

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4566503号
(P4566503)

(45) 発行日 平成22年10月20日 (2010.10.20)

(24) 登録日 平成22年8月13日 (2010.8.13)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/268 (2006.01)	HO 1 L 21/268 J
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 21/20
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 G
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 6 L
HO 1 S 3/00 (2006.01)	HO 1 S 3/00 A

請求項の数 18 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2002-221394 (P2002-221394)
 (22) 出願日 平成14年7月30日 (2002.7.30)
 (65) 公開番号 特開2003-133253 (P2003-133253A)
 (43) 公開日 平成15年5月9日 (2003.5.9)
 審査請求日 平成17年7月28日 (2005.7.28)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-230692 (P2001-230692)
 (32) 優先日 平成13年7月30日 (2001.7.30)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-245089 (P2001-245089)
 (32) 優先日 平成13年8月10日 (2001.8.10)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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 山崎 舜平
 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 池淵 立

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー処理装置並びに半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザー発振装置と、当該レーザー発振装置から出力されるレーザービームを主走査方向に偏向させる第1偏向手段と、から成る一組の光学系を複数個有し、

前記主走査方向に偏向された複数のレーザービームを受光して、副走査方向に走査する第2偏向手段とを備え、

前記第2偏向手段はその一軸方向の軸を中心とした回転角により、前記複数のレーザービームを前記副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する機能を有していることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項2】

レーザー発振装置と、当該レーザー発振装置から出力されるレーザービームを主走査方向に偏向させる第1可動ミラーと、から成る一組の光学系を複数個有し、

前記主走査方向に偏向された複数のレーザービームを受光して、副走査方向に走査する長尺の第2可動ミラーとを備え、

前記第2可動ミラーはその長尺方向の軸を中心とした回転角により、前記複数のレーザービームを前記副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する機能を有していることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項3】

第1レーザー発振装置と、前記第1レーザー発振装置から出力されるレーザービームを第1主走査方向に偏向させる第1偏向手段と、から成る一組の第1光学系を複数個有し、

前記第 1 主走査方向に偏向された複数のレーザービームを受光して、第 1 副走査方向に走査する第 2 偏向手段と、

第 2 レーザー発振装置と、前記第 2 レーザー発振装置から出力されるレーザービームを第 2 主走査方向に偏向させる第 3 偏向手段と、から成る一組の第 2 光学系を複数個有し、前記第 2 主走査方向に偏向された複数のレーザービームを受光して、第 2 副走査方向に走査する第 4 偏向手段と、を備え、

前記第 2 及び第 4 偏向手段は、一軸方向を中心とした回転角により、複数のレーザービームを前記第 1 又は第 2 副走査方向に走査して、載置台上の被処理物載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する機能を有していることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 4】

第 1 レーザー発振装置と、前記第 1 レーザー発振装置から出力されるレーザービームを第 1 主走査方向に偏向させる第 1 可動ミラーと、から成る一組の第 1 光学系を複数個有し、

前記第 1 主走査方向に偏向された複数のレーザービームを受光して、第 1 副走査方向に走査する長尺の第 2 偏向ミラーと、

第 2 レーザー発振装置と、前記第 2 レーザー発振装置から出力されるレーザービームを第 2 主走査方向に偏向させる第 3 偏向ミラーと、から成る一組の第 2 光学系を複数個有し、

前記第 2 主走査方向に偏向された複数のレーザービームを受光して、第 2 副走査方向に走査する長尺の第 4 偏向ミラーと、を備え、

前記第 2 及び第 4 偏向ミラーは、一軸方向を中心とした回転角により、複数のレーザービームを前記第 1 又は第 2 副走査方向に走査して、載置台上の被処理物載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する機能を有していることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記光学系に、 f レンズが備えられていることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 6】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記レーザー発振装置は、連続発振の固体レーザー発振装置であることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 7】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記レーザー発振装置は、波長 700 nm 以下のレーザービームを連続的に出力するレーザー発振装置であることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 8】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記レーザー発振装置から出力される前記レーザービームは、複数のレーザー発振装置から出力されたレーザービームを同一の光軸に重ね合わせたものであることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 9】

複数のレーザービームをそれぞれ主走査方向に偏向させる複数の第 1 偏向手段と、

前記主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ副走査方向に走査する第 2 偏向手段と、により、前記複数のレーザービームを前記副走査方向に走査して、

絶縁表面上に形成された非晶質構造を有する半導体膜に前記レーザービームを照射し、前記半導体膜を結晶化させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】

複数のレーザービームをそれぞれ主走査方向に偏向させる複数の第 1 偏向手段と、

前記主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回

10

20

30

40

50

転角によりそれぞれ副走査方向に走査する第2偏向手段と、により、前記複数のレーザービームを、絶縁表面上に形成された非晶質構造を有する半導体膜に照射しながら前記副走査方向に走査して、前記半導体膜を結晶化させ、

前記副走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とが一致するように半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項11】

複数の第1レーザービームをそれぞれ第1主走査方向に偏向させる複数の第1偏向手段と、

前記第1主走査方向に偏向された第1レーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ第1副走査方向に走査する第2偏向手段と、

複数の第2レーザービームをそれぞれ第2主走査方向に偏向させる複数の第3偏向手段と、

前記第2主走査方向に偏向された第2レーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ第2副走査方向に走査する第4偏向手段とにより、

前記第1レーザービームを前記第1副走査方向に走査し、前記第2レーザービームを前記第2副走査方向に走査して、絶縁表面上に形成された非晶質構造を有する半導体膜に前記レーザービームを照射し、前記半導体膜を結晶化させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項12】

複数の第1レーザービームをそれぞれ第1主走査方向に偏向させる複数の第1偏向手段と、

前記第1主走査方向に偏向された第1レーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ第1副走査方向に走査する第2偏向手段と、

複数の第2レーザービームをそれぞれ第2主走査方向に偏向させる複数の第3偏向手段と、

前記第2主走査方向に偏向された第2レーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ第2副走査方向に走査する第4偏向手段とにより、

前記第1または第2レーザービームを各々絶縁表面上に形成された非晶質構造を有する半導体膜に照射しながら、前記第1レーザービームを前記第1副走査方向に走査し、前記第2レーザービームを前記第2副走査方向に走査して、前記半導体膜を結晶化させ、

前記第1副走査方向及び前記第2副走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とがそれぞれ一致するように半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項13】

複数のレーザービームをそれぞれ主走査方向に偏向させる複数の第1偏向手段と、

前記主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ副走査方向に走査する第2偏向手段とにより、

前記複数のレーザービームを前記副走査方向に走査して、

非単結晶半導体のイオンが注入された領域に前記レーザービームを照射し、前記領域の結晶性を回復することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項14】

複数のレーザービームをそれぞれ主走査方向に偏向させる複数の第1偏向手段と、

前記主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ副走査方向に走査する第2偏向手段とにより、

前記複数のレーザービームを絶縁表面上に形成された非単結晶半導体膜に照射しながら前記副走査方向に走査して、前記非単結晶半導体膜のイオンが注入された領域の結晶性を回復させ、

前記副走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とが一致するように半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項15】

10

20

30

40

50

複数の第1レーザービームをそれぞれ第1主走査方向に偏向させる複数の第1偏向手段と、

前記第1主走査方向に偏向された第1レーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ第1副走査方向に走査する第2偏向手段と、

複数の第2レーザービームをそれぞれ第2主走査方向に偏向させる複数の第3偏向手段と、

前記第2主走査方向に偏向された第2レーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ第2副走査方向に走査する第4偏向手段とにより、

前記第1レーザービームを前記第1副走査方向に走査し、前記第2レーザービームを前記第2副走査方向に走査して、非単結晶半導体のイオンが注入された領域に前記レーザービームを照射し、前記領域の結晶性を回復することを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

【請求項16】

複数の第1レーザービームをそれぞれ第1主走査方向に偏向させる複数の第1偏向手段と、

前記第1主走査方向に偏向された第1レーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ第1副走査方向に走査する第2偏向手段と、

複数の第2レーザービームをそれぞれ第2主走査方向に偏向させる複数の第3偏向手段と、

前記第2主走査方向に偏向された第2レーザービームを受光して、一軸方向の軸を中心とした回転角によりそれぞれ第2副走査方向に走査する第4偏向手段とにより、

20

前記第1または第2レーザービームを絶縁表面上に形成された非単結晶半導体膜に照射しながら前記第1レーザービームを前記第1副走査方向に走査し、前記第2レーザービームを前記第2副走査方向に走査して、前記非単結晶半導体膜のイオンが注入された領域の結晶性を回復させ、

前記第1副走査方向及び前記第2副走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とがそれぞれ一致するように半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項17】

請求項9または10において、

前記レーザービームが連続発振の固体レーザー発振装置から出力されるレーザービームであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

30

【請求項18】

請求項9または10において、

前記レーザービームが波長400nm以上の連続発振レーザービームであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体基板又は半導体膜などをレーザービームを用いて結晶化又はイオン注入後の活性化をするレーザー処理装置及び当該レーザー装置を用いた半導体装置の作製方法に関する。

40

【0002】

【従来の技術】

半導体製造工程における半導体ウエハ又は非単結晶半導体膜の結晶化や、イオン注入後の結晶性の回復のためにレーザーアニールが行われている。従来のレーザーアニール方法においては特開平2-181419号公報に開示されているように、被照射物の全面にレーザービームが均一照射される方法や、特開昭62-104117号公報に開示のスポット状のビームを走査する方法や、或いは特開平8-195357号公報に開示のレーザー処理装置のように光学系にて線状にビームを加工して照射していた。

【0003】

50

ここでいうレーザーアニールとは、半導体基板又は半導体膜に形成された損傷層やアモルファス層を再結晶化する技術や、基板上に形成された非晶質半導体膜を結晶化させる技術を指している。また、半導体基板又は半導体膜の平坦化や表面改質に適用される技術も含んでいる。適用されるレーザー発振装置は、エキシマレーザーに代表される気体レーザー発振装置、YAGレーザーに代表される固体レーザー発振装置であり、レーザービームの照射によって半導体の表面層を数十～数百ナノ秒程度のごく短時間加熱して結晶化させるものとして知られている。

【0004】

例えば、先に上げた特開昭62-104117号公報においては、レーザービームの走査速度をビームスポット径×5000/秒以上として非晶質半導体膜を完全な熔融状態に至らしめることなく多結晶化する技術が開示されている。

10

【0005】

レーザーアニールの特徴は、輻射加熱或いは伝導加熱を利用するアニール法と比較して処理時間を大幅に短縮できることや、半導体又は半導体膜を選択的、局所的に加熱して、基板に殆ど熱的損傷を与えないことなどが上げられている。

【0006】

近年におけるレーザーアニールの積極的な活用は、ガラス基板上への多結晶シリコン膜の形成にあり、このプロセスは液晶表示装置のスイッチング素子として用いられる薄膜トランジスタ(TFT)の作製に応用されている。エキシマレーザーを使うと半導体膜が形成された領域しか熱的な影響を与えないため、安価なガラス基板を用いることが可能となり大面積ディスプレイへの応用が実現されている。

20

【0007】

また、レーザーアニールによって結晶化した多結晶シリコン膜で作製されるTFTは比較的高い周波数で駆動できるので、画素に設けるスイッチング素子のみでなく、駆動回路をガラス基板上に形成することも可能となっている。パターンのデザインルールは5～20 μm 程度であり、駆動回路及び画素部にそれぞれ 10^6 ～ 10^7 個程度のTFTがガラス基板上に作り込まれている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

レーザーアニールによるアモルファスシリコンの結晶化は、熔融-固化の過程を経て成されるが、詳細には結晶核の生成とその核からの結晶成長との段階に分けて考えられている。しかしながら、パルスレーザービームを用いたレーザーアニールは、結晶核の生成位置と生成密度を制御することができず、自然発生するままにまかせている。従って、結晶粒はガラス基板の面内で任意の位置に形成され、そのサイズも0.2～0.5 μm 程度と小さなものしか得られていない。結晶粒界には多数の欠陥が生成され、それがTFTの電界効果移動度を制限する要因であると考えられている。

