(74) 代理人 100108855

弁理士 蔵田 昌俊

(74) 代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】多結晶薄膜の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガラス基板上に直もしくはアンダーコート層を介して非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板を移動させながらレーザビームパルスを照射することによって、前記非晶質シリコン半導体薄膜から多結晶シリコン半導体薄膜を製造するレーザアニール法による多結晶薄膜の製造方法において、レーザビームのエネルギー密度はほぼ等しいプラトーフィールドを有し、レーザアニールを施す前に、パルスレーザのエネルギー密度を種々に変えて、非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板上の異なる場所に1パルスずつ照射し、各照射領域の面積をガラス基板の移動させる方向の軸と交差する直線で2分割し、分割された2つの領域の多結晶シリコンの平均粒径をそれぞれ比較して、平均粒径が小なる領域と大なる領域を求め、平均粒径が大なる領域から小なる領域へ向かう方向にガラス基板を移動させる相対移動方向にレーザアニールする多結晶シリコン薄膜の製造方法において、前記パルスレーザのエネルギー密度は照射領域の全面で微結晶粒が形成されないエネルギー密度から始め、平均粒径が小なる領域と大なる領域が前記相対移動方向に関して逆転するまでのエネルギー密度を求め、この逆転が起こる前のエネルギー密度で前記相対移動方向にレーザアニールすることを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 2】

請求項1に記載の多結晶シリコン薄膜の製造方法において、前記非晶質シリコン薄膜上でのレーザビームの形状は長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定してレーザアニールを施すことを特徴とする多

結晶シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 3】

パルスレーザのエネルギー密度を種々に変えて、非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板上の異なる場所に1パルスずつ照射し、各照射領域の面積を相対移動方向の軸と直交する直線で2分割し、分割された2つの領域の多結晶シリコンの平均粒径をそれぞれ比較する場合において、レーザビームのエネルギー密度はほぼ等しいプラトー領域を有し、前記パルスレーザのエネルギー密度は照射領域の全面で微結晶粒が形成されるエネルギー密度から始め、平均粒径が小なる領域と大なる領域が前記相対移動方向に関して逆転するまでのエネルギー密度を求め、この逆転が起こる前のエネルギー密度で平均粒径が小なる領域から大なる領域に向かう方向にガラス基板を移動させてレーザアニールすることを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法。10

【請求項 4】

請求項3に記載の多結晶シリコン薄膜の製造方法において、前記非晶質シリコン薄膜上でのレーザビームの形状は長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定してレーザアニールを施すことを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 5】

パルスレーザのエネルギー密度を種々に変えて、非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板上の異なる場所に1パルスずつ照射し、各照射領域の面積をガラス基板の移動方向の軸と直交する直線で2分割し、分割された2つの領域の多結晶シリコンの平均粒径をそれぞれ比較する場合において、レーザビームのエネルギー密度はほぼ等しいプラトー領域を有し、前記パルスレーザのエネルギー密度は照射領域の全面で微結晶粒が形成されないエネルギー密度から始め、平均粒径が小なる領域と大なる領域が前記ガラス基板の移動方向に関して逆転するまでのエネルギー密度を求め、この逆転が起こる前のエネルギー密度で平均粒径が大なる領域から小なる領域に向かう方向に、前記ガラス基板を移動させてレーザアニールするに当たり、平均粒径が小なる領域の中に混ざって平均粒径が0.1μm以下の領域が発生しないビームを用い、前記非晶質シリコン薄膜上でのレーザビームの形状が長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定してレーザアニールを施すことを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法。20

【請求項 6】

パルスレーザのエネルギー密度を種々に変えて、非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板上の異なる場所に1パルスずつ照射し、各照射領域の面積を前記ガラス基板の移動方向の軸と直交する直線で2分割し、分割された2つの領域の多結晶シリコンの平均粒径をそれぞれ比較する場合において、レーザビームのエネルギー密度はほぼ等しいプラトー領域を有し、前記パルスレーザのエネルギー密度は照射領域の全面で微結晶粒が形成されるエネルギー密度から始め、平均粒径が小なる領域と大なる領域が前記ガラス基板の移動方向に関して逆転するまでのエネルギー密度を求め、この逆転が起こる前の状態における平均粒径が小なる領域から大なる領域に向かう方向に、ガラス基板を移動させてレーザアニールするにあたり、平均粒径が小なる領域の中に混ざって平均粒径が0.1μm以下の領域が発生しないビームを用い、前記非晶質シリコン薄膜上でのレーザビームの形状が長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定してレーザアニールを施すことを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法。30

【請求項 7】

ガラス基板上に直もしくはアンダーコート層を介して非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板を移動させながら、エキシマレーザビームを照射することにより、前記非晶質シリコン半導体を多結晶シリコン半導体とするレーザアニールによる薄膜の製造方法において、前記レーザビームの強度プロファイルを蛍光板あるいはCCDで表示させ、前記強度プロファイル中のプラトー領域に着目したときに、該プラトーを2分割してその高40

