

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5250181号
(P5250181)

(45) 発行日 平成25年7月31日 (2013. 7. 31)

(24) 登録日 平成25年4月19日 (2013. 4. 19)

(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 21/265 (2006. 01)	HO 1 L 21/265 V
HO 1 L 21/336 (2006. 01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 G
HO 1 L 29/786 (2006. 01)	

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2005-134751 (P2005-134751)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成17年5月6日 (2005. 5. 6)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2005-347741 (P2005-347741A)		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
(43) 公開日	平成17年12月15日 (2005. 12. 15)	(74) 代理人	100116159
審査請求日	平成20年3月12日 (2008. 3. 12)		弁理士 玉城 信一
(31) 優先権主張番号	特願2004-137374 (P2004-137374)	(72) 発明者	田中 幸一郎
(32) 優先日	平成16年5月6日 (2004. 5. 6)		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		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】 半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザビームを半導体膜に照射する半導体装置の作製方法であって、
スリットが有するスリット開口部を通過した前記レーザビームを、前記半導体膜の第 1 の領域に照射する第 1 の工程と、
前記スリット開口部の長手方向の長さを前記第 1 の工程と異なる長さに変え、前記第 1 の工程と長手方向の長さが異なるスリット開口部を通過した前記レーザビームを、前記半導体膜の第 2 の領域に照射する第 2 の工程と、を有し、
前記第 1 の工程及び前記第 2 の工程を前記半導体膜への同一走査方向の前記レーザビーム照射中に行い、
前記第 1 の領域及び前記第 2 の領域は、前記同一走査方向に沿って隣接することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

レーザビームを半導体膜に照射する半導体装置の作製方法であって、
スリットが有するスリット開口部を通過した前記レーザビームを、前記半導体膜の第 1 の領域に照射する第 1 の工程と、
前記スリット開口部の長手方向の長さを前記第 1 の工程と異なる長さに変え、前記第 1 の工程と長手方向の長さが異なるスリット開口部を通過した前記レーザビームを、前記半導体膜の第 2 の領域に照射する第 2 の工程と、
前記スリット開口部の長手方向の長さを前記第 2 の工程と異なる長さに変え、前記第 2

の工程と長手方向の長さが異なるスリット開口部を通過した前記レーザビームを、前記半導体膜の第３の領域に照射する第３の工程と、を有し、

前記第１の工程、前記第２の工程及び前記第３の工程を前記半導体膜への同一走査方向の前記レーザビーム照射中に行い、

前記第１の領域及び前記第２の領域は、前記同一走査方向に沿って隣接し、前記第２の領域及び前記第３の領域は、前記同一走査方向に沿って隣接することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項３】

請求項１または請求項２において、

前記半導体膜の前記第１の領域を用いて、第１のトランジスタを形成し、

前記半導体膜の前記第２の領域を用いて、第２のトランジスタを形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

【請求項４】

請求項１乃至請求項３のいずれか一項において、

前記スリット開口部を、矩形形状にする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１乃至請求項４のいずれか一項において、

前記レーザビームの幅を変える際には、マージンを持たせることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項６】

請求項１乃至請求項５のいずれか一項において、

前記スリットを、回折光学素子と集光レンズとの間に配置し、かつレーザ発振器から出射される前記レーザビームの光路上に配置することを特徴とする半導体装置の作製方法。

20

【請求項７】

請求項６において、

前記スリットを、前記回折光学素子の結像位置に配置することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項８】

請求項１乃至請求項７のいずれか一項において、

前記スリット開口部の長手方向を、前記レーザビームの照射方向に対して垂直方向にすることを特徴とする半導体装置の作製方法。

30

【請求項９】

請求項１乃至請求項８のいずれか一項において、

前記レーザビームを照射することによって前記半導体膜を結晶化することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項１０】

請求項１乃至請求項９のいずれか一項において、

前記レーザビームを照射することによって前記半導体膜に含まれる不純物元素を活性化す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】

40

【技術分野】

【０００１】

本発明は、例えば半導体材料に対して行われるようなアニールを均一に、かつ効率的に行うためのレーザ照射装置（レーザと該レーザから出力されるレーザビームを被照射体まで導くための光学系を含む装置）に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、基板上に薄膜トランジスタ（以下ＴＦＴと記す）を製造する技術が大幅に進歩し、アクティブマトリクス型表示装置への応用開発が進められている。特に、多結晶半導体膜を用いたＴＦＴは、従来の非晶質半導体膜を用いたＴＦＴよりも電界効果移動度が高い

50

ので、高速動作が可能である。そのため、従来基板の外に設けられた駆動回路を、画素と同一の基板上に形成し、該駆動回路で画素の制御を行うことが試みられている。

【0003】

ところで半導体装置の需要の増大に伴い、その作製には低温化及び短時間化が強く求められるようになってきている。半導体装置に用いる基板もコストの面から単結晶半導体基板よりも有利な、ガラス基板が採用されるようになってきている。ガラス基板は耐熱性に劣り、熱変形しやすいが、ガラス基板上に多結晶半導体膜を用いたTFTを形成する場合には、レーザアニールを用いることにより低温度で半導体膜の結晶化を容易に行うことができる。

【0004】

それとともにレーザアニールは、輻射加熱ある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、基板上の半導体膜を選択的、局所的に加熱して、基板に殆ど熱的損傷を与えない利点を有している。

【0005】

レーザアニールに用いられるレーザ発振器はその発振方法により、パルス発振と連続発振の2種類に大別される。近年では、半導体膜の結晶化においてエキシマレーザのようなパルス発振のレーザ発振器よりもArレーザやYVO₄レーザのような連続発振のレーザ発振器を用いる方が、半導体膜内に形成される結晶の粒径が大きくなることが見出されている。半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、該半導体膜を用いて形成されるTFTチャネル領域に入る粒界の数が減るので移動度が高くなり、より高性能なデバイスの開発に利用できる。そのため、連続発振のレーザ発振器は脚光を浴びている。

