

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 4 月 10 日(10.04.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/054564 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/20 (2006.01) H01L 21/268 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/076501
- (22) 国際出願日: 2013 年 9 月 30 日(30.09.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-219756 2012 年 10 月 1 日(01.10.2012) JP
- (71) 出願人 (コモロ, サウジアラビア, 米国を除く全ての指定国について): 株式会社日本製鋼所 (THE JAPAN STEEL WORKS, LTD.) [JP/JP]; 〒1410032 東京都品川区大崎一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人 (米国についてのみ): 次田 純一 (SHIDA Junichi) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦 2 丁目 2 番 1 号株式会社日本製鋼所内 Kanagawa (JP). 町田 政志 (MACHIDA Masashi)

[JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦 2 丁目 2 番 1 号株式会社日本製鋼所内 Kanagawa (JP). 鄭 石煥 (CHUNG Suk-Hwan) [KR/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦 2 丁目 2 番 1 号株式会社日本製鋼所内 Kanagawa (JP).

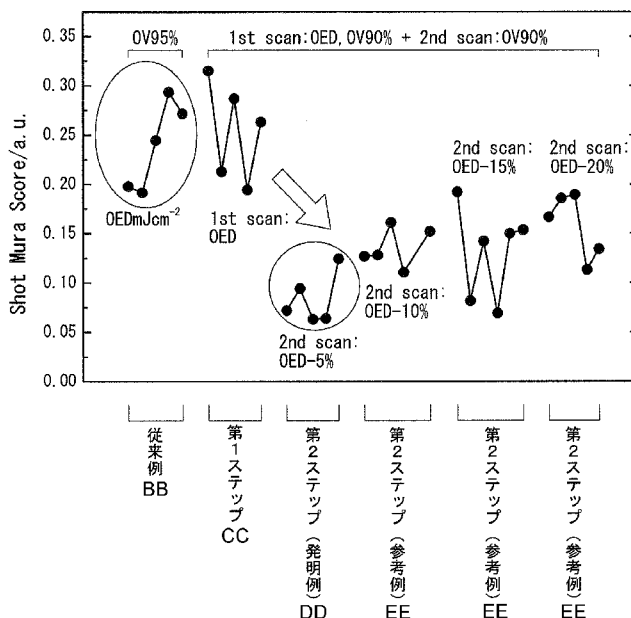
(74) 代理人: 横井 幸喜 (YOKOI Koki); 〒1080014 東京都港区芝 4 丁目 3 番 7 号エムジー田町ビル 4 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURING CRYSTAL SEMICONDUCTOR FILM

(54) 発明の名称: 結晶半導体膜の製造方法および製造装置



(57) Abstract: The purpose of the invention is to prevent uneven irradiation of a non-single-crystal semiconductor film when irradiating the same with a pulse laser to cause crystallization. A crystal semiconductor film manufacturing method includes: a first step wherein a pulse laser is fired at an irradiation pulse energy density (E_1) that is the same as an irradiation pulse energy density (E_0), where E_0 is an irradiation pulse energy density that is lower than the irradiation pulse energy density at which irradiation by the pulse laser causes micro-crystallization in the non-single-crystal semiconductor film and that is suited for crystallization caused by an N number of irradiations; and a second step wherein the pulse laser is fired at an irradiation pulse energy density (E_2) that is lower than the irradiation pulse energy density (E_1) and equal to or greater than the irradiation energy density required for the crystals to melt again. The total number of times the same surface is irradiated in the first step and the second step is set to N or more.

(57) 要約:

[続葉有]

BB Conventional example
CC First step
DD Second step (example of the invention)
EE Second step (reference example)

WO 2014/054564 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

非単結晶半導体膜をパルスレーザの照射により結晶化する際に、照射ムラが生じるのを防止するため、パルスレーザの照射によって前記非単結晶半導体膜に微結晶化が生じる照射パルスエネルギー密度よりも低く、かつ複数回数N回の照射による結晶化に適した照射パルスエネルギー密度をE0として、照射パルスエネルギー密度E0と同じ照射パルスエネルギー密度E1で前記パルスレーザが照射される第1ステップと、照射パルスエネルギー密度E1よりも低く、かつ結晶が再溶融するため必要な照射エネルギー密度以上となる照射パルスエネルギーE2で前記パルスレーザが照射される第2ステップとを有し、同一照射面に対する第1ステップと第2ステップの合計照射回数をN回以上とする。

明 細 書

発明の名称：結晶半導体膜の製造方法および製造装置

技術分野

[0001] この発明は、半導体膜上に、断面長方形形状のパルスレーザを複数回照射（オーバーラップ照射）しつつ移動させて非晶質膜の結晶化や結晶膜の改質を行う結晶半導体膜の製造方法および製造装置に関するものである。

背景技術

[0002] 一般的にTVやPCディスプレイで用いられている薄膜トランジスタは、アモルファス（非結晶）シリコン（以降a-シリコンという）により構成されているが、何らかの手段でシリコンを結晶化（以降p-シリコンという）して利用することでTFTとしての性能を格段に向上させることができる。現在は、低温度でのSi結晶化プロセスとしてエキシマレーザアニール技術がすでに実用化されており、スマートフォン等の小型ディスプレイ向け用途で頻繁に利用されており、さらに大画面ディスプレイなどへの実用化がなされている。

[0003] このレーザアニール法では、高いパルスエネルギーを持つエキシマレーザを非結晶半導体膜に照射することで、光エネルギーを吸収した半導体が熔融または半熔融状態になり、その後冷却され凝固する際に結晶化する仕組みである。この際には、広い領域を処理するために、ラインビーム形状に整形したパルスレーザを相対的に短軸方向に走査しながら照射する。通常は、非結晶半導体膜を設置した設置台を移動させることでパルスレーザの走査が行われる。

上記パルスレーザの走査においては、非結晶半導体膜の同一位置にパルスレーザが複数回照射（オーバーラップ照射）させるように、所定のピッチでパルスレーザを走査方向に移動させている。それにより、サイズの大きい半導体膜のレーザアニール処理を可能にしている。

[0004] そして、従来のラインビームを用いたレーザアニール処理では、レーザパ

ルスの走査方向のビーム幅を例えば0.35～0.4 mm程度に固定し、パルス毎の基板送り量をビーム幅の3%～8%程度に設定しており、複数の薄膜トランジスタの性能の均一性を確保するには、レーザの照射回数をできるだけ増やすことが必要であると考えられている。

例えば、LCD (Liquid Crystal Display) 用の半導体膜では、オーバーラップ率を92～95% (照射回数12～20回、ビーム幅が0.4 mmの場合には走査ピッチ32～20 μm)、OLED (Organic light-Emitting Diode) 用の半導体膜では、オーバーラップ率93.8～97% (照射回数16～33回、ビーム幅が0.4 mmの場合は走査ピッチ25～12 μm) に設定している。

[0005] このようなレーザアニール処理では、通常は、ビーム断面の強度分布を平坦形状にして短軸方向、長軸方向の処理の均一性を図っている。これに対し、特許文献1では、レーザのエネルギーのバラツキに従って、結晶化不良領域が生成されるとして、十分な結晶化処理後に、より低いエネルギーでレーザを照射することで、十分な結晶あるいは活性化が成された部分を維持しながらエネルギー強度のバラツキによって膜質が悪化した部分の再結晶化あるいは再活性化を行う方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平10-12548号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1で課題とされているレーザエネルギーのバラツキは、レーザ光源の出力のバラツキに起因するものである。このレーザ光源の出力のバラツキは、発振回路の改良やレーザ光源そのものの改良などにより相当な改善がなされてきており、出力のバラツキに起因する結晶化の不良という課題は次第に小さいものになっている。しかも多数回のオーバーラップによれば、同

一の照射面にはパルスレーザが重畳して何回も照射されるため、出力のバラツキによって生じた結晶化不良領域が再溶融して結晶化され、不良領域の解消が図られる。

[0008] しかし、本発明者らの注意深い観察によれば、現状でもパルスレーザの照射によって結晶化された半導体には照射ムラが認められ、これが原因になってデバイスとした際に性能に影響が生じていることが分かっている。