さを比較しプラトーが高い方と低い方を求め、レーザアニールをする際にレーザビームのプラトーが高い方から低い方に向かう方向にガラス基板を移動させることを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 8】

前記非晶質シリコン薄膜上でのレーザビームの形状が長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定させてレーザーアニールすることを特徴とする請求項7に記載の多結晶シリコン薄膜の製造方法。

【請求項 9】

ガラス基板上に直もしくはアンダーコート層を介して非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板を移動させながら、エキシマレーザビームを照射することにより、前記非晶質シリコン半導体を多結晶シリコン半導体とするレーザアニールによる薄膜の製造方法において、前記レーザビームの強度プロファイルを蛍光板あるいはCCDで表示させ、前記強度プロファイル中のプラトー領域に着目したときに、該プラトーを2分割してその高さを比較しプラトーが高い方と低い方を求め、レーザアニールをする際に前記レーザビームのプラトーが高い方から低い方に向かう方向にガラス基板を移動させ、且つ、前記プラトーの低い領域の中に混ざってビーム強度の高い部分が無いレーザビームを用いることを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法。

10

【請求項 10】

前記非晶質シリコン薄膜上でのレーザビームの形状が長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定させてレーザーアニールすることを特徴とする請求項9に記載の多結晶シリコン薄膜の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、液晶ディスプレイの画素スイッチや駆動回路に用いられる多結晶シリコン薄膜トランジスタを製造するために、ガラス基板上に直もしくはアンダーコート層を介して非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板を移動させながらレーザビームパルスを照射することによって、前記非晶質シリコン半導体薄膜から多結晶シリコン半導体薄膜を製造するレーザアニール法による多結晶薄膜の製造方法に関する。

【0002】

30

【従来の技術】

現在、アモルファスシリコン(a-Si)からなる絶縁ゲート型薄膜トランジスタ(TFT)を画素スイッチに用いた液晶ディスプレイ(LCD)が量産されている。しかし高精彩、高速などの高機能を有するディスプレイを実現するには、電界移動度(μ FE)が $1\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下と低いa-SiのTFTでは能力が足りない。それに対してa-Siにエキシマレーザを照射するレーザアニール法で作成した多結晶シリコンのTFTでは、実験段階で電界移動度 μ FEが100から200 cm^2/Vs 程度のものが得られており、ディスプレイの高精彩化、高速化、駆動回路の組込みなどの高機能化が期待できる。

【0003】

エキシマレーザ法は、a-Siに例えば波長が308nmのXeClガスレーザであるエキシマレーザを照射して多結晶シリコンとする方法である。a-Si表面でのビームサイズは例えば、長さ200mm、幅0.4mmで、このパルスビームを300Hzで発振させ、各パルスの照射される領域を徐々に移動させて、a-Siを多結晶シリコンとする。

40

【0004】

多結晶シリコンTFTの電界移動度 μ FEを決定する要素は、多結晶シリコンの粒径であるが、それは照射するレーザのフルエンスという名で呼ばれるエネルギー密度に大きく依存する。一般的に、図4にあるように、フルエンスの増大につれて、多結晶シリコンの粒径も増大するが、あるフルエンスの値F1からF2までは多結晶シリコンの粒径があまり変化しなくなり、F2よりもさらにフルエンスを増大させると、再び多結晶シリコンの粒径が増大するが、あるフルエンスの値F3を境に、多結晶シリコンは微結晶粒となり、こ

50

のような微結晶シリコンでは電界移動度 μ_{FE} が低下して所望の TFT 特性を得ることができない。

【0005】

多結晶シリコンの粒径は、それをセコエッティング液と呼ばれる液でエッティングして、走査電子顕微鏡で粒径を観察することによって確認することができる。この方法を利用してレーザのフルエンスを多結晶シリコンの粒径があまり変化しない領域、すなわち F_1 から F_2 の間の例えば中間に選ぶ。レーザ発振強度は常に変化するが、この領域でレーザアニールを行えば、レーザ発振強度が多少変化しても、多結晶シリコンの粒径が均一なものが得られるからである。

【0006】

10

【発明が解決しようとする課題】

本発明者らによる試験研究の結果によると、前記フルエンス $F_2 - F_1$ の幅は、レーザ光に対するガラス基板の移動方向によって異なり、移動方向の選択を間違うと、 $F_2 - F_1$ の幅が非常に狭くなってしまい、そのような状態で行ったレーザアニールでは、均一な粒径の多結晶シリコンが得られないということがわかった。

【0007】

そこで本発明は、上記の事情を考慮してなされたもので、エキシマレーザアニール法により、ガラス基板全面で電界移動度の高い多結晶シリコン薄膜を製造するに当たり、レーザ光に対するガラス基板の最適な移動方向を求める方法を提供することにより、ガラス基板全面で特性の揃った TFT を製造することを可能にし、駆動回路一体型液晶ディスプレイやその他の高機能液晶ディスプレイを量産できるようにした多結晶シリコン薄膜の製造方法を提供することを目的とする。

