

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4663047号  
(P4663047)

(45) 発行日 平成23年3月30日 (2011.3.30)

(24) 登録日 平成23年1月14日 (2011.1.14)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/268 (2006.01)  
H O 1 S 3/00 (2006.01)H O 1 L 21/268 J  
H O 1 S 3/00 B

請求項の数 5 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願平11-144064  
 (22) 出願日 平成11年5月24日 (1999.5.24)  
 (65) 公開番号 特開2000-91264 (P2000-91264A)  
 (43) 公開日 平成12年3月31日 (2000.3.31)  
 審査請求日 平成18年5月9日 (2006.5.9)  
 (31) 優先権主張番号 特願平10-197884  
 (32) 優先日 平成10年7月13日 (1998.7.13)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

前置審査

(73) 特許権者 000153878  
 株式会社半導体エネルギー研究所  
 神奈川県厚木市長谷398番地  
 (72) 発明者 田中 幸一郎  
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社  
 半導体エネルギー研究所内  
 審査官 萩原 周治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー照射装置及び半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一方向にレーザービームを分割する光学系と、  
 前記分割したレーザービームを重ね合わせる光学系とを有し、  
 前記分割する光学系の前記一方向における両端は遮光され、  
 前記分割する光学系での前記レーザービームの断面形状の前記一方向の幅は、前記分割する光学系の遮光された両端を除いた前記一方向の幅よりも広いことを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 2】

一方向にレーザービームを分割するシリンドリカルレンズ群と、  
 前記分割したレーザービームを重ね合わせる光学系とを有し、  
 前記シリンドリカルレンズ群の両端のシリンドリカルレンズは遮光され、  
 前記シリンドリカルレンズ群での前記レーザービームの断面形状の前記一方向の幅は、  
 前記シリンドリカルレンズ群の前記両端のシリンドリカルレンズを除いた前記一方向の幅よりも広いことを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、  
 前記分割したレーザービームを重ね合わせる光学系により、前記分割したレーザービームを前記一方向に重ね合わせることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 4】

10

20

レーザービームをシリンドリカルレンズ群により一方向に分割し、  
前記分割したレーザービームを光学系により重ね合わせ、  
前記重ね合わせたレーザービームを半導体膜に照射し、  
前記シリンドリカルレンズ群の両端のシリンドリカルレンズは遮光され、  
前記シリンドリカルレンズ群での前記レーザービームの断面形状の前記一方向の幅は、  
前記シリンドリカルレンズ群の前記両端のシリンドリカルレンズを除いた前記一方向の幅  
よりも広いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記分割したレーザービームを重ね合わせる光学系により、前記分割したレーザービー  
ムを前記一方向に重ね合わせることを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本明細書で開示する発明は、大面積にレーザービームを高い均質性で照射することができ  
る技術に関する。またその応用方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された非単結晶半導体膜（単結晶でない、非晶質半導  
体膜や多結晶、微結晶等の結晶性を有する半導体膜およびこれらの結晶性が混合した半導  
体膜）に対し、レーザーアニールを施して、結晶化させたり、結晶性を向上させる技術が  
、広く研究されている。上記半導体膜には、珪素膜がよく用いられる。

20

【0003】

ガラス基板は、従来よく使用されてきた石英基板と比較し、安価で加工性に富んでおり、  
大面積基板を容易に作成できる利点を持っている。これが上記研究が行われる理由である  
。また、結晶化に好んでレーザーが使用されるのは、ガラス基板の融点が高いからである  
。レーザーは基板の温度をあまり変えずに非単結晶半導体膜にのみ高いエネルギーを与え  
ることができる。

【0004】

レーザーアニールを施して形成された結晶性珪素膜は、高い移動度を有するため、この結  
晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を形成し、例えば、一枚のガラス基板上  
に、画素駆動用と駆動回路用のTFTを作製する、モノリシック型の液晶電気光学装置等  
に利用されている。該結晶性珪素膜は多くの結晶粒からできているため、多結晶珪素膜、  
あるいは多結晶半導体膜と呼ばれる。

30

【0005】

また、出力の大きい、エキシマレーザー等のパルスレーザービームを、被照射面において  
、一辺が数cm程度の長方形或いは正方形のスポットや、数百μm幅×数10cmの線状  
となるように光学系にて加工し、レーザービームを走査させて（レーザービームの照射位  
置を被照射面に対し相対的に移動させて）、レーザーアニールを行う方法が、量産性が良  
く、工業的に優れているため、好んで使用される。

40

【0006】

特に、線状レーザービームを用いると、前後左右の走査が必要なスポット状のレーザービ  
ームを用いた場合とは異なり、線状レーザーの線方向に直角な方向だけの走査で被照射面  
全体にレーザーアニールを行うことができるため、高い量産性が得られる。線方向に直角  
な方向に走査するのは、それが最も効率のよい走査方向であるからである。この高い量産  
性により、現在レーザーアニールには線状レーザービームを使用することが主流になりつ  
つある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

線状、長方形或いは正方形に加工されたレーザービームを走査させて、非単結晶半導体膜

50

に対してレーザーアニールを施すに際し、いくつかの問題が生じている。その中でも特に深刻な問題の1つはレーザービームの加工が均一に為されないことであった。そうしたレーザービームを用いると、基板全面に対し不均一なレーザーアニールが行われた。

【0008】

図1は、非晶質珪素膜に対し、従来の光学系を用いて線状に加工したレーザービームを1ショット照射した状態を示す光学顕微鏡写真である。写真中央にレーザービームの照射痕が確認される。

【0009】

図1の場合、波長が308nmのXeClエキシマレーザーを紙面の左右方向に延長する線状のレーザービームとし、これを非晶質珪素膜に1ショット照射した場合である。

10

【0010】

図1から、線状レーザービームの幅方向の端(エッジ)、特に紙面下側のエッジがギザギザとなっており、不規則なエネルギー分布を持つ線状レーザービームであることが確認される。

【0011】

図2aは、図1に示す不規則なエネルギー分布を持つ線状レーザービーム201を被膜209に照射した状態を模式的に示す図である。

【0012】

図2aに示すように、高いエネルギー密度を有する領域202が幅方向の中心付近に形成され、領域202に比べ低いエネルギー密度を有する領域203が幅方向の周辺部に形成されている。図2aのX-X'とY-Y'におけるエネルギー分布の断面形状を図2b、cに夫々示す。

20

【0013】

図2a乃至cから、線状レーザービーム201は、幅方向におけるエネルギー分布の断面形状が異なることが分かる。

【0014】

図2aの線状レーザービーム201を用いて、被膜をレーザーアニールしても、被膜を均一にレーザーアニールすることはできなかった。

【0015】

本明細書で開示する発明は、レーザービームの一方向におけるエネルギー分布を一様にし、被膜を均一にレーザーアニールすることを課題とする。本明細書中でレーザービームとは、レーザービーム内の最大エネルギーの5%以上の領域を指す。

30

【0016】

[発明に至る過程]

一般にレーザービームを線状に加工する場合、元が概略長方形のレーザービームを適当な光学系に通して線状に加工する。前記概略長方形のレーザービームはアスペクト比が2から5程度であるが、例えば、図3に示した光学系により、アスペクト比100以上の線状レーザービームに変形される。その際、エネルギーのビーム内分布も同時に均質化されるように、上記光学系は設計されている。

【0017】

40

図3に示す装置は、ビーム発生装置301からのレーザービーム(この時点では概略長方形を有している)を302、303、304、306、308で示す光学系を介して、線状ビームとして照射する機能を有している。なお、305はスリット、307はミラーである。

【0018】

302は、レーザービームを一方向、ここでは線方向に分割する役割を果たす光学レンズであり、シリンドリカルレンズ群(多シリンドリカルレンズとも称される)を用いている。この分割された多数のビームは、シリンドリカルレンズ306で線方向に関して重ね合わせ均一化する。

【0019】

50

この構成は、レーザービーム内の強度分布を改善するために必要とされる。また、シリンドリカルレンズ群 303 も上述したシリンドリカルレンズ群 302 と同様に、レーザービームを他の方向、ここでは幅方向に分割し、シリンドリカルレンズ 304、308 によって、幅方向に関して重ね合わせ均一化する。

【0020】

即ち、シリンドリカルレンズ群 302 とシリンドリカルレンズ 306 の組み合わせは、線状レーザービームの線方向における強度分布を改善する機能を有し、シリンドリカルレンズ群 303 とシリンドリカルレンズ 304、308 の組み合わせは、線状レーザービームの幅方向における強度分布を改善する機能を有している。

【0021】

ここで、幅方向に関して、シリンドリカルレンズを 304 と 308 の 2 枚用いているのは、被照射面 309 における線状レーザービームの幅方向をより細くするためである。線状レーザービームの幅によっては、重ね合わせるための光学系を 1 つにすることもあり、また 3 つ以上とすることもある

【0022】

レーザービーム内のエネルギー分布を均質化する役割を果たす光学系をビームホモジェナイザーと呼ぶ。図 3 に示した光学系もビームホモジェナイザーの 1 つである。元の概略長方形形状のレーザービームをシリンドリカルレンズ群 302、303 で分割後、各々シリンドリカルレンズ 306、304 および 308 で整形し重ね合わせてエネルギー分布を均質化する。

【0023】

理論上は、無限個のシリンドリカルレンズを有するシリンドリカルレンズ群を用いてレーザービームのエネルギー分布を均一化すれば、どのような断面形状のレーザービームが入射しても均一なレーザービームとすることが可能である。

【0024】

しかしながら、産業上利用可能なシリンドリカルレンズ群は、精度やコスト等の事情により数個、多くても数十個のシリンドリカルレンズを組み合わせている。このようなシリンドリカルレンズ群は、入射するレーザービームの断面形状と入射の状態によって、不規則なエネルギー分布を有するレーザービームに加工される。

【0025】

従来では、あまり問題とされていなかったこの不均一が、薄膜トランジスタ (TFT) に代表される微小な素子を同一基板上に多数形成する被膜に対するレーザーアニールに用いた場合は、上記した数々の問題を引き起こすことを発明者は見出した。

【0026】

図 4 a、b は、線状レーザービームに加工するビームホモジェナイザーにおいて、幅方向にレーザービームを分割するシリンドリカルレンズ群 403 とそこに入射するレーザービーム 401 の例である。

【0027】

図 4 a、b に示すように、図 3 のビーム発生装置 301 から発射され、分割する光学系に入射するレーザービーム 401、401' は、概略長方形形状の断面形状を有している。

【0028】

ビーム発生装置 301 から発射されるレーザービームは、完全な長方形で発射されるのが理想であるが、現実的には今の技術では不可能であり、概略長方形形状の断面形状となる。

【0029】

図 4 a において、一番上端のシリンドリカルレンズ 4031 と一番下端のシリンドリカルレンズ 4036 では、レーザービームがシリンドリカルレンズの全幅に入射していない。しかも、入射するビーム形状は不規則である。

【0030】

一方、その間の 4 つのシリンドリカルレンズ 4032 ~ 5 では、各々のレンズの全幅にレーザービームが入射している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 1 】

図 5 は、線状レーザービームを加工する光学系から、幅方向に関して加工する光学系の一部を抜き出した構成を示す図である。図 5 に示すように、シリンドリカルレンズ群 5 0 3 に対してレーザービーム 5 0 1 が図 4 a で示すように入射すると、シリンドリカルレンズ 5 0 3 1 および 5 0 3 6 に、レーザービームの境界が直線ではなく、不規則な形状でレーザービームが入射する。

## 【 0 0 3 2 】

そのため、シリンドリカルレンズ 5 0 3 1 および 5 0 3 6 によって分割されたレーザービームは、レーザービームの不規則な形状を保持したままシリンドリカルレンズ 5 0 4 により被照射面 5 0 9 に重ね合わされる。よって、線方向において一様ではない、つまり幅方向におけるエネルギー分布の断面形状が線方向によって異なる線状レーザービームが形成される。

10

## 【 0 0 3 3 】

そして、例えば、図 2 a に示すような高いエネルギー密度を有する領域 2 0 2 が幅方向の中心付近に形成され、領域 2 0 2 に比べ低いエネルギー密度を有する領域 2 0 3 が幅方向の周辺部に形成された線状レーザービームとなる。

## 【 0 0 3 4 】

また、図 4 b に示すようにレーザービーム 4 0 1 ' が幅方向に分割するシリンドリカルレンズ群 4 0 3 ' に入射すると、シリンドリカルレンズ 4 0 3 5 ' に不規則な形状のレーザービームが入射するため、同様に線状レーザービームの線方向において一様ではなくなる。

20

## 【 0 0 3 5 】

以上から発明者は、以下のことを見出した。レーザービームによる不均一なレーザーアニールの原因は、レーザービームを分割するシリンドリカルレンズ群の一部のシリンドリカルレンズに対して不規則な形状のレーザービームが入射することにある。これにより、線状レーザービームのエネルギー分布が不規則なものとなる。

## 【 0 0 3 6 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の一つは、レーザー照射装置において、一方向にレーザービームを分割するレンズと、前記分割したレーザービームを重ね合わせる光学系とを有し、前記レンズに入射するレーザービームの形状は前記方向に垂直な境界を有することを特徴とする。

30

## 【 0 0 3 7 】

また、本発明の他の一つは、レーザー照射装置において、一方向にレーザービームを分割するレンズと、前記分割したレーザービームを重ね合わせる光学系とを有し、前記レンズの前に前記方向に垂直な境界をレーザービームに形成するスリットを設けたことを特徴とする。

## 【 0 0 3 8 】

また、本発明の他の一つは、レーザー照射装置において、一方向にレーザービームを分割するシリンドリカルレンズ群と、前記分割したレーザービームを重ね合わせる光学系とを有し、前記方向において、前記シリンドリカルレンズ群の幅よりもレーザービームの最大幅が広いことを特徴とする。

40

## 【 0 0 3 9 】

また、本発明の他の一つは、レーザー照射装置において、一方向にレーザービームを分割するシリンドリカルレンズ群と、前記分割したレーザービームを重ね合わせる光学系とを有し、前記シリンドリカルレンズ群のシリンドリカルレンズの一部を遮光していることを特徴とする。

## 【 0 0 4 0 】

## 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態の一つを図 6 を用いて説明する。図 6 は、簡便のため、線状レーザービームを加工する装置の幅方向に関するホモジェナイザーのみを示している。

50

## 【 0 0 4 1 】

また、以下の説明では、発射時の断面形状が概略長方形形状のレーザービームを例示しているが、本発明の特徴は加工されるレーザービームの断面形状であり、発射時にどのような断面形状を有していても用いることができる。但し、レーザービームのエネルギーを効率的に用いるためには、円状或いは楕円状のレーザービームに比べて長方形形状のレーザービームが好ましい。