【0006】

しかしながら、連続発振のレーザ照射器を用いてレーザアニールを行うにあたって、照射面においてアニールの状態が不均一になるという問題がある。その原因として、連続発振のレーザ照射器から射出されたレーザビームはガウス分布状のエネルギー分布をしており、中心から端に向かってエネルギーが弱まる特徴を有していることが挙げられる。従って、均一にアニールすることは難しい。

【0007】

照射面におけるレーザビームの形状を線状にし、かつレーザビームのエネルギーを均一化する装置として、図6に示すレーザ照射装置が知られている。該レーザ照射装置は、複数のシリンドリカルレンズアレイ等を有し、レーザ発振器1から出射されたレーザビームは、複数のシリンドリカルレンズアレイ2～6により複数の光に分割乃至集光され、母線の向きが互いに直交な凸シリンドリカルレンズ5、6と、ミラー7で反射された後、2枚のシリンドリカルレンズで構成されるダブレットシリンドリカルレンズ8とにより、再び前記複数の光を1つの線状のレーザビームに合成して集光され照射面9に照射される。

【0008】

そして、上記の構成で形成された線状ビームをそのレーザビームの短手方向にずらしながら照射することにより、非晶質半導体の全面に対し、レーザアニールを施して結晶化させたり、結晶性を向上させたり、不純物元素の活性化を行うことになる。

【0009】

ところが、従来のレーザ照射装置は、上記したように複数の高価なシリンドリカルレンズアレイを用い、それらを所望の線状ビームが形成されるように配置する必要がある等、装置が大型化し、且つコストが嵩むという問題があった。また、レーザアニールを行うにあたって、線状ビームを望みのサイズに加工して行うことになるが、そのサイズを再度変える時には光学系の再配置または光学部品の交換が必要になる。従って、線状ビームのサイズを変える度に光学調整を必要とし、且つその光学調整には多大な時間を要するため、スループットが低いという問題もあった(特許文献1参照)。

【0010】

本出願人は、これら従来のレーザ照射装置が有する弊害を解消した小型で、且つ低コス

10

20

30

40

50

トのレーザ照射装置を既に提案している。そのレーザ照射装置を図 7 に示す。このレーザ照射装置は、矩形状で、且つエネルギー分布が均一なビームを形成することができる素子である回折光学素子を用いるものである。

【 0 0 1 1 】

即ち、レーザ発振器 1 1 から出射されたレーザビームを、ミラー 1 2 で反射した後、回折光学素子 1 3 により矩形状で、且つエネルギー分布が均一なビーム 1 4 に形成し、その矩形状で、且つエネルギー分布が均一なビーム 1 4 が結像される位置に照射面 1 5 を配置したものである（特許文献 1 参照）。

【 0 0 1 2 】

しかしながら、上記のレーザ照射装置においても矩形状ビームの端部は均一とはいえず、また、ビームのサイズを変えるには回折光学素子またはその他のレンズを交換する、もしくは光学素子の配置を変える必要がある等、やはりその光学調整に時間を要し、スループットが低いという問題を有していた。

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 2 5 7 8 8 5

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 3 】

本発明は上記の問題を解決することを課題とするものであり、詳細には、回折光学素子の結像位置にスリット開口部の長さを可変可能にしたスリットを配置することにより、エネルギー分布が均一で、アニールに必要な形状のレーザビームを容易に形成することのできるレーザ照射装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

上記目的を達成するため、本願発明は以下の構成を採用する。なお、ここでいうレーザアニール法とは、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にレーザ照射を行って半導体膜を結晶化させる技術、基板上に形成された非晶質半導体膜にニッケルなどの結晶化を促進する元素を導入した後にレーザ照射を行うことによって結晶化をさせる技術などを指している。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。また、本明細書中では、照射面における形状が線状、楕円状、矩形状であるレーザビームをそれぞれ線状ビーム、楕円状ビーム、矩形状ビームと呼ぶ。

【 0 0 1 5 】

本明細書で開示する発明の一つは、レーザ発振器と、回折光学素子と、スリットと、集光レンズとを有するレーザ照射装置において、前記スリットはスリット開口部の長さを可変可能であることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

他の発明の構成は、レーザ発振器と、回折光学素子と、スリットと、集光レンズとを有するレーザ照射装置において、前記スリットはスリット開口部の長さを可変可能であって、照射面に対して長さの異なるレーザビームを照射可能であることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また他の発明の構成は、レーザ発振器と、回折光学素子と、スリットと、集光レンズとを有するレーザ照射装置において、前記スリットはスリット開口部の長さを可変可能であって、照射面に対して長さの異なるレーザビームを斜めに照射可能であることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

また他の発明の構成は、スリット開口部の長手方向の長さを可変可能にすることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

また、上記の構成において、スリットの位置は、回折光学素子と集光レンズとの間に位置し、かつレーザ発振器から出射するレーザビームの光路上に位置することを特徴とする

10

20

30

40

50

。

【0020】

また他の発明の構成は、前記レーザ発振器からのレーザは、連続発振のレーザ、または発振周波数が10MHz以上のパルスレーザを用いることを特徴とする。連続発振のレーザとしては、(1)単結晶のYAG、YVO₄、YLF、YAlO₃、GdVO₄、アレキサンドライト、Ti：サファイア、または多結晶のYAG、Y₂O₃、YVO₄、YAlO₃、GdVO₄に、ドーパントとしてNd、Yb、Cr、Ti、Ho、Er、Tm、Taのうち1種または複数種添加されているものを媒質とするレーザ、(2)Arレーザ、Krレーザ、CO₂レーザなどの気体レーザを挙げることができる。また、発振周波数が10MHz以上のパルスレーザとして、単結晶のYAG、YVO₄、GdVO₄、または多結晶のYAG、Y₂O₃、YVO₄、YAlO₃、GdVO₄にドーパントとしてNd、Yb、Cr、Ti、Ho、Er、Tm、Taのうち1種または複数種添加されているものを媒質とするレーザを挙げることができる。