20

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは上記問題を解決するべく詳細な試験研究を行った。具体的には、レーザとガラス基板の相対関係を固定したいわゆるバースト照射状態で、レーザアニールを施した領域を詳細に調べた。その結果、バースト照射でレーザアニールを施した領域の多結晶シリコン粒径分布と、ガラス基板移動の適正方向とが相関関係を有していることを突き止め、本発明に至った。

【0009】

30

すなわち、第 1 の発明は、ガラス基板上に直もしくはアンダーコート層を介して非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板を移動させながらレーザビームパルスを照射することによって、前記非晶質シリコン半導体薄膜から多結晶シリコン半導体薄膜を製造するレーザアニール法による多結晶薄膜の製造方法において、レーザビームのエネルギー密度はほぼ等しいプラトー領域を有し、レーザアニールを施す前に、パルスレーザのエネルギー密度を種々に変えて、非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板上の異なる場所に 1 パルスずつ照射し、各照射領域の面積をガラス基板の移動させる方向の軸と交差する直線で 2 分割し、分割された 2 つの領域の多結晶シリコンの平均粒径をそれぞれ比較して、平均粒径が小なる領域と大なる領域を求め、平均粒径が大なる領域から小なる領域へ向かう方向にガラス基板を移動させる相対移動方向にレーザアニールする多結晶シリコン薄膜の製造方法において、前記パルスレーザのエネルギー密度は照射領域の全面で微結晶粒が形成されないエネルギー密度から始め、平均粒径が小なる領域と大なる領域が前記相対移動方向に関して逆転するまでのエネルギー密度を求め、この逆転が起こる前のエネルギー密度で前記相対移動方向にレーザアニールすることを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法である。

40

【0010】

また第 2 の発明は、パルスレーザのエネルギー密度を種々に変えて、非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板上の異なる場所に 1 パルスずつ照射し、各照射領域の面積を相対移動方向の軸と直交する直線で 2 分割し、分割された 2 つの領域の多結晶シリコンの平均粒径をそれぞれ比較する場合において、レーザビームのエネルギー密度はほぼ等し

50

いプラトー領域を有し、前記パルスレーザのエネルギー密度は照射領域の全面で微結晶粒が形成されるエネルギー密度から始め、平均粒径が小なる領域と大なる領域が前記相対移動方向に関して逆転するまでのエネルギー密度を求め、この逆転が起こる前のエネルギー密度で平均粒径が小なる領域から大なる領域に向かう方向にガラス基板を移動させてレーザアニールすることを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法である。

【0011】

また他の発明は、請求項1に記載の多結晶シリコン薄膜の製造方法において、前記非晶質シリコン薄膜上のレーザビームの形状は長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定してレーザアニールを施すことを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法である。 10

【0012】

また更に他の発明は、パルスレーザのエネルギー密度を種々に変えて、非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板上の異なる場所に1パルスずつ照射し、各照射領域の面積を相対移動方向の軸と直交する直線で2分割し、分割された2つの領域の多結晶シリコンの平均粒径をそれぞれ比較する場合において、レーザビームのエネルギー密度はほぼ等しいプラトー領域を有し、前記パルスレーザのエネルギー密度は照射領域の全面で微結晶粒が形成されるエネルギー密度から始め、平均粒径が小なる領域と大なる領域が前記相対移動方向に関して逆転するまでのエネルギー密度を求め、この逆転が起こる前のエネルギー密度で平均粒径が小なる領域から大なる領域に向かう方向にガラス基板を移動させてレーザアニールすることを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法である。 20

【0013】

また他の発明は、請求項3に記載の多結晶シリコン薄膜の製造方法において、前記非晶質シリコン薄膜上のレーザビームの形状は長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定してレーザアニールを施すことを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法である。

【0014】

また更に他の発明は、パルスレーザのエネルギー密度を種々に変えて、非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板上の異なる場所に1パルスずつ照射し、各照射領域の面積をガラス基板の移動方向の軸と直交する直線で2分割し、分割された2つの領域の多結晶シリコンの平均粒径をそれぞれ比較する場合において、レーザビームのエネルギー密度はほぼ等しいプラトー領域を有し、前記パルスレーザのエネルギー密度は照射領域の全面で微結晶粒が形成されないエネルギー密度から始め、平均粒径が小なる領域と大なる領域が前記ガラス基板の移動方向に関して逆転するまでのエネルギー密度を求め、この逆転が起こる前のエネルギー密度で平均粒径が大なる領域から小なる領域に向かう方向に、前記ガラス基板を移動させてレーザアニールするに当たり、平均粒径が小なる領域の中に混ざって平均粒径が0.1μm以下の領域が発生しないビームを用い、前記非晶質シリコン薄膜上のレーザビームの形状が長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定してレーザアニールを施すことを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法である。 30