## 【 0 0 4 2 】

概略長方形形状のレーザービーム 6 0 1 の周縁部をスリット 6 1 0 を用いて除去し、長方形のレーザービームとする。スリット 6 1 0 によって、レーザービームの境界は不規則な形状から直線に加工される。また、直線がシリンドリカルレンズ群 6 0 3 の分割する方向（幅方向）とは垂直な直線が得られるようにスリット 6 1 0 を配置する。

10

## 【 0 0 4 3 】

そして、この長方形のレーザービームを分割する光学系、ここではシリンドリカルレンズ群 6 0 3 に入射する。スリット 6 1 0 は、ガラス、石英製のすりガラス、セラミック、金属等が使用できるが、特にすりガラスによる遮光が好ましい。なぜなら、石英はレーザによる変質がなく、半導体製造に有害な物質を発生しにくいからである。

## 【 0 0 4 4 】

本発明で利用できるレーザービームは、K r F、X e C l、A r F、K r C l等のエキシマレーザーに限定されるものではなく、A r レーザー、Y A G レーザー、C O 2 レーザー等の各種レーザービームを用いることができる。

20

## 【 0 0 4 5 】

この際、長方形のレーザービームの分割する方向と垂直な境界、つまり図 6 では長方形の長辺と、シリンドリカルレンズ群のシリンドリカルレンズ同士の境界とを平行にする。また、長方形の短辺と、図示していないが線方向に分割するシリンドリカルレンズ群のシリンドリカルレンズ同士の境界とを平行にする。

## 【 0 0 4 6 】

シリンドリカルレンズ群 6 0 3 に入射したレーザービームは、一方向に分割され、シリンドリカルレンズ 6 0 4 により被照射面 6 0 9 に重ね合わされ、高エネルギー密度領域 2 0 2 および低エネルギー密度領域 2 0 3 を形成するが、線方向に一樣なレーザービームが得られる。

30

## 【 0 0 4 7 】

スリットにより境界が直線を有する長方形に加工されたレーザービームが、シリンドリカルレンズ群に入射する際に、長方形の長辺と、幅方向に分割するシリンドリカルレンズ群のシリンドリカルレンズ同士の境界あるいはシリンドリカルレンズ群の端面とが一致し、長方形の短辺と、線方向に分割するシリンドリカルレンズ群のシリンドリカルレンズ同士の境界あるいはシリンドリカルレンズ群の端面とが一致すると、一致しない場合に比べて加工された線状レーザービームのエネルギー密度の高い領域を広くすることができる。

## 【 0 0 4 8 】

そのため、大面積にレーザービームを加工（線状であれば線方向に長く）することが可能であり、生産性が向上する。なお、本段落でいうエネルギー密度の高い領域とは、レーザーアニールするために必要なエネルギー密度以上の領域を指す。

40

## 【 0 0 4 9 】

更に、線状レーザービームのエネルギー分布は該ビームの端を除いた領域でほぼ一様となる。そのため、より均一なレーザーアニールが可能となる。

## 【 0 0 5 0 】

一方、図 6 に示すようにスリットにより長方形に加工されたレーザービームが、シリンドリカルレンズ群に入射する際に、レーザービームの分割する方向に垂直な境界の少なくとも一方と、シリンドリカルレンズ群のシリンドリカルレンズ同士の境界あるいはシリンドリカルレンズ群の端面とが一致していないと、複数のエネルギー密度を有する線状レーザ

50

ービームが得られる。

【 0 0 5 1 】

また、他の実施の形態として、分割する光学系の分割する方向における幅よりも、入射するレーザービームの分割する方向における幅を広くすることが挙げられる。

【 0 0 5 2 】

図 7 にその一例を示す。図 7 において、シリンドリカルレンズ群 7 0 3 は、従来であれば不規則な形状のレーザービームが入射するシリンドリカルレンズ 7 0 3 1、7 0 3 6 を例えば石英製のすりガラスに置換することにより遮光して、分割する光学系（シリンドリカルレンズ 7 0 3 2 ~ 7 0 3 5）の分割する方向における幅よりもレーザービームの同方向における幅を広くすることにより、入射する概略長方形形状のレーザービーム 7 0 1 に直線 10

【 0 0 5 3 】

図 7 には、簡便のため、レーザービームの幅方向に関するホモジェナイザーのみを示したが、線方向に関しても同様の構成の分割する光学系を用いることが好ましい。

【 0 0 5 4 】

より簡易な方法として、分割する光学系 7 0 3 自体の分割する方向における幅よりも、入射するレーザービーム 7 0 1 の分割する方向における幅を広くすることでも直線の境界とすることが可能である。

【 0 0 5 5 】

そして、分割されたレーザービームは、シリンドリカルレンズ 7 0 4 により被照射面 7 0 9 に重ね合わされる。このようにして加工されたレーザービームは、分割した方向のエネルギー分布を一様にすることができ、加えてエネルギー密度の高い領域を広くすることができる。 20

【 0 0 5 6 】

このように、概略長方形形状のレーザービームの周縁部を除去することにより、長方形のレーザービームを形成するが、レーザービームのエネルギー損失を防ぐため、除去される部分はできるだけ少なくすることが好ましい。

【 0 0 5 7 】

また、できるだけレーザービームの中心付近にあるエネルギー密度の大きい部分が、分割する光学系に入射するように光学系を配置することが好ましい。 30

【 0 0 5 8 】

また、被照射面で複数のエネルギー密度を有するレーザービームは、分割するシリンドリカルレンズ群への入射の状態を制御することにより、様々な形状をとることができる。例えば、図 9 a に示すように、エネルギー密度が異なる 3 つの領域を有し、真ん中の長方形形状のエネルギー密度が最も高い凸型の形状、図 9 b に示すように、エネルギー密度が異なる 3 つの領域を有し、真ん中の長方形のエネルギー密度が最も低い凹型の形状、或いは図 9 c に示すように、エネルギー密度が異なる 2 つの領域を組み合わせた形状のエネルギー分布等である。

【 0 0 5 9 】

図 8 は、本発明を用いたレーザー照射装置の一例である。ビーム発生装置 8 0 1 から照射された概略長方形形状のレーザービームは、反射ミラー 8 0 2 を介して光学系 8 0 3、8 0 8 により線状に加工される。 40

【 0 0 6 0 】

反射ミラー 8 0 7 は、レーザービームの向きを被処理基板 8 0 9 の方向へと反射する。反射ミラー 8 0 7 は必ずしも必要ではないが、レーザー照射装置をコンパクトにするため設けた。反射ミラー 8 0 7 を設けない光学系の例は図 2 1 に、反射ミラーの搬入位置を変えた光学系の例は図 2 2 に示した。

【 0 0 6 1 】

そして、被処理基板 8 0 9 を保持した照射ステージ 8 0 5 は、線状レーザービームの幅方向に関して移動することができる。図 8 で示すレーザー照射装置では、照射ステージが移 50

動する構造であるが、線状レーザービームが移動する構造も可能である。

【0062】

しかしながら、線状レーザービームを移動させるとエネルギー分布が変化しやすくなり、不均一なレーザーアニールとなる虞がある。従って、照射ステージを移動させる方が好ましい。

【0063】

光学系803は、レーザービームを線方向に加工する光学系と、幅方向に分割する光学系とを含む。また、光学系808は、幅方向に分割されたレーザービームを同一面で重ね合わせる役割を果たす。

【0064】

反射ミラー802の役割を以下に記す。ビーム発生装置801から射出するレーザービームの方向は、レーザー照射装置のメンテナンスのたびに微妙に変化する。よって、直接レーザービームを光学系803に配設されているレンズに対して垂直で、且つ平行な光線として入射することは難しい。

【0065】

そのため、反射ミラー802をビーム発生装置の射出口に配置し、反射ミラー802の角度を調節することによりレーザービームの方向を微調節できるようにした。その結果、光学系803にレーザービームをほぼ平行に入射させることができた。

【0066】

以上に、線状レーザービームに加工するビームホモジェナイザーと、該ビームホモジェナイザーを用いたレーザー照射装置を示した。

【0067】

更に、上記のビームホモジェナイザーは、線状だけではなくアスペクト比が100以下の長形状または正方形にレーザービームを加工する際にも応用することができる。

【0068】

このようなレーザー照射装置において、レーザービームを分割する光学系とビーム発生装置の間に図6で示すようなスリット610を配設し、概略長形状のレーザービームの周縁部を除去し、境界が直線の長方形のレーザービームとする。

【0069】

また、スリット610により全ての周縁部を除去し、長方形とする以外に、正方形とすることもできる。また、スリットにより周縁部の一部のみを除去することも可能である。その際に、後述するように、線状レーザービームに加工する場合では、少なくとも幅方向に分割する光学系への不規則な形状のレーザービームの入射は除去する必要がある。

【0070】

また、分割する光学系に不規則な形状のレーザービームの入射を取り除く手段として、スリット610の代わりに、分割する光学系の分割する方向における幅よりも、入射するレーザービームの分割する方向における幅を広くする方法がある。その一例として、図7で示すようにシリンドリカルレンズ群の一部のシリンドリカルレンズを遮光する方法がある。

【0071】

この方法では、幅方向に分割するシリンドリカルレンズ群と線方向に分割するシリンドリカルレンズ群の両方に適用することが好ましいが、線状レーザービームを形成する場合においては、少なくとも幅方向に分割するシリンドリカルレンズ群に対して適用する必要がある。

【0072】

線状レーザービームにおいて、少なくとも幅方向に分割する光学系への不規則な形状のレーザービームの入射は除去しなければならない。その理由は、レーザーアニールを行う際に、線状レーザービームは線方向に直交する方向、つまり幅方向へ被照射基板を相対的に移動するため、幅方向のエネルギー分布の違いは、基板全面に対して不均一なレーザーアニールとなる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 7 3 】

一方、線方向に分割する光学系への不規則なビームの入射は線状レーザービームの中央部分のエネルギー分布にはあまり影響しないので、該中央部分のみを使えば、産業上利用することは可能である。

## 【 0 0 7 4 】

長方形状または正方形状のレーザービームを用いて被照射面を走査する場合において、長方形状または正方形状のレーザービームの一辺の長さ（長方形の場合であれば長辺の長さ）が、基板の短辺の長さよりも長ければ線状レーザービームと同様に一方向に一度走査するだけでレーザーアニールはすむ。

## 【 0 0 7 5 】

しかし、長方形状または正方形状のレーザービームの長辺方向の長さが、基板の短辺の長さよりも短い場合は、長方形状または正方形状のレーザービームを複数回走査する必要があり、照射ステージの移動機構も複雑になる。

## 【 0 0 7 6 】

被照射基板は、ガラス基板に限定されるものではなく、石英基板、セラミックス基板、半導体基板、プラスチック基板または有機樹脂基板等を用いることが可能である。特に高温に弱いガラス基板、プラスチック基板あるいは有機樹脂基板にレーザーアニールを用いるのは有効である。

## 【 0 0 7 7 】

本発明を用いたレーザービームの用途の一例は、非晶質、多結晶或いは微結晶等の結晶構造を有する被膜の結晶化若しくは結晶性の向上である。結晶性の向上とは、ラマン分光分析等により確認される被膜の結晶構造がより単結晶に近づくことであるが、本発明者は、ラマン分光分析の結果とは別にレーザーアニールにより被膜の電界効果移動度が増加することを見出しており、この電界効果移動度の増加も含めて結晶性の向上と称する。

## 【 0 0 7 8 】

さらに、被膜中に添加された不純物の活性化、イオン注入等による被膜の結晶構造の乱れを回復するためのレーザーアニール等に利用することができる。

## 【 0 0 7 9 】

このような、用途を前提とすると、特にシリコンを主成分とする被膜に本発明は効果的であるが、当然ながら、本発明の被照射被膜として特定の膜に限定されるものでない。

## 【 0 0 8 0 】

以下の実施例で示すのは、本発明の一例であり、本発明を実施例に限定するものではない。例えば、分割する光学系に半シリンドリカルレンズ群を用いて、球面収差の影響を緩和し、被照射面におけるエネルギー分布の端部が垂直な断面形状を有するレーザービームを加工する際に利用することも可能である。

## 【 0 0 8 1 】

## 【実施例】

## 【実施例 1】

図 10 は、非晶質珪素膜に対し、図 8 のレーザー照射装置を用いて線状に加工したレーザービームを 1 ショット照射した状態を示す光学顕微鏡写真である。写真中央にレーザービームの照射痕が確認される。

## 【 0 0 8 2 】

図 10 は、波長が 308 nm の XeCl エキシマレーザーを紙面の左右方向に延長する幅 500  $\mu$ m の線状のレーザービームとし、これを非晶質珪素膜に照射した場合のものである。

## 【 0 0 8 3 】

図 10 において使用した線状レーザービームは、幅方向および線方向に分割する光学系として用いた石英製シリンドリカルレンズ群のシリンドリカルレンズの一部を石英製のすりガラスに置換した光学系を用いて加工した。そして、不規則な形状のレーザービームが分割する光学系に入射することを防止した。

10

20

30

40

50

## 【0084】

図10から、概略長方形形状のレーザービームの周縁部を除去することにより、線状レーザービームの線方向のエネルギー分布が一様になっていることが確認される。

## 【0085】

図11は、図10を模式的に示した図である。図11で示すように、線状レーザービーム1101により形成される高エネルギー密度領域1102と低エネルギー密度領域1103の境界が直線であり、幅方向のエネルギー分布の断面形状がどこでも等しいことがわかる。なお、本実施例において、領域1103ができる原因は、レンズの加工精度や位置決め精度にある。

## 【0086】

しかし、図1および図2に比べて、高エネルギー密度領域1102が非常に広がっているものでより均一なレーザーアニールが可能である。

## 【0087】

## 〔実施例2〕

本実施例では、多結晶珪素膜を作製する際に、レーザーアニールを使用する例である。まず、レーザー照射される膜の作製方法を示す。レーザー照射される膜は、本実施例では次の3種類の膜を示す。いずれの膜に対しても、本発明は効果的である。

## 【0088】

まず、3種類いずれの膜も、基板として、127mm角のコーニング1737ガラス基板上に、基板からの不純物の拡散を防止するための下地膜として、窒化珪素膜をシランとアンモニアを原料ガスに用いたプラズマCVD法により200nm以上の厚さに成膜し、熱処理を施し膜質を向上させた。