10

【発明の効果】

【0021】

本発明によると、まず、レーザ発振器から出射されたレーザビームが回折光学素子を通過することによって、スリット上にエネルギー分布の均一な線状、楕円状または矩形状のレーザビームの断面を形成し、照射面上に投影することで、エネルギー分布の均一なレーザビームを照射面上に形成することができる。そしてこのレーザビームを用いてアニールを行うことにより、基板上の非晶質半導体膜に均一なアニールを行うことができる。

20

【0022】

また、スリット開口部の長手方向の長さを、レーザビームの進行方向とは垂直の方向に変換することにより、矩形状ビームの端部を遮蔽することができるとともに、望みのサイズに整形することができる。そのため、光学調整や光学部品の交換を不要とし、短時間でさまざまなサイズの矩形状ビームを形成することができる。

【0023】

さらに、作製するデバイスによって、用いる矩形状ビームのサイズを容易に変えることができるために、結果的に短時間で多数の基板を処理することができ、スループットを高めることができる。また、基板上に均一なアニールを行うことができるため、基板面内の結晶性の均一性を向上させることができる。そのため、電気特性のバラツキを低減することができるため、信頼性を高めることができる。そして、本発明をTFTの量産ラインに適用すれば、動作特性の高いTFTを効率よく生産することができる。

30

【0024】

その結果、アクティブマトリクス型の液晶表示装置に代表される半導体装置において、半導体装置の動作特性及び信頼性の向上を実現することができる。さらに、半導体装置の作製工程において、マージンを拡大することができ、歩留まりが向上するため、半導体装置の製造コストの低減を実現させることができる。

【実施例1】

【0025】

図1に本発明のレーザ照射装置の一例を示す。まず、非単結晶半導体膜106を成膜した基板107を用意する。基板107は、X軸ステージ108及びY軸ステージ109上に置かれ、該X軸ステージ108及びY軸ステージ109を図示しないモータによりそれぞれ矢印の方向に移動することにより、X軸方向及びY軸方向に自在に移動可能にされる。

40

【0026】

レーザ照射装置は、概略レーザ発振器101、回折光学素子102、スリット103、ミラー104及び集光レンズ105から構成される。集光レンズ105として、凸レンズ(凸型球面レンズ、または凸シリンドリカルレンズ)を用いることができる。レーザ発振器101は、公知のもので連続発振形式のレーザ、即ち、固体レーザとしては単結晶のYAG、YVO₄、YLF、YAlO₃、GdVO₄、アレキサンドライト、Ti：サファ

50

イア、または多結晶の YAG 、 Y_2O_3 、 YVO_4 、 $YAlO_3$ 、 $GdVO_4$ に、ドーパントとして Nd 、 Yb 、 Cr 、 Ti 、 Ho 、 Er 、 Tm 、 Ta のうち1種または複数種添加されているものを媒質とするレーザのいずれかが用いられる。または、パルス発振のレーザであっても、周波数が $10MHz$ 以上の単結晶の YAG 、 YVO_4 、 $GdVO_4$ 、または多結晶の YAG 、 Y_2O_3 、 YVO_4 、 $YAlO_3$ 、 $GdVO_4$ にドーパントとして Nd 、 Yb 、 Cr 、 Ti 、 Ho 、 Er 、 Tm 、 Ta のうち1種または複数種添加されているものを媒質とするレーザを用いてもよい。このように、レーザ発振器101として連続発振形式のもの、または周波数が $10MHz$ 以上のパルスレーザを用いることにより、少なくとも1つの結晶粒の中に1つのTFEが形成可能な粒径を持つ半導体膜を形成することができる。

10

【0027】

半導体膜のアニール処理に連続発振のレーザだけではなく、発振周波数が高いパルスレーザを用いてもよい理由は以下の通りである。レーザビームを半導体膜に照射してから半導体膜が完全に固化するまでの時間は、数十 ns ～数百 ns といわれている。従って、発振周波数が低いパルスレーザでは、半導体膜がレーザによって溶融して固化した後、次のパルスが照射されることになる。したがって、それぞれのパルスが照射された後、再結晶時に結晶粒は中心対称的に放射状に成長する。そして、隣り合う結晶粒の境界に粒界が形成されるため、半導体膜の表面には凹凸が生じる。

【0028】

20

ところが、発振周波数が高いパルスレーザを用いると、半導体膜がレーザによって溶融してから固化するまでの間に、次のパルスが半導体膜に照射される。従って、発振周波数が低いパルスレーザを用いる場合と異なり、半導体膜中において固液界面を連続的に移動させることができる。従って、レーザの走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒を有する半導体膜が形成される。

【0029】

前記回折光学素子102は、ディフラクティブオプティカルエレメント(DOE)、またはディフラクティブオプティクスとも呼ばれ、光の回折を利用してスペクトルを得る素子で、その表面に多数の溝を形成することにより集光レンズ機能を奏するものが用いられる。そして、この回折光学素子102を用いることにより、連続発振のレーザ発振器101から出射されたレーザビームのガウス分布状のエネルギー分布を、矩形状で、且つエネルギー分布が均一なビームに形成することができる。

30

【0030】

前記スリット103は、回折光学素子102の結像位置に配置される平板状部材であり、前記回折光学素子102により形成される矩形状で、且つエネルギー分布が均一なビームが結像される位置に配置される。その概略を図2に示す。スリット103は、その中央部に矩形状のスリット開口部110を有するとともに、該スリット開口部110の長手方向の両端部115a、115bには、該両端部115a、115bを開放並びに遮蔽するための遮蔽板113a、113bが配設される。なお、遮蔽板113a、113bを移動させる方向と回折光学素子102のレーザビームを受ける面とが平行になるようにスリット103を配置すればよい。