本願発明者らの研究によれば、上記照射ムラは、ラインビームの走査方向（通常は短軸方向）のエッジ部（走査方向後端側）にポリシリコン膜の盛り上がり形成されることが原因と考えられる。この部分はレーザ照射による半導体膜の溶融部とレーザが照射されておらず固体のままである部分の境目に相当する。この盛り上がりは、照射エネルギーの強度に比例して大きくなると考えられる。すなわち、照射エネルギーが大きくなるに従い半導体膜の膜厚方向に溶融が進み、また膜全体が溶融した後も液体となった半導体膜層の温度が増大する。この液相部分が温度低下に伴い結晶化する際に、より先行して温度が低下し始める固液界面すなわちラインビーム短軸エッジ部に液体が吸い寄せられつつ固化するため、盛り上がりが生じると考えられる。また、レーザのエネルギー変動、ラインビーム短軸形状の変化、ビームに対して相対移動する半導体膜の位置の乱れなどが、前記「盛り上がり部」の高さや間隔の乱れとなって照射ムラと認知される。

したがって、照射エネルギー密度を低くしてパルスレーザを照射すれば上記照射ムラを低減できることになるが、そのためには同一の照射面上により多くの照射回数でレーザを照射する必要がある、生産効率が悪くなる。また、照射パルスエネルギー密度が低くなりすぎると、結晶粒径が十分に大きくならないという問題が生じる。

[0009] 本発明は、上記事情を背景としてなされたものであり、生産性の低下を極力抑えた上でパルスレーザの走査方向エッジ部による半導体膜上の照射ムラを解消することができる結晶半導体膜の製造方法および製造装置を提供することを目的の1つとする。

課題を解決するための手段

[0010] すなわち、本発明の結晶半導体膜の製造方法のうち、第1の本発明は、非単結晶半導体膜上に、パルスレーザを短軸方向に相対的に走査しつつオーバーラップ照射して結晶化を行う結晶半導体膜の製造方法において、

前記パルスレーザの照射によって前記非単結晶半導体膜に微結晶化が生じる照射パルスエネルギー密度よりも低く、かつ複数回数N回の照射による結晶化に適した照射パルスエネルギー密度を E_0 として、

前記照射パルスエネルギー密度 E_0 と同じ照射パルスエネルギー密度 E_1 で前記パルスレーザが照射される第1ステップと、

前記照射パルスエネルギー密度 E_1 よりも低く、かつ結晶が再溶融するため必要な照射エネルギー密度以上となる照射パルスエネルギー E_2 で前記パルスレーザが照射される第2ステップとを有し、

同一照射面に対する前記第1ステップと前記第2ステップにおける合計照射回数がN回以上であることを特徴とする。

[0011] 第2の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第1の本発明において、前記結晶化に適した照射パルスエネルギーが、複数回数N回の照射によって結晶粒径成長が飽和する照射パルスエネルギー密度 E として、 $E \times 0.98 \sim E \times 1.03$ の範囲内であることを特徴とする。

[0012] 第3の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第1または第2の本発明において、前記照射パルスエネルギー密度 E_2 が $E_1 \times 0.95$ 以上であることを特徴とする。

[0013] 第4の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第1～第3の本発明のいずれかにおいて、前記合計照射回数が $N \times 1.5$ 以下であることを特徴とする。

[0014] 第5の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第1～第4の本発明のいずれかにおいて、前記第1のステップによって前記パルスレーザを走査しつつ同一照射面に対するN1回の複数回照射を順次行い、その後、前記所定面に対し、前記第2のステップによって前記パルスレーザを走査しつつ同一照

射面に対するN 2回の複数回照射を順次行い、前記N 1 + N 2を前記合計照射回数としてN回以上とすることを特徴とする。

[0015] 第6の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第5の本発明において、前記N 1を前記N 2以上の回数にすることを特徴とする。

[0016] 第7の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第1～第6の本発明のいずれかにおいて、前記パルスレーザが、走査方向のビーム断面強度分布において、走査方向後端にかけた走査方向後方側が、走査方向前方側の強度よりも低い強度を有しており、前記走査方向前方側で前記強度に従って前記第1ステップの照射がなされ、前記走査方向後方側で前記強度に従って前記第2ステップの照射がなされることを特徴とする。

[0017] 第8の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第7の本発明において、前記走査方向前方側の走査方向幅が、前記走査方向後方側の走査方向幅以上であることを特徴とする。

[0018] 第9の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第1～第8の本発明のいずれかにおいて、前記パルスレーザの波長が400nm以下であることを特徴とする。

[0019] 第10の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第1～第9の本発明のいずれかにおいて、前記パルスレーザの半値幅が200ns以下であることを特徴とする。

[0020] 第11の本発明の結晶半導体膜の製造方法は、前記第1～第10の本発明のいずれかにおいて、前記非単結晶半導体がシリコンであることを特徴とする。

[0021] 第12の本発明の結晶半導体膜の製造装置は、パルスレーザを出力する1または2以上のレーザ光源と、
前記パルスレーザを整形して非単結晶半導体に導く光学系と、
前記パルスレーザの照射エネルギー密度を調整するエネルギー調整部と、
前記パルスレーザを前記非単結晶半導体に対し相対的に走査する走査装置と、
、

前記レーザ光源、前記エネルギー調整部および前記走査装置を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記エネルギー調整部を制御してパルスレーザの照射によって前記非単結晶半導体膜に微結晶化が生じる照射パルスエネルギー密度よりも低く、かつ複数回数 N 回の照射による結晶化に適した照射パルスエネルギー密度 E_0 と同じ照射パルスエネルギー密度 E_1 に調整し、該照射パルスエネルギー密度 E_1 で前記走査装置を制御して前記パルスレーザを走査しつつ前記非単結晶半導体に対し N_1 回（但し $N_1 < N$ ）の複数回照射を順次行う第1ステップと、第1ステップで前記パルスレーザが照射された半導体に、前記エネルギー調整部を制御して前記照射パルスエネルギー密度 E_1 よりも低く、かつ結晶が再溶融するため必要な照射エネルギー密度以上の照射パルスエネルギー E_2 に調整し、該照射パルスエネルギー密度 E_2 で前記走査装置を制御して前記パルスレーザを走査しつつ前記非単結晶半導体に対し N_2 回（但し、 $N_2 < N$ 、 $N_1 + N_2 \geq N$ ）の複数回照射を順次行う第2ステップとを実行することを特徴とする。

[0022] 第13の本発明の結晶半導体膜の製造装置は、パルスレーザを出力する1または2以上のレーザ光源と、

前記パルスレーザを整形して非単結晶半導体に導く光学系と、

前記パルスレーザの走査方向のビーム断面強度分布において、走査方向後端にかけた走査方向後方側の強度が走査方向前方側の強度よりも低く、かつ走査方向後方側の強度による照射パルスエネルギー密度が走査方向前方側の強度による照射パルスエネルギー密度の0.95倍以上になるように前記強度分布を調整する強度調整部と、

前記パルスレーザの照射エネルギー密度を調整するエネルギー調整部と、

前記パルスレーザを前記非単結晶半導体に対し相対的に走査する走査装置と、

前記レーザ光源、前記エネルギー調整部および前記走査装置を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記エネルギー調整部を制御して、前記パルスレーザの走査方向前方側の照射において前記非単結晶半導体膜に微結晶化が生じる照射パルスエネルギー密度よりも低く、かつ複数回数 N 回の照射による結晶化に適した照射パルスエネルギー密度 E_0 と同じ照射パルスエネルギー密度 E_1 になり、前記パルスレーザの走査方向後方側の照射において前記照射パルスエネルギー密度 E_1 よりも低く、かつ結晶が再溶融するため必要な照射エネルギー密度以上の照射パルスエネルギー E_2 になるように調整し、さらに前記走査装置を制御して前記パルスレーザを走査しつつ前記非単結晶半導体に対し N 回以上の複数回照射を順次行う工程を実行することを特徴とする。

[0023] 第14の本発明の結晶半導体膜の製造装置は、前記第12または第13の本発明において、前記制御部は、前記結晶化に適した照射パルスエネルギーが、複数回数 N 回の照射によって結晶粒径成長が飽和する照射パルスエネルギー密度 E として、 $E \times 0.98 \sim E \times 1.03$ の範囲内に設定されていることを特徴とする。