## 【0089】

更に、第二の下地膜と非晶質珪素膜とをプラズマCVD法を用いて連続成膜（前の成膜後大気に曝すことなく次の成膜を行うこと）する。第二の下地膜として、酸化珪素膜（ $\text{SiO}_x$ ）、窒化珪素膜（ $\text{SiN}_x$ ）または窒化酸化珪素膜（ $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ）を10～100nm、本実施例では酸化珪素膜を50nmを形成した。非晶質珪素膜は10～100nm、本実施例では50nmの厚さに成膜する。この膜を今後、出発膜と呼ぶ。

## 【0090】

## （膜Aの作製手順）

出発膜を、450℃の熱浴に1時間さらす。本工程は非晶質珪素膜中の水素濃度を減らすための工程である。膜中の水素が多すぎると膜がレーザーエネルギーに対して耐えきれないので本工程が必要とされる。

## 【0091】

膜内の水素の密度は $10^{20}$ 原子/cm<sup>3</sup>オーダーが適当である。この脱水素化された非晶質珪素膜を非単結晶珪素膜Aと呼ぶ。

## 【0092】

## （膜Bの作製手順）

10ppmの酢酸ニッケル水溶液が、スピンコート法により、出発膜上に塗布され、酢酸ニッケル層が形成される。酢酸ニッケル水溶液には、界面活性剤を添加するとより好ましい。酢酸ニッケル層は、極めて薄いので、膜状となっているとは限らないが、以後の工程において問題はない。

## 【0093】

次に、上記のようにして各膜が積層された基板に、600℃で4時間の熱アニールを施す。すると、非晶質珪素膜が結晶化し、結晶性珪素膜である非単結晶珪素膜Bが形成される。

## 【0094】

このとき、触媒元素であるニッケルが結晶成長の核の役割を果たし、結晶化が促進される。600℃、4時間という低温、短時間で結晶化を行うことができるのは、ニッケルの機能による。詳細については、特開平6-244104号に記載されている。

10

20

30

40

50

## 【0095】

触媒元素の濃度は、 $1 \times 10^{15} \sim 10^{19}$ 原子/cm<sup>3</sup>であると好ましい。 $10^{19}$ 原子/cm<sup>3</sup>以上の高濃度では、結晶性珪素膜に金属的性質が現れ、半導体としての特性が消滅する。本実施例において、結晶性珪素膜中の触媒元素の濃度は、 $1 \times 10^{17} \sim 10^{18}$ 原子/cm<sup>3</sup>である。これらの値は、2次イオン質量分析法(SIMS)により分析、測定したものである。

## 【0096】

(膜Cの作製手順)

出発膜の上からさらに酸化珪素膜を70nmの厚さに成膜する。成膜方法はプラズマCVD法を用いる。

10

## 【0097】

次に該酸化珪素膜の一部をフォトリソパターニング工程によって完全に開孔する。

## 【0098】

さらに、該開孔部に薄い酸化膜を形成するために酸素雰囲気中でUV光を5分間照射する。この薄い酸化膜は、後に導入するニッケル水溶液に対する上記開孔部の濡れ性改善のために形成されるものである。

## 【0099】

次に100ppmの酢酸ニッケル水溶液が、スピンコート法により、該膜上に塗布され、酢酸ニッケルが上記開孔部分に入る。酢酸ニッケル水溶液には、界面活性剤を添加するとより好ましい。

20

## 【0100】

次に、600℃で8時間の熱アニールが施され、ニッケル導入部分から横方向に結晶が成長してゆく。このとき、ニッケルが果たす役割は膜Bと同様のものである。今回の条件では横成長量として40μm程度が得られる。

## 【0101】

このようにして非晶質珪素膜が結晶化し、結晶性珪素膜である非単結晶珪素膜Cが形成される。その後、非単結晶珪素膜C上の酸化珪素膜をバッファーフッ酸を用い剥離除去する。

## 【0102】

このようにして得られる非単結晶珪素膜A、B、Cに、エキシマレーザーを用いたレーザーアニールを行う。

30

## 【0103】

図8に、本実施例におけるレーザー照射装置を示す。図8は、レーザー照射装置の概観である。

## 【0104】

図8において、レーザービームは、ビーム発生装置801から照射され、反射ミラー802によりレーザービームの進行方向を調整後、光学系803、808により、断面形状が線状に加工される。反射ミラー807は、レーザービームを反射して、被処理基板809にレーザービームを照射する。反射ミラー802の間には、レーザービームの広がり角を抑え、かつ、ビームの大きさを調整できるビームエキスパンダーを挿入してもよい。

40

## 【0105】

そして、被処理基板809を保持している照射ステージ805は、線状レーザービームの幅方向に移動することができる。

## 【0106】

本実施例における光学系803は、分割する光学系の直前に図6で示すようにスリット610を設け、入射するレーザービームの周縁部を除去し長方形にしている。

## 【0107】

このような装置を用いて以下のようなレーザービームの加工を行った。

## 【0108】

ビーム発生装置801は、ここでは、XeClエキシマレーザー(波長308nm)を発

50

振するものを用いる。他に、KrF（波長248nm）、ArF（波長193nm）、KrCl（波長222nm）等のエキシマーレーザーを用いてもよいし、Arレーザー、YAGレーザー等も用いることは可能である。。

【0109】

ビーム発生装置から射出されたレーザービームは、分割する光学系の直前ではおよそ15mm×45mmの大きさとなっている。

【0110】

分割する光学系の直前に配置したスリットは12mm×35mmであり、レーザービームの周縁部を除去し長方形とした。

【0111】

そして、長方形のレーザービームの分割する方向と垂直な端辺と、分割するシリンドリカルレンズ群のシリンドリカルレンズ同士の境界とを平行とした。

【0112】

線方向に分割するシリンドリカルレンズ群は、各シリンドリカルレンズの幅が5mmの合成石英からなるシリンドリカルレンズを7段並列に並べたシリンドリカルレンズ群を用いた。

【0113】

また、幅方向に分割するシリンドリカルレンズ群は、各シリンドリカルレンズの幅が2mmの合成石英からなるシリンドリカルレンズを6段並列に並べたシリンドリカルレンズ群を用いた。

【0114】

シリンドリカルレンズ群は、その中心が入射するレーザービームの中心と揃うように配置した。

【0115】

こうして分割されたレーザービームは、重ね合わせるための光学系を経て、被処理基板809上に幅0.1~1mm、長さ100~300mmの大きさに加工される。本実施例では、幅0.4mm、長さ135mmの大きさの線状レーザービームを得た。

【0116】

ここで、長方形のレーザービームの短辺と、シリンドリカルレンズ群の線方向の端部とを一致させた。また、長方形のレーザービームの長辺と、シリンドリカルレンズ群の幅方向の端部とを一致させた。このため、被照射面におけるレーザービームのエネルギー分布の断面形状が、長方形のレーザービームを得ることができた。

【0117】

次に、図12に示す装置の説明をする。ロード/アンロード室1205に、被処理基板809が多数枚、例えば20枚収納されたカセット1203が配置される。ロボットアーム1204により、カセット1203から一枚の基板がアライメント室1202に移動される。

【0118】

アライメント室1202には、被処理基板809とロボットアーム1204との位置関係を修正するための、アライメント機構が配置されている。

【0119】

基板は、ロボットアーム1204によって基板搬送室1201に運ばれ、さらにロボットアーム1204によって、レーザー照射室1206に移送される。

【0120】

図8において、被処理基板809上に照射される線状レーザービームは、幅0.4mm×長さ135mmである。

【0121】

被照射面におけるレーザービームのエネルギー密度は、100mJ/cm<sup>2</sup>~500mJ/cm<sup>2</sup>の範囲で、本実施例では350mJ/cm<sup>2</sup>とする。照射ステージ805を1.2mm/sで一方向に移動させながら行うことで、線状レーザービームを走査させる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 2 】

レーザーの発振周波数は30Hzとし、被照射物の一点に注目すると、10ショットのレーザービームが照射される。前記ショット数は5ショットから50ショットの範囲で適当に選ぶ。

## 【 0 1 2 3 】

レーザー照射終了後、被処理基板809はロボットアーム1204によって基板搬送室1201に引き戻される。

## 【 0 1 2 4 】

そして、被処理基板809は、ロボットアーム1204によって、ロード/アンロード室1205に移送され、カセット1203に収納される。

10

## 【 0 1 2 5 】

こうして、レーザーアニール工程が終了する。このようにして、上記工程を繰り返すことにより、多数の基板に対して、連続的に一枚ずつ処理できる。

## 【 0 1 2 6 】

図12のレーザー照射システムにおいて、装置の小スペース化のためロード/アンロード室1205は一つのチャンパーで兼ねているが、生産性を上げるためアンロード室を別に設ける構成としてもよい。

## 【 0 1 2 7 】

その場合、基板搬送室1201に第二のアライメント室を設け、第二のアライメント室に接続したアンロード室を設ける構成でも生産性は向上されるが、レーザー照射室1206に第二の基板搬送室を設け、レーザー照射終了後の被処理基板を第二の基板搬送室のロボットアームによって第二のアライメント室およびアンロード室に移送する構成であれば更に効果がある。

20

## 【 0 1 2 8 】

本実施例は線状レーザービームを用いたが、線状から正方形にいたるまでいずれのビーム形状を本発明に使用しても本発明が特徴とする効果がある。

## 【 0 1 2 9 】

このレーザー照射装置を用いて、非単結晶珪素膜A、B、Cをレーザーアニールした結果、非単結晶珪素膜Aは、基板全面に均一なレーザー結晶化された多結晶珪素膜を得ることができた。

30

## 【 0 1 3 0 】

また、非単結晶珪素膜B、Cは、基板全面の珪素膜の結晶性が向上し、レーザーアニール前に比べて高い電界効果移動度を有する多結晶珪素膜を得ることができた。

## 【 0 1 3 1 】

本実施例によって得られた多結晶珪素膜を、液晶ディスプレイのスイッチング素子として機能するTFTのソース、ドレイン、チャネル領域を含む半導体層として利用した場合、従来と比較してレーザーの加工あとが目立たないものができた。

## 【 0 1 3 2 】

## 〔実施例3〕

本実施例においては、概略長方形のレーザービームの周縁部を除去する方法として、分割する光学系であるシリンドリカルレンズ群の不規則な形状のレーザービームが入射するシリンドリカルレンズを遮光した。

40

## 【 0 1 3 3 】

実施例2に示される方法を採用すると、長方形のスリットの短辺と長辺とを、分割する各方向と平行に配置する必要があるが、配置のずれによって、分割する光学系に不規則な形状のレーザービームの入射が起こる虞がある。しかしながら、本実施例では、分割する光学系の不規則な形状のレーザービームが入射するシリンドリカルレンズを遮光するため、上記の問題を解消することができる。

## 【 0 1 3 4 】

本実施例では、実施例2のレーザー照射装置において、スリット601をはずし、シリ

50

ドリカルレンズ群の一部のシリンドリカルレンズを遮光した構成のレーザー照射装置を用いた。

【0135】

ビーム発生装置から射出されたレーザービームは、分割する光学系の直前ではおよそ15mm×45mmの大きさとなっている。

【0136】

幅方向に分割するシリンドリカルレンズ群は、各シリンドリカルレンズの幅が2mmの合成石英からなるシリンドリカルレンズを8段並列に並べたシリンドリカルレンズ群を用いた。そして、シリンドリカルレンズ群は、その中心が入射するレーザービームの中心と揃うように配置され、その両端のシリンドリカルレンズを石英製のすりガラスにより遮光して、入射するレーザービームの幅方向の周縁部を除去することができた。

10

【0137】

線方向に分割するシリンドリカルレンズ群は、各シリンドリカルレンズの幅が6mmの合成石英からなるシリンドリカルレンズを9段並列に並べたシリンドリカルレンズ群を用いた。そして、シリンドリカルレンズ群は、その中心が入射するレーザービームの中心と揃うように配置され、その両端のシリンドリカルレンズを石英製のすりガラスにより遮光して、入射するレーザービームの線方向の周縁部を除去することができた。

【0138】

このようにして、本実施例ではその分割する方向に関して、分割する光学系の幅が入射するレーザービームの幅よりも短くすることにより、周縁部の除去を行った。

20

【0139】

本実施例では、シリンドリカルレンズ群の両端のシリンドリカルレンズを遮光する構成としたが、その分割する方向に関して、シリンドリカルレンズ群の幅が入射するレーザービームの幅よりも短いシリンドリカルレンズ群を使用してもよい。その際、シリンドリカルレンズ群の周囲には、入射しなかったレーザービームを遮光するため遮光板を設けることが好ましい。また、遮光板によってシリンドリカルレンズ群を支持してもよい。

【0140】

こうして分割されたレーザービームは、重ね合わせるための光学系を経て、被処理基板上に幅400μm、長さ13.5cmの大きさに加工した。

【0141】

このレーザー照射装置を用いて、非単結晶珪素膜A、B、Cをレーザーアニールした結果、非単結晶珪素膜Aは、基板全面に均一なレーザー結晶化された多結晶珪素膜を得ることができた。

30

【0142】

また、非単結晶珪素膜B、Cは、基板全面の珪素膜の結晶性が向上し、レーザーアニール前に比べて高い電界効果移動度を有する多結晶珪素膜を得ることができた。

【0143】

本実施例によって得られた多結晶珪素膜を、液晶ディスプレイのスイッチング素子として機能するTFTのソース、ドレイン、チャネル領域を含む半導体層として利用した場合、従来と比較してレーザーの加工あとが目立たないものができた。

40

【0144】

〔実施例4〕

本実施例では、レーザービームの幅よりも短いシリンドリカルレンズ群を用いて、レーザービームを分割し、不規則な形状のレーザービームが入射するシリンドリカルレンズをなくした。

【0145】

また、本実施例のレーザー照射装置は、幅方向のビームホモジナイザーの光学系に組合せシリンドリカルレンズ群を用いてレンズの収差を減らした構成を採っている。このような構成を採ることにより、線状レーザービームの被照射面における幅方向のエネルギー分布のボケ領域を25μm以下としそのエッジを垂直に近くできる。ボケ領域とは、最大エネ

50

ルギーの 90 ~ 5 % の領域をさす。

【0146】

図 8 に、本実施例におけるレーザー照射装置を示す。図 8 は、レーザー照射装置の概観である。

【0147】

図 8 において、レーザー照射装置は、レーザービーム発生装置 801 から照射され、反射ミラー 802 によりレーザーの進行方向を調整後、光学系 803、808 により、断面形状が線状に加工される。反射ミラー 807 は、パルスレーザービームを反射して、被処理基板 809 にレーザービームを照射する。反射ミラー 802 の間には、レーザービームの広がり角を抑え、かつ、ビームの大きさを調整できるビームエキスパンダーを挿入してもよい。

