

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4556302号  
(P4556302)

(45) 発行日 平成22年10月6日 (2010. 10. 6)

(24) 登録日 平成22年7月30日 (2010. 7. 30)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/66 (2006. 01)

H O 1 L 21/66 N

G O 1 N 21/956 (2006. 01)

G O 1 N 21/956 A

H O 1 L 21/20 (2006. 01)

H O 1 L 21/20

H O 1 L 29/786 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 2 4

H O 1 L 21/336 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 2 7 G

請求項の数 14 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2000-227807 (P2000-227807)  
 (22) 出願日 平成12年7月27日 (2000. 7. 27)  
 (65) 公開番号 特開2002-43383 (P2002-43383A)  
 (43) 公開日 平成14年2月8日 (2002. 2. 8)  
 審査請求日 平成19年5月7日 (2007. 5. 7)

(73) 特許権者 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100067736  
 弁理士 小池 晃  
 (74) 代理人 100086335  
 弁理士 田村 榮一  
 (74) 代理人 100096677  
 弁理士 伊賀 誠司  
 (72) 発明者 和田 裕之  
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ  
 ニー株式会社内  
 (72) 発明者 高德 真人  
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ  
 ニー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜トランジスタ製造システム及び方法、ポリシリコン評価方法及びポリシリコン検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁体からなる基板の表面上に選択的に金属パターンを形成し、上記金属パターンを形成した基板上にアモルファスシリコン膜を成膜する成膜装置と、

上記アモルファスシリコン膜の表面に対してレーザ光を照射して、チャネル層となるポリシリコン膜を生成するアニール処理を実行するレーザアニール装置と、

上記レーザアニール装置によって生成されたポリシリコン膜の厚さを求める膜厚算出手段と、上記ポリシリコン膜の表面に上記レーザ光が照射されたレーザ光の照射領域の移動によって形成される複数の線分を含む各ポリシリコンの結晶粒界の画像を、上記ポリシリコン膜に対して上記基板とは反対側から撮像する観察手段と、上記観察手段により撮像された結晶粒界の画像をフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を2乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて上記各結晶粒界が上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で並んでいるかを示す度合を数値化した評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定し、当該判定の結果、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいる場合に、上記ポリシリコン膜が良品であると評価し、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいない場合に、上記ポリシリコン膜が不良品であると評価する第1の評価処理を実行するポリシリコン評価手段と、上記膜厚算出手段によって求められたポリシリコン膜の厚さが一番薄い部位と、上記膜厚算出手段によって求められた

10

20

ポリシリコン膜の厚さが一番厚い部位とで各々算出した評価指標値の差分を用いて、上記ポリシリコンの所定のグレインサイズが得られるエネルギー密度の許容範囲の上限値と下限値とを算出し、上記レーザアニール装置が実行するアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザ光のエネルギー密度を、算出したエネルギー密度の上限値と下限値とで規定されるエネルギー密度の許容範囲に含まれる値に設定するエネルギー密度設定手段と、上記エネルギー密度設定手段によって設定されたエネルギー密度の許容範囲に関するデータを上記レーザアニール装置にフィードバックするフィードバック手段とを備えるポリシリコン検査装置とを備え、

上記レーザアニール装置は、

アニール処理時にアモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザ光のエネルギー密度を上記ポリシリコン検査装置によって設定されたエネルギー密度の許容範囲内の値となるように制御する薄膜トランジスタ製造システム。

#### 【請求項 2】

上記ポリシリコン検査装置のポリシリコン評価手段は、検査対象となるポリシリコン膜が形成された基板に対して算出された評価指標値が、許容最低エネルギーを有するレーザ光をアモルファスシリコンに対して照射した場合に算出される評価指標値、及び許容最大エネルギーを有するレーザ光をアモルファスシリコンに対して照射した場合に算出される評価指標値のいずれか高い方の値よりも大きい値である場合に、ポリシリコン膜が形成された基板を良品であると判断する第 2 の評価処理を実行する請求項 1 に記載の薄膜トランジスタ製造システム。

#### 【請求項 3】

上記ポリシリコン検査装置のポリシリコン評価手段は、

上記観察手段により撮像された結晶粒界の画像と、上記画像を任意の方向にスライドさせた結晶粒界の画像とをフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を 2 乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて、当該自己相関関数のピーク値とサイドピーク値とを算出し、算出したピーク値とサイドピーク値との比を評価指標値とし、当該評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定する請求項 1 に記載の薄膜トランジスタ製造システム。

#### 【請求項 4】

上記ポリシリコン検査装置のポリシリコン評価手段は、

上記観察手段によって撮像された画像を規格化し、規格化された画像の上記レーザ光の走査方向と平行な方向に、規格化された画像内の全ての画素の値を足し合わせて変調度を算出することによって得られた変調度を評価指標値とし、当該評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定する請求項 1 に記載の薄膜トランジスタ製造システム。

#### 【請求項 5】

上記ポリシリコン検査装置のポリシリコン評価手段は、

上記観察手段によって撮像された画像を規格化し、規格化された画像を、2 次元フーリエ変換し、任意の周波数成分の強度をとることによって得られた強度を評価指標値とし、当該評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定する請求項 1 に記載の薄膜トランジスタ製造システム。

#### 【請求項 6】

絶縁体からなる基板の表面上に選択的に金属パターンを形成し、しかる後、上記金属パターンを形成した基板上にアモルファスシリコン膜を成膜する成膜工程と、

上記アモルファスシリコン膜の表面に対してレーザ光を照射して、チャネル層となるポリシリコン膜を生成するアニール処理を実行するレーザアニール工程と、

上記レーザアニール工程で生成されたポリシリコン膜の厚さを求める膜厚算出工程と、上記ポリシリコン膜の表面に上記レーザ光が照射されたレーザ光の照射領域の移動によって形成される複数の線分を含む各ポリシリコンの結晶粒界の画像を、上記ポリシリコン膜

10

20

30

40

50

に対して上記基板とは反対側から撮像する撮像工程と、

上記撮像工程により撮像された結晶粒界の画像をフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を2乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて上記各結晶粒界が上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で並んでいるかを示す度合を数値化した評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定し、当該判定の結果、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいる場合に、上記ポリシリコン膜が良品であると評価し、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいない場合に、上記ポリシリコン膜が不良品であると評価するポリシリコン評価工程と、

10

上記膜厚算出工程で求められたポリシリコン膜の厚さが一番薄い部位と、上記膜厚算出工程で求められたポリシリコン膜の厚さが一番厚い部位とで各々算出した評価指標値の差分を用いて、上記ポリシリコンの所定のグレインサイズが得られるエネルギー密度の許容範囲の上限値と下限値とを算出し、上記レーザアニール工程で実行するアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザー光のエネルギー密度を算出したエネルギー密度の上限値と下限値とで規定されるエネルギー密度の許容範囲に含まれる値に設定するエネルギー密度設定工程と、

上記エネルギー密度設定工程で設定されたエネルギー密度となるようにアニール処理時にアモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザー光のエネルギー密度を制御するエネルギー密度調整工程とを含む薄膜トランジスタの製造方法。

20

【請求項7】

上記ポリシリコン評価工程では、

上記撮像工程で撮像された結晶粒界の画像と、上記画像を任意の方向にスライドさせた結晶粒界の画像とをフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を2乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて、当該自己相関関数のピーク値とサイドピーク値とを算出し、算出したピーク値とサイドピーク値との比を評価指標値とし、当該評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定する請求項6に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項8】

30

上記成膜工程では、

上記エネルギー密度設定工程で設定されたエネルギー密度の許容範囲に対して上記レーザアニール工程で実行されているアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射されるレーザー光のエネルギー密度の設定が大きい場合には、ポリシリコン膜の厚さを現状の厚さよりも厚くするように、上記ポリシリコン検査装置によって算出されたエネルギー密度の許容範囲に対して上記レーザアニール装置によって実行されているアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射されるレーザー光のエネルギー密度の設定値が小さい場合には、ポリシリコン膜の厚さを現状の厚さよりも薄くするように、アモルファスシリコン膜の厚さを制御する請求項6又は7に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

40

【請求項9】

選択的に金属パターンが形成された絶縁体からなる基板の表面上に成膜されたアモルファスシリコン膜の表面に対して、レーザー光が照射されることによって生成されたチャネル層となるポリシリコン膜の厚さを求める膜厚算出工程と、

上記ポリシリコン膜の表面に上記レーザ光が照射されたレーザー光の照射領域の移動によって形成される複数の線分を含む各ポリシリコンの結晶粒界の画像を、上記ポリシリコン膜に対して上記基板とは反対側から撮像する撮像工程と、

上記撮像工程により撮像された結晶粒界の画像をフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を2乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて上記各結晶粒界が上記レーザ光の走査方

50

向と平行な方向に一定の間隔で並んでいるかを示す度合を数値化した評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定し、当該判定の結果、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいる場合に、上記ポリシリコン膜が良品であると評価し、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいない場合に、上記ポリシリコン膜が不良品であると評価するポリシリコン評価工程と、

上記膜厚算出工程で求められたポリシリコン膜の厚さが一番薄い部位と、上記膜厚算出工程で求められたポリシリコン膜の厚さが一番厚い部位とで各々算出した評価指標値の差分を用いて、上記ポリシリコンの所定のグレーンサイズが得られるエネルギー密度の許容範囲の上限値と下限値とを算出し、上記レーザアニール工程で実行するアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザー光のエネルギー密度を算出したエネルギー密度の上限値と下限値とで規定されるエネルギー密度の許容範囲に含まれる値に設定するエネルギー密度設定工程とを含むポリシリコン評価方法。

10

#### 【請求項 10】

選択的に金属パターンが形成された絶縁体からなる基板の表面上に成膜されたアモルファスシリコン膜の表面に対して、レーザ光が照射されることによって生成されたチャネル層となるポリシリコン膜の厚さを求める膜厚算出手段と、

上記ポリシリコン膜の表面に上記レーザ光が照射されたレーザ光の照射領域の移動によって形成される複数の線分を含む各ポリシリコンの結晶粒界の画像を、上記ポリシリコン膜に対して上記基板とは反対側から撮像する観察手段と、

20

上記観察手段により撮像された結晶粒界の画像をフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を2乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて上記各結晶粒界が上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で並んでいるかを示す度合を数値化した評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定し、当該判定の結果、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいる場合に、上記ポリシリコン膜が良品であると評価し、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいない場合に、上記ポリシリコン膜が不良品であると評価する第1の処理を実行するポリシリコン評価手段と、

上記膜厚算出手段によって求められたポリシリコン膜の厚さが一番薄い部位と、上記膜厚算出手段によって求められたポリシリコン膜の厚さが一番厚い部位とで各々算出した評価指標値の差分を用いて、上記ポリシリコンの所定のグレーンサイズが得られるエネルギー密度の許容範囲の上限値と下限値とを算出し、上記レーザアニール装置が実行するアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザー光のエネルギー密度を算出したエネルギー密度の許容範囲に含まれる値に設定するエネルギー密度設定手段とを備えるポリシリコン検査装置。

