

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02017/163356

発行日 平成31年1月31日 (2019. 1. 31)

(43) 国際公開日 平成29年9月28日 (2017. 9. 28)

|                          |               |             |
|--------------------------|---------------|-------------|
| (51) Int. Cl.            | F I           | テーマコード (参考) |
| HO 1 L 21/228 (2006. 01) | HO 1 L 21/228 | 5 F 1 1 O   |
| HO 1 L 21/336 (2006. 01) | HO 1 L 29/78  | 6 2 7 G     |
| HO 1 L 29/786 (2006. 01) |               |             |

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 36 頁)

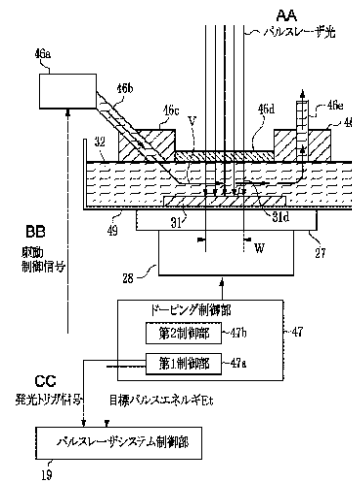
|   |   |
|---|---|
| 出願番号 特願2018-506696 (P2018-506696)   | (71) 出願人 504145342  |
| (21) 国際出願番号 PCT/JP2016/059338   | 国立大学法人九州大学  |
| (22) 国際出願日 平成28年3月24日 (2016. 3. 24)   | 福岡県福岡市西区元岡744   |
| (81) 指定国 AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (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), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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 | (71) 出願人 300073919<br>ギガフォトン株式会社<br>栃木県小山市大字横倉新田400番地<br>(74) 代理人 100083116<br>弁理士 松浦 憲三<br>(72) 発明者 池上 浩<br>福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号<br>国立大学法人九州大学内<br>(72) 発明者 諏訪 輝<br>栃木県小山市大字横倉新田400番地<br>ギガフォトン株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザドーピング装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

レーザドーピング装置は、ドーピング領域に対して、ドーパントを含む溶液を供給する溶液供給システムと、溶液を透過し、複数個のパルスを含むパルスレーザー光を出力するパルスレーザーシステムと、ドーピング領域に対して照射されるパルスレーザー光のパルス数と、ドーピング領域におけるパルスレーザー光のフルエンスとを制御する第1制御部と、パルスが照射される毎に溶液内に発生する気泡を、ドーピング領域から移動させるように溶液の流速を制御する第2制御部と、備える。



- 19 Pulsed laser system control unit
- 47 Doping control unit
- 47a First control unit
- 47b Second control unit
- Et Target pulse energy
- AA Pulsed laser light
- BB Drive control signal
- CC Light-emission trigger signal

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基板上の多結晶シリコンにドーパントをドーピングするレーザドーピング装置において

、  
前記ドーピングを行うドーピング領域に対して、前記ドーパントを含む溶液を供給する溶液供給システムと、

前記溶液を透過し、前記ドーピング領域に照射されることにより、前記ドーピング領域の多結晶シリコンを溶融させるパルスレーザ光であって、複数個のパルスを含むパルスレーザ光を出力するパルスレーザシステムと、

前記パルスレーザシステムが出力する前記パルスレーザ光を、前記ドーピング領域に導光する光学系と、

前記ドーピング領域に対して照射される前記パルスレーザ光のパルス数と、前記ドーピング領域における前記パルスレーザ光のフルーエンスとを制御する第 1 制御部と、

前記パルスが照射される毎に前記溶液内に発生する気泡を、前記ドーピング領域から移動させるように前記溶液の流速を制御する第 2 制御部と、備えるレーザドーピング装置。

**【請求項 2】**

1 パルス当たりの前記フルーエンスを  $F L$  とすると、前記フルーエンス  $F L$  の範囲は、 $330 \text{ mJ} / \text{cm}^2 < F L < 430 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  である請求項 1 に記載のレーザドーピング装置。

**【請求項 3】**

前記パルス数を  $N$  とすると、前記パルス数  $N$  の範囲は、 $2 < N < 20$  である請求項 1 に記載のレーザドーピング装置。

**【請求項 4】**

前記ドーピング領域に照射される前記パルスレーザ光のビーム幅であって、前記ドーパントを含む溶液が流れる方向のビーム幅を  $W$ 、前記パルスレーザ光における単位時間当たりの前記パルス数である繰り返し周波数を  $P F$  としたときに、

前記ドーピング領域にドーパントを流す流速  $V$  の範囲は、 $W \times P F < V < 20 \text{ m} / \text{s}$  である請求項 1 に記載のレーザドーピング装置。

**【請求項 5】**

前記パルスレーザ光の中心波長は、 $193 \text{ nm}$  から  $355 \text{ nm}$  の範囲内である請求項 1 に記載のレーザドーピング装置。

**【請求項 6】**

前記溶液は、リン酸水溶液、ホウ酸溶液、及び塩化アルミ水溶液のうちのいずれかである請求項 1 に記載のレーザドーピング装置。

**【請求項 7】**

前記溶液供給システムは、前記ドーピング領域に対して前記溶液を供給する供給ポンプを含み、

前記供給ポンプによって、前記ドーピング領域において前記ドーパントを含む溶液の流れを生じさせる請求項 1 に記載のレーザドーピング装置。

**【請求項 8】**

前記光学系は、前記ドーピング領域を含む所定領域に前記パルスレーザ光を導光する請求項 1 に記載のレーザドーピング装置。

**【請求項 9】**

前記基板において、前記所定領域はライン状に形成されており、

前記基板を前記所定領域のライン方向に移動させるステージを備えている請求項 8 に記載のレーザドーピング装置。

**【請求項 10】**

前記光学系は、前記パルスレーザ光を、光軸と直交する断面が矩形状の矩形ビームに変換し、変換した矩形ビームを前記所定領域に導光する請求項 9 に記載のレーザドーピング装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 1】

前記光学系は、前記パルスレーザー光を、複数のスポットビームが配列されたアレイビームに変換し、変換したアレイビームを前記所定領域に導光する請求項 9 に記載のレーザードーピング装置。

## 【請求項 1 2】

前記ドーピング領域に対して前記パルスレーザー光が照射された後、前記ドーピング領域を洗浄する洗浄装置を備える請求項 8 に記載のレーザードーピング装置。

## 【請求項 1 3】

半導体にドーパントをドーピングして半導体装置を製造する半導体装置の製造方法において、

前記半導体上に一層以上の膜を形成する第 1 工程と、

前記膜が形成された領域のうち、前記ドーピングを行うドーピング領域に形成された前記膜を部分的に除去する第 2 工程と、

前記ドーピング領域を含む半導体に対して、ドーパントを含む溶液を流す第 3 工程と、

前記第 3 工程を実行中に、前記ドーパントを含む溶液を透過し、前記ドーピング領域に照射されることにより、前記ドーピング領域の前記半導体を溶融させるパルスレーザー光であって、複数個のパルスを含むパルスレーザー光を照射する第 4 工程とを含む半導体装置の製造方法。

## 【請求項 1 4】

前記膜は、絶縁膜を含む一層以上の膜である請求項 1 3 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 1 5】

前記膜は、前記絶縁膜に加えて金属膜を含む請求項 1 4 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 1 6】

前記半導体は、ガラス製又は樹脂製の基板上に形成される請求項 1 3 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 1 7】

前記半導体は、アモルファスシリコンに対してエキシマレーザーによるアニール処理が施されることにより結晶化された多結晶シリコン、又は酸化金属半導体である請求項 1 6 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 1 8】

前記金属膜はゲート電極膜であって、

前記ゲート電極膜の材料は、Ti、Al、Mo、Auのいずれかである請求項 1 5 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 1 9】

前記溶液は、リン酸水溶液、ホウ酸溶液、及び塩化アルミニウム水溶液のうちのいずれかである請求項 1 3 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、レーザードーピング装置及び半導体装置の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

液晶ディスプレイ(LCD: Liquid Crystal Display)には、基板上に薄膜トランジスタ(TFT: Thin Film Transistor)が形成されたTFT基板が使用されている。液晶ディスプレイにおいて、TFTは、液晶セルで構成される画素を駆動するスイッチング素子として機能する。

## 【0003】

TFT基板としては、ガラス基板を使用するものが一般的であるが、樹脂製のフレキシ

10

20

30

40

50

ブル基板を使用するものも開発されている。TFT材料としては、アモルファスシリコン(a-Si)や多結晶シリコン(poly-Si)が使用されている。多結晶シリコンはアモルファスシリコンよりもキャリア移動度が2桁程高いため、多結晶シリコンを使用することで、TFT特性が大幅に向上することが知られている。

【0004】

多結晶シリコンは、ドーパント(不純物)を注入するドーピングによりn型又はp型の半導体を形成することが可能である。ドーピング方法としては、例えば、イオン注入と高温活性化処理とを行うイオン注入によるドーピング方法がある。イオン注入は、ドーパントをイオン化して注入するプロセスであり、高真空状態としたチャンバ内で行われる高真空プロセスである。高温活性化処理は、注入したドーパントを拡散させるための処理であり、基板の温度が400 から約1000 以上に達する高温プロセスである。

10

【0005】

柔軟で、かつ、融点が高いフレキシブル基板は、高真空プロセス及び高温活性化処理のどちらのプロセスにも耐えられないため、フレキシブル基板に対してイオン注入によるドーピング方法を採用することは難しい。また、ガラス基板を使用する場合も、高温プロセスに耐えられる耐熱ガラス基板が必要となるため、耐熱ガラス基板よりも融点が高い通常のガラス基板に対して、イオン注入によるドーピング方法を採用することは難しい。

【0006】

下記の非特許文献1及び特許文献1～5には、比較的融点が高い基板に対してもドーピングが可能なレーザ照射によるドーピング方法が開示されている。レーザ照射によるドーピング方法では、まず、多結晶シリコンのドーピングを行うドーピング領域に対してドーパントを含む溶液が供給される。ドーパントを含む溶液の供給方法としては、基板上の多結晶シリコンの表面にドーパントを含む溶液を塗布する方法や、ドーパントを含む溶液が貯留された容器内に多結晶シリコンが形成された基板を浸す方法がある。

20

【0007】

次に、ドーパントを含む溶液が供給された状態で、多結晶シリコンに向けてパルスレーザ光が照射される。パルスレーザ光はドーパントを含む溶液を透過して多結晶シリコンに到達する。パルスレーザ光の照射により多結晶シリコンが溶融される。多結晶シリコンが溶融されることにより、ドーパントを含む溶液に含まれるドーパントの注入と、注入されたドーパントが多結晶シリコン内で拡散する活性化処理とが同時に行われる。このように、レーザ照射によるドーピング方法では、低温プロセスでドーピングが可能となる。

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Koji Nishi, Akihiro Ikeda, Hiroshi Ikenoue, and Tanemasa Asano, Phosphorus doping into 4H-SiC by Irradiation of Excimer Laser in Phosphoric Solution, Japanese Journal of Applied Physics 52 (2013)

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特許第4409231号公報

40

【特許文献2】特許第4387091号公報

【特許文献3】特開2014-139991号公報

【特許文献4】特開2012-124366号公報

【特許文献5】特開2012-243818号公報

【概要】

【0010】

本開示の1つの観点に係るレーザドーピング装置は、基板上の多結晶シリコンにドーパントをドーピングするレーザドーピング装置において、溶液供給システム、パルスレーザシステム、光学系、第1制御部、及び第2制御部と、備える。溶液供給システムは、ドーピングを行うドーピング領域に対して、ドーパントを含む溶液を供給し排出する。パルス

50

レーザシステムは、溶液を透過し、ドーピング領域に照射されることにより、ドーピング領域の多結晶シリコンを溶融させるパルスレーザ光であって、複数個のパルスを含むパルスレーザ光を出力する。光学系は、パルスレーザシステムが出力するパルスレーザ光を、ドーピング領域に導光する。第1制御部は、ドーピング領域に対して照射されるパルスレーザ光のパルス数と、パルスのフルーエンスとを制御する。第2制御部は、パルスが照射される毎に溶液内に発生する気泡を、ドーピング領域から移動させるように溶液の流速を制御する。

#### 【0011】

本開示の他の1つの観点に係る半導体装置の製造方法は、半導体にドーパントをドーピングして半導体装置を製造する半導体装置の製造方法において、第1工程、第2工程、第3工程、及び第4工程とを含む。第1工程は、半導体上に一層以上の膜を形成する。第2工程は、膜が形成された領域のうち、ドーピングを行うドーピング領域に形成された膜を部分的に除去する。第3工程は、ドーピング領域を含む半導体に対して、溶液を流す。第4工程は、第3工程を実行中に、溶液を透過し、ドーピング領域に照射されることにより、ドーピング領域の半導体を溶融させるパルスレーザ光であって、複数個のパルスを含むパルスレーザ光を照射する。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0012】

本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

【図1】図1は、比較例に係るレーザドーピング装置の構成を概略的に示す。

【図2】図2は、比較例の課題を説明する説明図である。

【図3】図3は、第1実施形態のレーザドーピング装置の構成を概略的に示す。

【図4】図4は、第1実施形態のドーピング制御部を示す。

【図5】図5は、第1実施形態の作用の説明図である。

【図6】図6は、ドーピング領域に対してパルスレーザ光を1パルス照射した場合において、溶融状態計測部の反射光強度の経時変化を表すグラフである。

【図7】フルーエンスを変化させてドーピングを行った場合の多結晶シリコン膜の電気的な特性である抵抗値の変化を示すグラフである。

【図8】図8は、各フルーエンスのパルスレーザ光でドーピングを行った場合における、多結晶シリコン膜内のドーパントの濃度と、ドーピングの深さの関係を表すグラフである。

【図9】図9は、ドーピングの深さが30nmにおける、フルーエンスとドーパントの濃度の変化を示すグラフである。

【図10】図10は、図7に示したパルス数が20のグラフに加えて、パルス数が5のグラフと10のグラフを追加したものである。

【図11】図11は、図9及び図10のグラフから、ドーパント濃度とパルス数の関係を導出したグラフである。

【図12】図12は、半導体装置の製造方法の第1例を示す。

【図13】図13は、半導体装置の製造方法の第2例を示す。

【図14】図14は、第2実施形態のレーザドーピング装置の側面から見た構成を示す。

【図15】図15は、第2実施形態のレーザドーピング装置の正面から見た構成を示す。

【図16】図16は、フライアイレンズを示す。

【図17】図17は、第2実施形態の被照射物のドーピング処理の説明図である。

【図18】図18は、第2実施形態の溶液供給システムを示す。

【図19】図19は、第3実施形態のレーザドーピング装置の側面から見た構成を示す。

【図20】図20は、第3実施形態のレーザドーピング装置の正面から見た構成を示す。

【図21】図21は、第3実施形態のドーピング処理の説明図である。

【図22】図22は、第4実施形態のレーザドーピング装置の側面から見た構成を示す。

【図23】図23は、第4実施形態のレーザドーピング装置の正面から見た構成を示す。

【図 2 4】図 2 4 は、第 4 実施形態のドーピング処理の説明図である。

【図 2 5】図 2 5 は、洗浄装置の構成を示す。

【図 2 6】図 2 6 は、パルスレーザー装置の具体的構成を示す。

【実施形態】

【0013】

< 内容 >

1. 概要

2. 比較例に係るレーザードーピング装置

2.1 レーザドーピング装置の構成

2.2 レーザドーピング装置の動作

2.3 課題

10

3. 第 1 実施形態のレーザードーピング装置

態)