10

【0148】

そして、被処理基板 809 を保持している照射ステージ 805 は、線状レーザービームの幅方向に移動することができる。

【0149】

本実施例における光学系 803、反射ミラー 807、およびシリンドリカルレンズ 808 は図 13 に示す構造である。

【0150】

図 13 において、入射したレーザービームは、シリンドリカルレンズ群 1402 により線方向に分割され、凸メニスカスシリンドリカルレンズと平凸シリンドリカルレンズとの組合せシリンドリカルレンズ群 1403 により幅方向に分割される。

20

【0151】

本実施例では、幅方向にレーザービームを分割する光学レンズとして、図 13 に示す構造を用いたが、他の組合せシリンドリカルレンズ群を用いても、非球面に加工して収差をほとんど無くしたシリンドリカルレンズ群を用いてもボケ領域を少なくすることが可能であり、エッジを垂直に近くすることができる。

【0152】

そして、トリプレットタイプの対称型レンズからなる光学レンズ 1404 により分割されたレーザービームを重ね合わせ均一化し、スリット 1405、シリンドリカルレンズ 1406 を経て、テッサタイプの対称型レンズからなる光学レンズ 1408 によりレーザービームを幅方向に関して被処理基板 1409 に重ね合わせる。

30

【0153】

本実施例では、光学レンズ 1404、1408 に対称型レンズを用いたが、他の組合せレンズを用いても、非球面レンズとして収差をほとんどなくした構成としてもよい。

【0154】

また、スリット 1405 は、必ずしも必要ではなく、線状レーザービームの幅を細く調節するときに用いた。

【0155】

このような装置を用いて以下のようなレーザービームの加工を行った。

【0156】

40

レーザービーム発生装置 1401 は、ここでは、XeCl エキシマレーザー（波長 308 nm）を発振するものを用いた。他に、KrF エキシマレーザー（波長 248 nm）、ArF（波長 193 nm）、KrCl（波長 222 nm）等を用いてもよい。

【0157】

レーザー発生装置から射出されたレーザービームの幅方向の長さはおよそ 16 mm 程度であった。該レーザービームを幅方向に分割する光学レンズに入射させる。

【0158】

光学レンズ 1403 は、各レンズの幅が 2 mm の合成石英からなるシリンドリカルレンズを 7 段並列に並べたシリンドリカルレンズ群に、同じく 2 mm 幅の合成石英からなり、凸凸面を有するシリンドリカルレンズを 7 段並列に並べたシリンドリカルレンズ群を組合せ

50

た構成を用いた。図 13 中では、光学レンズが 4 段しか記載していないが、これは図を簡略化したためである。

【0159】

上記のように光学レンズ 1403 は、入射するレーザービームの幅 16 mm よりも小さい 14 mm の幅しかなく、入射したレーザービームの端部は使用していない。

【0160】

入射したレーザービームの端部は不均一なエネルギーを有しており、均一性を高めるためにレーザービームの端部は使用しない方が好ましい。

【0161】

こうして幅方向に分割されたレーザービームは、光学レンズ 1404 および光学レンズ 1408 を経て、基板上に幅 300 ~ 1000  $\mu\text{m}$  の幅に加工される。レーザービームの幅は、光学レンズ 1404 と 1408 の間の距離を調節することで変えることができる。

【0162】

こうして加工された線状レーザービームは、幅方向に関して、レンズの収差をほとんど受けないためエネルギー分布のエッジが垂直な線状レーザービームとなる。

【0163】

本実施例において、被処理基板 809 上に照射される線状レーザービームは、幅 0.4 mm  $\times$  長さ 135 mm である。

【0164】

被照射面におけるレーザービームのエネルギー密度は、100 mJ /  $\text{cm}^2$  ~ 500 mJ /  $\text{cm}^2$  の範囲で、本実施例では 350 mJ /  $\text{cm}^2$  とした。照射ステージ 805 を 1.2 mm / s で一方向に移動させながら行うことで、線状レーザービームを走査させた。

【0165】

レーザーの発振周波数は 30 Hz とし、被照射物の一点に注目すると、10 ショットのレーザービームが照射される。前記ショット数は 5 ショットから 50 ショットの範囲で適当に選ぶ。

【0166】

こうして、レーザーアニール工程が終了する。このようにして、上記工程を繰り返すことにより、多数の基板に対して、連続的に一枚ずつ処理できる。

【0167】

本実施例は線状レーザーを用いたが、線状から正形状にいたるまでいずれのビーム形状を本発明に使用しても本発明が特徴とする効果がある。

【0168】

このレーザー照射装置を用いて、非単結晶珪素膜 A、B、C をレーザーアニールした結果、非単結晶珪素膜 A は、基板全面に均一なレーザー結晶化された多結晶珪素膜を得ることができた。

【0169】

また、非単結晶珪素膜 B、C は、基板全面の珪素膜の結晶性がさらに促進され、高い移動度を有する多結晶珪素膜を得ることができた。

【0170】

しかも、光学レンズに組合せレンズを用いることにより、TFT の特性が周期的にばらつく縞現象を防止することが可能である。従来の光学系と比較した縞の防止は、本実施例で得られた珪素膜を画素スイッチング素子に用いたアクティブマトリクス型の液晶表示装置とした際に顕著に確認することができる。

【0171】

本実施例では、光学レンズ 1404、1408 に対称型レンズを用いたが、他の組合せレンズを用いても、非球面レンズとして収差をほとんどなくした構成としてもよい。

【0172】

本実施例では、光学レンズ 1404 および 1408 に組合せレンズを用いて、収差を減らしたが、光学レンズ 1408 のみを組合せレンズとし、光学レンズ 1404 にはシリン

10

20

30

40

50



リカルレンズ単体としても縞形成を緩和することが可能であった。

【0173】

上記レーザーアニールされた珪素膜を活性層とするTFTを作製すると、Nチャネル型、Pチャネル型、いずれも作製できる。

【0174】

また、Nチャネル型とPチャネル型とを組み合わせた構造も得ることが可能である。また、多数のTFTを集積化して電気回路を構成することもできる。

【0175】

上記非単結晶珪素膜A、B、Cは、平坦なガラス基板に設けられているが、非単結晶珪素膜A、B、Cの被形成面が配線などにより凹凸形状であっても本レーザーアニールは有効である。

10

【0176】

本発明の光学系を介してレーザーアニールされた半導体膜を利用して、TFTを有する液晶ディスプレイを作製した場合、個々のTFT特性のパラッキの少ない高画質なものが得られる。

【0177】

以上のことは、他の実施例で示した光学系を介してレーザーアニールされた半導体膜についてもいえる。

【0178】

〔実施例5〕

20

本実施例では、1cm×1cmの正形状に加工したレーザービームを用いて、非単結晶珪素膜A、B、Cをレーザーアニールする。

【0179】

正形状に加工するための光学系を図14に示す。入射レーザービーム1301の向きは、シリンドリカルレンズ群1302および1303に対して垂直であることが好ましい。

【0180】

入射レーザービーム1301は、シリンドリカルレンズ群1302によってX軸方向に分割され、シリンドリカルレンズ群1303によってY軸方向（X軸方向とY軸方向は線状レーザービームと言う線方向と幅方向に対応している）に分割される。

【0181】

30

そして、分割されたレーザービームは、シリンドリカルレンズ1306によってX軸方向に関して被処理面1309で重ね合わされ、シリンドリカルレンズ1304によってY軸方向に関して被処理面1309で重ね合わされる。

【0182】

また、本実施例で使用するレーザー処理装置は、照射ステージがX軸方向およびY軸方向の2方向に移動する手段を有している。

【0183】

以上の光学系を用いて、レーザービームを被処理基板で10×10mmの正形状に加工し、非単結晶珪素膜A、B、Cをレーザーアニールする。被照射面におけるレーザービームのエネルギー密度は350mJ/cm<sup>2</sup>とした。

40

【0184】

その結果、非単結晶珪素膜Aは、基板全面をほぼ均一にレーザー結晶化された多結晶珪素膜を得ることができた。

【0185】

また、非単結晶珪素膜B、Cは、基板全面の珪素膜の結晶性が向上し、レーザーアニール前に比べて高い電界効果移動度を有する多結晶珪素膜を得ることができた。

【0186】

〔実施例6〕

本発明の実施例について図15～図18を用いて説明する。ここでは、実施例1ないし3において得られた半導体膜を利用する液晶表示装置の画素部とその周辺に設けられる駆動

50

回路を同時に作製する方法について説明する。但し、説明を簡単にするために、駆動回路に関しては、シフトレジスタ回路、パッファ回路等の基本回路であるCMOS回路と、サンプリング回路を形成するnチャネル型TFTとを図示することとする。

【0187】

図15(A)において、基板3101には、ガラス基板や石英基板を使用することが望ましい。その他にもシリコン基板、金属基板またはステンレス基板の表面に絶縁膜を形成したものを基板としても良い。耐熱性が許せばプラスチック基板を用いることも可能である。

【0188】

そして、基板3101のTFTが形成される表面には、珪素(シリコン)を含む絶縁膜(本実施例中では酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、または窒化酸化シリコン膜の総称を指す)からなる下地膜3102をプラズマCVD法やスパッタ法で100~400nmの厚さに形成する。なお、本実施例中において窒化酸化シリコン膜とはSiOxNyで表される絶縁膜であり、珪素、酸素、窒素を所定の割合で含む絶縁膜を指す。

【0189】

本実施例では、下地膜3102として、窒化酸化シリコン膜を25~100nm、ここでは50nmの厚さに、酸化シリコン膜を50~300nm、ここでは150nmの厚さとした2層構造で形成した。下地膜3101は基板からの不純物汚染を防ぐために設けられるものであり、石英基板を用いた場合には必ずしも設けなくても良い。

【0190】

次に下地膜3101の上に20~100nmの厚さの、非晶質構造を含む半導体膜(本実施例では非晶質シリコン膜(図示せず))を公知の成膜法で形成した。なお、非晶質構造を含む半導体膜としては、非晶質半導体膜、微結晶半導体膜があり、さらに非晶質シリコンゲルマニウム膜などの非晶質構造を含む化合物半導体膜も含まれる。

【0191】

そして、特開平7-130652号公報(USP5,643,826号に対応)に記載された技術に従って、結晶構造を含む半導体膜(本実施例では結晶質シリコン膜)3102を形成した。同公報記載の技術は、非晶質シリコン膜の結晶化に際して、結晶化を助長する触媒元素(ニッケル、コバルト、ゲルマニウム、錫、鉛、パラジウム、鉄、銅から選ばれた一種または複数種の元素、代表的にはニッケル)を用いる結晶化手段である。

【0192】

具体的には、非晶質シリコン膜表面に触媒元素を保持させた状態で加熱処理を行い、非晶質シリコン膜を結晶質シリコン膜に変化させるものである。本実施例では同公報の実施例1に記載された技術を用いるが、実施例2に記載された技術を用いても良い。なお、結晶質シリコン膜には、いわゆる単結晶シリコン膜も多結晶シリコン膜も含まれるが、本実施例で形成される結晶質シリコン膜は結晶粒界を有するシリコン膜である。(図15(A))

【0193】

非晶質シリコン膜は含有水素量にもよるが、好ましくは400~550 で数時間加熱して脱水素処理を行い、含有水素量を5atom%以下として、結晶化の工程を行うことが望ましい。また、非晶質シリコン膜をスパッタ法や蒸着法などの他の作製方法で形成しても良いが、膜中に含まれる酸素、窒素などの不純物元素を十分低減させておくことが望ましい。

【0194】

ここでは、下地膜と非晶質シリコン膜とは、同じ成膜法で形成することが可能であるので両者を連続形成しても良い。下地膜を形成後、一旦大気雰囲気さらされないようにすることで表面の汚染を防ぐことが可能となり、作製されるTFTの特性バラツキを低減させることができる。

【0195】

次に、実施例1ないし3に示す方法で結晶質シリコン膜3102に対してレーザーアニー

10

20

30

40

50

ルを施して結晶性の改善された結晶質シリコン膜 3 1 0 3 を形成する。レーザー光としては、パルス発振型または連続発振型のエキシマレーザー光が望ましいが、連続発振型のアルゴンレーザー光でも良い。(図 1 5 ( B ) )

#### 【 0 1 9 6 】

本実施例では、実施例 2 で示す光学系を用いてパルス発振型エキシマレーザー光を線状に加工してレーザーアニール工程を行った。レーザーアニール条件は、励起ガスとして X e C l ガスを用い、処理温度を室温、パルス発振周波数を 3 0 H z とし、レーザーエネルギー密度を 2 5 0 ~ 5 0 0 mJ/cm<sup>2</sup> ( 代表的には 3 5 0 ~ 4 0 0 mJ/cm<sup>2</sup> ) とした。

#### 【 0 1 9 7 】

上記条件で行われたレーザーアニール工程は、熱結晶化後に残存した非晶質領域を完全に結晶化すると共に、既に結晶化された結晶質領域の欠陥等を低減する効果を有する。そのため、本工程は光アニールにより半導体膜の結晶性を改善する工程、または半導体膜の結晶化を助長する工程と呼ぶこともできる。このような効果はレーザーアニールの条件を最適化することによっても得ることが可能である。本実施例中ではこのような条件を第 1 アニール条件と呼ぶことにする。

#### 【 0 1 9 8 】

次に、結晶質シリコン膜 3 1 0 3 上に後の不純物添加時のために保護膜 3 1 0 4 を形成した。保護膜 3 1 0 4 は 1 0 0 ~ 2 0 0 n m ( 好ましくは 1 3 0 ~ 1 7 0 n m ) の厚さの窒化酸化シリコン膜または酸化シリコン膜を用いた。この保護膜 3 1 0 4 は不純物添加時に結晶質シリコン膜が直接プラズマに曝されないようにするためと、微妙な濃度制御を可能にするための意味がある。

#### 【 0 1 9 9 】

そして、その上にレジストマスク 3 1 0 5 を形成し、保護膜 3 1 0 4 を介して p 型を付与する不純物元素 ( 以下、p 型不純物元素という ) を添加した。p 型不純物元素としては、代表的には 1 3 族に属する元素、典型的にはボロンまたはガリウムを用いることができる。この工程 ( チャネルドープ工程という ) は T F T のしきい値電圧を制御するための工程である。なお、ここではジボラン ( B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ) を質量分離しないでプラズマ励起したイオンドープ法でボロンを添加した。勿論、質量分離を行うイオンインプランテーション法を用いても良い。

#### 【 0 2 0 0 】

この工程により  $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup> ( 代表的には  $5 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17}$  atoms/cm<sup>3</sup> ) の濃度で p 型不純物元素 ( 本実施例ではボロン ) を含む不純物領域 3 1 0 6 を形成した。なお、本実施例中では少なくとも上記濃度範囲で p 型不純物元素を含む不純物領域を p 型不純物領域 ( b ) と定義する。(図 1 5 ( C ) )