30

#### 【請求項 11】

上記ポリシリコン評価手段は、検査対象となるポリシリコン膜が形成された基板に対して算出された評価指標値が、許容最低エネルギーを有するレーザ光をアモルファスシリコンに対して照射した場合に算出される評価指標値、及び許容最大エネルギーを有するレーザ光をアモルファスシリコンに対して照射した場合に算出される評価指標値のいずれか高い方の値よりも大きい値である場合に、ポリシリコン膜が形成された基板を良品であると判断する第2の評価処理を実行する請求項10に記載のポリシリコン検査装置。

40

#### 【請求項 12】

上記エネルギー密度設定手段によって設定されたエネルギー密度を外部に出力する出力手段を更に備えた請求項10又は11に記載のポリシリコン検査装置。

#### 【請求項 13】

上記ポリシリコン評価手段は、

上記観察手段によって撮像された画像を規格化し、規格化された画像の上記レーザ光の走査方向と平行な方向に、規格化された画像内の全ての画素の値を足し合わせて変調度を

50

算出することによって得られた変調度を評価指標値とし、当該評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定する請求項 10乃至 12 の何れか 1 項に記載のポリシリコン検査装置。

【請求項 14】

上記ポリシリコン評価手段は、

上記観察手段によって撮像された画像を規格化し、規格化された画像を、2次元フーリエ変換し、任意の周波数成分の強度をとることによって得られた強度を評価指標値とし、当該評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定する請求項 10乃至 12 の何れか 1 項に記載のポリシリコン検査装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板とポリシリコン膜との間にゲート電極が形成されるボトムゲート構造の薄膜トランジスタを製造する薄膜トランジスタ製造システム及び方法、上記ポリシリコン膜を評価するポリシリコン評価方法及びポリシリコン検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、チャンネル層にポリシリコン膜を用いた薄膜トランジスタの実用化が進められている。チャンネル層にポリシリコンを用いた場合、薄膜トランジスタの電界移動度が非常に高くなるため、例えば液晶ディスプレイ等の駆動回路として用いた場合には、ディスプレイの高精細化、高速化、小型化等を実現することができるようになる。

20

【0003】

また、エキシマレーザアニール装置を用いてアモルファスシリコンを熱処理してポリシリコン膜を形成する、いわゆる低温多結晶化プロセスも近年開発が進んでいる。このような低温多結晶プロセスを薄膜トランジスタの製造プロセスに適用することによって、ガラス基板への熱損傷が低くなり、耐熱性の大面積で安価なガラス基板を用いることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、低温多結晶プロセスにおいて用いられるエキシマレーザアニール装置は、その出力パワーが不安定であるため、形成されるポリシリコンのグレーンサイズが大きく変動する。そのため、エキシマレーザアニール装置を用いて形成されたポリシリコン膜は、常に良好なグレーンサイズとはならず、例えば、シリコン結晶が微結晶化してしまういわゆる線状不良となったり、十分大きなグレーンサイズが得られないいわゆる書き込み不良となったりしてしまうという問題点があった。

30

【0005】

そこで、一般に、このようなエキシマレーザアニール装置を用いてアニール処理を行う場合には、エキシマレーザアニール装置へポリシリコン膜へ与えられたエネルギー情報を、エキシマレーザアニール装置にフィードバックして、最適なレーザのエネルギー密度に設定される。

40

【0006】

しかしながら、ポリシリコン膜を評価するには、分光エリプソメータや走査型電子顕微鏡等を用いて表面画像を撮像し、その表面画像を目視して結晶の状態を判断するといった感覚的な方法しかなく、非接触で客観的に判断することができなかった。

【0007】

本発明は、このような実情を鑑みてされたものであり、形成したポリシリコン膜の状態を、客観的に、非接触で、精度良く、自動的に評価して、その情報に基づきレーザアニール装置から出射されるレーザのエネルギー密度の設定を最適にしてポリシリコン膜を形成した薄膜トランジスタ製造システム及び方法、並びに、製造したポリシリコン膜の状態を評価するポリシリコン評価方法及びポリシリコン検査装置を提供することを目的とする。

50

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る薄膜トランジスタ製造システムは、絶縁体からなる基板の表面上に選択的に金属パターンを形成し、上記金属パターンを形成した基板上にアモルファスシリコン膜を成膜する成膜装置と、上記アモルファスシリコン膜の表面に対してレーザ光を照射して、チャンネル層となるポリシリコン膜を生成するアニール処理を実行するレーザアニール装置と、上記レーザアニール装置によって生成されたポリシリコン膜の厚さを求める膜厚算出手段と、上記ポリシリコン膜の表面に上記レーザ光が照射されたレーザ光の照射領域の移動によって形成される複数の線分を含む各ポリシリコンの結晶粒界の画像を、上記ポリシリコン膜に対して上記基板とは反対側から撮像する観察手段と、上記観察手段により撮像された結晶粒界の画像をフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を2乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて上記各結晶粒界が上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で並んでいるかを示す度合を数値化した評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定し、当該判定の結果、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいる場合に、上記ポリシリコン膜が良品であると評価し、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいない場合に、上記ポリシリコン膜が不良品であると評価する第1の評価処理を実行するポリシリコン評価手段と、上記膜厚算出手段によって求められたポリシリコン膜の厚さが一番薄い部位と、上記膜厚算出手段によって求められたポリシリコン膜の厚さが一番厚い部位とで各々算出した評価指標値の差分を用いて、上記ポリシリコンの所定のグレインサイズが得られるエネルギー密度の許容範囲の上限値と下限値とを算出し、上記レーザアニール装置が実行するアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザ光のエネルギー密度を、算出したエネルギー密度の上限値と下限値とで規定されるエネルギー密度の許容範囲に含まれる値に設定するエネルギー密度設定手段と、上記エネルギー密度設定手段によって設定されたエネルギー密度の許容範囲に関するデータを上記レーザアニール装置にフィードバックするフィードバック手段とを備えるポリシリコン検査装置とを備え、上記レーザアニール装置は、アニール処理時にアモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザ光のエネルギー密度を上記ポリシリコン検査装置によって設定されたエネルギー密度の許容範囲内の値となるように制御することを特徴とする。

## 【 0 0 1 0 】

本発明に係る薄膜トランジスタ製造方法は、絶縁体からなる基板の表面上に選択的に金属パターンを形成し、しかる後、上記金属パターンを形成した基板上にアモルファスシリコン膜を成膜する成膜工程と、上記アモルファスシリコン膜の表面に対してレーザ光を照射して、チャンネル層となるポリシリコン膜を生成するアニール処理を実行するレーザアニール工程と、上記レーザアニール工程で生成されたポリシリコン膜の厚さを求める膜厚算出工程と、上記ポリシリコン膜の表面に上記レーザ光が照射されたレーザ光の照射領域の移動によって形成される複数の線分を含む各ポリシリコンの結晶粒界の画像を、上記ポリシリコン膜に対して上記基板とは反対側から撮像する撮像工程と、上記撮像工程により撮像された結晶粒界の画像をフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を2乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて上記各結晶粒界が上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で並んでいるかを示す度合を数値化した評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定し、当該判定の結果、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいる場合に、上記ポリシリコン膜が良品であると評価し、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいない場合に、上記ポリシリコン膜が不良品であると評価するポリシリコン評価工程と、上記膜厚算出工程で求められたポリシリコン膜の厚さが一番薄い部位と、上記膜厚算出工程で求められたポリシリコン膜の厚さが一番厚い部

10

20

30

40

50

位とで各々算出した評価指標値の差分を用いて、上記ポリシリコンの所定のグレーンサイズが得られるエネルギー密度の許容範囲の上限値と下限値とを算出し、上記レーザアニール工程で実行するアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザ光のエネルギー密度を算出したエネルギー密度の上限値と下限値とで規定されるエネルギー密度の許容範囲に含まれる値に設定するエネルギー密度設定工程と、上記エネルギー密度設定工程で設定されたエネルギー密度となるようにアニール処理時にアモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザ光のエネルギー密度を制御するエネルギー密度調整工程とを含むことを特徴とする。

#### 【0012】

本発明に係るポリシリコン評価方法は、選択的に金属パターンが形成された絶縁体からなる基板の表面上に成膜されたアモルファスシリコン膜の表面に対して、レーザ光が照射されることによって生成されたチャネル層となるポリシリコン膜の厚さを求める膜厚算出工程と、上記ポリシリコン膜の表面に上記レーザ光が照射されたレーザ光の照射領域の移動によって形成される複数の線分を含む各ポリシリコンの結晶粒界の画像を、上記ポリシリコン膜に対して上記基板とは反対側から撮像する撮像工程と、上記撮像工程により撮像された結晶粒界の画像をフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を2乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて上記各結晶粒界が上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で並んでいるかを示す度合を数値化した評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定し、当該判定の結果、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいる場合に、上記ポリシリコン膜が良品であると評価し、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいない場合に、上記ポリシリコン膜が不良品であると評価するポリシリコン評価工程と、上記膜厚算出工程で求められたポリシリコン膜の厚さが一番薄い部位と、上記膜厚算出工程で求められたポリシリコン膜の厚さが一番厚い部位とで各々算出した評価指標値の差分を用いて、上記ポリシリコンの所定のグレーンサイズが得られるエネルギー密度の許容範囲の上限値と下限値とを算出し、上記レーザアニール工程で実行するアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザ光のエネルギー密度を算出したエネルギー密度の上限値と下限値とで規定されるエネルギー密度の許容範囲に含まれる値に設定するエネルギー密度設定工程とを含むことを特徴とする。

#### 【0014】

本発明に係るポリシリコン検査装置は、選択的に金属パターンが形成された絶縁体からなる基板の表面上に成膜されたアモルファスシリコン膜の表面に対して、レーザ光が照射されることによって生成されたチャネル層となるポリシリコン膜の厚さを求める膜厚算出手段と、上記ポリシリコン膜の表面に上記レーザ光が照射されたレーザ光の照射領域の移動によって形成される複数の線分を含む各ポリシリコンの結晶粒界の画像を、上記ポリシリコン膜に対して上記基板とは反対側から撮像する観察手段と、上記観察手段により撮像された結晶粒界の画像をフーリエ変換し、フーリエ変換して得られたフーリエ級数を2乗してパワースペクトルを算出し、得られたパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた自己相関関数を用いて上記各結晶粒界が上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で並んでいるかを示す度合を数値化した評価指標値に基づいて上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいるかを判定し、当該判定の結果、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいる場合に、上記ポリシリコン膜が良品であると評価し、上記レーザ光の走査方向と平行な方向に一定の間隔で上記各結晶粒界が並んでいない場合に、上記ポリシリコン膜が不良品であると評価する第1の処理を実行するポリシリコン評価手段と、上記膜厚算出手段によって求められたポリシリコン膜の厚さが一番薄い部位と、上記膜厚算出手段によって求められたポリシリコン膜の厚さが一番厚い部位とで各々算出した評価指標値の差分を用いて、上記ポリシリコンの所定のグレーンサイズが得られるエネルギー密度の許容範囲の上限値と下限値