[0024] 本発明では、非単結晶半導体膜に対し、 N 回照射による結晶化に適した照射パルスエネルギー密度でパルスレーザ照射する場合と同様に、第1ステップと第2ステップとで、微結晶が生じないように非単結晶半導体膜を良好に結晶化することができる。しかも、本発明では、パルスレーザのエッジ部による半導体膜上の盛り上がり部の高さを低くすることができる。なお、結晶化は、非単結晶の結晶半導体膜を単結晶にするものであってもよく、また、非晶質半導体膜を多結晶半導体膜にするものであってもよく、非晶質半導体膜を単結晶半導体膜にするものであってもよい。

[0025] 照射パルスエネルギー密度は、半導体膜上のパルスエネルギー密度であり、第1ステップでは、照射パルスエネルギー密度を N 回照射による結晶化に適した照射エネルギー密度と同じにして照射を行うことができる。これにより第1ステップでは、微結晶化が回避される。なお、第1ステップにおける結晶化に適したエネルギー密度は、結晶化を意図する範囲で適宜選定することができる。例えば、複数回数 N 回の照射によって結晶粒径成長が飽和する

照射パルスエネルギー密度 E と同程度の照射パルスエネルギー密度とすることができ、具体的には、 $E \times 0.98 \sim E \times 1.03$ の範囲が望ましい。ステップ 1 の照射パルスエネルギー密度が $E \times 1.03$ を超えると、結晶粒径の粗大化などによるバラツキが生じやすくなる。一方、 $E \times 0.98$ 未満になると、結晶粒成長が不十分になって結晶粒径のバラツキが生じやすくなる。

[0026] また、第 2 ステップでは照射パルスエネルギー密度 E_1 以下にし、かつ結晶が再溶融するため必要な照射エネルギー密度以上とすることで、第 1 ステップで生じたパルスレーザのエッジ部による半導体膜上の盛り上がり部の高さを低くするとともに、良好な結晶性を維持することができる。ここで、第 2 ステップの照射パルスエネルギー密度 E_2 は、上記条件を満たすことが必要であるが、さらには、 $E_1 \times 0.95$ 以上であるのが望ましい。これにより第 1 ステップおよび第 2 ステップのパルスレーザ照射後の結晶粒径を均一で十分に結晶が成長したものにするすることができる。第 2 ステップの照射パルスエネルギー密度を低くしすぎると、溶融エネルギー密度域に達しなければ盛り上がりの緩和はできず、また、溶融エネルギー密度域に達していても、盛り上がりの緩和作用は得られても十分な結晶成長が得られず、結晶粒径が小さくなってしまう。

また、照射パルスエネルギー密度 E_2 は、 $E_1 \times 0.98$ 未満とするのが望ましい。照射パルスエネルギー密度 E_2 が照射パルスエネルギー密度 E_1 と同等であると、半導体膜上に同等の盛り上がりを再度形成してしまい、盛り上がりの緩和作用が得られない。

[0027] また、合計照射回数は N 回以上とすることで、結晶粒径を十分に成長させることができる。なお、 N の数値については特に限定されるものではないが、出力バラツキによる膜質低下を防止するという点では、ある程度の回数が見望しく、例えば 8 回以上とすることができる。

さらに、合計照射回数は $N \times 1.5$ 以下とするのが望ましい。全照射回数を多くすると生産性の低下を招く。生産性の観点で最も望ましい合計照射回

数はN回であるが、結晶化の状態を勘案して選定することができる。

さらに、第1ステップの照射回数N1は、第2ステップの照射回数N2と同じか、多くするのが望ましい。これにより合計照射回数をできるだけ少なくすることができる。

[0028] また、本願発明では、パルスレーザの波長は特定のものに限定されないが、例えば400nm以下のものを示すことができる。

さらに、本願発明におけるパルスレーザの半値幅は特定のものに限定されないが、例えば200ns以下のものを示すことができる。

[0029] さらに、上記第1ステップ、第2ステップのパルスレーザの照射は、時を異にして非単結晶半導体膜に異なるパルスレーザが照射されるものが挙げられるが、1つのパルスレーザで第1ステップと第2ステップのパルスレーザ照射が行われるものであってもよい。パルスレーザは、二つ以上のパルスレーザが非単結晶半導体膜に同時期に照射されることで擬似的に合成されたものであってもよい。

すなわち、パルスレーザが、走査方向のビーム断面強度分布において、走査方向後端にかけた走査方向後方側が、走査方向前方側の強度よりも低い強度を有しており、前記走査方向前方側で前記強度に従って前記第1ステップの照射がなされ、前記走査方向後方側で前記強度に従って前記第2ステップの照射がなされることになる。

発明の効果

[0030] 以上説明したように、本発明によれば、第1ステップと第2ステップのパルスレーザ照射により、結晶を十分に成長させて照射ムラの少ない良質な結晶半導体膜を得ることができる効果がある。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明の一実施形態の結晶半導体膜の製造装置を示す図である。

[図2]同じく、走査方向でのビーム断面強度分布でビーム強度に段階を有するビーム断面強度分布を示す図である。

[図3]同じく、走査方向でのビーム断面強度分布でビーム強度に段階を有する

パルスレーザを整形する光学系を示す図である。

[図4]同じく、走査方向でのビーム断面強度分布でビーム強度に段階を有するパルスレーザの合成を説明する図である。

[図5]同じく、実施例における半導体膜表面の状態を示す図である。

[図6]同じく、実施例におけるムラ評価の結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0032] 以下に、本発明の一実施形態の結晶半導体膜の製造装置および製造方法を説明する。

結晶半導体膜製造装置 1 は、処理室 2 を備え、該処理室 2 内に X-Y 方向に移動可能な走査装置 3 を備え、該走査装置 3 にステージ 5 が設けられている。処理時には、該ステージ 5 上に非単結晶半導体膜として非晶質のシリコン膜 100 などが設置され、所望により処理室 2 内の雰囲気进行调整する。シリコン膜 100 は、図示しない基板上に例えば 40~100 nm の厚さで形成されている。なお、本発明としては、非単結晶半導体膜の厚さが特に限定されるものではない。非単結晶半導体膜の形成は常法により行うことができ、本発明としては半導体膜の形成方法が特に限定されるものではない。また、処理対象となる半導体膜としては非晶質のものが好適であるが、本発明としては非晶質のものに限定されるものではなく、非単結晶のものや結晶を一部に含むものであってもよく、これらにおいても結晶の改質として本装置を適用することができる。

なお、走査装置 3 は、図示しないモータなどによって駆動され、該モータは後述する制御部 8 によって動作が制御されて走査装置 3 の走査速度が設定される。また、処理室 2 には、外部からパルスレーザを導入する導入窓 6 が設けられている。

[0033] 処理室 2 の外部には、パルスレーザ発振装置 10 が設置されている。該パルスレーザ発振装置 10 は、エキシマレーザ発振装置で構成されている。該パルスレーザ発振装置 10 には、制御部 8 に制御可能に接続されている。制御部 8 の指令によってパルスレーザ発振装置 10 は所定の出力でパルスレー

ザが出力される。なお、本発明としては、発振装置の種別や発振媒質が限定されるものではなく、所望のパルスレーザを半導体膜に照射できるものであればよい。

[0034] 該パルスレーザ発振装置 10 においてパルス発振されて出力されるパルスレーザ 15 は例えば波長が 400 nm 以下で、パルス半値幅が 200 ns 以下のものとされる。ただし、本発明としてはこれらに限定されるものではない。

パルスレーザ 15 は、アテニュエータ 11 でパルスエネルギー密度が調整される。アテニュエータ 11 は、前記制御部 8 に制御可能に接続されており、制御部 8 の指令によって所定の減衰率に設定される。制御部 8 では、半導体膜への照射面上で所定の照射パルスエネルギー密度が得られるように、減衰率が調整される。好適にはシリコン膜 100 の照射面上において、エネルギー密度が 100 ~ 500 mJ / cm² となるように調整することができる。

[0035] アテニュエータ 11 を透過したパルスレーザ 15 は、レンズ、反射ミラー、ホモジナイザーなどによって構成される光学系 12 でビーム整形され、処理室 2 に設けた導入窓 6 を通して処理室 2 内のシリコン膜 100 に照射されるようにパルスレーザ 15 を導く。図では、光学系 12 の 1 つとして反射ミラー 12 a と集光レンズ 12 b とが図示されている。本発明としては光学系に含まれる光学部材の種別や数が特に限定されるものではない。