#### 【 0 2 0 1 】

次に、レジストマスク 3 1 0 5 を除去し、新たにレジストマスク 3 1 0 7 ~ 3 1 1 0 を形成した。そして、n 型を付与する不純物元素 ( 以下、n 型不純物元素という ) を添加して n 型を呈する不純物領域 3 1 1 1 ~ 3 1 1 3 を形成した。なお、n 型不純物元素としては、代表的には 1 5 族に属する元素、典型的にはリンまたは砒素を用いることができる。(図 1 5 ( D ) )

#### 【 0 2 0 2 】

この低濃度不純物領域 3 1 1 1 ~ 3 1 1 3 は、後に C M O S 回路およびサンプリング回路の n チャネル型 T F T において、L D D 領域として機能させるための不純物領域である。なお、ここで形成された不純物領域には n 型不純物元素が  $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19}$  atoms/cm<sup>3</sup> ( 代表的には  $5 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup> ) の濃度で含まれている。本実施例中では上記濃度範囲で n 型不純物元素を含む不純物領域を n 型不純物領域 ( b ) と定義する。

#### 【 0 2 0 3 】

なお、ここではフォスフィン ( P H<sub>3</sub> ) を質量分離しないでプラズマ励起したイオンドープ法でリンを  $1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup> の濃度で添加した。勿論、質量分離を行うイオンイン

10

20

30

40

50

プランテーション法を用いても良い。この工程では、保護膜 3 1 0 7 を介して結晶質シリコン膜にリンを添加した。

#### 【 0 2 0 4 】

次に、保護膜 3 1 0 4 を除去し、再び実施例 1 ないし 3 に示す方法でレーザービームの照射工程を行う。本実施例では、実施例 2 で示す光学系を用いてレーザーアニールを行った。レーザービームとしては、パルス発振型または連続発振型のエキシマレーザー光が望ましいが、連続発振型のアルゴンレーザー光でも良い。但し、添加された不純物元素の活性化が目的であるので、結晶質シリコン膜が溶融しない程度のエネルギーで照射することが好ましい。また、保護膜 3 1 0 4 をつけたままレーザーアニール工程を行うことも可能である。(図 1 5 ( E ) )

10

#### 【 0 2 0 5 】

本実施例では、パルス発振型エキシマレーザー光を線状に加工してレーザーアニール工程を行った。レーザーアニール条件は、励起ガスとして K r F ガスを用い、処理温度を室温、パルス発振周波数を 3 0 H z とし、レーザーエネルギー密度を 1 0 0 ~ 3 0 0 mJ/cm<sup>2</sup> ( 代表的には 1 5 0 ~ 2 5 0 mJ/cm<sup>2</sup> ) とした。

#### 【 0 2 0 6 】

上記条件で行われたレーザーアニール工程は、添加された n 型または p 型を付与する不純物元素を活性化すると共に、不純物元素の添加時に非晶質化した半導体膜を再結晶化する効果を有する。なお、上記条件は半導体膜を溶融させることなく原子配列の整合性をとり、且つ、不純物元素を活性化することが好ましい。また、本工程はレーザーアニールにより n 型または p 型を付与する不純物元素を活性化する工程、半導体膜を再結晶化する工程、またはそれらを同時に行う工程と呼ぶこともできる。本実施例中ではこのような条件を第 2 アニール条件と呼ぶことにする。

20

#### 【 0 2 0 7 】

この工程により n 型不純物領域 ( b ) 3 1 1 1 ~ 3 1 1 3 の境界部、即ち、n 型不純物領域 ( b ) の周囲に存在する真性な領域 ( p 型不純物領域 ( b ) も実質的に真性とみなす ) との接合部が明確になる。このことは、後に T F T が完成した時点において、L D D 領域とチャネル形成領域とが非常に良好な接合部を形成しうることを意味する。

#### 【 0 2 0 8 】

なお、このレーザービームによる不純物元素の活性化に際して、熱処理による活性化を併用しても構わない。熱処理による活性化を行う場合は、基板の耐熱性を考慮して 4 5 0 ~ 5 5 0 程度の熱処理を行えば良い。

30

#### 【 0 2 0 9 】

次に、結晶質シリコン膜の不要な部分を除去して、島状の半導体膜 ( 以下、活性層という ) 3 1 1 4 ~ 3 1 1 7 を形成した。(図 1 5 ( F ) )

#### 【 0 2 1 0 】

次に、活性層 3 1 1 4 ~ 3 1 1 7 を覆ってゲート絶縁膜 3 1 1 8 を形成した。ゲート絶縁膜 3 1 1 8 は、1 0 ~ 2 0 0 n m、好ましくは 5 0 ~ 1 5 0 n m の厚さに形成すれば良い。本実施例では、プラズマ C V D 法で N<sub>2</sub>O と S i H<sub>4</sub> を原料とした窒化酸化シリコン膜を 1 1 5 n m の厚さに形成した。(図 1 6 ( A ) )

40

#### 【 0 2 1 1 】

次に、ゲート配線となる導電膜を形成した。なお、ゲート配線は単層の導電膜で形成しても良いが、必要に応じて二層、三層といった積層膜とすることが好ましい。本実施例では、第 1 導電膜 3 1 1 9 と第 2 導電膜 3 1 2 0 とでなる積層膜を形成した。(図 1 6 ( B ) )

#### 【 0 2 1 2 】

ここで第 1 導電膜 3 1 1 9、第 2 導電膜 3 1 2 0 としては、タンタル ( T a )、チタン ( T i )、モリブデン ( M o )、タングステン ( W )、クロム ( C r )、シリコン ( S i ) から選ばれた元素、または前記元素を主成分とする導電膜 ( 代表的には窒化タンタル膜、窒化タングステン膜、窒化チタン膜 )、または前記元素を組み合わせた合金膜 ( 代表的に

50

はMo-W合金、Mo-Ta合金)を用いることができる。

【0213】

なお、第1導電膜3119は10~50nm(好ましくは20~30nm)とし、第2導電膜3120は200~400nm(好ましくは250~350nm)とすれば良い。本実施例では、第1導電膜3119として、50nm厚の窒化タングステン(WN)膜を、第2導電膜3120として、350nm厚のタングステン膜を用いた。

【0214】

なお、図示しないが、第1導電膜3119の下にシリコン膜を2~20nm程度の厚さで形成しておくことは有効である。これによりその上に形成される導電膜の密着性の向上と、酸化防止を図ることができる。

【0215】

次に、第1導電膜3119と第2導電膜3120とを一括でエッチングして400nm厚のゲート配線3121~3124を形成した。この時、駆動回路に形成されるゲート配線3122、3123はn型不純物領域(b)3111~3113の一部とゲート絶縁膜を介して重なるように形成した。この重なった部分が後にLov領域となる。なお、ゲート配線3124は断面では二つに見えるが、実際は連続的に繋がった一つのパターンから形成されている。(図16(C))

【0216】

次に、ゲート配線3121~3124をマスクとして自己整合的にn型不純物元素(本実施例ではリン)を添加した。こうして形成された不純物領域3125~33130には前記n型不純物領域(b)の1/2~1/10(代表的には1/3~1/4)の濃度(但し、前述のチャネルドープ工程で添加されたボロン濃度よりも5~10倍高い濃度、代表的には $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 、典型的には $3 \times 10^{17} \sim 3 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 、)でリンが添加されるように調節した。なお、本実施例中では上記濃度範囲でn型不純物元素を含む不純物領域をn型不純物領域(c)と定義する。(図16(D))

【0217】

なお、この工程ではゲート配線で隠された部分を除いて全てのn型不純物領域(b)にも $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ の濃度でリンが添加されているが、非常に低濃度であるためn型不純物領域(b)としての機能には影響を与えない。また、n型不純物領域(b)3127~3130には既にチャネルドープ工程で $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ の濃度のボロンが添加されているが、この工程ではp型不純物領域(b)に含まれるボロンの5~10倍の濃度でリンが添加されるので、この場合もボロンはn型不純物領域(b)の機能には影響を与えないと考えて良い。

【0218】

但し、厳密にはn型不純物領域(b)3111~3113のうちゲート配線に重なった部分のリン濃度が $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ のままであるのに対し、ゲート配線に重ならない部分はそれに $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ の濃度のリンが加わっており、若干高い濃度でリンを含むことになる。

【0219】

次に、ゲート配線3121~3124をマスクとして自己整合的にゲート絶縁膜3118をエッチングした。エッチングはドライエッチング法を用い、エッチングガスとしては $\text{CHF}_3$ ガスを用いた。但し、エッチングガスはこれに限定する必要はない。こうしてゲート配線下にゲート絶縁膜3131~3134が形成された。(図16(E))

【0220】

このように活性層を露呈させることによって、次に不純物元素の添加工程を行う際に加速電圧を低くすることができる。そのため、また必要なドーズ量が少なく済むのでスループットが向上する。勿論、ゲート絶縁膜をエッチングしないで残し、スルードーピングによって不純物領域を形成しても良い。

【0221】

次に、ゲート配線を覆う形でレジストマスク3135~3138を形成し、n型不純物元

10

20

30

40

50

素（本実施例ではリン）を添加して高濃度にリンを含む不純物領域 3 1 3 9 ~ 3 1 4 7 を形成した。ここでも、フォスフィン（ $\text{PH}_3$ ）を用いたイオンドープ法（勿論、イオンインプランテーション法でも良い）で行い、この領域のリンの濃度は  $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{atoms/cm}^3$ （代表的には  $2 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21} \text{atoms/cm}^3$ ）とした。（図 1 6（F））

#### 【0 2 2 2】

なお、本実施例中では上記濃度範囲で n 型不純物元素を含む不純物領域を n 型不純物領域（a）と定義する。また、不純物領域 3 1 3 9 ~ 3 1 4 7 が形成された領域には既に前工程で添加されたリンまたはボロンが含まれるが、十分に高い濃度でリンが添加されることになるので、前工程で添加されたリンまたはボロンの影響は考えなくて良い。従って、本実施例中では不純物領域 3 1 3 9 ~ 3 1 4 7 は n 型不純物領域（a）と言い換えても構わない。

10

#### 【0 2 2 3】

次に、レジストマスク 3 1 3 5 ~ 3 1 3 9 を除去し、新たにレジストマスク 3 1 4 8 を形成した。そして、p 型不純物元素（本実施例ではボロン）を添加し、高濃度にボロンを含む不純物領域 3 1 4 9、3 1 5 0 を形成した。ここではジボラン（ $\text{B}_2\text{H}_6$ ）を用いたイオンドープ法（勿論、イオンインプランテーション法でも良い）により  $3 \times 10^{20} \sim 3 \times 10^{21} \text{atoms/cm}^3$ （代表的には  $5 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{atoms/cm}^3$ ）濃度でボロンを添加した。なお、本実施例中では上記濃度範囲で p 型不純物元素を含む不純物領域を p 型不純物領域（a）と定義する。（図 1 7（A））

#### 【0 2 2 4】

20

なお、不純物領域 3 1 4 9、3 1 5 0 の一部（前述の n 型不純物領域（a）3 1 3 9、3 1 4 0）には既に  $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{atoms/cm}^3$  の濃度でリンが添加されているが、ここで添加されるボロンはその少なくとも 3 倍以上の濃度で添加される。そのため、予め形成されていた n 型の不純物領域は完全に P 型に反転し、P 型の不純物領域として機能する。従って、本実施例中では不純物領域 3 1 4 9、3 1 5 0 を p 型不純物領域（a）と言い換えても構わない。

#### 【0 2 2 5】

次に、レジストマスク 3 1 4 8 を除去した後、第 1 層間絶縁膜 3 1 5 1 を形成した。第 1 層間絶縁膜 3 1 5 1 としては、珪素を含む絶縁膜、具体的には窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜またはそれらを組み合わせた積層膜で形成すれば良い。また、膜厚は  $100 \sim 400 \text{nm}$  とすれば良い。本実施例では、プラズマ CVD 法で  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$  を原料ガスとし、 $200 \text{nm}$  厚の窒化酸化シリコン膜（但し窒素濃度が  $5 \sim 50 \text{atomic}\%$ ）を用いた。

30

#### 【0 2 2 6】

その後、それぞれの濃度で添加された n 型または p 型不純物元素を活性化するために熱処理工程を行った。この工程はファーネスアニール法、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法（RTA 法）で行うことができる。ここではファーネスアニール法で活性化工程を行ったが、実施例 1 ないし 3 に示すレーザーアニールを用いても有効である。加熱処理は、窒素雰囲気中において  $300 \sim 650$ 、好ましくは  $400 \sim 550$ 、ここでは  $550$ 、4 時間の熱処理を行った。（図 1 7（B））

40

#### 【0 2 2 7】

この時、本実施例において非晶質シリコン膜の結晶化に用いた触媒元素（本実施例ではニッケル）が、矢印で示す方向に移動して、前述の図 1 6（F）の工程で形成された高濃度にリンを含む領域に捕獲（ゲッターリング）された。これはリンによる金属元素のゲッターリング効果に起因する現象であり、この結果、後のチャネル形成領域 3 1 5 2 ~ 3 1 5 6 は前記触媒元素の濃度が  $1 \times 10^{17} \text{atoms/cm}^3$  以下（好ましくは  $1 \times 10^{16} \text{atoms/cm}^3$  以下）となった。

#### 【0 2 2 8】

また逆に、触媒元素のゲッターリングサイトとなった領域（図 1 6（F）の工程で不純物領域 3 1 3 9 ~ 3 1 4 7 が形成された領域）は高濃度に触媒元素が偏析して  $5 \times 10^{18} \text{atom}$

50

s/cm<sup>3</sup>以上（代表的には  $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup>）濃度で存在するようになった。

【0229】

さらに、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～450 で1～12時間の熱処理を行い、活性層を水素化する工程を行った。この工程は熱的に励起された水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）を行っても良い。

【0230】

活性化工程を終えたら、第1層間絶縁膜3151の上に500nm～1.5μm厚の第2層間絶縁膜3157を形成した。本実施例では第2層間絶縁膜3157として800nm厚の酸化シリコン膜をプラズマCVD法により形成した。こうして第1層間絶縁膜（窒化酸化シリコン膜）3151と第2層間絶縁膜（酸化シリコン膜）3157との積層膜でなる1μm厚の層間絶縁膜を形成した。

10

【0231】

なお、第2層間絶縁膜3157として、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、BCB（ベンゾシクロブテン）等の有機樹脂膜を用いることも可能である。