3.1 構成

3.2 動作

3.3 作用

3.4 ドーピングに適したフルエンスの範囲

3.5 ドーピングに適したパルス数の範囲

3.6 半導体装置の製造方法の第 1 例

3.7 半導体装置の製造方法の第 2 例

3.8 その他

20

4. 第 2 実施形態のレーザードーピング装置

4.1 構成

4.2 動作

4.3 作用

4.4 その他

5. 第 3 実施形態のレーザードーピング装置

5.1 構成

5.2 動作

5.3 作用

30

6. 第 4 の実施形態のレーザードーピング装置)

6.1 構成

6.2 動作

6.3 作用

7. パルスレーザー装置の詳細

【0014】

以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

40

【0015】

1. 概要

本開示は、ドーパントを含む溶液中で紫外領域のパルスレーザー光を半導体材料に照射することによって、半導体材料へのドーピングを行うレーザードーピング装置又は半導体装置の製造方法に関する。

【0016】

2. 比較例に係るレーザードーピング装置

2.1 レーザドーピング装置の構成

図 1 は、比較例に係るレーザードーピング装置の構成を概略的に示す。レーザードーピング

50

装置は、レーザシステム 3 と、ドーピング装置 4 とを備えている。

【 0 0 1 7 】

レーザシステム 3 は、パルスレーザ装置 2 と、光学パルスストレッチャー 1 6 と、アッテネータ 1 8 とを含んでいる。パルスレーザ装置 2 は、紫外領域のパルスレーザ光を出力するエキシマパルスレーザ装置である。パルスレーザ光の波長は、ドーピング装置 4 において用いられるドーパントを含む溶液を高い透過率で透過する波長であって、被照射物となる半導体材料の損傷が少ない波長であることが望ましい。具体的には、パルスレーザ光の中心波長は、約 1 9 3 n m から約 3 5 5 n m の範囲内である。

【 0 0 1 8 】

この波長範囲のパルスレーザ光を出力するパルスレーザ装置 2 としては、例えば、A r F、K r F、X e C l 又は X e F をレーザ媒質とするパルスレーザ装置である。A r F エキシマパルスレーザ装置の場合、パルスレーザ光の中心波長は約 1 9 3 . 4 n m である。K r F エキシマパルスレーザ装置の場合、パルスレーザ光の中心波長は約 2 4 8 . 4 n m である。X e C l エキシマパルスレーザ装置の場合、パルスレーザ光の中心波長は約 3 0 8 n m である。X e F エキシマパルスレーザ装置の場合、パルスレーザ光の中心波長は約 3 5 1 n m である。

【 0 0 1 9 】

また、エキシマパルスレーザ装置に代えて、固体パルスレーザ装置を使用してもよい。固体パルスレーザ装置は、約 1 μ m ( 1 0 6 4 n m ) の中心波長のパルスレーザ光を出力する固体パルスレーザ装置と、パルスレーザ光に対して非線形結晶を用いた波長変換を行う波長変換装置との組み合わせである。波長変換装置は、約 1 μ m の中心波長のパルスレーザ光を、中心波長が 3 5 5 n m の第 3 高調波や 2 2 6 n m の第 4 高調波に変換する。約 1 μ m のパルスレーザ装置としては、Y A G レーザ装置や Y b ファイバレーザ装置がある。

【 0 0 2 0 】

光学パルスストレッチャー 1 6 は、パルスレーザ装置 2 から出力されるパルスレーザ光の光路に配置されている。光学パルスストレッチャー 1 6 は、パルスレーザ装置 2 から出力されるパルスレーザ光のパルス時間幅を伸ばすパルスストレッチを行って、パルス時間幅の長いパルスレーザ光を生成する。パルスレーザ装置 2 が出力し、パルスストレッチされる前のパルスレーザ光のパルス時間幅は、例えば 5 0 n s e c である。光学パルスストレッチャー 1 6 は、パルス時間幅を、例えば約 8 0 n s e c にパルスストレッチする。光学パルスストレッチャー 1 6 は、例えば、ビームスプリッタ 1 6 y と、凹面ミラー 1 6 a ~ 1 6 d とを含んでいる。ここで、パルス時間幅は以下の式で算出された値である。

$$\text{パルス時間幅 } T_{\text{PIS}} = [ \int I(t) dt ]^2 / \int I(t)^2 dt$$

上記式において、t は時間であり、I ( t ) は時間 t における光強度の値である。

【 0 0 2 1 】

ビームスプリッタ 1 6 y は、パルスレーザ光を高い透過率で透過させる基板を含んでいる。この基板の第 1 の面 1 6 1 には減反射膜がコートされ、この基板の第 2 の面 1 6 2 には、部分反射膜がコートされていてもよい。ビームスプリッタ 1 6 y は、図示しないホルダに支持される。凹面ミラー 1 6 a ~ 1 6 d は、遅延光学系を構成する。凹面ミラー 1 6 a ~ 1 6 d の各々は、互いに略等しい焦点距離 F を有する凹面ミラーである。焦点距離 F は、例えば、ビームスプリッタ 1 6 y から凹面ミラー 1 6 a までの距離に相当する。

【 0 0 2 2 】

図中の左側からビームスプリッタ 1 6 y に入射するパルスレーザ光は、第 1 の面 1 6 1 を高い透過率で透過し、第 2 の面 1 6 2 の部分反射膜に入射する。第 2 の面 1 6 2 に入射したパルスレーザ光は、第 1 の光路と第 2 の光路に分岐される。すなわち、図中の左側からビームスプリッタ 1 6 y に入射したパルスレーザ光の一部は透過し、第 1 の光路に進んで、第 1 の出力パルスとなる。第 1 の出力パルスは、凹面ミラー 1 6 a ~ 1 6 d を経由せずに、アッテネータ 1 8 に入射する。一方、図中の左側からビームスプリッタ 1 6 y に入射したパルスレーザ光の他の一部は反射され、第 2 の光路に進んで、凹面ミラー 1 6 a に

10

20

30

40

50

よって反射される。

【0023】

凹面ミラー16aによって反射されたパルスレーザー光は、凹面ミラー16d、16c、16bの順で反射されて、ビームスプリッタ16yに図中の上側から入射する。図中の上側からビームスプリッタ16yに入射したパルスレーザー光の一部は反射され、上記第1の光路に進んで第2の出力パルスとなる。図中の上側からビームスプリッタ16yに入射したパルスレーザー光の他の一部はビームスプリッタ16yを透過して再び上記第2の光路に進む。

【0024】

図中の左側からビームスプリッタ16yに入射して透過した第1の出力パルスと、図中の上側からビームスプリッタ16yに入射して反射した第2の出力パルスとが略同一の光路軸で、光学パルスストレッチャー16から図中の右側に向けて出力される。凹面ミラー16a~16dを経由した遅延光路の光路長は、凹面ミラー16a~16dの各々の焦点距離Fの4倍に相当し得る。この場合、第1の出力パルスに対する第2の出力パルスの遅延時間は、光速をcとしたとき、 $4F/c$ となる。また、ビームスプリッタ16yの第2の面162におけるパルスレーザー光のビーム断面の像が、遅延光路を通過して再び第2の面162に入射するときに、第2の面に正転して結像する。

10

【0025】

図中の上側からビームスプリッタ16yに入射して透過したパルスレーザー光は、再び凹面ミラー16aによって反射され、上述と同じ遅延光路を通過して、再びビームスプリッタ16yに図中の上側から入射する。再びビームスプリッタ16yに図中の上側から入射したパルスレーザー光の一部は反射されて、光学パルスストレッチャー16から図中の右側に向けて出力される。これを繰り返すことにより、第1及び第2の出力パルス及びと略同一の光路軸で、図示しない第3及び第4の出力パルスが出力されて、各出力パルスが合波されることで、パルスレーザー光がパルスストレッチされる。

20

【0026】

なお、図1においては、4枚の凹面ミラーを用いる例を示したが、本開示はこの例に限定されることなく、さらに多い数の凹面ミラーが同様に配置されてもよい。

【0027】

アッテネータ18は、パルスレーザー装置2から出力されるパルスレーザー光の光路に配置されており、例えば、2枚の部分反射ミラー18a及び18bと、これらの部分反射ミラーの回転ステージ18c及び18dとを含んでいる。2枚の部分反射ミラー18a及び18bは、パルスレーザー光の入射角度によって、透過率が変化する光学素子である。

30

【0028】

ドーピング装置4は、スリット22と、高反射ミラー24と、転写光学系26と、テーブル27と、XYZステージ28と、を含んでいる。スリット22は、アッテネータ18を通過したパルスレーザー光の光路に配置されている。スリット22は、例えば、互いに略直交する2軸を有するスリットである。スリット22は、パルスレーザー光のビーム断面のうちの光強度分布が均一な領域が通過するように配置されている。

40

【0029】

高反射ミラー24は、パルスレーザー装置2から出力された紫外領域のパルスレーザー光を高い反射率で反射する。高反射ミラー24は、スリット22を通過したパルスレーザー光を反射して転写光学系26に入射させるように配置されている。

【0030】

転写光学系26は、パルスレーザー光を照射する被照射物31上に、パルスレーザー光の均一な光強度の像を転写する。転写光学系26は、請求項に記載の光学系に相当する。転写光学系26は、1つ又は複数の凸レンズを含む光学系であってもよいし、1つ又は複数の凸レンズと1つ又は複数の凹レンズとを含む光学系であってもよい。また、転写光学系26は、紫外領域の光の波長に対して、色収差補正をしたレンズであってもよい。たとえば、転写光学系26は合成石英とフッ化カルシウムで構成された複数のレンズを含ん

50



でいてもよい。

#### 【0031】

テーブル27は、被照射物31を支持する。被照射物31は、パルスレーザー光が照射されてドーピングが行われる対象であり、例えば、TFT基板を製造するための中間生産物である。XYZステージ28は、テーブル27を支持している。XYZステージ28は、テーブル27の位置を調整することにより、被照射物31の位置を調整可能である。XYZステージ28は、被照射物31の表面上のドーピングを行うドーピング領域に対して、転写光学系26を透過したパルスレーザー光が照射されるように被照射物31の位置を調整する。

#### 【0032】

図2に示すように、被照射物31は、例えば、ガラス基板31aと、ガラス基板31a上に形成された下地絶縁膜31b及び31cと、下地絶縁膜31b及び31c上に形成された多結晶シリコン膜31dとを含んでいる。下地絶縁膜31b及び31cは、例えば、シリコン窒化膜(SiN)とシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>)である。多結晶シリコン膜31dは、多結晶シリコン(poly-Si)の薄膜であり、ドーピングが行われる対象である。ドーピングが行われる場合には、多結晶シリコン膜31dの上にドーパントを含む溶液32が供給される。以下、ドーパントを含む溶液32を、単に溶液32という。溶液32は、例えば、ドーパントとしてアルミニウムを含む塩化アルミニウム水溶液、ドーパントとしてホウ酸を含むホウ酸溶液、ドーパントとして窒素を含むアンモニア水溶液、ドーパントとしてリンを含むリン酸水溶液である。

#### 【0033】

##### 2.2 レーザドーピング装置の動作

パルスレーザー装置2から出力されたパルスレーザー光は、光学パルスストレッチャー16に入力される。光学パルスストレッチャー16は、パルスレーザー光をパルスストレッチして、パルスストレッチしたパルスレーザー光を出力する。アッテネータ18に含まれる2枚の部分反射ミラー18a及び18bは、パルスレーザー光の入射角度が互いに略等しくなるように、且つパルスレーザー光の透過率が所望の透過率となるように、回転ステージ18c及び18dによって姿勢が制御される。これにより、光学パルスストレッチャー16から出力されたパルスレーザー光は、所望のパルスエネルギーに減光されてアッテネータ18を通過する。

#### 【0034】

アッテネータ18を通過したパルスレーザー光は、直交する2軸のスリット22を通過し、高反射ミラー24を経由して、転写光学系26に入射する。転写光学系26は、紫外領域の光によるスリット22の転写像を、被照射物31の表面に結像する。すなわち、パルスレーザー光が溶液32を透過し、多結晶シリコン膜31dの表面に照射される。転写光学系26は、ドーピング領域31eを含む領域にパルスレーザー光を導光する光学系である。パルスレーザー光を照射してドーピングを行うドーピング領域31eにおいて、多結晶シリコン膜31dが溶融されて、溶液32中のドーパントが、多結晶シリコン膜31dに注入される。多結晶シリコン膜31dが溶融されることにより、注入されたドーパントが多結晶シリコン膜31d内で拡散する活性化処理が同時に行われる。このように、パルスレーザー光の照射により、低温プロセスでドーピングが可能となる。

#### 【0035】

##### 2.3 課題

図2Aに示すように、溶液32を介して多結晶シリコン膜31dにパルスレーザー光を照射する場合、パルスレーザー光の1パルス目は、溶液32を透過してドーピング領域31eに到達する。しかしながら、図2Bに示すように、1パルス目の照射により、溶液32中において、ドーピング領域31eの表面に気泡32aが発生する。気泡32aは、パルスレーザー光の2パルス目以後の照射においては、照射光路において障害となる。

#### 【0036】

そのため、1パルス目は、気泡32aという障害がないため、ドーピング領域31e内

10

20

30

40

50

において均一な光強度で照射される。対して、2パルス目以後は、気泡32aが障害となるため、ドーピング領域31e内において光強度が不均一となる。

【0037】

そこで、気泡32aが無い場合、ドーピング領域31e内において均一な光強度の照射が可能な1パルスだけの照射が行われることがあった。しかし、1つのドーピング領域31eに対して1パルスだけの照射を行う方法では、複数のドーピング領域31eのそれぞれに対して照射されるパルス間でパルスエネルギーのばらつきが生じた場合、各ドーピング領域31e間においてドーパント濃度や深さが不安定となることがあった。複数のドーピング領域31e間でドーパント濃度や深さを安定させるためには、1つのドーピング領域31eに対して、複数パルスの照射が行われることが好ましい。

10

【0038】

以下に説明される実施形態においては、この課題を解決するために、溶液供給システム46と、第1制御部47aと、第2制御部47bとを備えている。溶液供給システム46は、被照射物31のドーピング領域31eに対して溶液32を供給する。第1制御部47aは、同一のドーピング領域31eに対して照射されるパルス数と、パルスのフルエンスとを制御する。第2制御部47bは、パルスレーザー光のパルスが照射される毎に溶液32内に発生する気泡を、ドーピング領域31eから移動させるように溶液32の流速を制御する。

【0039】

3. 第1実施形態のレーザードーピング装置

20

3.1 構成

図3は、第1実施形態に係るレーザードーピング装置の構成を概略的に示す。レーザーシステム3Aは、図1を参照しながら説明したレーザーシステム3の構成に加えて、パルスレーザーシステム制御部19を備えている。また、第1の実施形態に係るレーザードーピング装置において、ドーピング装置4Aは、図1を参照しながら説明したドーピング装置4の構成に加えて、溶液供給システム46と、ドーピング制御部47とを備えている。ドーピング装置4Aは、さらに、溶融状態計測部48を備えていてもよい。

【0040】

溶液供給システム46は、例えば、溶液供給ポンプ46aと、溶液供給配管46bと、プレート46cと、ウィンドウ46dと、溶液排出配管46eとを含んでいる。溶液供給システム46を用いる場合は、溶液供給システム46が供給する溶液32を溜める容器49が用いられる。被照射物31は、容器49内に溜められる溶液32に浸るように、容器49の底に収容される。被照射物31は、パルスレーザー光が照射される表面が、容器49内の溶液32の液面と略平行に、かつ、溶液32の液面より下方に位置するように配置される。

30

【0041】

溶液供給ポンプ46aの出力は、プレート46cに固定された溶液供給配管46bに接続される。溶液供給配管46bは、被照射物31のパルスレーザー光が照射されるドーピング領域31eの表面に沿って溶液が流れるように、液面に対して傾斜した状態でプレート46cに固定されている。溶液供給配管46bは、溶液供給配管46bの出口が被照射物31のドーピング領域31eに向けられる。