照射の際の照射面形状は、断面角形状とされ、角形にはライン状のものが含まれる。

[0036] 次に、上記結晶半導体膜製造装置 1 を用いた結晶半導体膜の製造方法について説明する。

前記シリコン膜 100 を対象にして、パルスレーザ 15 の照射によって微結晶化が生じる照射パルスエネルギー密度よりも低く、かつ複数回数 N 回の照射による結晶化に適した照射パルスエネルギー密度 E0 を決定する。結晶化に適した照射パルスエネルギー密度 E0 としては、N 回の照射によって結晶粒径成長が飽和する照射パルスエネルギー密度 E と同等なものを選定でき

る。同等なものとしては、 $E \times 0.98 \sim E \times 1.03$ を例示することができる。この実施形態では、回数 N 回のオーバーラップ照射によって照射パルスエネルギー密度 E_0 でパルスレーザを照射した際と、同等の結晶化を得るものである。

上記照射パルスエネルギー密度 E_0 を第1ステップの照射パルスエネルギー密度 E_1 に決定する。また、第2ステップの照射パルスエネルギー密度 E_2 として、照射パルスエネルギー密度 E_1 よりも低く、かつ結晶が再溶融するため必要な照射エネルギー密度以上となる照射パルスエネルギー E_2 を決定し、これらを制御部8に設定する。なお、照射パルスエネルギー密度 E_2 は $E_1 \times 0.95$ 以上とするのが望ましい。

上記した E_0 、 E_1 、 E_2 には経験的に数値を得たものを利用できる。

[0037] 次に、第1ステップにおけるオーバーラップにおける照射回数 N_1 と、第2ステップにおけるオーバーラップにおける照射回数 N_2 とを決定し、制御部8に設定する。 N_1 と N_2 の和は N 以上とする。なお、 $N_1 \geq N_2$ が望ましく、さらに $N_1 + N_2 \leq 1.5N$ が望ましい。 N_1 、 N_2 の回数は経験的に定めることができる。

[0038] 上記設定に基づいて、第1ステップの条件で、走査装置3によりシリコン膜100を一方向に移動させつつパルスレーザ発振装置10からパルスレーザ15を出力し、光学系12、導入窓6を通して処理室2内のシリコン膜100にパルスレーザ15をオーバーラップ照射して処理をする。なお、オーバーラップ回数は、走査装置3の走査速度とパルスレーザの繰り返し周波数とパルスの短軸方向幅で決定される。このため、制御部8は、パルスレーザの繰り返し周波数を前提にして、 N_1 回のオーバーラップがなされるように走査装置3の走査速度を決定する。走査速度は、例えば $6 \sim 16 \text{ mm/秒}$ の範囲で選定することができる。なお、本発明としてはこの走査速度が特定のものに限定されるものではなく、例えば $1 \sim 100 \text{ mm/秒}$ の範囲で選択することができる。また、アテニュエータ11の減衰率は、制御部8によってシリコン膜100上の照射パルスエネルギー E_1 が設定値になるように調整

される。該調整は、予め減衰率と照射パルスエネルギーとの関係を求めておき、この関係に従って行うことができる。また、図示しない測定装置でパルスレーザ 15 のパルスエネルギー密度を測定して、該パルスエネルギー密度が所定値になるようにアテニュエータ 11 の制御を行うことができる。

[0039] 次にシリコン膜 100 の所定エリアの処理が完了すると、走査装置 3 を逆方向に移動するように動作させて第 2 ステップのオーバーラップ照射を行う。制御部 8 は、パルスレーザの繰り返し周波数を前提にして、N 2 回のオーバーラップがなされるように走査装置 3 の走査速度を決定する。走査速度は、例えば 6 ~ 16 mm / 秒の範囲で選定することができる。なお、本発明としてはこの走査速度が特定のものに限定されるものではなく、例えば 1 ~ 100 mm / 秒の範囲で選択することができる。また、アテニュエータ 11 の減衰率は、制御部 8 によってシリコン膜 100 の照射パルスエネルギー E 2 が設定値になるように調整される。該調整は、第 1 ステップと同様に行うことができる。また、第 2 ステップでパルス幅の異なるパルスレーザを用いることでオーバーラップによる回数を変えることもでき、走査速度などを複合して所望のオーバーラップ回数を得るようにしてもよい。

[0040] 第 1 ステップのパルスレーザ照射と第 2 ステップのパルスレーザ照射がされたシリコン膜 100 の所定エリアは、照射パルスエネルギー密度 E 0 で N 回のオーバーラップ照射を行った場合と同程度に良好に結晶化される。さらに、本実施形態では、第 1 ステップの照射と第 2 ステップの照射とが行われることで、パルスレーザのエッジ部による半導体膜上の盛り上がり部の高さを低くして照射ムラをなくし、よって、より良質の半導体デバイスに提供することが可能になる。

[0041] なお、上記実施形態では、第 1 ステップのスキャン照射を所定のエリアで行った後、第 2 ステップのスキャン照射を上記エリアに行うものとして説明したが、二つのパルスレーザを用いて第 1 のステップでの照射を行った後、直ちに第 2 のステップの照射を行うようにしてもよい。この場合、二つのパルスレーザは、二つのパルスレーザ光源から出力されたものを用いることが

でき、また、1つのパルスレーザ光源から出力されたパルスレーザを分割して、エネルギー調整や遅延調整などを行って、二つのパルスレーザを得てもよい。

なお、パルスレーザは、複数のパルスレーザを合成してパルス幅を調整したものであってもよい。

[0042] なお、上記実施形態では、第1ステップで、1つのパルスレーザで所定のエリアのシリコン膜を処理した後に、第2ステップで他のパルスレーザで処理を行うものとして説明したが、1つのパルスで第1ステップと第2ステップとが同時期に行われるようにしてもよい。なお、1つのパルスとしては擬似的に1つといえるものも含まれる。

すなわち、パルスレーザが、短軸方向のビーム断面強度分布において、走査方向後端にかけた走査方向後方側が、走査方向前方側の強度よりも低い強度を有しており、前記走査方向前方側で前記強度に従って前記第1ステップの照射がなされ、前記走査方向後方側で前記強度に従って前記第2ステップの照射がなされる。

[0043] この形態に用いられるパルスレーザの走査方向のビーム断面強度分布を図2に示す。

ビーム断面は、走査方向前方側で、パルス照射エネルギーE1の高さを有し、走査方向後方側で後端にかけてパルス照射エネルギーE2の高さを有する段階的なビーム強度を有している。この形態では、パルス照射エネルギーE1の高さを有するパルス部分でシリコン膜100の同一領域にN1回のパルスレーザ照射が行われ、パルス照射エネルギーE2の高さを有するパルス部分でシリコン膜100の同一領域にN2回のパルスレーザ照射が行われる。N1、N2の回数は、パルス照射エネルギーE1の高さを有する走査方向の部分長さL1とパルス照射エネルギーE1の高さを有する走査方向の部分長さL2と、パルス毎のピッチによって定まる。例えば、 $L1 = L2$ （例えば $200\mu m$ ）とすれば、N1とN2とは基本的には同一回数となる。

すなわち、長さL1を相対的に長くすることでN1の回数を多くすること

ができる。このため $L_1 \geq L_2$ とするのが望ましい。したがって、 N_1 、 N_2 は、長さ L_1 、 L_2 の大きさに依存し、さらには上記実施形態と同様に、走査速度とパルスレーザの繰り返し周波数にも依存する。これらの設定によって、この形態における N_1 、 N_2 が決定される。

[0044] 上記形状の走査方向のビーム断面強度分布を有するパルスレーザは種々の方法で有ることができる。

例えば、図3(a)に示すように光学系の光路上で光学部材の上流側または下流側でレーザビームの一部を遮蔽または透過を抑制する部材を配置することで、図3(b)に示すように走査方向におけるビーム強度を部分的に低くし、ビーム強度が段階的になったビーム断面強度分布を有するパルスレーザが得られる。

また、図4(a)に示すように、二つのパルスを合成または擬似的に合成することで、図4(b)に示すように、ビーム強度が段階的（走査方向幅 L_1 、 L_2 ）になったビーム断面強度分布を有するパルス c が得られる。例えば、ビーム強度が異なるパルス a とパルス b とに時間差を設けて光学系で合成し、合成したパルスを非単結晶半導体膜上に照射することができる。また、ビーム強度が異なるパルス a とパルス b とを同時に位置をずらして非単結晶半導体膜上に照射することで擬似的に1つとしたパルスとすることができる。