【0232】

その後、それぞれのTFTのソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールが形成され、ソース配線3158～3161と、ドレイン配線3162～3165を形成した。なお、図示されていないがCMOS回路を形成するためにドレイン配線3162、3163は同一配線として接続されている。また、図示していないが、本実施例ではこの電極を、Ti膜を100nm、Tiを含むアルミニウム膜300nm、Ti膜150nmをスパッタ法で連続して形成した3層構造の積層膜とした。

20

【0233】

次に、パッシベーション膜3166として、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、または窒化酸化シリコン膜で50～500nm（代表的には200～300nm）の厚さで形成した。この時、本実施例では膜の形成に先立ってH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>等水素を含むガスを用いてプラズマ処理を行い、成膜後に熱処理を行った。この前処理により励起された水素が第1、第2層間絶縁膜中に供給される。この状態で熱処理を行うことで、パッシベーション膜3166の膜質を改善するとともに、第1、第2層間絶縁膜中に添加された水素が下層側に拡散するため、効果的に活性層を水素化することができた。

30

【0234】

また、パッシベーション膜3166を形成した後に、さらに水素化工程を行っても良い。例えば、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～450 で1～12時間の熱処理を行うと良く、あるいはプラズマ水素化法を用いても同様の効果が得られた。なお、ここで後に画素電極とドレイン配線を接続するためのコンタクトホールを形成する位置において、パッシベーション膜3166に開口部を形成しておいても良い。

【0235】

その後、有機樹脂からなる第3層間絶縁膜3167を約1μmの厚さに形成した。有機樹脂としては、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、BCB（ベンゾシクロブテン）等を使用することができる。有機樹脂膜を用いることの利点は、成膜方法が簡単である点や、比誘電率が低いので、寄生容量を低減できる点、平坦性に優れる点などが上げられる。なお上述した以外の有機樹脂膜や有機系SiO化合物などを用いることもできる。ここでは、基板に塗布後、熱重合するタイプのポリイミドを用い、300 で焼成して形成した。

40

【0236】

次に、画素部となる領域において、第3層間絶縁膜3167上に遮蔽膜3168を形成した。なお、本実施例中では光と電磁波を遮るという意味で遮蔽膜という文言を用いる。

【0237】

遮蔽膜3168はアルミニウム（Al）、チタン（Ti）、タンタル（Ta）から選ばれ

50

た元素でなる膜またはいずれかの元素を主成分とする膜で100～300nmの厚さに形成した。本実施例では1wt%のチタンを含有させたアルミニウム膜を125nmの厚さに形成した。

#### 【0238】

なお、第3層間絶縁膜3167上に酸化シリコン膜等の絶縁膜を5～50nm形成しておくと、この上に形成する遮蔽膜の密着性を高めることができた。また、有機樹脂で形成した第3層間絶縁膜3167の表面にCF<sub>4</sub>ガスを用いたプラズマ処理を施すと、表面改質により膜上に形成する遮蔽膜の密着性を向上させることができた。

#### 【0239】

また、このチタンを含有させたアルミニウム膜を用いて、遮蔽膜だけでなく他の接続配線を形成することも可能である。例えば、駆動回路内で回路間をつなぐ接続配線を形成できる。但し、その場合は遮蔽膜または接続配線を形成する材料を成膜する前に、予め第3層間絶縁膜にコンタクトホールを形成しておく必要がある。

#### 【0240】

次に、遮蔽膜3168の表面に陽極酸化法またはプラズマ酸化法（本実施例では陽極酸化法）により20～100nm（好ましくは30～50nm）の厚さの酸化物3169を形成した。本実施例では遮蔽膜3168としてアルミニウムを主成分とする膜を用いたため、陽極酸化物3169として酸化アルミニウム膜（アルミナ膜）が形成された。

#### 【0241】

この陽極酸化処理に際して、まず十分にアルカリイオン濃度の小さい酒石酸エチレングリコール溶液を作製した。これは15%の酒石酸アンモニウム水溶液とエチレングリコールとを2：8で混合した溶液であり、これにアンモニア水を加え、pHが7±0.5となるように調節した。そして、この溶液中に陰極となる白金電極を設け、遮蔽膜3164が形成されている基板を溶液に浸し、遮蔽膜3168を陽極として、一定（数mA～数十mA）の直流電流を流した。

#### 【0242】

溶液中の陰極と陽極との間の電圧は陽極酸化物の成長に従い時間と共に変化するが、定電流のまま100V/minの昇圧レートで電圧を上昇させて、到達電圧45Vに達したところで陽極酸化処理を終了させた。このようにして遮蔽膜3168の表面には厚さ約50nmの陽極酸化物3169を形成することができた。また、その結果、遮蔽膜3168の膜厚は90nmとなった。なお、ここで示した陽極酸化法に係わる数値は一例にすぎず、作製する素子の大きさ等によって当然最適値は変化しうるものである。

#### 【0243】

また、ここでは陽極酸化法を用いて遮蔽膜表面のみに絶縁膜を設ける構成としたが、絶縁膜をプラズマCVD法、熱CVD法またはスパッタ法などの気相法によって形成しても良い。その場合も膜厚は20～100nm（好ましくは30～50nm）とすることが好ましい。また、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、DLC（Diamond like carbon）膜または有機樹脂膜を用いても良い。さらに、これらを組み合わせた積層膜を用いても良い。

#### 【0244】

次に、第3層間絶縁膜3167、パッシベーション膜3166にドレイン配線3165に達するコンタクトホールを形成し、画素電極3170を形成した。なお、画素電極3171、3172はそれぞれ隣接する別の画素の画素電極である。画素電極3170～3172は、透過型液晶表示装置とする場合には透明導電膜を用い、反射型の液晶表示装置とする場合には金属膜を用いれば良い。ここでは透過型の液晶表示装置とするために、酸化インジウム・スズ（ITO）膜を110nmの厚さにスパッタ法で形成した。

#### 【0245】

また、この時、画素電極3170と遮蔽膜3168とが陽極酸化物3169を介して重なり、保持容量（キャパシタンス・ストレージ）3173を形成した。なお、この場合、遮蔽膜3168をフローティング状態（電氣的に孤立した状態）か固定電位、好ましくはコ

10

20

30

40

50



モン電位（データとして送られる画像信号の中間電位）に設定しておくことが望ましい。

【0246】

こうして同一基板上に、駆動回路と画素部とを有したアクティブマトリクス基板が完成した。なお、図17(C)においては、駆動回路にはpチャネル型TFT3301、nチャネル型TFT3302、3303が形成され、画素部にはnチャネル型TFTでなる画素TFT3304が形成された。

【0247】

駆動回路のpチャネル型TFT3301には、チャネル形成領域3201、ソース領域3202、ドレイン領域3203がそれぞれp型不純物領域(a)で形成された。但し、実際にはソース領域またはドレイン領域の一部に $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度でリンを含む領域が存在する。また、その領域には図17(B)の工程でゲッターリングされた触媒元素が $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上（代表的には $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ ）濃度で存在する。

10

【0248】

また、nチャネル型TFT3302には、チャネル形成領域3204、ソース領域3205、ドレイン領域3206、そしてチャネル形成領域の片側（ドレイン領域側）に、ゲート絶縁膜を介してゲート配線と重なった領域（本実施例中ではこのような領域をLov領域という。なお、ovはoverlapの意味で付した。）3207が形成された。この時、Lov領域3207は $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度でリンを含み、且つ、ゲート配線と全部重なるように形成された。

20

【0249】

また、nチャネル型TFT2303には、チャネル形成領域2208、ソース領域2209、ドレイン領域2210、そしてチャネル形成領域の両側にLDD領域2211、2212が形成された。なお、この構造ではLDD領域2211、2212の一部がゲート配線と重なるように配置されたために、ゲート絶縁膜を介してゲート配線と重なった領域（Lov領域）とゲート配線と重ならない領域（本実施例中ではこのような領域をLoff領域という。なお、offはoffsetの意味で付した。）が実現されている。

【0250】

ここで図19に示す断面図は図17(C)に示したnチャネル型TFT3303を図17(B)の工程まで作製した状態を示す拡大図である。ここに示すように、LDD領域3211はさらにLov領域3211a、Loff領域3211bに区別できる。また、前述のLov領域3211aには $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度でリンが含まれるが、Loff領域3211bはその1～2倍（代表的には1.2～1.5倍）の濃度でリンが含まれる。

30

【0251】

また、画素TFT3304には、チャネル形成領域3213、3214、ソース領域3215、ドレイン領域3216、Loff領域3217～3220、Loff領域3218、3219に接したn型不純物領域(a)3221が形成された。この時、ソース領域3215、ドレイン領域3216はそれぞれn型不純物領域(a)で形成され、Loff領域3217～3220はn型不純物領域(c)で形成された。

40

【0252】

本実施例では、画素部および駆動回路が要求する回路仕様に依じて各回路を形成するTFTの構造を最適化し、半導体装置の動作性能および信頼性を向上させることができた。具体的には、nチャネル型TFTは回路仕様に依じてLDD領域の配置を異ならせ、Lov領域またはLoff領域を使い分けることによって、同一基板上に高速動作またはホットキャリア対策を重視したTFT構造と低オフ電流動作を重視したTFT構造とを実現した。

【0253】

例えば、アクティブマトリクス型液晶表示装置の場合、nチャネル型TFT3302は高速動作を重視するシフトレジスタ回路、分周波回路、信号分割回路、レベルシフト回路、バッファ回路などの駆動回路に適している。即ち、チャネル形成領域の片側（ドレイン領

50

域側)のみにL<sub>ov</sub>領域を配置することで、できるだけ抵抗成分を低減させつつホットキャリア対策を重視した構造となっている。これは上記回路群の場合、ソース領域とドレイン領域の機能が変わらず、キャリア(電子)の移動する方向が一定だからである。但し、必要に応じてチャンネル形成領域の両側にL<sub>ov</sub>領域を配置することもできる。

【0254】

また、nチャンネル型TFT3303はホットキャリア対策と低オフ電流動作の双方を重視するサンプリング回路(サンプルホールド回路)に適している。即ち、L<sub>ov</sub>領域を配置することでホットキャリア対策とし、さらにL<sub>off</sub>領域を配置することで低オフ電流動作を実現した。また、サンプリング回路はソース領域とドレイン領域の機能が反転してキャリアの移動方向が180°変わるため、ゲート配線を中心に線対称となるような構造としなければならない。なお、場合によってはL<sub>ov</sub>領域のみとすることもありうる。

10

【0255】

また、nチャンネル型TFT3304は低オフ電流動作を重視した画素部、サンプリング回路(サンプルホールド回路)に適している。即ち、オフ電流値を増加させる要因となりうるL<sub>ov</sub>領域を配置せず、L<sub>off</sub>領域のみを配置することで低オフ電流動作を実現している。また、駆動回路のLDD領域よりも低い濃度のLDD領域をL<sub>off</sub>領域として用いることで、多少オン電流値が低下しても徹底的にオフ電流値を低減する対策を打っている。さらに、n型不純物領域(a)3221はオフ電流値を低減する上で非常に有効であることが確認されている。

【0256】

20

また、チャンネル長3~7μmに対してnチャンネル型TFT3302のL<sub>ov</sub>領域3207の長さ(幅)は0.5~3.0μm、代表的には1.0~1.5μmとすれば良い。また、nチャンネル型TFT2303のL<sub>ov</sub>領域3211a、3212aの長さ(幅)は0.5~3.0μm、代表的には1.0~1.5μm、L<sub>off</sub>領域3211b、3212bの長さ(幅)は1.0~3.5μm、代表的には1.5~2.0μmとすれば良い。また、画素TFT3304に設けられるL<sub>off</sub>領域3217~3220の長さ(幅)は0.5~3.5μm、代表的には2.0~2.5μmとすれば良い。

【0257】

さらに、pチャンネル型TFT3301は自己整合(セルフアライン)的に形成され、nチャンネル型TFT3302~3304は非自己整合(ノンセルフアライン)的に形成されている点も本発明の特徴の一つである。

30

【0258】

また、本実施例では保持容量の誘電体として比誘電率が7~9と高いアルミナ膜を用いたことで、必要な容量を形成するための面積を少なくすることを可能とした。さらに、本実施例のように画素TFT上に形成される遮蔽膜を保持容量の一方の電極とすることで、アクティブマトリクス型液晶表示装置の画像表示部の開口率を向上させることができた。

【0259】

なお、本発明は本実施例に示した保持容量の構造に限定される必要はない。例えば、本出願人による特願平9-316567号出願や特願平10-254097号出願に記載された保持容量の構造を用いることもできる。

40

【0260】

図18に示すように、図17(C)の状態の基板に対し、配向膜3401を形成した。本実施例では配向膜としてポリイミド膜を用いた。また、対向基板3402には、透明導電膜3403と、配向膜3404とを形成した。なお、対向基板には必要に応じてカラーフィルターや遮蔽膜を形成しても良い。

【0261】

次に、配向膜を形成した後、ラビング処理を施して液晶分子がある一定のプレチルト角を持って配向するようにした。そして、画素部と、駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とを、公知のセル組み工程によってシール材やスペーサ(共に図示せず)などを介して貼りあわせた。その後、両基板の間に液晶3405を注入し、封止剤(

50

図示せず)によって完全に封止した。液晶には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図18に示すアクティブマトリクス型液晶表示装置が完成した。

【0262】

次に、このアクティブマトリクス型液晶表示装置の構成を、図20の斜視図を用いて説明する。尚、図20は、図15～図17の断面構造図と対応付けるため、共通の符号を用いている。アクティブマトリクス基板は、ガラス基板3101上に形成された、画素部3601と、走査(ゲート)信号駆動回路3602と、画像(ソース)信号駆動回路3603で構成される。画素部の画素TFT3304はnチャネル型TFTであり、周辺に設けられる駆動回路はCMOS回路を基本として構成されている。走査信号駆動回路3602と、画像信号駆動回路3603はそれぞれゲート配線3124とソース配線3152で画素部3601に接続されている。また、FPC3604が接続された外部入出力端子3605から駆動回路の入出力端子までの接続配線3606、3607が設けられている。

10

【0263】

〔実施例7〕

本願発明を実施して形成されたCMOS回路や画素マトリクス回路は様々な電気光学装置(アクティブマトリクス型液晶ディスプレイ、アクティブマトリクス型ELディスプレイ、アクティブマトリクス型ECディスプレイ)に用いることができる。即ち、それら電気光学装置を表示媒体として組み込んだ電子機器全てに本願発明を実施できる。

【0264】

その様な電子機器としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター(リア型またはフロント型)、ヘッドマウントディスプレイ(ゴーグル型ディスプレイ)、カーナビゲーション、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等)などが挙げられる。それらの一例を図23及び図24に示す。