30

【0009】

しかし、上記特開昭62-104117号公報に係る技術では、半導体膜を完全に熔融しないため、非熔融領域に形成されると言われる結晶核に起因する結晶成長が支配的となり、結晶の大粒径化を実現することができない。具体的には、TFTのチャンネル領域を形成する半導体膜の全面に渡って、実質的に単結晶状の結晶を形成することはできない。

40

【0010】

そもそも、連続発振レーザーを走査して熔融-固化させながら結晶化する方法は、ゾーンメルティング法に近い方法であると考えられる。半導体を熔融するためには高いエネルギー密度が必要であるが、連続発振レーザーで高出力化を実現するのは困難であり、装置が大型化してしまうという欠点がある。結局光学系でビームを小さく集光して半導体に照射することになるが、大面積基板の全面に渡って結晶化を成し遂げるには相当の処理時間を要することになる。

【0011】

半導体膜を加熱することができるレーザービームは、紫外域～赤外域に渡って広い範囲で

50

存在するが、基板状に形成された半導体膜又は半導体領域を選択的に加熱するには、半導体の吸収係数との関係で紫外域～可視光域の波長を有するレーザービームを適用するのが好ましい。しかしながら、固体レーザー発振装置から放射されるレーザービームはコヒーレント性が強く照射面において干渉が発生し、均一なレーザービームを照射することができない。

【0012】

本発明は、上記問題点を鑑みなされたものであり、大面積基板の全面にわたって、TFTを形成する位置に合わせてレーザービームを照射して結晶化させ、スループット良く大粒径の結晶半導体膜を形成することができるレーザー処理装置を提供することを目的とする。

10

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明はこのような目的を達成するために、レーザービームを主走査方向に偏向させる第1可動ミラーと、主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、副走査方向に走査する長尺の第2可動ミラーとを備え、第2可動ミラーはその長尺方向の軸を中心とした回転角により、レーザービームを副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する手段を備えているレーザー処理装置である。

【0014】

また、他の発明の構成は、レーザービームを第1主走査方向に偏向させる第1可動ミラーと、第1主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、第1副走査方向に走査する長尺の第2可動ミラーとを備えた第1のレーザービーム走査系と、レーザービームを第2主走査方向に偏向させる第3可動ミラーと、第2主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、第2副走査方向に走査する長尺の第4可動ミラーとを備えた第2のレーザービーム走査系と、第2可動ミラーはその長尺方向の軸を中心とした回転角により、レーザービームを第1副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する手段と第4可動ミラーはその長尺方向の軸を中心とした回転角により、レーザービームを第2副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する手段とを備えているレーザー処理装置である。

20

【0015】

好適な形態として、第1及び第3可動ミラーはガルバノミラー又はポリゴンミラーを適用することができる。

30

【0016】

また、レーザービームを供給するレーザー発振装置は、固体レーザー、気体レーザーが適用される。

【0017】

上記発明の構成において、レーザービームを第1可動ミラーで主走査方向に走査し、第2可動ミラーで副走査方向に走査することにより、被処理物上において任意の位置にレーザービームを照射することが可能となる。また、このようなレーザービーム走査手段を複数設け、二軸方向からレーザービームを被形成面に照射することによりレーザー処理の時間を短縮することができる。

40

【0018】

本発明のレーザー処理装置は、レーザー発振装置と、当該レーザー発振装置から出力されるレーザービームを主走査方向に偏向させる第1偏向手段とを含む光学系を一組として、これを複数個配置し、主走査方向に偏向された複数のレーザービームを受光して、副走査方向に走査する第2偏向手段とを備えたレーザー処理装置である。ここで、第2偏向手段はその一軸方向の軸を中心とした回転角により、複数のレーザービームを副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する機能を有している。

【0019】

第1の偏向手段としては、回転角を任意に設定できる可動ミラーが適しており、代表的にはガルバノミラーを適用することができる。第2の偏向手段としては、複数のレーザービ

50

ームを受光可能な程度の面積を有するもので長尺であり、その長尺方向の軸を中心として回転可能な可動ミラーが適している。この2つのミラーの回転角により、被処理物に照射されるレーザービームを主走査方向と副走査方向とにより、任意の位置に照射することができる。また、2つのミラーの角度を連続的に変化させることによりレーザービームを走査することが可能となる。

【0020】

また、他の構成として、レーザー発振装置と、当該レーザー発振装置から出力されるレーザービームを第1主走査方向に偏向させる第1偏向手段とを含む光学系を一組として、これを一方向に複数個配置し、第1主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、第1副走査方向に走査する第2偏向手段と、レーザー発振装置と、当該レーザー発振装置から出力されるレーザービームを第2主走査方向に偏向させる第3偏向手段とを含む光学系を一組として、これを一方向に複数個配置し、第2主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、第2副走査方向に走査する第4偏向手段とを備えたレーザー処理装置である。ここで、第2及び第4偏向手段はその一軸方向の軸を中心とした回転角により、複数のレーザービームを副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する機能を有している。この構成により、被処理物に照射して且つ走査することが可能なレーザービームの本数を増やすことができ、レーザー処理に必要な時間を短縮することができる。

10

【0021】

上記光学系の構成において走査速度が照射角にかかわらず一定となるように補正する手段として、f レンズを設ける。レーザー発振装置には、気体レーザー発振装置、固体レーザー発振装置が適用され、特に連続発振可能なレーザー発振装置を適用する。連続発振の固体レーザー発振装置としては、YAG、YVO₄、YLF、YAl₅O₁₂などの結晶にNd、Tm、Hoをドープした結晶を使ったレーザー発振装置が適用される。発振波長の基本波はドープする材料によっても異なるが、1 μmから2 μmの波長で発振する。非晶質半導体膜を結晶化させるためにはレーザービームを半導体膜で選択的に吸収させるために、可視域から紫外域の波長のレーザービームを適用し、基本波の第2高調波～第4高調波を適用するのが好ましい。代表的には、アモルファスシリコンの結晶化に際して、Nd:YVO₄レーザー（基本波1064nm）の第2高調波（532nm）を用いる。その他に、アルゴンレーザー、クリプトンレーザー、エキシマレーザーなどの気体レーザー発振装置を適用することもできる。

20

30

【0022】

固体レーザー発振装置から発せられ、放射されるレーザービームはコヒーレント性が強く照射面において干渉が発生してしまうので、これを打ち消す手段として、異なるレーザー発振装置から放射される複数のレーザービームを照射部において重ね合わせる構成とする。このような構成とすることにより、干渉を除去するばかりでなく、照射部における実質的なエネルギー密度を増加させることができる。また、他の手段として、異なるレーザー発振装置から放射される複数のレーザービームを、光学系の途中で同一の光軸に重ね合わせた構成としても良い。

【0023】

上記干渉を除去する手段を設けたレーザー処理装置の構成としては、n（n = 自然数）個の光学系を有し、第nの光学系は、第nのレーザー発振装置と、第nのY軸方向にレーザービームを操作する偏向手段と、第nのX軸方向にレーザービームを走査する偏向手段と、第nのf レンズと、から成り、n個の光学系により集光され偏向されたn本のレーザービームは、被処理物の概略同一位置に照射する構成をもって実現することができる。偏向手段としてはガルバノミラーを適用することができる。

40

【0024】

上記レーザー処理装置の構成により、半導体膜を溶融させるのに十分なエネルギー密度のレーザービームを、照射部において干渉を生じさせることなく照射することができる。また、偏向手段によりレーザービームを走査することにより大面積基板の全面に渡って非晶

50

質半導体膜の結晶化をすることができる。

【0025】

また、レーザービームは被処理物の全面を走査して照射する必要はなく、場所を指定して特定領域のみ照射すれば済むが、本発明のレーザー処理装置の構成は、可動ミラーを複数組み合わせることによりそれを実現している。さらに、そのレーザービームを同一照射部に重ね合わせるにより干渉の影響を除去することができる。

【0026】

一方、上記問題点を解決するための本発明の半導体装置の作製方法は、複数のレーザービームを主走査方向に偏向させる第1偏向手段と、副走査方向に走査する第2偏向手段とにより、前記複数のレーザービームを一方向に走査して、絶縁表面上に形成された非晶質構造を有する半導体膜を結晶化又は半導体膜の結晶性の回復をさせるものである。当該レーザービームを走査する方向は、TFTのチャンネル長方向に合わせることで、チャンネル長方向と交差する結晶粒界の発生確率を低減し、キャリアの移動度を向上させることができる。

10

【0027】

他の構成として、複数の第1レーザービームを第1主走査方向に偏向させる第1偏向手段と、第1副走査方向に走査する第2偏向手段と、複数の第2レーザービームを第2主走査方向に偏向させる第3偏向手段と、第2副走査方向に走査する第4偏向手段とにより、前記複数のレーザービームを一方向に走査して、絶縁表面上に形成された非晶質半導体膜を結晶化又は結晶性の回復をさせるものである。

20

【0028】

レーザービームは連続発振の固体レーザー発振装置から出力されるレーザービームであり、半導体膜を選択的に過熱するために、吸収係数が 10^3cm^{-1} 以上である波長帯のレーザービームであることが望ましい。シリコン又はシリコンゲルマニウムなどの半導体においては、波長700nm以下の波長帯(可視域~紫外域)にあるレーザービームが望ましい。

【0029】

レーザービームを照射する領域は、半導体膜の全面である必要はなく、レーザービームを断続的に照射して、非晶質半導体膜の選択された領域を結晶化又は結晶性の回復をさせれば良い。

【0030】

上記構成により、大面積基板の全面にわたって、TFTを形成する位置に概略合わせてレーザービームを照射して結晶化させ、スループット良く大粒径の結晶質半導体膜を得ることができる。

30

【0031】

尚、本発明でいう非晶質半導体膜とは、狭義の意味で、完全な非晶質構造を有するものだけでなく、微細な結晶粒子が含まれた状態、又はいわゆる微結晶半導体膜、局所的に結晶構造を含む半導体膜を含む。代表的には非晶質シリコン膜が適用され、その他に非晶質シリコンゲルマニウム膜、非晶質シリコンカーバイト膜などを適用することもできる。

【0032】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の態様について、図面を参照して詳細に説明する。

40

【0033】

[実施の形態1]

図23は本発明のレーザー処理装置の一例を示している。図示したレーザー処理装置は、連続発振又はパルス発振が可能な固体レーザー11、レーザービームを集光するためのコリメータレンズ又はシリンドリカルレンズなどのレンズ12、レーザービームの光路を変える固定ミラー13、レーザービームを2次元方向に放射状にスキャンするガルバノミラー14、ガルバノミラー14からのレーザービームを受けて載置台16の被照射面にレーザービームを向ける可動ミラー15から成っている。ガルバノミラー14の光軸と可動ミラー15の光軸を交差させ、それぞれ図示する方向にミラーを回転させることにより、

50

載置台 16 上に置かれた基板 17 の全面にわたってレーザービームを走査させることができる。

可動ミラー 15 は f ミラーとして、光路差を補正して被照射面におけるビーム形状を補正することもできる。

【0034】

図 23 はガルバノミラー 14 と、可動ミラー 15 により載置台 16 上に置かれた基板 17 の一軸方向にレーザービームを走査する方式である。図 24 に示すように、より好ましい形態としては、図 23 の構成に加えてハーフミラー 18、固定ミラー 19、ガルバノミラー 20、可能ミラー 21 を加えて二軸方向 (X と Y 方向) 同時にレーザービームを走査しても良い。このような構成にすることにより処理時間を短縮することができる。尚、ガルバノミラー 14、20 はポリゴンミラーと置き換えても良い。

10

【0035】

レーザーとして好ましいものは固体レーザーであり、YAG、YVO₄、YLF、YAl₅O₁₂などの結晶にNd、Tm、Hoをドープした結晶を使ったレーザーが適用される。発振波長の基本波はドープする材料によっても異なるが、1 μmから2 μmの波長で発振する。非単結晶半導体膜の結晶化には、レーザービームを半導体膜で選択的に吸収させるために、当該発振波長の第2高調波～第4高調波を適用するのが好ましい。代表的には、アモルファスシリコンの結晶化に際して、Nd:YAGレーザー(基本波1064nm)の第2高調波(532nm)を用いる。