実施例 1

[0045] 次に、パルスレーザ光源（製品番号LSX540C）を用いて、膜厚50nmのアモルファスシリコン膜に、波長308nm、パルス幅70nm、繰り返し周波数300Hz、ビーム断面において長軸長さ465mm×短軸長さ400μmのラインビーム状のエキシマパルスレーザを照射して、アニール処理を行った。

従来例として、オーバーラップ率95%（オーバーラップ照射20回）で結晶化に適した照射エネルギー密度 E_0 （OED（Optimum energy density）；この例では370mJ/cm²）を設定した。この際には、20μmピッチ

になるように走査速度およびパルスレーザの繰り返し周波数を設定した。エネルギー密度 E_0 は、微結晶が生じず、前記オーバーラップ照射で結晶粒径が飽和する照射エネルギー密度 E と同じにした。

また、発明例および参考例として、第1ステップでオーバーラップ率90%（オーバーラップ照射10回）で照射エネルギー密度 E_0 と同じ照射エネルギー密度 E_1 ($370 \text{ mJ} / \text{cm}^2$) を設定した。この際には、 $40 \mu\text{m}$ ピッチになるように走査速度を設定した。

[0046] さらに、発明例として、第2ステップでオーバーラップ率90%（オーバーラップ照射10回）で照射エネルギー密度 E_1 の-5%となる照射エネルギー密度 E_2 ($352 \text{ mJ} / \text{cm}^2$) を設定した。この際には、 $40 \mu\text{m}$ ピッチになるように走査速度を設定した。

さらに、参考例として、第2ステップでオーバーラップ率90%（オーバーラップ照射10回）で照射エネルギー密度 E_1 の-10%、-15%または-20%となる照射エネルギー密度に設定した。この際にも、 $40 \mu\text{m}$ ピッチになるように走査速度およびパルスレーザの繰り返し周波数を設定した。

[0047] 上記条件で、アモルファスのシリコン膜にパルスレーザをオーバーラップ照射し、処理後の結晶シリコン膜の照射ムラおよび結晶性を評価した。また、従来例と発明例については、結晶シリコン膜の表面凹凸をAFM (Atomic Force Microscope : 原子間力顕微鏡) によって観察した。

図5に、結晶シリコン膜の表面断面の概略図を示す。従来例では、図5 (b) に示すようにパルスレーザの最終照射によるエッジ部分に相応して比較的大きな盛り上がりが形成されている。一方、発明例では、図5 (a) に示すように、上記に相当する盛り上がりが低くなだらかになっていることが認められ、第1ステップと第2ステップの照射により盛り上がりが緩和されていることが分かる。

[0048] 結晶シリコン膜の照射ムラ評価は以下の方法によって行った。

結晶シリコン膜に検査光をそれぞれの例で5地点に照射し、それぞれ反射光を受光してカラー画像を取得し、カラー画像の色成分を検出し、検出され

た色成分に基づいてカラー画像をモノクロ化した。次いで、モノクロ化された画像のデータをコンボリューションして画像濃淡を強調した画像データを取得し、画像濃淡を強調した画像データを射影変換し、射影変換がされた画像データに基づいて表面ムラを評価した。モノクロ化は、検出がされた色成分のうち、主となる色成分を用いて行うことができ、主となる色成分は、光分布が他の色成分よりも相対的に大きい色成分とすることができる。

モノクロ化した画像データは、レーザのビーム方向を行、レーザの走査方向を列とする行列データで示し、コンボリューションでは、所定係数の行列をモノクロ化された画像のデータの行列に掛け合わせるによって行った。

所定係数の行列は、ビーム方向を強調するものと、スキャン方向を強調するものとをそれぞれ用いてビーム方向の画像濃淡を強調した画像データとスキャン方向の画像濃淡を強調した画像データとをそれぞれ取得した。

具体的には、以下のコンボリューションを行った。なお、所定係数の行列が下記に限定されるものではない。

[0049] [数1]

$$\begin{array}{l} \text{ショット方向} = \\ \text{濃淡強調} \end{array} \begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \\ -2 & -2 & -2 \end{vmatrix} * \text{画像データ} \quad (1)$$

$$\begin{array}{l} \text{スキャン方向} = \\ \text{濃淡強調} \end{array} \begin{vmatrix} 2 & 1 & 0 & -1 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -1 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -1 & -2 \end{vmatrix} * \text{画像データ} \quad (2)$$

[0050] 画像の濃淡を強調した画像データに対しては、スキャン方向、ショット方向にまとまったスジが現われることを利用して、それぞれの方向の射影を求める。

具体的には下記に示す式によってショット方向、スキャン方向にそれぞれ射影変換する。

$$\text{ショット方向} = (\text{Max}(\sum f(x)/N_x) - \text{Min}(\sum f(x)/N_x)) / \text{平均}$$

$$\text{スキャン方向} = (\text{Max}(\sum f(y)/N_y) - \text{Min}(\sum f(y)/N_y)) / \text{平均}$$

ただし、 x はショット方向の画像の位置、 y はスキャン方向の画像の位置、 $f(x)$ は x 位置における画像データ、 $f(y)$ は y 位置における画像データ、 N_x はショット方向の画像の数、 N_y はスキャン方向の画像の数を示す。

[0051] 図6のムラスコアは、スキャン方向のムラを数値化して示したものである。数値が高いほどムラが大きいことを示している。

図6から分かるように、従来例では、ムラスコアは0.2～0.3となりムラが大きい。これは前述したようにパルスレーザのエッジによる表面盛り上がりが影響していると考えられる。

一方、発明例では、第1ステップ後では従来例と同様にムラが大きいものの、第2ステップ後にはムラスコアは0.06～0.13になりムラが緩和されている。なお、第2のステップでの照射を-10%EO、-15%EO、-20%EOの照射パルスエネルギーで行ったものは、従来例よりもムラは小さくなっているが、ムラの軽減という点で十分ではなかった。

[0052] 次に、従来例、発明例および参考例の結晶シリコン膜の結晶性をSEM (Scanning Electron Microscope) 写真により観察した。

その結果、従来例、発明例ともに均一な結晶粒が同等に形成されていた。一方、-15%EO、-20%EOとした参考例では、十分な結晶成長がなされておらず、結晶粒径が小さいものになった。-10%EOでは、-15%EO、-20%EO程ではないがやや結晶粒径が小さくなった。

[0053] 以上のように、本発明例によれば、良好な結晶粒成長が得られるとともにパルスレーザのエッジによる盛り上がりを小さくしてムラを軽減することができる。また、従来に比べて生産性を殆ど低下させることなく処理を行うことが可能になる。

[0054] 以上、本発明について前記各実施形態および実施例に基づいて説明を行ったが、本発明はこれらの説明内容に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱しない限りは適宜の変更が可能である。

符号の説明

[0055]	1	結晶半導体膜製造装置
	2	処理室
	3	走査装置
	5	ステージ
	8	制御部
	10	パルスレーザ発振装置
	11	アテニュエータ

請求の範囲

- [請求項1] 非単結晶半導体膜上に、パルスレーザを短軸方向に相対的に走査しつつオーバーラップ照射して結晶化を行う結晶半導体膜の製造方法において、
- 前記パルスレーザの照射によって前記非単結晶半導体膜に微結晶化が生じる照射パルスエネルギー密度よりも低く、かつ複数回数 N 回の照射による結晶化に適した照射パルスエネルギー密度を E_0 として、
- 前記照射パルスエネルギー密度 E_0 と同じ照射パルスエネルギー密度 E_1 で前記パルスレーザが照射される第1ステップと、
- 前記照射パルスエネルギー密度 E_1 よりも低く、かつ結晶が再熔融するため必要な照射エネルギー密度以上となる照射パルスエネルギー E_2 で前記パルスレーザが照射される第2ステップとを有し、
- 同一照射面に対する前記第1ステップと前記第2ステップにおける合計照射回数が N 回以上であることを特徴とする結晶半導体膜の製造方法。
- [請求項2] 前記結晶化に適した照射パルスエネルギーが、複数回数 N 回の照射によって結晶粒径成長が飽和する照射パルスエネルギー密度 E として、 $E \times 0.98 \sim E \times 1.03$ の範囲内であることを特徴とする請求項1記載の結晶半導体膜の製造方法。
- [請求項3] 前記照射パルスエネルギー密度 E_2 が $E_1 \times 0.95$ 以上であることを特徴とする請求項1または2に記載の結晶半導体膜の製造方法。
- [請求項4] 前記合計照射回数が $N \times 1.5$ 以下であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の結晶半導体膜の製造方法。
- [請求項5] 前記第1のステップによって前記パルスレーザを走査しつつ同一照射面に対する N_1 回の複数回照射を順次行い、その後、前記所定面に対し、前記第2のステップによって前記パルスレーザを走査しつつ同一照射面に対する N_2 回の複数回照射を順次行い、前記 $N_1 + N_2$ を前記合計照射回数として N 回以上とすることを特徴とする請求項1～