10

20

30

40

50

とを算出し、上記レーザアニール装置が実行するアニール処理時に上記アモルファスシリコン膜の表面に対して照射するレーザ光のエネルギー密度を算出したエネルギー密度の許容範囲に含まれる値に設定するエネルギー密度設定手段とを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

以下、本発明の実施の形態として、本発明を適用したポリシリコン膜の評価装置について説明する。

【 0 0 1 7 】

本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置は、例えば、ボトムゲート構造を有する薄膜トランジスタ（ボトムゲート型 T F T ）の製造工程中に形成されるポリシリコン膜の検査に用いられる。ボトムゲート型 T F T は、例えばガラス基板上に、ゲート電極、ゲート絶縁膜、ポリシリコン膜（チャネル層）が下層から順に積層された構成とされた薄膜トランジスタである。すなわち、ボトムゲート型 T F T は、チャネル層となるポリシリコン膜とガラス基板との間に、ゲート電極が形成されている構成の T F T である。

【 0 0 1 8 】

ボトムゲート型 T F T の構造

まず、このようなボトムゲート型 T F T の具体的な構成例について図 1 を用いて説明する。

【 0 0 1 9 】

ボトムゲート型 T F T 1 は、図 1 に示すように、0.7 mm 厚のガラス基板 2 上に、ゲート電極 3、第 1 のゲート絶縁膜 4、第 2 のゲート絶縁膜 5、ポリシリコン膜 6、ストッパ 7、第 1 の層間絶縁膜 8、第 2 の層間絶縁膜 9、配線 10、平坦化膜 11、透明導電膜 12 が積層されて構成されている。

【 0 0 2 0 】

ゲート電極 3 は、ガラス基板 2 上に 100 ~ 200 nm のモリブデン（Mo）が成膜された後、異方性エッチングによりパターニングされて形成されている。

【 0 0 2 1 】

第 1 のゲート絶縁膜 4 は、例えば膜厚が 50 nm の窒化シリコン（SiN<sub>x</sub>）からなり、窒化シリコン（SiN<sub>x</sub>）が、このゲート電極 3 が形成されたガラス基板 2 上に積層されて形成されている。

【 0 0 2 2 】

第 2 のゲート絶縁膜 5 は、例えば膜厚が 200 nm の二酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）からなり、この二酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）が、第 1 のゲート絶縁膜 5 上に積層されて形成されている。

【 0 0 2 3 】

ポリシリコン膜 6 は、例えば膜厚が 30 ~ 80 nm のポリシリコン（p-Si）からなる。このポリシリコン膜 6 は、第 2 のゲート絶縁膜 5 上に積層されて形成されている。このポリシリコン膜 6 は、当該ボトムゲート型 T F T 1 のチャネル層として機能する。このポリシリコン膜 6 は、例えば、LPCVD 法等によって 30 ~ 80 nm のアモルファスシリコン（a-Si）が成膜された後、このアモルファスシリコンに対してアニール処理を行うことにより多結晶化され形成される。ポリシリコン膜 6 の多結晶化工程においては、紫外線レーザであるエキシマレーザを用いたレーザアニール処理が用いられる。このエキシマレーザアニール処理は、その照射面が線状とされたパルスのレーザビームを出射し、パルスビームの照射領域を移動させながら、アモルファスシリコンをポリシリコンに多結晶化させるものである。レーザビームは、その照射面の形状が、例えば長手方向の長さが 20 cm、短辺方向の長さが 400 μm とされ、パルスの周波数が 300 Hz とされている。エキシマレーザアニール処理を行う際のレーザビームの走査方向は、線状レーザの照射面の長手方向と直交する方向（すなわち、短辺方向）に行われる。

【 0 0 2 4 】

そして、このポリシリコン膜 6 は、エキシマレーザアニールによって多結晶化されたのち



、ソース/ドレイン領域を形成するために、不純物がイオンドーピングされる。このイオンドーピングは、ゲート電極 3 上の部分のポリシリコン膜 6 に不純物が注入されないように、このゲート電極 3 に対応する位置にストッパ 7 が形成された後に行われる。このストッパ 7 は、例えば膜厚 200 nm の二酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) からなり、ゲート電極 3 を形成したときに用いたマスク等を用いて形成されている。

【0025】

第 1 の層間絶縁膜 8 は、例えば膜厚が 300 nm の窒化シリコン ( $\text{SiN}_x$ ) からなり、この窒化シリコン ( $\text{SiN}_x$ ) が、ポリシリコン膜 6 上に積層されて形成されている。

【0026】

第 2 の層間絶縁膜 9 は、例えば膜厚が 150 nm の二酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) からなり、この二酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) が、第 1 の層間絶縁膜 8 上に積層されて形成されている。

【0027】

配線 10 は、ポリシリコン膜 6 のソース/ドレイン領域を接続するためのコンタクトホールが、第 1 の層間絶縁膜 8 及び第 2 の層間絶縁膜 9 のソース/ドレイン領域に対応する位置に開口された後、アルミニウム (Al) 及びチタン (Ti) を成膜し、エッチングによってパターニングして形成されている。この配線 10 は、ポリシリコン膜 6 上に形成された各トランジスタのソース/ドレイン領域を接続して、基板上の所定の回路パターンを形成する。

【0028】

平坦化膜 11 は、当該ボトムゲート型 TFT 1 の表面を平坦化するための膜で、配線 10 が形成されたのち成膜され、その膜厚が 2 ~ 3  $\mu\text{m}$  とされている。

【0029】

透明導電膜 12 は、例えば、ITO 等からなる透明導電材料からなり、配線 10 と当該ボトムゲート型 TFT 1 の外部に存在する外部素子や外部配線とを接続するための導電線である。この透明導電膜 12 は、コンタクトホールが平坦化膜 11 に開口された後に、平坦化膜 11 上に形成される。

【0030】

以上のようなボトムゲート型 TFT 1 では、チャネル層にポリシリコンを用いているため、チャネル層の電界移動度が非常に高くなる。そのため、例えば液晶ディスプレイ等の駆動回路として用いた場合には、ディスプレイの高精細化、高速化、小型化等を実現することができる。また、以上のようなボトムゲート型 TFT 1 では、エキシマレーザアニールを用いてアモルファスシリコンを熱処理することによってポリシリコン膜 6 を形成する、いわゆる低温多結晶化プロセスが用いられている。そのため、多結晶化プロセスでのガラス基板 2 への熱損傷が少なくなり、耐熱性の大面積で安価なガラス基板を用いることが可能となる。

【0031】

ポリシリコン膜の検査の必要性

ところで、ポリシリコン膜 6 の電界移動度を決定する重要な要素は、ポリシリコンのグレインサイズであるといわれている。そのグレインサイズは、エキシマレーザアニール処理時においてポリシリコン膜 6 に与えられるエネルギーに大きく依存する。そのため、エキシマレーザアニール処理時におけるレーザのエネルギー密度の制御やその安定化が、完成したボトムゲート型 TFT 1 の特性や歩留まりに大きく影響することとなる。

【0032】

しかしながら、エキシマレーザアニール処理において用いられるエキシマレーザアニール装置は、出射するレーザのエネルギー密度の出力変動が比較的大きい。そのため、エキシマレーザアニール装置を用いてエキシマレーザアニールを行った場合、良好なグレインサイズを得られるエネルギーの許容範囲 (ポリシリコン膜 6 の製造マージン) に対して、ポリシリコン膜 6 に与えるエネルギーの変動が大きくなってしまい、ポリシリコン膜 6 を安定的に製造することが難しい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 3 】

したがって、同一の条件でエキシマレーザアニールを行った場合でも、ポリシリコン膜 6 のグレーンサイズが大きく変動し、例えばレーザのエネルギーが大きくなりすぎた場合には、シリコン結晶が微結晶化してしまい、また、レーザのエネルギーが小さくなりすぎた場合には、十分大きなグレーンサイズが得られない為に、いづれも十分な電界移動度が得られなくなってしまい不良となってしまう。

## 【 0 0 3 4 】

さらに、ボトムゲート型 T F T では、ゲート電極 3 がポリシリコン膜 6 の下層に位置しているので、レーザアニールを行った場合における熱の逃げが、ガラス基板 2 上（ソース／ドレイン領域上）のポリシリコン膜 6 よりも、ゲート電極 3 上のポリシリコン膜 6 の方が高くなる。そのため、エキシマレーザアニール装置から与えられるレーザのエネルギー密度が同一であっても、ゲート電極 3 上のポリシリコン膜 6 と、ガラス基板 2 上（ソース／ドレイン領域上）のポリシリコン膜 6 とで、溶融固化時間が異なることとなり、その影響からグレーンサイズが双方で異なってしまう。具体的には、レーザのエネルギー密度が同一であった場合には、ポリシリコン膜 6 上に形成されるグレーンサイズは、ガラス基板 2 上（ソース／ドレイン領域上）よりもゲート電極 3 上の方が小さくなってしまう。

## 【 0 0 3 5 】

そのため、ボトムゲート型 T F T では、ゲート電極 3 上のポリシリコン膜 6 及びガラス基板 2 上のポリシリコン膜 6 の双方がともに良好なグレーンサイズが得られるエネルギーを、エキシマレーザにより与えなければならないため、ポリシリコン膜 6 の製造マージンが非常に狭くなってしまう。

## 【 0 0 3 6 】

また、C V D 装置等の影響からポリシリコン膜 6 がガラス基板全面に対して均一に成膜されず、基板上の各位置における膜厚にばらつきが生じている場合もある。例えば、基板の中心部分は比較的厚くなっているが、基板の側部は薄くなってしまいうという場合もある。このような場合、エキシマレーザアニール装置から与えられるレーザのエネルギー密度が同一であっても、膜厚が厚い部分と膜厚が薄い部分とで与えられるエネルギー密度が異なることとなり、その影響からグレーンサイズが双方で異なってしまう。具体的には、レーザのエネルギー密度が同一であった場合には、ポリシリコン膜 6 に形成されるグレーンサイズは、膜厚が薄い部分よりも、膜厚が厚い部分の方が小さくなってしまう。

## 【 0 0 3 7 】

そのため、膜厚が厚い部分と膜厚が薄い部分とが双方ともに良好なグレーンサイズが得られるエネルギーを、エキシマレーザにより与えなければならないため、ポリシリコン膜 6 の製造マージンがさらに狭くなってしまう。

## 【 0 0 3 8 】

しかしながら、上述したようにエキシマレーザアニール処理において用いられるエキシマレーザアニール装置は、出射するレーザのエネルギー密度の出力変動が比較的大きい。したがって、ゲート電極 3 上のポリシリコン膜 6 及びガラス基板 2 上のポリシリコン膜 6 の双方がともに良好なグレーンサイズを得るように、そのレーザのエネルギー密度を制御することは難しい。

## 【 0 0 3 9 】

そこで、一般に、このようなエキシマレーザアニール装置を用いてアニール処理を行う場合には、例えば、図 2 に示すようなポリシリコン膜 6 の多結晶化工程が終了した段階で、その最表面に形成されているポリシリコン膜 6 の結晶の状態を全数検査したり、或いは、製品を無作為に抜き取り結晶の状態を検査したりして、製造した製品がこの段階で不良品であるか否かを判断したり、また、エキシマレーザアニール装置へポリシリコン膜 6 へ与えられたエネルギー情報をフィードバックしてレーザのエネルギー密度の設定が行われる。

