(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
2015 年 12 月 17 日(17.12.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/189875 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/22 (2006.01) *H01L 21/228* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/003147

(22) 国際出願日: 2014 年 6 月 12 日(12.06.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 富士電機株式会社(FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 井口 研一(IGUCHI, Kenichi); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 中澤 治雄(NAKAZAWA, Haruo); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 荻野 正明(OGINO, Masaaki); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 鈴木 壯兵衛(SUZUKI, Sohbe); 〒1056032 東京都港区虎ノ門４丁目３番１号 城山トラストタワー３２階 特許業務法人日栄国際特許事務所 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, IR, IS, JP, 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.

(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).

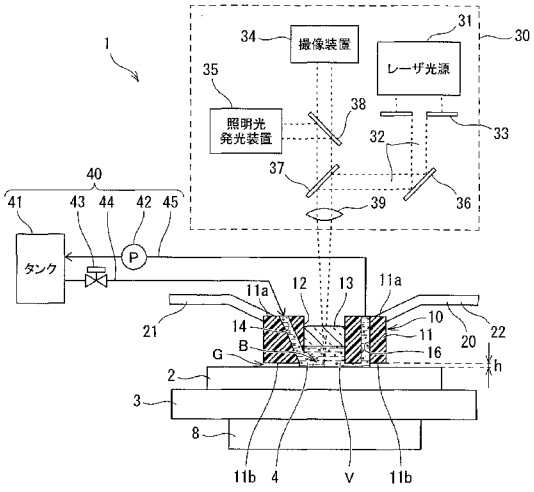
添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

[続葉有]

(54) **Title**: IMPURITY ADDING APPARATUS, IMPURITY ADDING METHOD, AND SEMICONDUCTOR ELEMENT MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称 : 不純物添加装置、不純物添加方法及び半導体素子の製造方法

[図1]



31... LASER LIGHT SOURCE
34... IMAGE PICKUP APPARATUS
35... ILLUMINATING LIGHT EMITTING APPARATUS
41... TANK

(57) **Abstract**: An impurity adding apparatus (1) is provided with: a supporting table (3) that supports a semiconductor substrate (2); the semiconductor substrate (2) fixed to the supporting table (3); and a wall block (10) that is disposed by being separated from the semiconductor substrate (2). The wall block (10) has a recessed section (12) inside such that a region (B) where an impurity element-containing solution (4) is locally present is formed on a semiconductor substrate (2) surface on the wall block side. Furthermore, the impurity adding apparatus (1) is provided with a laser optical system (30) that radiates laser light (32) to an upper surface of the semiconductor substrate (2) via the solution (4) surrounded by the wall block (10). The impurity adding apparatus (1) adds an impurity element to a part of an inner section of the semiconductor substrate (2) by means of the irradiation of the laser light (32).

(57) 要約: 不純物添加装置（１）は、半導体基板（２）を支持する支持台（３）と、この支持台（３）に固定した半導体基板（２）と、半導体基板（２）から離間して配置された壁ブロック（１０）とを備える。壁ブロック（１０）は、半導体基板（２）の壁ブロック側の面上に不純物元素を含む溶液（４）の局在した領域（Ｂ）を形成するように内部に凹部（１２）を有する。また不純物添加装置１は、壁ブロック（１０）に囲まれた溶液（４）を介して半導体基板（２）の上面にレーザ光（３２）を照射するレーザ光学系（３０）と、を備える。不純物添加装置（１）は、レーザ光（３２）の照射により半導体基板（２）の内部の一部に不純物元素を添加するものである。

WO 2015/189875 A1

— 補正された請求の範囲及び説明書（条約第 19 条(1)）

明　細　書

発明の名称 ：

不純物添加装置、不純物添加方法及び半導体素子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は不純物添加装置、不純物添加方法及び半導体素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] パワー半導体としてシリコンカーバイド（ＳｉＣ）、特に４Ｈのシリコンカーバイド（４Ｈ－ＳｉＣ）を用いた半導体素子が期待されている。４Ｈ－ＳｉＣの半導体素子は、通常、所望の濃度でエピタキシャル成長させた４Ｈ－ＳｉＣ結晶層が形成された半導体基板に、リン（Ｐ）やアルミニウム（Ａｌ）等の不純物元素のイオンをドーピングして製造される。具体的には、例えば、加速させた不純物元素のイオンを半導体基板に照射することで注入するとともに、その後、イオンが注入された半導体基板の結晶構造の回復及び不純物元素の活性化のために半導体基板を加熱する（アニール）処理が行われる。

[0003] ここで、４Ｈ－ＳｉＣの（０００１）面（（０００－１）面）に対して高ドーズ（例えば10^{15}／cm^2程度）のイオン注入を行う場合、半導体基板を事前に３００～８００度程度に加熱処理を行う必要がある。事前の加熱処理が無い場合、４Ｈ－ＳｉＣの再結晶化及び不純物元素の活性化が有効に行われないからである。

またＳｉＣのアニールは、１６００～１８００度程度と、シリコン（Ｓｉ）の場合より高温で行われる。このアニールによって半導体素子の表面からＳｉが脱落することや、マイグレーションにより半導体素子の表面が荒れることが知られている。そこで、半導体素子の表面に窒化アルミニウム（ＡｌＮ）や炭素（Ｃ）等の保護膜を形成した上で、アニールが行われるが、保護膜の形成及び除去のための処理工程が増加し、処理コストが増大するという

問題がある。またアルミニウム（ＡｌＩ）や炭素（Ｃ）による周辺の汚染という問題も懸念される。

[0004] 上記した問題を解決する手段として、非特許文献１及び２に記載のレーザードーピングの技術が考えられる。非特許文献１及び２は、不純物元素を含む水溶液である溶液中に４Ｈ－ＳｉＣの半導体基板を浸漬し、半導体基板の表面と溶液との界面領域にレーザ光を照射することで、半導体基板に対し局所的な加熱を行い、溶液中の不純物元素をドーピングする。このレーザ光は、ＳｉＣにおいて吸収係数の大きい紫外域の波長の光である。非特許文献１及び２によれば、室温相当の環境下であっても不純物元素の注入と半導体基板の活性化とを同時に行うことが可能であり、半導体基板に対する事前の加熱処理及び不純物元素注入後のアニールを行う必要がないとされている。