4 のいずれかに記載の結晶半導体膜の製造方法。

[請求項6] 前記 N 1 を前記 N 2 以上の回数にすることを特徴とする請求項 5 記載の結晶半導体膜の製造方法。

[請求項7] 前記パルスレーザが、走査方向のビーム断面強度分布において、走査方向後端にかけた走査方向後方側が、走査方向前方側の強度よりも低い強度を有しており、前記走査方向前方側で前記強度に従って前記第 1 ステップの照射がなされ、前記走査方向後方側で前記強度に従って前記第 2 ステップの照射がなされることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の結晶半導体膜の製造方法。

[請求項8] 前記走査方向前方側の走査方向幅が、前記走査方向後方側の走査方向幅以上であることを特徴とする請求項 7 記載の結晶半導体膜の製造方法。

[請求項9] 前記パルスレーザの波長が 400 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の結晶半導体膜の製造方法。

[請求項10] 前記パルスレーザの半値幅が 200 ns 以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の結晶半導体膜の製造方法。

[請求項11] 前記非単結晶半導体がシリコンであることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の結晶半導体膜の製造方法。

[請求項12] パルスレーザを出力する 1 または 2 以上のレーザ光源と、
前記パルスレーザを整形して非単結晶半導体に導く光学系と、
前記パルスレーザの照射エネルギー密度を調整するエネルギー調整部と、
前記パルスレーザを前記非単結晶半導体に対し相対的に走査する走査装置と、
前記レーザ光源、前記エネルギー調整部および前記走査装置を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記エネルギー調整部を制御してパルスレーザの照射によって前記非単結晶半導体膜に微結晶化が生じる照射パルスエネ

ルギー密度よりも低く、かつ複数回数 N 回の照射による結晶化に適した照射パルスエネルギー密度 E_0 と同じ照射パルスエネルギー密度 E_1 に調整し、該照射パルスエネルギー密度 E_1 で前記走査装置を制御して前記パルスレーザを走査しつつ前記非単結晶半導体に対し N_1 回（但し $N_1 < N$ ）の複数回照射を順次行う第1ステップと、第1ステップで前記パルスレーザが照射された半導体に、前記エネルギー調整部を制御して前記照射パルスエネルギー密度 E_1 よりも低く、かつ結晶が再溶融するため必要な照射エネルギー密度以上の照射パルスエネルギー E_2 に調整し、該照射パルスエネルギー密度 E_2 で前記走査装置を制御して前記パルスレーザを走査しつつ前記非単結晶半導体に対し N_2 回（但し、 $N_2 < N$ 、 $N_1 + N_2 \geq N$ ）の複数回照射を順次行う第2ステップとを実行することを特徴とする結晶半導体膜の製造装置。

[請求項13]

パルスレーザを出力する1または2以上のレーザ光源と、

前記パルスレーザを整形して非単結晶半導体に導く光学系と、

前記パルスレーザの走査方向のビーム断面強度分布において、走査方向後端にかけた走査方向後方側の強度が走査方向前方側の強度よりも低く、かつ走査方向後方側の強度による照射パルスエネルギー密度が走査方向前方側の強度による照射パルスエネルギー密度の0.95倍以上になるように前記強度分布を調整する強度調整部と、

前記パルスレーザの照射エネルギー密度を調整するエネルギー調整部と、

前記パルスレーザを前記非単結晶半導体に対し相対的に走査する走査装置と、

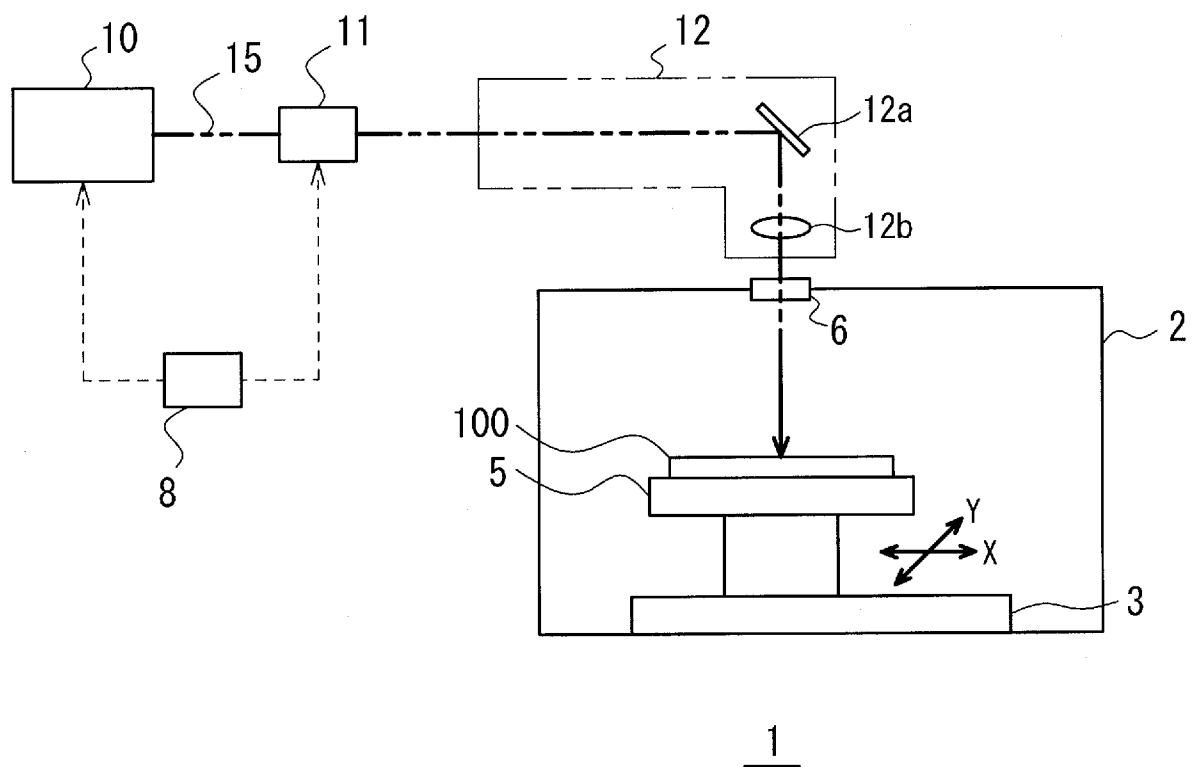
前記レーザ光源、前記エネルギー調整部および前記走査装置を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記エネルギー調整部を制御して、前記パルスレーザの走査方向前方側の照射において前記非単結晶半導体膜に微結晶化