【0015】

また他の発明は、パルスレーザのエネルギー密度を種々に変えて、非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板上の異なる場所に1パルスずつ照射し、各照射領域の面積を前記ガラス基板の移動方向の軸と直交する直線で2分割し、分割された2つの領域の多結晶シリコンの平均粒径をそれぞれ比較する場合において、レーザビームのエネルギー密度はほぼ等しいプラトー領域を有し、前記パルスレーザのエネルギー密度は照射領域の全面で微結晶粒が形成されるエネルギー密度から始め、平均粒径が小なる領域と大なる領域が前記ガラス基板の移動方向に関して逆転するまでのエネルギー密度を求め、この逆転が起こる前の状態における平均粒径が小なる領域から大なる領域に向かう方向に、ガラス基板を移動させてレーザアニールするにあたり、平均粒径が小なる領域の中に混ざって平均粒径が0.1μm以下の領域が発生しないビームを用い、前記非晶質シリコン薄膜上のレ 40

一ザビームの形状が長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定してレーザアニールを施すことを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法である。

【0016】

また更に他の発明は、ガラス基板上に直もしくはアンダーコート層を介して非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板を移動させながら、エキシマレーザビームを照射することにより、前記非晶質シリコン半導体を多結晶シリコン半導体とするレーザアニールによる薄膜の製造方法において、前記レーザビームの強度プロファイルを蛍光板あるいはCCDで表示させ、前記強度プロファイル中のプラトー領域に着目したときに、該プラトーを2分割してその高さを比較しプラトーが高い方と低い方を求め、レーザアニールをする際にレーザビームのプラトーが高い方から低い方に向かう方向にガラス基板を移動させることを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法である。10

【0017】

また他の発明は、前記非晶質シリコン薄膜上のレーザビームの形状が長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定させてレーザーアニールすることを特徴とする請求項7に記載の多結晶シリコン薄膜の製造方法である。

【0018】

また更に他の発明は、ガラス基板上に直もしくはアンダーコート層を介して非晶質シリコン半導体薄膜を堆積したガラス基板を移動させながら、エキシマレーザビームを照射することにより、前記非晶質シリコン半導体を多結晶シリコン半導体とするレーザアニールによる薄膜の製造方法において、前記レーザビームの強度プロファイルを蛍光板あるいはCCDで表示させ、前記強度プロファイル中のプラトー領域に着目したときに、該プラトーを2分割してその高さを比較しプラトーが高い方と低い方を求め、レーザアニールをする際に前記レーザビームのプラトーが高い方から低い方に向かう方向にガラス基板を移動させ、且つ、前記プラトーの低い領域の中に混ざってビーム強度の高い部分が無いレーザビームを用いることを特徴とする多結晶シリコン薄膜の製造方法である。20

【0019】

また他の発明は、前記非晶質シリコン薄膜上のレーザビームの形状が長方形であり、前記ガラス基板の移動軸を前記レーザビームの長方形の短辺とほぼ平行な軸に沿って設定させてレーザーアニールすることを特徴とする請求項9に記載の多結晶シリコン薄膜の製造方法である。30

【0020】

上記の構成により、ガラス基板の移動方向を横軸にとって、ガラス基板上のアモルファスシリコン薄膜に照射されるレーザビームの強度分布をプロットすると、図1(a)に示したように台形ないし矩形に近い形をしており、本明細書では、平らな部分をプラトーP(P1)、裾の強度の落ちる部分をスティーブスSと呼ぶ。

【0021】

プラトー領域Pの強度は場所によらずほぼ等しくなるように、光学系を調整するのが一般的であるが、実際にはガラス基板の移動方向に関して前後のどちらかの強度が弱くなることが多い。その理由は、光学調整時に使うレーザ強度分布を測定するCCDプロファイラなどの測定装置の強度分解能が5%しかないとために、5%未満の強弱を検出できないからである。このようなレーザビームで通常のレーザアニールを行うと、ガラス基板上的一点で観察した場合、強いエネルギーのビームから弱いエネルギーのビームへ徐々に変化していくか、その逆の弱いビームから強いビームに変化していくかのどちらかの履歴を辿ることになる。40

【0022】

一方、このプラト-P上における強いエネルギーのビームと弱いエネルギーのビームの中間に、前記図4で説明した微結晶粒の発生するフルエンスF3が入っていると、強いビームの照射された部分では、微結晶粒が成長し、弱いビームの照射された部分では、粒径の50

大きな多結晶が成長することになる。

【0023】

エキシマレーザアニールの一般的なアニール方法は、ビーム幅の5%に相当する長さ分だけガラス基板を移動させるオーバーラップスキャン方法である。この場合、ガラス基板の任意の点に20回のレーザが照射される。前記強いビームと弱いビームの中間に、前記微結晶粒の発生するフルエンスF3が存在するような設定で、前記オーバーラップによるレーザアニールを行うケースでは、レーザに対するガラス基板の移動方向を、弱いビームから強いビームに変化していく方向とすると、20回のうちの前半の照射では粒径の大きな多結晶が成長するが、後半の照射で微結晶粒が成長することになり、結果として微結晶粒が残り、高性能のTFTは実現できない。