20

【0265】

図23(A)はパーソナルコンピュータであり、本体2001、画像入力部2002、表示装置2003、キーボード2004で構成される。本願発明を画像入力部2002、表示装置2003やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0266】

図23(B)はビデオカメラであり、本体2101、表示装置2102、音声入力部2103、操作スイッチ2104、バッテリー2105、受像部2106で構成される。本願発明を表示装置2102、音声入力部2103やその他の信号制御回路に適用することができる。

30

【0267】

図23(C)はモバイルコンピュータ(モービルコンピュータ)であり、本体2201、カメラ部2202、受像部2203、操作スイッチ2204、表示装置2205で構成される。本願発明は表示装置2205やその他の信号制御回路に適用できる。

【0268】

図23(D)はゴーグル型ディスプレイであり、本体2301、表示装置2302、アーム部2303で構成される。本発明は表示装置2302やその他の信号制御回路に適用することができる。

40

【0269】

図23(E)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤーであり、本体2401、表示装置2402、スピーカ部2403、記録媒体2404、操作スイッチ2405で構成される。なお、この装置は記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。本発明は表示装置2402やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0270】

図23(F)はデジタルカメラであり、本体2501、表示装置2502、接眼部2503、操作スイッチ2504、受像部(図示しない)で構成される。本願発明を表示装置2

50

502やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0271】

図24(A)はフロント型プロジェクターであり、表示装置2601、スクリーン2602で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0272】

図24(B)はリア型プロジェクターであり、本体2701、表示装置2702、ミラー2703、スクリーン2704で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0273】

なお、図24(C)は、図24(A)及び図24(B)中における表示装置2601、2702の構造の一例を示した図である。表示装置2601、2702は、光源光学系2801、ミラー2802、2804~2806、ダイクロイックミラー2803、プリズム2807、液晶表示装置2808、位相差板2809、投射光学系2810で構成される。投射光学系2810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図24(C)中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0274】

また、図24(D)は、図24(C)中における光源光学系2801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系2801は、リフレクター2811、光源2812、2813、2814、偏光変換素子2815、集光レンズ2816で構成される。なお、図24(D)に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0275】

以上の様に、本願発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例1~7のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

【0276】

【発明の効果】

本発明により、被処理基板全面に均一なレーザーアニールを施すことが可能となった。その結果、基板面内における半導体装置の特性を均一にすることができた。また、被形成面でのレーザービームの面積を広くすることができ、生産性を向上することができた。

【0277】

そして、本発明を利用して作製されたTFTを使って、例えば、アクティブマトリクス型液晶表示装置を作製した場合、従来と比較してレーザーの加工あとが目立たないもののできた。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の線状レーザービームを照射された珪素膜の写真。

【図2】 図1を模式的に示した図。

【図3】 従来における線状レーザービームを形成する光学系と光路図。

【図4】 従来の分割する光学系に入射するレーザービームを示す図。

【図5】 従来における線状レーザービームを形成する光学系と光路図。

【図6】 本発明における線状レーザービームを形成する光学系と光路図。

【図7】 本発明における線状レーザービームを形成する光学系と光路図。

【図8】 レーザー照射装置の概略図。

【図9】 線状レーザービームのエネルギー分布の幅方向の断面図。

【図10】 本発明の線状レーザービームを照射された珪素膜の写真。

【図11】 図10を模式的に示した図。

【図12】 本発明におけるレーザー照射システムを示す図。

10

20

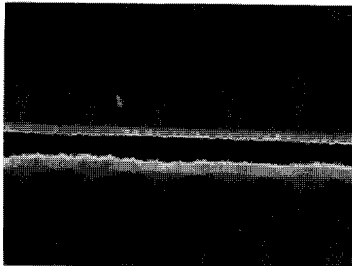
30

40

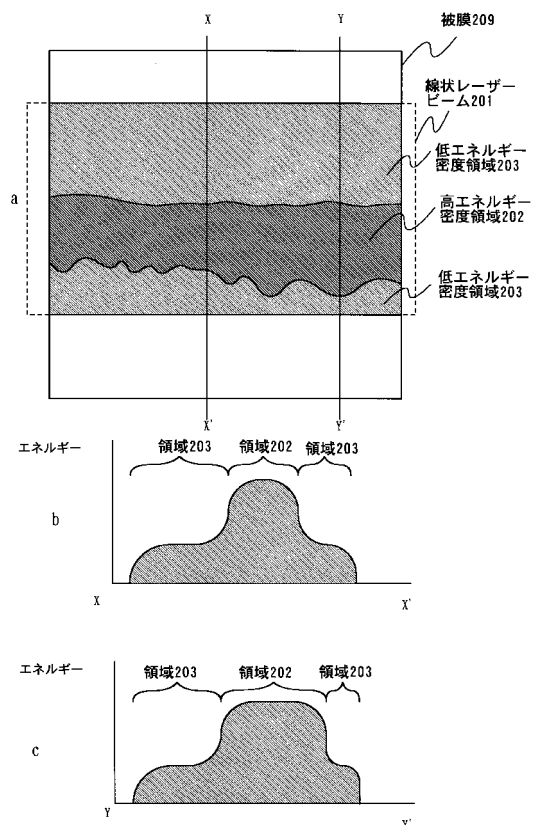
50

- 【図 1 3】 本発明における線状レーザーを形成する光学系と光路図。
- 【図 1 4】 正形状のレーザービームに加工する光学系と光路図。
- 【図 1 5】 画素回路と制御回路の作製工程を示す図。
- 【図 1 6】 画素回路と制御回路の作製工程を示す図。
- 【図 1 7】 画素回路と制御回路の作製工程を示す図。
- 【図 1 8】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の断面構造図。
- 【図 1 9】 nチャネル型TFTのLDD構造を示す図。
- 【図 2 0】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の斜視図。
- 【図 2 1】 反射ミラーを設けない光学系を示す図
- 【図 2 2】 反射ミラーの搬入位置を変えた光学系を示す図
- 【図 2 3】 電子機器への応用例を示す図。
- 【図 2 4】 プロジェクターへの応用例を示す図。