40

【0031】

それぞれの遮蔽板113a、113bの略中央部には、内面に雌ネジが形成された円形の穴116を有する支持片114がそれぞれ取り付けられている。また、それぞれの遮蔽板113a、113bのスリット103と反対側には、ネジ軸112の一方端を取り付け、該ネジ軸112を回動自在にするモータ111が配置されるとともに、各ネジ軸112の他方端は、前記遮蔽板113a、113bの支持片114の穴116に形成される雌ネジに螺合される。そのため、モータ111が駆動されるとネジ軸112が回動し、支持片114を介して遮蔽板113a、113bをスリット開口部110の長手方向に沿って矢印で示すように移動させ、スリット開口部110の長手方向の長さを可変させる。なお、

50

モータ 111 は、リニアモータ等を用いることができる。また、モータ以外であれば、例えば超音波ステージを用いることができる。また、スリットの開閉する際のストロークが $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下と小さければピエゾ素子等を用いることができる。

【0032】

このように、スリット開口部 110 の両端で遮蔽板 113 a、113 b を左右方向に移動させることによりスリット開口部 110 の長手方向の長さを可変することができる。そのため、回折光学素子 102 で形成した矩形状のビームのうち、特に長手方向の両端部のエネルギー分布が不均一な部分を必要に応じてカットすることが可能となり、エネルギー分布が均一なビームを照射面上に形成することができる。このビームを用いてアニールを行うことにより、基板上の非晶質半導体膜に均一なアニールを行うことができる。

10

【0033】

また、スリットを開閉することの利点は、ビームの長手方向の両端部のエネルギー分布が不均一な領域を遮断することだけではない。照射面のデザインルールに従って、所望するサイズにビームの長手方向の長さを調節することができる利点もある。なお、その際には、光学調整や光学部品の交換は不要である。

具体的には、遮蔽板 113 a、113 b を左右方向に移動させることにより、基板 107 上に形成される T F T の位置に応じてビーム長 H を可変することができる。可変の形態を図 3、図 4 に示す。隣り合うレーザビームが重なって照射される箇所 121 は、結晶が不均一になるため通常 T F T を作製しない。ところが、設計上いろいろな位置に T F T を配置しなければならない場合が生ずる。このような場合、同じビーム長 H で走査すると、どうしてもレーザビームが重なって照射される箇所 121 に T F T が位置することが生ずる。

20

【0034】

図 3 に示すものは、照射領域毎にビーム長 H を可変するものである。即ち、照射領域 1 では、短い長さであるビーム長 H1 でビームを走査し、照射領域 1 に形成される予定の T F T 130 の作製位置を全て含むように結晶化する。次いで、照射領域 2 では、照射領域 1 より長い長さであるビーム長 H2 でビームを走査し、照射領域 2 に形成される予定の T F T 130 の作製位置を全て含むように結晶化する。さらに、照射領域 3 では、照射領域 2 より長い長さであるビーム長 H3 でビームを走査し、照射領域 3 に形成される予定の T F T 130 の作製位置を全て含むように結晶化する。このように、スリット開口部 110 の長さを可変し、照射領域毎にビーム長 H を可変することにより、隣り合うレーザビームが重なって照射される箇所 121 に T F T 130 が位置しないように結晶化することができる。

30

【0035】

図 4 (A) に示すものは、遮蔽板 113 a、113 b によってレーザ照射中にビーム長 H を変化させる例である。即ち、図 3 に示すようにそれぞれの照射領域ごとにビーム長 H を変えるのではなく、基板上の T F T の配置に応じて照射中に遮蔽板 113 a、113 b を動かすことによってビーム長 H を調節し、ビームの端が T F T 形成部に重なることを個別に避けるものである。

即ち、第 1 の照射領域 201 において、T F T 203 の形成部に重なるまでの領域 ((1) の領域) ではビーム長 H1 でレーザを照射する。次に、ビームの端が T F T 203 の形成部に重なる領域 ((2) の領域) に差し掛かる前に、遮蔽板 113 a、113 b を調節することによってビーム長を変え、ビーム長 H1 より長いビーム長 H2 にする。ビーム長 H2 でレーザを照射することによって、ビームの端が T F T 203 の形成部に重なることを避ける。なお、レーザ照射領域の端部が T F T 203 の形成部に重なることを確実に避けるために、ビームの幅を変える際には、マージンを持たせてもよい。また、レーザが T F T 203 の形成部を過ぎた領域 ((3) の領域) では、ビーム長を H1 に戻してレーザを照射する。このようにして、第 1 の照射領域 201 が形成される。

40

同様に、第 2 の照射領域 202 において、ビームが T F T 203 形成部に重なるまでの領域 ((1) の領域) ではビーム長 H1 でレーザを照射する。次に、ビームの端が T F T

50

203形成部に重なる領域((2)の領域)にさしかかる直前に、遮蔽板113a、113bを調節することによって、ビーム長H1より短いビーム長H3にして、TF T 203の形成部を避けるように照射する。また、TF T 203の形成部を過ぎた領域(3)では、ビーム長H1に戻して照射する。

【0036】

また、本発明では、図4(B)に示すように、ビームを照射する方向を変えて照射することが可能である。第1の照射領域201では図4(A)と同様に、ビーム長H1からビーム長H2に短く変えてTF T 203の形成部を避け、第1の領域201にレーザ照射を行う。その後、第1の照射方向とは別の方向、例えば、第1の照射方向と直交する方向から、第2の領域202に、TF T 203の形成領域を照射可能な長さであるビーム長H3でレーザ照射を行う。具体的には、(1)光学系のセッティング位置を変更することによりレーザの入射方向を変更する方法、(2)ステージを回転させることにより基板の方向を変えた後にビームを照射する方法、の2つが挙げられる。どちらの方法も可能であるが、後者の方が光学系の交換または再調整が不要であるため、より好ましい。

【0037】

このような構成により、レーザ発振器101から照射されたレーザビームは、回折光学素子102により、線状、楕円状、または矩形状で、且つエネルギー分布が均一なビームに形成されるとともに、スリット103でいったん結像される。その後、ビームは、スリット103を通過して、ミラー104で反射され、さらに集光レンズ105によって集光され、非単結晶半導体膜106を成膜した基板107に対して斜めに線状、楕円状、または矩形状のビーム120として入射される。そしてX軸ステージ108、またはY軸ステージ109を移動させ、非単結晶半導体膜106の全面に亘ってレーザが走査することになる。

