

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02013/069045

発行日 平成27年4月2日 (2015.4.2)

(43) 国際公開日 平成25年5月16日 (2013.5.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 G	5 F 1 1 O
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 6 C	5 F 1 5 2
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 E	
	HO 1 L 21/20	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 52 頁)

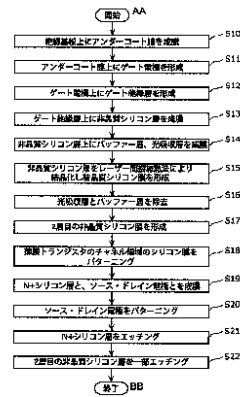
出願番号 特願2012-518670 (P2012-518670)	(71) 出願人 000005821 パナソニック株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(21) 国際出願番号 PCT/JP2011/006196	(74) 代理人 100109210 弁理士 新居 広守
(22) 国際出願日 平成23年11月7日 (2011.11.7)	(72) 発明者 菅原 祐太 日本国大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(81) 指定国 AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, T J, TM), EP (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, R O, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, H U, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, N I, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, S G, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜トランジスタ装置の製造方法、薄膜トランジスタ装置および表示装置

(57) 【要約】

本発明の薄膜トランジスタの製造方法等は、基板上に複数のゲート電極を形成する工程(S11)と、複数のゲート電極上にゲート絶縁層を形成する工程(S12)と、ゲート絶縁層上に非晶質性シリコン層を形成する工程(S13)と、非晶質性シリコン層上にバッファ層、光吸収層を形成する工程(S14)と、赤色または近赤外のレーザー光を用いて前記光吸収層を加熱させた熱により非晶質性シリコン層を結晶化させて結晶性シリコン層を生成する工程(S15)と、複数のゲート電極の各々に対応する結晶性シリコン層上の領域にソース電極及びドレイン電極を形成する工程(S20)と、を含み、ゲート絶縁層、非晶質性シリコン層の膜厚、バッファ層、及び、光吸収層の膜厚は、所定の条件式を満たすように形成される。



- S10 Form undercoat film on insulating substrate
- S11 Form gate electrode on undercoat film
- S12 Form gate insulating layer on gate electrode
- S13 Film-form amorphous silicon layer on gate insulating layer
- S14 Film-form buffer layer and light absorbing layer on amorphous silicon layer
- S15 Crystallize amorphous silicon layer by laser indirect heating method and form crystalline silicon film
- S16 Remove light absorbing layer and buffer layer
- S17 Form second layer amorphous silicon film
- S18 Pattern silicon film in channel region of thin film transistor
- S19 Film-form N+ silicon layer and source and drain electrodes
- S20 Pattern source and drain electrodes
- S21 Etch N+ silicon layer
- S22 Partially etch second layer amorphous silicon layer
- AA Start
- BB End

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を準備する第 1 工程と、
 前記基板上に複数のゲート電極を形成する第 2 工程と、
 前記複数のゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第 3 工程と、
 前記ゲート絶縁層上に非晶質シリコン層を積層する第 4 工程と、
 前記非晶質シリコン層上にバッファ層を形成する第 5 工程と、
 前記バッファ層上に光吸収層を形成する第 6 工程と、
 波長が 600 nm 以上である所定のレーザーを前記基板に対して一定の方向に相対移動
 させて、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光を用いて前記光吸収層を加熱させ
 、加熱により発生した熱により間接的に前記非晶質シリコン層を結晶化させて結晶性シリ
 コン層を生成する第 7 工程と、
 前記複数のゲート電極の各々に対応する前記結晶性シリコン層上の領域にソース電極及
 びドレイン電極を形成する第 8 工程と、を含み、
 前記光吸収層の膜厚に前記光吸収層の屈折率を積算した値である前記光吸収層の光学膜
 厚を、前記レーザー光の波長で除算した値を X とし、
 前記バッファ層の膜厚に前記バッファ層の屈折率を積算した値である前記バッファ
 層の光学膜厚と、前記非晶質シリコン層の膜厚と前記非晶質シリコン層の屈折率を積算
 した値である前記非晶質シリコン層の光学膜厚と、前記ゲート絶縁層の膜厚と前記ゲート
 絶縁層の屈折率を積算した前記ゲート絶縁層の光学膜厚とを和算した値を前記レーザー光
 の波長で除算した値を Y とし、
 さらに、前記光吸収層の密度を ρ とし、比熱を c とし、前記ゲート電極の膜厚を d_G 、密度
 を ρ_G 、比熱を c_G とし、
 前記ゲート電極の上方の光吸収層と前記ゲート電極の上方にない光吸収層の、前記レー
 ザー光に対するそれぞれの光吸収率が等しいときの前記ゲート電極の吸収率の最大値を A_G
 とし、
 $(A_G / d_G) \times (\rho \times c) / (\rho_G \times c_G)$ の式にて算出される値を A' とおいた
 とき、
 前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質性シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚、
 及び、前記光吸収層の膜厚は、下記の式 1) から式 4) により区画される範囲に属する前
 記 X、及び前記 Y を満たす、
 薄膜トランジスタ装置の製造方法。

$$\text{式 1) } Y = 1.06X - 0.22 \quad A' + 1.07$$

$$\text{式 2) } Y = 1.29X + 1.61 \quad A' + 1.44$$

$$\text{式 3) } Y = 1.06X + 0.33 \quad A' + 0.89$$

$$\text{式 4) } Y = 1.29X - 0.97 \quad A' - 0.95$$

【請求項 2】

前記光吸収層は、前記所定のレーザー光の波長範囲において半透明（消衰係数 $k < 1$ ）
 である、

請求項 1 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 3】

前記第 7 工程後、且つ、前記第 8 工程前において、
 少なくとも前記光吸収層を除去する工程を含む、
 請求項 1 または 2 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 4】

前記第 7 工程後、且つ、前記第 8 工程前において、
 前記バッファ層及び前記光吸収層を除去する工程を含む、
 請求項 1 または 2 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 5】

前記第 6 工程において、前記所定のレーザーは、連続発振または擬似連続発振モードの

発振モードで前記レーザー光を照射する、

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 6】

前記所定のレーザーは、固体レーザー装置で構成される、

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 7】

前記所定のレーザーは、半導体レーザー素子を用いたレーザー装置で構成される、

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 8】

前記第 6 工程において、前記レーザー光の前記非晶質性シリコン層上における照射エネルギー密度の変動は、5 % 程度未満である、

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 9】

前記所定のレーザーの波長は、600 nm ~ 2000 nm である、

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 10】

前記第 2 工程は、前記基板の上に酸化シリコンからなるアンダーコート層を形成する工程と、前記アンダーコート層上に複数のゲート電極を形成する工程とを含む、

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 11】

基板と、

前記基板の上に形成された複数のゲート電極と、

前記複数のゲート電極上に形成されたゲート絶縁層と、

前記ゲート絶縁層上に形成された結晶性シリコン層と、

前記複数のゲート電極の各々に対応する前記結晶性シリコン層上の領域に形成されたソース電極及びドレイン電極とを備え、

前記結晶性シリコン層は、

前記ゲート絶縁層上に非晶質性シリコン層を形成後、前記非晶質シリコン層上にバッファ層を形成し、前記バッファ層上に所定の光学特性を有する光吸収層を形成し、波長が 600 nm 以上 2000 nm 以下である所定のレーザーを前記基板に対して一定の方向に相対移動させて、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光を用いて前記光吸収層にレーザー光を吸収させ発生した熱により、前記バッファ層を介して間接的に非晶質性シリコン層をアニールし結晶化させて生成され、

前記光吸収層の膜厚に前記光吸収層の屈折率を積算した値である前記光吸収層の光学膜厚を、前記レーザー光の波長で除算した値を X とし、前記バッファ層の膜厚に前記バッファ層の屈折率を積算した値である前記バッファ層の光学膜厚と、前記非晶質シリコン層の膜厚と前記非晶質シリコン層の屈折率を積算した値である前記非晶質シリコン層の光学膜厚と、前記ゲート絶縁層の膜厚と前記ゲート絶縁層の屈折率を積算した前記ゲート絶縁層の光学膜厚とを和算した値を前記レーザー光の波長で除算した値を Y とし、さらに、前記光吸収層の密度を ρ とし、比熱を c とし、前記ゲート電極の膜厚を d_G 、密度を ρ_G 、比熱を c_G とし、前記ゲート電極の上方の光吸収層と前記ゲート電極の上方にない光吸収層の、前記レーザー光に対するそれぞれの光吸収率が等しいときの前記ゲート電極の吸収率の最大値を A_G とし、 $(A_G / d_G) \times (\rho \times c) / (\rho_G \times c_G)$ の式にて算出される値を A' とおいたとき、

前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質性シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚、及び、前記光吸収層の膜厚は、下記の式 1) から式 4) により区画される範囲に属する前記 X、及び前記 Y を満たす、

薄膜トランジスタ装置。

式 1) $Y < 1.06X - 0.22A' + 1.07$

式 2) $Y < 1.29X + 1.61A' + 1.44$

10

20

30

40

50

式 3) $Y = 1.06X + 0.33A' + 0.89$

式 4) $Y = 1.29X + -0.97 * A' - 0.95$

【請求項 1 2】

液晶パネルまたは E L パネルを含む表示装置であって、
前記表示装置は、請求項 1 1 記載の薄膜トランジスタ装置を備え、
前記薄膜トランジスタ装置は、前記液晶パネルまたは E L パネルを駆動させる、
表示装置。

【請求項 1 3】

前記 E L パネルは、有機 E L パネルである、
請求項 1 2 に記載の表示装置。

10

【請求項 1 4】

基板を準備する第 1 工程と、
前記基板上に複数のゲート電極を形成する第 2 工程と、
前記複数のゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第 3 工程と、
前記ゲート絶縁層上に非晶質シリコン層を積層する第 4 工程と、
前記非晶質シリコン層上にバッファ層を形成する第 5 工程と、
前記バッファ層上に光吸収層を形成する第 6 工程と、
波長が 600 nm 以上である所定のレーザーを前記基板に対して一定の方向に相対移動
させて、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光を用いて前記光吸収層を加熱させ
、加熱により発生した熱により間接的に前記非晶質シリコン層を結晶化させて結晶性シリ
コン層を生成する第 7 工程と、

20

前記複数のゲート電極の各々に対応する前記結晶性シリコン層上の領域にソース電極及
びドレイン電極を形成する第 8 工程と、を含み、

前記第 2 工程、前記第 3 工程、前記第 4 工程、前記第 5 工程、及び前記第 6 工程では、
前記第 7 工程において、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の、前記ゲ
ート電極外の前記所定のレーザーの相対移動方向の上流領域での前記光吸収層の最高到達温
度が、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記ゲート電極上の領域での
前記非晶質性シリコン層の最高到達温度より高くなるように、且つ、前記ゲート電極上の
領域内では、前記所定のレーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記光吸収層の
最高到達温度がほぼ一定になるように、構成される、

30

薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 1 5】

前記第 3 工程、前記第 4 工程、前記第 5 工程、前記第 6 工程及び前記第 7 工程では、
前記第 8 工程において、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の、前記ゲ
ート電極外の前記所定のレーザー光の相対移動方向の上流領域での前記光吸収層の最高到
達温度が、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記ゲート電極上の領域
での前記光吸収層の最高到達温度より高くなるように、且つ、前記ゲート電極上の領域内
では、前記所定のレーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記光吸収層の最高到
達温度がほぼ一定になるように、

前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚、及
び、前記光吸収層の膜厚が構成される、

40

請求項 1 4 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 1 6】

基板を準備する第 1 工程と、
前記基板上にゲート電極を形成する第 2 工程と、
前記ゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第 3 工程と、
前記ゲート絶縁層上に半導体材料を含む半導体材料層を形成する第 4 工程と、
前記半導体材料層上にバッファ層を形成する第 5 工程と、
前記バッファ層上に所定の光学定数を有する光吸収層を形成する第 6 工程と、
前記光吸収層に対して波長が 600 nm 以上 2000 nm 以下である所定のレーザー光

50

を照射し、前記光吸収層にレーザー光を吸収させ、前記光吸収層から発生した熱により、バッファ層を介して間接的に前記半導体材料層を結晶化させて結晶質の半導体層を生成する第7工程と、

前記ゲート電極に対応する領域である第1領域とは異なる、前記ゲート電極に対応しない領域である第2領域における前記半導体層上に、ソース電極及びドレイン電極を形成する第8工程と、を含み、

前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程及び前記第6工程において、前記光吸収層の前記第2領域での単位体積あたりの発熱量が、前記光吸収層の前記第1領域での単位体積あたりの発熱量よりも大きくなるように前記ゲート絶縁層、前記半導体材料層、前記バッファ層及び前記光吸収層を形成することにより、前記第7工程において、前記所定のレーザー光が照射されることによって発熱した前記第1領域の前記光吸収層から、前記ゲート電極に対して熱伝導して、前記ゲート電極に吸収されている熱分を、第2領域の前記半導体材料層に対して熱拡散することを抑えて蓄熱させた状態にさせ、かつ、発熱している前記第1領域の前記光吸収層において、等しい温度分布を有する部位を形成させて、前記半導体材料層を結晶化させる、

薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項17】

前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程及び前記第6工程では、前記光吸収層の前記第2領域での単位体積あたりの発熱量が、前記光吸収層の前記第1領域での単位体積あたりの発熱量よりも大きくなるように、

前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚及び前記光吸収層が構成される、

請求項16に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項18】

前記光吸収層の前記第2領域は、前記第7工程における前記所定のレーザー光の前記基板に対する相対移動方向において、前記第1領域に対して上流領域および下流領域に対応している、

請求項16に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項19】

前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程及び前記第6工程では、前記第7工程において、前記半導体材料層の前記第2領域における単位体積あたりの発熱量が、前記半導体材料層の前記第1領域における単位体積あたりの発熱量に比べて、前記ゲート電極の単位体積あたりの発熱量以上大きくなるように、構成される、

請求項16に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項20】

前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程及び前記第6工程では、前記第7工程において、前記光吸収層の前記第1領域に形成される前記等しい温度分布を有する部位における大きさが、前記第1領域に対して0.8以上1.0以下となるように構成される、

請求項16に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は薄膜トランジスタ装置の製造方法、薄膜トランジスタ装置および表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、液晶パネルまたは有機ELパネルを構成する薄膜トランジスタ(TFT: Thin Film Transistor)がある。薄膜トランジスタのチャンネル部は、非晶質シリコンであるa-Siまたは結晶質で多結晶シリコンであるPoly-Siで形成

10

20

30

40

50

されている。薄膜トランジスタのチャネル部の結晶質シリコン層（Poly-Si層）は、一般的に、非晶質シリコン層（a-Si層）を形成後、その非晶質シリコン層に例えばエキシマ等のレーザー光を照射して瞬間的に温度を上昇させて結晶化することにより、形成される。

【0003】

また、薄膜トランジスタの構造としては、ゲート金属がチャネル部のx-Si（xは、aまたはPoly）からみて基板側に配置されているボトムゲート構造と、ゲート金属およびソース・ドレイン金属がチャネル部のx-Siからみて基板と反対方向に配置されているトップゲート構造とが存在する。ボトムゲート構造は、非晶質シリコン層で形成されたチャネル部を有するa-Si TFTで主に用いられており、トップゲート構造は、結晶質シリコン層で形成されたチャネル部を有するPoly-Si TFTで主に用いられている。なお、大面積の表示装置に用いられる液晶パネルまたは有機ELパネルを構成する薄膜トランジスタの構造としては、ボトムゲート構造が一般的である。

10

【0004】

さらに、ボトムゲート構造でPoly-Si TFTが用いられる場合も存在し、その場合には、作製コストが抑えられるといった長所を持っている。このようなボトムゲート構造のPoly-Si TFTでは、非晶質シリコン層にレーザーが照射され結晶化されることで結晶質シリコン層が形成される。この手法（レーザーアニール結晶化法）では、レーザー光照射に基づく熱で非晶質シリコン層を結晶化させる。

20

【0005】

レーザーアニール手法の1つとして、非晶質シリコン層上にバッファ層として、例えば酸化珪素層を堆積し、さらにバッファ層の上に光吸収層を堆積し、その吸収層に吸収され熱変換されるレーザー光を照射することにより、非晶質シリコンを間接的に加熱する手法がある。以下、この手法をレーザー間接加熱法という。

【0006】

また、レーザー間接加熱法に用いるレーザーとしては、大出力化が可能で、かつ出力の時間安定性が高い赤色、及び近赤外の固定レーザーを用いるのが効果的である。なぜなら、レーザー光の強度に、時間的な変動が存在すると、結晶に均一な温度分布にならず、結晶化によって形成される結晶質シリコン層の結晶性がばらついてしまうが、エキシマレーザーは、エネルギーばらつき（時間的な変動）などの問題によって均一な結晶化を図ることが難しいからである。また、固定レーザーは、ガスレーザーであるエキシマレーザーと比較して、メンテナンスコストも低減できるという生産上の利点もあるからである。

30

【0007】

またレーザー間接加熱法に用いる光吸収層としては、その光学特性が、赤色、及び近赤外の波長、具体的には波長600nm以上2000nm以下の光に対する吸収が大きい特徴を有していることが望ましい。かつ、高温を伴うレーザーアニール結晶化プロセスに耐えうる熱特性も兼ね備えていることが望ましい。

【0008】

そのような特徴を有する光吸収層の一例として、高融点金属であるMoやCrがある。これらの高融点金属膜は、その消衰係数kが一般的に大きい（2以上）ため、安定に成膜でき、かつレーザー照射による加熱に耐えうる（1500度以上）膜厚では（10nm以上）では、入射したレーザー光に対して5%以下の透過率となる。そのため、下地の層構造による多重干渉の影響が無視できるようになり、下地の層構造によらず（例えば、ゲート電極の存在する領域と存在しない領域とで）、光吸収層の吸収率は一定になる。

40

【0009】

しかし、有機ELパネルを構成する薄膜トランジスタには、特に均一な特性が求められるため、上記のレーザーアニール結晶化法をボトムゲート構造の薄膜トランジスタの製造に適用した場合には不都合（問題）が生じてしまう。具体的には、ボトムゲート構造の薄膜トランジスタでは、シリコンや絶縁膜に比して高い熱伝導率の金属材料でゲート電極が先に形成されて、その後に絶縁層及び非晶質シリコン層が形成される。さらに、形成され

50

た非晶質シリコン層上に光吸収層が形成された後、レーザー間接加熱法により、上方の光吸収層にレーザー光を照射して、その発熱により間接的に非晶質シリコン層をアニールして結晶化を行う。その結晶化の際、非晶質シリコン層の結晶化に費やされるはずの熱がゲート電極によって吸収、伝播されてしまい、非晶質シリコン層が十分に結晶化されずに結晶性の低下や不均一化が生じてしまう問題がある。