【0036】

発振はパルス発振、連続発振のいずれの形態でも良いが、半導体膜の熔融状態を保って連続的に結晶成長させるためには、連続発振のモードを選択することが望ましい。

20

【0037】

基板上にレーザーアニールにより結晶化させた半導体膜でTFTを形成する場合、結晶の成長方向とキャリアの移動方向とを揃えると高い電界効果移動度を得ることができる。即ち、結晶成長方向とチャンネル長方向とを一致させることで電界効果移動度を実質的に高くすることができる。

【0038】

連続発振するレーザービームを非単結晶半導体膜に照射して結晶化させる場合には、固液界面が保持され、レーザービームの走査方向に連続的な結晶成長を行わせることが可能である。図 24 において示すように、駆動回路一体型のアクティブマトリクス型液晶表示装置を形成するためのTFT基板(主としてTFTが形成された基板)22には、画素部23の周辺に駆動回路部24、25が設けられる。図 24 に示すのはそのようなレイアウトを考慮したレーザー処理装置の形態であり、二軸方向からレーザービームを入射する構成とすることにより、ガルバノミラー 14、20 及び可動ミラー 15、21 の組み合わせで、図 24 中矢印で示す X 方向及び Y 方向にレーザービームを同期又は非同期させて照射することが可能である。即ち、TFTのレイアウトに合わせて、場所を指定してレーザービームを照射することを可能としている。

30

【0039】

次に、図 25 を参照しては非単結晶半導体膜の結晶化と、形成された結晶半導体膜を用いてTFTを形成する工程を説明する。図 25 (1-B) は縦断面図であり、非単結晶半導体膜 53 がガラス基板 51 上に形成されている。非単結晶半導体膜 53 の代表的な一例はアモルファスシリコン膜であり、その他にアモルファスシリコンゲルマニウム膜などを適用することができる。厚さは10～200nmが適用可能であるが、レーザービームの波長及びエネルギー密度によりさらに厚くしても良い。また、ガラス基板 51 と非単結晶半導体膜 53 との間にはブロッキング層 52 を設け、ガラス基板からアルカリ金属などの不純物が半導体膜中へ拡散しないための手段を施しておくことが望ましい。ブロッキング層 52 としては、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜などを適用する。

40

【0040】

レーザービーム 50 の照射によって結晶化が成され、結晶半導体膜 54 を形成することが

50

できる。レーザービーム50は図25(1-A)に示すように、想定されるTFTの半導体領域55の位置に合わせて走査するものである。ビーム形状は矩形、線形、楕円系など任意なものとするができる。光学系にて集光したレーザービームは、中央部と端部で必ずしもエネルギー強度が一定ではないので、半導体領域55がビームの端部にかからないようにすることが望ましい。

【0041】

レーザービームの走査は一方向のみの走査でなく、往復走査をしても良い。その場合には1回の走査毎にレーザーエネルギー密度を変え、段階的に結晶成長をさせることも可能である。また、アモルファスシリコンを結晶化させる場合にしばしば必要となる水素出しの処理を兼ねることも可能であり、最初に低エネルギー密度で走査し、水素を放出した後、エネルギー密度を上げて2回目に走査で結晶化を完遂させても良い。

10

【0042】

その後、図25(2-A)及び(2-B)に示すように、形成された結晶半導体膜をエッチングして、島状に分割された半導体領域55を形成する。トップゲート型TFTの場合には、半導体領域55上にゲート絶縁膜56、ゲート電極57、一導電型不純物領域58を形成してTFTを形成することができる。その後、必要に応じて配線や層間絶縁膜等を形成すれば良い。

【0043】

このようなレーザービームの照射方法において、連続発振のレーザービームを照射することにより大粒径の結晶成長を可能とする。勿論、それはレーザービームの走査速度やエネルギー密度等の詳細なパラメータを適宜設定する必要があるが、走査速度を10~80cm/secとすることによりそれを実現することができる。パルスレーザーを用いた溶融-固化を経た結晶成長速度は1m/secとも言われているが、それよりも遅い速度でレーザービームを走査して、徐冷することにより固液界面における連続的な結晶成長が可能となり、結晶の大粒径化を実現することができる。

20

【0044】

本発明のレーザー処理装置は、このような状況において、基板の任意の位置を指定してレーザービーム照射して結晶化することを可能とするものであり、二軸方向からレーザービームを照射することにより、さらにスループットを向上させることができる。

【0045】

[実施の形態2]

図1は本発明に係るレーザー処理装置であり、複数のレーザー発振装置を用いた構成の一例を示す。図1で示すレーザー処理装置は、複数のレーザービームを被処理物に同時に照射すると共に、当該レーザービームを走査することが可能なレーザー処理装置である。

30

【0046】

図示したレーザー処理装置は、連続発振又はパルス発振が可能な固体レーザー発振装置101、レーザービームを集光するためのコリメータレンズ又はシリンドリカルレンズなどのレンズ102、レーザービームの光路を変える固定ミラー103、レーザービームを2次元方向に放射状にスキャンする第1可動ミラー104、レーザービームを走査した場合に走査速度が一定となるようにするf レンズ105が設けられている。ここでは便宜上、これらの構成をまとめて一つの光学系と見なす。図1で示すレーザー処理装置は、このような光学系が5系統配置されている構成を示している。勿論、光学系の数に限定はなく複数のレーザービームが供給される手段が備えられていれば良い。

40

【0047】

さらに、複数の光学系から供給される複数のレーザービームを受けて、載置台107の被処理物108にレーザービームを偏向する第2可動ミラー106が備えられている。レーザービームを主走査方向と副走査方向とに走査するには、第1可動ミラー104と第2可動ミラー106の光軸を交差させる。このような構成により載置台107上に置かれた被処理物108の全面にわたってレーザービームを走査させることができる。尚、この構成における第1可動ミラー104と第2可動ミラー106とは偏向手段として用いられるも

50

のである。

【0048】

被処理物に照射されたレーザービームは表面で反射して、再び光学系に入射することによりレーザー発振装置にダメージを与えることが問題となるので、レーザービームは所定の角度をもって被処理物に入射させることが望ましい。

【0049】

尚、ここでは光学系にf レンズ105を設ける構成を示しているが、その代わりに第2可動ミラー106をf ミラーとして、光路差を補正して被照射面におけるビーム形状を補正しても良い。

【0050】

レーザー発振装置として好ましいものは固体レーザー発振装置であり、YAG、YVO₄、YLF、YAl₅O₁₂などの結晶にNd、Tm、Hoをドープした結晶を使ったレーザー発振装置が適用される。発振波長の基本波はドープする材料によっても異なるが、1μmから2μmの波長で発振する。非単結晶半導体膜の結晶化には、レーザービームを半導体膜に選択的に吸収させるために、当該発振波長の第2高調波～第4高調波を適用するのが好ましい。代表的には、非晶質シリコンの結晶化に際してNd:YAGレーザー（基本波1064nm）の第2高調波（532nm）を用いる。その他に、アルゴンレーザー、クリプトンレーザー、エキシマレーザーなどの気体レーザー発振装置を適用することもできる。発振はパルス発振、連続発振のいずれの形態でも良いが、半導体膜の溶融状態を保って連続的に結晶成長させるためには、連続発振のモードを選択することが望ましい。

【0051】

基本波は非線形素子を含む波長変換器によって第2高調波、第3高調波、第4高調波に変換することができる。この波長変換器は前述の光学系の一部に組み入れるか、レーザー発振装置本体に組み入れれば良い。図1で示すレーザー発振装置101は、レーザー発振装置本体に波長変換器が組み入れられたものとする。

【0052】

図2で示すレーザー処理装置の構成は、図1と同様に、連続発振又はパルス発振が可能なレーザー発振装置101、レーザービームを集光するためのコリメータレンズ又はシリンドリカルレンズなどのレンズ102、レーザービームの光路を変える固定ミラー103、レーザービームを2次元方向に放射状にスキャンする第1可動ミラー104が備えられた光学系が複数配置され、それに対応して長尺の第2可動ミラー106を複数個設けた構成を示している。このような構成としても同様に、載置台107上に置かれた被処理物108の全面にわたってレーザービームを走査させることができる。また、f レンズ又はf ミラーを備えた構成としても良い。

【0053】

図3で示すレーザー処理装置の構成は、一組の光学系に対し複数のレーザー発振装置101を用いて複数のレーザービームを固定ミラー110とプリズム111とを用いて一つのレーザービームに合成した後、固定ミラー103に入射する構成となっている。異なるレーザー発振装置から放射される位相が異なるレーザービームを合成することにより、照射部において干渉によりエネルギー密度に分布が生じるのを抑えることができる。その他の構成は図1と同様であり、レンズ102、固定ミラー103、第1可動ミラー104、f レンズ105、第2可動ミラー106が備えられ、載置台107上に被処理物108が置かれる構成となっている。

【0054】

また、他のレーザー処理装置の形態として複数の光学系から供給される複数のレーザービームを異なる二つの方向から照射する構成を図4に示す。図4の構成では、レーザー発振装置101、レンズ102、固定ミラー103、第1可動ミラー104から成る第1光学系と、レーザー発振装置101、レンズ102、固定ミラー150、第1可動ミラー151から成る第2光学系とが配置され、第2可動ミラー106にて載置台107上の被処理物108に複数のレーザービームを照射する第1経路と、第2可動ミラー152にて載置

10

20

30

40

50

台107上の被処理物108に複数のレーザービームを照射する第2経路とが設けられ、この両者を同時に操作することにより一層の処理時間の短縮を図ることができる。

【0055】

基板上にレーザーアニールにより結晶化させた結晶質半導体膜でTFTを形成する場合、結晶の成長方向とキャリアの移動方向とを揃えると高い電界効果移動度を得ることが可能となる。即ち、結晶成長方向とチャンネル長方向とを一致させることで電界効果移動度を実質的に高くすることができる。連続発振するレーザービームを非単結晶半導体膜に照射して結晶化させる場合には固液界面が保持され、レーザービームの走査方向に連続的な結晶成長を行わせることが可能である。

【0056】

TFTを用いるアクティブマトリクス型表示装置は、その機能的な区分から画素部と駆動回路部とに構成を分けて見ることができる。結晶質半導体膜を用いたTFTではそれらを同一基板上に一体形成することが可能である。ここでは、これらが一体形成された基板をTFT基板と呼ぶが、生産工程では、大型のガラス基板(マザーガラスと呼ばれる)に複数のTFT基板を作り込み、工程の最終段階で分断する工法が実施されている。

【0057】

図4において二点鎖線で囲まれた領域200の詳細を図5に示す。図5で示すように、被処理物108(マザーガラス)に駆動回路一体型のアクティブマトリクス型表示装置を形成するためのTFT基板201では、画素部202の周辺に駆動回路部203、204が設けられている。図4で説明したように、二つの方向からレーザービームを照射する構成では、第1可動ミラー104と第2可動ミラー106、及び第1可動ミラー151と第2可動ミラー152との組み合わせにより図中で示すX方向及びY方向にレーザービームを同期又は非同期に照射することが可能であり、TFTのレイアウトに合わせて、場所を指定してレーザービームを照射することを可能としている。

【0058】

上記レーザー処理装置の構成により、半導体を溶融させるのに十分なエネルギー密度のレーザービームを、照射部において干渉を生じさせることなく照射することができる。また、偏向手段によりレーザービームを走査することにより大面積基板の全面に渡って非晶質半導体膜の結晶化をすることができる。また、レーザービームは被処理物の全面を走査して照射する必要はなく、場所を指定して特定領域のみ照射すれば済むが、上記レーザー処理装置の構成は可動ミラーを複数組み合わせることによりそれを実現している。さらに、そのレーザービームを同一照射部に重ね合わせるにより干渉の影響を除去することができる。

【0059】

[実施の形態3]