【0038】

なお、基板107上に形成される矩形状のビーム120は、長手方向の長さが約150~400 μ m、短手方向の長さが約1~30 μ mのものが用いられる。ビーム120の大きさのうち、長手方向の長さは、エネルギー密度が結晶化に十分であるように短手方向の長さに伴って決めればよい。ここで、短手方向の長さは、光学設計の制限から下限が約1 μ mである。また、短手方向の長さの上限は約30 μ mである。それは、短手方向の長さが上限以上の長さになると、半導体膜の表面に荒れが生じ、好ましくないからである。実際には、10Wで短手方向の長さが約10 μ mの場合、長手方向の長さは約400 μ mになり、3Wで短手方向の長さが約8 μ mの場合、長手方向の長さは約150 μ mになる。

【0039】

また、上記したように基板107へのビーム120は、斜めに入射されるが、その理由は基板107の下面からの反射光との干渉を防止するためである。この点について図5を用いて説明する。非単結晶半導体膜106を成膜した基板107に対して、ビーム長Wの入射光140を入射角 θ で斜めに入射させると、基板107の上面から上面反射光141が発生する。一方、基板107の上面で反射しなかった光は基板内に進み、基板107の下面から下面反射光142が発生する。ここで、基板107の上下面からそれぞれ発生する上面反射光141、下面反射光142が重なると光の干渉が起こることが知られている。

【0040】

この干渉が発生すると発生箇所の結晶が不均一になる。ところが図5に示すように、入射角 θ を所定角度以上にすることにより、上面反射光141と下面反射光142とを重ねないようにすることができる。このように、上面反射光141と下面反射光142とを重ねないように入射光140を傾斜させて基板107に入射させることにより、干渉による弊害を防止することができる。なお、この入射角 θ をあまり大きくすると結晶化ができなくなる。入射角 θ の適正な角度は、基板107の厚さdやビーム長Wによって異なり、基板107の厚さdが約700 μ mかつビーム長Wが200 μ mの場合では、 θ は約20度になる。しかし、厚さdが約700 μ mかつビーム長Wが1000 μ mの場合では、

は約 60 度にもなり、適正ではなくなる。

【0041】

上記したように、スリット開口部 110 の長さを可変可能にすることにより、線状、楕円状、または矩形状のビームのサイズを望みのサイズに調節することができるため、照射面の大きさに合わせてビームを整形することや、利用したい領域のレーザアニールを行うことができる。

【0042】

本願発明は、上記実施例の構成に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜設計変更可能である。

【実施例 2】

10

【0043】

本実施例では、本発明によるレーザアニール装置を用いて、薄膜トランジスタ (TFET) を作成する工程を示す。

【0044】

図 8 (A) に示すように、絶縁表面を有する基板 800 上に下地膜 801 を形成する。本実施例では、基板 800 としてガラス基板を用いる。なお、ここで用いる基板 800 には、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板、石英基板、セラミックス基板、ステンレス基板などを用いることができる。また、プラスチック、アクリルなどに代表される可撓性を有する材料からなる基板は、一般的に他の基板と比較して耐熱温度が低い傾向にあるが、本工程の処理に耐え得るのであれば用いることができる。

20

【0045】

下地膜 801 は、基板 800 に含まれるナトリウムなどのアルカリ金属やアルカリ土類金属が半導体中に拡散し、半導体素子の特性に悪影響を及ぼすのを防ぐために設ける。このため、アルカリ金属やアルカリ土類金属の半導体中への拡散を抑えることのできる酸化珪素や窒化珪素、窒化酸化珪素などの絶縁膜を用いて形成する。また、下地膜 801 は単層または積層構造のいずれでもよい。本実施例では、プラズマ CVD 法 (Chemical Vapor Deposition: 化学気相成長法) を用いて窒化酸化珪素膜を 10 ~ 400 nm の膜厚になるように成膜した。

【0046】

30

なお、基板 800 として、ガラス基板またはプラスチック基板のようにアルカリ金属やアルカリ土類金属が多少なりとも含まれている基板を用いている場合には、不純物の拡散を防ぐために下地膜 801 を設けることは有効であるが、石英基板など不純物の拡散がさほど問題にならない基板を用いる場合には必ずしも下地膜 801 を設ける必要はない。

【0047】

次いで、下地膜 801 上に非晶質半導体膜 802 を形成する。非晶質半導体層 802 は、公知の方法 (スパッタリング法、LPCVD 法、プラズマ CVD 法など) により、25 ~ 100 nm (好ましくは 30 ~ 60 nm) の厚さで形成する。ここで用いる非晶質半導体膜 802 は、珪素やシリコンゲルマニウムなどを用いることができるが、ここでは珪素を用いる。シリコンゲルマニウムを用いる場合、ゲルマニウムの濃度は 0.01 ~ 4.5 atomic % 程度であることが好ましい。

40

【0048】

続いて図 8 (B) に示すように、本発明のレーザアニール装置を用いて非晶質半導体膜 802 にレーザビーム 803 を照射して結晶化を行う。本実施例では、レーザビームとして 10 W、第 2 高調波、TEM₀₀ モード (シングル横モード) 発振の Nd:YVO₄ レーザを用いる。このレーザビームの照射により、走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒が形成される。なお、ここで挙げたレーザに限らず、連続発振のレーザまたは 10 MHz 以上の周波数を持つパルス発振のレーザを用いてもよい。連続発振のレーザとしては、単結晶の YAG、YVO₄、YLF、YAlO₃、GdVO₄、アレキサンドライト、Ti:サファイア、または多結晶の YAG、Y₂O₃、YVO₄、YAlO₃、GdVO

50

4に、ドーパントとしてNd、Yb、Cr、Ti、Ho、Er、Tm、Taのうち1種または複数種添加されているものを媒質とするレーザ、Arレーザ、Krレーザ、CO₂レーザなどを用いることができる。10MHz以上の周波数のパルスレーザとして、単結晶のYAG、YVO₄、GdVO₄、または多結晶のYAG、Y₂O₃、YVO₄、YAlO₃、GdVO₄にドーパントとしてNd、Yb、Cr、Ti、Ho、Er、Tm、Taのうち1種または複数種添加されているものを媒質とするレーザなどを用いてもよい。