【0010】

それに対して、ゲート電極の近接領域すなわちチャネル近傍に、ダミーゲートパターンを配置させることにより、ゲート電極及びダミーゲートパターン上方にある非晶質シリコン層におけるそれぞれの熱容量の差を低減させる方法が開示されている（例えば、特許文献1）。また、レーザー光のスキャン上流側にゲート電極を伸長させることにより、伸長させたゲート電極の部分のプリアニール効果を利用して、レーザー光が薄膜トランジスタのゲート電極上方の光吸収層に到達する前に、ゲート電極を熱的に飽和させ、ゲート電極によるシリコン薄膜において発生した熱の吸収を軽減させる方法が開示されている（例えば特許文献2）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開平10 242052号公報

【特許文献2】特開2007 035964号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、上記従来の方法をレーザー間接加熱法に適用する場合、次に述べるような課題がある。すなわち、特許文献1及び文献2に開示の方法では、ゲート電極上方の光吸収層にレーザー光が到達する前にゲート電極を熱的に飽和させる手段として、ゲート電極周辺、及びゲート電極に接触して電極材料を配置する。そのため、ボトムゲート構造の薄膜トランジスタを用いてより高精細な表示装置を作製する場合には、ゲート電極パターンを密に配置することが困難になるという課題がある。さらに、上記特許文献2に開示の方法では、スキャン方向に対して薄膜トランジスタのチャネル方向が常に平行になるように薄膜トランジスタを配置しなければならないという制約が生じる。これは、表示装置の画素内の回路パターンの設計の自由度を著しく低減させてしまうため、より高精細な表示装置の作製をする場合には、深刻な課題となる。

30

【0013】

また、非晶質シリコン層の結晶化を、上記のように、光吸収層を用いて行う場合、すなわち、光吸収層に赤色（または近赤外）の波長領域の連続発振（または擬似連続発振）のレーザーを照射・スキャンし、その発熱により間接的に行う場合、エキシマレーザーのスキャンによって行う場合とは異なる問題が生じる。具体的には、上記の結晶化を行うと、非晶質シリコン層における熱拡散長がより大きくなるので、ゲート電極による熱伝導の影響がより顕著になり、結晶化が不十分となる。これを、図1を用いて説明する。図1は、レーザーアニール結晶化法を可視光領域の固体レーザーのスキャンによって行った場合の結晶ムラを示す図である。

40

【0014】

図1の右図に示すように、結晶ムラは、スキャンの上流側（図中の右方向）に発生しているのがわかる。ここで、図1の左図は、図1の右図の複数のゲート金属のうちの1つのゲート金属上の非晶質シリコンに対する結晶化率を示す図である。図1の左図において、例えば結晶化率80%とは、粒径30nm～40nmの結晶質シリコンであることと表しており、例えば結晶化率40%とは、粒径10nm～20nmの結晶質シリコンであることと表している。したがって、図1の左図で示すように、結晶化が不十分（均一でない）である場合に結晶ムラが生じることがわかる。

【0015】

50

このように、レーザー間接加熱法により非晶質シリコン層の結晶化を行う場合、結晶化が不十分となるので、それを用いた薄膜トランジスタの特性の劣化、個々のトランジスタの特性の不均一化を生じてしまう問題がある。

【0016】

本発明は、上記の問題点を鑑みてなされたもので、赤色又は近赤外の波長領域のレーザーを用いて、結晶性の安定した結晶シリコン膜を形成することができる薄膜トランジスタ装置の製造方法、薄膜トランジスタ装置、それを用いた表示装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る薄膜トランジスタ装置の製造方法は、基板を準備する第1工程と、前記基板上に複数のゲート電極を形成する第2工程と、前記複数のゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第3工程と、前記ゲート絶縁層上に非晶質シリコン層を積層する第4工程と、前記非晶質シリコン層上にバッファ層を形成する第5工程と、前記バッファ層上に光吸収層を形成する第6工程と、波長が600nm以上である所定のレーザーを前記基板に対して一定の方向に相対移動させて、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光を用いて前記光吸収層を加熱させ、加熱により発生した熱により間接的に前記非晶質シリコン層を結晶化させて結晶性シリコン層を生成する第7工程と、前記複数のゲート電極の各々に対応する前記結晶性シリコン層上の領域にソース電極及びドレイン電極を形成する第8工程と、を含み、前記光吸収層の膜厚に前記光吸収層の屈折率を積算した値である前記光吸収層の光学膜厚を、前記レーザー光の波長で除算した値をXとし、前記バッファ層の膜厚に前記バッファ層の屈折率を積算した値である前記バッファ層の光学膜厚と、前記非晶質シリコン層の膜厚と前記非晶質シリコン層の屈折率を積算した値である前記非晶質シリコン層の光学膜厚と、前記ゲート絶縁層の膜厚と前記ゲート絶縁層の屈折率を積算した前記ゲート絶縁層の光学膜厚とを和算した値を前記レーザー光の波長で除算した値をYとし、さらに、前記光吸収層の密度を、比熱をcとし、前記ゲート電極の膜厚をdG、密度をG、比熱をcGとし、前記ゲート電極の上方の光吸収層と前記ゲート電極の上方にない光吸収層の、前記レーザー光に対するそれぞれの光吸収率が等しいときの前記ゲート電極の吸収率の最大値をAGとし、 $(AG/dG) \times (\quad \times c) / (\quad G \times cG)$ の式にて算出される値をA'とおいたとき、前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質性シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚、及び、前記光吸収層の膜厚は、 $Y - 1.06X - 0.22 A' + 1.07$ 、 $Y - 1.29X + 1.61 * A' + 1.44$ 、 $Y - 1.06X + 0.33 A' + 0.89$ 、および $Y - 1.29X + -0.97 * A' - 0.95$ の式により区画される範囲に属する前記X、及び前記Yを満たす。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、赤色または近赤外のレーザーを用いて、結晶性の安定した結晶シリコン膜を形成することができる薄膜トランジスタ装置の製造方法、薄膜トランジスタ、それを用いた表示装置を実現することができる。具体的には、前記シリコン薄膜、ゲート絶縁層、バッファ層、及び、赤色及び近赤外の波長領域のレーザー光に対して所定の光学特性を有する光吸収層を、それぞれの膜厚が所定の条件を満足するように形成することにより、例えば、ゲート電極のパターン形状等、特に薄膜トランジスタ装置の構造に変更を加えることなく、赤色又は及び近赤外のレーザーを用いたレーザー間接加熱法により、結晶性の安定した結晶シリコン層を形成することができる薄膜トランジスタ装置の製造方法、薄膜トランジスタ装置、それを用いた表示装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1は、レーザーアニール結晶化法を可視光領域の固体レーザーのスキャンによって行った場合の結晶ムラを示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2】図 2 は、本発明の実施の形態に係る表示装置を構成する薄膜トランジスタの構造を示す断面図である。

【図 3】図 3 は、本発明の実施の形態に係る表示装置の等価回路を示す図である。

【図 4】図 4 は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造工程を示すフローチャートである。

【図 5 A】図 5 A は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 B】図 5 B は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 C】図 5 C は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 D】図 5 D は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 E】図 5 E は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 F】図 5 F は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 G】図 5 G は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 H】図 5 H は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 I】図 5 I は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 J】図 5 J は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 K】図 5 K は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5 L】図 5 L は、本発明の実施の形態に係る表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 6】図 6 は、図 4 の S 1 5 におけるレーザー間接加熱法を模式的に示した図である。

【図 7 A】図 7 A は、振幅透過率及び振幅透過率の計算方法を説明するための図である。

【図 7 B】図 7 B は、振幅透過率及び振幅透過率の計算方法を説明するための図である。

【図 8】図 8 は、レーザー間接加熱法により結晶質シリコン層を形成する場合にゲート絶縁層、非晶質シリコン層、バッファ層及び光吸収層に好適な膜厚範囲があることを示すための図である。

【図 9】図 9 は、図 8 の横軸の値を光吸収層の膜厚に変換した値の例を示す図である。

【図 10】図 10 は、図 8 の縦軸の値を、バッファ層の膜厚に変換した値の例を示す図である。

【図 11】図 11 は、本発明の実施の形態に係る表示装置を構成する薄膜トランジスタの構造の別の例を示す断面図である。

【図 12】図 12 は、図 11 に示す薄膜トランジスタのゲート絶縁層が酸化珪素 (S i O) 膜と窒化珪素 (S i N) 膜で構成されている場合の、それぞれの膜厚の組を示す図である。

【図 13】図 13 は、図 8 において、バッファ層と光吸収層との好適な膜厚範囲を算出するために用いた図である。

【図 14】図 14 は、シミュレーションに用いたモデルを示す図である。

【図 15】図 15 は、図 8 において、本シミュレーションで実施した膜厚条件箇所を示す図である。

【図 16】図 16 は、第 1 領域及び第 2 領域の非晶質シリコン層表面の最高到達温度の位置依存性のシミュレーション結果を示す図である。

10

20

30

40

50

【図17A】図17Aは、本発明の実施の形態の構造に対して赤色及び近赤外の波長領域のレーザー光を用いてレーザー間接加熱結晶化法を行った場合の結晶質シリコン層の結晶性を示す図である。

【図17B】図17Bは、従来の構造に対して赤色及び近赤外の波長領域のレーザー光を用いてレーザー間接加熱結晶化法を行った場合の結晶質シリコン層の結晶性を示す図である。

【図18】図18は、本発明の実施の形態における効果を説明するための図である。

【図19】図19は、本発明の薄膜トランジスタを用いた表示装置の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0020】

第1の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法は、基板を準備する第1工程と、前記基板上に複数のゲート電極を形成する第2工程と、前記複数のゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第3工程と、前記ゲート絶縁層上に非晶質シリコン層を積層する第4工程と、前記非晶質シリコン層上にバッファ層を形成する第5工程と、前記バッファ層上に光吸収層を形成する第6工程と、波長が600nm以上である所定のレーザーを前記基板に対して一定の方向に相対移動させて、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光を用いて前記光吸収層を加熱させ、加熱により発生した熱により間接的に前記非晶質シリコン層を結晶化させて結晶性シリコン層を生成する第7工程と、前記複数のゲート電極の各々に対応する前記結晶性シリコン層上の領域にソース電極及びドレイン電極を形成する第8工程と、を含み、前記光吸収層の膜厚に前記光吸収層の屈折率を積算した値である前記光吸収層の光学膜厚を、前記レーザー光の波長で除算した値をXとし、前記バッファ層の膜厚に前記バッファ層の屈折率を積算した値である前記バッファ層の光学膜厚と、前記非晶質シリコン層の膜厚と前記非晶質シリコン層の屈折率を積算した値である前記非晶質シリコン層の光学膜厚と、前記ゲート絶縁層の膜厚と前記ゲート絶縁層の屈折率を積算した前記ゲート絶縁層の光学膜厚とを和算した値を前記レーザー光の波長で除算した値をYとし、さらに、前記光吸収層の密度を ρ 、比熱をcとし、前記ゲート電極の膜厚をdG、密度を ρ_G 、比熱を c_G とし、前記ゲート電極の上方の光吸収層と前記ゲート電極の上方にない光吸収層の、前記レーザー光に対するそれぞれの光吸収率が等しいときの前記ゲート電極の吸収率の最大値をAGとし、 $(AG/dG) \times (\rho \times c) / (\rho_G \times c_G)$ の式にて算出される値をA'とおいたとき、前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚、及び、前記光吸収層の膜厚は、下記の式1)から式4)により区画される範囲に属する前記X、及び前記Yを満たす。ここで、式1) $Y = 1.06X - 0.22A' + 1.07$ 、式2) $Y = 1.29X + 1.61A'$ 、式3) $Y = 1.06X + 0.33A' + 0.89$ 、式4) $Y = 1.29X + 0.97A' - 0.95$ 。

20

30

【0021】

本態様によれば、ゲート絶縁膜、チャネル層となる非晶質性シリコン層、バッファ層、及び、赤色及び近赤外の波長領域のレーザー光に対して所定の光学特性を有する光吸収層の膜厚が前記上記条件を満たすことにより、1)前記ゲート電極の上方(以下、第1領域、と記述する)の光吸収層の光吸収率より前記ゲート電極の上方にない(以下、第2領域、と記述する)光吸収層の光吸収率が大きく設定され、且つ、2)前記ゲート電極の上方のシリコン層の発熱温度を、前記非晶質性シリコン層の融点より大きく設定することが可能になる。

40

【0022】

従って、先ず、1)の効果より、前記光吸収層の発熱を受けて、前記第2領域の非晶質性シリコン層の発熱は、前記第1領域の非晶質性シリコン層の発熱より大きくなる。これにより、前記レーザー光が照射され始める第1領域の光吸収層の始端部に、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光が到達する前に、前記第2領域上方の光吸収層にて発生する熱が予め前記ゲート電極に伝播され、前記ゲート電極が熱的に飽和した状態となる。

50

【0023】

その結果、前記レーザー光が照射され始める前記ゲート電極の始端部から、前記レーザー光が照射され終わる前記ゲート電極の終端部にかけて、前記第1領域の光吸収層より発生した熱が前記ゲート電極により吸収される割合を低減できるので、前記第1領域の非晶質性シリコン層の発熱温度分布をほぼ均一に制御できる。これにより、前記非晶質性シリコン層を結晶化した結晶性シリコン層内に生成される結晶組織をほぼ均一に制御できる。

【0024】

さらに、2)の効果より、前記第2領域の光吸収層の光吸収率が、前記第1領域の光吸収層の光吸収率より過度に大きい場合、即ち、前記第2領域の光吸収層の発熱が、前記第1領域の光吸収層の発熱より極端に大きくなった場合においても、前記第1領域及び前記第2領域の非晶質性シリコンが溶融し溶融シリコンとなることによって、その熱伝導率が、一般的にゲート電極として用いられる金属の熱伝導率と同程度の値まで増加する。

10

【0025】

よって、前記第2領域の溶融したシリコン層より発生した熱は、前記ゲート絶縁層を介して前記ゲート電極に伝播するよりも、前記第1領域の溶融したシリコン層へ伝播するようになるので、前記第2領域の溶融したシリコン層より発生した熱が前記ゲート電極へと過度に伝播することは無い。故に、前記ゲート電極の発熱温度の分布が悪化することは無くなるので、前記ゲート電極の発熱温度の分布の悪化に伴う前記第1領域のシリコン層の発熱温度分布の均一性の低下は避けられる。

【0026】

以上により、上記1)と2)の複合効果により、前記非晶質性シリコン層を結晶化した結晶性シリコン層内に生成される結晶組織の均一性が保持され、その結果、前記レーザー光が照射され始めた前記ゲート電極の始端部に対応する結晶性シリコン層から、前記レーザー光が照射され終わる前記ゲート電極の終端部に対応する結晶性シリコン層にかけて、前記結晶性シリコン層内の結晶率のパラッキが抑制された薄膜トランジスタ装置を実現できる。

20

【0027】

第2の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記光吸収層は、前記所定のレーザー光の波長範囲において半透明(消衰係数 $k < 1$)である。

【0028】

第3の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記第7工程後、且つ、前記第8工程前において、少なくとも前記光吸収層を除去する工程を含む。

30

【0029】

第4の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記第7工程後、且つ、前記第8工程前において、前記バッファ層及び前記光吸収層を除去する工程を含む。

【0030】

第5の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記第6工程において、前記所定のレーザーは、連続発振または擬似連続発振モードの発振モードで前記レーザー光を照射する。

【0031】

第6の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記所定のレーザーは、固体レーザー装置で構成される。

40

【0032】

第7の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法としては、前記所定のレーザーは、半導体レーザー素子を用いたレーザー装置で構成される。

【0033】

第8の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法としては、前記第6工程において、前記レーザー光の前記非晶質性シリコン層上における照射エネルギー密度の変動は、5%程度未満である。

【0034】

50

第9の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法としては、前記所定のレーザーの波長は、600nm～2000nmである。

【0035】

第10の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記第2工程は、前記基板に酸化シリコンからなるアンダーコート層を形成する工程と、前記アンダーコート層上に複数のゲート電極を形成する工程とを含む。

【0036】

第11の態様の薄膜トランジスタは、基板と、前記基板に形成された複数のゲート電極と、前記複数のゲート電極上に形成されたゲート絶縁層と、前記ゲート絶縁層上に形成された結晶性シリコン層と、前記複数のゲート電極の各々に対応する前記結晶性シリコン層上の領域に形成されたソース電極及びドレイン電極とを備え、前記結晶性シリコン層は、前記ゲート絶縁層上に非晶質性シリコン層を形成後、前記非晶質シリコン層上にバッファ層を形成し、前記バッファ層上に所定の光学特性を有する光吸収層を形成し、波長が600nm以上2000nm以下である所定のレーザーを前記基板に対して一定の方向に相対移動させて、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光を用いて前記光吸収層にレーザー光を吸収させ発生した熱により、前記バッファ層を介して間接的に非晶質性シリコン層をアニールし結晶化させて生成され、前記光吸収層の膜厚に前記光吸収層の屈折率を積算した値である前記光吸収層の光学膜厚を、前記レーザー光の波長で除算した値をXとし、前記バッファ層の膜厚に前記バッファ層の屈折率を積算した値である前記バッファ層の光学膜厚と、前記非晶質シリコン層の膜厚と前記非晶質シリコン層の屈折率を積算した値である前記非晶質シリコン層の光学膜厚と、前記ゲート絶縁層の膜厚と前記ゲート絶縁層の屈折率を積算した前記ゲート絶縁層の光学膜厚とを和算した値を前記レーザー光の波長で除算した値をYとし、さらに、前記光吸収層の密度を、比熱をcとし、前記ゲート電極の膜厚をdG、密度をG、比熱をcGとし、前記ゲート電極の上方の光吸収層と前記ゲート電極の上方にない光吸収層の、前記レーザー光に対するそれぞれの光吸収率が等しいときの前記ゲート電極の吸収率の最大値をAG、とし、 $(AG/dG) \times (\quad \times c) / (\quad G \times cG)$ の式にて算出される値をA'とおいたとき、前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質性シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚、及び、前記光吸収層の膜厚は、下記の式1)から式4)により区画される範囲に属する前記X、及び前記Yを満たす。ここで、式1) $Y = 1.06X - 0.22A' + 1.07$ 、式2) $Y = 1.29X + 1.61 * A' + 1.44$ 、式3) $Y = 1.06X + 0.33A' + 0.89$ 、式4) $Y = 1.29X + -0.97 * A' - 0.95$ 。