レーザービームを照射面において重ね合わせ、レーザー処理に必要なエネルギー密度を得て、光の干渉を除去することが可能な構成を図9と図10を用いて説明する。図9はそのようなレーザー処理装置の構成を示す上面図であり、図10はそれに対応する断面図であり、同じ構成を異なる角度から説明する図である。

図9と図10においては説明の便宜上、共通の符号を用いる。

【0060】

第1光学系401は、レーザー発振装置301a、レンズ群302a、第1ガルバノミラー303a、第2ガルバノミラー304a、f レンズ305aから成っている。ここで、第1ガルバノミラー303a、第2ガルバノミラー304aが偏向手段として設けられたものである。

【0061】

第2光学系402、第3光学系403も同様の構成であり、レーザービームは第1ガルバノミラーと第2ガルバノミラーの回転角により偏向方向が制御され、載置台306上の被処理物307に照射される。ビームはレンズ群302及び必要があればスリット等を設けることで任意の形状とすることができるが、概略数十 μm ~数百 μm の円形、楕円形、又は

10

20

30

40

50

矩形とすれば良い。載置台 306 は固定とするが、レーザービームの走査と同期させることも可能であるので、XY 方向に移動可能としても良い。

【0062】

そして、第1乃至第3の光学系により被処理物に照射されるレーザービームを重ね合わせることにより、レーザー処理に必要なエネルギー密度を得て、光の干渉を除去することが可能となる。異なるレーザー発振装置から放射されるレーザービームはそれぞれ位相が異なっているので、これらを重ね合わせることにより干渉を低減することができる。

【0063】

尚、ここでは第1乃至第3光学系から放射される3本のレーザービームを重ね合わせる構成を示しているが、同様の効果はこの数に限定されず、複数本のレーザービームを重ね合わせることで目的は達せられる。

10

【0064】

[実施の形態4]

本発明のレーザー処理装置は、非晶質半導体膜の結晶化、イオン注入領域の結晶性の回復及び価電子制御不純物の活性化に適用することができる。図11は非晶質半導体膜の結晶化におけるレーザー処理工程を説明する図である。

【0065】

図11(A)において、基板1001上にブロッキング層1002、非晶質半導体膜1003が形成されている。レーザービームの照射部1005は、TFTを形成するための半導体領域1004が含まれる位置に合わせて照射すれば良い。照射部1005は、半導体領域1004よりも広い領域を走査して、半導体領域1004の周辺部分まで含めて結晶化する。しかし、それは非晶質半導体膜1003の全面を結晶化する必要はない。

20

【0066】

非晶質半導体膜が結晶化することによって、含有する水素の放出や、原子の再配列による緻密化が起こり体積の収縮が発生する。従って、非晶質領域と結晶領域の界面では、格子連続性も確保されず、歪みが生じることになる。図11(A)の様に結晶化領域1006の内側にTFTの半導体領域1004を含ませることは、この歪み領域を除去することでもある。

【0067】

レーザー処理が済んだ後、図11(B)で示すように、エッチングにより非晶質半導体膜1003及び、結晶化領域1006の不要な部分を除去して半導体領域1004を形成する。その後、図11(C)に示す如く、ゲート絶縁膜1007及びゲート電極1008を形成し、また、半導体領域にソース及びドレイン領域を形成し、必要な配線を設ければTFTを形成することができる。

30

【0068】

TFTを用いるアクティブマトリクス型表示装置は、その機能的な区分から画素部と駆動回路部とに構成を分けて見ることができる。結晶質半導体膜を用いたTFTではそれらを同一基板上に一体形成することが可能である。図12はTFT基板1201と、レーザービームの照射方向との関係を詳細に示すものである。TFT基板1201には画素部1202、駆動回路部1203、1204が形成される領域を点線で示している。結晶化の段階では、全面に非単結晶半導体膜が形成されているが、TFTを形成するための半導体領域は基板端に形成されたアライメントマーカ等により特定することができる。

40

【0069】

例えば、駆動回路部1203は走査線駆動回路を形成する領域であり、その部分拡大図1301にはTFTの半導体領域1251、1252とレーザービーム1401a、1401bの走査方向を示している。半導体領域1251、1252の形状は任意なものを適用することができるが、いずれにしてもチャンネル長方向とレーザービームの走査方向とを揃えている。即ち、半導体領域1251に対するレーザービーム1401aの走査方向と、半導体領域1252に対するレーザービーム1401bの走査方向とは、同じ駆動回路部であっても異なっている。

50

【 0 0 7 0 】

また、駆動回路部 1 2 0 3 と交差する方向に配設する駆動回路部 1 2 0 4 はデータ線駆動回路を形成する領域であり、半導体領域 1 2 5 3、1 2 5 4 の配列と、レーザービーム 1 4 0 2 a、1 4 0 2 b の走査方向を一致させる（拡大図 1 3 0 2）。また、画素部 1 2 0 2 も同様であり、拡大図 1 3 0 3 に示す如く半導体領域 1 2 5 5、1 2 5 6 の配列に対して、チャンネル長方向に合わせてレーザービーム 1 4 0 3 a、1 4 0 3 b を走査させる。拡大図 1 3 0 3 で示す半導体領域 1 2 5 5、1 2 5 6 の配置は、画素の配置をデルタ配置とすることも可能である。

【 0 0 7 1 】

一方、図 1 3 に示すように T F T 基板 1 2 0 1 に形成する半導体領域の配列を、画素部 1 2 0 2、駆動回路部 1 2 0 3、1 2 0 4 の全てにおいて同一の方向に合わせる配置とすることもできる。図 1 3 における拡大図 1 3 0 5 の半導体領域 1 2 5 8 とレーザービーム 1 4 0 5 の走査方向、拡大図 1 3 0 4 の半導体領域 1 2 5 7 とレーザービーム 1 4 0 4 の走査方向、拡大図 1 3 0 6 における半導体領域 1 2 5 9 とレーザービーム 1 4 0 6 の走査方向は全て同一方向としている。この配列により、レーザービームは全て同一方向に走査すれば良いので、処理時間をより短縮することが可能である。

【 0 0 7 2 】

このようなレーザービームの照射方法において、連続発振のレーザービームを照射することにより大粒径の結晶成長を可能とする。勿論、それはレーザービームの走査速度やエネルギー密度等の詳細なパラメータを適宜設定する必要があるが、走査速度を 1 0 ~ 8 0 cm/sec とすることによりそれを実現することができる。パルスレーザーを用いた溶融 - 固化を経た結晶成長速度は 1 m/sec とも言われているが、それよりも遅い速度でレーザービームを走査して、徐冷することにより固液界面における連続的な結晶成長が可能となり、結晶の大粒径化を実現することができる。

【 0 0 7 3 】

レーザービームを走査する方向は一方向に限定されるものではなく、また、往復走査をしても良い。このようなレーザービームの走査は実施の形態 1 及び 2 で示す構成のレーザー処理装置で行うことが可能である。本発明のレーザー処理装置は、基板の任意の位置を指定してレーザービーム照射して結晶化することを可能とするものであり、二軸方向から複数のレーザービームを照射することにより、さらにスループットを向上させることができる。

【 0 0 7 4 】

【実施例】

[実施例 1]

図 4 の構成に基づいた本発明のレーザー処理装置の詳細な構成を図 6 ~ 8 を参照して説明する。尚、図 6 は本発明のレーザー処理装置の上面図であり、図 7 はそれに対応する断面図である。また、図 8 は制御信号の接続経路を説明する図であり、これらの図は相互に関連するものであるから、便宜上同じ符号を用いて説明する。

【 0 0 7 5 】

図 6 では X 方向及び Y 方向の二方向から複数のレーザービームが照射される構成となっている。X 方向からは、レーザー発振装置 5 0 1 a ~ 5 0 1 e から放射されるレーザービームが、レンズ群 5 0 2、固定ミラー 5 0 3、第 1 可動ミラー 5 0 4、f レンズ 5 0 5、第 2 可動ミラー 5 0 6 により被処理物に照射される。レーザービームは第 1 可動ミラー 5 0 4 と第 2 可動ミラー 5 0 6 により偏向され被処理物の照射面を走査することができる。また、Y 方向からは、レーザー発振装置 5 0 1 f ~ 5 0 1 j から放射されるレーザービームが、レンズ群 5 0 2、固定ミラー 5 0 7、第 1 可動ミラー 5 0 8、f レンズ 5 0 9、第 2 可動ミラー 5 1 0 により被処理物に照射される。

【 0 0 7 6 】

図 7 において側面図 A と側面図 B で示すように、X 方向から入射するレーザービームの経路と、Y 方向から入射するレーザービームの経路は段差をもって配置することにより、装

10

20

30

40

50

置を小型化することができる。被処理物を保持する載置台はその下に配置され、いずれにしても被処理物に入射するレーザービームは特定の角度をもって入射する。被処理物に入射するレーザービームは一对の可動ミラーによって、特定の照射位置に照射することができるが、レーザービームの放射と第1可動ミラー504、508及び第2可動ミラー506、510の角度及び、被処理物を保持するカセット512から搬送手段511による被処理物の搬出入は、図8で示すように制御手段520によって集中的に制御する。

【0077】

レーザービームの照射は、その目的により不活性雰囲気中、酸化性雰囲気中、還元性雰囲気中で行われる。被処理物は配置された処理室の雰囲気を制御する手段として、気体供給手段513が備えられている。また、処理室内部の気体を循環させるための気体循環手段514が備えられている。ここでは図示しなかったが、処理室内を減圧に制御する手段が備えられていても良い。

10

【0078】

上記レーザー処理装置の構成によりレーザービームを走査することで、大面積基板の全面に渡って非晶質半導体膜の結晶化をすることができる。また、レーザービームは被処理物の全面を走査して照射するのではなく、場所を指定して特定領域のみ照射することが可能であり、上記レーザー処理装置の構成は可動ミラーを複数組み合わせることによりそれを実現している。さらに、そのレーザービームを同一照射部に重ね合わせるにより干渉の影響を除去することができる。

【0079】

20

[実施例2]

図14を参照しては非晶質半導体膜の結晶化と、形成された結晶質半導体膜を用いてTFTを形成する工程を説明する。図14(1-B)は縦断面図であり、非単結晶半導体膜603がガラス基板601上に形成されている。非単結晶半導体膜603の代表的な一例は非晶質シリコン膜であり、その他に非晶質シリコンゲルマニウム膜などを適用することができる。厚さは10~200nmが適用可能であるが、レーザービームの波長及びエネルギー密度によりさらに厚くしても良い。また、ガラス基板601と非単結晶半導体膜603の間にはブロッキング層602を設け、ガラス基板からアルカリ金属などの不純物が半導体膜中へ拡散しないための手段を施しておくことが望ましい。ブロッキング層602としては、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜などを適用する。

30

【0080】

レーザービーム600の照射によって結晶化が成され、結晶半導体膜604を形成することができる。レーザービーム600は図14(1-A)に示すように、想定されるTFTの半導体領域605の位置に合わせて走査するものである。

ビーム形状は矩形、線形、楕円系など任意なものとするすることができる。光学系にて集光したレーザービームは、中央部と端部で必ずしもエネルギー強度が一定ではないので、半導体領域605がビームの端部にかからないようにすることが望ましい。

【0081】

レーザービームの走査は一方向のみの走査でなく、往復走査をしても良い。その場合には1回の走査毎にレーザーエネルギー密度を変え、段階的に結晶成長をさせることも可能である。また、非晶質シリコン膜を結晶化させる場合にしばしば必要となる水素出しの処理を兼ねることも可能であり、最初に低エネルギー密度で走査し、水素を放出した後、エネルギー密度を上げて2回目の走査で結晶化を完遂させても良い。

40

【0082】

その後、図14(2-A)及び(2-B)に示すように、形成された結晶半導体膜をエッチングして、島状に分割された半導体領域605を形成する。トップゲート型TFTの場合には、半導体領域605上にゲート絶縁膜606、ゲート電極607、一導電型不純物領域608を形成してTFTを形成することができる。その後、必要に応じて配線や層間絶縁膜等を形成すれば良い。