10

【0024】

TFTのための多結晶シリコンのレーザアニール方法としては、レーザアニールのフルエンスをF3よりも小さい、前記図4のF1からF2の間に設定するのが一般的であるが、実際にはF2とF3とは非常に接近している。そして、レーザの発振強度自体が約±10%のばらつきを有しているので、F1からF2の間にフルエンスを設定しても、それより10%強いF3以上のエネルギー - を含むレーザビームが照射されることがある。

【0025】

このような状態でレーザに対する基板の移動方向を弱いビームから強いビームに変化する方向に一致させる場合には、その10%強いビームが照射された領域においてフルエンスF3より大きいエネルギー - による微結晶ポリシリコンができてしまう。そして次のレーザ照射は異なった場所になされるので、オーバーラップしなかった領域に次の照射が行われることはなく、結果として部分的に特性の低いTFTができる、駆動回路や画素TFTに欠陥を発生させることになる。

20

【0026】

今度は逆に、ガラス基板の移動方向を、レーザの強いビームから弱いビームに変化していく方向として、前記と同じようにF1からF2の間にフルエンスを設定した場合には、それより10%強いレーザが照射されて、強いビームの照射された領域で微結晶粒が発生しても、その強いビームはスキャンの初期であるため、強い照射がなされた領域には必ず、弱いビームによる照射が何度か行われるので、それらの照射によって、微結晶粒が融解、再生して、周囲と同程度の大きい結晶粒に戻すことができる。したがってこの場合には、微結晶粒による部分的に特性の低いTFTができることがなく、特性の高いTFTが全面に得られることになる。

30

【0027】

以上のように、エキシマレーザアニールにおいて基板の移動方向をプラトーにおける強いビームから弱いビームに変化していく方向とすると、特性の高いTFTが全面に得られる訳であるが、矩形ビームのプラトー領域Pは5%以上の強度差がないと、ビームプロファイラでは検出できない。このような場合でも、レーザアニールを施す薄膜の成膜された基板に対して、移動させずにレーザアニールを施し、その領域を移動させる軸と垂直な直線で2分割し、分割された領域の多結晶シリコンの平均粒径を比較することによって、ビーム強度の違いを検出することができる。すなわち、移動させずにレーザアニールを施した領域の結晶粒径は、フルエンスに比例して増大するため、フルエンスの低い領域では平均粒径が小さくなり、フルエンスの高い領域では平均粒径が大きくなる。そのため、平均粒径を比較することによって、プラトー領域P内のビーム強度の違いを判別することができ、プラトー上の強いビームから弱いビームに変化していく方向に、基板の移動方向を定めることができるようになる。

40

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の第1の実施の形態について図面を参照して説明する。

実施例1

図1(b)において、図示しないガラス基板上に成膜されたa-Si膜に対して、ガラス

50

基板を移動させずに領域 1 1 にレーザアニールを施し、即ち 1 回だけパルス状のレーザを照射し、それをセコエッチ法によってエッチングした場合のポリシリコン膜の表面形態の概略図を示す。図では理解を容易にするためにガラス基板の移動方向に沿った短軸を拡大して示しているが、実際にはエキシマレーザのビームサイズ、すなわち照射領域 1 1 の長軸、短軸の寸法はおおよそ 200 mm × 0.4 mm である。

【 0 0 2 9 】

照射領域 1 1 はレーザビームが照射されて a - Si 膜が多結晶シリコンとなった全領域である。1 2 はそのうちのプラトー領域である。

エッチングによって、図 1 (b) に示したレーザアニールされた領域 1 1 のプラトー領域 1 2 中の多結晶シリコンの結晶粒が識別できるようになる。図 1 の場合には、ガラス基板の移動方向に対して直交する方向の直線 1 3 で 2 つに分割したプラト - 領域 1 2 のうち、紙面上方の方が粒径が大きい。このような粒径分布から直線 1 3 で分割された分割領域夫々の平均粒径を求める。その方法は幾つもあるが、本実施例では、指定した領域に含まれる各結晶粒の重心点からの距離を解析するコンピュータソフトを用いた。このソフトでは、各結晶粒の平均粒径を求め、さらにそれらの統計的平均を算出することができる。

【 0 0 3 0 】

ガラス基板の移動によるスキャン方向の軸と垂直な直線 1 3 で 2 分割し、分割された領域ごとに、前記コンピュータソフトで多結晶シリコンの平均粒径をもとめた。その結果、紙面上方の平均粒径は 0.2 μm、紙面下方の平均粒径は 0.15 μm と求まった。

【 0 0 3 1 】

このような操作を、レーザビームのフルエンスを変えて、低いフルエンスの照射されたビーム照射領域から順に高いフルエンスまで変化させて調べる。即ち図 1 (a) でのプラト - P 1 を上方へ平行移動させるようにフルエンスを順次高くしてゆく。