しかし、非特許文献１及び２の技術の場合、半導体基板全体を溶液中に浸漬させる必要がある。そのため、半導体基板全体が浸漬する程度の多量の溶液を使用しなければならないという問題が生じる。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：池田晃裕　他３名、「液体中に浸漬した４Ｈ－ＳｉＣへのエキシマレーザ照射による燐ドーピング（Phosphorus doping of 4H SiC by liquid immersion excimer laser irradiation）」、アプライド・フィジックス・レターズ（Applied Physics Letters）、第１０２巻、ｐ０５２１０４－１～０５２１０４－４、２０１３年１月

非特許文献2：西紘史　他３名、「リン酸溶液中のエキシマレーザ照射による４Ｈ－ＳｉＣへの燐ドーピング（Phosphorus Doping into 4H-SiC by Irradiation of Excimer Laser in Phosphoric Solution）」ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス（JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS）、第５２巻、第６号、ｐ０６ＧＦ０２－１－４、２０１３年６月

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明は上記した問題に着目して為されたものであって、溶液中の不純物元素を用いてレーザードーピングを行う場合に、溶液の使用量を低減することができる不純物添加装置、不純物添加方法及び半導体素子の製造方法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

[0007] 上記課題を解決するために、本発明に係る不純物添加装置のある態様は、半導体基板を支持する支持台と、この支持台に半導体基板から離間して配置され、半導体基板の支持台と反対側の面上に不純物元素を含む溶液の局在した領域を形成するように内部に凹部を有する壁ブロックと、壁ブロックに囲まれた溶液を介して半導体基板の支持台と反対側の面にレーザ光を照射するレーザ光学系と、を備え、レーザ光の照射により半導体基板の内部の一部に不純物元素を添加することを要旨とする。

[0008] また本発明に係る不純物添加方法のある態様は、半導体基板の主面上に不純物元素を含む溶液の局在した領域を形成する工程と、溶液を介して半導体基板の主面にレーザ光を照射する工程と、を含み、半導体基板の内部の一部に不純物元素を添加することを要旨とする。

また本発明に係る半導体素子の製造方法のある態様は、第１導電型又は第２導電型の半導体基板の表面の一部に、第１導電型の不純物元素を含む溶液の局在した領域を形成する工程と、溶液を介して半導体基板にレーザ光を照射して、半導体基板の表面に、第１導電型の第１の半導体領域を形成する工程と、を含むことを要旨とする。

発明の効果

[0009] 従って本発明の不純物添加装置、不純物添加方法及び半導体素子の製造方法によれば、不純物元素を含む溶液の使用量を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施形態に係る不純物添加装置を側面視で模式的に説明する一

部断面図である。

[図2]本発明の実施形態に係る壁ブロックを説明する平面図である。

[図3]本発明の実施形態に係る壁ブロックの内部空間の溶液の流通経路を説明する平面図である。

[図4]本発明の実施形態に係る不純物添加装置を構成する系を説明する模式図である。

[図5]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する側面図である。

[図6]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する一部断面図である。

[図7]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する一部断面図である。

[図8]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する一部断面図である。

[図9]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する一部断面図である。

[図10]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する平面図である。

[図11]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する一部断面図である。

[図12]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する一部断面図である。

[図13]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する平面図である。

[図14]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する一部断面図である。

[図15]本発明の実施形態に係る不純物添加方法を説明する平面図である。

[図16]本発明の実施形態に係る不半導体素子の製造方法で得られた半導体素子にドーピングされた不純物元素の濃度と深さの関係を説明する特性図である。

[図17]本発明の実施形態に係る半導体素子の製造方法で得られた半導体素子の電気特性を実験する回路の模式図である。

[図18]図１７で示す回路で得られた電圧－電流の変化を示す特性図である。

[図19]本発明の他の実施形態に係る壁ブロックを説明する平面図である。

[図20]本発明のさらに他の実施形態に係る壁ブロックを説明する平面図であ

る。

[図21]本発明のさらに他の実施形態に係る壁ブロックを説明する平面図である。

[図22]本発明のさらに他の実施形態に係る壁ブロックを説明する平面図である。

[図23]図２２中のＸＸＩＩＩ－ＸＸＩＩＩ線の断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下に説明する本発明の実施形態に係る不純物添加装置を構成する各装置や部材の形状、大きさ又は比率は、説明のため適宜簡略化及び誇張して示されている。

本発明の実施形態に係る不純物添加装置１は、半導体基板２を支持する支持台３と、この支持台３の上方に半導体基板２から離間して配置された壁ブロック１０とを備える。壁ブロック１０は、半導体基板２の上面（図１中の上側の面）上に不純物元素を含む溶液４の局在した溶液局在領域Ｂを形成するように内部に凹部１２を有する。

また不純物添加装置１は、壁ブロック１０を支持台３の上方に固定して支持する壁ブロック支持装置２０と、壁ブロック１０に囲まれた溶液４を介して半導体基板２の上面にレーザ光３２を照射するレーザ光学系３０と、を備える。また不純物添加装置１は、壁ブロック１０に溶液４を供給するとともに、壁ブロック１０に囲まれた溶液４を半導体基板２の上面に接した状態で循環させる循環系４０を備える。また不純物添加装置１は、半導体基板２の上面に平行な面内に定義されるＸ－Ｙ方向に、支持台３を自在に移動させるＸ－Ｙ移動ステージ８を備える。

[0012] 不純物添加装置１は、レーザ光３２の照射により半導体基板２の内部の一部に不純物元素を添加するものである。尚、図１中の壁ブロック１０は、説明のため、図２のＩ－Ｉ断面線で示される組み合わせ断面形状で図示されている。