## 【 0 0 4 0 】

本発明の実施の形態のポリシリコン膜評価装置は、このようなポリシリコン膜 6 の多結晶化工程が終了した段階で、形成したポリシリコン膜 6 の評価を行い、製造した製品がこの

段階で不良品であるか否かを判断したり、また、エキシマレーザアニール装置へ情報をフィードバックしてレーザエネルギーの設定を行うのに用いるものである。

#### 【0041】

#### ポリシリコン膜の評価原理と評価手法

(1) まず、上述したエキシマレーザアニールにより形成されたポリシリコン膜の評価原理について説明する。

#### 【0042】

上述したように製造した薄膜トランジスタの移動度は、ポリシリコンのグレーンサイズが大きく影響する。十分な移動度を得るためには、ポリシリコンのグレーンサイズは、大きい方が望ましい。

10

#### 【0043】

ポリシリコン膜のグレーンサイズは、エキシマレーザアニールで与えられたエネルギーに大きく依存する。ポリシリコン膜のグレーンサイズは、図3に示すように、与えられたエネルギーが増大するとそれに伴い増大するが、ある所定のエネルギー（図中Lの位置：このときのエネルギーを許容最低エネルギーLとする。）以上となるとグレーンサイズが十分大きくなり、その後変化が少なくなり安定化する。さらにエネルギーを増大させていくと、ある位置（図中Hの位置。このときのエネルギーを許容最高エネルギーHとする）から、グレーンサイズの変化が大きくなり、そして、ある臨界点を境としてポリシリコンが微結晶粒となってしまう。

#### 【0044】

20

したがって、通常、エキシマレーザアニールを行う場合には、図3で示したグレーンサイズが十分大きくなった許容最低エネルギーLから、微結晶粒となる手前の許容最高エネルギーHの範囲となるように、照射するレーザのエネルギー密度を制御することによって、十分な大きさのグレーンサイズを得るようにする。そして、このような範囲のエネルギーを与えるレーザ光をアモルファスシリコン膜に照射することによって、完成した薄膜トランジスタの移動度を十分大きくすることが可能となる。

#### 【0045】

(2) 次に、レーザのエネルギー密度を最適値としてエキシマレーザアニールを行ったときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも少ないエネルギー密度としたときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも大きいエネルギー密度としたときのポリシリコン膜の膜表面の画像とを比較する。図4に、それぞれの場合の画像を示す。図4(A)が最適値よりも少ないエネルギー密度としたときのポリシリコン膜の膜表面の画像を示す図で、図4(B)が最適値のエネルギー密度としたときのポリシリコン膜の膜表面の画像を示す図で、図4(C)が最適値よりも大きいエネルギー密度としたときのポリシリコン膜の膜表面の画像を示す図である。なお、この図4に示す各画像は、紫外線光を用いた顕微鏡装置により撮像した画像であるが、この顕微鏡装置についての詳細は後述する。

30

#### 【0046】

図4において、エキシマレーザアニールのレーザの走査方向は、図中X方向となっている。なお、アモルファスシリコン膜には、上述したように、照射面が線状とされたレーザビームが照射され、その走査方向は、レーザビームの照射面形状の長手方向に直交する方向である。

40

#### 【0047】

ここで、エキシマレーザアニール時におけるエネルギー密度を最適値としたときのこの図4(B)の画像と、図4(A)及び図4(C)に示すそれ以外の画像とを比較すると、以下のような特徴が現れている。

#### 【0048】

まず、エネルギー密度を最適値としたときのポリシリコン膜の表面画像（図4(B)）は、エネルギー密度が最適とされていないポリシリコン膜の表面画像（図4(A)及び図4(C)）と比較して、直線性が現れた画像となっている。具体的には、レーザの走査方向（図4中X方向）に対して、直線性が現れた画像となっている。すなわち、エネルギー密度を最

50

適値としたときのポリシリコン膜の表面は、その空間構造に直線性が現れる規則的な形状となる特徴がある。

【 0 0 4 9 】

また、エネルギー密度を最適値としたときのポリシリコン膜の表面画像（図 4（B））は、エネルギー密度が最適とされていないポリシリコン膜の表面画像（図 4（A）及び図 4（C））と比較して、周期性が現れた画像となっている。具体的には、レーザの走査方向と直交する方向（図 4 中 Y 方向）に、周期性が現れた画像となっている。すなわち、エネルギー密度を最適値としたときのポリシリコン膜の表面は、その空間構造に周期性が現れる規則的な形状となる特徴がある。

【 0 0 5 0 】

したがって、本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置では、以上のような特徴を利用して、ポリシリコン膜の状態を検査する。すなわち、本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置では、エキシマレーザアニールを行った後のポリシリコン膜の表面画像を数値解析して、ポリシリコン膜の表面空間構造に直線性が現れているか、或いは、ポリシリコン膜の表面空間構造に周期性が現れているか、或いは、ポリシリコン膜の表面空間構造に直線性及び周期性が現れているかを評価して、ボトムゲート型 T F T のポリシリコン膜の状態を検査する。

【 0 0 5 1 】

（ 3 ） 次に、ポリシリコン膜の撮像画像に直線性、周期性、直線性及び周期性がある場合の数値化の手法の一例について説明する。

【 0 0 5 2 】

例えば、直線性および周期性があるポリシリコン膜の撮像画像を模式的に表すと、図 5（A）に示すように多数の直線が平行に並び、その間隔が一定間隔となっているように表される。これに対し、直線性も周期性もないポリシリコン膜の撮像画像を模式的に表すと、図 6（A）に示すように、不規則な短い直線等が不規則に現れるように表される。これらの画像から、直線性及び周期性がどれだけあるか数値化して評価する場合には、周期性があるであろう方向と垂直な方向に画像を横ずらしし、横ずらしをしたときの画像の相関性を数値に表して評価すればよい。例えば、直線性及び周期性がある画像を横ずらしすると、図 5（B）に示すように、ある一定の周期、つまりある一定の横ずらし量毎に、画像の重なり具合が多い相関性の高い画像が現れる。これに対し、直線性も周期性も無い画像は、図 6（B）に示すように、横ずらしをしたとしても画像の重なりある具合が多い相関性の高い画像が、一定の周期毎に現れない。

【 0 0 5 3 】

以上のような画像を横ずらしをしたときの画像の相関性を数値化するといった概念を用いることにより、ポリシリコン膜の周期性を数値化し評価をすることが可能となる。具体的にこのような手法を実現する一つの方法としては、画像の自己相関関数を求め、この自己相関関数のピーク値及びサイドピーク値を算出し、これらの比をとる方法がある。ここで、ピーク値とは、原点の値から原点より y 方向の 2 番目の極小値（デフォーカスの値を小さくするために使用している。1 番目や 2 番目以降であってもよい）を引いた値をいうものとする。また、サイドピーク値とは、原点より y 方向の 2 番目（原点を含めない）の極大値から原点より y 方向の 2 番目の極小値を引いた値等をいうものとする。

【 0 0 5 4 】

なお、本発明は、直線性又は周期性のいずれか一方のみを評価し、ポリシリコン膜の状態を判断することも可能である。

【 0 0 5 5 】

また、ポリシリコン膜の撮像画像に直線性、周期性、直線性及び周期性がある場合の数値化の手法の他の例としては、例えば、規格化された画像を直線性のそろった方向に、全ての画素の値を足し合わせてその変調度をとる手法がある。また、規格化された画像を、2 次元フーリエ変換し、ある周波数成分の強度をとる手法がある。また、画像（例えば、y 方向に直線性を有するであろう画像）の内の極値（極小値又は極大値）の座標を抽出し、

y 方向に縦長な範囲内 ( x 方向の中心を極値 x 座標の平均値にとり、 x 方向の長さを x 方向の配列のピッチとする ) の座標に関して、 x 方向の分散をとる手法がある。また、画像 ( 例えば、 y 方向に直線性を有するであろう画像 ) の内の極値 ( 極小値又は極大値 ) の座標を抽出し、 y 方向に縦長な範囲内 ( x 方向の中心を極値 x 座標の平均値にとり、 x 方向の長さを x 方向の配列のピッチとする ) の座標に関して、各点の上下近傍の点との角度を取る手法がある。

【 0 0 5 6 】

ポリシリコン膜の評価装置の具体的な構成とその処理内容

( 1 ) 次に、以上のようなポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び周期性を評価するための本発明の実施の形態のポリシリコン膜評価装置の具体的な構成例について説明する。

10

【 0 0 5 7 】

本発明の実施の形態のポリシリコン膜評価装置は、波長 2 6 6 n m の紫外光レーザを用いた顕微鏡装置によってボトムゲート型 T F T の製造基板 ( アモルファスシリコン膜にエキシマレーザアニールを行うことによってポリシリコン膜が形成された直後の状態の基板 ) を撮像し、撮像した画像から形成されたポリシリコン膜の状態を評価する装置である。

【 0 0 5 8 】

本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置の構成図を図 7 に示す。

【 0 0 5 9 】

図 7 に示すポリシリコン膜評価装置 2 0 は、可動ステージ 2 1 と、紫外線固体レーザ光源 2 2 と、 C C D カメラ 2 3 と、光ファイバプローブ 2 4 と、ビームスプリッタ 2 5 と、対物レンズ 2 6 と、制御用コンピュータ 2 7 と、画像処理用コンピュータ 2 8 とを備えて構成される。

20

【 0 0 6 0 】

可動ステージ 2 1 は、被検査物となるポリシリコン膜が成膜された基板 1 を支持するためのステージである。この可動ステージ 2 1 は、被検査物となる基板 1 を支持するとともに、この基板 1 を所定の検査対象位置へと移動させる機能も備えている。

【 0 0 6 1 】

具体的には、可動ステージ 2 1 は、 X ステージ、 Y ステージ、 Z ステージ、吸着プレート等を備えて構成される。

30

【 0 0 6 2 】

X ステージ及び Y ステージは、水平方向に移動するステージであり、 X ステージと Y ステージとで、被検査物となる基板 1 を互いに直交する方向に移動させ、検査対象となる基板 1 を所定の検査位置へと導くようにしている。 Z ステージは、鉛直方向に移動するステージであり、ステージの高さを調整するためのものである。吸着プレートは、検査対象となる基板 1 を吸着して固定するためのものである。

【 0 0 6 3 】

紫外線固体レーザ光源 2 2 は、波長 2 6 6 n m の紫外光レーザ光源であり、例えば、 N d : Y A G 4 倍波全固体レーザが用いられる。なお、この紫外線レーザ光源としては、近年、波長 1 6 6 n m 程度のものも開発されており、このようなものを光源として用いても良い。

40

【 0 0 6 4 】

C C D カメラ 2 3 は、紫外光に対して高感度化されたカメラであり、内部に撮像素子として C C D イメージセンサを備え、この C C D イメージセンサにより基板 1 の表面を撮像する。この C C D カメラ 2 3 は、本体を冷却することにより、 C C D イメージセンサ等で発生する熱雑音、読み出し雑音、回路雑音等を抑圧している。