【0037】

第12の態様の表示装置は、液晶パネルまたはELパネルを含む表示装置であって、前記表示装置は、第11の態様に記載の薄膜トランジスタを備え、前記薄膜トランジスタは、前記液晶パネルまたはELパネルを駆動させる。

【0038】

第13の態様の表示装置として、前記ELパネルは、有機ELパネルである。

【0039】

第14の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法は、基板を準備する第1工程と、前記基板に複数のゲート電極を形成する第2工程と、前記複数のゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第3工程と、前記ゲート絶縁層上に非晶質シリコン層を積層する第4工程と、前記非晶質シリコン層上にバッファ層を形成する第5工程と、前記バッファ層上に光吸収層を形成する第6工程と、波長が600nm以上である所定のレーザーを前記基板に対して一定の方向に相対移動させて、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光を用いて前記光吸収層を加熱させ、発生した熱により間接的に前記非晶質シリコン層を結晶化させて結晶性シリコン層を生成する第7工程と、前記バッファ層及び光吸収層を除去する第8工程と、前記複数のゲート電極の各々に対応する前記結晶性シリコン層上の領域にソース電極及びドレイン電極を形成する第9工程と、を含み、前記第2工程、前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程、及び前記第6工程では、前記第7工程において、前

10

20

30

40

50

記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の、前記ゲート電極外の前記所定のレーザーの相対移動方向の上流領域での前記光吸収層の最高到達温度が、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記ゲート電極上の領域での前記非晶質性シリコン層の最高到達温度より高くなるように、且つ、前記ゲート電極上の領域内では、前記所定のレーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記光吸収層の最高到達温度がほぼ一定になるように、構成される。

【0040】

第15の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程、前記第6工程及び前記第7工程では、前記第8工程において、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の、前記ゲート電極外の前記所定のレーザー光の相対移動方向の上流領域での前記光吸収層の最高到達温度が、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記ゲート電極上の領域での前記光吸収層の最高到達温度より高くなるように、且つ、前記ゲート電極上の領域内では、前記所定のレーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記光吸収層の最高到達温度がほぼ一定になるように、前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚、及び、前記光吸収層の膜厚が構成される。

10

【0041】

第16の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法は、基板を準備する第1工程と、前記基板上にゲート電極を形成する第2工程と、前記ゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第3工程と、前記ゲート絶縁層上に半導体材料を含む半導体材料層を形成する第4工程と、前記半導体材料層上にバッファ層を形成する第5工程と、前記バッファ層上に所定の光学定数を有する光吸収層を形成する第6工程と、前記光吸収層に対して波長が600nm以上2000nm以下である所定のレーザー光を照射し、前記光吸収層にレーザー光を吸収させ、前記光吸収層から発生した熱により、バッファ層を介して間接的に前記半導体材料層を結晶化させて結晶質の半導体層を生成する第7工程と、前記ゲート電極に対応する領域である第1領域とは異なる、前記ゲート電極に対応しない領域である第2領域における前記半導体層上に、ソース電極及びドレイン電極を形成する第8工程と、を含み、前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程及び前記第6工程において、前記光吸収層の前記第2領域での単位体積あたりの発熱量が、前記光吸収層の前記第1領域での単位体積あたりの発熱量よりも大きくなるように前記ゲート絶縁層、前記半導体材料層、前記バッファ層及び前記光吸収層を形成することにより、前記第7工程において、前記所定のレーザー光が照射されることによって発熱した前記第1領域の前記光吸収層から、前記ゲート電極に対して熱伝導して、前記ゲート電極に吸収されている熱分を、第2領域の前記半導体材料層に対して熱拡散することを抑えて蓄熱させた状態にさせ、かつ、発熱している前記第1領域の前記光吸収層において、等しい温度分布を有する部位を形成させて、前記半導体材料層を結晶化させる。

20

30

【0042】

第17の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程及び前記第6工程では、前記光吸収層の前記第2領域での単位体積あたりの発熱量が、前記光吸収層の前記第1領域での単位体積あたりの発熱量よりも大きくなるように、前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚及び前記光吸収層が構成される。

40

【0043】

第18の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記光吸収層の前記第2領域は、前記第7工程における前記所定のレーザー光の前記基板に対する相対移動方向において、前記第1領域に対して上流領域および下流領域に対応している。

【0044】

第19の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程及び前記第6工程では、前記第7工程において、前記第2領域における単位体積あたりの発熱量が、前記第1領域における単位体積あたりの発熱量に比べて、前記

50

ゲート電極の単位体積あたりの発熱量以上大きくなるように、構成される。

【0045】

第20の態様の薄膜トランジスタ装置の製造方法として、前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程及び前記第6工程では、前記第7工程において、前記光吸収層の前記第1領域に形成される前記等しい温度分布を有する部位における大きさが、前記第1領域に対して0.8以上1.0以下となるように構成される。

【0046】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照しながら説明する。

【0047】

図2は、本発明の実施の形態に係る有機発光表示装置を構成する薄膜トランジスタの構造を示す断面図である。

10

【0048】

図2に示す薄膜トランジスタ100は、ボトムゲート構造の薄膜トランジスタであり、基板10と、アンダーコート層11と、ゲート電極12と、ゲート絶縁層13と、結晶質シリコン層17と、非晶質シリコン層18と、n+シリコン層19と、ソース・ドレイン電極20とを備える。

【0049】

基板10は、例えば透明なガラスまたは石英からなる絶縁基板である。

【0050】

アンダーコート層11は、基板10上に形成され、例えば窒化珪素(SiN_x)層、酸化珪素(SiO_x)層、及びその積層等から構成される。ここで、アンダーコート層11は、1.5 < x < 2.0の酸化珪素(SiO_x)で、300nm以上1500nm以下の膜厚で構成されるのが好ましい。より好ましいアンダーコート層11の膜厚範囲は、500nm以上1000nm以下である。これは、アンダーコート層11の厚みを厚くすると基板10への熱負荷を低減できるが、厚すぎると膜剥がれやクラックが発生してしまうことによる。

20

【0051】

ゲート電極12は、アンダーコート層11上に形成され、典型的にはモリブデン(Mo)等の金属やMo合金等(例えばMoW(モリブデン・タングステン合金))の金属からなる。なお、ゲート電極12は、シリコンの融点温度に耐えられる金属であればよいので、W(タングステン)、Ta(タンタル)、Nb(ニオブ)、Ni(ニッケル)、Cr(クロム)およびMoを含むこれらの合金からなるとしてもよい。ゲート電極12の膜厚は、好ましくは30nm以上~300nm以下であり、より好ましくは、50nm以上~1000nm以下である。これは、ゲート電極12の膜厚が薄いと、ゲート電極12の透過率が増加してしまい、以下に記すレーザー光の反射が低下しやすくなるからである。また、ゲート電極12の膜厚が厚いと以下に説明するゲート絶縁層13のカバレッジが低下してしまい、特にゲート電極の端部でゲート絶縁膜が段切れすることでゲート電極12とn+シリコン層19とが電気的に導通してしまうなど、薄膜トランジスタ100の特性が劣化しやすくなるからである。

30

【0052】

ゲート絶縁層13は、ゲート電極12を覆うように形成され、例えば酸化珪素層、もしくは窒化珪素層の単層構造、または、酸化珪素層及び窒化珪素層の積層構造からなる。ゲート絶縁層13の膜厚は、単層構造及び積層構造それぞれにおいて、レーザー間接加熱結晶化法により結晶質シリコン層17を形成する場合に好適な範囲がある。この好適な範囲は、一定の関係式で表現される。この一定の関係式の詳細については、後述する。

40

【0053】

結晶質シリコン層17は、ゲート絶縁層13上に形成され、多結晶のシリコン層(Poly-Si層)からなる。なお、この結晶質シリコン層17は、次のように形成される。すなわち、まず、ゲート絶縁層13上にa-Siからなる非晶質シリコン層14(不図示)を形成後、その非晶質シリコン層14上に、例えば酸化珪素膜からなるバッファー層1

50

5を堆積する。さらにバッファ層15上にレーザー光を吸収して発熱する光吸収層16(例えば、ダイヤモンドライクカーボン膜)を堆積後、レーザー光により光吸収層を照射加熱する。このように、光吸収層の熱により間接的に非晶質シリコン層14が加熱されて非晶質シリコン層14を多結晶質化(微結晶化も含む)することにより結晶質シリコン層17が形成される。

【0054】

ここで、多結晶とは、50nm以上の結晶からなる狭義の意味での多結晶だけでなく、50nm以下の結晶からなる狭義の意味での微結晶を含んだ広義の意味としている。以下、多結晶を広義の意味として記載する。

【0055】

なお、レーザー照射に用いられるレーザー光源は、可視光領域のうち赤色または近赤外領域の波長のレーザーである。この赤色または近赤外領域の波長のレーザーは、600nm~2000nmの波長のレーザーであり、好ましくは800nm~1100nmの波長のレーザーである。

【0056】

この赤色または近赤外領域の波長領域のレーザーは、連続発振または擬似連続の発振モードであればよい。その理由は、このレーザーが連続発振または擬似連続の発振モード以外の発信モードのパルス発振モードである場合、レーザー光は光吸収層16に対して時間的に非連続に照射されることになるため、光吸収層16の発熱状態を時間的に連続的に保持できない。そのため、非晶質シリコン層14を常時熔融状態に保持することができない。また、擬似連続の発振モードも含まれる理由は、非晶質シリコン層14がその融点以下まで冷却しないうちにパルスを光吸収層16に照射し再加熱させることにより、その熔融状態を維持できるからである。すなわち、擬似連続発振モードの好ましい態様は、非晶質シリコン層14がその融点以下まで冷却しないうちにパルスを光吸収層16に照射し再加熱させることができ、かつ、その高温状態を維持できるものである。また、赤色または近赤外領域の波長領域のレーザーは、固体レーザー装置であってもよく、半導体レーザー素子を用いたレーザー装置であってもよい。いずれにせよ、レーザー光を精度良く制御できるため好ましい。さらに、結晶ムラのない結晶質シリコン層17を形成するためには、光吸収層16上に照射したときの赤色または近赤外領域の波長領域のレーザーは、照射エネルギー密度の変動が5%程度未満であれば好ましい。結晶ムラのない結晶質シリコン層17を形成することにより、薄膜トランジスタの当初設計特性が達成でき、また、特性の均一化が実現できることとなる。

【0057】

非晶質シリコン層18は、結晶質シリコン層17上に形成されている。なお、このようにして、薄膜トランジスタ100は、結晶質シリコン層17に非晶質シリコン層18が積層された構造のチャンネル層を有する。

【0058】

n+シリコン層19は、非晶質シリコン層18と結晶質シリコン層17の側面とゲート絶縁層13とを覆うように形成されている。

【0059】

ソース・ドレイン電極20は、n+シリコン層19上に形成され、例えばMo、若しくはMo合金などの金属、チタニウム(Ti)、アルミニウム(Al)若しくはAl合金などの金属、銅(Cu)若しくはCu合金などの金属、または、銀(Ag)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)若しくはタングステン(W)等の金属の材料からなる。

【0060】

以上のように薄膜トランジスタ100は、構成されている。

【0061】

図3は、本発明の実施の形態に係る表示装置の等価回路を示す図である。

【0062】

図3に示す有機発光表示装置は、スイッチングトランジスタ1と、駆動トランジスタ2

10

20

30

40

50

と、データ線 3 と、走査線 4 と、電流供給線 5 と、キャパシタンス 6 と、有機 E L 素子 7 とを備える。

【0063】

スイッチングトランジスタ 1 は、データ線 3 と走査線 4 とキャパシタンス 6 とに接続されている。

【0064】

駆動トランジスタ 2 は、例えば図 2 に示す薄膜トランジスタ 100 に相当し、電流供給線 5 とキャパシタンス 6 と有機 E L 素子 7 とに接続されている。

【0065】

データ線 3 は、有機 E L 素子 7 の画素の明暗を決めるデータ（電圧値の大小）が、有機 E L 素子 7 の画素に伝達される配線である。

【0066】

走査線 4 は、有機 E L 素子 7 の画素のスイッチ（ON/OFF）を決めるデータが有機 E L 素子 7 の画素に伝達される配線である。

【0067】

電流供給線 5 は、駆動トランジスタ 2 に大きな電流を供給するための配線である。

【0068】

キャパシタンス 6 は、電圧値（電荷）を一定時間保持する。

【0069】

以上のようにして有機発光表示装置は構成されている。

【0070】

次に、上述した薄膜トランジスタ 100 の製造方法について説明する。

【0071】

図 4 は、本発明の実施の形態に係る有機発光表示装置の薄膜トランジスタの製造工程を示すフローチャートである。この薄膜トランジスタ 100 は同時に複数製造されるが、以下では、説明を簡単にするため、1つの薄膜トランジスタを製造する方法として説明する。図 5 A ~ 図 5 L は、本発明の実施の形態に係る有機発光表示装置の薄膜トランジスタの製造方法を説明するための図である。図 6 は、図 4 の S 15 におけるレーザー間接加熱法を模式的に示した図である。

【0072】

まず、基板 10 を準備し、基板 10 上に、アンダーコート層 11 を形成し（S 10）、続いて、アンダーコート層 11 上にゲート電極を形成する（S 11）。

【0073】

具体的には、基板 10 上にプラズマ CVD（Chemical Vapor Deposition：気相成長）法により、アンダーコート層 11 を成膜し、続いて、スパッタ法によりゲート電極となる金属膜を堆積し、フォトリソグラフィおよびエッチングにより薄膜トランジスタ 100 におけるゲート電極 12 を形成する（図 5 A）。ここで、ゲート電極 12 は、典型的には Mo 等あるいは Mo 合金等（例えば MoW（モリブデン・タングステン合金））の金属材料で形成される。

【0074】

次に、ゲート電極 12 上にゲート絶縁層 13 を形成する（S 12）。そして、ゲート絶縁層 13 上に非晶質シリコン層 14 を形成する（S 13）。

【0075】

具体的には、プラズマ CVD 法により、ゲート電極 12 の上にすなわちアンダーコート層 11 とゲート電極 12 とを覆うように、ゲート絶縁層 13 を成膜し（図 5 B）、成膜したゲート絶縁層 13 上に非晶質シリコン層 14 を連続的に成膜する（図 5 C）。

【0076】

次に、非晶質シリコン層 14 上に、バッファ層 15 を堆積し、堆積したバッファ層 15 上に、光吸収層 16 を堆積する（S 14）。

【0077】

10

20

30

40

50

ここで、バッファ層 15 は、非晶質シリコン層 14 をアニールし結晶化する温度領域（1400 度以上）においても、シリコンと反応しない物質であることが好ましい。このような物質として例えば、酸化珪素、窒化珪素などがある。また、バッファ層 15 の堆積は、プラズマ CVD 法により、ゲート絶縁層 13 及び非晶質シリコン層 14 を堆積した後、成膜チャンバーを大気開放することなく、連続的に成膜するのが望ましい。また、バッファ層 15 の厚さは例えば、5 nm ~ 500 nm であり、好ましくは 30 nm ~ 400 nm である。理由は、5 nm 以下の膜厚は制御性が悪く、生産上不都合だからである。また 500 nm 以上の膜厚は、レーザー照射にて加熱された光吸収層からの熱の伝わりが悪化し、非晶質シリコン層の結晶化に要する光エネルギーが過剰になってしまうからである。

10

【0078】

また、光吸収層 16 は、所定の光学特性を有しており、赤色または近赤外領域のレーザー光波長範囲において半透明（消衰係数 $k < 1$ ）となるよう成膜されることが望ましい。光吸収層 16 は、真空蒸着法、またはスパッタ法を用いて成膜される。例えば、スパッタ法を用いた場合、カーボンターゲットを使用し、スパッタガスとして Ar 等を用いる。ここで、光吸収層 16 の厚さは、例えば、10 nm ~ 500 nm であり、好ましくは 20 nm ~ 200 nm である。理由は、10 nm の膜厚ではレーザー光の透過が大きく、光吸収層に吸収されるエネルギーが低下し、光吸収層の発熱が不十分になってしまうためである。また、500 nm の膜厚では、膜自体の応力増大によりクラックの発生確率が高くなってしまい、またクラックが発生した光吸収層にレーザー照射と実施するとアブレーションが起きやすくなり、レーザー間接加熱プロセスには適さないからである。

20

【0079】

光吸収層 16 は、上記所定の光学特性を有することにより、入射したレーザー光のある割合が下層に透過し、下層膜で多重干渉が生じる。それにより、光吸収層 16 の吸収率が、ゲート電極の存在する領域と存在しない領域で差が生じる。言い換えると、上記所定の光学特性を有する光吸収層 16 を用いることにより、光吸収層 16 におけるゲート電極が存在する領域とゲート電極が存在しない領域との吸収率を制御できる。なお、このような所定の光学特性を有する光吸収層 16 は、例えば、ダイヤモンドライクカーボン膜で構成される。

30

【0080】

以下、ゲート絶縁層 13 の膜厚、非晶質シリコン層 14 の膜厚、バッファ層 15 の膜厚、及び光吸収層 16 の膜厚について、説明する。

【0081】

ゲート絶縁層 13、非晶質シリコン層 14、バッファ層 15、及び光吸収層 16 の膜厚は、以下の（式 1）から（式 4）により区画される範囲に属する X、及び Y を満たすように形成されるのが好ましい。

【0082】

$$Y - 1.06X - 0.22 \leq A' + 1.07 \quad (\text{式 1})$$

$$Y \leq 1.29X + 1.61 * A' + 1.44 \quad (\text{式 2})$$

$$Y \leq 1.06X + 0.33 \leq A' + 0.89 \quad (\text{式 3})$$

$$Y \leq 1.29X + -0.97 * A' - 0.95 \quad (\text{式 4})$$

40

【0083】

ここで、X は光吸収層 16 の屈折率に光吸収層 16 の膜厚を乗算した光吸収層 16 の光学膜厚を所定のレーザー光の波長にて除算した値を表す。一方、Y はゲート絶縁層 13 の屈折率にゲート絶縁層 13 の膜厚を乗算したゲート絶縁層 13 の光学膜厚と、非晶質シリコン層 14 の屈折率に非晶質シリコン層 14 の膜厚を乗算した非晶質シリコン層 14 の光学膜厚と、バッファ層 15 の屈折率とバッファ層 15 の膜厚を乗算したバッファ層 15 の光学膜厚とを和算した値を所定のレーザー光の波長にて除算した値を表す。