以下の説明では、ＳｉＣからなる半導体基板２について説明するが、Ｓｉ

Ｃに限定されるものではない。ＳｉＣとしては、例えばパワー半導体用として期待されている４Ｈ－ＳｉＣが用いられている。半導体基板２には、例えばエピタキシャル成長などの方法により、４Ｈ－ＳｉＣの結晶層が形成されている。半導体基板２のレーザ光が照射される側の面に、４Ｈ－ＳｉＣの（０００１）面（または（０００－１）面）が配置されている。

[0013] 溶液４は、半導体基板２にドーピングさせる不純物元素を溶解させた溶液である。図１に示す不純物添加装置１において、不純物元素をリン（Ｐ）とした場合、溶液４は８５重量％濃度のリン酸溶液が使用可能である。尚、不純物元素はリンに限定されるものではなく、ボロン（Ｂ）、アルミニウム（Ａｌ）、窒素（Ｎ）等他の元素が適宜用いられてよい。また溶液４も、例えば、不純物元素がボロンであればホウ酸水、不純物元素がアルミニウムであれば塩化アルミニウム水溶液、不純物元素が窒素であればアンモニア水溶液等、適宜構成される。

[0014] 支持台３は、Ｘ－Ｙ移動ステージ８に搭載されている。Ｘ－Ｙ移動ステージ８は、支持台３を下方から水平に支持するとともに、不図示の駆動装置に接続され、半導体基板２を、水平面内の方向（Ｘ－Ｙ方向）にそれぞれ自在に移動可能に構成されている。Ｘ－Ｙ方向の主移動は、例えばステッピングモータで駆動すればよいが、サブミクロンレベルの移動をするには磁気浮上により摩擦を失くせばよい。摩擦力のない状態でＸ－Ｙ移動ステージ８を磁気駆動でＸ－Ｙ方向に移動すれば、ナノメータレベルの位置制御ができる。位置制御は、例えばレーザ干渉計の出力をフィードバックして行えばよい。

[0015] 本発明の実施形態に係るＸ－Ｙ移動ステージ８は、更にＸ－Ｙ方向に垂直なＺ方向に移動可能に構成することが好ましく、半導体基板２をＸ方向，Ｙ方向及びＺ方向にそれぞれ移動可能に支持する３軸移動ステージとして構成されている。具体的には、Ｘ－Ｙ移動ステージ８をＺ方向に移動させるステージ用駆動装置（不図示）が設けられている。３軸移動可能なＸ－Ｙ移動ステージ８を用いて半導体基板２をレーザ光３２の照射目標位置に応じた所定の位置に自在に移動することにより、半導体基板２に所望の不純物添加領域

のパターンを直接描画することができる。

[0016] また支持台３の半導体基板２側（図１中の上側）の面には、不図示の基準マークが複数形成されている。基準マークは、半導体基板２に予め設定された照射目標位置に対応する、支持台３側の照射目標位置として用いられるものである。

壁ブロック１０は、図２に示すように、平面視で中央を貫通する凹部１２が形成された矩形状の本体枠１１と、貫通する凹部１２を覆うように本体枠１１の内側に水平に架け渡されて設けられた透過窓１３とを備える（図１参照）。なお、本体枠１１がレーザ光を透過する場合、凹部１２は貫通していなくてもよく、透過窓１３を備える必要もない。また壁ブロック１０と半導体基板２の上面との間には、壁ブロック１０の内部空間Ｖに注入された溶液４が表面張力によって外側に流出しないように設定された間隔ｈで、ギャップＧが形成されている。壁ブロック１０は、半導体基板２の上方で溶液４を囲い込んで、半導体基板２の上面上に溶液４の層を形成し、不純物元素を選択的に半導体基板２に接触させるものである。

[0017] 本体枠１１は樹脂製である。また本体枠１１は、平面視で一辺の長さ（Ｘ方向及びＹ方向の各長さ）が１５０ｍｍ程度の正方形状をなし、図１中の上下方向の長さで示す高さ（Ｚ方向の長さ）は５０ｍｍ程度とされ、全体で略直方体状の外観を有している。本体枠１１は、Ｘ方向及びＹ方向の各長さが、半導体基板２のＸ方向及びＹ方向の各長さより、いずれも小さく構成されている。

本体枠１１の凹部１２は、図１の上下方向に貫通形成されており、壁ブロック１０は、半導体基板２の上方で、凹部１２の軸とレーザ光３２の光軸とが互いに平行になるように、半導体基板２と非接触で配置されている。すなわちレーザ光３２は、本体枠１１の凹部１２を貫通して半導体基板２に照射される。図２中の斜線が描かれた領域で示される本体枠１１の凹部１２の開口面積Ｓは、本体枠１１を平面視又は水平断面視して正面に表われる領域の面積である。凹部１２の開口面積Ｓは、凹部１２を貫通するレーザ光３２の

水平断面積よりも大きくなるように形成されている。

[0018] 凹部１２を貫通するレーザ光３２が、レーザ光３２の水平断面視で一辺が百μｍオーダの矩形状の場合、本体枠１１の凹部１２は、例えば、本体枠１１の水平断面視で一辺が１ｍｍ以上の正方形状に形成される。またレーザ光３２の水平断面積が百μｍオーダより大きくなれば、凹部１２の開口面積Ｓもレーザ光３２の水平断面積に応じて、拡大される。

本体枠１１には、壁ブロック１０の外側から内部空間Ｖに溶液４を注入させる複数の注入孔１４，１５と、内部空間Ｖから外側に溶液４を排出させる複数の排出孔１６～１９とが、図２中に模式的に表された各開口面が示すように、形成されている。複数の注入孔１４，１５及び複数の排出孔１６～１９はいずれも循環系４０に接続されている。

[0019] 本体枠１１の矩形の四辺において左右方向に相対する二辺のうちの一辺（図２中の左側の辺）の上面１１ａには、１つの注入孔１４と、２つの排出孔１７，１９とがそれぞれ開口している。本体枠１１の矩形の一辺側の１つの注入孔１４と、２つの排出孔１７，１９とは、一辺に沿った同一直線上にそれぞれ開口している。また１つの注入孔１４の開口面が、２つの排出孔１７，１９の開口面に等間隔で挟まれて設けられている。