40

【0042】

プレート46cには、さらに、容器49から溶液32の一部を排出する溶液排出配管46eが固定されている。溶液排出配管46eを介して排出された溶液32は、必要に応じて精製された後、図示しないタンクに貯蔵される。このタンクは、溶液供給ポンプ46aの入力に接続されてもよい。

【0043】

ウィンドウ46dは、プレート46cに固定され、転写光学系26を透過したパルスレーザー光の光路に配置される。ウィンドウ46dの材料は、例えば、エキシマレーザー光を透過する合成石英である。ウィンドウ46dの下面は溶液32に接してもよい。ウィンドウ

50

46dの上面には、溶液32が流れ込まないようにしている。そのため、ウインドウ46dは、溶液32の液面よりも上に位置している。あるいは、ウインドウ46dの周囲をプレート46cが囲って、このプレート46cの上面が溶液32の液面よりも上に位置することにより、ウインドウ46dの上面に溶液32が流れ込まないようにしてもよい。

【0044】

溶融状態計測部48は、被照射物31のドーピング領域31eの溶融状態を計測する。溶融状態計測部48は、半導体レーザ装置48aと、ハーフミラー48bと、光センサ48cと、を含んでいる。半導体レーザ装置48aは、波長が660nmの赤色レーザ光を出力する。ハーフミラー48bは、赤色レーザ光を約50%透過させ、約50%反射させるハーフミラーである。ハーフミラー48bは、反射した赤色レーザ光を高反射ミラー24に向けて反射する位置に配置されている。

10

【0045】

ハーフミラー48bで反射した赤色レーザ光は、パルスレーザ光の光路に進入する。パルスレーザ光の光路に配置される、高反射ミラー24、転写光学系26及びウインドウ46dは、赤色レーザ光を透過させる光学特性を有している。高反射ミラー24は、パルスレーザ光を反射して、赤色レーザ光を透過するダイクロイックミラーである。ハーフミラー48bで反射された赤色レーザ光は、高反射ミラー24、転写光学系26及びウインドウ46dを透過して、溶液32内の被照射物31のドーピング領域31eに照射される。

20

【0046】

光センサ48cは、被照射物31で反射して、転写光学系26、高反射ミラー24及びハーフミラー48bを透過した赤色レーザ光を検出する位置に配置される。光センサ48cは、例えば、赤色レーザ光に感度を有するフォトダイオードである。ハーフミラー48bと光センサ48cの間には、波長660nmの赤色レーザ光の透過率が高いバンドパスフィルタが配置されていてもよい。

【0047】

パルスレーザシステム制御部19は、ドーピング制御部47から送信される目標パルスエネルギー $E_t$ と発光トリガ信号とに基づいて、パルスレーザ装置2を制御する。パルスレーザシステム制御部19は、パルスレーザ装置2に対して、パルスレーザ装置2が出力するパルスレーザ光の目標パルスエネルギー $E_L1$ を送信する。次に、パルスレーザシステム制御部19は、アッテネータ18に対して、アッテネータ18を通過したパルスレーザ光の目標パルスエネルギー $E_t$ が以下の式で得られる値となるように、アッテネータ18の透過率 $T_2$ を制御する信号を送信する。

30

$$E_t = T_1 \times T_2 \times E_L1$$

ここで、 $T_1$ は光学パルスストレッチャー16の透過率である。

【0048】

ドーピング制御部47は、被照射物31のドーピング領域31eが、転写光学系26を透過したパルスレーザ光の照射位置に位置するように、容器49を支持するXYZステージ28を調節する。また、ドーピング制御部47は、溶融状態計測部48を制御する。具体的には、ドーピング制御部47は、溶融状態を計測する場合は、半導体レーザ装置48aに対して赤色レーザ光の点灯を開始する駆動信号を送信し、光センサ48cが出力する赤色レーザ光の反射光強度を受信する。

40

【0049】

図4に示すように、ドーピング制御部47は、第1制御部47aと、第2制御部47bとを備えている。第1制御部47aは、被照射物31のドーピング領域31eにおけるパルスレーザ光のフルエンスが所定の値となるように、アッテネータ18を通過したパルスレーザ光の目標パルスエネルギー $E_t$ のデータをパルスレーザシステム制御部19に送信する。ここで、フルエンスは、パルスレーザ光に含まれる1パルス当たりのエネルギー照射密度である。

【0050】

50

また、第1制御部47aは、パルスレーザシステム制御部19に対して、パルス数に応じた発光トリガ信号を送信する。第1制御部47aは、パルスレーザシステム制御部19は、第1制御部47aから発光トリガ信号を受信すると、パルスレーザ装置2に入力する。パルスレーザ装置2は、発光トリガ信号を受信すると、目標パルスエネルギーE<sub>L1</sub>付近のパルスエネルギーを有するパルスレーザ光を出力する。

#### 【0051】

パルス数は、同一のドーピング領域31eに照射されるパルス数である。1つのパルスに対して1つの発光トリガ信号が対応している場合には、パルス数は、第1制御部47aが送信する発光トリガ信号の数で規定される。また、第1制御部47aが送信する発光トリガ信号の数と複数の発光トリガ信号の送信間隔とによって繰り返し周波数が規定される。繰り返し周波数は、例えば、1kHzから6kHzである。

10

#### 【0052】

第2制御部47bは、溶液32が所定の流速となるように、溶液供給ポンプ46aの出力を調節する駆動制御信号を送信する。溶液供給配管46bの出口は、被照射物31の表面のドーピング領域31eに向けられているため、図4において溶液32内の矢印で示すように、溶液32が流れる方向は、被照射物31の表面と略平行となる。

#### 【0053】

第2制御部47bは、溶液32の流速Vが以下の範囲となるように制御することが好ましい。

$$W \times PF \leq V \leq 20 \text{ [m/s]}$$

20

ここで、W[m]は、ドーピング領域31eに照射されるパルスレーザ光のビーム幅であって、溶液32が流れる方向のビーム幅である。PF[パルス数/s]は、パルスレーザ光における単位時間[s]当たりのパルス数である繰り返し周波数である。

#### 【0054】

すなわち、流速VがW×PF以上であれば、1つのパルスの照射によりドーピング領域31eにおいて気泡32aが発生しても、次のパルスが照射されるまでの間に気泡32aをドーピング領域31eから移動させることができる。例えば、パルスレーザ光のビーム幅W=0.001m、繰り返し周波数PF=1kHzの場合には、流速Vの下限値V<sub>min</sub>=1m/sとなる。一方、流速Vが20m/sを超えると、溶液32中にキャビテーションの発生が多くなるため、流速Vは20m/s以下であることが好ましい。そのため、流速Vの上限値V<sub>max</sub>は20m/sであることが好ましい。

30

#### 【0055】

##### 3.2 動作

ドーピングに際して、被照射物31は、溶液32が貯留された容器49に收容される。ドーピング制御部47は、被照射物31のドーピング領域31eとパルスレーザ光の照射位置が一致するようにXYZステージ28を調節する。第2制御部47bは、パルスレーザ光のビーム幅Wや繰り返し周波数PFに応じて、溶液32が、上述の好ましい範囲として示した流速Vとなるように、溶液供給ポンプ46aに対して駆動制御信号を送信する。溶液供給ポンプ46aは駆動制御信号に基づいて駆動を開始して、タンクから容器49内に溶液32の供給を開始する。これにより、容器49内の被照射物31の表面のドーピング領域31eにおいて溶液32の流れが生じる。

40

#### 【0056】

この状態で、第1制御部47aは、パルスレーザシステム制御部19に対して、目標パルスエネルギーE<sub>t</sub>と発光トリガ信号とを送信する。パルスレーザシステム制御部19は、受信した目標パルスエネルギーE<sub>t</sub>と発光トリガ信号に基づいて、パルスレーザ装置2を制御して、パルスレーザ装置2からパルスレーザ光を出力させる。パルスレーザ装置2が出力するパルスレーザ光は、光学パルスストレッチャー16によってパルスストレッチされて、さらに、アッテネータ18によって減光されて、スリット22に入射する。

#### 【0057】

スリット22を透過したパルスレーザ光は、高反射ミラー24、転写光学系26、ウイ

50

ンドウ 4 6 d 及び溶液 3 2 を透過して、被照射物 3 1 のドーピング領域 3 1 e に照射される。目標パルスエネルギー  $E_t$  は、ドーピング領域 3 1 e における、パルスレーザー光の 1 パルス当たりのフルーエンスを規定し、発光トリガ信号は、同一のドーピング領域 3 1 e に照射されるパルスレーザー光のパルス数を規定する。そのため、所定のフルーエンス及びパルス数のパルスレーザー光がドーピング領域 3 1 e に照射される。

#### 【 0 0 5 8 】

図 5 A に示すように、パルスレーザー光の 1 パルス目がドーピング領域 3 1 e に照射されると、溶液 3 2 内には気泡 3 2 a が発生するが、溶液 3 2 は流速  $V$  で流れているため、ドーピング領域 3 1 e から気泡 3 2 a が移動する。この移動によって、気泡 3 2 a は、次のパルスが照射されるまでの間にドーピング領域 3 1 e から除去される。そのため、図 5 B に示すように、パルスレーザー光の 2 パルス目以後のパルスの照射光路において、気泡 3 2 a は障害とならない。

10

#### 【 0 0 5 9 】

パルスレーザー光の照射により、ドーピング領域 3 1 e の多結晶シリコン膜 3 1 d が熔融されて、溶液 3 2 中のドーパントが多結晶シリコン膜 3 1 d 内に注入される。同時に、注入されたドーパントが活性化して、多結晶シリコン膜 3 1 d 内で拡散する。

#### 【 0 0 6 0 】

1 つのドーピング領域 3 1 e に対して、発光トリガ信号で規定したパルス数を含むパルスレーザー光が照射されると、ドーピング制御部 4 7 は、次のドーピング領域 3 1 e がパルスレーザー光の照射位置と一致するように  $X Y Z$  ステージ 2 8 を調節する。そして、次のドーピング領域 3 1 e に対して、上述した内容のドーピングが行われる。

20

#### 【 0 0 6 1 】

また、ドーピングを行っている間に、熔融状態計測部 4 8 を用いて、ドーピング領域 3 1 e の熔融状態を計測してもよい。半導体レーザー装置 4 8 a から出力される赤色レーザー光は、ハーフミラー 4 8 b で反射して、パルスレーザー光の光路に進入して、溶液 3 2 内の被照射物 3 1 のドーピング領域 3 1 e に照射される。ドーピング領域 3 1 e で反射した赤色レーザー光は、ハーフミラー 4 8 b を透過して光センサ 4 8 c に入射する。

#### 【 0 0 6 2 】

パルスレーザー光がドーピング領域 3 1 e に照射されて多結晶シリコン膜 3 1 d が完全熔融状態になると、ドーピング領域 3 1 e における赤色レーザー光に対する反射率は、パルスレーザー光の照射前よりも増加する。赤色レーザー光の反射光量が増加すると、光センサ 4 8 c が検出する反射光強度が増加する。ドーピング制御部 4 7 は、光センサ 4 8 c が出力する反射光強度が、パルスレーザー光の照射前よりも増加した場合に、ドーピング領域 3 1 e の多結晶シリコン膜 3 1 d が完全熔融状態となったと判定する。完全熔融状態になると、ドーピング領域 3 1 e においてドーパントの注入と拡散が同時に行われる。ドーピング制御部 4 7 は、熔融状態計測部 4 8 によって熔融状態を計測することにより、ドーパントの注入と拡散が同時に行われていることを確認できる。

30

#### 【 0 0 6 3 】

##### 3 . 3 作用

以上のように、第 1 実施形態のレーザードーピング装置では、溶液供給システム 4 6 、第 1 制御部 4 7 a 及び第 2 制御部 4 7 b を備えることにより、複数のドーピング領域 3 1 e 間において、ドーパント濃度や深さが安定する。すなわち、溶液 3 2 の流れによって、パルス毎に生じる気泡 3 2 a がドーピング領域 3 1 e から移動する。そのため、パルスレーザー光の 2 パルス目以後においても、ドーピング領域 3 1 e 内において均一な光強度の照射が可能となる。しかも、1 つのドーピング領域 3 1 e に対して複数のパルスを連続して照射するため、個々のパルスのパルスエネルギーにばらつきが生じても、各ドーピング領域 3 1 e に対して与えられるパルスエネルギーの平均値の変動は抑制される。このため、複数のドーピング領域 3 1 e 間におけるドーパント濃度や深さが安定する。

40

#### 【 0 0 6 4 】

##### 3 . 4 ドーピングに適したフルーエンスの範囲

50

図6は、ドーピング領域31eに対してパルスレーザー光を1パルス照射した場合において、溶融状態計測部48の光センサ48cで検出された赤色レーザー光の反射光強度の経時変化を表すグラフである。反射光強度の計測は、ドーピング領域31eにおけるパルスレーザー光の1パルスのフルーエンスを、 $230\text{ mJ/cm}^2$ 、 $330\text{ mJ/cm}^2$ 、 $380\text{ mJ/cm}^2$ 、 $430\text{ mJ/cm}^2$ の4つに変化させて行っている。パルスレーザー光のパルス時間幅は約 $80\text{ nsec}$ である。

【0065】

図6のグラフにおいて、領域R0は、パルスレーザー光の照射前の期間であり、領域R1は、パルスレーザー光を1パルス照射した直後の期間であり、照射開始時刻を $0\text{ nsec}$ とすると、 $0\text{ nsec}$ から約 $30\text{ nsec}$ までの期間である。領域R2は、約 $30\text{ nsec}$ から約 $120\text{ nsec}$ の期間であり、領域R3は、約 $120\text{ nsec}$ 以後の期間である。

10

【0066】

一般的に、パルスレーザー光の照射開始直後の領域R1においては、多結晶シリコン膜31dが部分溶融状態になる。部分溶融状態となると赤色レーザー光が散乱して、照射前の領域R0と比較して反射光強度が低下する。その後、部分溶融状態から完全溶融状態に移行すると、反射光強度が増加する。1パルスの照射が終了した領域R3の状態では、溶液32中に気泡32aが発生して、反射光強度が低下する。

【0067】

図6のグラフから分かるように、フルーエンスが $230\text{ mJ/cm}^2$ のパルスレーザー光では、照射後の領域R2において、照射前の領域R0と比較して反射光強度が増加していない。これは、ドーピング領域31eの多結晶シリコン膜31dが完全溶融状態になっていないことを示している。対して、フルーエンスが $330\text{ mJ/cm}^2$ 、 $380\text{ mJ/cm}^2$ 、 $430\text{ mJ/cm}^2$ のパルスレーザー光では、照射後の領域R2において、照射前の領域R0と比較して反射光強度が増加している。これは、多結晶シリコン膜31dが完全溶融状態になっていることを示している。そのため、多結晶シリコン膜31dを完全溶融状態にするためには、フルーエンスの下限値は $330\text{ mJ/cm}^2$ 以上であることが好ましい。

20

【0068】

図7は、フルーエンスを変化させてドーピングを行った場合の多結晶シリコン膜31dの電気的な特性である抵抗値の変化を示すグラフである。各フルーエンスにおいて、同一のドーピング領域31eに対して照射したパルス数は20パルスである。図7に示すように、フルーエンスが $330\text{ mJ/cm}^2$ 付近になると、抵抗値は下がり始める。これは多結晶シリコン膜31dが完全溶融状態となり、ドーピングの注入と拡散が進行したことを示している。フルーエンスが $380\text{ mJ/cm}^2$ において最も抵抗値が減少するが、 $400\text{ mJ/cm}^2$ 付近から抵抗値は増加に転じる。これは、フルーエンスが大きすぎると、パルスレーザー光の照射により、多結晶シリコン膜31dに対して欠陥などのダメージが発生するためと考えられる。