【 0 0 6 5 】

光ファイバプローブ 2 4 は、紫外線レーザ光の導波路であり、紫外線固体レーザ光源 2 2 から出射された紫外光レーザを、ビームスプリッタ 2 5 に導いている。

【 0 0 6 6 】

50

ビームスプリッタ 25 は、紫外線固体レーザ光源 22 からの紫外線レーザ光を反射して、対物レンズ 26 を介して可動ステージ 21 上の基板 1 に照射し、それとともに、基板 1 から反射された反射光を透過して、高感度低雑音カメラ 3 に照射する。すなわち、ビームスプリッタ 25 は、紫外線固体レーザ光源 22 等の出射光の光学系の光路と、CCD カメラ 23 への反射光の光学系の光路とを分離するためのレーザ光分離器である。

【0067】

対物レンズ 26 は、基板 1 からの反射光を拡大して検出するための光学素子である。この対物レンズ 26 は、例えば、NA が 0.9 で、波長 266 nm で収差補正がされたものである。この対物レンズ 26 は、ビームスプリッタ 25 と可動ステージ 21 との間に配置される。

10

【0068】

制御用コンピュータ 27 は、紫外線固体レーザ光源 22 のレーザ光の点灯の制御、可動ステージ 21 の移動位置の制御、対物レンズ 26 の切換制御等を行う。

【0069】

画像処理用コンピュータ 28 は、CCD カメラ 23 に備えられる CCD イメージセンサにより撮像した基板 1 の画像を取り込み、その画像を解析し、基板 1 上に形成されているポリシリコン膜の状態の評価を行う。

【0070】

以上のような構成の評価装置 20 では、紫外線固体レーザ光源 22 から出射された紫外光レーザが、光ファイバプローブ 24、ビームスプリッタ 25、対物レンズ 26 を介して、基板 1 に照射される。基板 1 に照射された紫外光レーザ光は、この基板 1 の表面で反射される。その反射光は、対物レンズ 26、ビームスプリッタ 25 を介して、CCD カメラ 23 に入射する。そして、CCD カメラ 23 は、その入射した反射光を CCD イメージセンサにより撮像し、撮像して得られたポリシリコン膜の表面画像情報を画像処理用コンピュータ 28 に供給する。

20

【0071】

そして、この画像処理用コンピュータ 28 が、以下説明するように、取り込まれたポリシリコン膜の表面画像の情報に基づき、そのポリシリコン膜の状態を評価する。そして、その評価結果に基づき、ポリシリコン膜を生成するためのエキシマレーザアニール時におけるエネルギー密度の設定値を求めたり、また、その基板 1 上に形成されたポリシリコン膜が良品であるか或いは不良品であるかの判別を行う。

30

【0072】

(2) 次に、上記画像処理用コンピュータ 28 のポリシリコン膜の状態の評価手順について説明する。この画像処理用コンピュータ 28 は、ポリシリコン膜の表面画像から自己相関を用いて周期性を数値化した値（以後 AC 値とする。）を求め、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び周期性を評価して、ポリシリコン膜の状態の評価を行う。

【0073】

評価の処理手順は、図 8 のフローチャートに示すように、まず、ポリシリコン膜の表面の画像取り込み処理を行う（ステップ S1）。続いて、取り込んだ画像から自己相関関数の計算を行う（ステップ S2）。続いて、画像座標上の (0, 0) を含む整列方向と垂直な面の切り出しを行う（ステップ S3）。続いて、切り出した面における自己相関関数のピーク値とサイドピーク値とを算出し、このピーク値とサイドピーク値との比をとって、AC 値を求める（ステップ S4）。

40

続いて、この AC 値に基づき、ポリシリコン膜の評価を行う（ステップ S5）。

【0074】

ここで、自己相関関数は、以下の式に示すような関数となる。

【0075】

【数 1】

$$R(\tau) \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f(x) f(x + \tau) dx$$

10

## 【0076】

この自己相関関数  $R(\tau)$  は、ある関数  $f(x)$  を だけ  $x$  方向に平行移動させたときの相関を示す関数である。

## 【0077】

このポリシリコン膜評価装置 20 では、以下のようなウィナーヒンチンの定理を用いて、ポリシリコン膜の表面画像の自己相関関数を求めている。なお、ここでは、具体的に取り込んだ画像情報を “ $i$ ” としている。

1. 取り込み画像 “ $i$ ” の 2 次元フーリエ変換する。

:  $f = \text{fourier}(i)$

20

2. フーリエ級数 “ $f$ ” を二乗してパワースペクトル “ $ps$ ” を生成する。

:  $ps = |f|^2$

3. パワースペクトル “ $ps$ ” を逆フーリエ変換して 2 次元の自己相関関数 “ $ac$ ” を生成する。

:  $ac = \text{inversfourier}(ps)$

4. 自己相関関数 “ $ac$ ” の絶対値を取り、自己相関関数の実数 “ $aca$ ” を求める。

:  $aca = |ac|$ 。

## 【0078】

このように生成された自己相関関数 “ $aca$ ” を表示すると、図 9 及び図 10 に示すような関数となる。図 9 は、自己相関が高い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が良いものの自己相関関数である。それに対して、図 10 は、自己相関が低い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が悪いものの自己相関関数である。

30

## 【0079】

ポリシリコン膜評価装置 20 は、このようなウィナーヒンチンの定理を用いて計算した自己相関画像から、さらに、整列方向（即ち、直線性を有する方向）と垂直で、画面上の座標（0, 0）を含む面を切り出して、その切り出したときに得られる関数を求める。ここで、画面上の座標（0, 0）を含む面を切り出すのは、照明光量や CCD ゲイン等の実験パラメータによって変化する自己相関関数からの値を規格化するために行っている。

## 【0080】

40

このように切り出したときに得られる関数が、上述した整列方向と垂直な方向の自己相関関数  $R(\tau)$  に対応する関数となる。

## 【0081】

また、ここで、上述したステップ S1 ~ S3 は、以下の図 11 のステップ S11 ~ S14 に示すように行ってもよい。

## 【0082】

また、このような評価の手順に代えて以下のような評価を行ってもよい。

## 【0083】

この評価の処理手順は、図 11 のフローチャートに示すように、まず、ポリシリコン膜の表面の画像取り込み処理を行う（ステップ S11）。続いて、レーザビームの進行方向（

50

直線性がある方向：x方向）と垂直な方向（周期性がある方向：y方向）の取り込み画像の1ライン分を切り出す（ステップS12）。続いて、この1ラインに関して自己相関関数の計算を行う（ステップS13）。続いて、必要に応じて、これらの作業を数回繰り返し、各ラインの平均化を行う（ステップS14）。

#### 【0084】

この場合における自己相関関数は、ウィナーヒンチンの定理を用いて、以下のように求められる。なお、ここでは、具体的に取り込んだ1ライン分の画像情報を“1”としている。

1. 取り込み画像の1ライン“1”に関してのフーリエ変換をする。

:  $f1 = \text{fourier}(1)$

10

2. フーリエ級数“f1”を二乗してパワースペクトル“ps1”を生成する。

:  $ps1 = |f1|^2$

3. パワースペクトル“ps1”を逆フーリエ変換して2次元の自己相関関数“ac1”を生成する。

:  $ac1 = \text{inversfourier}(ps1)$

4. 自己相関関数“ac1”の絶対値をとり、自己相関関数の実数“acal”を求める。

:  $acal = |ac1|$ 。

#### 【0085】

このように生成された自己相関関数acalをグラフ上に表すと、図12及び図13に示すような関数となる。図12は、自己相関が高い関数、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が良いものの自己相関関数である。それに対して、図13は、自己相関が低い関数、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が悪いものの自己相関関数である。

20

#### 【0086】

これら1ラインの自己相関関数を取り込み画像の全てのラインに関して行い、各自己相関関数の平均化を施す。これが上述した整列方向（すなわち、直線性を有する方向）と垂直な方向の自己相関関数R（ ）に対応する関数となる。

#### 【0087】

ポリシリコン膜評価装置20は、続いて、この得られた関数から、極大ピーク値と、サイドピーク値とを求める。そして、サイドピーク値に対する極大ピーク値の比を求め、この値をAC値とする。

30

#### 【0088】

したがって、AC値は、自己相関が高い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が良い場合は、極大ピーク値とサイドピーク値との差が大きくなり、その値が大きくなる。それに対して、自己相関が低い画像、即ち、ポリシリコン膜の表面空間構造の周期性及び直線性が悪い場合は、極大ピーク値とサイドピーク値との差が小さくなり、その値が小さくなる。

#### 【0089】

以上のように、ボトムゲート型TF1では、ポリシリコン膜の表面画像を撮像して、その撮像画像の自己相関関数を求め、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及び周期性を数値化している。

40

#### 【0090】

具体的に、その撮像画像の一例に対するAC値を示すと、図14に示すようになる。

#### 【0091】

(3) 次に、上述したように演算した結果得られるAC値と、ポリシリコン膜のグレーンサイズ及びポリシリコン膜に与えられるエネルギーとの関係を説明する。

#### 【0092】

AC値は、図15に示すように、エキシマレーザアニールによりポリシリコン膜に与えられるエネルギーが、あるエネルギー $E_{B1}$ となったときからその値が比例的に上昇し、ある

50



エネルギー  $E_T$  でその値が最大となる。そして、 $AC$  値は、この最大となるエネルギー  $E_T$  でピーク値を迎え、その後その値が比例的に減少し、あるエネルギー  $E_{B2}$  でその減少が終了し、その値が最小値となる。このように  $AC$  値は、与えられるエネルギーに対してピーク特性を有している。

【0093】

このような  $AC$  値のピーク特性を、図3で示したポリシリコン膜のグレインサイズの変化の特性に重ね合わせてみると、図16に示すようになる。この図16に示すように、 $AC$  値のピーク特性を示すグラフの最大値が、ポリシリコン膜のグレインサイズが適正となるエネルギー範囲内に入ることが分かる。さらに、 $AC$  値が比例的に上昇を開始するエネルギー  $E_{B1}$  が、ポリシリコン膜に与えてグレインサイズが適正となる許容最低エネルギー  $L$  よりも低くなる。また、 $AC$  値の比例的な減少が停止して最低値となったときのエネルギー  $E_{B2}$  が、ポリシリコン膜の結晶粒径が微結晶化する閾値のエネルギーである許容最大エネルギー  $H$  よりも高くなる。

10

【0094】

したがって、このようなピーク特性を有する  $AC$  値からポリシリコン膜のグレインサイズが良好なものであるかどうかを評価する場合には、 $AC$  値が図16中太線で示した範囲の値に入っているかどうかを判断すればよいこととなる。

【0095】

(4) このような特性を有する  $AC$  値を評価して、ポリシリコン膜が良品であるか否かの検査を行う場合には、例えば、検査対象となる基板の  $AC$  値が、許容最低エネルギー  $L$  或いは許容最大エネルギー  $H$  を与えたときに求められる  $AC_L$  のいずれか高い方の値を閾値として、この閾値よりも大きければ良品であると判断することにより検査が可能である。