本体枠１１の凹部１２を挟んで矩形の一辺に相対する他辺（図２中の右側の辺）の上面１１ａには、他の１つの注入孔１５と他の２つの排出孔１６，１８とが、矩形の一辺側と同様の構成で、それぞれ開口している。本体枠１１の複数の注入孔及び排出孔について、矩形の一辺側と他辺側とは、本体枠の凹部１２に対して互いに対称に構成されている。

[0020] 図１に示すように、矩形の一辺側の１つの注入孔１４の、本体枠１１の上面１１ａ側の開口部が、溶液４の入側となる。また矩形の一辺側の１つの注入孔１４の、本体枠１１の下面１１ｂと本体枠１１の凹部１２の壁面とが交差する位置に開口する開口部が、溶液４の出側となる。すなわち注入孔１４は、本体枠１１の内部で、本体枠１１の外側から内側に貫通形成されるとともに、本体枠１１の上部から下部に向かって傾斜して形成された孔である。

尚、矩形の他辺側の１つの注入孔１５も、矩形の一辺側の１つの注入孔１４と同様に、本体枠１１の内部で、本体枠１１の外側から内側に貫通形成されるとともに、本体枠１１の上部から下部に向かって傾斜して形成された孔である。

[0021] 尚、図１に示す本体枠１１の注入孔１４の内径は、溶液４の入側から出側に向かって同じとされているが、例えば、本体枠１１の内部の上部に、注入孔１４の内径面積よりも大きい面積で、処理室内に開口した液溜り（不図示）を形成してもよい。そして、液溜りと注入孔１４とを連通させ、室内の大気圧を用いてより円滑に注入孔１４から壁ブロック１０の内部空間Ｖに溶液４を注入するように構成してもよい。

また矩形の他辺側の２つの排出孔１６，１８は、図１に示すように、本体枠１１の内部で、本体枠１１の上面１１ａと下面１１ｂとの間に鉛直に貫通形成された孔である。矩形の他辺側の１つの排出孔１６の、本体枠１１の下面１１ｂ側の開口部が溶液４の入側となるとともに、本体枠１１の上面１１ａ側の開口部が溶液４の出側となる。尚、矩形の一辺側の２つの排出孔１７，１９も、矩形の他辺側の２つの排出孔１６，１８と同様に、本体枠１１の上面１１ａと下面１１ｂとの間を鉛直に貫通形成された孔である。

[0022] 図１に示すように、半導体基板２の上面上では、溶液４は、壁ブロック１０によって囲まれた領域にしか接触していない。すなわち溶液局在領域Ｂは、半導体基板２の上面上であって、図１に示す左右方向においては、本体枠１１の矩形の一辺側の注入孔１４の出側の開口部と、他辺側の排出孔１６の入側の開口部との間にのみ形成されている。

また、本体枠１１の矩形の一辺側の１つの注入孔１４から注入された溶液４は、図３中の実線矢印で示すように、他辺側の２つの排出孔１６，１８から排出されることとなる。すなわち、本体枠１１の矩形の一辺側の１つの注入孔１４と他辺側の２つの排出孔１６，１８とが対応して、溶液４の流通経路の１つの向き（図１中の左側から右側の向き）が形成される。

[0023] また本体枠１１の矩形の他辺側の１つの注入孔１５から注入された溶液４

は、図３中の破線矢印で示すように、一辺側の２つの排出孔１７，１９から排出されることとなる。すなわち、本体枠１１の矩形の他辺側の１つの注入孔１５と一辺側の２つの排出孔１７，１９とが対応して、溶液４の流通経路の他の１つの向き（図１中の右側から左側の向き）が形成される。

すなわち、本体枠１１の凹部１２を挟んで相対する矩形の左右方向の２つの辺には、一辺側に形成された１つの注入孔と、この注入孔に対応して他辺側に形成された２つの排出口とからなる組み合わせが２組、対称的に設けられている。そして、矩形の左右方向は、支持台３のＸ方向の移動方向である。図１に示す不純物添加装置１は、注入孔と排出孔との組み合わせを２組備えることにより、壁ブロック１０は、溶液４が互いに逆向きに流通可能な２つの経路を備えるように構成されている。よって、支持台３のＸ方向の移動方向が、正逆切り替わる場合、壁ブロック１０が有する互いに逆向きに流通可能な２つの経路を切り替えることにより、溶液４の流通方向を切り替えることができる。

[0024] 壁ブロック１０が注入孔と排出孔との組み合わせを１組しか有さない場合、壁ブロック１０を１８０度回転移動させる構成とすることで、溶液４の流通方向を切り替えてもよい。但し、壁ブロック１０及び壁ブロック支持装置２０の構成をより複雑化する必要が生じるとともに、レーザードーピングの処理時間がかかることとなる。よって、図３に示す壁ブロック１０のように、互いに逆向きに流通可能な２つの経路を有するように構成することが好ましい。

本体枠１１の下面１１ｂは、図１に示すように、半導体基板２の上面より上方に位置し、壁ブロック１０の半導体基板２の上面と平行に対向する面をなす。本体枠１１の矩形状の下面１１ｂには撥水性を有する部位が形成されている。撥水性を有する部位は、本体枠１１の下面１１ｂと半導体基板２の上面との間のギャップＧにおいて、溶液４が壁ブロック１０の外側に流出することを抑制するものである。撥水性を有する部位は、例えば、本体枠１１の下面１１ｂの、複数の排出孔１６～１９が開口している位置よりも外側の

領域に形成される。撥水性を有する部位は、本体枠１１の素材自体に撥水性素材を用いて形成されてもよいし、或いは、本体枠１１の底面の所定の領域に、撥水性塗料が塗膜されて形成されてもよい。