【0083】

50

このようなレーザービームの照射方法において、連続発振のレーザービームを照射することにより大粒径の結晶成長を可能とする。勿論、それはレーザービームの走査速度やエネルギー密度等の詳細なパラメータを適宜設定する必要があるが、走査速度を10～80 cm/secとすることによりそれを実現することができる。パルスレーザーを用いた溶融・固化を経た結晶成長速度は1 m/secとも言われているが、それよりも遅い速度でレーザービームを走査して、徐冷することにより固液界面における連続的な結晶成長が可能となり、結晶の大粒径化を実現することができる。

【0084】

[実施例3]

実施例2で示すTF Tの作製方法は、ゲート電極が基板と半導体膜の間に配置されるボトムゲート型のTF Tの作製工程にも適用できる。図15(A)で示すように基板701上にMo又はCrで形成されたゲート電極702が形成され、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜を積層したゲート絶縁膜703が形成されている。その上に、非晶質シリコン膜704が形成されており、レーザービーム700の照射により結晶質シリコン膜705を形成することができる。

【0085】

図15(B)はボトムゲート型TF Tの他の形態であり、ゲート絶縁膜706の表面が平坦化された状態を示している。平坦化は化学的機械研磨により平坦化すれば良い。ボトムゲート型TF Tの場合、ゲート電極が先に形成されることによりゲート絶縁膜の表面には段差が形成される。結晶成長においてこのような段差部は、結晶成長の基点、即ち結晶核となる確率が高く、一様な結晶成長を阻害する要因となる。従って、均質な結晶成長を成し遂げるためにはゲート絶縁膜の表面を平坦化しておくことが望ましいと考えられる。

【0086】

結晶質シリコン膜705が形成された後は、半導体領域の形成、ソース及びドレイン領域の形成等、公知の方法に従えばボトムゲート型TF Tを形成することができる。

【0087】

[実施例4]

本発明のレーザー処理装置を用いてCMOS型のTF Tを作製する一例について、図16を参照して説明する。

【0088】

図16(A)において、アルミノシリケートガラス、バリウムホウケイ酸ガラスなどのガラス基板901上に、窒化酸化シリコンを用いてブロッキング層902を200 nmの厚さで形成する。その後、非晶質シリコン膜903をプラズマCVD法で100 nmの厚さに形成する。結晶化は、連続発振のレーザービーム900を照射することにより行うが、当該レーザービーム900の照射は非晶質シリコン膜903の全面に対して行う必要はない。

【0089】

図16(B)は島状に分割した活性層形成領域905、906の形態を示しているが、図16(A)と(B)を対比して分かるように、活性層形成領域は結晶化領域の内側に形成されるようにする。非晶質シリコン膜が結晶化することによって、含有する水素の放出や、原子の再配列による緻密化が起こり体積の収縮が発生する。従って、非晶質領域と結晶領域の界面では、格子連続性も確保されず、歪みが生じることになる。そこで、結晶化領域904の内側にTF Tの活性層形成領域905を形成することは、この歪み領域を除去することでもある。また、図17(A)はこの状態の上面図を示している。

【0090】

尚、ここで活性層とは、TF Tのチャンネル形成領域及びソース又はドレイン領域などのように価電子制御された不純物領域を含む半導体領域を指している。

【0091】

さらに、ゲート絶縁膜907を80 nmの厚さで形成する。ゲート絶縁膜907はプラズマCVD法を用いて、SiH₄とN₂OにO₂を反応ガスとして酸化窒化シリコン膜で形成する。この活性層は、(100)面の配向率が高いため、その上に形成するゲート絶縁膜の

10

20

30

40

50

膜質のバラツキを少なくすることができ、それ故にTFTのしきい値電圧のバラツキを小さくすることができる。

【0092】

図16(C)において、ゲート絶縁膜907上には、ゲート電極908、909を形成する。ゲート電極を形成する材料としては、Al、Ta、Ti、W、Moなどの導電性材料又はこれらの合金を適用し、400nmの厚さに形成する。

【0093】

図16(D)は不純物領域の形成であり、イオンドーピング法により、nチャネル型TFTに対するソース又はドレイン領域910、低濃度ドレイン(LDD)領域911、及びpチャネル型TFTに対するソース又はドレイン領域912を形成する。

10

【0094】

イオンドーピングにより、不純物元素を注入した領域の結晶性が破壊され、非晶質化する。結晶性の回復と、不純物元素の活性化による低抵抗化を実現するために、レーザー処理を行う。レーザー処理は本発明のレーザー処理装置によって行うことができる。また、水素雰囲気(還元雰囲気)中でレーザー照射を行って水素化を兼ねておこなっても良い。

【0095】

その後、図16(E)に示すように窒化シリコン膜又は酸化シリコン膜で層間絶縁膜914を形成する。次いで、各半導体層の不純物領域に達するコンタクトホールを形成し、Al、Ti、Taなどを用いて配線915、916を形成する。さらに、窒化シリコン膜でパッシベーション膜917を形成する。図17(B)はこの状態の上面図を示している。

20

【0096】

こうしてnチャネル型TFTとpチャネル型TFTを形成することができる。ここではそれぞれのTFTを単体として示しているが、これらのTFTを使ってCMOS回路やNMOS回路、PMOS回路を形成することができる。本発明により形成される結晶質シリコン膜はチャンネル長方向と平行に結晶成長が成されるので、実質的にキャリアが横切る結晶粒界が無くなり、高い電界効果移動度を得ることができる。こうして作製されるTFTは、アクティブマトリクス型の液晶表示装置や発光素子を用いた表示装置を作製するためのTFTとして、また、ガラス基板上にメモリやマイクロプロセッサを形成するためのTFTとして用いることができる。

【0097】

30

[実施例5]

実施例4と同様に作製されるTFTを用いてアクティブマトリクス駆動型の表示装置を実現するためのTFT基板(TFTが形成された基板)の構成例を図18により説明する。図18では、nチャネル型TFT1801、pチャネル型TFT1802、nチャネル型TFT1803を有する駆動回路部1806と、画素TFT1804、容量素子1805とを有する画素部1807が同一基板上に形成されている。

【0098】

駆動回路部1806のnチャネル型TFT1801はチャンネル形成領域862、ゲート電極810と一部が重なる第2不純物領域863とソース領域又はドレイン領域として機能する第1不純物領域864を有している。pチャネル型TFT1802にはチャンネル形成領域865、ゲート電極811と一部が重なる第4不純物領域866とソース領域又はドレイン領域として機能する第3不純物領域867を有している。nチャネル型TFT1803にはチャンネル形成領域868、ゲート電極812と一部が重なる第2不純物領域869とソース領域又はドレイン領域として機能する第1不純物領域870を有している。このようなnチャネル型TFT及びpチャネル型TFTによりシフトレジスタ回路、バッファ回路、レベルシフト回路、ラッチ回路などを形成することができる。

40

【0099】

これらのチャンネル形成領域や不純物領域が形成される活性層は、実施例2と同様にして形成されるものである。活性層はチャンネル長方向に、基板と平行に結晶成長されることにより、キャリアが結晶粒界を横切る確率が非常に低減する。それにより、高い電界効果移動

50

度を得ることができ、極めて優れた特性を得ることができる。

【0100】

画素部1807の画素TF T 1804にはチャンネル形成領域871、ゲート電極813の外側に形成され第2不純物領域872とソース領域又はドレイン領域として機能する第1不純物領域873を有している。また、容量素子1805の一方の電極として機能する半導体膜には硼素が添加された第3不純物領域876が形成されている。容量素子1805は、絶縁膜(ゲート絶縁膜と同一膜)を誘電体として、電極814と半導体膜806とで形成されている。上記第2不純物領域はいずれもLDD領域として機能するものであり、第1不純物領域よりも低い濃度で価電子制御用の不純物元素を含んでいる。尚、853~860は各種配線であり、861は画素電極に相当するものである。

10

【0101】

これらのTF Tは、チャンネル形成領域や不純物領域を形成する活性層の配向率が高く、平坦であるためその上に形成するゲート絶縁膜の膜質のバラツキを少なくすることができる。それ故にTF Tのしきい値電圧のバラツキを小さくすることができる。その結果、低電圧でTF Tを駆動することが可能であり、消費電力が低減する利点がある。また、表面が平坦化されている為、電界が凸部に集中しないことにより、特にドレイン端において発生するホットキャリア効果に起因する劣化を抑制することが可能となる。また、ソースとドレイン間を流れるキャリアの濃度分布はゲート絶縁膜との界面近傍において高くなるが、平滑化されているためキャリアが散乱されることなくスムーズに移動することができ、電界効果移動度を高めることができる。

20

【0102】

このようなTF T基板から液晶表示装置を作製するためには、共通電極が形成された対向基板を3~8 μ m程度の間隔をもって設け、その間に配向膜、液晶層を形成すれば良い。これらは公知の技術を適用することができる。

【0103】

図19は上記TF T基板を用いるアクティブマトリクス基板の回路構成を示している。画素部1901のTF Tを駆動する駆動回路部はデータ線駆動回路1902、走査線駆動回路1903であり、必要に応じてシフトレジスタ回路、バッファ回路、レベルシフト回路、ラッチ回路などが配置されている。この場合、データ線駆動回路1902は映像信号を送り出すものであり、コントローラ1904からの映像信号と、タイミングジェネレータ1907からの走査線駆動回路用タイミング信号が入力される。走査線駆動回路1903にはタイミングジェネレータ1907からのデータ線駆動回路用タイミング信号が入力され、走査線に信号を出力する。マイクロプロセッサ1906はコントローラ1904の制御や、メモリ1905への映像信号などのデータの書き込み、外部インターフェース1908からの入出力、これらシステム全体の動作管理などを行う。

30

【0104】

これらの回路を構成するためのTF Tは本実施例で示すような構成のTF Tで形成することが可能である。TF Tのチャンネル形成領域を形成する活性層を実質的に単結晶と見なせる領域とすることにより、TF Tの特性を向上させ、様々な機能回路をガラスなどの基板上に形成することができる。

40

【0105】

[実施例6]

TF T基板を用いた他の実施例として、発光素子を用いた表示装置の一例を図面を参照して説明する。図20は各画素毎にTF Tを配置して形成される表示装置の画素構造を断面図で示している。尚、図20において示すnチャンネル型TF T 2100、2102及びpチャンネル型TF T 2101は実施例4と同様の構成であり、本実施例では詳細な説明は省略する。

【0106】

図20(A)は基板2001上にブロッキング層2002を介してnチャンネル型TF T 2100とpチャンネル型TF T 2101が画素に形成された構成を示している。この場合、

50

nチャネル型TF T 2 1 0 0はスイッチング用TF Tであり、pチャネル型TF T 2 1 0 1は電流制御用TF Tであり、そのドレイン側は発光素子2 1 0 5の一方の電極と接続している。pチャネル型TF T 2 1 0 1は発光素子に流す電流を制御する動作を目的としている。勿論、一つの画素に設けるTF Tの数に限定はなく、表示装置の駆動方式に従い適切な回路構成とすることが可能である。

【0107】

図20(A)に示す発光素子2 1 0 5は、陽極層2 0 1 1、発光体を含む有機化合物層2 0 1 2、陰極層2 0 1 3から成り、その上にパッシベーション層2 0 1 4が形成されている。有機化合物層は、発光層、正孔注入層、電子注入層、正孔輸送層、電子輸送層等が含まれる。また、有機化合物におけるルミネッセンスには、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光(蛍光)と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光(リン光)があり、これらのうちどちらか、あるいは両方の発光を含んでいる。

10

【0108】

陽極を形成する材料は酸化インジウムや酸化スズ、酸化亜鉛などの仕事関数の高い材料を用い、陰極にはMgAg、AlMg、Ca、Mg、Li、AlLi、AlLiAgなどのアルカリ金属又はアルカリ土類金属、代表的にはマグネシウム化合物で形成される仕事関数の低い材料を用いる。また、1~20nmの薄いフッ化リチウム層とAl層との組み合わせ、薄いセシウム層とAl層との組み合わせによって陰極を構成しても良い。陽極はpチャネル型TF T 2 1 0 1のドレイン側の配線2 0 1 0と接続しており、陽極2 0 1 1の端部を覆うように隔壁層2 0 0 3が形成されている。