30

【0069】

さらにフルーエンスを増加させると抵抗値が増加して、 $430\text{ mJ/cm}^2$ の抵抗値は、フルーエンスの下限値である $330\text{ mJ/cm}^2$ の抵抗値とほぼ同じになる。そのため、ダメージによる抵抗値の増加を考慮すると、フルーエンスの上限値は $430\text{ mJ/cm}^2$ であることが好ましい。

40

【0070】

また、図8は、各フルーエンスのパルスレーザー光でドーピングを行った場合における、多結晶シリコン膜31d内のドーパントの濃度と、ドーピングの深さの関係を表すグラフである。図8において、各フルーエンスのパルス数は、すべて20パルスである。図9は、ドーピングの深さが $30\text{ nm}$ における、フルーエンスとドーパントの濃度の関係を表すグラフである。図8及び図9は、ドーパントとしてリンを使用した場合のグラフであり、ドーパントの濃度はリン濃度である。リン濃度は、二次イオン質量分析法(SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry)で測定された。

50

## 【 0 0 7 1 】

図 7 に示したとおり、フルーエンスが  $380 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  において抵抗値が最も減少する。そして、図 8 及び図 9 に示すように、フルーエンスが  $380 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  においては、 $230 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  や  $330 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の場合と比較すると、リン濃度が増加しており、リン濃度の増加により抵抗値が減少していることがわかる。

## 【 0 0 7 2 】

一方、フルーエンスが  $330 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の場合と  $230 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の場合を比較すると、フルーエンスが  $330 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の場合は、図 8 及び図 9 においてリン濃度は増加していないが、図 7 に示したとおり抵抗値が減少している。このことから、フルーエンスが  $330 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  以上から、ドーピングの注入と拡散が同時に起こっていると考えられる。

10

## 【 0 0 7 3 】

以上より、フルーエンスを  $F_L$  とすると、フルーエンス  $F_L$  の範囲としては、 $330 \text{ mJ} / \text{cm}^2 < F_L < 430 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  であることが好ましい。

## 【 0 0 7 4 】

## 3.5 ドーピングに適したパルス数の範囲

図 10 は、図 7 に示したパルス数が 20 のグラフに加えて、パルス数が 5 のグラフと 10 のグラフを追加したものである。また、図 11 は、図 9 及び図 10 のグラフから、ドーパント濃度とパルス数の関係を導出したグラフである。図 11 において、図 9 と同様にドーパントの濃度はリン濃度である。

20

## 【 0 0 7 5 】

図 10 に示すように、フルーエンスが  $330 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  付近から  $400 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  付近までの間では、パルス数を増加させると、抵抗値が下がる。また、パルス数が 10 パルスの場合と 20 パルスの場合を比較すると、図 11 に示すとおり、フルーエンスが  $430 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  では、20 パルスの方がリン濃度は増加する。しかし、図 11 に示すとおり、抵抗値については、パルス数が 10 パルスよりも 20 パルスの方が増加している。これは、パルス数を増加させることで、多結晶シリコン膜 31d に対してダメージが発生しているためと考えられる。

## 【 0 0 7 6 】

以上より、パルス数を  $N$  とすると、パルス数  $N$  の範囲は、 $2 < N < 20$  であることが好ましい。

30

## 【 0 0 7 7 】

## 3.6 半導体装置の製造方法の第 1 例

図 12 は、半導体装置として TFT 基板を製造する半導体装置の製造方法の第 1 例である。図 12 の TFT 基板に形成される TFT は、ゲート電極がソース電極及びドレイン電極よりも上層に位置するトップゲート型である。図 12 に示す半導体の製造方法において、図 12 G に示すドーピング工程は、第 1 実施形態のレーザドーピング装置によって実行される。

## 【 0 0 7 8 】

図 12 A に示す工程において、ガラス基板 31a 上に下地絶縁膜 31b 及び 31c が形成される。図 12 B に示す工程において、下地絶縁膜 31b 及び 31c 上に、約  $100 \text{ nm}$  以下の厚みのアモルファスシリコン膜 31g が形成される。

40

## 【 0 0 7 9 】

図 12 C に示す工程において、レーザアニール装置によって、アモルファスシリコン膜 31g に対して、紫外領域のアニール用のパルスレーザ光が照射されて、アニール処理が実行される。アニール処理により、アモルファスシリコン膜 31g が結晶化して、図 12 D に示す工程において、多結晶シリコン膜 31d が生成される。ここで、アニール用のパルスレーザ光は、例えば ArF、KrF、XeCl、XeF のエキシマパルスレーザ光であり、中心波長は約  $193 \text{ nm}$  から約  $351 \text{ nm}$  である。

## 【 0 0 8 0 】

50

図12Dに示す工程において、多結晶シリコン膜31dは、TFTのチャンネル、ソース電極及びドレイン電極の形状及びサイズにエッチングされる。エッチングは、例えば、多結晶シリコン膜31dをリソグラフィプロセスでパターニングした後、ドライエッチングにより行われる。図12Eに示す工程において、多結晶シリコン膜31dを含む領域に、ゲート絶縁膜31h及びゲート電極膜31jが形成される。ゲート絶縁膜31hは、例えば、 $SiO_2$ である。ゲート電極膜31jは、例えば、チタン(Ti)、アルミニウム(Al)、モリブデン(Mo)、金(Au)のいずれか、もしくは、これらのうちの少なくとも一つを含む多層膜である。ここで、図12Eに示す工程は、半導体である多結晶シリコン膜31d上に、一層以上の膜であるゲート絶縁膜31h及びゲート電極膜31jを形成しているので、半導体装置の製造方法に係る請求項における第1工程に相当する。

10

**【0081】**

図12Fに示す工程において、ゲート絶縁膜31h及びゲート電極膜31jがエッチングにより一部除去されて、多結晶シリコン膜31dのドーピング領域31eが露出される。ドーピング領域31eは、TFTにおいて、ソース電極及びドレイン電極として機能する。ここで、図12Fに示す工程は、ゲート絶縁膜31h及びゲート電極膜31jからなる膜が形成された領域のうち、ドーピング領域31eに形成された膜を部分的に除去しているので、半導体装置の製造方法に係る請求項における第2工程に相当する。

**【0082】**

図12Fの工程が終了したガラス基板31aは、図4に示したように、被照射物31として、レーザドーピング装置の容器49にセットされる。図12Gに示す工程において、レーザドーピング装置は、容器49内において、ドーピング領域31eを含む所定領域に溶液32を流す。ここで、溶液32を流す工程は、ドーピング領域31eを含む半導体である多結晶シリコン膜31dに対して、ドーパントを含む溶液32を流しているので、半導体装置の製造方法に係る請求項における第3工程に相当する。

20

**【0083】**

さらに、図12Gに示す工程において、レーザドーピング装置は、溶液32を流す工程を実行中に、ドーピング領域31eを含む所定領域に、複数個のパルスを含むパルスレーザ光を照射する。これにより、ドーピング領域31eに対してドーピングが行われる。ここで、図12Gに示す工程は、半導体装置の製造方法に係る請求項における第4工程に相当する。

30

**【0084】**

図12Gに示す工程において、パルスレーザ光は、ドーピング領域31eを含み、ドーピング領域31eよりも大きな領域に照射される。しかし、ドーピング領域31e以外の領域は、ゲート絶縁膜31h及びゲート電極膜31jによって覆われているため、溶液32が接触しない。溶液32が接触していない領域に対してはドーピングが行われない。そのため、ドーピング領域31eよりも大きな領域に対してパルスレーザ光を照射しても、ドーピング領域31eに対してのみドーピングを行うことができる。

**【0085】**

ドーピング領域31eは、ソース電極及びドレイン電極として機能するため、ゲート電極膜31jとの位置関係が重要である。図12に示す製造方法では、図12Gに示すように、ゲート電極膜31j自体が、溶液32が接触する領域を画定するマスクとして機能して、ゲート電極膜31jとドーピング領域31eとの位置関係を規定する。つまり、ゲート電極膜31jをマスクとしてドーピング領域31eが自動的に決まるセルフアラインを実現できる。そのため、本例の製造方法によれば、ドーピング領域31eの位置やサイズの精度を向上することができる。

40

**【0086】**

ゲート電極膜31jは、金属膜であるため、パルスレーザ光に対する遮蔽性が高い。ドーピング領域31e以外の多結晶シリコン膜31dに対してパルスレーザ光を遮蔽する効果がある。そのため、ドーピングが不要な領域に対してパルスレーザ光が照射されることによるダメージを防止できる。

50



## 【 0 0 8 7 】

## 3 . 7 半 導 体 装 置 の 製 造 方 法 の 第 2 例

図 1 3 は、半 導 体 装 置 の 製 造 方 法 の 第 2 例 を 示 す。第 1 例 は、半 導 体 装 置 が、ト ッ プ ゲ ー ト 型 の T F T が 形 成 さ れ る T F T 基 板 だ る の に 対 し て、第 2 例 の 半 導 体 装 置 は、ゲ ー ト 電 極 が ソ ー ス 電 極 及 び ド レ イ ン 電 極 よ り も 下 層 に 位 置 す る ボ ト ム ゲ ー ト 型 の T F T が 形 成 さ れ る T F T 基 板 だ る。図 1 3 に 示 す 半 導 体 の 製 造 方 法 に お い て、図 1 3 H に 示 す ド ー ピ ン グ 工 程 は、第 1 実 施 形 態 の レ ー ザ ド ー ピ ン グ 装 置 に よ っ て 実 行 さ れ る。

## 【 0 0 8 8 】

第 2 例 に お い て、第 1 例 と の 違 い は、各 膜 の 形 成 順 序 だ る、膜 の 材 料、ア ニ ー ル 処 理、エ ッ チ ン グ な の 膜 形 成 プ ロ セ ス に つ い て は、第 1 例 と 同 様 だ る。第 2 例 に お い て、第 1 例 と 同 一 の 膜 に つ い て は 同 一 の 符 号 で 示 し、具 体 的 な 材 料 及 び 膜 形 成 プ ロ セ ス の 説 明 は 省 略 す る。

10

## 【 0 0 8 9 】

図 1 3 A に 示 す 工 程 に お い て、ガ ラ ス 基 板 3 1 a 上 に 下 地 絶 縁 膜 3 1 b 及 び 3 1 c が 形 成 さ れ る。下 地 絶 縁 膜 3 1 b 及 び 3 1 c の 上 に ゲ ー ト 電 極 膜 3 1 j が 形 成 さ れ る。図 1 3 B に 示 す 工 程 に お い て、ゲ ー ト 電 極 膜 3 1 j が ゲ ー ト 電 極 の 形 状 及 び サ イ ズ に エ ッ チ ン グ さ れ る。

## 【 0 0 9 0 】

図 1 3 C に 示 す 工 程 に お い て、ゲ ー ト 絶 縁 膜 3 1 h が 形 成 さ れ、ゲ ー ト 絶 縁 膜 3 1 h 上 に ア モ ル フ ァ ス シ リ コ ン 膜 3 1 g が 形 成 さ れ る。図 1 3 D に 示 す 工 程 に お い て、ア モ ル フ ァ ス シ リ コ ン 膜 3 1 g に 対 し て ア ニ ー ル 処 理 が 施 さ れ て、多 結 晶 シ リ コ ン 膜 3 1 d が 形 成 さ れ る。図 1 3 E に 示 す 工 程 に お い て、多 結 晶 シ リ コ ン 膜 3 1 d は、ソ ー ス 電 極 及 び ド レ イ ン 電 極 を 含 む 所 定 領 域 の 形 状 及 び サ イ ズ に エ ッ チ ン グ さ れ る。

20

## 【 0 0 9 1 】

図 1 3 F に 示 す 工 程 に お い て、多 結 晶 シ リ コ ン 膜 3 1 d 上 に 絶 縁 膜 3 1 k が 形 成 さ れ る。絶 縁 膜 3 1 k は、例 え ば、 $S i O_2$  だ る。こ こ で、図 1 3 F に 示 す 工 程 は、半 導 体 装 置 の 製 造 方 法 に 係 る 請 求 項 に お け る 第 1 工 程 に 相 当 す る。

## 【 0 0 9 2 】

図 1 3 G に 示 す 工 程 に お い て、絶 縁 膜 3 1 k が エ ッ チ ン グ に よ り 一 部 除 去 さ れ て、多 結 晶 シ リ コ ン 膜 3 1 d の ド ー ピ ン グ 領 域 3 1 e が 露 出 さ れ る。ボ ト ム ゲ ー ト 型 に お い て も、ド ー ピ ン グ 領 域 3 1 e は、ソ ー ス 電 極 及 び ド レ イ ン 電 極 と し て 機 能 す る。図 1 3 G に 示 す 工 程 は、半 導 体 装 置 の 製 造 方 法 に 係 る 請 求 項 に お け る 第 2 工 程 に 相 当 す る。

30

## 【 0 0 9 3 】

図 1 3 G の 工 程 が 終 了 し た ガ ラ ス 基 板 3 1 a は、レ ー ザ ド ー ピ ン グ 装 置 の 容 器 4 9 に セ ッ ト さ れ る。図 1 3 H に 示 す 工 程 に お い て、レ ー ザ ド ー ピ ン グ 装 置 は、容 器 4 9 内 に お い て、ド ー ピ ン グ 領 域 3 1 e を 含 む 所 定 領 域 に 溶 液 3 2 を 流 す。

## 【 0 0 9 4 】

さ ら に、図 1 3 H に 示 す 工 程 に お い て、レ ー ザ ド ー ピ ン グ 装 置 は、溶 液 3 2 を 流 す 工 程 を 実 行 中 に、ド ー ピ ン グ 領 域 3 1 e を 含 む 所 定 領 域 に パ ル ス レ ー ザ 光 を 照 射 す る。こ れ に よ り、ド ー ピ ン グ 領 域 3 1 e に 対 し て ド ー ピ ン グ が 行 わ れ る。図 1 3 H に 示 す 工 程 は、半 導 体 装 置 の 製 造 方 法 に 係 る 請 求 項 に お け る 第 4 工 程 に 相 当 す る。

40

## 【 0 0 9 5 】

## 3 . 8 そ の 他

上 記 第 1 実 施 形 態 に お い て、半 導 体 を 形 成 す る 基 板 と し て ガ ラ ス 基 板 3 1 a を 例 に 説 明 し た が、ガ ラ ス 基 板 3 1 a の 代 わ り に 樹 脂 製 の 樹 脂 基 板 を 使 用 し て も よ い。樹 脂 基 板 は、例 え ば、P E T ( ポ リ エ チ レ ン テ レ フ タ レ ー ト )、P E N ( ポ リ エ チ レ ン ナ フ タ レ ー ト )、P I ( ポ リ イ ミ ド ) だ る。

## 【 0 0 9 6 】

ま た、上 記 第 1 実 施 形 態 に お い て、半 導 体 と し て 多 結 晶 シ リ コ ン を 例 に 説 明 し た が、半 導 体 と し て は 酸 化 金 属 半 導 体 で も よ い。酸 化 金 属 半 導 体 は、例 え ば、イ ン ジ ウ ム ( I n )

50

、ガリウム (Ga)、亜鉛 (Zn)、酸素 (O) で構成される半導体や、酸化亜鉛 (ZnO) で構成される半導体である。

【0097】

#### 4. 第2実施形態のレーザドーピング装置

##### 4.1 構成

図14及び図15は、第2実施形態のレーザドーピング装置の構成を示す。第2実施形態のレーザドーピング装置は、第1実施形態のドーピング装置4Aに代えて、ドーピング装置4Bを備えている点で異なる。レーザシステム3Aは、第1実施形態と同様である。