[0025] 透過窓１３は、本体枠１１の凹部１２に密着して嵌合する形状とされるとともに、透過窓１３の高さ（図１中の上下方向の長さ）は本体枠１１の高さより短く形成されている。透過窓１３が本体枠１１の凹部１２の集光装置３９側（図１中の上側）に設けられることにより、凹部１２の上部が遮蔽されるとともに、凹部１２の半導体基板２側（図１中の下側）に、壁ブロック１０の微小な内部空間Ｖが形成されることとなる。透過窓１３は本発明の窓部材をなす。

透過窓１３は石英からなり、レーザ光学系３０からのレーザ光３２を透過するように構成されている。すなわちレーザ光３２は、透過窓１３を透過した後、壁ブロック１０の内部空間Ｖに導入される。また壁ブロック１０の内部空間Ｖに溶液４が注入されると、透過窓１３の下面（図１中の支持台３側の面）に溶液４の液面が密着するので、溶液４の液面の安定化が促進される。よって、溶液局在領域Ｂに照射されるレーザ光３２の屈折や散乱を抑制することができる。

[0026] すなわち本発明の実施形態に係る壁ブロック１０は、無底筒状の矩形の本体枠１１と、筒内部の上部を遮蔽する天井をなす透過窓１３とからなる。そして、壁ブロック１０が半導体基板２の上面から間隔ｈで僅かに離間した状態で設けられることで、壁ブロック１０と半導体基板２との間にギャップＧが形成される。

ギャップＧの間隔ｈは、壁ブロック１０の半導体基板２の上面からの高さであり、溶液４自身の表面張力によって、壁ブロック１０の内部空間Ｖに溶液４が保持されうる最長の長さ以内の長さとされている。具体的には、間隔ｈは、溶液４の粘度とレーザードーピングを行う処理室内の圧力とに基づいて設定されている。例えば、溶液４がリン酸溶液であれば、リン酸溶液中のリンの濃度と、粘度との関係を予め実験等により求めておくとともに、レー

ザードーピングに用いるリン酸溶液の濃度に応じて所定の粘度の値を導く。そして、導かれた粘度の値と、処理室内の大気圧の値とを用いて間隔ｈを設定する。

[0027] 例えば、本発明の実施形態に係る８５重量％濃度のリン酸溶液の溶液４の場合、間隔ｈは２００μｍ以下が好ましい。本発明の実施形態に係る壁ブロック１０は、表面張力によって溶液４が保持されうる間隔ｈのギャップＧを備えることにより、内部空間Ｖに溶液４の層を継続して形成する間、壁ブロック１０と半導体基板２の上面とを非接触状態とすることができる。

本発明の実施形態に係るレーザ光学系３０は、図１に示すように、レーザ光源３１と、レーザ光源３１から照射されるレーザ光を所定の形状に成形する可変スリット３３と、を備える。レーザ光学系３０は、半導体基板２の禁制帯幅よりも大きなエネルギーとなる波長のレーザ光を照射するように構成されることが好ましい。例えば、ＫｒＦ（＝２４８ｎｍ）レーザやＡｒＦ（＝１９３ｎｍ）レーザ等の紫外線領域のレーザ光を照射するレーザ光源３１を用いるようにすればよい。半導体基板に吸収されたエネルギーにより、照射部のみが高温となり、不純物元素を４Ｈ－ＳｉＣの格子間位置に移動させることを容易にすることができる。

[0028] またレーザ光学系３０は、可変スリット３３により成形されたレーザ光３２を反射して集光装置３９に導く第一ミラー３６及び第二ミラー３７を備える。またレーザ光学系３０は、支持台３上の基準マークを撮像するＣＣＤカメラ等の撮像装置３４と、照明光を照射する照明光発光装置３５と、照明光を反射及び透過させる第三ミラー３８と、不図示のアライメント機構とを備える。

第二ミラー３７は、照明光発光装置３５の照明光を透過させる。集光装置３９は、例えば複数の集光レンズからなる。アライメント機構は、撮像装置３４により撮像され検出された支持台３の基準マークの位置情報に基づいて支持台３の位置を調整し、半導体基板２の照射目標領域を集光装置３９の光軸に合致させるように位置合わせするものである。

[0029] 壁ブロック支持装置２０は、図１に示すように、壁ブロック１０の外側面に着脱自在に連結された複数の支持アーム２１、２２を有し、壁ブロック１０の下面と半導体基板２の上面との相対的な間隔ｈを保持するために用いられる。図１中には、図面を正面視して壁ブロック１０の奥側に位置する２本の支持アーム２１、２２が図示されている。壁ブロック支持装置２０には壁ブロック用駆動装置（不図示）が接続され、壁ブロック支持装置２０は、壁ブロック１０を上下方向である光軸方向（Ｚ方向）に移動可能に支持している。

壁ブロック支持装置２０による壁ブロック１０のＺ方向の移動と、支持台３を搭載した３軸移動可能なＸ－Ｙ移動ステージ８のＺ方向の移動とを組み合わせることにより、壁ブロック１０の下面１１ｂと半導体基板２の上面との間の間隔ｈが調整される。すなわち、壁ブロック支持装置２０が壁ブロック１０の移動を制御するとともに、Ｘ－Ｙ移動ステージ８が半導体基板２の移動を制御することで、壁ブロック１０と半導体基板２との間に、調整された間隔ｈのギャップＧが形成される。

[0030] 尚、壁ブロック１０と壁ブロック支持装置２０とが、後述する本発明の実施形態に係る壁ブロック系２５を形成し、また壁ブロック用駆動装置とステージ用駆動装置とが、後述する駆動系９を形成する。

循環系４０は、溶液４をタンク４１と壁ブロック１０との間で循環させるものである。循環系４０は、図１に示すように、溶液４を蓄えるタンク４１と、タンク４１と壁ブロック１０とをそれぞれ連結する注入配管４４及び排出配管４５と、を備える。また循環系４０は、注入配管４４側に設けられたバルブ４３と、排出配管４５側に設けられたポンプ４２と、を備える。注入配管４４は壁ブロック１０の注入孔１４に連結されるとともに、排出配管４５は壁ブロック１０の排出孔１６に連結されている。