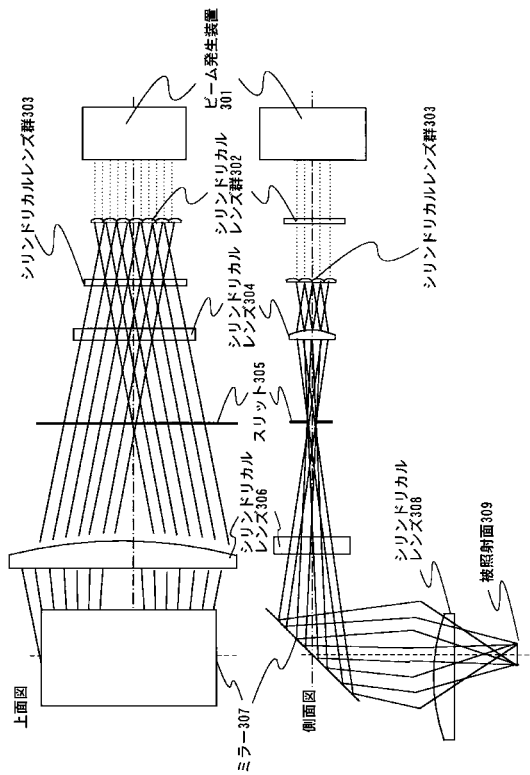
【図 1】



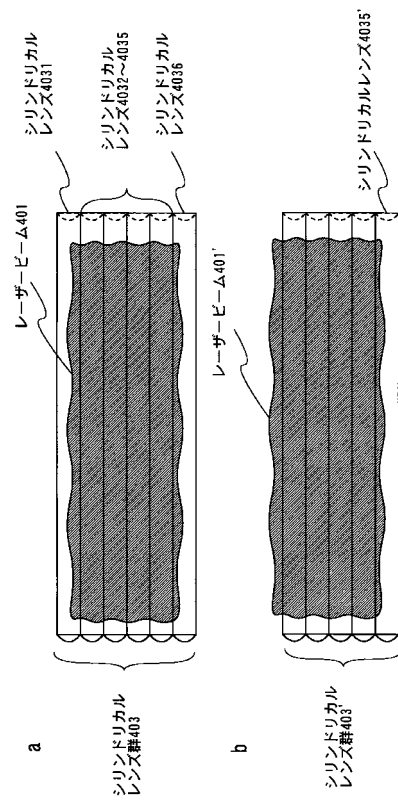
【図 2】



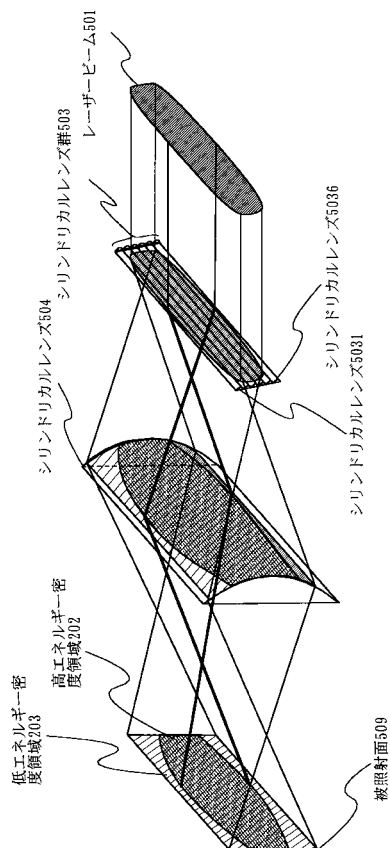
【図 3】



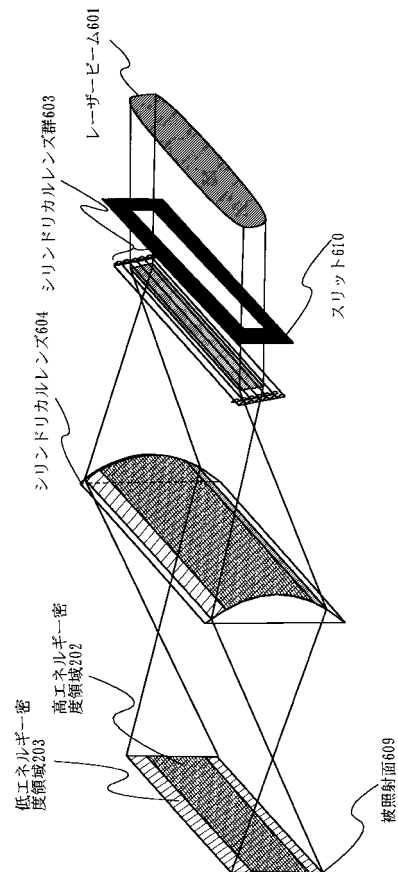
【図 4】



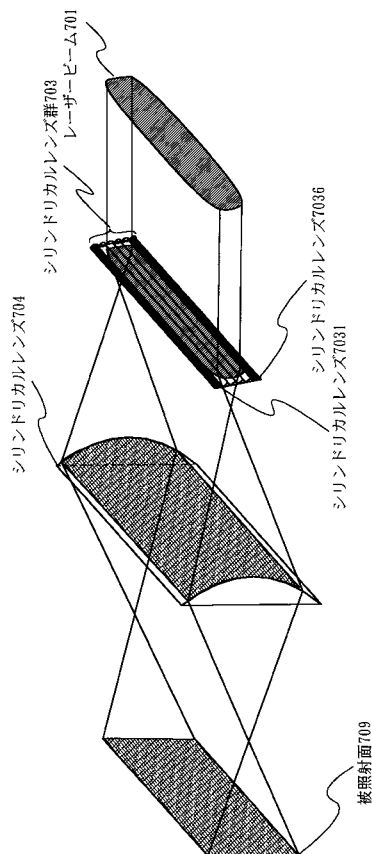
【図 5】



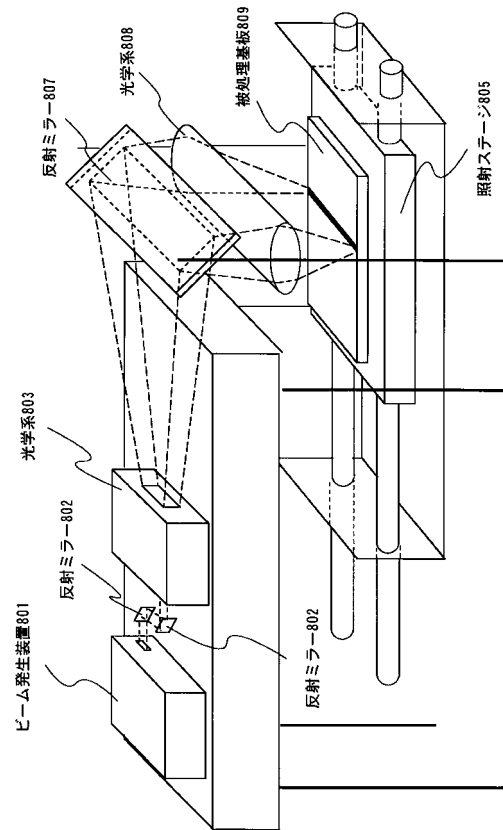
【図 6】



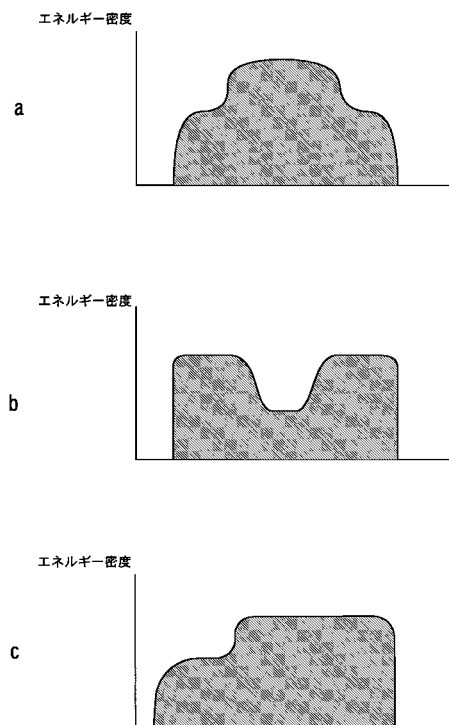
【圖 7】



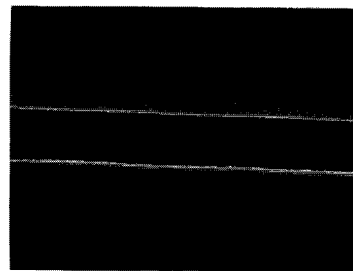
【 図 8 】



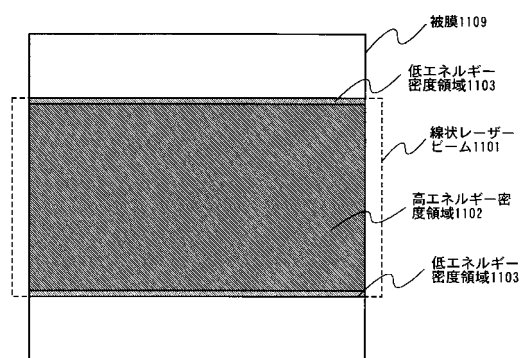
【 図 9 】



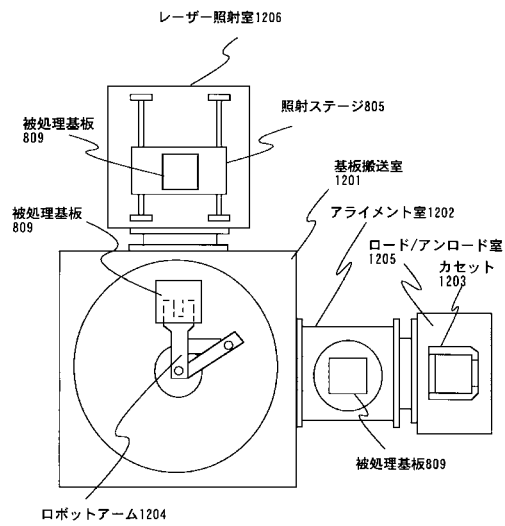
【 図 1 0 】



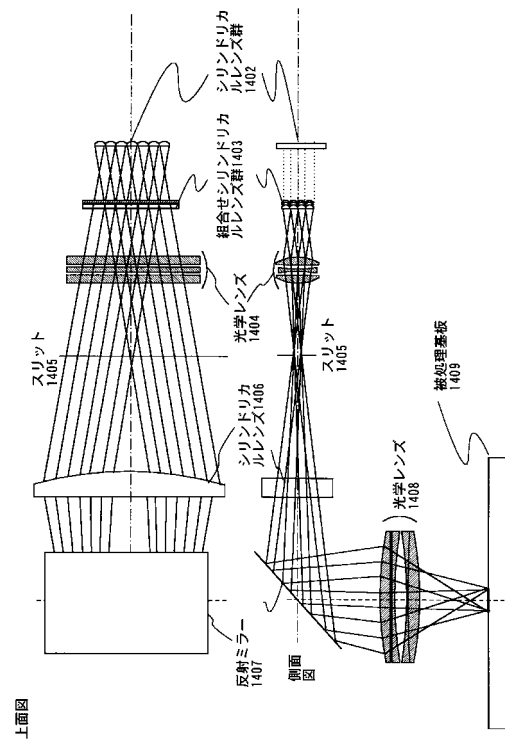
【 図 1 1 】



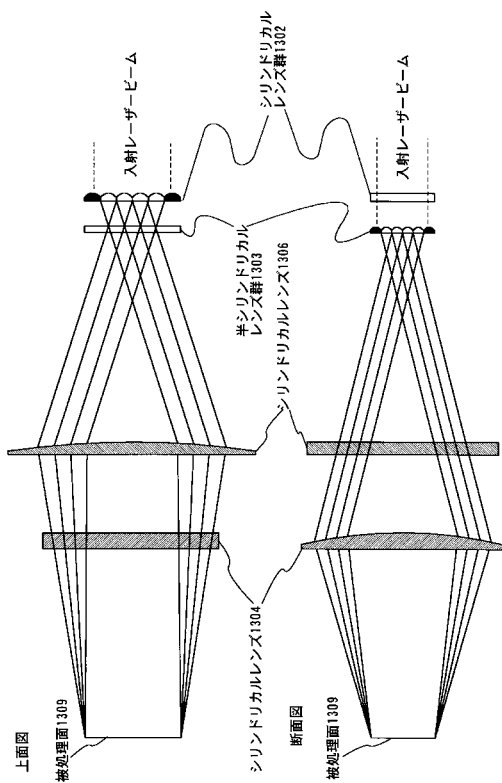
【図 12】



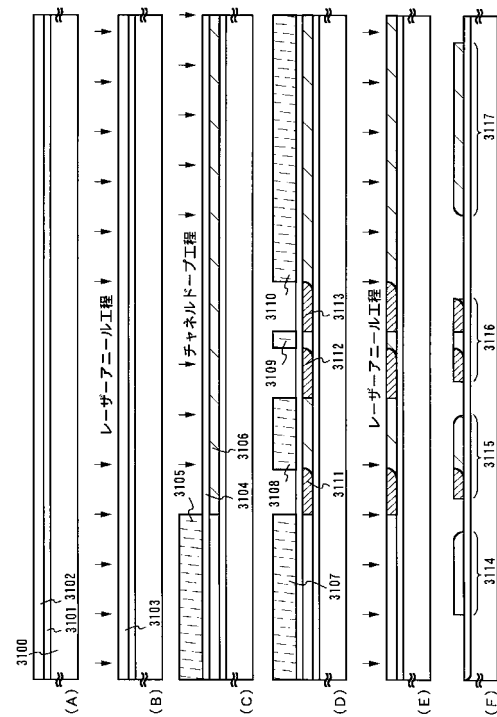
【図 13】



【図 14】

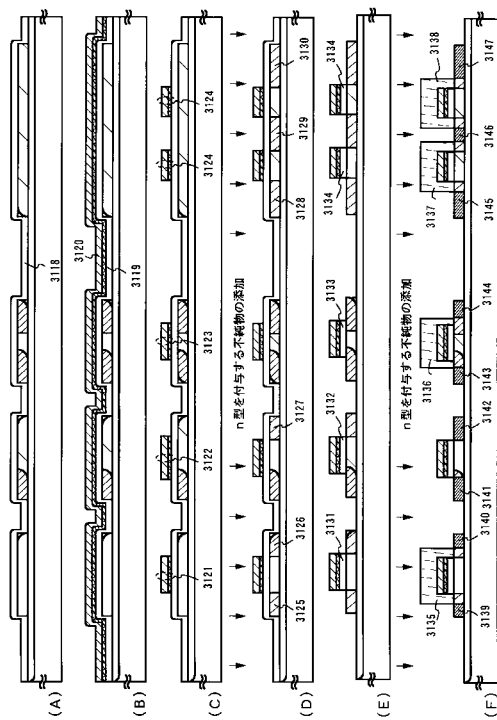


【図 15】

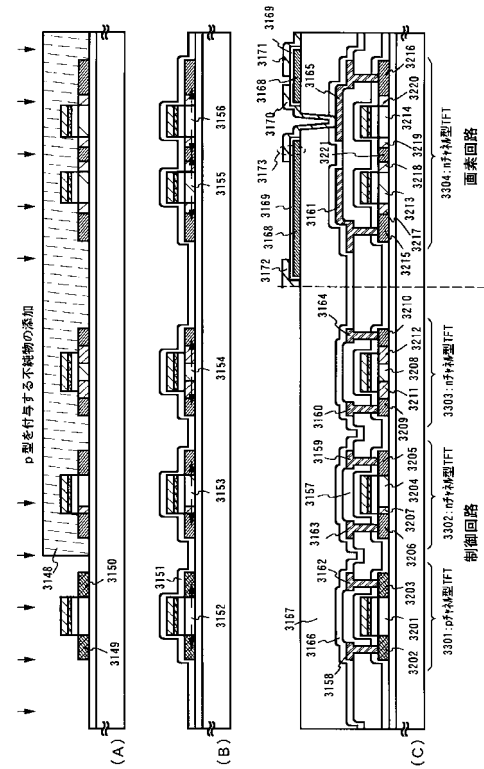




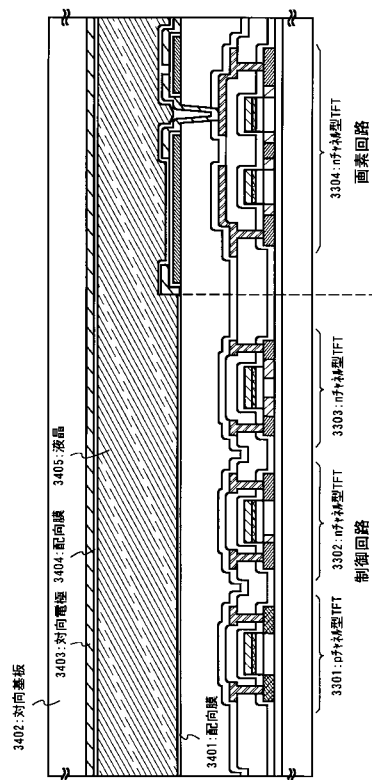
【図16】



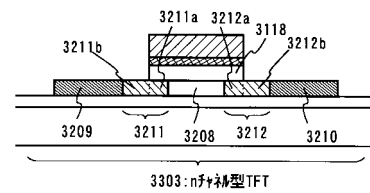
【図17】



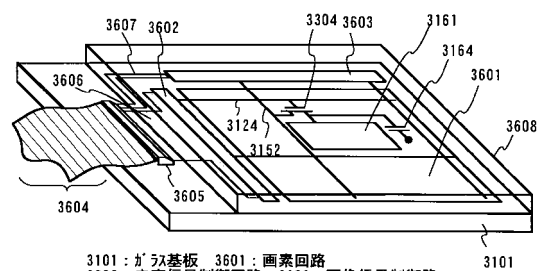
【図18】



【図19】

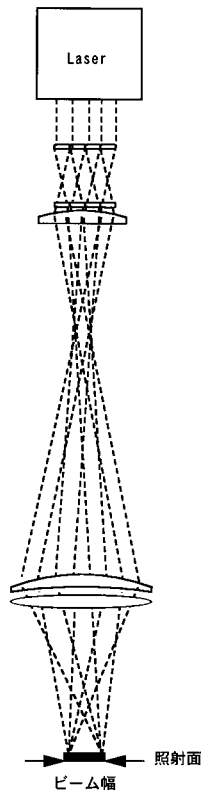


【図20】

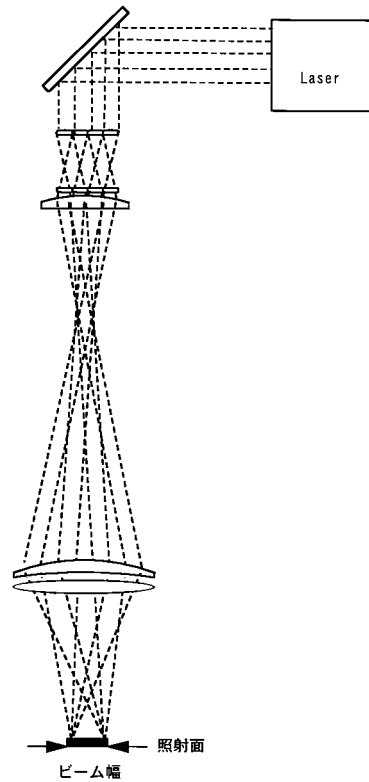


3101: ガラス基板 3601: 画素回路  
 3602: 走査信号制御回路 3603: 画像信号制御回路  
 3604: FPC 3605: 外部入出力端子  
 3606, 3607: 接続配線  
 3304: 画素TFT 3124: ゲート配線 3152: ソース配線  
 3161: 画素電極 3164: 保持容量 3608: 対向基板

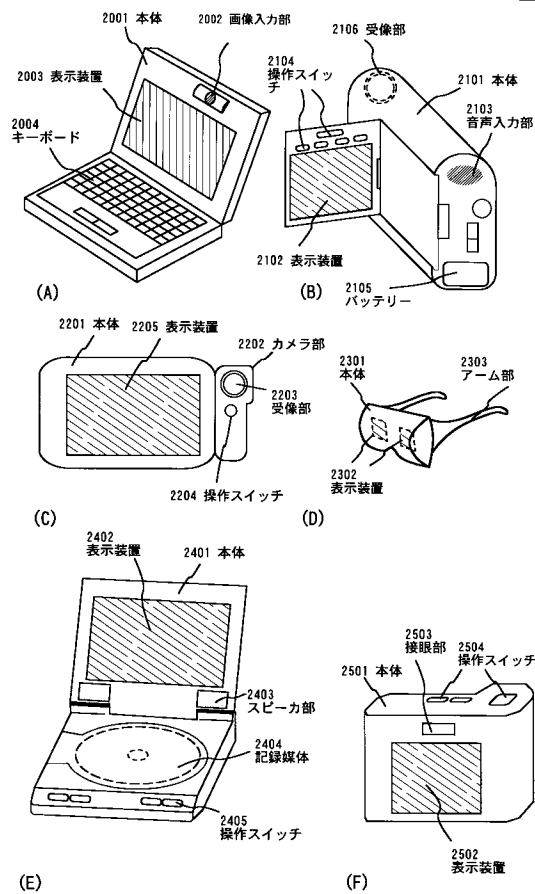
【図 2 1】



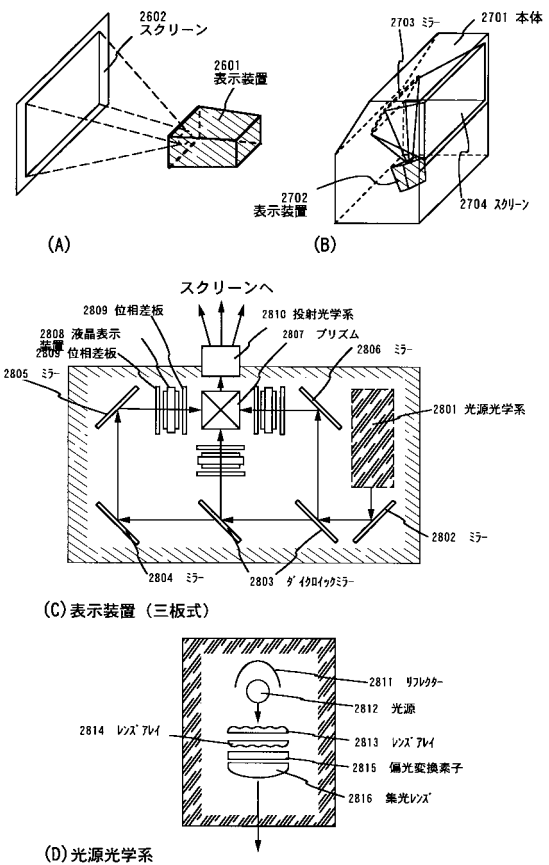
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



---

フロントページの続き

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/26-21/268  
H01L 21/322-21/326  
H01S 3/00-3/30