20

【0096】

また、このような特性を有する  $AC$  値を評価して、エキシマレーザアニール装置から出射されるレーザのエネルギー密度を最適に設定する場合には、例えば、エキシマレーザのエネルギー密度を変動させながら、複数個の基板に対してレーザアニール処理を行う。そして、各エネルギー密度に対応させた  $AC$  値の特性図を描き、具体的には、図15に示すような特性図を描き、この特性図から最適なエネルギー密度を求めればよい。

【0097】

30

(5) ところで、上述したようにボトムゲート型 TFT では、ゲート電極3がポリシリコン膜6の下層に位置しているので、レーザアニールを行った場合におけるエネルギーの拡散性が、ガラス基板2上(ソース/ドレイン領域上)のポリシリコン膜6よりも、ゲート電極3上のポリシリコン膜6の方が高くなる。そのため、エキシマレーザアニール装置から与えられるエネルギー密度が同一であっても、ゲート電極3上のポリシリコン膜6と、ガラス基板2上(ソース/ドレイン領域上)のポリシリコン膜6とで、与えられるエネルギーが異なることとなり、その影響からグレインサイズが双方で異なってしまう。

【0098】

一般に、エキシマレーザアニール装置によりレーザアニールを行った場合、ゲート電極上に位置するポリシリコン膜と、ガラス基板上(ソース/ドレイン領域上)に位置するポリシリコン膜とで、エネルギー密度を変化させるような制御をすることはできず、同一のエネルギー密度の設定で、一律にエキシマレーザアニールを行うこととなる。

40

【0099】

そのため、ボトムゲート型 TFT では、エキシマレーザのエネルギー密度に対する  $AC$  値の特性は、図17に示すようになり、ガラス基板上(ソース/ドレイン領域上)と、ゲート電極上とで、そのピーク値が異なる位置となってしまふ。具体的には、ガラス基板上(ソース/ドレイン領域上)に位置するポリシリコン膜の  $AC$  値の方が、ゲート電極上に位置するポリシリコン膜よりも低いエネルギー密度でピーク値を迎えることとなる。

【0100】

したがって、 $AC$  値を評価して、ポリシリコン膜が良品であるか否かの検査を行う場合、

50

並びに、A C 値を評価してエキシマレーザアニール装置から出射されるエネルギー密度を最適に設定する場合には、この両者（ガラス基板上及びゲート電極上）のポリシリコン膜が良好となるような値とする必要がある。

【 0 1 0 1 】

また、エキシマレーザのエネルギー密度に対する A C 値の特性は、さらに、図 1 8 に示すように、ポリシリコン膜の膜厚が厚い部分と、ポリシリコン膜の膜厚が薄い部分とで、そのピーク値が異なる位置となってしまう。具体的には、膜厚が薄い部分の方が、膜厚が厚い部分の方より、低いエネルギー密度でピーク値を迎えることとなる。

【 0 1 0 2 】

従って、図 1 9 に示すように、ゲート電極部分における熱拡散と、シリコン膜の膜厚の違いの両者を考慮した場合、ガラス基板上で膜厚が最薄の部分の A C 値に基づきエネルギー密度の下限値を設定し、ゲート電極上で膜厚が最厚の部分の A C 値に基づきエネルギー密度の上限値を設定すればよい。

10

【 0 1 0 3 】

続いて、ボトムゲート型 T F T のポリシリコン膜について、エキシマレーザのエネルギー密度に対する A C 値の具体的な実験データの一例を図 2 0 に示す。この図 2 0 に示すように、A C 値は、ゲート電極上とガラス基板上とで異なるピーク値となる特性となる。例えば、この図 2 0 で示した特性図上では、エキシマレーザアニールでのエネルギー密度を 3 8 0 m J で設定することが最適であることが分かる。

【 0 1 0 4 】

20

( 6 ) 以上のように、ボトムゲート型 T F T に形成されたポリシリコン膜を評価する場合に、ポリシリコン膜表面の空間構造の直線性及びノ又は周期性を評価することにより、被破壊で容易にポリシリコンの検査をすることができ、検査工程を製造工程に組み込むことが可能となる。また、この直線性及びノ又は周期性を数値化するので、目視検査等によらず数値演算が可能となる。さらに、数値化を行って評価を行うので、そのため自動検査が可能となり、また、高い精度で客観的な検査を行うことができる。また、検査結果をアニール処理工程にフィードバックして、製造する薄膜トランジスタの歩留まりを高くすることができる。

なお、以上ポリシリコン膜を撮像する装置として、波長 2 6 6 n m の紫外光レーザを用いた顕微鏡装置を適用していたが、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及びノ又は周期性を評価するための元画像を撮像する装置は、このような装置に限られない。例えば、S E M により観察した画像に基づいて、ポリシリコン膜の表面空間構造の直線性及びノ周期性を評価しても良い。例えば、図 2 1 に示すように、紫外光レーザを用いた顕微鏡装置 ( D U V ) で撮像した画像に基づき A C 値を求めた場合の特性と、S E M で撮像した画像に基づき A C 値を求めた場合の特性とを比較すると、S E M の方がより精彩な画像となるため相対的に A C 値が低くなるもの、その特性を示す曲線はほぼ同一となることが分かる。

30

【 0 1 0 5 】

また、直線性及びノ周期性を数値化する手法として自己相関関数を用いた例を詳細に説明したが、数値化の手法もこの自己相関関数を用いた例に限られない。

【 0 1 0 6 】

40

また、T F T を製造する場合、ポリシリコン膜の下層に形成されるものとして、ゲート電極の他に、例えば、T E G ( Test Element Group ) や C s ( 蓄積容量 ) といった金属パターン部が形成される場合もある。この金属パターン部上でもゲート電極上と同様な熱拡散状態となる。このことから、ゲート電極のみならずこのような金属パターン部に対しても A C 値等を算出してもよい。

【 0 1 0 7 】

ボトムゲート型 T F T の製造プロセスにおける具体的な適用例

つぎに、ボトムゲート型 T F T の製造プロセスに上記ポリシリコン膜評価装置 2 0 を適用した具体的な適用例について説明する。

【 0 1 0 8 】

50

まず、図 2 2 に示すような、ボトムゲート型 T F T のポリシリコン膜の撮像画像から得られた A C 値を評価して、その評価結果をエキシマレーザアニール装置にフィードバックし、このエキシマレーザアニール装置 3 0 から出射されるエネルギー密度を最適に設定する適用例について説明する。

【 0 1 0 9 】

エキシマレーザアニール装置は、上述したようにエネルギー密度の設定値に対して、実際のエネルギー密度の変動が比較的に大きい。出力されるレーザのエネルギー密度は、ガウス分布的な特性を示しばらつきが生じ、所定のエネルギー密度設定値に対してある程度のばらつきが生じる。これに対して、ボトムゲート型 T F T の場合、ポリシリコン膜に与えられるエネルギーの製造マージン（この範囲より外のエネルギーが与えられた場合には不良品となるエネルギー範囲）は、そのばらつきに対して相対的に大きな値となる。

10

【 0 1 1 0 】

したがって、図 2 3 に示すように、ポリシリコン膜の製造マージンの中心位置がエネルギー密度の設定値の最適値となり、この最適値にレーザのエネルギー密度が設定してあれば、レーザのエネルギー密度が変動したとしてもポリシリコン膜に与えられるエネルギーは製造マージン内に入ることとなり、高い歩留まりを得ることができる。しかしながら、図 2 4 に示すように、エネルギー密度の設定値が、製造マージンの最適値に設定されていない場合には、エネルギー密度が変動すると、ポリシリコン膜に与えられるエネルギーが製造マージンから外れる場合が多く、歩留まりが低くなってしまう。

20

【 0 1 1 1 】

そのため、本適用例は、ボトムゲート型 T F T の A C 値のピーク特性を利用して、以下のように、エキシマレーザアニール装置から出力されるレーザのエネルギー密度を最適値に設定する。

【 0 1 1 2 】

まず、本適用例では、ポリシリコン膜を形成した複数枚の基板を製造する。このとき、各基板毎にエキシマレーザアニール装置のエネルギー密度の設定を変化させ、レーザアニール処理を行う。

【 0 1 1 3 】

そして、さらに、各位置でのポリシリコン膜の膜厚を求め、膜厚が最も厚い部分にあるゲート電極上の A C 値と、膜厚が最も薄い部分にあるガラス基板上の A C 値とを求める。

30

【 0 1 1 4 】

すると、図 2 5 に示すような、A C 値のピーク曲線をグラフ上に描くことができる。

【 0 1 1 5 】

このような A C 値のピーク曲線を描くと、ゲート電極上とガラス基板上ともに良好なグリーンサイズを得られるエネルギー密度の許容範囲（ポリシリコン膜の製造マージン）を求めることができる。具体的には、製造マージンの下位限界のエネルギー密度は、ゲート電極上（最厚）のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最低許容エネルギー（L）に対応したレーザのエネルギー密度、具体的には、図 2 5 に示したゲート電極上の A C 値の太線で描いた部分の左端のエネルギー密度（M O（L））となる。また、製造マージンの上位限界のエネルギー密度は、ガラス基板上（最薄）のポリシリコン膜に与えられるエネルギーの最高許容エネルギー（H）に対応したエネルギー密度、具体的には、図 2 5 に示したガラス基板上の A C 値の太線で描いた部分の右端のエネルギー密度（G（H））となる。

40

【 0 1 1 6 】

そして、このように求めた製造マージンの中間値を求め、この中間値におけるエネルギー密度を最適値として設定する。

【 0 1 1 7 】

以上のように A C 値を求めて、製造マージンを求め、この製造マージンを最適値として設定することによって、ボトムゲート型 T F T の歩留まりを高くすることができる。

【 0 1 1 8 】

ここで、以上のような製造マージンを評価するにあたり、下式に示すような、膜厚が最薄

50

の部分にあるガラス基板上から算出されたAC値と、膜厚が最厚の部分にあるゲート電極上から算出されたAC値との差分値を、ポリシリコン膜を評価するための評価値として用いる。この評価値を制御パラメータ(Rating)というものとする。

Rating=ゲート電極のAC値(最厚部分)-ガラス基板のAC値(最薄部分)

この制御パラメータ(Rating)は、図26に示すように、ゲート電極のAC値とガラス基板のAC値とが一致するレーザのエネルギー密度のときに、値が0となり、この0値を中心として、レーザのエネルギー密度が少ないときには値がマイナスとなり、レーザのエネルギー密度が多いときには値がプラスとなる。

【0119】

そして、この制御パラメータ(Rating)に基づき、製造マージンの下位限界及び上位限界を定めることができる。

10

【0120】

また、この制御パラメータ(Rating)に対する不良発生率等をグラフ等にとることによって、制御パラメータ(Rating)の最適値を求めることができ、精度よく出力するレーザのエネルギー密度を設定することが可能となる。

【0121】

以上のように制御パラメータ(Rating)によって、ポリシリコン膜表面の空間構造を表すことによって、精度よく出力するレーザのエネルギー密度の制御値を設定することができる。