[0031] 尚、壁ブロック１０には複数の注入孔１４，１５及び複数の排出孔１６～１９が形成されているので（図２参照）、複数の注入孔１４，１５及び複数の排出孔１６～１９のそれぞれに応じた複数の注入配管（不図示）及び複数

の排出配管（不図示）が設けられている。またバルブ及びポンプも、複数の注入配管及び複数の排出配管に応じて、それぞれ設けられている。

注入配管４４は循環系４０の中で、溶液４のタンク４１から壁ブロック１０への往路を形成する配管であり、一方、排出配管４５は、溶液４の壁ブロック１０からタンク４１への復路を形成する配管である。注入配管４４及び排出配管４５は、例えば所定の強度を有する可撓性素材で製造されたフレキシブルチューブ等で構成される。ポンプ４２は、溶液４をタンク４１から壁ブロック１０へ圧送するものである。尚、壁ブロック１０の本体枠１１の上面１１ａの複数の注入孔１４，１５及び複数の排出孔１６～１９の各開口位置には、それぞれの注入配管及び排出配管を、対応する注入孔及び排出孔に緊密に連結するための連結部材が設けられてもよい。

[0032] 次に、本発明の実施形態に係る不純物添加装置１の構成を、図４を参照して、概念的に６つの系に区分して説明する。図４に示す不純物添加装置１は、レーザ光３２の照射対象物である半導体基板２等のサンプル系５と、このサンプル系５を固定し任意のＸ方向、Ｙ方向及びＺ方向に移動可能な支持台３を構成する支持台系７と、を備える。また不純物添加装置１は、サンプル系５にレーザ光３２を照射するレーザ光学系３０と、レーザ光学系３０とサンプル系５との間にサンプル系５に対して非接触の位置に壁ブロック１０を配置する壁ブロック系２５と、を備える。

[0033] また図４に示す不純物添加装置１は、壁ブロック１０の内部空間Ｖに溶液４を外側から供給し、且つ、壁ブロック１０の内部空間Ｖと外側との間で循環させる循環系４０を備える。また不純物添加装置１は、支持台系７及び壁ブロック系２５を移動させる駆動系９を備える。

本発明に係るレーザ光学系３０は、少なくとも半導体基板２の上面上の溶液局在領域Ｂで、液相の不純物元素を半導体基板２にレーザードーピング可能なレーザ光を照射できる構成であればよい。駆動系９は、支持台系７のＸ－Ｙ移動ステージ８をＸ－Ｙ方向に垂直なＺ方向に移動させるステージ用駆動装置（不図示）と、壁ブロック系２５の壁ブロック１０をＺ方向に移動さ

せる壁ブロック用駆動装置（不図示）とを備えることが好ましい。但し、不純物添加装置１が、壁ブロック１０の下面１１ｂと半導体基板２の上面との間隔ｈを制御する限り、ステージ用駆動装置及び壁ブロック用駆動装置のいずれか一方のみの構成であってもよい。

[0034] 次に、本発明の実施形態に係る不純物添加装置１の動作を、図５～図１５を参照して説明する。尚、各図では説明のため、レーザ光学系３０、壁ブロック支持装置２０及び循環系４０の一部の部材の図示が適宜省略されている。また各図中の壁ブロック１０及び一部の図中の半導体基板２は断面視で示されている。

まず、図５に示すように、半導体基板２を、表面を支持台３と反対側（図５中の上側）に向けて支持台３の上に載置し固定する。支持台３が配置される室内は大気圧とされている。

[0035] 次に、半導体基板２上で不純物元素をドーピングさせる照射目標領域２ｘに応じた基準マークの位置を、集光装置３９の光軸３２ｓに合致させるように、支持台３をＸ及びＹ方向に所定量移動させる。支持台３の移動により、図６に示すように、半導体基板２上の照射目標領域２ｘが、壁ブロック１０の凹部１２の直下に位置する。

また、支持台３又は壁ブロック支持装置２０を用いて、半導体基板２と壁ブロック１０とを互いに離間させ、半導体基板２と壁ブロック１０との間に、間隔ｈのギャップＧを形成する。ギャップＧの形成においては、支持台３及び壁ブロック支持装置２０のいずれか一方のみを用いて壁ブロック１０をＺ方向へ移動させてもよいし、支持台３及び壁ブロック支持装置２０の両方を用いて壁ブロック１０をＺ方向へ移動させてもよい。

[0036] 次に、図７に示すように、本体枠１１の矩形の他辺側（図３中の右側）の１つの排出孔１６側に接続されたポンプ４２を駆動させ、タンク４１内の溶液４を矩形の一辺側の注入孔１４へ押し出す。また矩形の他辺側で１つの排出孔１６とともに設けられている他の１つの排出孔１８にも不図示のポンプが接続されており、１つの排出孔１６側に接続されたポンプ４２と同時に駆

動させる。また本体枠１１の矩形の一辺側の１つの注入孔１４側のバルブ４３を開くとともに、矩形の他辺側の１つの注入孔１５側のバルブ（不図示）を閉じる。

[0037] すなわち、壁ブロック１０の内部空間Ｖで、本体枠１１の矩形の一辺側から他辺側への流通経路を形成する。矩形の一辺側から他辺側への向きが、後続するレーザードーピングにおける支持台３の移動方向となる。タンク４１から押し出された溶液４は注入配管４４内を流れ、壁ブロック１０の注入孔１４に至った後、注入孔１４を通って内部空間Ｖに至る。

壁ブロック１０の内部空間Ｖへ圧送された溶液４は、壁ブロック１０によって囲われ、液面が透過窓１３の下面に至るまで、内部空間Ｖに充満する。溶液４は、内部空間Ｖに対向する半導体基板２の上面上に溶液４の層を形成することとなる。

[0038] 次に、半導体基板２の上面上の溶液局在領域Ｂに、レーザ光３２を照射する。半導体基板２の上面上の照射目標領域２ｘにレーザ光３２が照射されることにより、照射目標領域２ｘは、図８に示すように、不純物元素がドーピングされた照射領域２ａとなる。