【0084】

より具体的には、ゲート電極 12 が形成されている領域（以下、第 1 領域と呼ぶ）の上

50

方の光吸収層 16 のレーザー光に対する吸収率を A_1 とし、その吸収率 A_1 を光吸収層 16 の膜厚 d_1 で商算（除算）したものを換算吸収率 A_1' とする。ゲート電極 12 が形成されていない領域（以下、第 2 領域と呼ぶ）の上方の光吸収層 16 のレーザー光に対する光吸収率を A_2 とし、その吸収率 A_2 を光吸収層 16 の膜厚 d_2 で商算したものを換算吸収率 A_2' とする。そのとき、その差 $A_1' - A_2'$ は、後述の説明で定義される値 A' 以下である。すなわち、S 12、S 13 および S 14 において、（式 5）という関係式を成立させる膜厚を有するゲート絶縁層 13、非晶質シリコン層 14、バッファ層 15、及び光吸収層 16 を形成する。

【0085】

$$A_1' - A_2' = A' \quad (\text{式 5})$$

10

【0086】

なお、詳細は後述するため、ここでの説明を省略するが、光吸収層 16 の吸収率は、光吸収層 16 の膜厚及び光学定数、バッファ層 15 の膜厚及び光学定数、非晶質シリコン層 14 の膜厚及び光学定数、ゲート絶縁層 13 の構成、膜厚及び光学定数、さらに下地のゲート電極 12 を形成する金属材料の光学定数及び基板の光学定数をパラメータとして、レーザー光の多重干渉を考慮した光学計算により導かれる。以下、再び製造工程の説明に戻る。

【0087】

次に、赤色または近赤外領域の波長領域のレーザーにより、光吸収層 16 を照射・加熱し、その発熱により非晶質シリコン層 14 をアニールすることで結晶質シリコン層 17 にする（S 15）。

20

【0088】

具体的には、波長が 600 nm 以上 2000 nm 以下であるレーザーを基板 10 に対して一定の方向に相対移動させて、このレーザーから照射されるレーザー光を用いて光吸収層 16 を加熱させ、バッファ層 15 を介して間接的に非晶質シリコン層 14 をアニールし結晶化させて結晶質シリコン層 17 を生成する。より具体的には、先ず、形成された非晶質シリコン層 14 に対して脱水素処理を実施する。例えば、500 20 分間で、窒素雰囲気中で実施する方法がある。その後、非晶質シリコン層 14 をレーザー間接加熱法により、多結晶質（微結晶を含む）にすることにより結晶質シリコン層 17 を形成する（図 5D）。

30

【0089】

ここで、上記レーザーアニール法において、レーザー照射に用いられるレーザー光源は、上述したように、赤色または近赤外の波長領域のレーザーである。すなわち、約 600 nm ~ 2000 nm の波長のレーザーであり、好ましくは 800 nm ~ 1100 nm の波長のレーザーである。また、赤色または近赤外の波長領域のレーザーは、連続発振または擬似連続の発振モードであればよい。また、この波長領域のレーザーは、固体レーザー装置で構成されていてもよく、半導体レーザー素子を用いたレーザー装置で構成されていてもよい。さらに、この波長領域のレーザーは、非晶質シリコン層 14 上に照射したときの照射エネルギー密度の変動が 5% 程度未満である。

【0090】

40

また、S 15 の工程すなわち図 5D から図 5E の工程では、図 6 に示すように、線状に集光されたレーザー光が、非晶質シリコン層 14 に照射されることで結晶質シリコン層 17 を生成する。レーザー光を非晶質シリコン層 14 に照射する方法は、具体的には 2 つの方法がある。1 つは線状に集光されたレーザー光の照射位置は固定され、かつ、非晶質シリコン層 14 が形成された基板 10 がステージに載せられており、ステージが移動する方法がある。もう 1 つは、ステージは固定され、レーザー光の照射位置が移動する方法である。何れの方法においても、レーザー光が光吸収層 16 に対して相対的に移動しながら照射される。このような方法でレーザー光を照射された光吸収層 16 は、レーザー光のエネルギーを吸収して温度上昇する。そして、その熱が、バッファ層 15 を介して、非晶質シリコン層 14 に伝播し、非晶質シリコン層 14 がアニールされ結晶化される。このよう

50

にして非晶質シリコン層は結晶質シリコン層 17 になる。

【0091】

次に、光吸収層 16、及びバッファ層 15 をエッチングにより除去する。具体的には、ドライエッチング、またはウェットエッチングにより除去する。なお、光吸収層 16、及びバッファ層 15 は必ずしも除去する必要はない。光吸収層 16 及びバッファ層 15 をチャンネルエッチストッパ (Channel Etching Stopper: CES) として利用してもよいし、光吸収層のみエッチングして、バッファ層を CES として利用してもよい。

【0092】

次に、2層目の非晶質シリコン層 18 を形成し (S17)、薄膜トランジスタ 100 のチャンネル領域のシリコン層をパターンニングする (S18)。

10

【0093】

具体的には、プラズマ CVD 法により、ゲート絶縁層 13 上に、2層目の非晶質シリコン層 18 を形成する (図 5G)。そして、薄膜トランジスタ 100 のチャンネル領域が残るようにシリコン層膜層 (結晶質シリコン層 17 および 2層目の非晶質シリコン層 18 の層) をパターンニングし、除去すべき非晶質シリコン層 18 と結晶質シリコン層 17 とをエッチングにより除去する (図 5H)。それにより、薄膜トランジスタ 100 において所望のチャンネル層を形成することができる。

【0094】

次に、n+シリコン層 19 とソース・ドレイン電極 20 とを成膜する (S19)。

20

【0095】

具体的には、プラズマ CVD 法により、2層目の非晶質シリコン層 18 と結晶質シリコン層 17 の側面とゲート絶縁層 13 とを覆うように n+シリコン層 19 を成膜する (図 5I)。そして、成膜した n+シリコン層 19 上に、スパッタ法によりソース・ドレイン電極 20 となる金属が堆積される (図 5J)。ここで、ソース・ドレイン電極は、Mo 若しくは Mo 合金などの金属、チタニウム (Ti)、アルミニウム (Al) 若しくは Al 合金などの金属、銅 (Cu) 若しくは Cu 合金などの金属、または、銀 (Ag)、クロム (Cr)、タンタル (Ta) 若しくはタングステン (W) 等の金属の材料で形成される。

【0096】

次に、ソース・ドレイン電極 20 のパターンニングを行う (S20)。そして、n+シリコン層 19 をエッチングし (S21)、その過程で、2層目の非晶質シリコン層 18 を一部エッチングする (S22)。

30

【0097】

具体的には、ソース・ドレイン電極 20 をフォトリソグラフィーおよびエッチングにより形成する (図 5K)。また、n+シリコン層 19 をエッチングし、薄膜トランジスタ 100 のチャンネル領域の非晶質シリコン層 18 を一部エッチングする (図 5L)。言い換えると、非晶質シリコン層 18 は、薄膜トランジスタ 100 のチャンネル領域の非晶質シリコン層 18 を一部残すようにチャンネルエッチングされる。

【0098】

このようにして、薄膜トランジスタ 100 は製造される。

40

【0099】

以上のように、本実施の形態における薄膜トランジスタ 100 は、ボトムゲート構造を有する Poly-Si TFT として形成される。この薄膜トランジスタ 100 の製造時には、ゲート絶縁層 13、非晶質シリコン層 14、バッファ層 15、及び光吸収層 16 を、上述した関係式を成立させる膜厚を有するように成膜する。そして、a-Si 膜からなる非晶質シリコン層 14 を、レーザー光を光吸収層 16 に対して照射・スキャンすることにより生ずる熱によりアニールして結晶化することで、非晶質シリコン層 14 を Poly-Si からなる結晶質シリコン層 17 にする。このとき、薄膜トランジスタ 100 が形成されるチャンネル領域 (ゲート電極上の領域) の上方の光吸収層 16 にレーザー光が到達する前にゲート電極 12 を熱的に飽和させた状態とすることができ、最終的に得るチャネ

50

ル領域に相当する結晶質シリコン層 17 の結晶化を均一に行うことができる。

【0100】

つまり、ゲート絶縁層 13、非晶質シリコン層 14、バッファ層 15、及び光吸収層 16 の膜厚に、レーザーアニール結晶化法により結晶質シリコン層 17 を形成する場合に好適な範囲があるということである。

【0101】

以下、このメカニズムについて説明する。

【0102】

一般的に、非晶質シリコン層を加熱によりアニールした場合、その到達温度と結晶化後の結晶質シリコン層の結晶度とは相関がある。到達温度が高いほど、結晶化後に形成された結晶質シリコン層の結晶度は大きくなる。そこで、薄膜トランジスタの第 1 領域（ゲート電極が形成されている領域の上方）における非晶質シリコン層を充分かつ均一に結晶化を図るために、薄膜トランジスタの第 1 領域における非晶質シリコン層の到達温度の分布を均一にすることが必要となる。

10

【0103】

しかしながら、ボトムゲート構造の薄膜トランジスタにおいては、非晶質シリコン層の下部にゲート絶縁層を挟んでゲート電極が存在し、かつ、ゲート電極を構成する金属の熱伝導率がゲート絶縁層の熱伝導率に比べて大きい。そのため、レーザー間接加熱法において、非晶質シリコン層の上方にバッファ層を介して形成された光吸収層へレーザー光を照射することによって発生した光吸収層の熱は、非晶質シリコン層を加熱する。また、それと同時に、上記熱は瞬時にゲート絶縁層を介してゲート電極へと伝播してしまう。その結果、ゲート電極が形成されている領域上方の非晶質シリコン層では発熱が不十分となる領域が生じ、その到達温度が不均一となる。このような理由により、図 1 に示すような結晶化後の結晶質シリコン層の結晶度のムラ（結晶ムラ）が生じる。

20

【0104】

したがって、この結晶ムラが生じてしまう現象を回避するためには、薄膜トランジスタの第 1 領域上方の光吸収層にレーザー光が到達する前に、後述するように、ゲート電極を熱的に飽和させた状態にするのが望ましい。そこで、本実施の形態では、上述した薄膜トランジスタ 100 の構成となるように製造する。すなわち、ゲート絶縁層 13、非晶質シリコン層 14、バッファ層及光吸収層の膜厚を上述した X および Y を満たすように形成する。それにより、ゲート電極 12 が形成されていない領域上方（第 2 領域）の光吸収層 16 の発熱をゲート電極 12 が形成されている領域上方（第 1 領域）の光吸収層 16 の発熱より大きくすることができる。

30

【0105】

換言すると、本実施の形態に係る薄膜トランジスタ 100 の構成となる、ゲート絶縁層 13、非晶質シリコン層 14、バッファ層、及び非晶質シリコン層膜の膜厚を上述した X および Y を満たすように形成する。それにより、まず、レーザー光の照射によりゲート電極 12 が形成されていない領域上方（第 2 領域）の光吸収層 16 において発生した熱は、ゲート電極 12 が形成されている領域上方（第 1 領域）の光吸収層 16 にレーザー光が到達する前に、バッファ層 15、非晶質シリコン層 14、ゲート絶縁層 13 をそれぞれ介して、ゲート電極 12 に伝わりゲート電極 12 の温度を上昇させる。つまり、ゲート電極 12 は、まず、レーザー光が到達する前に予備加熱されることとなる。これは、第 2 領域にある光吸収層 16 にレーザー光が照射されて熱が発生すると、上記構成により、第 2 領域の温度が、未だレーザー光が到達していない第 1 領域上方の光吸収層 16 の温度より高くなるため、第 2 領域にある非晶質シリコン層 14 に伝播した熱が、さらにゲート絶縁膜を介してゲート電極 12 にも伝播し、ゲート電極 12 の温度を上昇させるからである。次に、レーザー光が第 1 領域上方の光吸収層 16 に到達すると、第 1 領域上方の光吸収層 16 が発熱し、その熱が非晶質シリコン層 14 に伝播する。さらに、第 1 領域での光吸収層 16 の発熱量に対応した熱がゲート電極 12 に伝わる（レーザー光による加熱）。ゲート電極 12 は、このレーザー光による加熱と上記の予備加熱との両方により加熱されて、

40

50

ゲート電極 12 を熱的に飽和される。ここで、ゲート電極 12 を熱的に飽和させるとは、ゲート電極 12 の面内でゲート電極 12 の温度が均一化されていることを意味する。

【0106】

このように、本実施の形態に係る薄膜トランジスタの構成によれば、非晶質シリコン層 14 を結晶化する際に、ゲート電極 12 を熱的に飽和することができる。それにより、非晶質シリコン層 14 を結晶化するためのレーザー照射による光吸収層の発熱が、ゲート電極 12 に吸収されてしまうことなく、結晶質シリコン層 17 を形成するために用いられ、結晶ムラのない結晶質シリコン層 17 を生成することができるという効果を奏する。

【0107】

次に、 A' の算出方法について説明する。上述したように、ゲート電極 12 が形成されている領域上方（第 1 領域）、及びゲート電極 12 が形成されていない領域上方（第 2 領域）それぞれの光吸収層 16 のレーザー光に対する換算吸収率の差が $-A'$ 以下になることにより、本実施の形態に係る効果が得られる。

【0108】

ここで、光吸収層 16 で吸収されるレーザー光の光吸収エネルギーの 100% が光吸収層の発熱に寄与すると仮定し、レーザー光の単位面積当たりのエネルギーをエネルギー密度 E とする。以下では、ゲート電極 12 が形成されている領域上方（第 1 領域）の光吸収層 16 を第 1 領域の光吸収層 16 と呼び、ゲート電極 12 が形成されていない領域上方（第 2 領域）の光吸収層 16 を第 2 領域の光吸収層 16 と呼ぶ。また、第 1 領域の光吸収層 16 のレーザー光の波長に対する吸収率を A_1 、レーザー光を吸収したことによる光吸収層 16 の発熱量（単位面積当たり）を Q_1 とする。第 2 領域の光吸収層 16 のレーザー光の波長に対する吸収率を A_2 、レーザー光を吸収したことによる光吸収層 16 の発熱量（単位面積当たり）を Q_2 とする。さらに、ゲート電極 12 上にゲート絶縁層 13 が形成されており、さらにその上に非晶質シリコン層が形成されており、さらにその上にバッファ層が形成されている本構成において、ゲート電極 12 のレーザー光吸収率を A_G 、レーザー光を吸収したことによるゲート電極 12 の発熱量（単位面積当たり）を Q_G とする。

【0109】

次に、ゲート絶縁層 13、非晶質シリコン層 14、バッファ層 15、及び光吸収層 16 を所定の膜厚にすることで、第 1 領域の光吸収層 16 のレーザー光の波長に対する吸収率と第 2 領域の光吸収層 16 のレーザー光の波長に対する吸収率が等しくなる場合を考える。すなわち、 $A_1 = A_2$ が成立する場合を考える。その場合には、 $Q_1 = Q_2$ が成立する。しかし、実際には光吸収層 16 を透過した光はゲート電極 12 にも吸収されてゲート電極も発熱する（ $Q_G > 0$ ）。そのために第 1 領域の非晶質シリコン層 14 の発熱温度は第 2 領域の非晶質シリコン層 14 の発熱温度より大きくなる。

【0110】

以上を鑑みると、第 2 領域の光吸収層 16 の発熱量が第 1 領域の光吸収層 16 の発熱量とゲート電極の発熱量との総和以上であれば、第 2 領域の非晶質シリコン層 14 の発熱温度が第 1 領域の非晶質シリコン層 14 の発熱温度以上になると考えられる。この関係は、（式 6）で示すことができる。

【0111】

$$Q_1 + Q_G > Q_2 \quad (\text{式 6})$$

【0112】

そして、この（式 6）を変形すると、（式 7）のように表すことができる。

【0113】

$$Q_1 - Q_2 - Q_G > 0 \quad (\text{式 7})$$

【0114】

ここで、光吸収層 16 の膜厚、密度、比熱をそれぞれ d 、 ρ 、 c 、ゲート電極の膜厚、密度、比熱をそれぞれ d_G 、 ρ_G 、 c_G と定義すると、第 1 領域の光吸収層 16 の発熱量、第 2 領域の光吸収層 16 の発熱量およびゲート電極の発熱量はそれぞれ、以下のように表すことができる。

10

20

30

40

50

【0115】

$$Q_1 = E \times A_1 / (d \times c)$$

$$Q_2 = E \times A_2 / (d \times c)$$

$$Q_G = E \times A_G / (d_G \times c_G)$$

【0116】

次に、これらの式を(式7)に代入して整理すると、(式8)のようになる。

【0117】

$$(A_1 - A_2) / d - (A_G / d_G) \times (c) / (c_G) \quad (\text{式8})$$

【0118】

ここで、吸収率を膜厚で商算したものを換算吸収率と定義し、 $A_1 / d = A_1'$ 、 $A_2 / d = A_2'$ と以下では記載する。さらに(式8)の右辺を $-A'$ と定義する。すると、(式7)は、 $A_1' - A_2' - A'$ となり、(式5)が導かれる。

【0119】

(式5)は、以下のことを示している。すなわち、第1領域の光吸収層16の換算吸収率と第2領域の光吸収層16の換算吸収率との差が $-A'$ で定義される値以下になる条件を満足させるようにゲート絶縁層13、非晶質シリコン層14、バッファ層、及び光吸収層の膜厚を構成すると、第2領域の非晶質シリコン層14の発熱温度が第1領域の非晶質シリコン層14の発熱温度以上になる。つまり、この条件を満足させるゲート絶縁層13、非晶質シリコン層14、バッファ層、及び光吸収層の膜厚が形成されると、例えば赤色の波長領域のレーザーにより非晶質シリコン層の上方にバッファ層を介して形成された光吸収層を照射・スキャンすることにより発生した熱をもって、非晶質シリコン層を間接的にアニールする場合に、結晶化に対するゲート電極12による熱吸収、伝播の影響を小さくすることができる。そのため、薄膜トランジスタの第1領域における非晶質シリコン層14の発熱による到達温度の分布を均一にできる。

【0120】

なお、本効果を生じせしめるためには、層構造(ゲート電極12の有無)、及び、層膜厚の変化により、光吸収層16の吸収率が変化することが必要である。これは、上記所定(赤色または近赤外領域の波長領域)のレーザー光の波長領域において、光吸収層16が半透明、すなわち消衰係数 $k < 1$ であることが必要である。この光学特性により、光吸収層に入射したレーザー光が下層に透過し、下層膜での多重干渉が生じる。よって、層構造や層膜厚の変化により、多重干渉効果が強弱するため、この現象を利用することで、ゲート電極上の光吸収層16の吸収率とゲート電極12外の光吸収層の吸収率の差を制御できる。

【0121】

逆に、従来レーザー間接加熱法で多用されていた光吸収層は、MoやCr等の高融点金属である。これら高融点金属は、消衰係数 k が2以上と大きいため、入射したレーザー光はほとんど下層膜に透過せず、下層膜での多重干渉が起こりえない(もしくは、非常に小さい)。つまり、層構造や層膜厚の変化によらず、光吸収層の吸収率は一定になるので、本発明の効果を生じさせることはできない。