【0098】

ドーピング装置4Bは、パルスレーザ光を、矩形ビームに変換する光学システム51を有する点が、ドーピング装置4Aとの主な相違点である。具体的には、光学システム51は、パルスレーザ光のビームの光軸と直交する断面形状を、矩形状に整形して、整形した矩形ビームを、ドーピング領域31eを含む所定領域に導光する。以下、第1実施形態と同様の構成については説明を省略し、相違点を中心に説明する。光学システム51は、レーザドーピング装置の請求項における光学系に相当する。

【0099】

図14は、ドーピング装置4Bを側面から見た場合の構成図である。図15は、ドーピング装置4Bを正面から見た場合の構成図である。図14の側面方向をX軸方向とすると、図15の正面方向はY軸方向と一致する。

【0100】

光学システム51は、高反射ミラー52a、52b、52cと、ビームホモジナイザ54とを備えている。高反射ミラー52a、52b、52cは、レーザシステム3Aから入力されるパルスレーザ光を反射して、ビームホモジナイザ54に入射するように配置される。

【0101】

ビームホモジナイザ54は、高反射ミラー52cで反射されたパルスレーザ光の光路に配置される。ビームホモジナイザ54は、フライアイレンズ54aと、コンデンサ光学系54bとを備えている。入射するパルスレーザ光のビームの断面形状を、X軸方向に長い長方形に整形し、整形した矩形ビームを出射する。

【0102】

図16に示すように、フライアイレンズ54aは、X軸方向及びY軸方向の二次元平面内に配列された複数の小レンズを有している。フライアイレンズ54aにおいて、紫外領域の光を高い透過率で透過させる基板の第1の面に、凹面で形成される複数のシリンダリカル面541がY方向に配列されている。当該基板の第1の面と反対側の第2の面に、凹面で形成される複数のシリンダリカル面542がX方向に配列されている。シリンダリカル面541の前側焦点面の位置と、シリンダリカル面542の前側焦点面の位置とは略一致する。対向する1対のシリンダリカル面541及び542は、1つの小レンズを構成する。フライアイレンズ54aの材料は、例えば、合成石英やCaF<sub>2</sub>結晶である。

【0103】

フライアイレンズ54aは、フライアイレンズ54aに含まれる複数の小レンズの後側焦点を含む焦点面の位置とコンデンサ光学系54bの前側焦点面の位置とが略一致するように配置される。ドーピング領域31eが形成される被照射物31の表面のZ軸方向の位置は、コンデンサ光学系54bの後側焦点の位置と略一致するように調節される。

【0104】

フライアイレンズ54aの各小レンズは、X軸方向に長い長方形であり、各小レンズのそれぞれが矩形状のビームを出射する。フライアイレンズ54aは、コンデンサ光学系54bに対して、複数の矩形ビームが二次元平面内で複数配列された面光源として機能する。フライアイレンズ54aの各小レンズが出射するビームは、コンデンサ光学系54bの後側焦点面において、重ね合わされて、各小レンズのビームと相似形でサイズが大きな矩形状のビームに変換される。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 0 5 】

ドーピング装置 4 B に入射したパルスレーザー光は、ビームホモジナイザ 5 4 によって矩形ビームに変換される。矩形ビームは、ビームの断面方向において光強度分布が均一化されたケラー照明となる。この矩形ビームは、ドーピング領域 3 1 e に照射される。

## 【 0 1 0 6 】

ドーピング装置 4 B の溶液供給システム 4 6 1 においては、プレート 4 6 c のウインドウ 4 6 d は、矩形ビームの断面形状と同様に矩形状に形成されている。プレート 4 6 c は固定部材 5 6 を介してフレーム 5 5 に固定されている。

## 【 0 1 0 7 】

ドーピング装置 4 B はフレーム 5 5 を有しており、フレーム 5 5 に光学システム 5 1 と X Y Z ステージ 2 8 とが取り付けられている。被照射物 3 1 は、大画面ディスプレイ用の T F T 基板を製造するための中間生産物である。第 2 実施形態では、被照射物 3 1 が大型であるため、第 1 実施形態と異なり、被照射物 3 1 を収容する容器 4 9 は設けられておらず、テーブル 2 7 は、容器 4 9 を介さずに被照射物 3 1 を直接支持する。

10

## 【 0 1 0 8 】

X Y Z ステージ 2 8 は、テーブル 2 7 を X 軸方向と Y 軸方向の二次元平面内で移動することにより、被照射物 3 1 の表面と、矩形ビームの照射位置となるウインドウ 4 6 d とを相対的に移動させる。

## 【 0 1 0 9 】

また、被照射物 3 1 の X 軸方向の両側に、ダミープレート 5 7 a 及び 5 7 b が配置されている。ダミープレート 5 7 a 及び 5 7 b の厚みは、被照射物 3 1 の厚みと略一致している。ダミープレート 5 7 a 及び 5 7 b は、テーブル 2 7 に予め配置される。

20

## 【 0 1 1 0 】

図 1 7 に示すように、被照射物 3 1 は、例えば、X 軸方向に延びるライン状のドーピングライン L 1 ~ L 4 を有している。ドーピングライン L 1 ~ L 4 は、ドーピング領域 3 1 e を含む所定領域である。本例では、ドーピングライン L 1 ~ L 4 が 4 本の例で説明しているが、もちろん、4 本以上あってもよい。

## 【 0 1 1 1 】

図 1 8 に示すように、溶液供給システム 4 6 1 は、第 1 実施形態の溶液供給システム 4 6 の構成に加えて、溶液排出ポンプ 4 6 f、溶液循環配管 4 6 g、及び溶液タンク 4 6 h を有している。溶液排出ポンプ 4 6 f は、溶液排出配管 4 6 e の出口に接続される。溶液排出ポンプ 4 6 f の出力は、溶液循環配管 4 6 g を介して溶液タンク 4 6 h に接続されている。溶液タンク 4 6 h は、溶液供給ポンプ 4 6 a の入力に配管 4 6 i を介して接続されている。

30

## 【 0 1 1 2 】

溶液供給システム 4 6 1 は、ドーピング領域 3 1 e に対して供給された溶液 3 2 を、溶液排出ポンプ 4 6 f を通じて回収する。溶液排出ポンプ 4 6 f は、溶液排出配管 4 6 e から排出された溶液 3 2 を、溶液循環配管 4 6 g を介して溶液タンク 4 6 h に送る。溶液タンク 4 6 h に回収された溶液 3 2 は、溶液供給ポンプ 4 6 a に送られて、ドーピング領域 3 1 e に供給される。これにより、溶液 3 2 が循環的に使用される。

40

## 【 0 1 1 3 】

## 4 . 2 動作

ドーピングに際して、被照射物 3 1 は、テーブル 2 7 上のダミープレート 5 7 a 及び 5 7 b の間にセットされる。ドーピング制御部 4 7 は、X Y Z ステージ 2 8 を制御して、プレート 4 6 c のウインドウ 4 6 d が開始位置 S P に位置するように、被照射物 3 1 の X 軸方向及び Y 軸方向の位置合わせを行う。開始位置 S P は、被照射物 3 1 のドーピングライン L 1 の延長線上であって、被照射物 3 1 の外側のダミープレート 5 7 a 上にある。ドーピング制御部 4 7 は、さらに、X Y Z ステージ 2 8 を調節して、被照射物 3 1 がウインドウ 4 6 d と対面したときに、ビームホモジナイザ 5 4 が出射する矩形ビームの焦点面とドーピング領域 3 1 e の位置が略一致するように Z 軸方向の位置合わせを行う。

50

## 【0114】

第2制御部47bは、矩形ビームのビーム幅Wや繰り返し周波数PFに依じて、ドーピング領域31e上を流れる溶液32が、上述の好ましい範囲として示した流速Vとなるように、溶液供給システム46を駆動する。この状態で、第1制御部47aは、パルスレーザシステム制御部19に対して、目標パルスエネルギーEtと発光トリガ信号を送信する。発光トリガ信号は、所定の繰り返し周波数で送信される。これにより、パルスレーザ装置2は所定の繰り返し周波数で複数個のパルスを含むパルスレーザ光を出力する。パルスレーザ光は、光学システム51によって矩形ビームに変換される。パルスレーザ光の照射が開始された時点では、ウインドウ46dは開始位置SPにあり、ダミープレート57aと対面している。このため、パルスレーザ光はダミープレート57aに照射される。

10

## 【0115】

また、図17に示すように、ドーピング制御部47は、XYZステージ28をX軸方向に所定の速度で移動させる信号をXYZステージ28に送信する。その結果、XYZステージ28は、X軸方向に移動するように加速され、ウインドウ56dが被照射物31に進入する時点では、所定の速度に到達する。その後、XYZステージ28は、所定の速度で等速直線運動をしながら、被照射物31をドーピングラインL1のライン方向に移動する。

## 【0116】

これにより、ウインドウ46dは、被照射物31のドーピングラインL1に対して相対的に等速で移動する。被照射物31とウインドウ46dがX軸方向に等速で相対移動することにより、ドーピングラインL1の全域に対して、規定のパルス数でパルスレーザ光が照射される。その結果、ドーピングラインL1に対してドーピングが行われる。ここで、XYZステージ28の移動速度は、同一のドーピング領域31eに対して、規定のパルス数の矩形ビームが照射されるように決定される。ビームホモジナイザ54の作用によって矩形ビームの照射領域の光強度は均一である。そのため、ドーピングラインL1の全域に対して均一な光強度で矩形ビームが照射される。

20

## 【0117】

ドーピングラインL1のドーピングが終了すると、ドーピングラインL1の全域がウインドウ46dを通過するため、ウインドウ46dはダミープレート57bと対面する。この段階でも矩形ビームは照射が継続されているが、矩形ビームはダミープレート57bに照射される。次に、ドーピング制御部47は、XYZステージ28をY軸方向に移動して、ウインドウ46dの位置をドーピングラインL2の位置に合わせる。この状態で、ドーピング制御部47は、XYZステージ28を、ドーピングラインL1の場合と反対方向に相対移動させながら、ドーピングラインL2に対してドーピングを行う。こうした手順でドーピングラインL3及びL4に対してもドーピングが行われる。最後のドーピングラインL4の延長線上で、ダミープレート57a上の終了位置EPにウインドウ46dが到達すると、1つの被照射物31に対するドーピングが完了する。

30

## 【0118】

## 4.3 作用

第2実施形態のドーピング装置4Bは、被照射物31をウインドウ46dに対して相対移動させながら、ドーピングを行うことができるため、大画面ディスプレイ用の大型のFT基板に対するドーピングに適している。

40

## 【0119】

また、パルスレーザ光は、被照射物31の表面のうちドーピングが必要なドーピングラインL1～L4のみに照射されるため、パルスレーザ光の利用効率もよい。そのため、パルスエネルギーが小さなパルスレーザ装置であっても、必要なフルエンスを確保できる。また、ビームホモジナイザ54の作用によって矩形ビームの照射領域の光強度は均一であり、さらに、被照射物31の移動速度を調節することにより、ドーピングラインL1～L4の全域に対して規定のパルス数の矩形ビームが照射される。そのため、ドーピングラインL1～L4の全域においてドーピングの濃度や深さが安定する。

50

## 【 0 1 2 0 】

## 4 . 4 その他

第2実施形態において、溶液供給システム461に、溶液供給ポンプ46aに加えて溶液排出ポンプ46fを設けた例で説明したが、溶液32を循環させる場合には、溶液供給ポンプ46aのみで循環させてもよい。

## 【 0 1 2 1 】

また、第2実施形態において、フライアイレンズ54aの矩形ビームの形状を、X軸方向に長い長方形状として説明したが、正方形でもよいし、Y軸方向に長い長方形状でもよい。さらに、よりラインに近い形状の帯状としてもよい。矩形ビームの形状は、ドーピング領域31eの形状等に応じて適宜決定される。矩形ビームの形状は、フライアイレンズ54aの形状を変更することにより変更することができる。

10

## 【 0 1 2 2 】

なお、本例のフライアイレンズ54aは、1枚の基板の第1の面及び第2の面にシリンダリカル面を形成しているが、1面にシリンダリカル面が形成された2枚の基板を組み合わせたフライアイレンズを使用してもよい。また、シリンダリカル面は、凹面でなくてもよく、凸面でもよい。また、シリンダリカル面と同じ機能を果たすフレネルレンズを基板に形成してもよい。

## 【 0 1 2 3 】

## 5 . 第3実施形態のレーザドーピング装置

## 5 . 1 構成

図19及び図20は、第3実施形態のレーザドーピング装置の構成を示す。第3実施形態のレーザドーピング装置は、第2実施形態のドーピング装置4Bに代えて、ドーピング装置4Cを備えている点で異なる。レーザシステム3Aは、第1実施形態及び第2実施形態と同様である。図19は、ドーピング装置4Cを側面から見た場合の構成図である。

20

## 【 0 1 2 4 】

ドーピング装置4Cは、第2実施形態の光学システム51の代わりに第3実施形態の光学システム61を備えている点で異なる。第2実施形態の光学システム51が、パルスレーザ光を、矩形ビームに変換するのに対して、第3実施形態の光学システム61は、パルスレーザ光を、複数のスポット光が配列されたアレイビームに変換する。光学システム61は、変換されたアレイビームを、ドーピング領域31eに導光する。光学システム61は、請求項における光学系に相当する。

30

## 【 0 1 2 5 】

光学システム61は、高反射ミラー52a～52c及びビームホモジナイザ54に加えて、マスク62及びマルチレンズアレイ63を備えている。マスク62とマルチレンズアレイ63は、ビームホモジナイザ54とウインドウ46dを有するプレート46cとの間の光路に配置される。

## 【 0 1 2 6 】

マスク62には、ビームホモジナイザ54から出射された矩形ビームが入射する。マスク62は、パルスレーザ光に対して遮光性を有する材料で形成され、複数の開口が一次元に配列されたプレートである。マスク62は、入射する矩形ビームを、複数の開口によって、矩形ビームよりも断面のサイズが小さい、複数のスポットビームに分割する。マスク62の開口の数は、例えば4個であり、この場合には、マスク62に入射する1個の矩形ビームが、各開口の形状及びサイズに応じた4個のスポットビームに分割される。

40

## 【 0 1 2 7 】

マルチレンズアレイ63は、マスク62を透過する複数のスポットビームのそれぞれを集光する複数の小レンズが配列されたものである。複数の小レンズは、各スポットビームに対応する、マスク62の複数の開口像を被照射物31上に転写する転写レンズとして機能する。複数の転写レンズは、マスク62の開口の配列方向に対応して一次元に配列されている。マルチレンズアレイ63は、各転写レンズがマスク62の複数の開口像を被照射物31上に転写することによって、複数のスポットビームが配列されたアレイビームを、

50

被照射物 3 1 のドーピング領域 3 1 e に導光する。X Y Z ステージ 2 8 の調節により、被照射物 3 1 の Z 軸方向の位置は、ドーピング領域 3 1 e が、マルチレンズアレイ 6 3 による開口像の結像面に位置するように調節される。ここで、マルチレンズアレイ 6 3 は、マスク 6 2 の複数の開口像をそれぞれ縮小転写する構成であることが好ましい。

【 0 1 2 8 】

#### 5 . 2 動作

図 2 1 に示すように、第 3 実施形態において、ドーピング制御部 4 7 は、ウインドウ 4 6 d に対して被照射物 3 1 をステップアンドリピート方式で相対移動させながら、ドーピングライン L 1 ~ L 4 に対してドーピングを行う。