20

【0109】

発光素子2 1 0 5上にはパッシベーション膜2 0 1 4が形成されている。パッシベーション層2 0 1 4には窒化シリコン、酸窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)など酸素や水蒸気に対しバリア性の高い材料を用いて形成する。このような構成により発光素子の発する光は陽極側から放射される構成となる。

【0110】

一方、図20(B)は基板2 0 0 1上にブロッキング層2 0 0 2を介してnチャネル型TF T 2 1 0 0とnチャネル型TF T 2 1 0 2が画素に形成された構成を示している。この場合、nチャネル型TF T 2 1 0 0はスイッチング用TF Tであり、nチャネル型TF T 2 1 0 2は電流制御用TF Tであり、そのドレイン側は発光素子2 1 0 6の一方の電極と接続している。

30

【0111】

発光素子2 1 0 6は、nチャネル型TF T 2 1 0 2のドレイン側に接続する配線2 0 1 5上に陽極層2 0 1 6として酸化インジウムや酸化スズ、酸化亜鉛などの仕事関数の高い材料の膜を形成している。

【0112】

有機化合物層2 0 1 8上に形成される陰極の構成は、1~2nmの低仕事関数の材料で形成される第1陰極層2 0 1 9と、陰極層2 0 1 9上に形成され、陰極の低抵抗化を図るために設ける第2陰極層2 0 1 7とで形成される。第1陰極層2 0 1 9はセシウム、セシウムと銀の合金、フッ化リチウムの他にMgAg、AlMg、Ca、Mg、Li、AlLi、AlLiAgなどのアルカリ金属又はアルカリ土類金属、代表的にはマグネシウム化合物で形成される。第2陰極層2 0 1 7は、10~20nmのAl、Agなどの金属材料又は、10~100nmの酸化インジウムや酸化スズ、酸化亜鉛などの透明導電膜で形成される。発光素子2 1 0 6上にはパッシベーション膜2 0 2 0が形成されている。このような構成により発光素子の発する光は陰極側から放射される構成となる。

40

【0113】

また、図20(B)における発光素子2 1 0 6の他の形態として、nチャネル型TF T 2 1 0 2のドレイン側に接続する配線2 0 1 5上に陰極材料としてセシウム、セシウムと銀の合金、フッ化リチウムの他にMgAg、AlMg、Ca、Mg、Li、AlLi、AlLiAgなどのアルカリ金属又はアルカリ土類金属、代表的にはマグネシウム化合物から

50

成る陰極層 2016、有機化合物層 2018、1~2nm程度の薄い第1陽極層 2019、透明導電膜で形成される第2陽極層 2017とした構成とすることもできる。第1陽極層はニッケル、白金、鉛などの仕事関数の高い材料を真空蒸着法で形成する。

【0114】

以上のようにしてアクティブマトリクス駆動の発光素子を用いた表示装置を作製することができる。これらのTFTは、チャンネル形成領域や不純物領域を形成する活性層の配向率が高く、平坦であるためその上に形成するゲート絶縁膜の膜質のバラツキを少なくすることができる。それ故にTFTのしきい値電圧のバラツキを小さくすることができる。その結果、低電圧でTFTを駆動することが可能であり、消費電力を低減する利点がある。この表示装置においては、発光素子に接続する電流制御用にTFTに高い電流駆動能力が要求されるので、その用途に適している。また、ここでは示さないが、画素部の周辺に駆動回路部を設ける構成は、実施例5と同様にすれば良い。

10

【0115】

[実施例7]

本発明は様々な半導体装置に適用が可能である。このような半導体装置には、携帯情報端末(電子手帳、モバイルコンピュータ、携帯電話等)、ビデオカメラ、デジタルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ受像器、携帯電話、投影型表示装置等が挙げられる。それらの一例を図21と図22に示す。

【0116】

図21(A)は本発明を適用してテレビ受像器を完成させる一例であり、筐体3001、支持台3002、表示部3003等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3003に適用されている。

20

【0117】

図21(B)は本発明を適用してビデオカメラを完成させた一例であり、本体3011、表示部3012、音声入力部3013、操作スイッチ3014、バッテリー3015、受像部3016等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3012に適用されている。

【0118】

図21(C)は本発明を適用してノート型のパーソナルコンピュータを完成させた一例であり、本体3021、筐体3022、表示部3023、キーボード3024等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3023に適用されている。

30

【0119】

図21(D)は本発明を適用してPDA(Personal Digital Assistant)を完成させた一例であり、本体3031、スタイラス3032、表示部3033、操作ボタン3034、外部インターフェース3035等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3033に適用することができる。

【0120】

図21(E)は本発明を適用して音響再生装置を完成させた一例であり、具体的には車載用のオーディオ装置であり、本体3041、表示部3042、操作スイッチ3043、3044等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3042に適用することができる。

40

【0121】

図21(F)は本発明を適用してデジタルカメラを完成させた一例であり、本体3051、表示部(A)3052、接眼部3053、操作スイッチ3054、表示部(B)3055、バッテリー3056等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部(A)3052および表示部(B)3055に適用することもできる。

【0122】

図21(G)は本発明を適用して携帯電話を完成させた一例であり、本体3061、音声出力部3062、音声入力部3063、表示部3064、操作スイッチ3065、アンテナ3066等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3064

50

に適用することができる。

【0123】

図22(A)はフロント型プロジェクターであり、投射装置2601、スクリーン2602等を含む。図22(B)はリア型プロジェクターであり、本体2701、投射装置2702、ミラー2703、スクリーン2704等を含む。

【0124】

尚、図22(C)は、図22(A)及び図22(B)中における投射装置2601、2702の構造の一例を示した図である。投射装置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22(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。

10

【0125】

また、図22(D)は、図22(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、レンズアレイ2813、2814、偏光変換素子2815、集光レンズ2816で構成される。なお、図22(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。

20

【0126】

尚、ここで例示する電子装置はごく一例であり、これらの用途に限定するものではないことを付記する。

【0127】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、大面積基板の全面にわたって、TFTを形成する半導体領域の位置に合わせてレーザービームを照射して結晶化させ、スループット良く大粒径の結晶半導体膜を形成することができ、しかもTFTの特性を向上させることができる。

30

【0128】

特に、本発明のレーザー処理装置の構成により、半導体を熔融させるのに十分なエネルギー密度のレーザービームを、照射部において干渉を生じさせることなく照射することができる。また、偏向手段によりレーザービームを走査することにより大面積基板の全面に渡って非晶質半導体膜の結晶化をすることができる。

或いは、偏向手段により、大面積基板上の指定された領域を選択的に結晶化することができる。さらに、偏向手段により複数のレーザービームを同一照射部に重ね合わせることで干渉の影響を除去することができる。

【0129】

従って、本発明によれば、大面積基板の全面にわたって、TFTを形成する半導体領域の位置に合わせてレーザービームを照射して結晶化させ、スループット良く結晶質半導体膜を形成することができ、しかもTFTの特性を向上させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図2】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図3】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図4】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図5】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図6】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図7】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

50

【図8】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図9】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図10】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図11】 TFT基板の構成とTFTを構成する半導体領域の配置とレーザービームの走査方向の関係を説明する図。

【図12】 TFT基板の構成とTFTを構成する半導体領域の配置とレーザービームの走査方向の関係を説明する図。

【図13】 TFT基板の構成とTFTを構成する半導体領域の配置とレーザービームの走査方向の関係を説明する図。

【図14】 半導体膜におけるレーザービームの走査方向とTFTの作製工程を説明する図。

10

【図15】 ボトムゲート型のTFTの作製工程を説明する断面図。

【図16】 TFTの作製工程を説明する断面図。

【図17】 TFTの作製工程を説明する上面図。

【図18】 TFT基板の構成を示す断面図。

【図19】 TFT基板の回路構成の一例を示すブロック図。

【図20】 発光素子を設けた半導体装置の画素の構成を示す断面図。

【図21】 半導体装置の一例を示す図。

【図22】 半導体装置の一例を示す図。

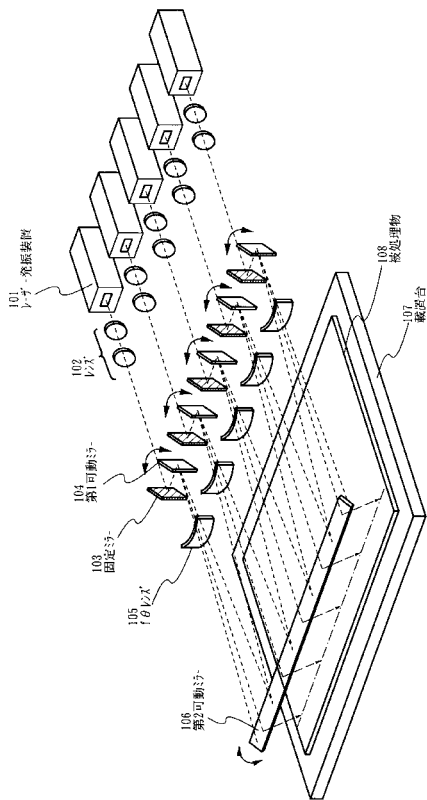
【図23】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