【0122】

以上から、上記所定の波長領域を有するレーザー光において、光吸収層16が半透明であるという光学特性を有するという点が、本発明の効果を生じさせる上で、従来の技術とは異なる。

【0123】

以上のように、ゲート絶縁層13、非晶質シリコン層14、バッファ層15、及び光吸収層16の膜厚を上述した条件を満たすように形成することで、さまざまな波長のレーザー光、ゲート電極の材質と膜厚であっても、結晶ムラのない結晶質シリコン層17を生成することができる。つまり、例えば、ゲート電極12のパターン形状等、特に薄膜トランジスタ100の構造に変更を加えることなく、ゲート電極12上に形成された結晶質シリコン層17の結晶性のばらつきを低減することができ、安定した結晶化が可能となる。

それにより、これを使用した薄膜トランジスタ100の特性のばらつきを抑え、LCDやOLEDなどの表示装置で高精細化が進んでも、その表示品位を向上させることができるという効果を奏する。

【0124】

なお、以上の記載では、線状に集光されたレーザー光を用いて非晶質シリコン層14が結晶化される場合の例を示したが、本願ではこのほかにもスポット状（円形や楕円形その他も含む）のレーザー光を使ってもよい。その場合は、レーザー光を結晶化に適したスキャン方法で実施することが好ましい。

【0125】

以上のように、本実施の形態における薄膜トランジスタ100の製造方法によれば、ゲート絶縁層13、非晶質シリコン層14、バッファ層15、及び光吸収層16の膜厚が上述した条件を満たすことにより、第1領域における非晶質シリコン層14の発熱による到達温度の分布を均一にして、第1領域における非晶質シリコン層14を充分かつ均一に結晶化を図ることができる。

【0126】

以下、ゲート絶縁層13、非晶質シリコン層14、バッファ層15、及び光吸収層16の膜厚を満たすべき条件を、実施例に詳細に説明する。

【0127】

（実施例）

まず、光吸収層のレーザー光波長に対する吸収率の算出方法について説明する。

【0128】

図7A及び図7Bは、振幅透過率及び振幅透過率の計算方法を説明するための図である。

【0129】

図7A及び図7Bは、図2に示す薄膜トランジスタ100の構造をモデル化した多層構造のモデル構造を示している。図7Aに示すモデル構造は、複素屈折率 N_1 からなる層401と、複素屈折率 N_2 からなる層402と、複素屈折率 N_3 からなる層403と、複素屈折率 N_4 からなる層404と、複素屈折率 N_5 からなる層405と、複素屈折率 N_6 からなる基板層406とを備える。このモデル構造では、層405、層404、層403、層402及び層401がこの順に基板層406上に積層されたものを示している。なお、図7Bに示すモデル構造は、図7Aの層405がない場合のモデル構造を示している。また、図中に示す複素屈折率 N_0 の領域は、モデル構造の外部であり、レーザー光がモデル構造に入射される側を示している。この領域は、例えば空気であり、その場合、屈折率1、消衰係数0である。

【0130】

基板層406は、例えば透明なガラスまたは石英からなる絶縁基板であり、例えば屈折率1.46を有し、図5Aに示す基板10に対応する。層405は、例えば屈折率3.55、消衰係数3.86を有し、膜厚が50nmのMoWで構成されており、図5Aに示すゲート電極12に対応する。層404は、例えば屈折率1.46、消衰係数0の酸化珪素(SiO_x)で構成されており、図5Bに示すゲート絶縁膜13に対応する。層403は、例えば屈折率4.19、消衰係数0のa-Siで構成されており、図5Cに示す非晶質シリコン層14に対応する。層402は、例えば屈折率1.46、消衰係数0の透明膜で構成されており、図5Dで示すバッファ層15に対応する。層401は、例えば屈折率1.9、消衰係数0.6のダイヤモンドライクカーボン膜であり、図5Dの光吸収層16に対応する。

【0131】

なお、本モデル構造においては、図5Aに示すアンダーコート層11に対応する層を省略した。なぜなら、アンダーコート層11は透明な層であり、レーザー光に対する吸収がない層であるとすれば、その膜厚は本計算結果に影響を与えないからである。よって、以下、アンダーコート層11に対応する層を省略したモデル構造にて計算を進める。

【 0 1 3 2 】

図 7 A 及び図 7 B に示すように、外部から層 4 0 1 へ入射される光に対する振幅反射係数を r_{01} 、層 4 0 1 から層 4 0 2 へ入射される光に対する振幅反射係数を r_{12} 、層 4 0 2 から層 4 0 3 へ入射される光に対する振幅反射係数を r_{23} 、層 4 0 3 から層 4 0 4 へ入射される光に対する振幅反射係数を r_{34} 、層 4 0 3 から層 4 0 4 へ入射される光に対する振幅反射係数を r_{34} 、層 4 0 4 から層 4 0 5 へ入射される光に対する振幅反射係数を r_{45} 、また、層 4 0 4 から基板層 4 0 6 へ入射される光に対する振幅反射係数を r_{46} としている。さらに、外部から層 4 0 1 へ入射される光に対する振幅透過係数を t_{01} 、層 4 0 1 から層 4 0 2 へ入射される光に対する振幅透過係数を t_{12} 、層 4 0 2 から層 4 0 3 へ入射される光に対する振幅透過係数を t_{23} 、層 4 0 3 から層 4 0 4 へ入射される光に対する振幅透過係数を t_{34} 、層 4 0 4 から基板層 4 0 6 へ入射される光に対する振幅透過係数を t_{46} としている。

10

【 0 1 3 3 】

また、ゲート電極 1 2 に対応する層 4 0 5 が形成されている領域上方の（第 1 領域に相当）各層全体の振幅反射係数をそれぞれ r_{012345} ($R1$)、 r_{12345} ($R2$)、 r_{2345} ($R3$)、 r_{345} ($R4$) としている。具体的には、層 4 0 5 及び層 4 0 4 を 1 層とみなしたときの振幅反射係数を r_{345} ($R4$) としている。同様に、層 4 0 5、層 4 0 4 及び層 4 0 3 を 1 層とみなしたときの振幅反射係数を r_{2345} ($R3$) とし、層 4 0 5、層 4 0 4、層 4 0 3 及び層 4 0 2 を 1 層とみなしたときの振幅反射係数を r_{12345} ($R2$) とし、層 4 0 5、層 4 0 4、層 4 0 3、層 4 0 2 及び層 4 0 1 を 1 層とみなしたときの振幅反射係数を r_{012345} ($R1$) としている。また、第 1 領域の各層全体の振幅透過係数をそれぞれ t_{012345} ($T1$)、 t_{12345} ($T2$)、 t_{2345} ($T3$)、 t_{345} ($T4$) としている。具体的には、層 4 0 5 及び層 4 0 4 を 1 層とみなしたときの振幅透過係数を t_{345} ($T4$) としている。同様に、層 4 0 5、層 4 0 4 及び層 4 0 3 を 1 層とみなしたときの振幅透過係数を t_{2345} ($T3$) とし、層 4 0 5、層 4 0 4、層 4 0 3 及び層 4 0 2 を 1 層とみなしたときの振幅透過係数を t_{12345} ($T2$) とし、層 4 0 5、層 4 0 4、層 4 0 3、層 4 0 2 及び層 4 0 1 を 1 層とみなしたときの振幅透過係数を t_{012345} ($T1$) としている。

20

【 0 1 3 4 】

次に、図 7 B に示すように、ゲート電極に対応する層 4 0 5 が形成されていない領域上方の（第 2 領域の）各層全体の振幅反射係数をそれぞれ r_{012346} ($R1'$)、 r_{12346} ($R2'$)、 r_{2346} ($R3'$)、 r_{346} ($R4'$) としている。具体的には、基板層 4 0 6 及び層 4 0 4 を 1 層とみなしたときの振幅反射係数を r_{346} ($R4'$) としている。同様に、基板層 4 0 6、層 4 0 4、層 4 0 3 を 1 層とみなしたときの振幅反射係数を r_{2346} ($R3'$) とし、基板層 4 0 6、層 4 0 4、層 4 0 3 及び層 4 0 2 を 1 層とみなしたときの振幅反射係数を r_{12346} ($R2'$) とし、基板層 4 0 6、層 4 0 4、層 4 0 3、層 4 0 2 及び層 4 0 1 を 1 層とみなしたときの振幅反射係数を r_{012346} ($R1'$) としている。また、第 2 領域の各層全体の振幅透過係数をそれぞれ t_{012346} ($T1'$)、 t_{12346} ($T2'$)、 t_{2346} ($T3'$)、 t_{346} ($T4'$) としている。具体的には、基板層 4 0 6、層 4 0 3 を 1 層とみなしたときの振幅透過係数を t_{346} ($T4'$) としている。同様に、基板層 4 0 6、層 4 0 4 及び層 4 0 3 を 1 層とみなしたときの振幅透過係数を t_{2346} ($T3'$) とし、基板層 4 0 6、層 4 0 4、層 4 0 3 及び層 4 0 2 を 1 層とみなしたときの振幅透過係数を t_{12346} ($T2'$)、基板層 4 0 6、層 4 0 4、層 4 0 3、層 4 0 2 及び層 4 0 1 を 1 層とみなしたときの振幅透過係数を t_{012346} ($T1'$) としている。

30

40

【 0 1 3 5 】

そして、第 1 領域の各層全体の振幅反射係数、振幅透過係数は、下記の（式 9）～（式 16）で表すことができる。

【 0 1 3 6 】

【数 1】

$$r_{012345} = \frac{r_{01} + r_{12345} \exp(-i2\beta_1)}{1 + r_{01} r_{12345} \exp(-i2\beta_1)} \quad (\text{式9})$$

【0137】

【数 2】

$$r_{12345} = \frac{r_{12} + r_{2345} \exp(-i2\beta_2)}{1 + r_{12} r_{2345} \exp(-i2\beta_2)} \quad (\text{式10})$$

10

【0138】

【数 3】

$$r_{2345} = \frac{r_{23} + r_{345} \exp(-i2\beta_3)}{1 + r_{23} r_{345} \exp(-i2\beta_3)} \quad (\text{式11})$$

20

【0139】

【数 4】

$$r_{345} = \frac{r_{34} + r_{45} \exp(-i2\beta_4)}{1 + r_{34} r_{45} \exp(-i2\beta_4)} \quad (\text{式12})$$

30

【0140】

【数 5】

$$t_{012345} = \frac{t_{01} + t_{12345} \exp(-i2\beta_1)}{1 + r_{01} r_{12345} \exp(-i2\beta_1)} \quad (\text{式13})$$

【0141】

【数 6】

$$t_{12345} = \frac{t_{12} + t_{2345} \exp(-i2\beta_2)}{1 + r_{12} r_{2345} \exp(-i2\beta_2)} \quad (\text{式14})$$

40

【0142】

【数 7】

$$t_{2345} = \frac{t_{23} + t_{345} \exp(-i2\beta_3)}{1 + r_{23}r_{345} \exp(-i2\beta_3)} \quad (\text{式15})$$

【0 1 4 3】

【数 8】

$$t_{345} = \frac{t_{34} + t_{45} \exp(-i2\beta_4)}{1 + r_{34}r_{45} \exp(-i2\beta_4)} \quad (\text{式16})$$

10

【0 1 4 4】

また、第 2 領域の各層全体の振幅反射係数、振幅透過係数は、下記の (式 17) ~ (式 24) で表すことができる。

【0 1 4 5】

【数 9】

$$r_{012346} = \frac{r_{01} + r_{12346} \exp(-i2\beta_1)}{1 + r_{01}r_{12346} \exp(-i2\beta_1)} \quad (\text{式17})$$

20

【0 1 4 6】

【数 10】

$$r_{12346} = \frac{r_{12} + r_{2346} \exp(-i2\beta_2)}{1 + r_{12}r_{2346} \exp(-i2\beta_2)} \quad (\text{式18})$$

【0 1 4 7】

【数 11】

$$r_{2346} = \frac{r_{23} + r_{346} \exp(-i2\beta_3)}{1 + r_{23}r_{346} \exp(-i2\beta_3)} \quad (\text{式19})$$

30

【0 1 4 8】

【数 12】

$$r_{346} = \frac{r_{34} + r_{46} \exp(-i2\beta_4)}{1 + r_{34}r_{46} \exp(-i2\beta_4)} \quad (\text{式20})$$

40

【0 1 4 9】

【数 13】

$$t_{012346} = \frac{t_{01} + t_{12346} \exp(-i2\beta_1)}{1 + r_{01}r_{12346} \exp(-i2\beta_1)} \quad (\text{式21})$$

【0 1 5 0】

【数 1 4】

$$t_{12346} = \frac{t_{12} + t_{2346} \exp(-i2\beta_2)}{1 + r_{12}r_{2346} \exp(-i2\beta_2)} \quad (\text{式22})$$

【 0 1 5 1】

【数 1 5】

$$t_{2346} = \frac{t_{23} + t_{346} \exp(-i2\beta_3)}{1 + r_{23}r_{346} \exp(-i2\beta_3)} \quad (\text{式23})$$

10

【 0 1 5 2】

【数 1 6】

$$t_{346} = \frac{t_{34} + t_{46} \exp(-i2\beta_4)}{1 + r_{34}r_{46} \exp(-i2\beta_4)} \quad (\text{式24})$$

【 0 1 5 3】

ここで、

【数 1 7】

20

$$\beta_1 = 2\pi d_1 N_1 \cos \theta_1 / \lambda$$

【数 1 8】

$$\beta_2 = 2\pi d_2 N_2 \cos \theta_2 / \lambda$$

【数 1 9】

$$\beta_3 = 2\pi d_3 N_3 \cos \theta_3 / \lambda$$

30

【数 2 0】

$$\beta_4 = 2\pi d_4 N_4 \cos \theta_2 / \lambda$$

であり、 d は各層の膜厚、 θ は各層での入射角・透過角、 λ はレーザー光の波長である。

【 0 1 5 4】

また、 β は下式のスネルの法則より以下に示す通りに算出できる。

40

【 0 1 5 5】

【数 2 1】

$$N_0 \sin \theta_0 = N_1 \sin \theta_1 = N_2 \sin \theta_2 = N_3 \sin \theta_3 = N_4 \sin \theta_4 = N_5 \sin \theta_5 = N_6 \sin \theta_6$$

【 0 1 5 6】

また、各層それぞれの振幅反射係数 r_{01} 、 r_{12} 、 r_{23} 、 r_{34} 、 r_{35} 及び振幅透過係数 t_{01} 、 t_{12} 、 t_{12} 、 t_{34} 、 t_{35} は下記の (式 25) ~ (式 36) を用いて算出できる。

【 0 1 5 7】

50

【数 2 2】

$$r_{01} = \frac{N_0 \cos \theta_1 - N_1 \cos \theta_0}{N_0 \cos \theta_1 + N_1 \cos \theta_0} \quad (\text{式25})$$

【0 1 5 8】

【数 2 3】

$$r_{12} = \frac{N_1 \cos \theta_2 - N_2 \cos \theta_1}{N_1 \cos \theta_2 + N_2 \cos \theta_1} \quad (\text{式26})$$

10

【0 1 5 9】

【数 2 4】

$$r_{23} = \frac{N_2 \cos \theta_3 - N_3 \cos \theta_2}{N_2 \cos \theta_3 + N_3 \cos \theta_2} \quad (\text{式27})$$

【0 1 6 0】

【数 2 5】

$$r_{34} = \frac{N_3 \cos \theta_4 - N_4 \cos \theta_3}{N_3 \cos \theta_4 + N_4 \cos \theta_3} \quad (\text{式28})$$

20

【0 1 6 1】

【数 2 6】

$$r_{45} = \frac{N_4 \cos \theta_5 - N_5 \cos \theta_4}{N_4 \cos \theta_5 + N_5 \cos \theta_4} \quad (\text{式29})$$

【0 1 6 2】

【数 2 7】

$$r_{46} = \frac{N_4 \cos \theta_6 - N_6 \cos \theta_4}{N_4 \cos \theta_6 + N_6 \cos \theta_4} \quad (\text{式30})$$

30

【0 1 6 3】

【数 2 8】

$$t_{01} = \frac{2N_0 \cos \theta_1}{N_0 \cos \theta_1 + N_1 \cos \theta_0} \quad (\text{式31})$$

40

【0 1 6 4】

【数 2 9】

$$t_{12} = \frac{2N_1 \cos \theta_2}{N_1 \cos \theta_2 + N_2 \cos \theta_1} \quad (\text{式32})$$

【0 1 6 5】

【数 3 0】

$$t_{23} = \frac{2N_2 \cos \theta_3}{N_2 \cos \theta_3 + N_3 \cos \theta_2} \quad (\text{式33})$$

【0 1 6 6】

【数 3 1】

$$t_{34} = \frac{2N_3 \cos \theta_4}{N_3 \cos \theta_4 + N_4 \cos \theta_3} \quad (\text{式34})$$

10

【0 1 6 7】

【数 3 2】

$$t_{45} = \frac{2N_4 \cos \theta_5}{N_4 \cos \theta_5 + N_5 \cos \theta_4} \quad (\text{式35})$$

【0 1 6 8】

【数 3 3】

20

$$t_{46} = \frac{2N_4 \cos \theta_6}{N_4 \cos \theta_6 + N_6 \cos \theta_4} \quad (\text{式36})$$

【0 1 6 9】

なお、ここでレーザー光は単色レーザー光であり、その偏光はP偏光を仮定している。

【0 1 7 0】

次に、以上の式を用いて、次のようにして第1領域における各層全体の振幅反射係数、振幅透過係数を算出する。すなわち、まず、 r_{345} を、(式12)に(式28)及び(式29)を代入することにより算出する。次いで、 r_{2345} を、(式11)に(式27)及び r_{345} を代入することにより算出する。次いで、 r_{12345} を、(式10)に(式26)及び r_{2345} を代入することにより算出する。次いで、 r_{012345} を、(式9)に(式25)及び r_{12345} を代入することにより算出する。次いで、 t_{345} を、(式16)に(式28)、(式29)、(式34)及び(式35)を代入することにより算出する。次いで、 t_{2345} を、(式15)に(式27)、(式33)、 r_{345} 及び t_{345} を代入することにより算出する。次いで、 t_{12345} を、(式14)に(式26)、(式32)、 r_{2345} 及び t_{2345} を代入することにより算出する。次いで、 t_{012345} を、(式13)に(式25)、(式31)、 r_{12345} 及び t_{12345} を代入することにより算出する。