【 0 1 2 9 】

すなわち、例えば、ドーピングライン L 1 を行う場合において、ドーピング制御部 4 7 は、まず、アレイビームに含まれる 4 個のスポットビームの転写位置が、ドーピングライン L 1 上の 4 個の T F T の形成位置と一致するように、X Y Z ステージ 2 8 を移動して、被照射物 3 1 の X 軸方向の位置決めを行う。ドーピング制御部 4 7 は、位置決めが完了すると、被照射物 3 1 を停止させた状態で、レーザシステム 3 A に、所定の繰り返し周波数 P F で所定のパルス数の発光トリガ信号を送信して、目標パルスエネルギー E t に応じたパルスレーザ光を出力させる。パルスレーザ光は光学システム 6 1 によってアレイビームに変換されて、アレイビームに含まれる 4 個のスポットビームが、位置決めされた 4 個の T F T の形成位置に、所定のパルス数及び所定のフルーエンスで照射される。

【 0 1 3 0 】

次に、ドーピング制御部 4 7 は、再び X Y Z ステージ 2 8 を移動して、4 個のスポットビームの転写位置が、次の 4 個の T F T の形成位置と一致するように、被照射物 3 1 の X 軸方向の位置決めを行う。位置決め完了後、ドーピング制御部 4 7 は、上記手順を繰り返して、次の 4 個の T F T の形成位置に対して 4 個のスポットビームを照射する。こうした手順を繰り返して、各ドーピングライン L 1 ~ L 4 に対してドーピングが行われる。第 3 実施形態においては、パルスレーザ光がアレイビームであるため、第 2 実施形態と異なり、ドーピングライン L 1 ~ L 4 において、所定間隔を空けた状態で、複数のスポットビームが照射される。

【 0 1 3 1 】

#### 5 . 3 作用

第 3 実施形態において、ドーピングの濃度や深さが安定するという効果は、第 2 実施形態と同様である。さらに、第 3 実施形態では、ドーピングライン L 1 ~ L 4 に対してアレイビームを照射する。そのため、矩形ビームを照射する第 2 実施形態と比較して、さらに、パルスビームの照射領域をドーピングが必要な領域に限定することができる。特に、縮小転写した場合は、パルスレーザ光の利用効率がさらに改善される。また、マルチレンズアレイ 6 3 の集光作用により、マルチレンズアレイ 6 3 を用いない場合と比較して、複数のスポットビームのフルーエンスを高くすることができる。

【 0 1 3 2 】

### 6 . 第 4 実施形態のレーザドーピング装置。

#### 6 . 1 構成

図 2 2 及び図 2 3 は、第 4 実施形態のレーザドーピング装置の構成を示す。第 4 実施形態のレーザドーピング装置は、第 2 実施形態のドーピング装置 4 B に代えて、ドーピング装置 4 D を備えている点で異なる。レーザシステム 3 A は、第 1 実施形態から第 3 実施形態と同様であるが、第 4 実施形態では、複数のレーザシステム 3 A を有している。図 2 2 は、ドーピング装置 4 D を側面から見た場合の構成図であり、図 2 3 は、ドーピング装置 4 D を正面から見た場合の構成図である。図 2 4 に示すように、ドーピング装置 4 D は、被照射物 3 1 上の複数のドーピングライン L 1 ~ L 3 に対して並行してドーピングを行う並行処理型のドーピング装置である。

【 0 1 3 3 】

光学システム 7 1 には、例えば 3 つのレーザシステムからパルスレーザ光が入力される

10

20

30

40

50

。光学システム 7 1 は、3 つ高反射ミラー 5 2 a ~ 5 2 c と、ビームホモジナイザ 5 4 とで構成される 1 組の光学系を、3 つのレーザシステム 3 A のそれぞれに対して 1 つずつ、合計 3 つ備えている。溶液供給システム 4 6 1 及びプレート 4 6 c は、Y 軸方向に並べて配列されている。

【 0 1 3 4 】

さらに、X 軸方向において、各溶液供給システム 4 6 1 に隣接する位置には、洗浄装置 7 2 が設けられている。洗浄装置 7 2 は、ドーピング領域 3 1 e に対してパルスレーザ光が照射された後、溶液 3 2 によって濡れたドーピング領域 3 1 e を洗浄する。

【 0 1 3 5 】

図 2 5 に示すように、洗浄装置 7 2 は、供給ポンプ 7 2 a、供給用配管 7 2 b、プレート 7 2 c、排出用配管 7 2 e、排出用ポンプ 7 2 f、循環用配管 7 2 g、洗浄液タンク 7 2 h とを備えている。洗浄液タンク 7 2 h は洗浄液を貯留する。洗浄液タンク 7 2 h は供給ポンプ 7 2 a に配管 7 2 i を介して接続されている。供給ポンプ 7 2 a の出力は供給用配管 7 2 b に接続されて、プレート 7 2 c に形成された吐出口に接続されている。プレート 7 2 c に排出口が形成されており、排出口に排出用配管 7 2 e が接続されている。

10

【 0 1 3 6 】

排出用配管 7 2 e は排出用ポンプ 7 2 f に接続されている。排出用ポンプ 7 2 f は、循環用配管 7 2 g を通じて洗浄液タンク 7 2 h と接続されている。排出用ポンプ 7 2 f によって吸引された洗浄液は、循環用配管 7 2 g を通じて洗浄液タンク 7 2 h に回収される。洗浄液は、例えば、希フッ酸水溶液または純水である。

20

【 0 1 3 7 】

各洗浄装置 7 2 は、プレート 7 2 c の吐出口が、Y 軸方向において、各溶液供給システム 4 6 1 のウインドウ 4 6 d の位置と一致するように配置される。

【 0 1 3 8 】

6 . 2 動作

ドーピング装置 4 D のドーピング制御部 4 7 は、X Y Z ステージ 2 8 を制御して、被照射物 3 1 のドーピングライン L 1 ~ L 3 の一端と、Y 軸方向に配列された各溶液供給システム 4 6 1 のウインドウ 4 6 d の位置とが一致するように、被照射物 3 1 の位置合わせを行う。そして、ドーピング制御部 4 7 は、X Y Z ステージ 2 8 を制御して、被照射物 3 1 を X 軸方向に移動させながら、ドーピングを行う。移動方向は、被照射物 3 1 のドーピング領域 3 1 e を、溶液供給システム 4 6 が通過した後に、洗浄装置 7 2 が通過する向きである。

30

【 0 1 3 9 】

ドーピング制御部 4 7 が行う、溶液供給システム 4 6 1 やレーザシステム 3 A に対する制御は、第 2 実施形態と同様である。矩形ビームは、Y 軸方向に配列されたウインドウ 4 6 d を通じて、複数のドーピングライン L 1 ~ L 3 に対して同時に照射される。これにより、複数のドーピングライン L 1 ~ L 3 に対して並行してドーピングが行われる。

【 0 1 4 0 】

また、ドーピングの際には、洗浄装置 7 2 が駆動されて、ドーピング領域 3 1 e の洗浄が行われる。被照射物 3 1 との相対的な移動により、洗浄装置 7 2 は、ウインドウ 4 6 d が通過した直後に同じドーピング領域 3 1 e を通過する。洗浄装置 7 2 は、ドーピング中、洗浄液の供給を継続しているので、矩形ビームが照射されたドーピング領域 3 1 e に対して、洗浄液が供給される。洗浄液によって、ドーピング領域 3 1 e に対して供給された溶液 3 2 が洗い流される。洗い流された溶液 3 2 は、洗浄液とともに洗浄装置 7 2 によって回収される。

40

【 0 1 4 1 】

6 . 3 作用

第 4 実施形態では、複数のドーピングライン L 1 ~ L 3 に対して並行してドーピングを行うことができるため、ドーピングのスループットが向上する。そのため、ドーピング領域 3 1 e が相対的に大きくなる大画面用の T F T 基板を形成するのに適している。

50

## 【 0 1 4 2 】

また、洗浄装置 7 2 によって溶液 3 2 を洗い流すことにより、ドーピング領域 3 1 e を洗浄するため、被照射物 3 1 上にドーパントが残留して固着するのを抑制できる。

## 【 0 1 4 3 】

## 7. パルスレーザー装置の詳細

図 2 6 は、上述のパルスレーザー装置の具体的構成を示す。図 2 6 に示されるパルスレーザー装置 2 は、レーザーチャンバ 8 1 と、一对の電極 8 2 a 及び 8 2 b と、充電器 8 3 と、パルスパワーモジュール ( P P M ) 8 4 と、を含んでいる。図 2 6 においては、レーザー光の進行方向に略垂直な方向から見たレーザーチャンバ 8 1 の内部構成が示されている。

## 【 0 1 4 4 】

パルスレーザー装置 2 は、さらに、クロスフローファン 8 6 と、モータ 8 7 と、を含んでいる。パルスレーザー装置 2 は、さらに、高反射ミラー 8 8 と、出力結合ミラー 8 9 と、パルスエネルギー計測部 9 1 と、レーザー制御部 8 5 と、レーザーガス供給排気装置 9 2 と、を含んでいる。

## 【 0 1 4 5 】

レーザーチャンバ 8 1 は、上述のレーザー媒質が封入されるチャンバである。圧力センサ 9 3 は、レーザーチャンバ 8 1 内のレーザーガスの圧力を計測するように配管を介してレーザーチャンバ 8 1 に接続されている。一对の電極 8 2 a 及び 8 2 b は、レーザー媒質を放電により励起するための電極として、レーザーチャンバ 8 1 内に配置される。レーザーチャンバ 8 1 には開口が形成され、この開口を電気絶縁部 9 4 が塞いでいる。電極 8 2 a は電気絶縁部 9 4 に支持され、電極 8 2 b はレーザーチャンバ 8 1 の内部仕切板 8 1 c に支持されている。電気絶縁部 9 4 には、導電部 9 4 a が埋め込まれている。導電部 9 4 a は、パルスパワーモジュール 8 4 から供給される高電圧を電極 8 2 a に印加するように、パルスパワーモジュール 8 4 の高電圧端子と電極 8 2 a とを電氣的に接続している。レーザーチャンバ 8 1 は、ガス配管によってレーザーガス供給排気装置 9 2 に接続されている。

## 【 0 1 4 6 】

クロスフローファン 8 6 の回転軸は、レーザーチャンバ 8 1 の外部に配置されたモータ 8 7 に接続されている。モータ 8 7 がクロスフローファン 8 6 を回転させることにより、レーザーガスが電極 8 2 a と電極 8 2 b の間を流れるようにレーザーチャンバ 8 1 の内部で循環している。

## 【 0 1 4 7 】

電源装置は、充電器 8 3 と、パルスパワーモジュール 8 4 と、を含んでいる。パルスパワーモジュール 8 4 は、充電コンデンサと、スイッチ 8 4 a と、を含んでいる。充電器 8 3 の出力は、充電コンデンサと接続され、充電器 8 3 は、一对の電極 8 2 a 及び 8 2 b 間に高電圧を印加するための電気エネルギーを保持する。レーザー制御部 8 5 によって制御されるスイッチ 8 4 a が OFF から ON になると、パルスパワーモジュール 8 4 は、充電コンデンサに保持されていた電気エネルギーからパルス状の高電圧を生成し、この高電圧を一对の電極 8 2 a 及び 8 2 b 間に印加する。

## 【 0 1 4 8 】

一对の電極 8 2 a 及び 8 2 b 間に高電圧が印加されると、一对の電極 8 2 a 及び 8 2 b 間に放電が起こる。この放電のエネルギーにより、レーザーチャンバ 8 1 内のレーザー媒質が励起されて高エネルギー準位に移行する。励起されたレーザー媒質が、その後低エネルギー準位に移行するとき、そのエネルギー準位差に応じた波長の光を放出する。

## 【 0 1 4 9 】

レーザーチャンバ 8 1 の両端にはウインドウ 8 1 a 及び 8 1 b が設けられている。レーザーチャンバ 8 1 内で発生した光は、ウインドウ 8 1 a 及び 8 1 b を介してレーザーチャンバ 8 1 の外部に出射する。

## 【 0 1 5 0 】

高反射ミラー 8 8 は、レーザーチャンバ 8 1 のウインドウ 8 1 a から出射された光を高い反射率で反射し、レーザーチャンバ 8 1 内に戻す。出力結合ミラー 8 9 の表面には、部分反

10

20

30

40

50



射膜がコーティングされている。従って、出力結合ミラー 89 は、レーザチャンバ 81 のウィンドウ 81 b から出力される光のうちの一部を透過させて出力し、他の一部を反射させてレーザチャンバ 81 内に戻す。

【0151】

高反射ミラー 88 と出力結合ミラー 89 とで、光共振器が構成され得る。レーザチャンバ 81 から出射した光は、高反射ミラー 88 と出力結合ミラー 89 との間で往復し、電極 82 a と電極 82 b との間のレーザゲイン空間を通過する度に増幅され得る。増幅された光の一部が、出力結合ミラー 89 を介して、パルスレーザ光として出力され得る。

【0152】

パルスエネルギー計測部 91 は、ビームスプリッタ 91 a と、集光光学系 91 b と、光センサ 91 c とを含んでいる。ビームスプリッタ 91 a は、出力結合ミラー 89 を透過したパルスレーザ光を高い透過率で透過させるとともに、パルスレーザ光の一部を集光光学系 91 b に向けて反射する。集光光学系 91 b は、ビームスプリッタ 91 a によって反射された光を光センサ 91 c の感光面に集光する。光センサ 91 c は、感光面に集光されたレーザ光のパルスエネルギーを検出し、パルスエネルギーの検出データをレーザ制御部 85 に出力する。

10

【0153】

レーザ制御部 85 は、例えば、充電器 83 に対して充電電圧の設定信号を送信したり、パルスパワーモジュール 84 に対してスイッチ ON 又は OFF の発光トリガ信号を送信する。さらに、レーザ制御部 85 は、レーザチャンバ 81 内のレーザガスの圧力を制御するために、圧力センサ 93 の検出値に基づいて、レーザガス供給排気装置 92 を制御する。

20

【0154】

レーザ制御部 85 は、パルスエネルギー計測部 91 からパルスエネルギーの検出データを受信し、このパルスエネルギーの検出データを参照して充電器 83 の充電電圧やレーザチャンバ 81 内のレーザガスの圧力を制御する。充電器 83 の充電電圧やレーザガスの圧力を制御することにより、パルスレーザ光のパルスエネルギーが制御される。また、レーザ制御部 85 は、パルスエネルギー計測部 91 から受信したデータに基づいて、エキシマパルスレーザ装置の発振パルス数を計数してもよい。

【0155】

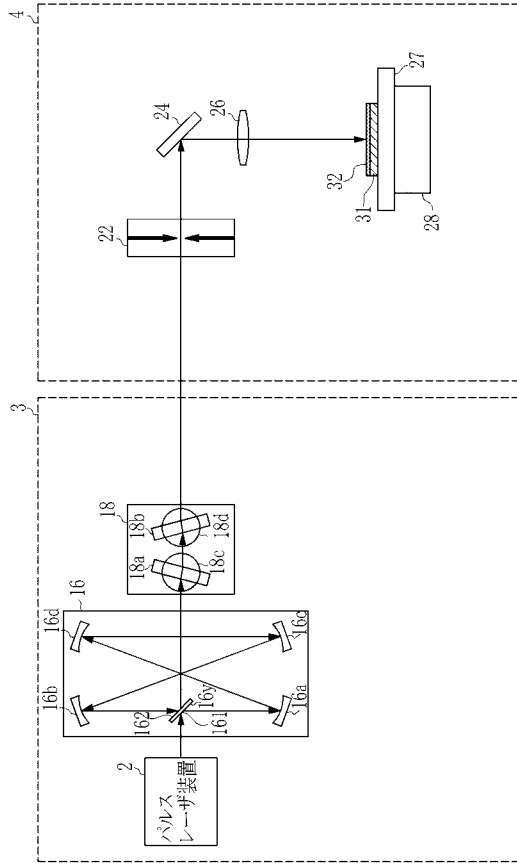
上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図したものである。従って、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の各実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかであろう。