ここでレーザ光３２は、半導体基板２上の一つの照射目標領域に対し、複数回照射してもよい。レーザ光３２を複数回照射することにより、不純物元素のドープ量が増加するとともに、半導体基板２の上面からの不純物元素の拡散深さが拡大する。但し、照射回数が増加すると処理時間が増加するとともに、半導体基板２表面の粗さも拡大する。よって、半導体素子の製造時間の短縮や、半導体基板２表面の粗さを抑制したい場合には、照射回数を適度な回数に留めることが望ましい。

[0039] また、レーザ光３２を複数回照射する間、本体枠１１の他辺側の２つの排出孔１６，１８に接続された各ポンプは継続して駆動している。そのため、レーザ光３２の照射の進行中も、タンク４１から溶液４が適宜壁ブロック１０側へ押出され、壁ブロック１０の内部空間Ｖには、注入配管４４から後続する溶液４が連続的に供給される。壁ブロック１０の内部空間Ｖに先行して

存在する溶液４は、後続する溶液４に押し出される形で、２つの排出孔１６，１８を通り、壁ブロック１０の外側へ連続的に排出される。排出された溶液４は、排出配管４５内を流れ、再びタンク４１に還流する。すなわち、図８に示す壁ブロック１０では、壁ブロック１０の内部空間Ｖと外側との間で、図８中の半時計回りの矢印で示すように溶液４を循環させている。

[0040] 照射目標領域に対する所定回数のレーザ光３２の照射が完了した後、図９中の右向き矢印で示すように、支持台３をＸ方向における一方向に移動させる。支持台３の移動に伴い、半導体基板２上の照射目標領域は相対的に、Ｘ方向における一方向の反対方向（図９中の右から左方向）へ移動することとなる。そして、不純物元素がドーピングされた照射領域２ａの隣の照射目標領域に対してレーザ光３２を照射し、半導体基板２の上面上に、不純物元素がドーピングされた照射領域２ｂ、２ｃ、２ｄ…を逐次的に形成する。

支持台３のＸ方向の移動の間、溶液４は、壁ブロック１０の内部空間Ｖと外側との間で循環している。そのため、先行の照射目標位置でレーザードーピングに使用された溶液４は、壁ブロック１０の内部空間Ｖに新規に供給される溶液４に、壁ブロック１０の外側へ押し出される。また後続の照射目標位置には、新規に供給される溶液４による溶液層が形成される。よって、溶液４と半導体基板２の上面上の溶液局在領域Ｂでは、古い溶液４が取り除かれ、レーザードーピングに必要な濃度の新しい溶液４の層が絶え間なく形成される。

[0041] また、半導体基板２上の照射目標領域が相対的に本体枠１１の矩形の一辺側の注入孔１４へ移動することにより、先行のレーザードーピングに使用された古い溶液４が、矩形の他辺側の２つの排出孔１６，１８へ移動することとなる。よって、溶液４の循環とともに、支持台３の移動に基づく古い溶液４の移動が行われることにより、溶液４の循環をより円滑に行うことが可能となる。

逐次的に形成された複数の照射領域２ａ，２ｂ、２ｃ、２ｄ…は、Ｘ方向に延びる領域である照射ラインを構成することとなる。ここで支持台３のＸ

方向の移動量は、レーザ光３２の照射処理の進行に応じて、適宜設定されてよい。すなわち照射ラインは連続的に形成されても非連続に形成されてもよい。また照射ラインは、図１０に示すように、複数の照射領域と隣接する照射領域とが、互いに支持台３の１回の移動幅の約半分重なるように形成されてもよい。

[0042] 図１０の照射ラインの場合、図中に実線囲みで示す照射領域２ａの左側に、１点鎖線囲みで示す照射領域２ｂが形成されるとともに、１点鎖線囲みで示す照射領域２ｂの左側に、破線囲みで示す照射領域２ｃが形成されている。また破線囲みで示す照射領域２ｃの左側に、点線囲みで示す照射領域２ｄが形成されている。

図１１に示すように、Ｘ方向におけるある照射ラインの最後の照射領域２ｆが形成されるまで、図６～図１０で示したように、照射領域の形成を繰り返す。その後、溶液４の流通方向を切り替えるとともに支持台３をＹ方向へ所定量移動させる。溶液４の流通方向の切り替えと支持台３のＹ方向への移動とは、いずれが先に行われてもよいし或いは同時に行われてもよい。以下、溶液４の流通方向の切り替えと、支持台３のＹ方向への移動とを、図１２及び図１３を参照して、別々に説明する。尚、図１２中の壁ブロック１０は、図２中のＸＩＩ－ＸＩＩ断面線での組み合わせ断面図を用いて示されている。

[0043] 溶液４の流通方向の切り替えは、具体的には、まず、本体枠１１の矩形の一辺側の１つの注入孔１４に連結された注入配管４４側のバルブ４３（図１１参照）を閉じる。また本体枠１１の矩形の他辺側の２つの排出孔１６，１８側に連結された２つのポンプ（図１１参照）を駆動させ、壁ブロック１０の内部空間Ｖの溶液４を一旦、タンク４１に回収する。尚、図１２には、本体枠１１の矩形の他辺側の１つの排出孔１６側に接続されたポンプ４２のみが示されている。

壁ブロック１０の内部空間Ｖの溶液４の回収が完了した後、図１２に示すように、本体枠１１の矩形の他辺側の１つの注入孔１５に連結された注入配

管５４側のバルブ５３を開く。また本体枠１１の矩形の一辺側の１つの排出孔１７に連結された注入配管５５側に連結された２つのポンプを駆動させる。尚、図１２には、本体枠１１の矩形の一辺側の１つの排出孔１７側に接続されたポンプ５２のみが示されている。

[0044] ポンプ５２の駆動により、本体枠１１の矩形の他辺側の１つの注入孔１５から一辺側の２つの排出孔１７，１９へ（図３中の破線矢印で示す流通方向）溶液４が流通する。また壁ブロック１０の内部空間Ｖと外側との間で、図１２中に時計回りの矢印で示すように、溶液４が循環することとなる。すなわち、図１２に示す壁ブロック１０の場合、図１１に示す壁ブロック１０の内部空間Ｖの溶液４の流通経路とは逆向きの流通経路が形成される。