30

40

【0 1 7 1】

さらに、次のようにして第2領域における各層全体の振幅反射係数、振幅透過係数を算出する。すなわち、まず、 r_{346} を、(式20)に(式28)及び(式30)を代入することにより算出する。次いで、 r_{2346} を、(式19)に(式27)及び r_{346} を代入することにより算出する。次いで、 r_{12346} を、(式18)に(式26)及び r_{2346} を代入することにより算出する。次いで、 r_{012346} を、(式17)に(式25)及び r_{12346} を代入することにより算出する。次いで、 t_{346} を、(式24)に(式28)、(式30)、(式34)、及び(式36)を代入することにより算出する。次いで、 t_{2346} を、(式23)に(式27)、(式33)、 r_{346} 及び t_{346} を代入することにより算出する。次いで、 t_{12346} を、(式22)に(式26)、

50

(式32)、 r_{2346} 及び t_{2346} を代入することにより算出する。

【0172】

次いで、 t_{012346} を、(式21)に(式25)、(式31)、 r_{12346} 及び t_{12346} を代入することにより算出する。

【0173】

次に、第1領域における各層での反射率 R_1 、 R_2 、 R_3 及び R_4 、透過率 T_1 、 T_2 、 T_3 及び T_4 を(式37)～(式44)により算出する。

【0174】

【数34】

$$R_1 = |r_{012345}|^2 \quad (\text{式37})$$

10

【0175】

【数35】

$$R_2 = |r_{12345}|^2 \quad (\text{式38})$$

【0176】

【数36】

$$R_3 = |r_{2345}|^2 \quad (\text{式39})$$

20

【0177】

【数37】

$$R_4 = |r_{345}|^2 \quad (\text{式40})$$

【0178】

【数38】

$$T_1 = \left(\frac{\text{Re}(N_5)\cos\theta}{\text{Re}(N_0)\cos\theta} \right) |t_{012345}|^2 \quad (\text{式41})$$

30

【0179】

【数39】

$$T_2 = \left(\frac{\text{Re}(N_5)\cos\theta}{\text{Re}(N_1)\cos\theta} \right) |t_{12345}|^2 \quad (\text{式42})$$

40

【0180】

【数40】

$$T_3 = \left(\frac{\text{Re}(N_5)\cos\theta}{\text{Re}(N_2)\cos\theta} \right) |t_{2345}|^2 \quad (\text{式43})$$

【0181】

【数 4 1】

$$T_4 = \left(\frac{\operatorname{Re}(N_5) \cos \theta}{\operatorname{Re}(N_3) \cos \theta} \right) |r_{345}|^2 \quad (\text{式44})$$

【0 1 8 2】

さらに、第 2 領域における各層での反射率 R_1' 、 R_2' 、 R_3' 及び R_4' 、透過率 T_1' 、 T_2' 、 T_3' 及び T_4' を (式 4 5) ~ (式 5 2) により算出する。

【0 1 8 3】

10

【数 4 2】

$$R_1' = |r_{012346}|^2 \quad (\text{式45})$$

【0 1 8 4】

【数 4 3】

$$R_2' = |r_{12346}|^2 \quad (\text{式46})$$

20

【0 1 8 5】

【数 4 4】

$$R_3' = |r_{2346}|^2 \quad (\text{式47})$$

【0 1 8 6】

【数 4 5】

$$R_4' = |r_{346}|^2 \quad (\text{式48})$$

30

【0 1 8 7】

【数 4 6】

$$T_1' = \left(\frac{\operatorname{Re}(N_6) \cos \theta}{\operatorname{Re}(N_0) \cos \theta} \right) |t_{012346}|^2 \quad (\text{式49})$$

40

【0 1 8 8】

【数 4 7】

$$T_2' = \left(\frac{\operatorname{Re}(N_6) \cos \theta}{\operatorname{Re}(N_1) \cos \theta} \right) |t_{12346}|^2 \quad (\text{式50})$$

【0 1 8 9】

50

【数 4 8】

$$T'_3 = \left(\frac{\text{Re}(N_6) \cos \theta}{\text{Re}(N_2) \cos \theta} \right) |t_{2346}|^2 \quad (\text{式51})$$

【0 1 9 0】

【数 4 9】

$$T'_4 = \left(\frac{\text{Re}(N_6) \cos \theta}{\text{Re}(N_3) \cos \theta} \right) |t_{346}|^2 \quad (\text{式52})$$

10

【0 1 9 1】

最後に、(式53)によって、第1領域の光吸収層の光吸収率 A_1 を算出することができる。

【0 1 9 2】

【数 5 0】

20

$$A_1 = 1 - (R_1 + T_1) \quad (\text{式53})$$

【0 1 9 3】

また、(式54)によって、第2領域の光吸収層の光吸収率 A_2 を算出することができる。

【0 1 9 4】

【数 5 1】

30

$$A_2 = 1 - (R_2 + T_2) \quad (\text{式54})$$

【0 1 9 5】

以上より、光吸収層の膜厚 d を用いて、第1領域の光吸収層の換算吸収率 A_1' ($A_1' = A_1 / d$) から第2領域の光吸収層の換算吸収率 A_2' ($A_2' = A_2 / d$) を減算した値 $A' = A_1' - A_2'$ (換算吸収率差) を算出することができる。

【0 1 9 6】

次に、上述した計算方法を用いて、図7A及び図7Bに示すモデル構造に対して垂直に、すなわち $\theta_0 = 0$ 、または $\sin \theta_0 = 0$ が近似的に成り立つ範囲の入射角 θ_0 において波長 (600 nm ~ 2000 nm) のレーザー光 (赤色または近赤外の波長領域のレーザー光) を入射した場合に、第1領域及び第2領域の光吸収層のレーザー光に対する換算吸収率を算出し、その差を計算した。また、この場合、レーザー光の偏光がS偏光としても計算結果は同じである。

40

【0 1 9 7】

図8は、レーザー間接加熱法により結晶質シリコン層を形成する場合にゲート絶縁層、非晶質シリコン層、バッファ層及び光吸収層に好適な膜厚範囲があることを示すための図である。具体的には、図8は、図7A及び図7Bに示すモデル構造を用いて、ゲート絶縁層13、非晶質シリコン層14、バッファ層15、光吸収層16の膜厚をそれぞれ変化させた場合の、第1領域及び第2領域の光吸収層16の換算吸収率差 $A' = A_1' -$

50

A_2' の計算結果を示す等高線図である。

【0198】

ここで、横軸 (X) は、光吸収層 16 の屈折率に光吸収層 16 の膜厚を乗算した光吸収層 16 の光学膜厚を所定のレーザー光の波長にて除算した値を表す。また、縦軸 (Y) は、ゲート絶縁層 13 の屈折率にゲート絶縁層 13 の膜厚を乗算したゲート絶縁層 13 の光学膜厚と、非晶質シリコン層 14 の屈折率に非晶質シリコン層 14 の膜厚を乗算した非晶質シリコン層 14 の光学膜厚と、バッファ層 15 の屈折率とバッファ層 15 の膜厚を乗算したバッファ層 15 の光学膜厚とを和算した値を所定のレーザー光の波長にて除算した値を表す。

【0199】

例えば、 $\lambda = 808 \text{ nm}$ のときの光吸収層 16 の屈折率を用いると、図 8 の横軸の値を光吸収層の膜厚に変換することができる。例えば、図 9 は、図 8 の横軸の値を光吸収層の膜厚に変換した値を示す図である。図 9 には、 $\lambda = 808 \text{ nm}$ のとき及び $\lambda = 1064 \text{ nm}$ のとき、図 8 の横軸の値を非晶質シリコン層の膜厚に変換した値を示している。

【0200】

また、例えば $\lambda = 808 \text{ nm}$ のとき、図 8 の縦軸の値からゲート絶縁層 13、非晶質シリコン層 14 及びバッファ層 15 の膜厚に変換することができる。図 10 は、例えば、ゲート絶縁層 (酸化珪素膜) の膜厚が 125 nm 、非晶質シリコン層の膜厚が 100 nm の場合の $\lambda = 808 \text{ nm}$ のとき及び $\lambda = 1064 \text{ nm}$ のとき、図 8 の縦軸の値をバッファ層の膜厚に変換した値である。このように、ゲート絶縁層の膜厚及び光学定数、非晶質シリコン層の膜厚及び光学定数を用いることにより、図 8 の縦軸をバッファ層 15 の膜厚に変換できる。

【0201】

このように、ゲート絶縁層、非晶質シリコン層、バッファ層及び光吸収層の膜厚、光学特性、また、ゲート絶縁層の構成が変化しても、図 8 の縦軸 X、横軸 Y の値を変換することにより、レーザー間接加熱法により結晶質シリコン層を形成する場合における、ゲート絶縁層、非晶質シリコン層、バッファ層及び光吸収層の好適な膜厚範囲を計算できる。

【0202】

なお、例えばゲート絶縁層 13 が積層構造の場合でも、上記同様に、積層膜を構成するそれぞれの絶縁膜の屈折率と膜厚の積 (光学膜厚) を和算した値を、そのゲート絶縁膜の光学膜厚として用いることにより、図 8 の縦軸をバッファ層 15 の膜厚に変換できる。

【0203】

図 11 は、本発明の実施の形態に係る表示装置を構成する薄膜トランジスタの構造の別の例を示す断面図である。図 12 は、図 11 に示す薄膜トランジスタのゲート絶縁層が酸化珪素膜と窒化珪素膜で構成されている場合の、それぞれの膜厚の組を示す図である。

【0204】

図 11 に示す薄膜トランジスタ 200 は、ゲート絶縁層 23 が上層絶縁膜 23a 及び下層絶縁膜 23b により構成されている。ここで、例えば上層絶縁膜 23a が屈折率 1.46 を有する酸化珪素 (SiO) 膜、下層絶縁膜 23b が屈折率 1.92 を有する窒化珪素 (SiN) 膜であるとする。このとき、これらの絶縁膜による積層構造のゲート絶縁層 23 が、例えば膜厚 125 nm の酸化珪素膜単層にて構成されているゲート絶縁層 13 と等しい光学定数を有している場合の、上層絶縁膜 23a の酸化珪素膜の膜厚、及び下層絶縁膜 23b の窒化珪素膜の膜厚の組は図 12 のようになる (レーザー光波長が 600 nm から 2000 nm の範囲にて)。

【0205】

なお、ゲート絶縁膜に SiN 膜を含めると、絶縁基板である、例えばガラスからのアルカリ金属などの不純物をブロックすることができるため、TFT 特性や信頼性に影響を与えない手段として有効である。

【0206】

10

20

30

40

50

図 8 において、 $-A'$ で表される等高線の線上及び内側領域は、第 1 領域及び第 2 領域の光吸収層 16 の換算吸収率差 $A_1' - A_2'$ が $-A'$ 以下になる領域であることを示している。換言すると、図 8 の点線で示される曲線は、換算吸収率差が -0.00018 の等高線を示している。つまり、この曲線上、及びその内側領域の換算吸収率差は -0.00018 以下である。また、この領域は、非晶質シリコン層 14 及びゲート絶縁層 13 の膜厚と、それらの光学定数と、ゲート電極 12 及び基板 10 の光学定数とから上述した式（計算方法）により算出される。そして、算出された第 1 領域及び第 2 領域の非晶質シリコン層 14 の換算吸収率差 $A_1' - A_2'$ が $-A'$ 以下になる条件を満たすとき、薄膜トランジスタ 100 の第 1 領域における光吸収層 16 の発熱による到達温度の分布を均一できる。それにより、第 1 領域における非晶質シリコン層 14 は充分かつ均一に結晶化されて結晶質シリコン層 17 になる。

10

【0207】

図 13 は、図 8 において、ゲート絶縁層、非晶質シリコン層、バッファ層及び光吸収層との好適な膜厚範囲を算出するために用いた図である。

【0208】

図 13 において、光吸収層 16 の光学膜厚をレーザー光の波長で商算したものを X 、ゲート絶縁層 13 の光学膜厚と非晶質シリコン層の光学膜厚とバッファ層の光学膜厚の和をレーザー光の波長で商算したものを Y とおいている。なお、これらの X と Y は上述したものと同一である。そして、これら X と Y とを用いて、 $-A'$ で表される等高線の線上及び内側領域を数式で近似する。すなわち、 $L1 \sim L4$ で示される集合の積

20

【数 52】

$$L1 \cap L2 \cap L3 \cap L4$$

で表すことができる。なお、 $L1 \sim L4$ は、以下のように表すことができるが、これらはそれぞれ上述した（式 1）～（式 4）に相当する。

【0209】

$$L1 : Y - 1.06X - 0.22 A' + 1.07$$

$$L2 : Y - 1.29X + 1.61 * A' + 1.44$$

$$L3 : Y - 1.06X + 0.33 A' + 0.89$$

$$L4 : Y - 1.29X + -0.97 * A' - 0.95$$

30

【0210】

なお、 A' は、上述したように、 $A' = (A_G / d_G) \times (c) / (c_G \times c_G)$ で表される。ここで、 c はそれぞれ光吸収層 16 の密度、及び比熱であり、 d_G 、 c_G 、 c_G はそれぞれゲート電極の膜厚、密度、及び比熱である。

【0211】

次に、具体例として、波長 808 nm の赤色レーザー光を、図 7A 及び図 7B のモデル構造上方から垂直に照射した場合を考える。ここで光吸収層 16 の密度を $1800 \text{ (kg/m}^3)$ 、比熱を $970 \text{ (J/(kg} \cdot \text{K))}$ とする。また、ゲート電極 12 を膜厚 50 nm の MoW とし、その密度を $11720 \text{ (kg/m}^3)$ 、比熱を $226.4 \text{ (J/(kg} \cdot \text{K))}$ とする。このとき、第 1 領域の光吸収層 16 のレーザー光の波長に対する吸収率と第 2 領域の光吸収層のレーザー光の波長に対する吸収率とが等しくなる、すなわち、 $A_1 = A_2$ が成立するとする。そして、 $A_1 = A_2$ が成立するときのゲート絶縁層、非晶質シリコン層、バッファ層及び光吸収層の膜厚と、上述の光学計算式（式 9）～（式 54）とを用いてゲート電極の吸収率の最大値 A_G を計算する。その結果、 A_G は 0.25 と計算され、そこから A' が 0.00018 と算出される。なお、 A_G は、 $A_G = T1 \times T2 \times T3 \times T4 \times (1 - R_G)$ の関係式から計算される。ここで R_G は酸化珪素膜を媒質とした場合のゲート電極 12 の反射率であり、 $R_G = \{ (n_{\text{SiO}_2} - n_G)^2 + k_G^2 \} / \{ (n_{\text{SiO}_2} + n_G)^2 + k_G^2 \}$ と計算される。また、酸化珪素の屈折率 n_{SiO_2} 、ゲート電極の屈折率 n_G 、ゲート電極の消衰係数 k_G としている。以上のように、 A' が 0.00018 と算出される。この値を用いて、上記の $L1 \sim L4$ で示される集合の

40

50

積

【数 5 2】

L 1 0 L 2 0 L 3 0 L 4

で表す範囲が決定される。

【0 2 1 2】

次に、 $\lambda = 808 \text{ nm}$ の赤色レーザー光を、図 7 A 及び図 7 B で示されるモデルに対して垂直に照射しスキャンしたときの、光吸収層からの発生した熱を受けて温度上昇した非晶質シリコン層 1 4 表面の最高到達温度の位置依存性のシミュレーションを実施した。図 1 4 に、シミュレーションに用いたモデルを示す。本モデルは、図 1 4 に示すように、基板層 4 0 6 と、ゲート電極 1 2 に対応層 4 0 5 と、ゲート絶縁層 1 3 に対応する層 4 0 4 と、非晶質シリコン層 1 4 に対応する層 4 0 3 と、バッファ層 1 5 に対応する層 4 0 2 及び光吸収層 1 6 に対応する層 4 0 1 とで構成されている。本モデルにおいて、ゲート電極 1 2 に対応する層 4 0 5 のレーザー光方向の長さは $30 \mu\text{m}$ とし、光吸収層 1 6 に対応する層 4 0 1 およびゲート電極 1 2 に対応する層 4 0 5 の物性値として、上述した値を用いた。

10

【0 2 1 3】

図 1 5 は、図 8 において、本シミュレーションで実施した膜厚条件箇所を示す図である。ここで、縦軸 (X) 及び横軸 (Y) は、図 8 に示す縦軸 (X) 及び横軸 (Y) を $\lambda = 808 \text{ nm}$ の時のそれぞれの膜の光学定数を用いて変換してある。本シミュレーションで用いたモデルにおいて、ゲート絶縁層 1 3 は酸化珪素 (SiO_2) 膜でありその膜厚は 125 nm と仮定した。また非晶質シリコン層 1 4 の膜厚は 100 nm を仮定した。図 1 5 に示す星 (\star) が付された 1 ~ 8 (星 1 ~ 星 8) の点の箇所は、本シミュレーションで実施したバッファ層 1 5 と光吸収層 1 6 の膜厚条件を示している。また、星 1、星 2、星 3、星 4 における換算吸収率差 $A_1' - A_2'$ は $-A'$ ($= -0.00018$) より小さく、星 5、星 6、星 7、星 8 における換算吸収率差は $A_1' - A_2'$ は $-A'$ より大きい。つまり、星 1、星 2、星 3、星 4、は、図 1 3 の点線内側領域に存在している。

20

【0 2 1 4】

図 1 6 は、第 1 領域及び第 2 領域の非晶質シリコン層表面の最高到達温度の位置依存性のシミュレーション結果を示す図である。横軸は、位置座標を示しており、縦軸は、非晶質シリコン層 1 4 表面の最高到達温度を示している。非晶質シリコン層 1 4 は、レーザー光を吸収して発熱した光吸収層から熱を受けて、温度上昇する。また、図 1 6 は、図 1 5 に示す星 1 ~ 星 8 の箇所における膜厚条件のシミュレーション結果を示している。図 1 6 に示すように、星 1 ~ 星 4 の箇所における膜厚条件においては、非晶質シリコン層 1 4 表面の最高到達温度を示す曲線がゲート電極 1 2 上の第 1 領域で平坦であるのに対して、星 5 ~ 星 8 の箇所における膜厚条件においては、非晶質シリコン層 1 4 表面の最高到達温度を示す曲線がゲート電極 1 2 上の第 1 領域で平坦でない。

30

【0 2 1 5】

以上のシミュレーション結果によれば、 $-A'$ で表される等高線の線上及びその内側の領域の第 1 領域及び第 2 領域の非晶質シリコン層 1 4 の換算吸収率差 $A_1' - A_2'$ を非晶質シリコン層 1 4 の膜厚及びゲート絶縁層 1 3 の膜厚が満たすとき、薄膜トランジスタ 1 0 0 の第 1 領域における非晶質シリコン層 1 4 の発熱による到達温度の分布を均一にできることがわかる。それにより、薄膜トランジスタ 1 0 0 の第 1 領域における非晶質シリコン層 1 4 を充分かつ均一に結晶化した結晶質シリコン層 1 7 を生成することが可能となる。