30

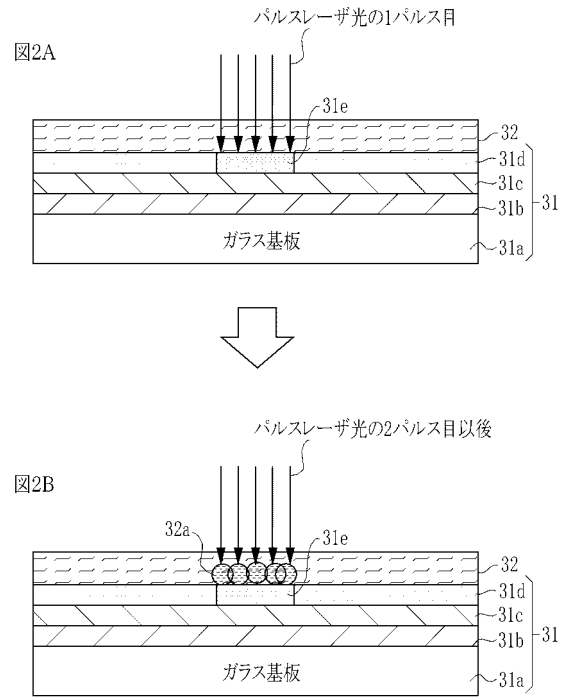
【0156】

本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書及び添付の特許請求の範囲に記載される修飾句「1つの」は、「少なくとも1つ」又は「1又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

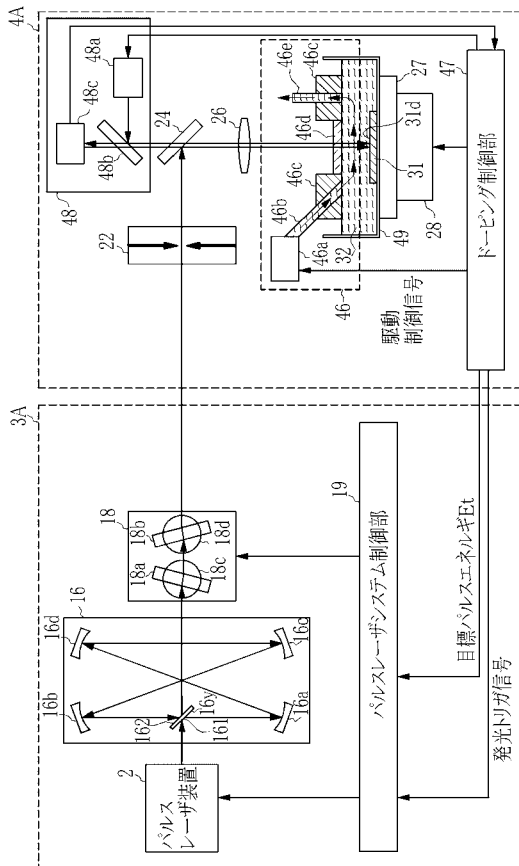
【 図 1 】



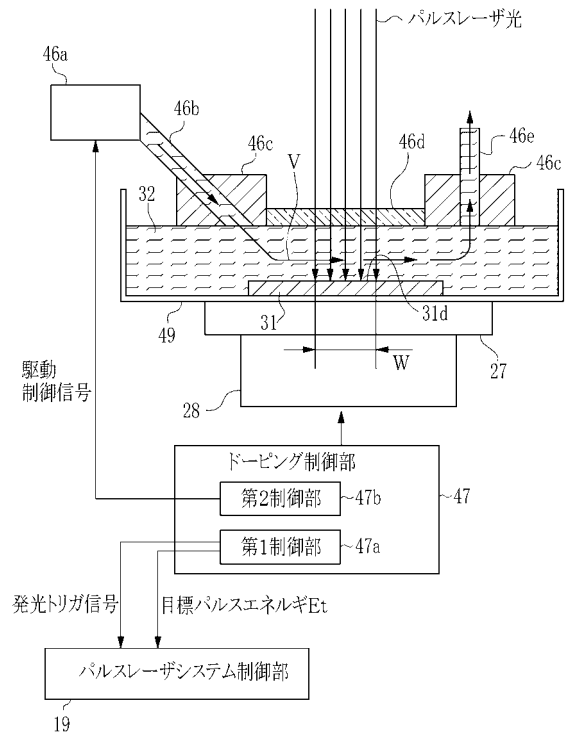
【 図 2 】



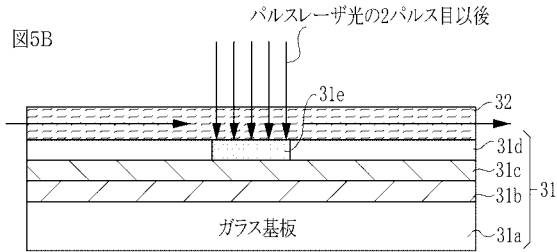
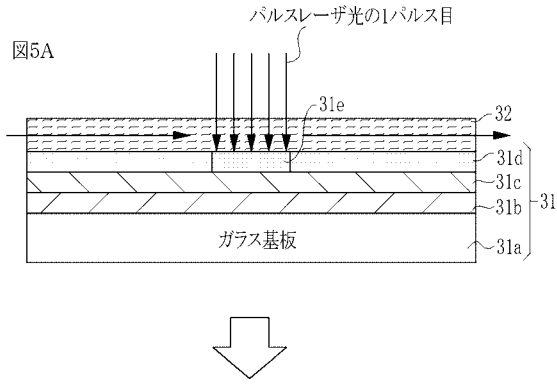
【 図 3 】