【0049】

電子機器の小型化と性能向上のためには、限られた面積の中にできるだけ効率よくTFTを配置し、配線を短くすることが必要となる。このため、実際にはビームの幅を生かしたレイアウトにならないこともある。つまり、実際のレイアウトでは、単一のレーザの幅でアニールを行うと、ビームの端がTFT形成を予定している部分に重なることが往々にして起こることになる。このままTFTをレイアウト通りに形成すると、TFTが有する半導体膜の結晶化状態がばらつくため、電子機器の性能に大きな影響を及ぼす。例えば、図9(A)のような発光素子の配線図を表すレイアウト(図9(B))の場合では、トランジスタおよび容量の部分は良好な結晶性を持つ半導体膜である必要がある。このような場合でも、図9(C)、図9(D)のように2回に分けて、ビーム幅の調節を行いながらレーザ照射を行えばよい。なお、図9において、900は半導体膜、901はソース信号線、902はゲート信号線、903は電流供給線、904はスイッチング用TFT、905は駆動用TFT、906は容量、907は発光素子である。

【0050】

本実施例では、図1に示すスリット103中の遮蔽板113a、113bをレイアウトに対応するように動かすことによって自由にビーム幅の調整を行うことができる。なお、遮蔽板113a、113bを動かすモータを制御するコンピュータなどの制御装置に予めレイアウトを入力し、制御装置はこの入力したレイアウトに従ってモータを制御する信号を送り、この信号を受信したモータが遮蔽板113a、113bを開閉することによってビーム幅の調整を行う機構にしてもよい。

【0051】

さらに、スリット103を用いると、レーザビームのエネルギー強度が弱い部分を遮断することができるため、このビームを用いてアニールを行うことにより、一定以上の強度を持つ線状、楕円状、あるいは矩形状のレーザビームを基板上の非晶質半導体膜に照射し、均一なアニールをすることができる。

【0052】

その後、レーザビームの照射によって形成された結晶性半導体膜804をパターニングし、島状の半導体膜805を形成する。さらに、この島状の半導体膜を覆うようにゲート絶縁膜806を形成する。ゲート絶縁膜806には、酸化珪素、窒化珪素または窒化酸化珪素などを用いることができる。その際の成膜方法はプラズマCVD法、スパッタ法を用いることができる。ここではプラズマCVD法で窒化酸化珪素膜を115nmの厚さに成膜した。

【0053】

次に、ゲート絶縁膜806上に導電膜を形成し、パターニングすることでゲート電極807を形成する。その後、ゲート電極、またはレジストを形成してパターニングしたものをマスクとして用い、島状の半導体膜にn型またはp型の導電性を付与する不純物を選択的に添加し、ソース領域808、ドレイン領域809、LDD領域810などを形成する。上記の工程によって、Nチャネル型TFT811および813と、Pチャネル型TFT812を同一基板上に形成することができる。

【0054】

続いて、それらの保護膜として、絶縁膜814を形成する。この絶縁膜814は、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜を単層または積層構造で100~200nmの厚さに形成する。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚100nmの酸化窒化珪素膜を形成した。絶縁膜814を設けることにより、酸素や

空気中の水分をはじめとする不純物の侵入を阻止するブロッキング作用を得ることができる。

【0055】

次いで、さらに絶縁膜815を形成する。ここでは、SOG(Spin On Glass)法またはスピコート法によって塗布されたポリイミド、ポリアミド、BCB(ベンゾシクロブテン)、アクリル、シロキサン(シロキサンは、シリコン(Si)と酸素(O)との結合で骨格構造が構成された物質である。置換基として、少なくとも水素を含む有機基(例えばアルキル基、芳香族炭化水素)が用いられる。置換基として、フルオロ基を用いてもよい。または置換基として、少なくとも水素を含む有機基と、フルオロ基とを用いてもよい。)などの有機樹脂膜、TOF膜、無機層間絶縁膜(窒化珪素、酸化珪素などの珪素を含む絶縁膜)、low-k(低誘電率)材料などを用いることができる。絶縁膜815は、ガラス基板上に形成されたTFEによる凹凸を緩和し、平坦化する意味合いが強いため、平坦性に優れた膜が好ましい。

10

【0056】

さらに、フォトリソグラフィ法を用いて絶縁膜814および絶縁膜815をパターン加工して、不純物領域に達するコンタクトホールを形成する。

【0057】

次に、導電性材料を用いて導電膜を形成し、この導電膜をパターン加工することによって配線816を形成する。その後、保護膜として絶縁膜817を形成すると、図8(D)に示すような半導体装置が完成する。なお、本発明のレーザアニール方法を用いた半導体装置の作製方法は、上述したTFEの作製工程に限定されない。

20

【0058】

また、レーザビームの照射による結晶化の前に、触媒元素を用いた結晶化工程を設けてもよい。その触媒元素としては、ニッケル(Ni)を用いているが、その他にゲルマニウム(Ge)、鉄(Fe)、パラジウム(Pd)、スズ(Sn)、鉛(Pb)、コバルト(Co)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)といった元素を用いることができる。触媒元素を用いた結晶化工程の後にレーザビームの照射による結晶化工程を行うと、触媒元素による結晶化の際に形成された結晶がレーザビームの照射により溶融されずに残存し、この結晶を結晶核として結晶化が進む。

【0059】

30

このため、レーザビームの照射による結晶化工程のみに比べて、より半導体膜の結晶性を高めることができ、レーザビームの照射による結晶化後の半導体膜表面の荒れが抑えられることができる。よって、後に形成される半導体素子、代表的にはTFEの特性のばらつきがより抑えられ、オフ電流を抑えることができる。