【 0 0 3 2 】

非常に低いフルエンスで照射された領域は、分割線 1 3 の両側で図 1 (b) のような粒径の違いは見られない。しかしフルエンスの高い照射のなされたビームになるにつれて、粒径に違いが見られるようになり、前述のような方法で粒径比較ができるようになる。

【 0 0 3 3 】

フルエンスをさらに上げて照射した領域を観察すると、図 1 (b) のような粒径分布とは分割線 1 3 の両側でガラス基板の移動方向に関して粒径の大小関係が逆転した分布が得られるようになる。これはビームプラトー内の強度の高い領域において、溶融シリコンの過冷却が発生し、その結果として微結晶 (microcrystalline) Si が生じて、粒径が極端に小さくなるからである。

【 0 0 3 4 】

フルエンスをさらに上げて照射した領域を観察すると、前述の微結晶 (microcrystalline) Si が照射領域のほぼ全面、すなわち分割線 1 3 の両側で平均して発生して、もはや分割線 1 3 の両側での平均粒径に差はなくなるようになる。

【 0 0 3 5 】

本実施例では、分割線の片側で上記の微結晶 (microcrystalline) Si が発生する前までの、フルエンスを変えた毎回のビーム照射領域における分割線 1 3 の両側の平均粒径を合計し、各分割領域毎に平均粒径を出して、粒径比較を行う。そして平均粒径の大きな方から小さな方へ向かう方向に基板移動方向を決定する。図 1 (a) の場合には図中の上方から下方へ基板を移動させればよいことが分かる。

【 0 0 3 6 】

時として図 2 のように、ビーム照射領域 2 1 のプラトー部分 2 2 の分割線 2 3 で分割された一方の分割領域である粒径の小さな方の領域中にさらに小さい微結晶領域 2 4 が現れることがある。これはこのプラト - 下半分領域のエネルギー - が特に高く、そこだけ微結晶 (microcrystalline) Si 2 4 が形成されて、粒径が極端に小さくなつたものである。この時のプラト - 部分 2 2 のフルエンスは例えば図 1 (a) のプラト - P 2 に示したようにガラス基板の進行方向の先端部分で極端に高いエネルギー - を持つビ - ムが照射されたよう

10

20

30

40

50

場合にみられる。

【0037】

このような状態で、平均粒径の大きな方から小さな方へ向かう方向にガラス基板を移動させて、レーザアニールを行うと、各照射のその領域において微結晶ポリシリコンができるてしまう。そしてこの領域には次のレーザ照射が行われないので、結果として部分的に電界移動度の低いポリシリコン膜が出来てしまい、このような部分的に電界移動度の低いポリシリコン膜を用いて TFT を形成すると、駆動回路や画素 TFT に欠陥を発生させることになる。そこでこのようにガラス基板の進行方向先端に相当するレーザビームの端に、前記微結晶粒 24 が発生した場合は、レーザビームの形状を図 1 (b) のような結晶分布が得られるようにプラトー P1 が得られるように光学調整を行って、その後本実施例に述べた、基板移動方向を決めるためのテストを再度行う。10

【0038】

実施例 2

実施例 1 と同様に、a-Si の成膜されたガラス基板に対して、このガラス基板を移動させずにレーザアニールを施し、フルエンスの大なる方から順にフルエンスを変えて粒径の観察を行う。フルエンスが極端に大きいと、実施例 1 に述べたように、例えば粒径 0.1 μm 以下の微結晶 (microcrystalline) Si が分割線 13 の両側の照射領域のほぼ全面で発生して、分割線 13 の両側での粒径に有意差はない。

【0039】

次にフルエンスを順次低くして観察を進めてゆくと、あるフルエンスでの照射の結果、分割線 13 の片側で粒径の大なる領域が現れるようになる。たとえばビーム内のプラト - 部分のエネルギー - 分布が図 1 (a) に示すようになっている場合で説明すると、プラト - の上半分はまだ微結晶発生のエネルギー - を持つが、プラト - の下半分がそれより低い大きい粒径が生成されるエネルギー - を持つフルエンスが照射されたことを意味する。20

【0040】

フルエンスをさらに下げて、プラト - の上半分が上記フルエンスでの下半分のエネルギー - に相当するエネルギー - になった状態でのフルエンスで照射した領域を観察すると、プラト - の上半分の照射領域の粒径も大きくなり、プラト - の下半分がそれより小さい粒径が生成されるエネルギー - を持つため、前述のように粒径分布が分割線 13 の両側でガラス基板の移動方向に関して逆転して、図 1 (b) と同じ状態で分布するようになる。この逆転する直前の照射領域の粒径分布を、実施例 1 と同じ方法で解析すると、プラト - の上半分はまだ微結晶発生のエネルギー - を持つため平均粒径は、0.1 μm であるが、プラト - の下半分がそれより大きい粒径が生成される低いエネルギー - を持つため平均粒径は 0.2 μm と求まった。30