40

【0 2 1 6】

総括すると、非晶質シリコン層の上部に、バッファ層及び光吸収層を形成し、光吸収層にレーザー光を照射し光吸収層を加熱させ、発生した熱によりバッファ層を介して間接的に非晶質シリコン層を結晶化するレーザー間接加熱結晶化プロセスがある。通常、このレーザー間接加熱結晶化プロセスにおいて、非晶質シリコン層の下部にゲート絶縁層を

50

介してゲート電極が存在する場合、ゲート電極の熱吸収、熱伝播の影響により、ゲート電極上方の非晶質シリコン層の発熱が不十分かつ不均一になり、形成された結晶質シリコン層の結晶度にバラツキを生じさせる。それに対して、上述した膜厚範囲でゲート絶縁層、非晶質シリコン層、バッファ層及び光吸収層を形成すると、レーザー間接加熱結晶化プロセスにおいて、ゲート電極の熱吸収、熱伝播の影響を抑えて、結晶化を行える。そのため、非晶質シリコン層とその下地膜であるゲート絶縁層とを備える薄膜トランジスタ（TFET）では、均質な薄膜トランジスタの特性を実現できることとなる。図17Aは、本発明の実施の形態の構造に対して赤色及び近赤外の波長領域のレーザー光を用いてレーザー間接加熱結晶化を行った場合の結晶質シリコン層の結晶性を示す図である。図17Bは、比較として、従来の構造に対して赤色及び近赤外の波長領域のレーザー光を用いてレーザー間接加熱結晶化を行った場合の結晶質シリコン層の結晶性を示す図である。図17A及び図17Bでは、単位時間当たりのレーザー光のエネルギー密度 $100\text{KW}/\text{cm}^2$ で、レーザースキンの速度を $600\text{mm}/\text{s}$ とした場合の例を示している。従来の構造では、 50nm 結晶粒径で結晶化されている領域と、 50nm 未満の結晶粒径で結晶化されている領域に分かれている、すなわち、結晶性にムラがある。それに対して、本発明の実施の形態の構造では、 50nm の結晶粒径で均一に結晶化されているのがわかる。図17Bに示される結晶性のムラは、ゲート電極上の非晶質シリコン層の最高到達温度のムラを表す。本実施の形態の構造に対してレーザー間接加熱結晶化プロセスを行った場合、ゲート電極上の非晶質シリコン層の到達温度は面内で均一にでき、得られる結晶性シリコン層の結晶性も均一になる。

10

20

【0217】

図18は、本発明の実施の形態における効果を説明するための図である。つまり、図18は、ゲート電極12を熱的に飽和させる手段として、ゲート電極12以外の領域に着目し、ゲート電極12上方に無い（第2領域の）光吸収層16の発熱を利用していることを示している。具体的には、ゲート絶縁層13、非晶質シリコン層14、バッファ層15及び光吸収層16の膜厚を適切な範囲におくことで、ゲート電極12の有無による光の干渉効果の差を利用し、1）ゲート電極12上方の光吸収層16の光吸収率より、ゲート電極12上方にない光吸収層16の光吸収率が大きくなるように、すなわち、レーザーアニールを施した際、ゲート電極12上方（第1領域）の光吸収層16の発熱より、ゲート電極12上方にない（第2領域の）光吸収層16の発熱が大きくなるように設定でき、かつ

30

【0218】

そして、1）と設定できることにより、第2領域の光吸収層16から発生した熱を、バッファ層15、非晶質シリコン層14及びゲート絶縁層13を介して、ゲート電極12に吸収、伝播させることができる。これにより、レーザー光がゲート電極12上（第1領域）の光吸収層16を照射する前に、予めゲート電極12を熱的に飽和することができるので、ゲート電極12上の（第1領域の）非晶質シリコン層14の結晶化において、ゲート電極12の熱吸収・伝播の影響を低減することができる。さらに、2）と設定できることにより、ゲート電極12上方にない（第2領域の）光吸収層の光吸収率が、ゲート電極12上方の光吸収層16の光吸収率より過渡に大きい場合、すなわち、ゲート電極12上方にない（第2領域の）光吸収層16の発熱が、ゲート電極12上方の（第1領域の）光吸収層16の発熱より極端に大きくなった場合においても、ゲート電極12上方の（第1領域の）光吸収層16とゲート電極12上方にない（第2領域の）光吸収層16との双方の領域における非晶質シリコン層14が溶融することにより溶融シリコン層となり、その熱伝導率が、一般的にゲート電極12として用いられる金属の熱伝導率と同程度の値まで増加する。

40

【0219】

従って、ゲート電極12上方にない（第2領域の）溶融シリコン層へ伝導した熱は、主にゲート電極12上方の（第1領域の）溶融したシリコン層へ伝播するようになるので、

50

ゲート絶縁層 13 を介してゲート電極 12 に過度に伝播ことは無い。それゆえに、ゲート電極 12 の温度分布が悪化することなく、その上方の（第 1 領域の）非晶質シリコン層 14 の発熱温度分布に影響を与えない。

【0220】

よって、上記の 1) と 2) の複合的効果より、ゲート電極 12 上方の（第 1 領域の）非晶質シリコン層 14 の温度分布を均一に維持できるので、その際に得られる結晶質シリコン層 17 内に生成される結晶組織の均一性を保つことができるという効果を奏する。

【0221】

以上、本発明によれば、赤色及び近赤外の波長領域のレーザー光を用いて、結晶性の安定した結晶シリコン膜を形成することができる薄膜トランジスタ装置の製造方法、薄膜トランジスタ、それを用いた表示装置を実現することができる。具体的には、ゲート絶縁層、非晶質シリコン層、バッファ層及び光吸収層、それぞれの膜厚が所定の条件を満足するように形成することにより、例えば、ゲート電極のパターン形状等、特に薄膜トランジスタの構造に変更を加えることなく、赤色及び近赤外の波長領域のレーザー光を用いて、結晶性の安定した結晶シリコン層を形成することができる薄膜トランジスタ装置の製造方法、薄膜トランジスタ、それを用いた表示装置を実現することができる。

10

【0222】

さらに、図 19 に示す表示装置に、本発明の薄膜トランジスタを用いた場合には、均質な TFT 特性を備える高画質な表示装置を実現することができる。また、表示品位の向上による歩留り向上、コストダウンも可能となる。

20

【0223】

なお、本発明によれば、例えば、ゲート電極のパターン形状等、特に薄膜トランジスタの構造に変更を加えることなく、膜厚条件を上記の範囲にとるだけ効果を実現することが可能になるので、例えば、より高精細な表示装置を作製する場合においても、その設計の柔軟性を保つことが出来る点が従来の技術より優れているといえる。

【0224】

以上、本発明の薄膜トランジスタ装置の製造方法、薄膜トランジスタ、それを用いた表示装置について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したもののや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせる構築される形態も、本発明の範囲内に含まれる。

30

【産業上の利用可能性】

【0225】

本発明は、薄膜トランジスタ装置の製造方法、薄膜トランジスタ、それを用いた液晶パネルまたは、有機 EL パネル等の EL パネルを含む表示装置に利用でき、特に、レーザー結晶化プロセスにおいて、非晶質シリコン膜の下部にゲート絶縁膜を介してゲート電極が存在する場合において、ゲート電極の熱吸収、熱伝播の影響を抑えて、安定した結晶化を行えるため、均質な TFT 特性を備える高画質な液晶パネルまたは、有機 EL パネル等の EL パネルを含む表示装置の製造などに利用できる。

40

【符号の説明】

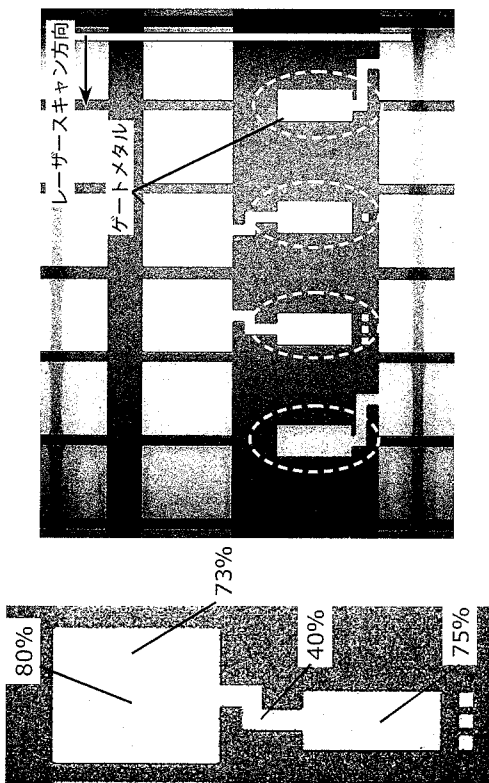
【0226】

- 1 スイッチングトランジスタ
- 2 駆動トランジスタ
- 3 データ線
- 4 走査線
- 5 電流供給線
- 6 キャパシタンス
- 7 有機 EL 素子
- 10 基板
- 11 アンダーコート層

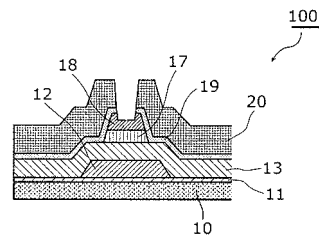
50

- 1 2 ゲート電極
- 1 3、2 3 ゲート絶縁層
- 2 3 a 酸化珪素層
- 2 3 b 窒化珪素層
- 1 4、1 8 非晶質シリコン層
- 1 5 バッファ層
- 1 6 光吸収層
- 1 7 結晶質シリコン層
- 1 9 n+シリコン層
- 2 0 ソース・ドレイン電極
- 1 0 0、2 0 0 薄膜トランジスタ
- 4 0 1、4 0 2、4 0 3、4 0 4、4 0 5 層
- 4 0 6 基板層

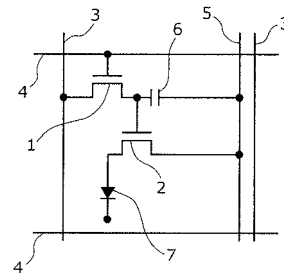
【図 1】



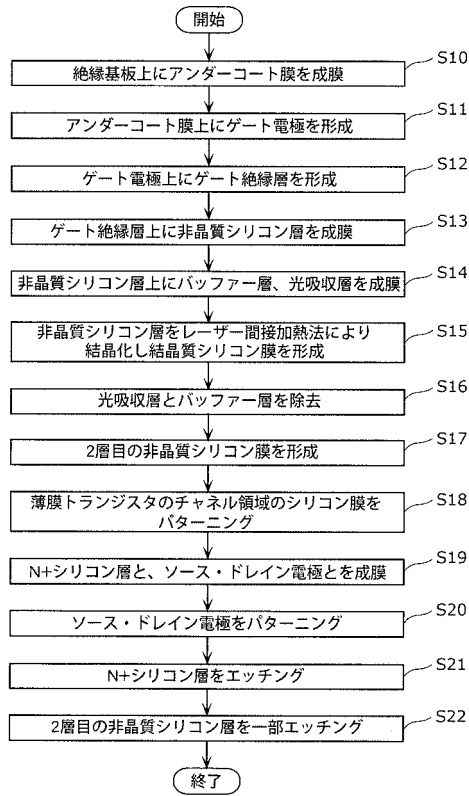
【図 2】



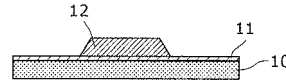
【図 3】



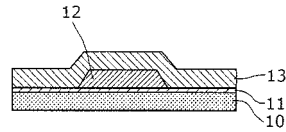
【 図 4 】



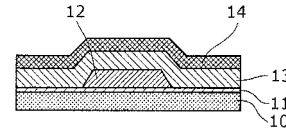
【 図 5 A 】



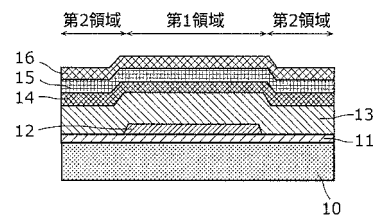
【 図 5 B 】



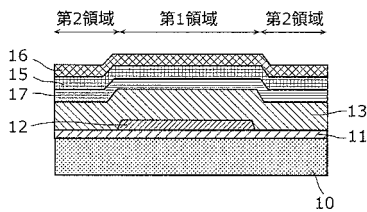
【 図 5 C 】



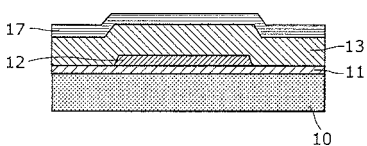
【 図 5 D 】



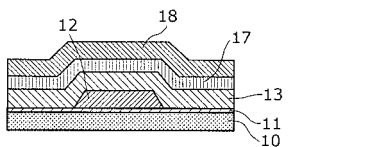
【 図 5 E 】



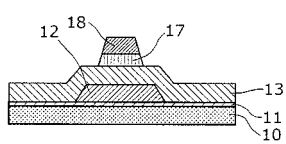
【 図 5 F 】



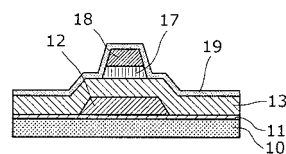
【 図 5 G 】



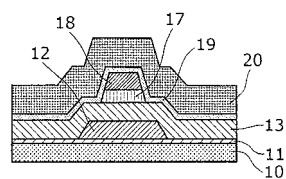
【 図 5 H 】



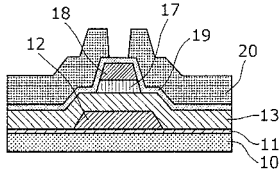
【 図 5 I 】



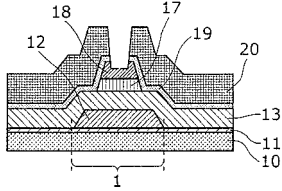
【 図 5 J 】



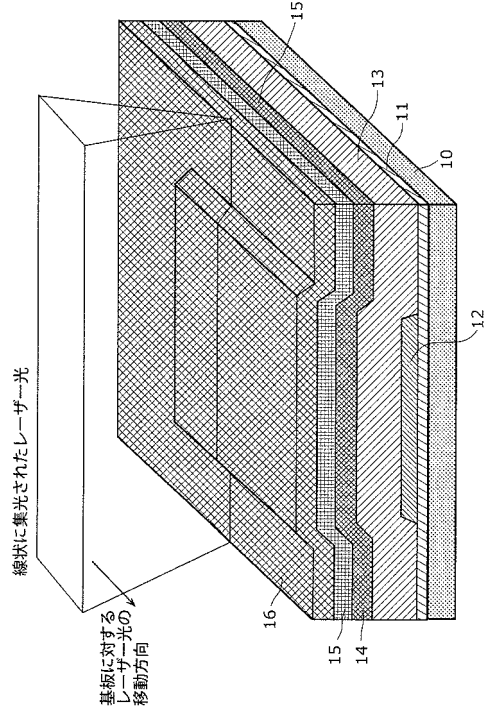
【図5K】



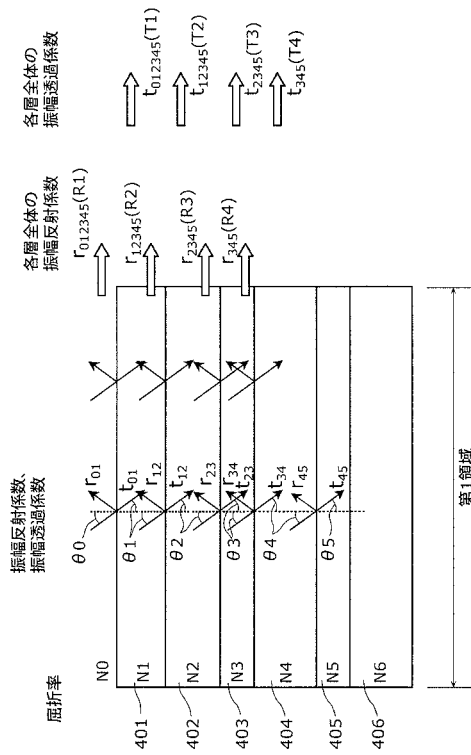
【図5L】



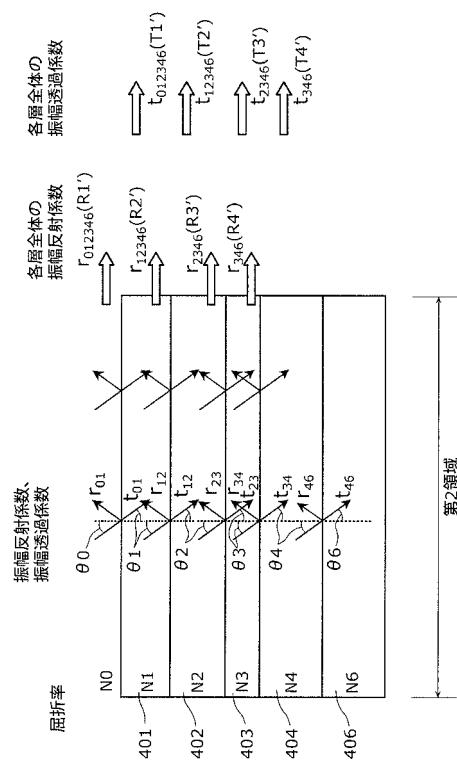
【図6】



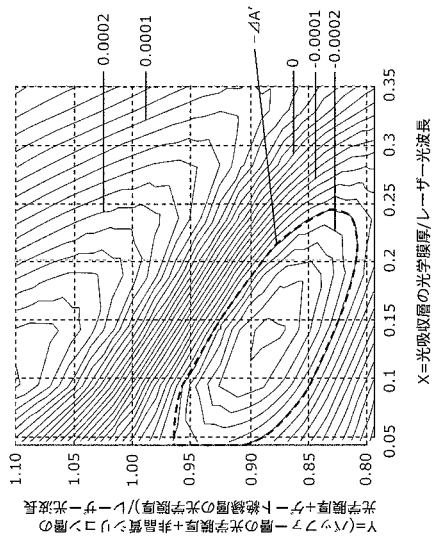
【図7A】



【図7B】



【 図 8 】



【 図 9 】

X	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	(nm)
$\lambda = 808\text{nm}$	21	43	64	85	106	128	149	170	
$\lambda = 1064\text{nm}$	27	53	80	106	133	160	186	213	

【 図 1 0 】

Y	$\lambda = 808\text{nm}$	$\lambda = 1064\text{nm}$
0.8	30	184
0.85	58	221
0.9	86	257
0.95	113	294
1	141	330
1.05	169	367
1.1	196	403