【0060】

なお、触媒元素を添加し、加熱処理を行って結晶化を促進した後にレーザビームの照射を行ってもよいし、加熱処理の工程を省略してもよい。また、結晶化のための加熱処理を行って、その温度を保ちつつレーザ処理を行ってもよい。

【0061】

本実施例では、半導体膜の結晶化に本発明のレーザ照射方法を用いた例を示したが、半導体膜にドーピングした不純物元素の活性化を行うために用いてもよい。また、本発明を用いた半導体装置の作製方法は、集積回路や半導体表示装置の作製方法にも用いることができる。

40

【0062】

ドライバやCPU(中央演算処理装置)などの回路を用途としたトランジスタは、LDD構造またはLDDがゲート電極とオーバーラップする構造が好適であり、高速化のためにはトランジスタの微細化を図ることが望ましい。本実施例により完成されるトランジスタは、LDD構造を有するため、高速動作が必要な回路に用いることが好適である。

【実施例3】

【0063】

50

本発明を用いることにより、薄膜トランジスタを用いて様々な電子機器を完成させることができる。その具体例を図10を用いて説明する。

【0064】

図10(A)は表示装置であり、筐体1001、支持台1002、表示部1003、スピーカー部1004、ビデオ入力端子1005などを含む。この表示装置は、他の実施例で示した作製方法により形成した薄膜トランジスタをその表示部1003に用いることにより作成される。なお、表示装置には液晶表示装置、発光装置などがあり、具体的にはコンピュータ用、テレビ受信用、広告表示用などの全ての情報表示用表示装置が含まれる。

【0065】

図10(B)はコンピュータであり、筐体1011、表示部1012、キーボード1013、外部接続ポート1014、ポインティングマウス1015などを含む。他の実施例で示した作製方法を用いることにより、表示部1012やその他の回路への適用が可能である。さらに、本発明は本体内部のCPU、メモリなどの半導体装置にも適用が可能である。

10

また、図10(C)は携帯電話であり、携帯端末の1つの代表例である。この携帯電話は筐体1021、表示部1022、操作キー1023などを含む。上記の携帯電話を初めとして、PDA(Personal Digital Assistants、情報携帯端末)、デジタルカメラ、小型ゲーム機などの電子機器は携帯端末であるため、表示画面が小さい。従って、本発明の他の実施例で示した微細なトランジスタを用いてCPU、メモリなどの機能回路を形成することによって、小型・軽量化を図ることができる。

20

【0066】

また、本実施例で作成したトランジスタをIDチップとして用いることもできる。例えば、他の実施例で示した作製方法を用いることにより、IDチップ内の集積回路やメモリとしての利用、IDタグとしての利用が可能である。メモリとして用いた場合には、生産地、生産者、製造年月日、加工方法などの生産段階のプロセスや、商品の流通プロセスを記録することが可能になる。これらの情報を卸売業者、小売業者、消費者が把握することが容易になる。

【0067】

さらに、無線機能を搭載したIDタグとして用いた場合は、従来のバーコードの代わりに用いることにより、商品の会計や棚卸し業務の簡素化につながる。

30

【0068】

以上のように、本発明により作成された半導体装置の適用範囲は極めて広く、本発明により作成された半導体装置をあらゆる分野の電子機器に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】本願発明のレーザ照射装置の概要を示す図

【図2】本願発明のスリットの概要を示す図

【図3】基板上でのビームの走査状態を示す図

【図4】基板上でのビームの他の走査状態を示す図

【図5】基板上でのビームの反射状態を示す図

40

【図6】従来のレーザ照射装置の概要を示す図

【図7】従来の他のレーザ照射装置の概要を示す図

【図8】本願の発明を用いたTFTの作成の概要を示す図

【図9】本願の発明を用いたレーザ照射の概要を示す図

【図10】本願の発明を用いた電子機器の例を示す図

【符号の説明】

【0070】

101...レーザ発振器

102...回折光学素子

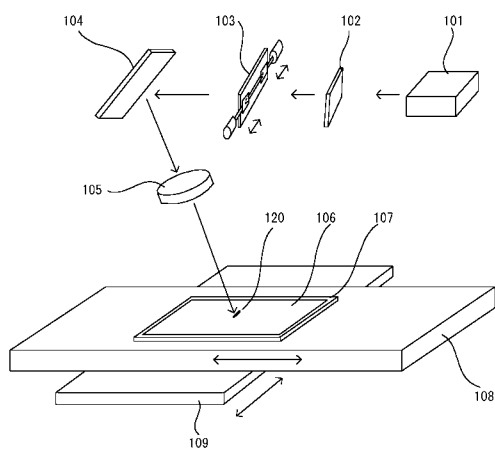
103...スリット

50

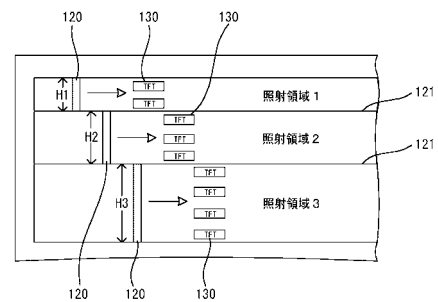
- 104 ... ミラー
- 105 ... 集光レンズ
- 106 ... 非単結晶半導体膜
- 107 ... 基板
- 108 ... X 軸ステージ
- 109 ... Y 軸ステージ
- 110 ... スリット開口部
- 111 ... モータ
- 112 ... ネジ軸
- 113 ... 遮蔽板
- 114 ... 支持片
- 120 ... ビーム光
- 130 ... T F T
- 140 ... 入射光
- 141 ... 上面反射光
- 142 ... 下面反射光