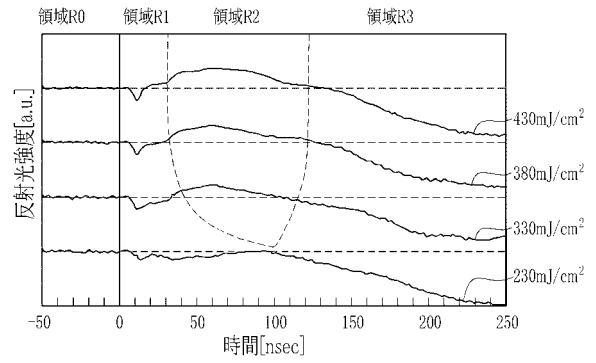
【 図 4 】



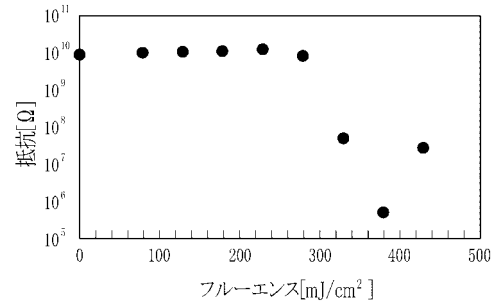
【 図 5 】



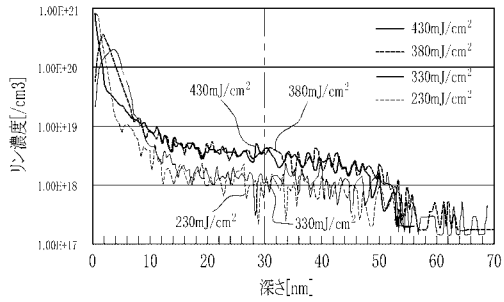
【 図 6 】



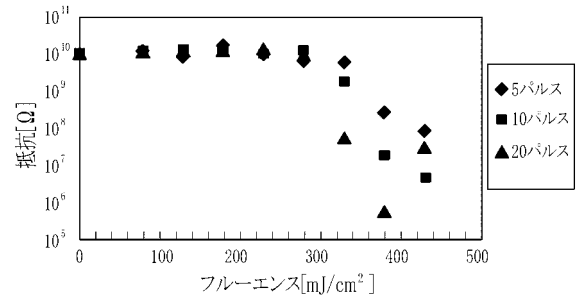
【 図 7 】



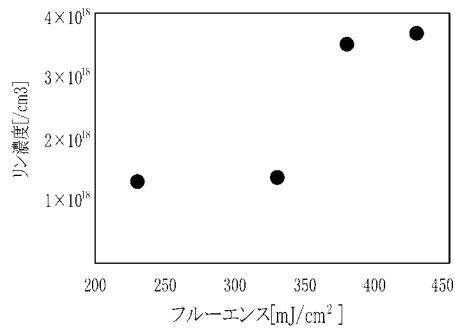
【 図 8 】



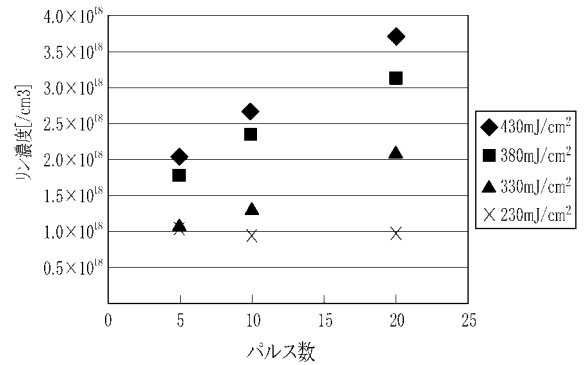
【 図 10 】



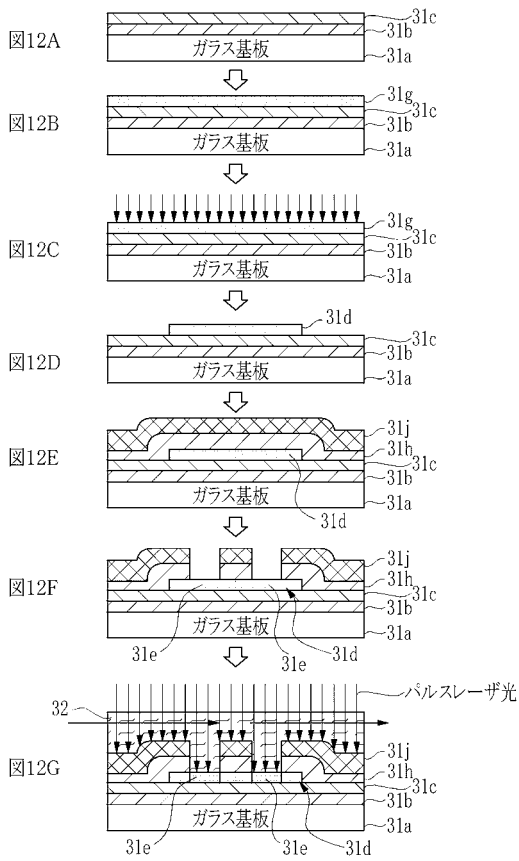
【 図 9 】



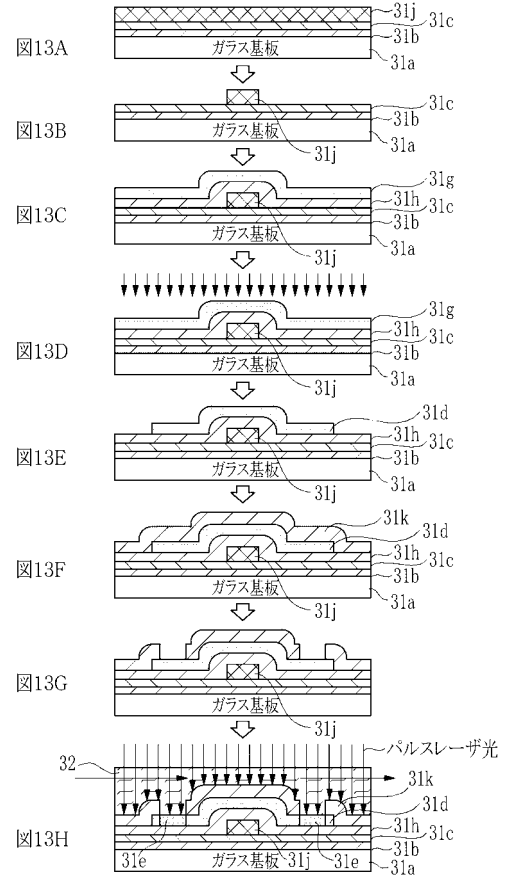
【 図 11 】



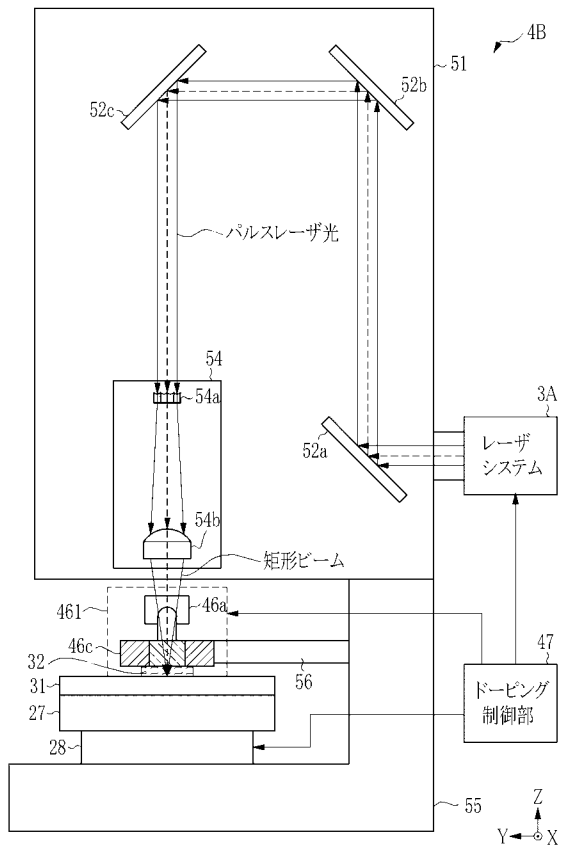
【 図 1 2 】



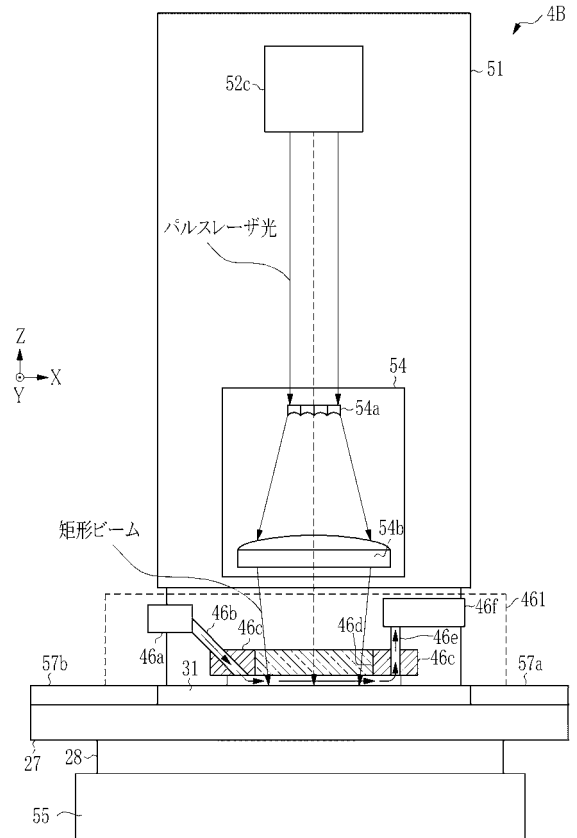
【 図 1 3 】



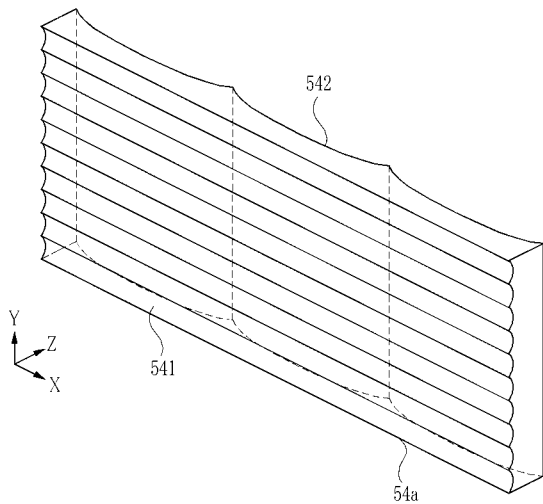
【 図 1 4 】



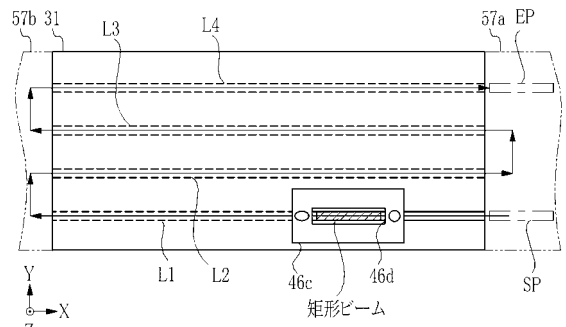
【 図 1 5 】



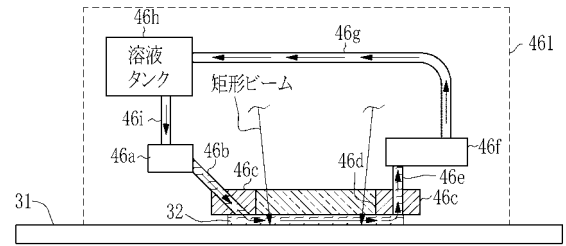
【 図 1 6 】



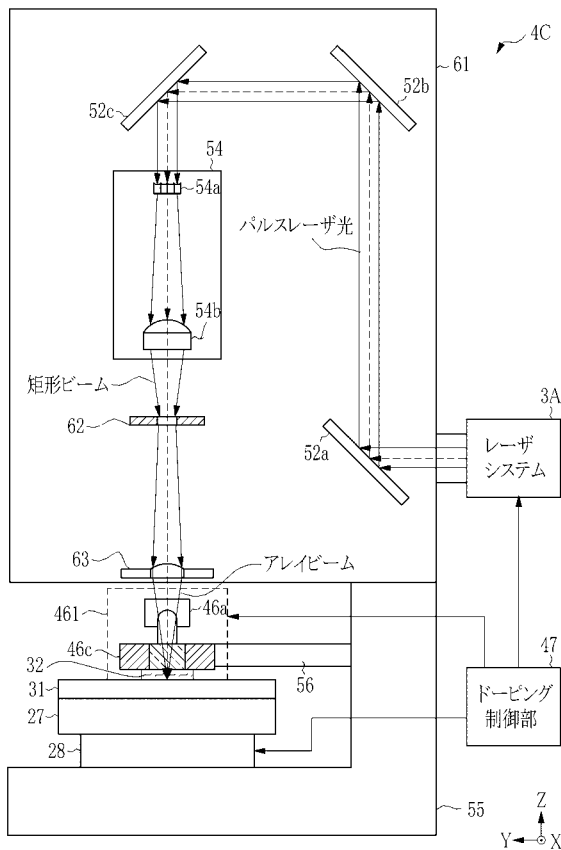
【 図 1 7 】



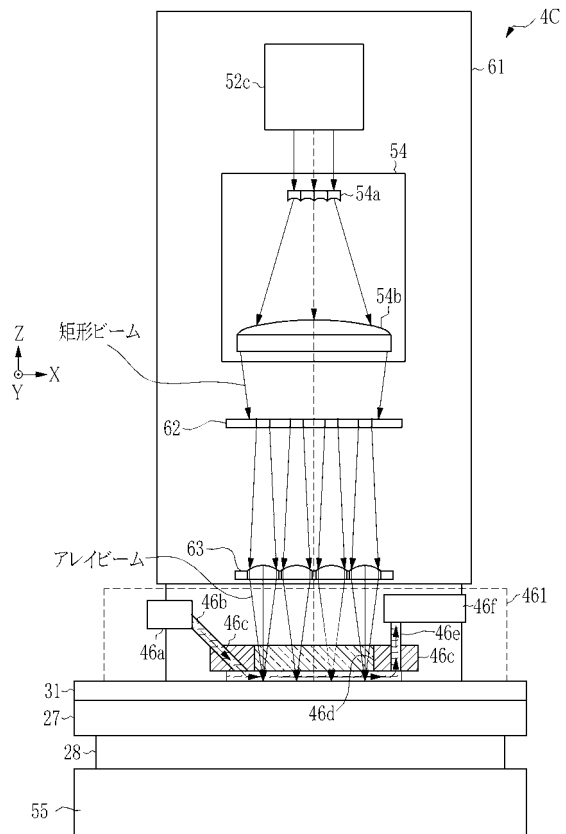
【 図 1 8 】



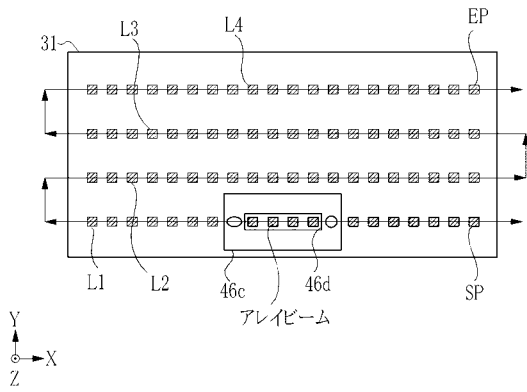
【 図 1 9 】



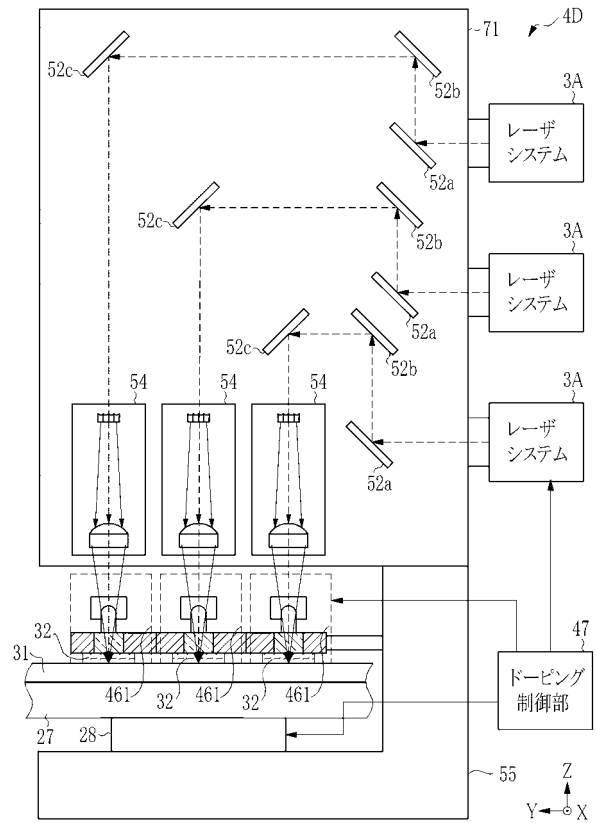
【 図 2 0 】



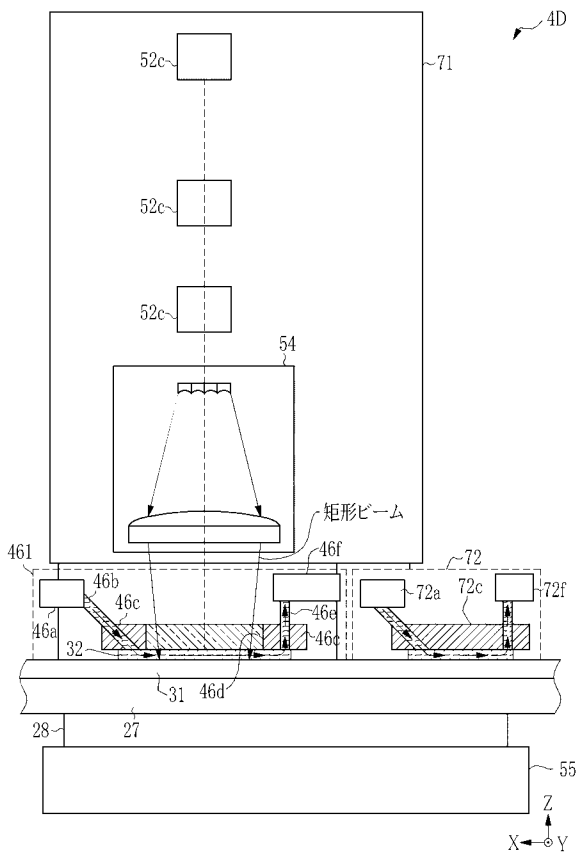
【 図 2 1 】



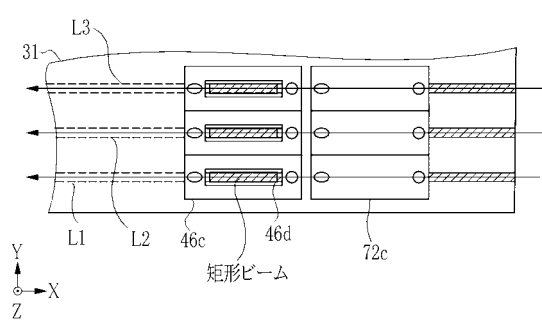
【 図 2 2 】



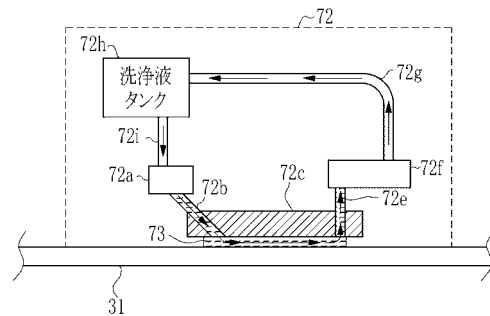
【 図 2 3 】



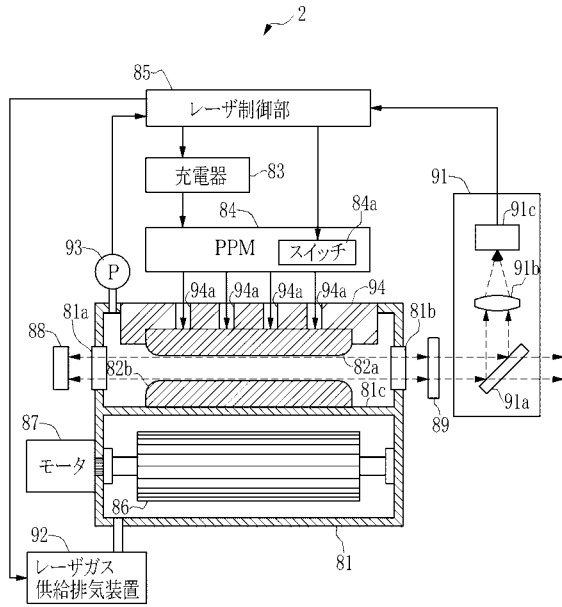
【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



【図26】



## 【 国際調査報告 】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT  |  | International application No.<br>PCT/JP2016/059338   |
|--|--|--|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>H01L21/228 (2006.01)i<br><br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |  |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>H01L21/228<br><br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016<br>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016<br><br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  |  |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |  |  |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.  |
| Y  | JP 2007-79590 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.),<br>29 March 2007 (29.03.2007),<br>paragraphs [0033] to [0052]<br>(Family: none)                     | 1-19   |
| Y  | WO 2015/189875 A1 (Fuji Electric Co., Ltd.),<br>17 December 2015 (17.12.2015),<br>paragraphs [0011] to [0068]<br>(Family: none)                                  | 1-19   |
| Y  | JP 1-313930 A (Sony Corp.),<br>19 December 1989 (19.12.1989),<br>page 3, upper right column, line 10 to page 3,<br>lower right column, line 10<br>(Family: none) | 1-19   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.   |  |  |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |
| Date of the actual completion of the international search<br>07 April 2016 (07.04.16)  |  | Date of mailing of the international search report<br>19 April 2016 (19.04.16)   |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japan Patent Office<br>3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,<br>Tokyo 100-8915, Japan   |  | Authorized officer<br><br>Telephone No.  |



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2016/059338

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                   | Relevant to claim No. |
| Y   | JP 9-27460 A (Hitachi, Ltd.),<br>28 January 1997 (28.01.1997),<br>paragraph [0032]<br>(Family: none) | 12                    |

| 国際調査報告   |   | 国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 5 9 3 3 8                   |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
|--|---|--|---------|-------------|--------------|-------------------------------|--|---------------------------------------|--|---|--|--------------------------|------------------|-----------------------------|--|
| A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))<br>Int.Cl. H01L21/228(2006.01)i  |   |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))<br>Int.Cl. H01L21/228  |   |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 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<br><table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2016年</td> </tr> </table>  |   |  |         | 日本国実用新案公報   | 1922-1996年   | 日本国公開実用新案公報                   | 1971-2016年   | 日本国実用新案登録公報                           | 1996-2016年                                     | 日本国登録実用新案公報   | 1994-2016年   |                          |                  |                             |  |
| 日本国実用新案公報  | 1922-1996年  |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 日本国公開実用新案公報  | 1971-2016年  |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 日本国実用新案登録公報  | 1996-2016年  |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 日本国登録実用新案公報  | 1994-2016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<br>カテゴリ*   | 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<br>請求項の番号   |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| Y  | JP 2007-79590 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2007.03.29, [0033]-[0052] (ファミリーなし) | 1-19   |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| Y  | WO 2015/189875 A1 (富士電機株式会社) 2015.12.17, [0011]-[0068] (ファミリーなし)      | 1-19   |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| Y  | JP 1-313930 A (ソニー株式会社) 1989.12.19, 第3頁右上欄第10行-第3頁右下欄第10行 (ファミリーなし)   | 1-19   |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。  |   |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリ</td> <td>の日の後に公表された文献</td> </tr> <tr> <td>「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</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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)</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td>「&amp;」同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</td> <td></td> </tr> </table> |   |  |         | * 引用文献のカテゴリ | の日の後に公表された文献 | 「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 | 「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 | 「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 | 「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 | 「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) | 「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 | 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 | 「&」同一パテントファミリー文献 | 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 |  |
| * 引用文献のカテゴリ  | の日の後に公表された文献  |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 「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  | 「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        |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 「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  | 「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                        |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 「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)  | 「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    |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献   | 「&」同一パテントファミリー文献  |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願  |   |  |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 国際調査を完了した日<br>07.04.2016   |   | 国際調査報告の発送日<br>19.04.2016                               |         |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/J P)<br>郵便番号100-8915<br>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)<br>河合 俊英<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3559 | 50 3238 |             |              |                               |  |                                       |  |   |  |                          |                  |                             |  |

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2016/059338

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |   |                |
|-----------------------|---|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| Y                     | JP 9-27460 A (株式会社日立製作所) 1997.01.28, [0032] (ファミリーなし) | 12             |

---

フロントページの続き

(72)発明者 若林 理

栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内

Fターム(参考) 5F110 CC02 CC08 DD01 DD02 DD13 DD14 DD17 EE02 EE03 EE04  
EE14 FF02 GG01 GG02 GG13 HJ12 HJ30 PP03 PP04 PP27  
QQ11

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。