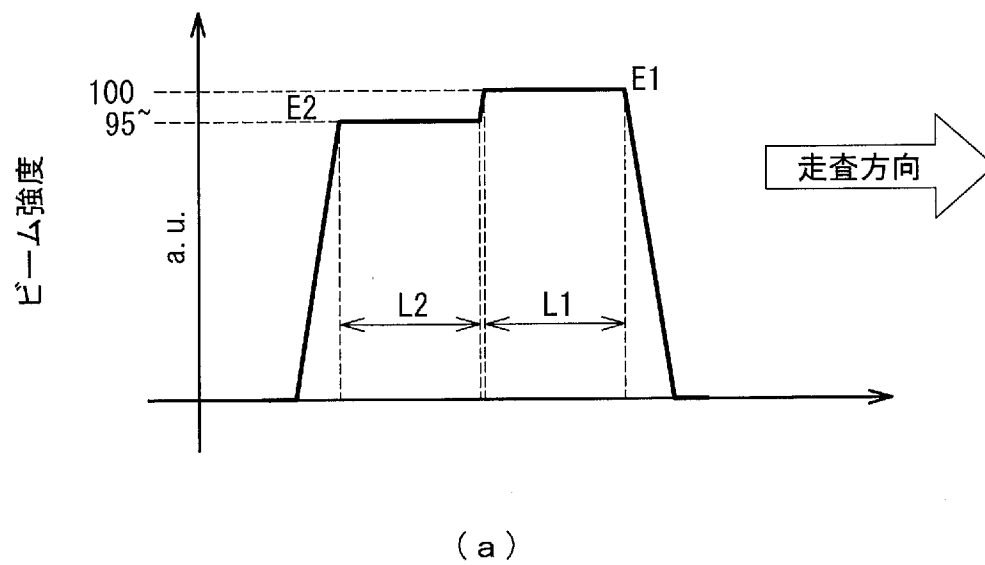
が生じる照射パルスエネルギー密度よりも低く、かつ複数回数 N 回の照射による結晶化に適した照射パルスエネルギー密度 E_0 と同じ照射パルスエネルギー密度 E_1 になり、前記パルスレーザの走査方向後方側の照射において前記照射パルスエネルギー密度 E_1 よりも低く、かつ結晶が再溶融するため必要な照射エネルギー密度以上の照射パルスエネルギー E_2 になるように調整し、さらに前記走査装置を制御して前記パルスレーザを走査しつつ前記非単結晶半導体に対し N 回以上の複数回照射を順次行う工程を実行することを特徴とする結晶半導体膜の製造装置。

[請求項14] 前記制御部は、前記結晶化に適した照射パルスエネルギーが、複数回数 N 回の照射によって結晶粒径成長が飽和する照射パルスエネルギー密度 E として、 $E \times 0.98 \sim E \times 1.03$ の範囲内に設定されていることを特徴とする請求項12または13に記載の結晶半導体膜の製造装置。

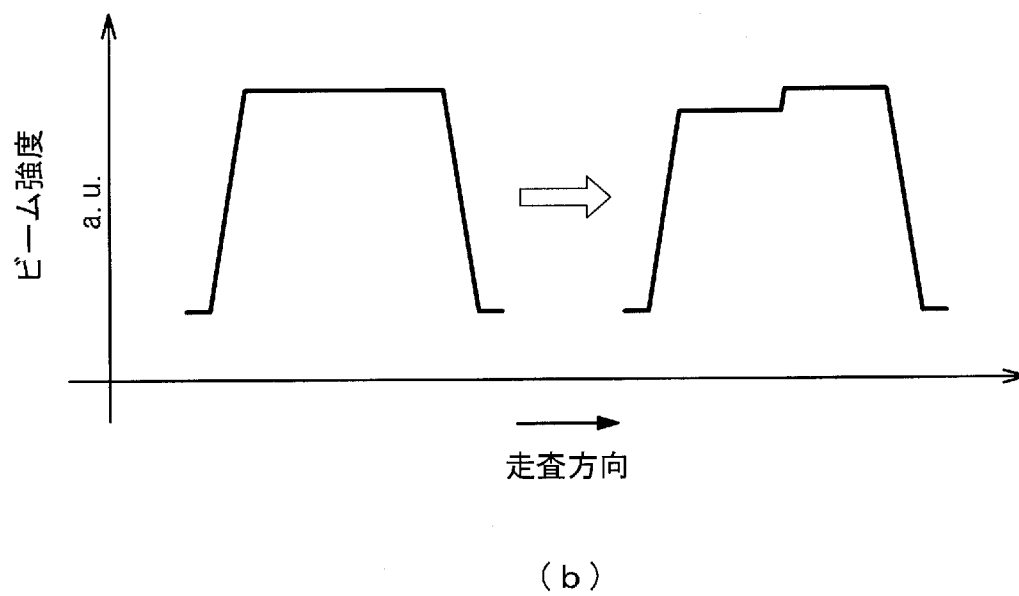
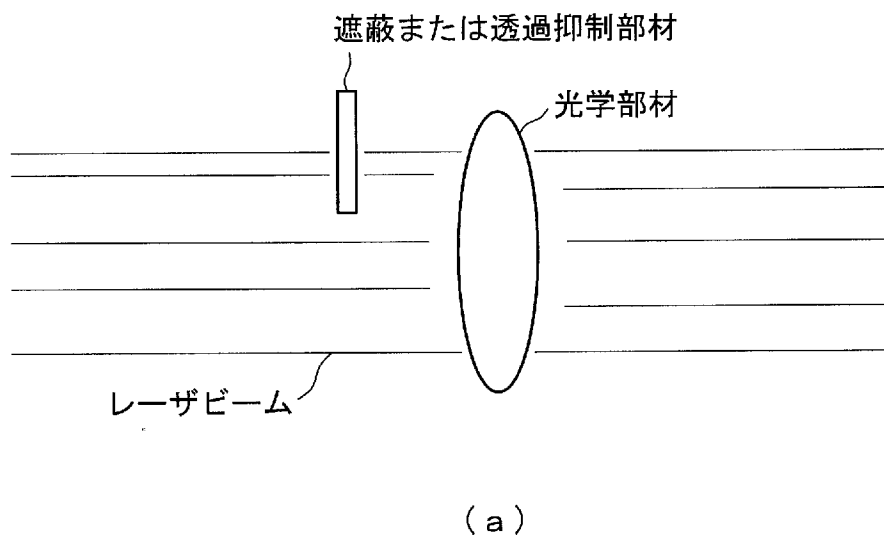
[図1]



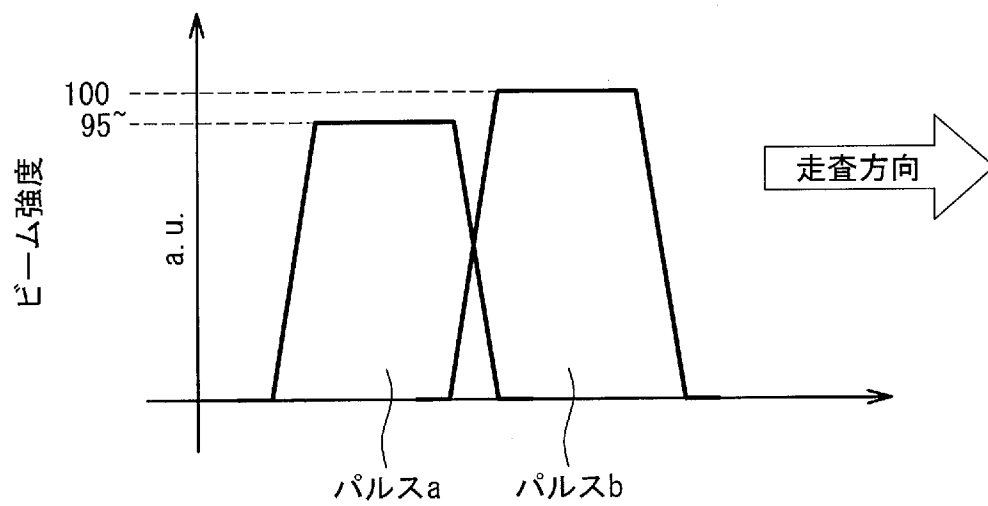
[図2]



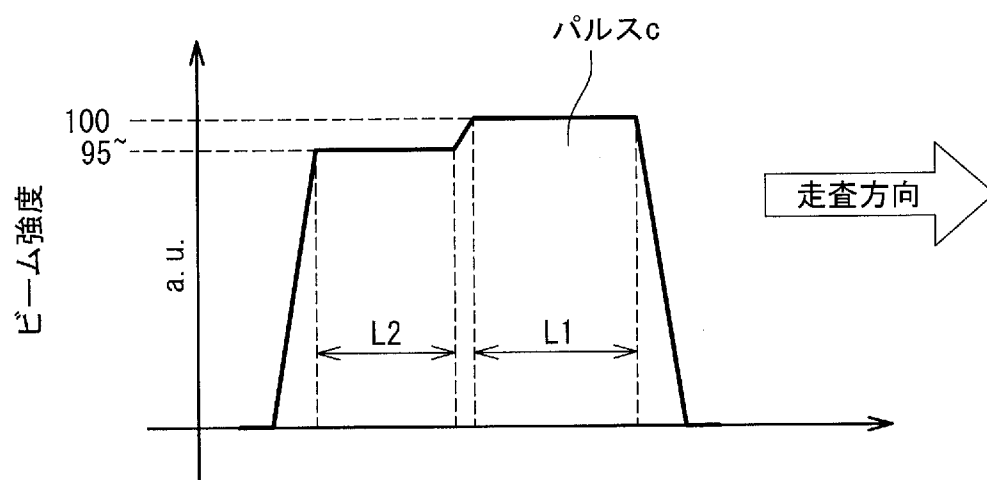
[図3]