10

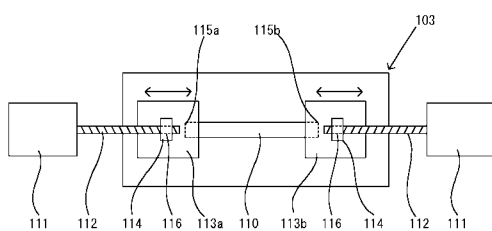
【図 1】



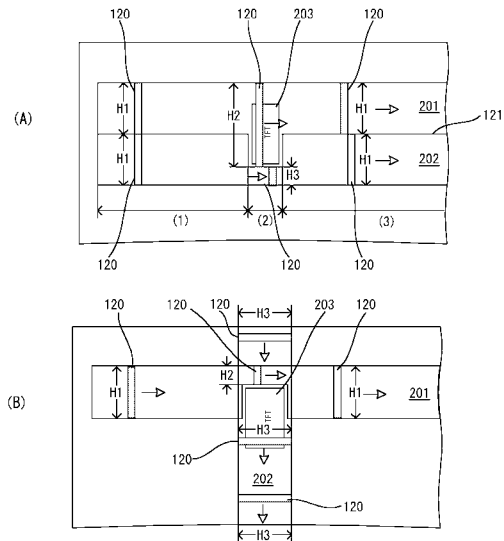
【図 3】



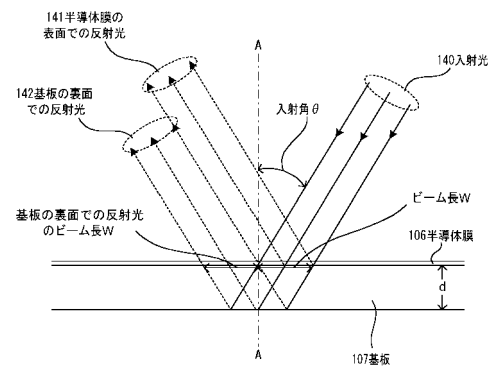
【図 2】



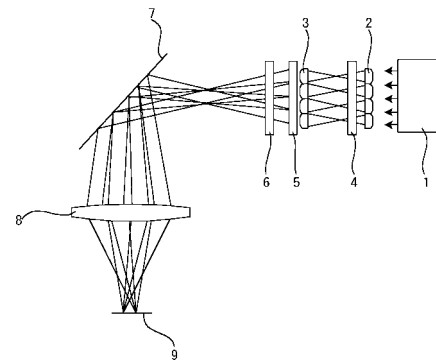
【図4】



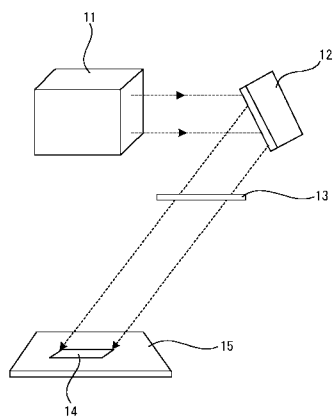
【図5】



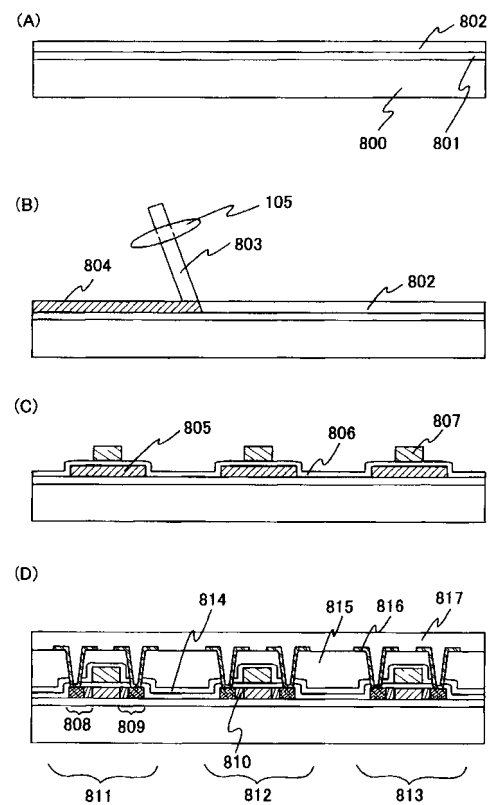
【図6】



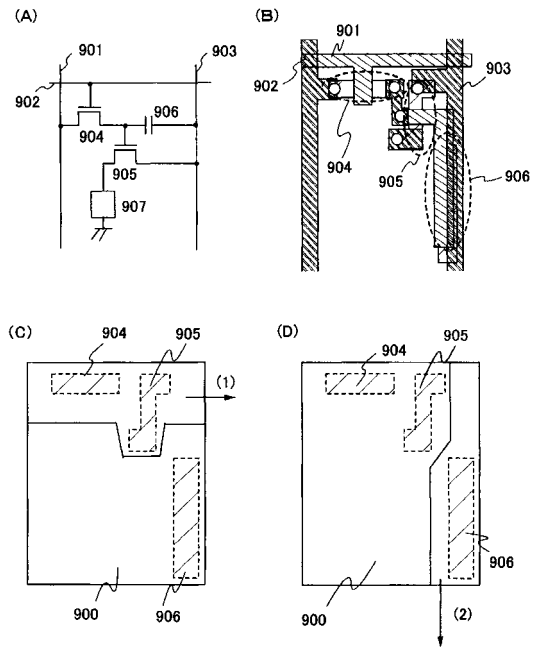
【図7】



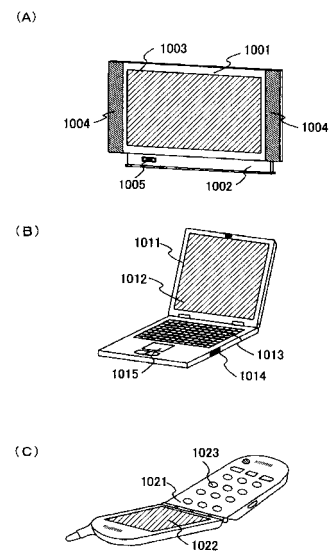
【図8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 2 6 - 2 1 / 2 6 8
H 0 1 L 2 1 / 3 2 2 - 2 1 / 3 2 6
H 0 1 L 2 1 / 2 0
H 0 1 L 2 1 / 3 3 6
H 0 1 L 2 9 / 7 8 6