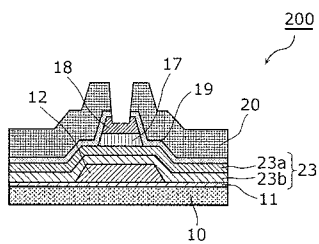
(nm)

【 図 1 2 】

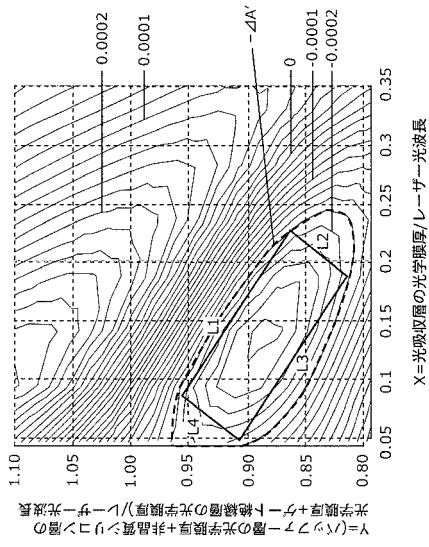
SiO膜	SiN膜
10	88
20	80
30	72
40	65
50	57
60	49
70	42
80	34
90	27
100	19
110	11
120	4

(nm)

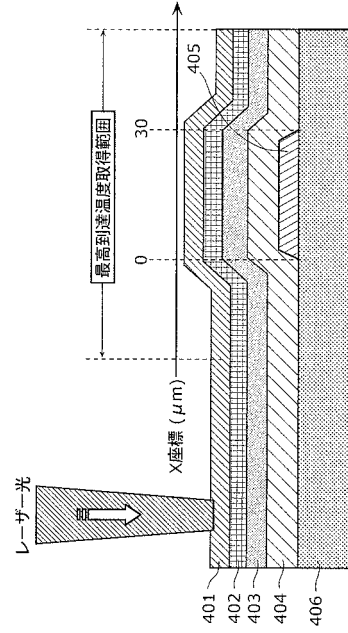
【 図 1 1 】



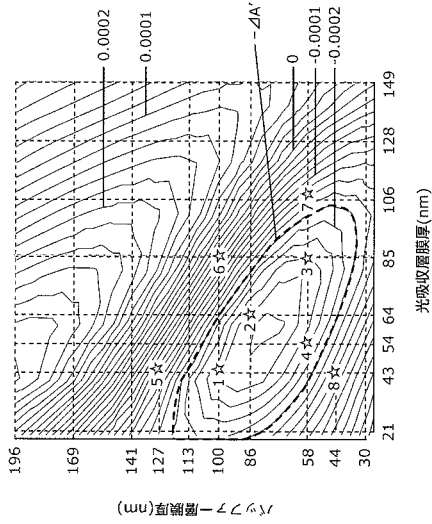
【図 13】



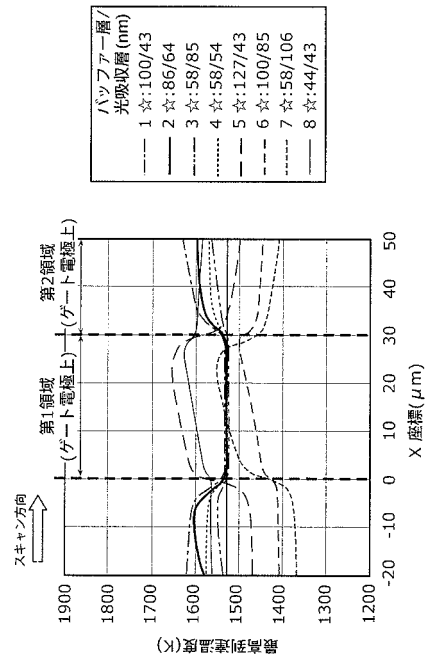
【図 14】



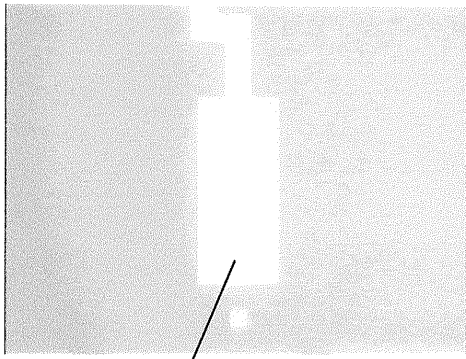
【図 15】



【図 16】

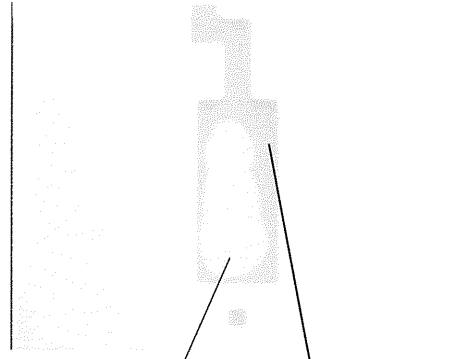


【図17A】



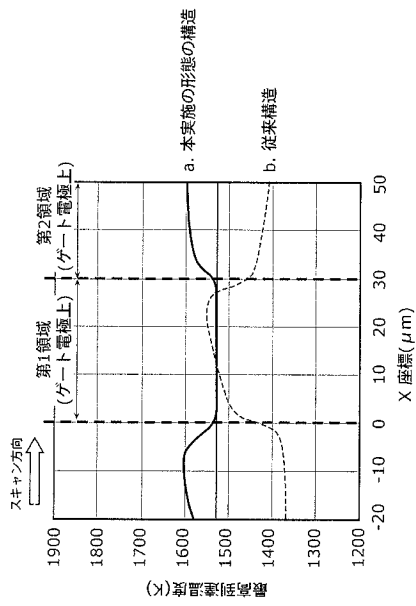
粒径50nmの
結晶質シリコン領域

【図17B】

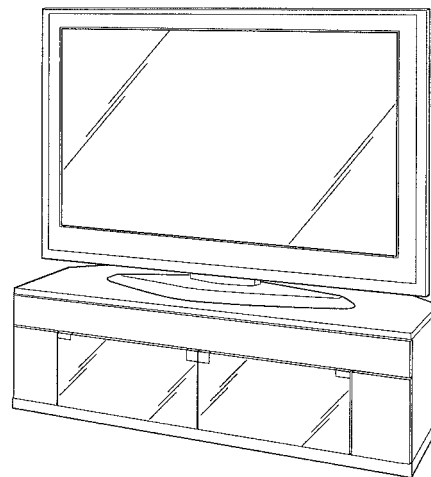


粒径50nm未満の
結晶質シリコン領域
粒径50nmの
結晶質シリコン領域

【図18】



【図19】



【手続補正書】

【提出日】平成24年4月16日(2012.4.16)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を準備する第1工程と、
 前記基板上に複数のゲート電極を形成する第2工程と、
 前記複数のゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第3工程と、
 前記ゲート絶縁層上に非晶質シリコン層を積層する第4工程と、
 前記非晶質シリコン層上にバッファ層を形成する第5工程と、
 前記バッファ層上に光吸収層を形成する第6工程と、
 波長が600nm以上である所定のレーザーを前記基板に対して一定の方向に相対移動させて、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光を用いて前記光吸収層を加熱させ、加熱により発生した熱により間接的に前記非晶質シリコン層を結晶化させて結晶性シリコン層を生成する第7工程と、

前記複数のゲート電極の各々に対応する前記結晶性シリコン層上の領域にソース電極及びドレイン電極を形成する第8工程と、を含み、

前記光吸収層の膜厚に前記光吸収層の屈折率を積算した値である前記光吸収層の光学膜厚を、前記レーザー光の波長で除算した値をXとし、

前記バッファ層の膜厚に前記バッファ層の屈折率を積算した値である前記バッファ層の光学膜厚と、前記非晶質シリコン層の膜厚と前記非晶質シリコン層の屈折率を積算した値である前記非晶質シリコン層の光学膜厚と、前記ゲート絶縁層の膜厚と前記ゲート絶縁層の屈折率を積算した前記ゲート絶縁層の光学膜厚とを和算した値を前記レーザー光の波長で除算した値をYとし、

さらに、前記光吸収層の密度を、比熱をcとし、前記ゲート電極の膜厚をdG、密度をG、比熱をcGとし、

前記ゲート電極の上方の光吸収層と前記ゲート電極の上方にない光吸収層の、前記レーザー光に対するそれぞれの光吸収率が等しいときの前記ゲート電極の吸収率の最大値をAGとし、

(AG/dG) × (X × c) / (G × cG) の式にて算出される値をA'とおいたとき、

前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質性シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚、及び、前記光吸収層の膜厚は、下記の式1)から式4)により区画される範囲に属する前記X、及び前記Yを満たす、

薄膜トランジスタ装置の製造方法。

$$\text{式1) } Y - 1.06X - 0.22 \leq A' + 1.07$$

$$\text{式2) } Y - 1.29X + 1.61 \leq A' + 1.44$$

$$\text{式3) } Y - 1.06X + 0.33 \leq A' + 0.89$$

$$\text{式4) } Y - 1.29X + 0.97 \leq A' - 0.95$$

【請求項2】

前記光吸収層は、前記所定のレーザー光の波長範囲において半透明(消衰係数k < 1)である、

請求項1に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項3】

前記第7工程後、且つ、前記第8工程前において、

少なくとも前記光吸収層を除去する工程を含む、

請求項 1 または 2 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 4】

前記第 7 工程後、且つ、前記第 8 工程前において、
前記バッファ層及び前記光吸収層を除去する工程を含む、
請求項 1 または 2 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 5】

前記第 6 工程において、前記所定のレーザーは、連続発振または擬似連続発振モードの発振モードで前記レーザー光を照射する、
請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 6】

前記所定のレーザーは、固体レーザー装置で構成される、
請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 7】

前記所定のレーザーは、半導体レーザー素子を用いたレーザー装置で構成される、
請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 8】

前記第 6 工程において、前記レーザー光の前記非晶質性シリコン層上における照射エネルギー密度の変動は、5%程度未満である、
請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 9】

前記所定のレーザーの波長は、600nm ~ 2000nm である、
請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 10】

前記第 2 工程は、前記基板の上に酸化シリコンからなるアンダーコート層を形成する工程と、前記アンダーコート層上に複数のゲート電極を形成する工程とを含む、
請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 11】

基板を準備する第 1 工程と、
前記基板の上に複数のゲート電極を形成する第 2 工程と、
前記複数のゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第 3 工程と、
前記ゲート絶縁層上に非晶質シリコン層を積層する第 4 工程と、
前記非晶質シリコン層上にバッファ層を形成する第 5 工程と、
前記バッファ層上に光吸収層を形成する第 6 工程と、
波長が 600nm 以上である所定のレーザーを前記基板に対して一定の方向に相対移動させて、前記所定のレーザーから照射されるレーザー光を用いて前記光吸収層を加熱させ、加熱により発生した熱により間接的に前記非晶質シリコン層を結晶化させて結晶性シリコン層を生成する第 7 工程と、

前記複数のゲート電極の各々に対応する前記結晶性シリコン層上の領域にソース電極及びドレイン電極を形成する第 8 工程と、を含み、

前記第 2 工程、前記第 3 工程、前記第 4 工程、前記第 5 工程、及び前記第 6 工程では、前記第 7 工程において、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の、前記ゲート電極外の前記所定のレーザーの相対移動方向の上流領域での前記光吸収層の最高到達温度が、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記ゲート電極上の領域での前記非晶質性シリコン層の最高到達温度より高くなるように、且つ、前記ゲート電極上の領域内では、前記所定のレーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記光吸収層の最高到達温度がほぼ一定になるように、構成される、
薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 12】

前記第 2 工程、前記第 3 工程、前記第 4 工程、前記第 5 工程及び前記第 6 工程では、前記第 7 工程において、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の、前記ゲ

ート電極外の前記所定のレーザー光の相対移動方向の上流領域での前記光吸収層の最高到達温度が、前記レーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記ゲート電極上の領域での前記光吸収層の最高到達温度より高くなるように、且つ、前記ゲート電極上の領域内では、前記所定のレーザー光を用いて前記光吸収層を照射した際の前記光吸収層の最高到達温度がほぼ一定になるように、

前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚、及び、前記光吸収層の膜厚が構成される、

請求項 1 1 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 1 3】

基板を準備する第 1 工程と、

前記基板上にゲート電極を形成する第 2 工程と、

前記ゲート電極上にゲート絶縁層を形成する第 3 工程と、

前記ゲート絶縁層上に半導体材料を含む半導体材料層を形成する第 4 工程と、

前記半導体材料層上にバッファ層を形成する第 5 工程と、

前記バッファ層上に所定の光学定数を有する光吸収層を形成する第 6 工程と、

前記光吸収層に対して波長が 600 nm 以上 2000 nm 以下である所定のレーザー光を照射し、前記光吸収層にレーザー光を吸収させ、前記光吸収層から発生した熱により、バッファ層を介して間接的に前記半導体材料層を結晶化させて結晶質の半導体層を生成する第 7 工程と、

前記ゲート電極に対応する領域である第 1 領域とは異なる、前記ゲート電極に対応しない領域である第 2 領域における前記半導体層上に、ソース電極及びドレイン電極を形成する第 8 工程と、を含み、

前記第 3 工程、前記第 4 工程、前記第 5 工程及び前記第 6 工程において、前記光吸収層の前記第 2 領域での単位体積あたりの発熱量が、前記光吸収層の前記第 1 領域での単位体積あたりの発熱量よりも大きくなるように前記ゲート絶縁層、前記半導体材料層、前記バッファ層及び前記光吸収層を形成することにより、前記第 7 工程において、前記所定のレーザー光が照射されることによって発熱した前記第 1 領域の前記光吸収層から、前記ゲート電極に対して熱伝導して、前記ゲート電極に吸収されている熱分を、第 2 領域の前記半導体材料層に対して熱拡散することを抑えて蓄熱させた状態にさせ、かつ、発熱している前記第 1 領域の前記光吸収層において、等しい温度分布を有する部位を形成させて、前記半導体材料層を結晶化させる、

薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 1 4】

前記第 3 工程、前記第 4 工程、前記第 5 工程及び前記第 6 工程では、

前記光吸収層の前記第 2 領域での単位体積あたりの発熱量が、前記光吸収層の前記第 1 領域での単位体積あたりの発熱量よりも大きくなるように、

前記ゲート絶縁層の膜厚、前記非晶質シリコン層の膜厚、前記バッファ層の膜厚及び前記光吸収層が構成される、

請求項 1 3 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 1 5】

前記光吸収層の前記第 2 領域は、前記第 7 工程における前記所定のレーザー光の前記基板に対する相対移動方向において、前記第 1 領域に対して上流領域および下流領域に対応している、

請求項 1 3 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 1 6】

前記第 3 工程、前記第 4 工程、前記第 5 工程及び前記第 6 工程では、

前記第 7 工程において、前記半導体材料層の前記第 2 領域における単位体積あたりの発熱量が、前記半導体材料層の前記第 1 領域における単位体積あたりの発熱量に比べて、前記ゲート電極の単位体積あたりの発熱量以上大きくなるように、構成される、

請求項 1 3 に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【請求項 17】

前記第3工程、前記第4工程、前記第5工程及び前記第6工程では、
前記第7工程において、前記光吸収層の前記第1領域に形成される前記等しい温度分布を有する部位における大きさが、前記第1領域に対して0.8以上1.0以下となるように構成される、

請求項13に記載の薄膜トランジスタ装置の製造方法。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/006196

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L21/336(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L29/786(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L21/336, H01L21/20, H01L21/268, H01L29/786		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2011-40587 A (Sony Corp.), 24 February 2011 (24.02.2011), paragraphs [0015], [0024] to [0025]; fig. 1 (Family: none)	11-13 1-10, 14-20
X A	JP 2007-220918 A (Ulvac, Inc.), 30 August 2007 (30.08.2007), paragraphs [0026] to [0058] (Family: none)	11-13 1-10, 14-20
X A	JP 2010-287645 A (Sharp Corp.), 24 December 2010 (24.12.2010), paragraphs [0018] to [0079] (Family: none)	11-13 1-10, 14-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T"
"E"	earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X"
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
		document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
		document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
		document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 17 January, 2012 (17.01.12)		Date of mailing of the international search report 31 January, 2012 (31.01.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/006196

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-35964 A (Sony Corp.), 08 February 2007 (08.02.2007), entire text (Family: none)	1-20
A	JP 2008-288425 A (Sony Corp.), 27 November 2008 (27.11.2008), entire text & US 2010/0159619 A1 & WO 2008/142970 A1 & CN 101681815 A & KR 10-2010-0017836 A	1-20

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 1 / 0 0 6 1 9 6									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L21/336(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L29/786(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L21/336, H01L21/20, H01L21/268, H01L29/786											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2012年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2012年	日本国実用新案登録公報	1996-2012年	日本国登録実用新案公報	1994-2012年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2012年										
日本国実用新案登録公報	1996-2012年										
日本国登録実用新案公報	1994-2012年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
X A	JP 2011-40587 A (ソニー株式会社) 2011.02.24, [0015],[0024]-[0025],図1 (ファミリーなし)	11-13 1-10,14-20									
X A	JP 2007-220918 A (株式会社アルバック) 2007.08.30, [0026]-[0058] (ファミリーなし)	11-13 1-10,14-20									
X A	JP 2010-287645 A (シャープ株式会社) 2010.12.24, [0018]-[0079] (ファミリーなし)	11-13 1-10,14-20									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。											
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献									
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの									
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの									
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの									
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献									
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願											
国際調査を完了した日 17.01.2012		国際調査報告の発送日 31.01.2012									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 宮澤 尚之	4M 9278								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3462									

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2011/006196
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-35964 A (ソニー株式会社) 2007.02.08, 全文 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2008-288425 A (ソニー株式会社) 2008.11.27, 全文 & US 2010/0159619 A1 & WO 2008/142970 A1 & CN 101681815 A & KR 10-2010-0017836 A	1-20

フロントページの続き

F ターム(参考) 5F110 AA30 BB01 CC07 DD02 DD03 DD13 DD14 DD17 DD24 EE04
EE06 EE44 FF02 FF03 FF09 FF30 GG02 GG13 GG15 GG16
GG19 GG22 GG45 HK02 HK03 HK04 HK06 HK09 HK21 HK25
HK33 HK35 HM03 HM07 NN71 PP03 PP04 PP05 PP11 PP13
PP35 QQ09
5F152 AA06 BB03 CC02 CC03 CD13 CD14 CD17 CD24 CE05 CE14
CE43 CF02 CF12 CF13 CF14 FF05 FF09 FF28 FF44 FF45
FG01 FG23 FH02 FH03

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。