[図4]

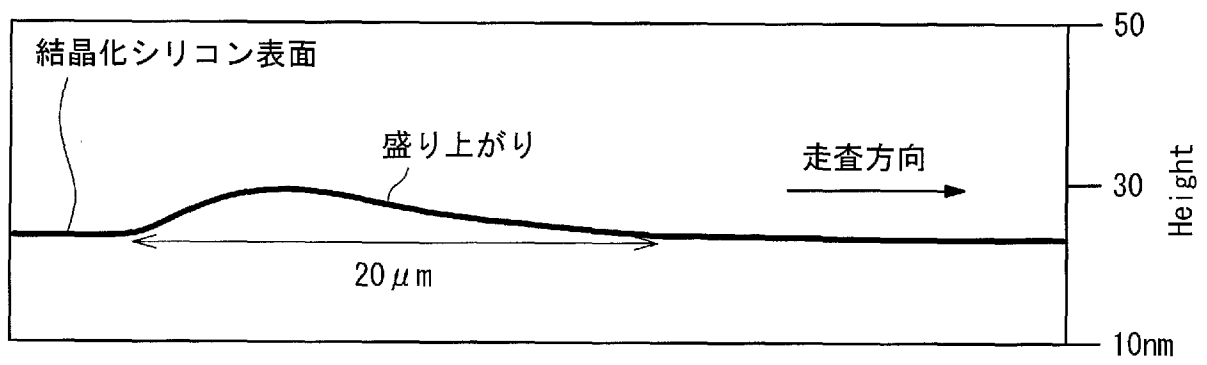


(a)

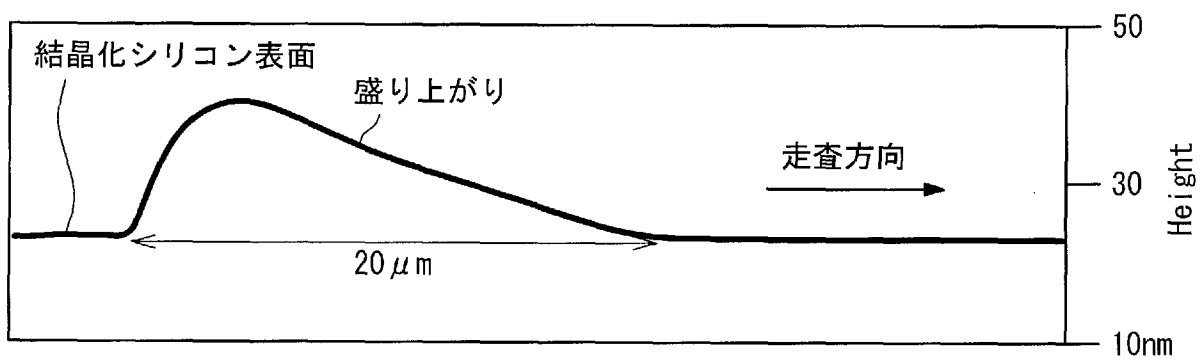


(b)

[図5]

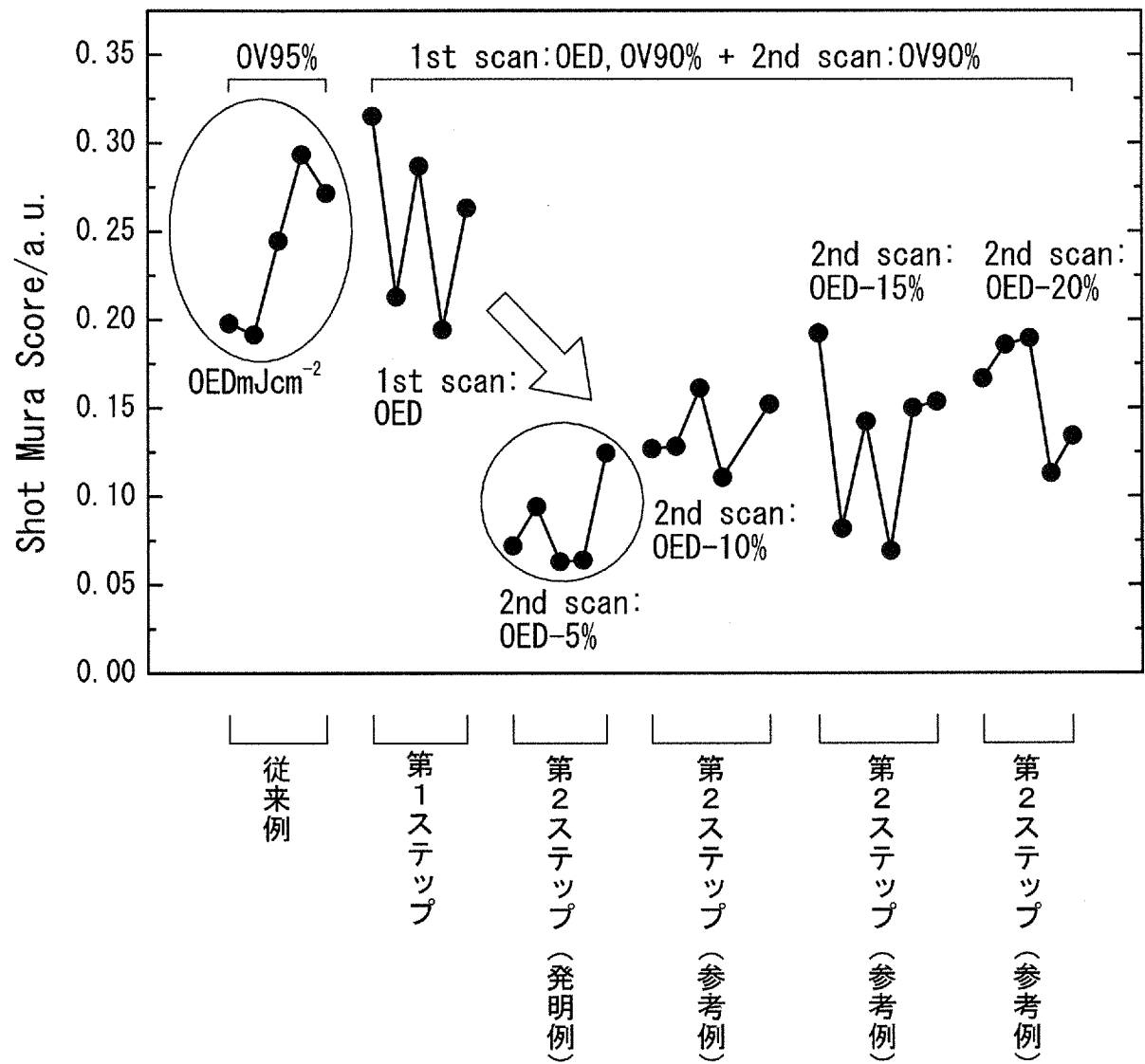


(a)



(b)

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/076501

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/20(2006.01)i, H01L21/268(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/20, H01L21/268

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2005-277007 A (Hitachi, Ltd.), 06 October 2005 (06.10.2005), entire text; fig. 1, 10, 12, 14 (Family: none)	1-6, 9-12, 14 7, 8, 13
Y	WO 2003/043070 A1 (Sony Corp.), 22 May 2003 (22.05.2003), entire text; fig. 13 & US 2004/0097103 A1	7, 8, 13
A	JP 9-219380 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 19 August 1997 (19.08.1997), entire text; fig. 5 & US 6373870 B1	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 December, 2013 (18.12.13)

Date of mailing of the international search report
07 January, 2014 (07.01.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/20(2006.01)i, H01L21/268(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/20, H01L21/268

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2005-277007 A（株式会社日立製作所）2005.10.06, 全文, 図1, 10, 12, 14（ファミリーなし）	1-6, 9-12, 14
Y		7, 8, 13
Y	WO 2003/043070 A1（ソニー株式会社）2003.05.22, 全文, 図13 & US 2004/0097103 A1	7, 8, 13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 8 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 1 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

柴山 将隆

5 F

3 0 3 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 9-219380 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 1997. 08. 19, 全文, 図 5 & US 6373870 B1	1-14