【0122】

20

また、この制御パラメータ(Rating)は、出力するレーザのエネルギー密度の設定のみならず、ポリシリコン膜の良否判定をするために用いることも可能である。

【0123】

なお、以上制御パラメータ(Rating)によって、エネルギー密度の設定値を算出し、それをエキシマレーザアニール装置にフィードバックする例を上げたが、ポリシリコン膜の膜厚によっても製造マージンを制御することが可能である。すなわち、製造マージンに対してエネルギー密度の設定が大きい場合には、ポリシリコン膜の膜厚を厚くすればよく、反対に、製造マージンに対してエネルギー密度の設定値が小さい場合には、ポリシリコン膜の膜厚を薄くすればよい。

【0124】

30

【発明の効果】

本発明にかかる薄膜トランジスタ製造システム及び方法では、レーザアニール装置により形成したポリシリコン膜の表面の空間構造の評価数値を求め、金属パターン上の評価数値と金属パターン以外の場所の評価数値の差分値を算出し、この差分値を制御パラメータとしてレーザアニール装置のレーザのエネルギー密度又は上記ポリシリコン膜の膜厚を設定する。

【0125】

このことからこの薄膜トランジスタ製造システム及び方法では、レーザアニール装置から出射されるレーザのパワーの設定を最適とすることができ、薄膜トランジスタの歩留まりを高くすることができる。

40

【0126】

本発明にかかるポリシリコン評価方法では、レーザアニール処理により形成したポリシリコン膜の表面の空間構造の評価数値を求め、金属パターン上の評価数値と金属パターン以外の場所の評価数値の差分値から、ポリシリコン膜の状態を評価する。

【0127】

このことからこのポリシリコン評価方法では、ポリシリコンを非破壊で容易に評価することができ、また、目視検査等によらず数値演算が可能となるので、自動評価が可能となり、さらに、高い精度で客観的な評価を行うことができる。

【0128】

本発明にかかるポリシリコン検査装置では、レーザアニール処理により形成したポリシリ

50

コン膜の表面の空間構造の評価数値を求め、金属パターン上の評価数値と金属パターン以外の場所の評価数値の差分値から、ポリシリコン膜の状態を評価する。

【 0 1 2 9 】

このことからこのポリシリコン検査装置では、ポリシリコンを非破壊で容易に評価することができ、また、目視検査等によらず数値演算が可能となるので、自動評価が可能となり、さらに、高い精度で客観的な評価を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】ボトムゲート型 T F T の模式的な断面構成を説明する図である。

【図 2】ポリシリコン膜を形成したのちのボトムゲート型 T F T の断面構成を説明するための図である。

【図 3】ポリシリコン膜のグレーンサイズと、エキシマレーザアニールで与えられるエネルギーとの関係を説明するための図である。

【図 4】出力するレーザのエネルギー密度を最適値としてエキシマレーザアニールを行ったときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも少ないパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像と、最適値よりも大きいパワーとしたときのポリシリコン膜の膜表面の画像とを説明するための図である。

【図 5】直線性および周期性があるポリシリコン膜の撮像画像を模式的に表した図である。

【図 6】直線性および周期性がないポリシリコン膜の撮像画像を模式的に表した図である。

【図 7】本発明の実施の形態のポリシリコン膜の評価装置の構成図である。

【図 8】ポリシリコン膜の評価手順を説明するためのフローチャートである。

【図 9】周期性が高い場合の自己相関関数を説明するための図である。

【図 10】周期性が低い場合の自己相関関数を説明するための図である。

【図 11】ポリシリコン膜の他の評価手順を説明するためのフローチャートである。

【図 12】上記他の評価手順で評価した場合の周期性が高い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 13】上記他の評価手順で評価した場合の周期性が低い場合の自己相関画像を説明するための図である。

【図 14】具体的な撮像画像に対する求められた A C 値の特性を説明する図である。

【図 15】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーに対する自己相関値の特性を説明するための図である。

【図 16】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーに対する A C 値及びグレーンサイズの特性を説明するための図である。

【図 17】ボトムゲート型 T F T におけるエキシマレーザのエネルギー密度に対する A C 値の特性を説明するための図である。

【図 18】ポリシリコン膜の膜厚が厚い部分と、ポリシリコン膜の膜厚が薄い部分とのエキシマレーザのエネルギー密度に対する A C 値の特性を説明するための図である。

【図 19】ポリシリコン膜の膜厚が厚い部分とポリシリコン膜の膜厚が薄い部分とを考慮した場合のボトムゲート型 T F T におけるエキシマレーザのエネルギー密度の製造マージンを説明するための図である。

【図 20】ボトムゲート型 T F T のポリシリコン膜について、エキシマレーザのエネルギー密度に対する A C 値の具体的な実験データの一例を説明するための図である。

【図 21】紫外光レーザを用いた顕微鏡装置 ( D U V ) で撮像した画像に基づき A C 値を求めた場合の特性と、 S E M で撮像した画像に基づき A C 値を求めた場合の特性とを比較して説明するための図である。

【図 22】ボトムゲート型 T F T の製造プロセスにポリシリコン膜評価装置を適用した具体的な適用例 ( E Q C ) の構成を説明するための図である。

【図 23】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーの製造マージンと、エキシマレーザのエネルギー密度の変動との関係を説明するための図である (最適にエネルギー密度が設定され

10

20

30

40

50

ている場合)。

【図24】ポリシリコン膜に与えられるエネルギーの製造マージンと、エキシマレーザのエネルギー密度の変動との関係を説明するための図である(最適にレーザのエネルギー密度が設定されていない場合)。

【図25】ポリシリコン膜の膜厚が厚い部分とポリシリコン膜の膜厚が薄い部分とを考慮した場合のボトムゲート型TFETの製造マージンとレーザのエネルギー密度との関係の一例を示す図である。

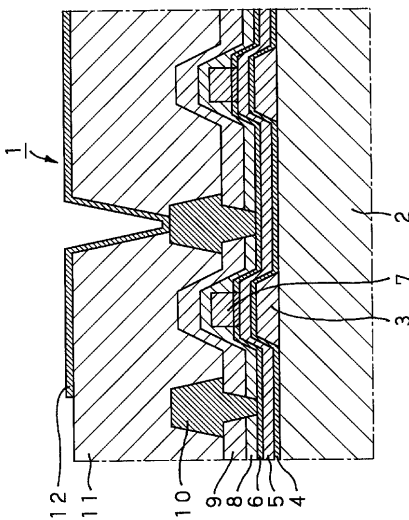
【図26】制御パラメータ(Rating)について説明するための図である。

【符号の説明】

- 1 ボトムゲート型TFET、2 ガラス基板、3 ゲート電極、4 第1のゲート絶縁膜、5 第2のゲート絶縁膜、6 ポリシリコン膜、20 ポリシリコン膜評価装置、30 エキシマレーザアニール装置

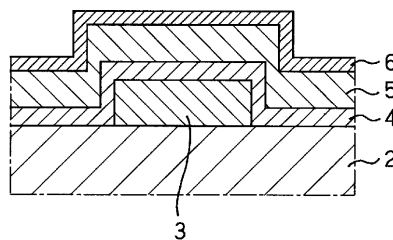
10

【図1】



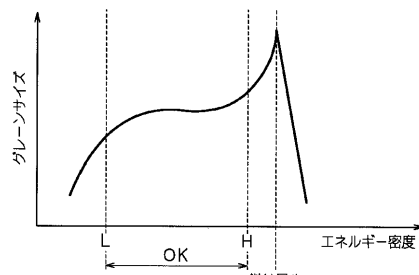
- 2: ガラス基板  
3: ゲート電極(Mo)  
4: 第1のゲート絶縁膜(SiNx)  
5: 第2のゲート絶縁膜(SiO<sub>2</sub>)  
6: ポリシリコン膜(p-Si)  
7: ストップバ(SiO<sub>2</sub>)  
8: 第1の層間絶縁膜(SiNx)  
9: 第2の層間絶縁膜(SiO<sub>2</sub>)  
10: 配線  
11: 平坦化膜  
12: 透明導電膜(ITO)

【図2】

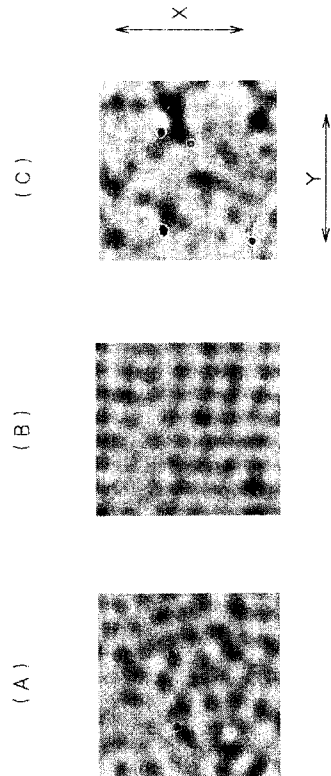


- 2: ガラス基板  
3: ゲート電極(Mo)  
4: 第1のゲート絶縁膜(SiNx)  
5: 第2のゲート絶縁膜(SiO<sub>2</sub>)  
6: ポリシリコン膜(p-Si)