【0041】

本実施例では、フルエンスを大きい値から順次下げた場合に分割線 13 の両側で粒径の大なる領域と小なる領域に別れるようになった時から上記の逆転が発生する前までの各々のフルエンスにおける分割線 13 の両側でのビーム照射領域の平均粒径を夫々合計し、各分割領域毎に平均粒径を出して、その粒径比較を行う。そして平均粒径の小なる方、すなわちプラト - のエネルギー - の大きい方から基板に照射され、平均粒径の大なる方、すなわちプラト - のエネルギー - の小さい方が後から基板に当たる方向に基板移動方向を決定する。40

【0042】

この場合、製造工程の途中で粒径の大きな領域の端に微結晶が現れた場合には、平均粒径の小さな方から大きな方へ向かう方向に基板を移動させてレーザアニールを行うように決定しているので、そのままでは各照射領域に微結晶ポリシリコンが残ってしまう。このような場合には、レーザビームの形状を図 1 のような結晶分布が得られるように、光学調整を行って、その後本実施例 2 に述べた、基板移動方向を決めるためのテストを再度行う。

【0043】

実施例 3

この実施例 3 では、レーザの強度プロファイルを蛍光板あるいは C C D を利用するプロフ50

アイラで解析して、その結果を用いてガラス基板の移動方向を決定する方法を示す。

【0044】

C C Dを利用するプロファイルで解析した場合のプラトー領域に着目したときに、該プラトーを2分割してその高さを比較し、プラトーが高い方と低い方を求め、レーザビームに対して基板を移動させる方向を、プラトーが高い方から低い方に向かう方向とする。例えば図1(a)に示した例ではプラト-P1の左端の方が右端より高いので、このプラト-P1の左端から右端へ向かって基板を移動させるように決定する。

【0045】

以下、図3を参照してこの発明により製造されたガラス基板上のポリシリコン薄膜を用いて液晶ディスプレイを駆動するためのTFTアレイを作成する方法を述べる。

10

【0046】

図3において、ガラス基板38上にSiNxとSiOxからなるアンダーコート層43をプラズマCVD法で形成した後、a-Siを膜厚55nmの設定でプラズマCVD法で形成した。ここで、ガラス基板38のサイズは400mm×500mmである。

【0047】

a-Siの成膜後、窒素雰囲気中で500°C、1時間の熱処理を行い、膜中の水素濃度を低下させ、その後、a-Siの膜厚をエリプソ法により求めた。a-Siの実際の膜厚は54.5nmであった。

【0048】

その後XeClエキシマによるレーザアニールを行って多結晶シリコン層31を形成した。エキシマレーザの照射サイズは200mm×0.4mmの線状ビームとし、ガラス基板38上でのフルエンスは350mJ/cm²、ガラス基板38の移動によるビームオーバーラップは95%となるように設定した。レーザは300Hzで動作させ、基板38を載せたXYステージを6mm/sで移動させた。基板38を載せたXYステージの移動方向は、実施例1で求めた方向とした。

20

【0049】

レーザアニールによって形成した多結晶シリコン層31から、フォトリソグラフィ技術を用いて、多結晶シリコンソース32a、多結晶シリコンドレイン32bを形成し、その上にゲート酸化膜33を形成し、ゲート電極34を形成して薄膜トランジスタを作製する。

30

【0050】

多結晶シリコンソース32a、多結晶シリコンドレイン32b、ゲート酸化膜33、ゲート電極34の全体を層間絶縁膜36で覆い、コンタクト穴を開けて多結晶シリコンソース32a、多結晶シリコンドレイン32b夫々に接続されたソース電極35a、ドレイン電極35bを形成し、保護膜37で保護する。

【0051】

一方、薄膜トランジスタ形成領域の横には層間絶縁膜36の上にドレイン電極35bに接続された導電層39Aの先に画素電極40を形成し、TFT基板を完成した。

【0052】

このTFT基板と対向基板42上に形成された対向電極41との間に液晶40を挟み、アクティブマトリクス液晶ディスプレイ装置を製造した。本発明によれば、薄膜トランジスタを形成するための多結晶シリコン層の粒径の分布が良好であるため、最高の特性を示すTFTが得られ、非常に高い歩留まりで、高品質の液晶ディスプレイを作製することができた。

40

【0053】

【発明の効果】

本発明によれば、ガラス基板全面で電界移動度の高いTFTを均一に製造することができ、従来実験段階にとどまっていた高性能を有する液晶ディスプレイを実用化レベルに持っていくことができるようになる、多結晶シリコン薄膜の製造方法が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1のレーザアニール法における基板移動方向決定に用いるレーザ