20

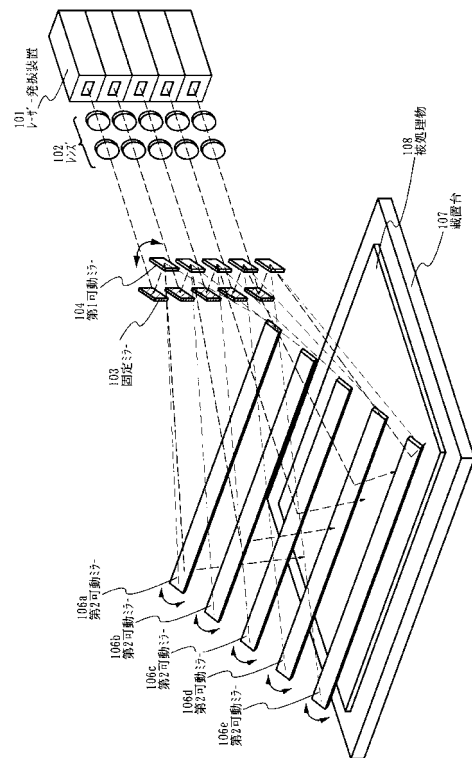
【図24】 本発明のレーザー処理装置の一態様を示す配置図。

【図25】 半導体膜におけるレーザービームの走査方向とTFTの作製工程を説明する図。

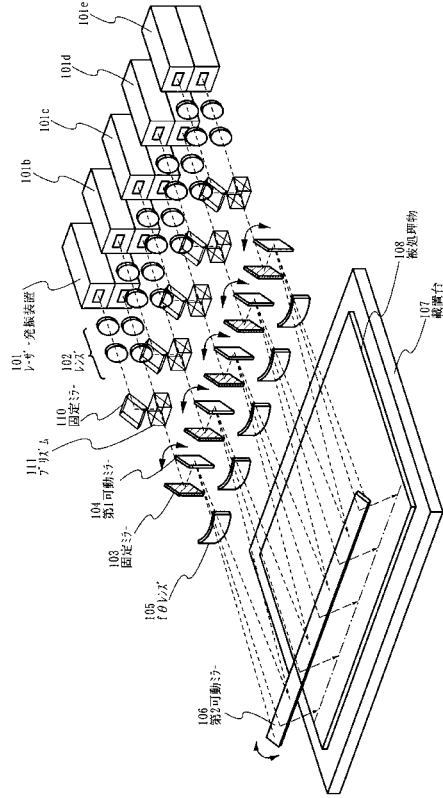
【図1】



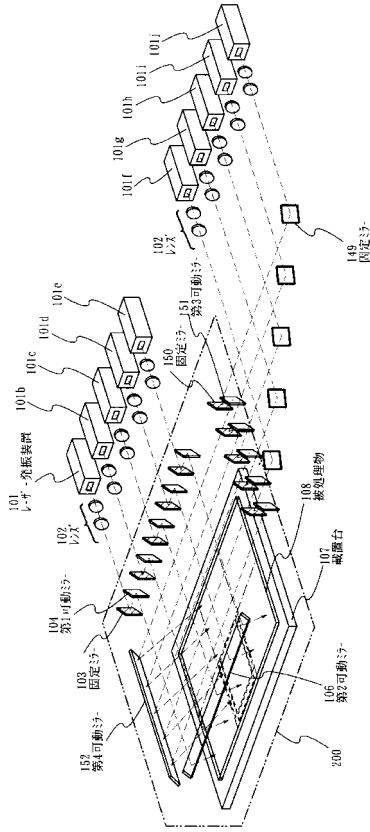
【図2】



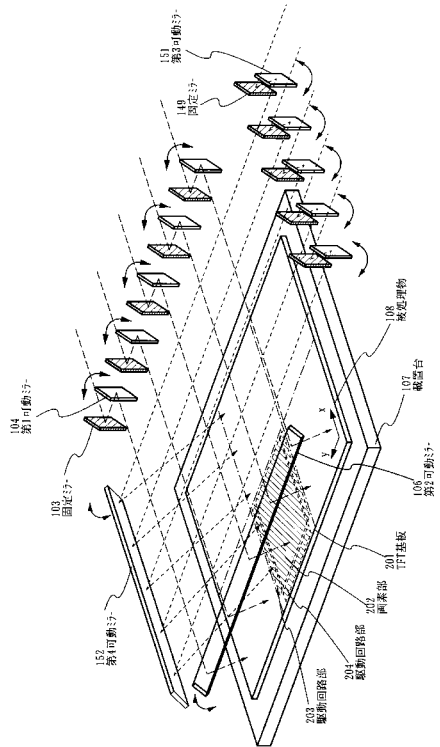
【図3】



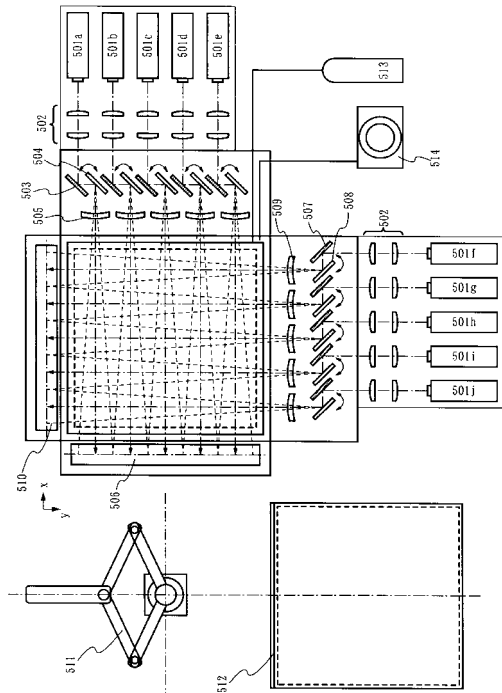
【図4】



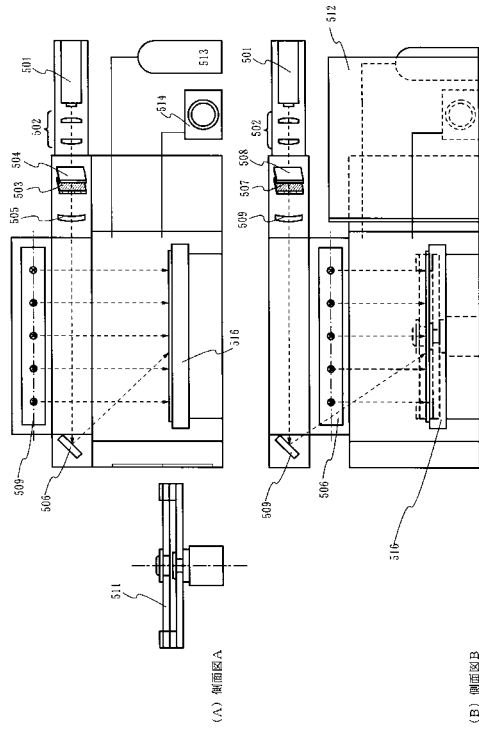
【図5】



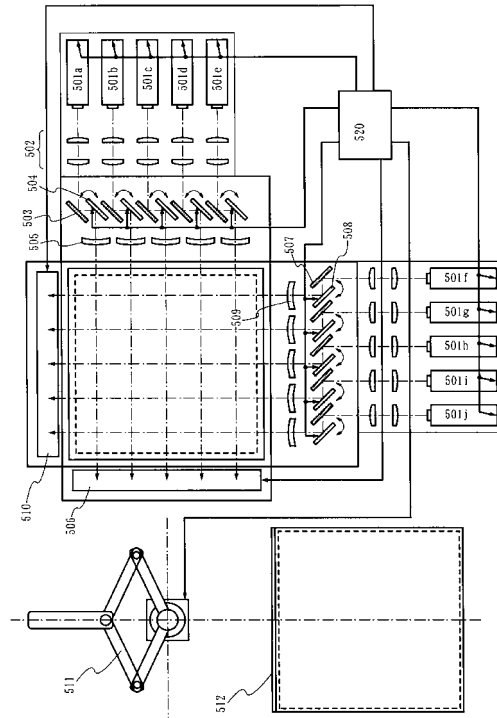
【図6】



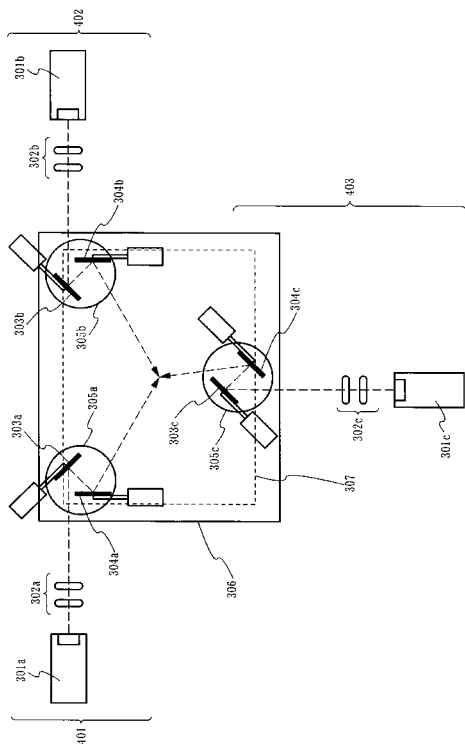
【 図 7 】



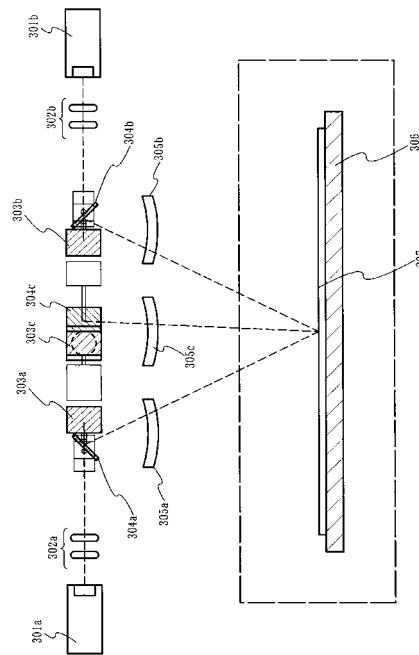
【 図 8 】



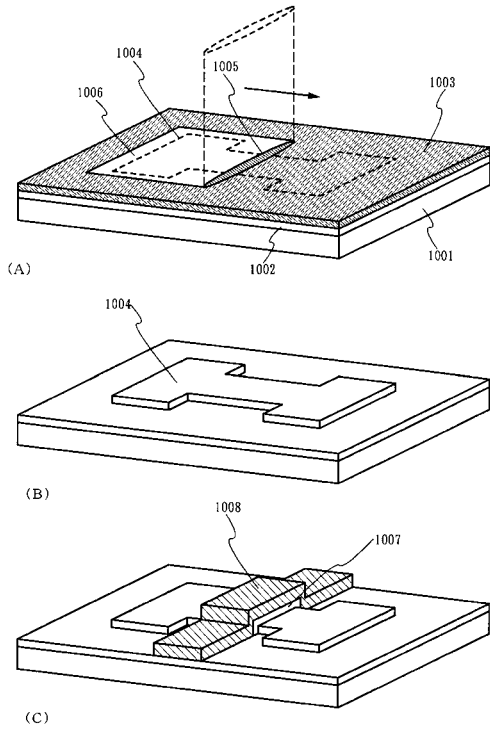
【 図 9 】



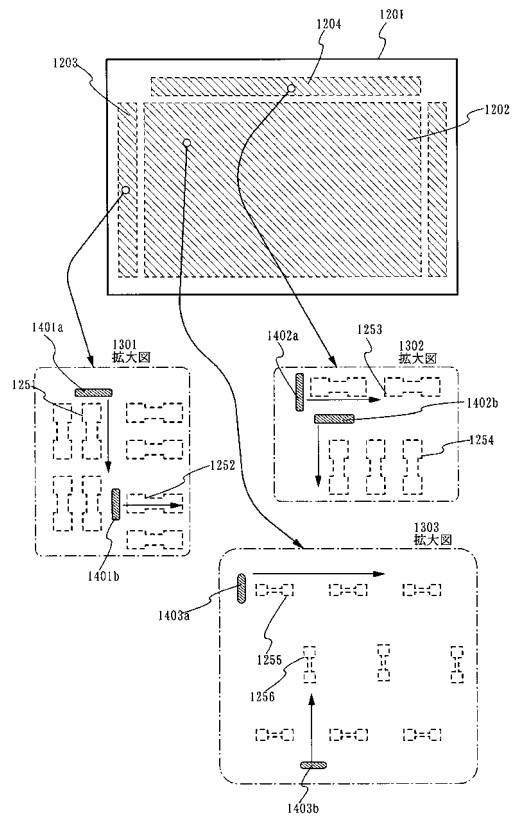
【 図 10 】



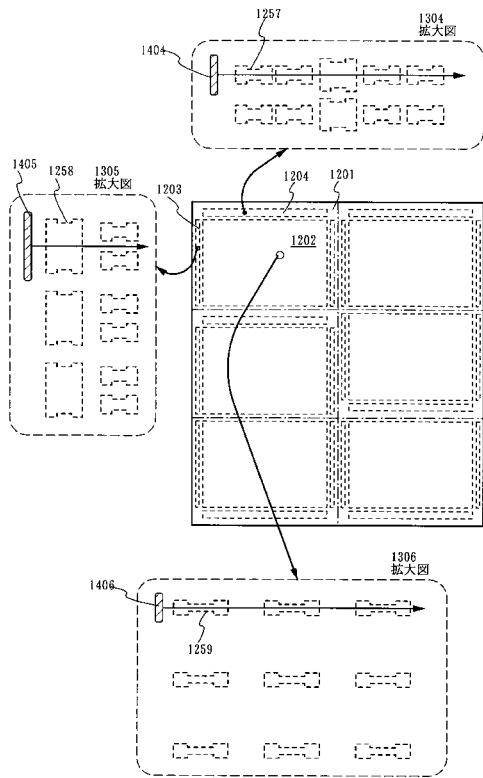
【図11】



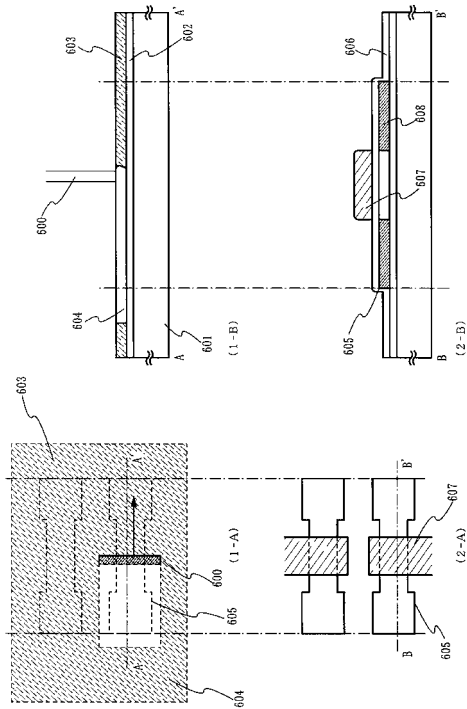
【図12】



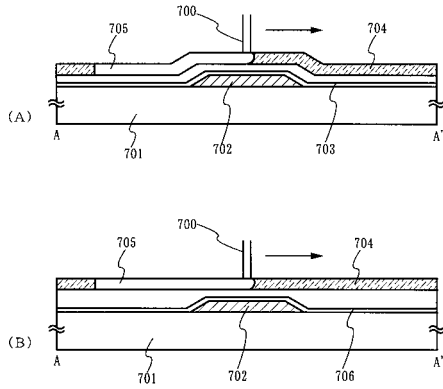