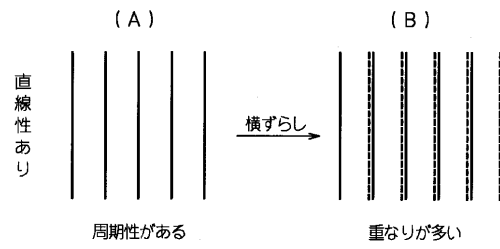
【図3】



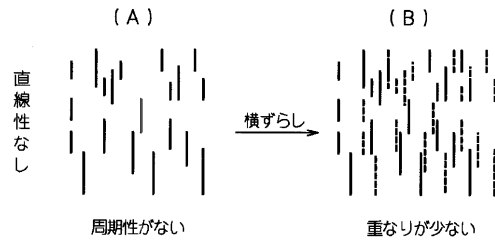
【図 4】



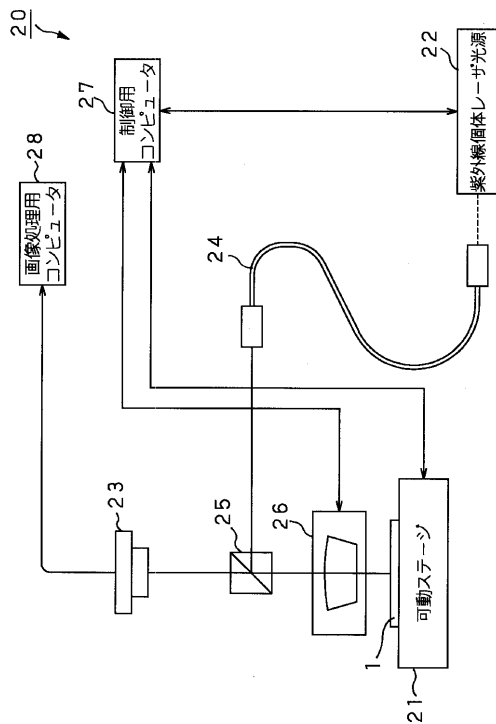
【図 5】



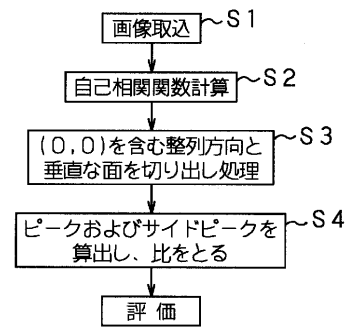
【図 6】



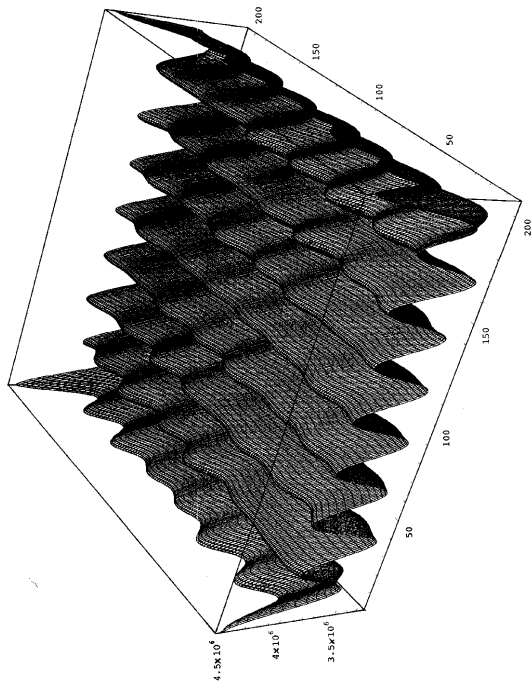
【図 7】



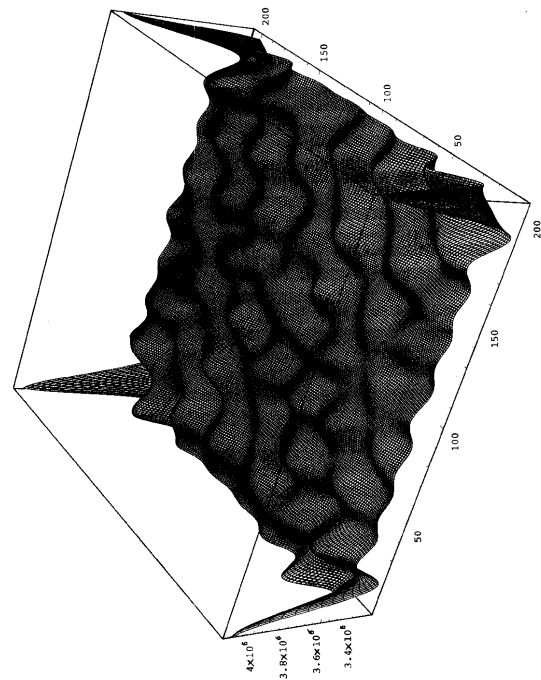
【図 8】



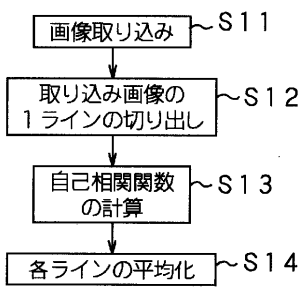
【図 9】



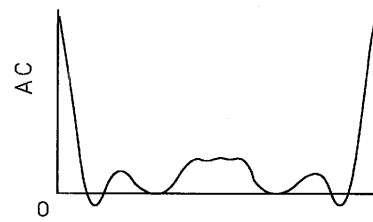
【図 10】



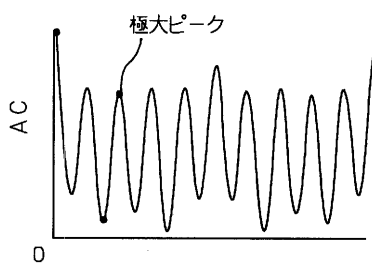
【図 11】



【図 13】

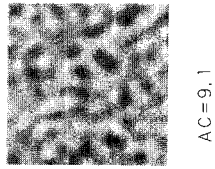


【図 12】

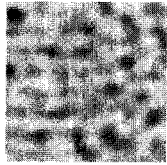




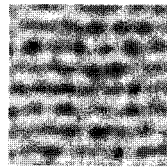
【図 14】



AC=9.1



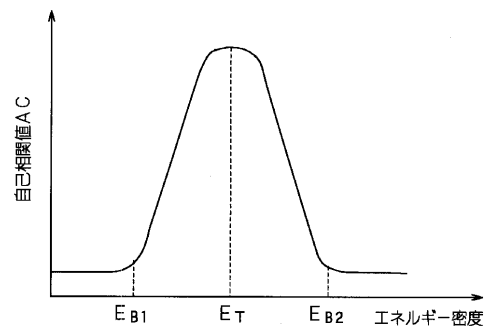
AC=30.4



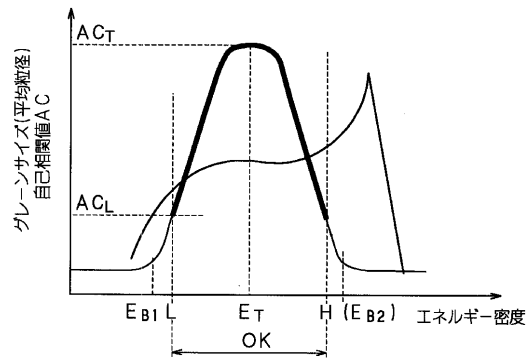
AC=63.0

人間の見た目の直観性とAC値の比較

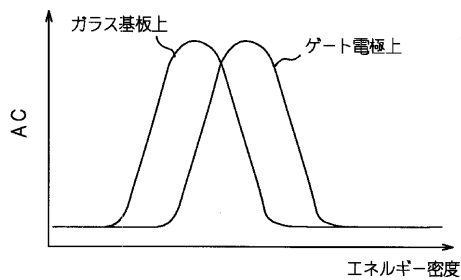
【図 15】



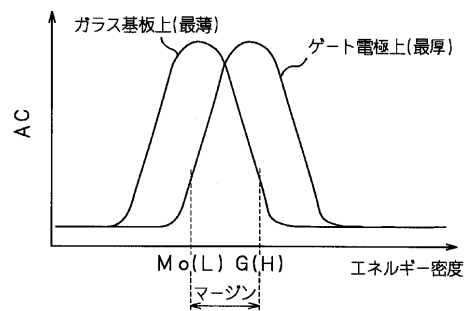
【図 16】



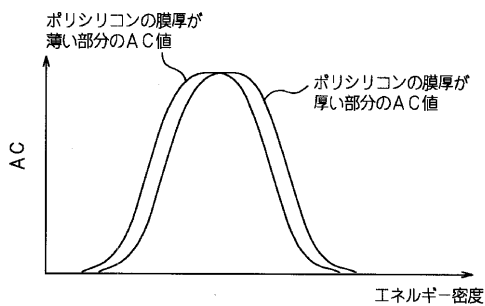
【図 17】



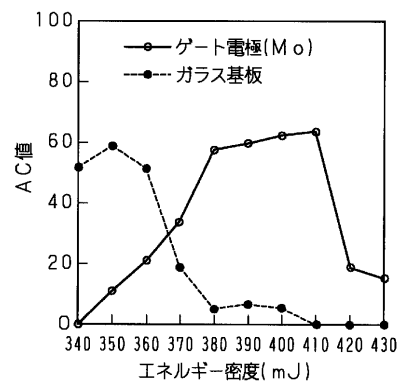
【図 19】



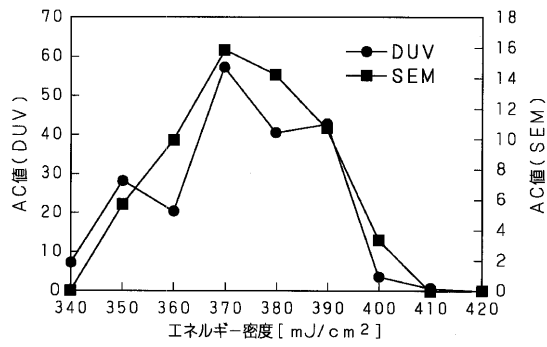
【図 18】



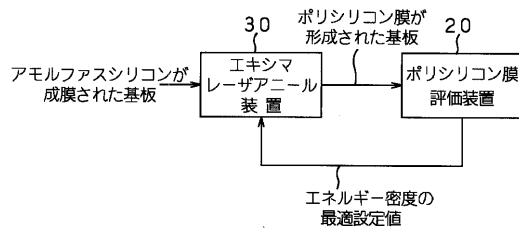
【図 20】



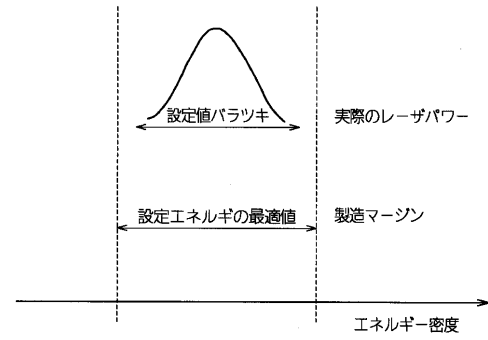
【図 2 1】



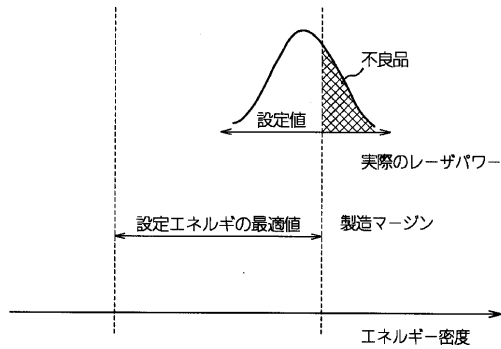
【図 2 2】



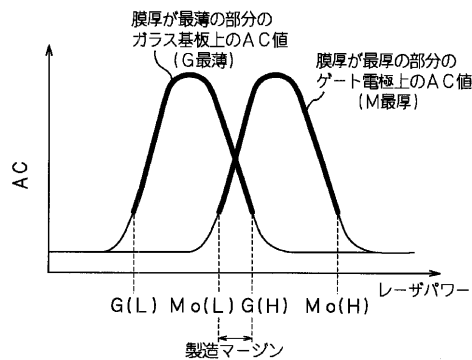
【図 2 3】



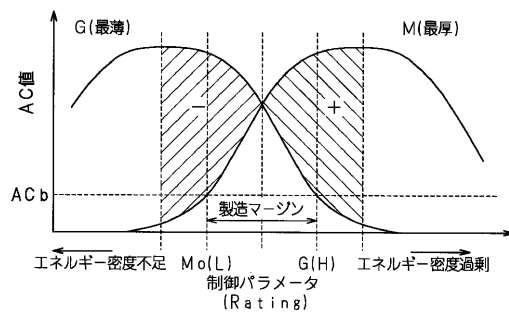
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



---

フロントページの続き

審査官 今井 拓也

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 0 1 7 1 9 1 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 3 1 2 9 6 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 1 2 2 0 8 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 0 5 8 4 7 7 ( J P , A )  
特開平 0 2 - 2 7 7 2 4 4 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 9 6 6 9 6 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/66  
G01N 21/956  
H01L 21/20  
H01L 21/336  
H01L 29/786