50

1 ショットの多結晶シリコンの粒径分布図。

【図2】本発明の実施例1のレーザアニール法における基板移動方向決定に用いるレーザ
1ショットの多結晶シリコンの粒径分布の他の例を示す図。

【図3】本発明のレーザアニール法を利用して形成した多結晶シリコン薄膜を用いたアク
ティブマトリクス型液晶ディスプレイの断面構造図。

【図4】a - S i 膜をレーザアニール法で多結晶シリコン薄膜に変換するときの多結晶シ
リコンの粒径とレーザのフルエンスの関係を示す図。

【符号の説明】

1 1 , 2 1 ... a - S i にエキシマレーザを照射した領域

1 2 , 2 2 ... a - S i にエキシマレーザを照射した領域のうちのプラトー領域

10

1 3 , 2 3 ... ガラス基板移動方向に直交する照射領域の分割線

2 4 ... 微結晶粒の発生した領域

3 1 ... 多結晶シリコン層

3 2 a ... 多結晶シリコンソース

3 2 b ... 多結晶シリコンドレイン

3 3 ... ゲート酸化膜

3 4 ... ゲート電極

3 5 a , 3 5 b ... ソース / ドレイン電極

3 6 ... 層間絶縁膜

20

3 7 ... 保護膜

3 8 ... ガラス基板

3 9 ... 画素電極

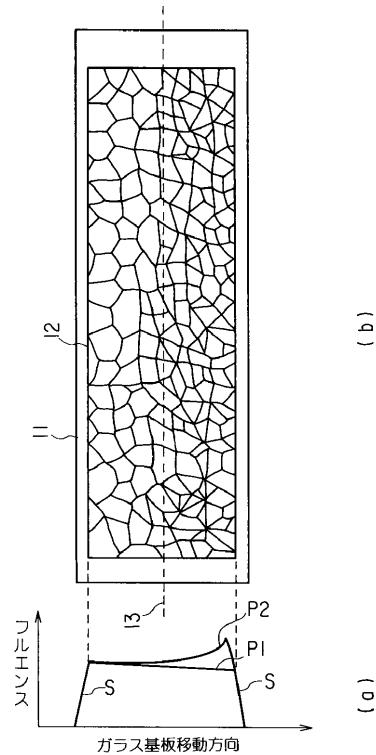
4 0 ... 液晶

4 1 ... 対向電極

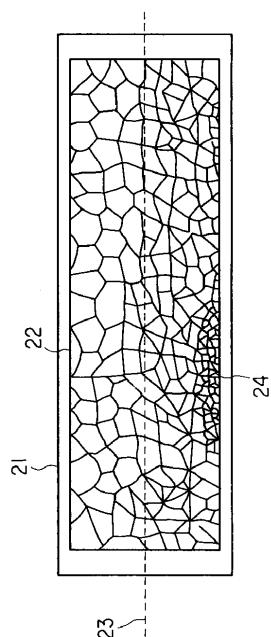
4 2 ... 対向基板

4 3 ... アンダーコート層

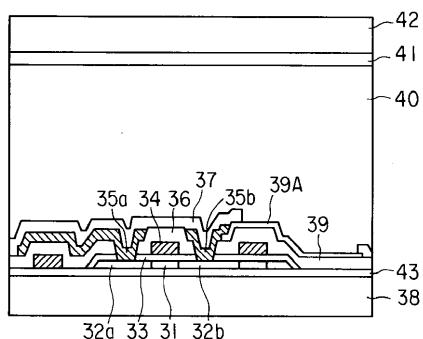
【図1】



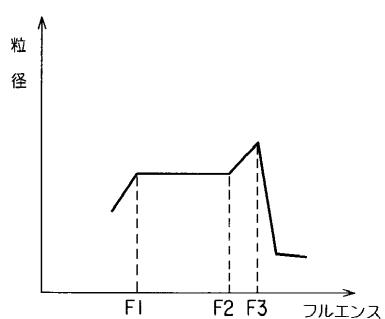
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(74)代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘
(74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
(74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎
(72)発明者 三橋 浩
埼玉県深谷市幡羅町1丁目9番2号 株式会社東芝深谷電子工場内
(72)発明者 松浦 由紀
埼玉県深谷市幡羅町1丁目9番2号 株式会社東芝深谷電子工場内
(72)発明者 藤村 尚
埼玉県深谷市幡羅町1丁目9番2号 株式会社東芝深谷電子工場内
(72)発明者 今井 信雄
埼玉県深谷市幡羅町1丁目9番2号 株式会社東芝深谷電子工場内
(72)発明者 後藤 康正
埼玉県深谷市幡羅町1丁目9番2号 株式会社東芝深谷電子工場内

審査官 萩原 周治

(56)参考文献 特開平06-077131 (JP, A)

特開平09-213652 (JP, A)

特開平09-219380 (JP, A)

James S. Im, et. al., "Phase transformation mechanisms involved in excimer laser crystallization of amorphous silicon films", Appl. Phys. Lett., 1993年10月 4日, VOL. 63, NO. 14, pp.1969-1971

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/20
G02F 1/1343-1/1345
G02F 1/135-1/1368
H01L 21/26-21/268
H01L 21/322-21/326
H01L 21/336
H01L 29/786