【図13】



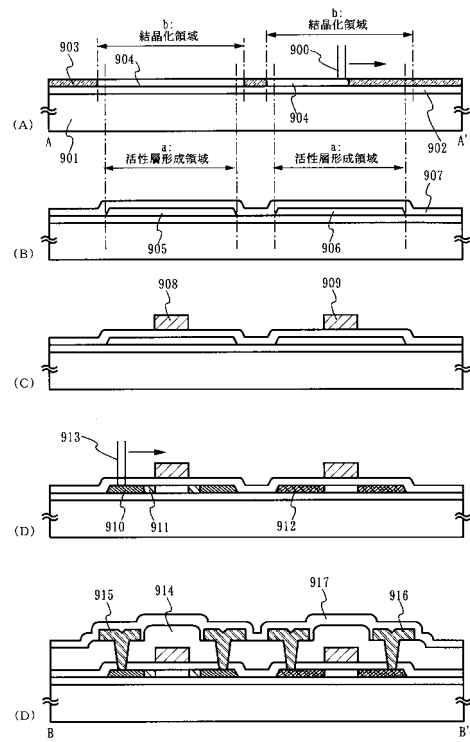
【図14】



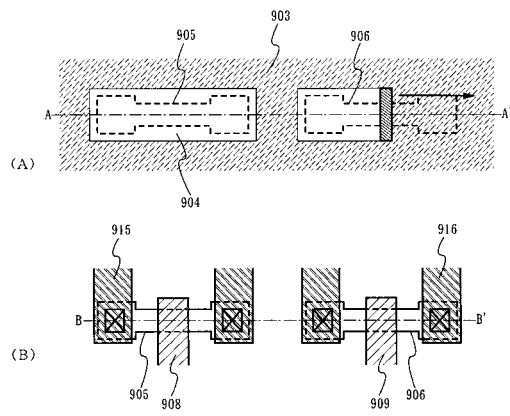
【図15】



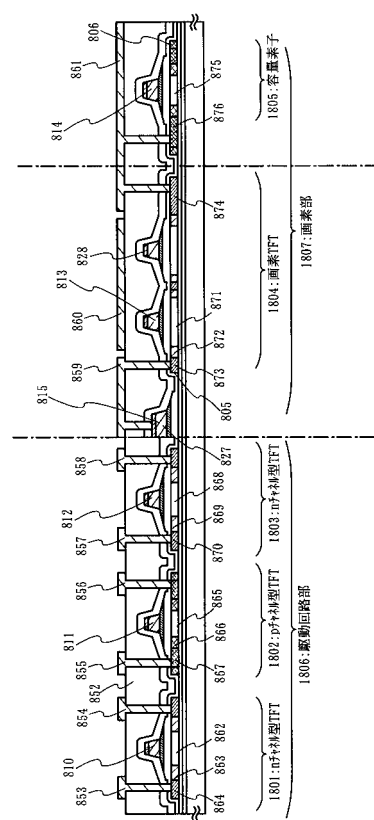
【図16】



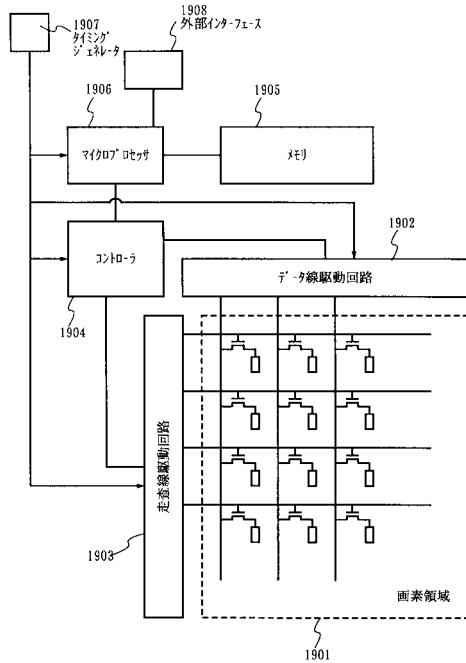
【図17】



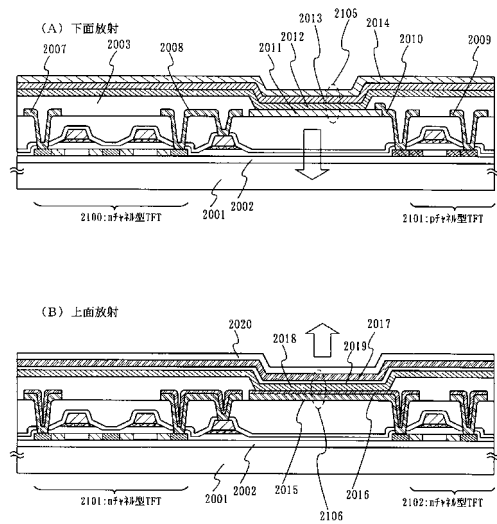
【図18】



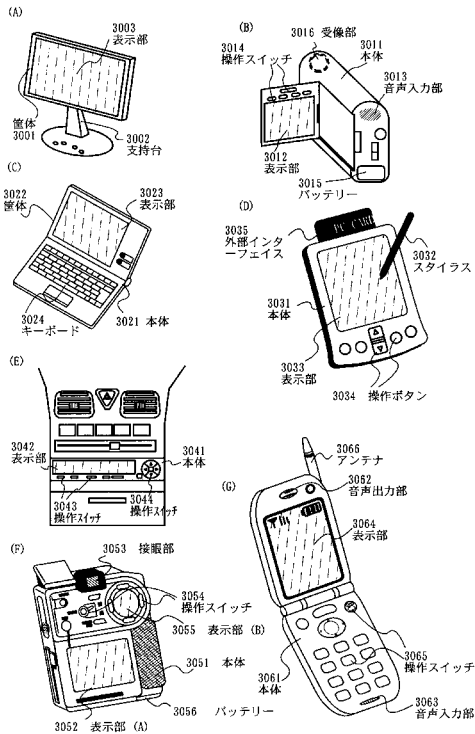
【図19】



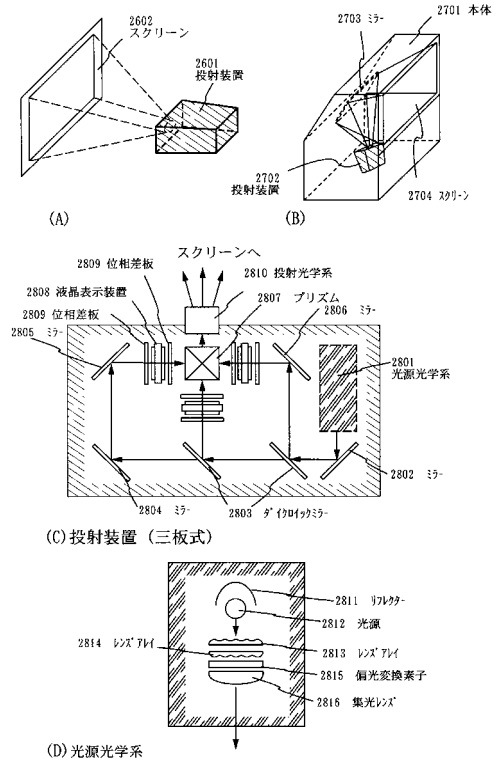
【図20】



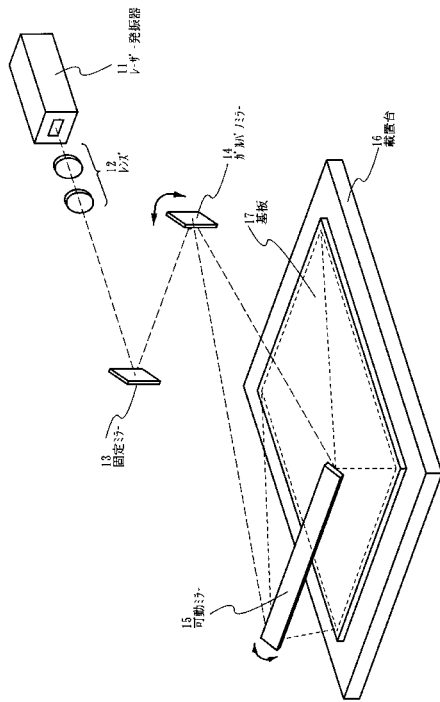
【図21】



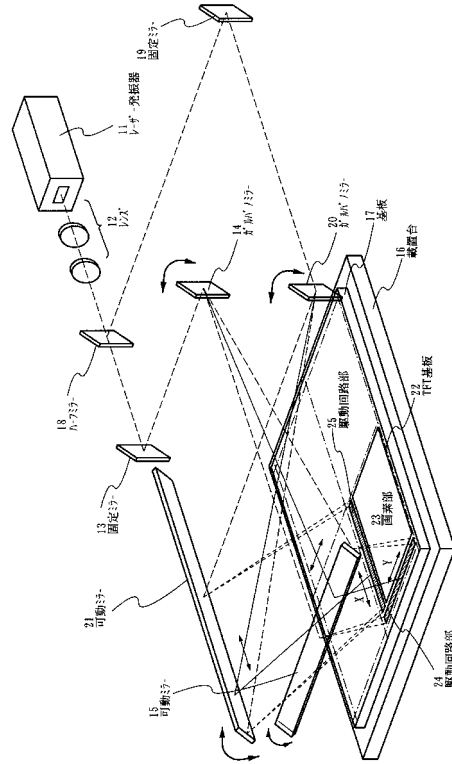
【図22】



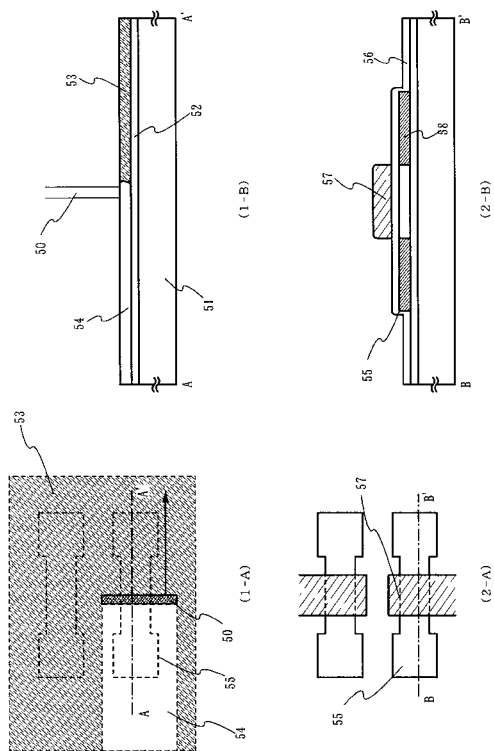
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平01-261820(JP,A)
特開昭58-192381(JP,A)
特開平09-172181(JP,A)
特開平11-121751(JP,A)
特開2000-077333(JP,A)
特開2001-144300(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/20
H01L 21/265
H01L 21/268
H01L 21/336
H01L 29/786