支持台３のＹ方向への移動量は、Ｘ方向の移動量と同様に、レーザ光３２の照射処理の進行に応じて、適宜設定されてよい。例えば、図１３に示す移動の場合、支持台３は、図中の上側に移動している。また、照射領域の軌跡は、図１３中の下向き矢印で示すように、先行の照射ラインＸ１の最後の照射領域２ｆから、後続の照射ラインの最初の照射領域２ｇへ、と移動している。図１３中、先行の照射ラインＸ１の最後の照射領域２ｆは一点鎖線囲みの矩形で示されるとともに、後続の照射ラインの最初の照射領域２ｇは実線囲みの矩形で示されている。先行の照射ラインＸ１の最後の照射領域２ｆと後続の照射ラインの最初の照射領域２ｇとは、支持台３の移動幅の約半分が互いに重なるように形成されている。

[0045] 溶液４の流通方向の切り替えと支持台３のＹ方向への移動とが完了した後、図１４中の左向き矢印で示すように、支持台３を、先行の照射ラインＸ１と平行に、Ｘ方向に移動させる。また、図１４中の時計周りの矢印で示すように溶液４を循環させるとともに、壁ブロック１０の内部空間Ｖでは溶液４を、本体枠１１の矩形の他辺側の１つの注入孔１５側から一辺側の２つの排出孔１７，１９側へ流通させる。また図６～図１４に示すように支持台３の移動とレーザ光３２の照射とを繰り返し行うことにより、図１５に示すように、後続の照射ラインＸ２を形成する。

[0046] 図１５の照射ラインＸ２の場合、図中の右向き矢印で示すように、照射領域が形成される。図１５中に実線囲みで示す照射領域２ｇの右側に、１点鎖線囲みで示す照射領域２ｈが形成されるとともに、１点鎖線囲みで示す照射領域２ｈの右側に、破線囲みで示す照射領域２ｉが形成されている。照射ラインＸ２は、先行の照射ラインＸ１に重なっている。

本発明の実施形態に係る不純物添加方法においては、図５～図１５に示したように、

（ｉ）半導体基板２の上面上に不純物元素を含む溶液４の局在した領域を形成する工程（ｉｉ）溶液４を介して半導体基板２の上面にレーザ光３２を照射する工程

（ｉｉｉ）半導体基板２の上面に平行な面内に定義されるＸ－Ｙ方向に半導体基板２を移動させる工程

が含まれる。（ｉ）、（ｉｉ）及び（ｉｉｉ）の各工程を、適宜繰り返し行うことにより、半導体基板２の内部の一部に不純物元素が添加されたパターンを直接描画し、不純物元素のドーピング面を形成することができる。

[0047] また本発明の実施形態に係る不純物添加方法を用いた半導体素子の製造方法を以下に説明する。具体的には、まず、第１導電型（ｐ型又はｎ型）又は第２導電型（ｎ型又はｐ型）の半導体基板２の上部の一部に、半導体基板２の上面が露出するように、第１導電型（ｎ型）の半導体領域（本発明の第２の半導体領域）を形成する。次に、平面パターン上、第２の半導体領域の内部となる半導体基板２の上面上に、第１導電型（ｐ型又はｎ型）の不純物元素を含む溶液４の局在した領域を形成する。

次に、溶液４を介して第２の半導体領域にレーザ光３２を照射して、第２の半導体領域の上部に、第２の半導体領域よりも高濃度の第１導電型（ｐ型又はｎ型）の半導体領域（本発明の第１の半導体領域）を形成する。次に、第１の半導体領域にオーミック電極層を形成させ、半導体素子を製造する。

[0048] 本発明の実施形態に係る半導体素子の製造方法によって製造された半導体素子の特性について、図１６～図１８を参照して説明する。製造された半導

体素子では、図１６に示すように、半導体基板２の上面からの深さが深くなるほど、ドーピングされた不純物元素の濃度が低下している。すなわち、不純物元素が半導体基板２の上面から導入され拡散していることがわかる。

またレーザ光３２の照射回数が１ショットの場合の曲線αと、１００ショットの場合の曲線βとの比較より、ドーピングされた不純物元素の濃度と、半導体基板２の上面からの深さとのプロファイルは、照射回数に依存することがわかる。よって、本発明の実施形態に係る不純物添加装置１を用いて製造された半導体素子は、半導体基板２の上面近傍に、高濃度のドーピングを行う場合に好適であることがわかる。

[0049] また図１７に示すように、本発明の実施形態に係る不純物添加装置１を用いて、第１導電型（ｎ型）の半導体基板２の内部の一部に、第２導電型（ｐ型）の不純物元素を含む溶液４を介してレーザ光３２を照射し、ｐ型不純物領域２ｚが形成された半導体素子を製造した。製造された半導体素子のｎ型半導体基板２とｐ型不純物領域２ｚとの間に、カソード（オーミック）電極Ｃ、電流計Ａ及び直流電源を直列に接続した回路を構成し、半導体素子のｎ層とｐ型不純物領域２ｚとの間に電圧を印加した。

製造された半導体素子は、図１８に示すように、順方向の整流特性を示し、半導体素子のｎ層とｐ型不純物領域２ｚとの間にｐｎ接合が形成されていることが確認された。すなわち、ｐ型不純物領域２ｚは、半導体素子の製造時に目標としたダイオードのアノード領域として有効に機能していた。尚、ｎ型の半導体基板２中にｐ型のソース領域及びｐ型のドレイン領域を形成すれば、電界効果トランジスタが実現できる。また、ｐ型とｎ型とを互いに逆にして構成してもよい。

[0050] 次に、本発明の他の実施形態に係る不純物添加装置の壁ブロックを説明する。尚、以下に説明する本発明の他の実施形態に係る不純物添加装置は、いずれも本発明の実施形態の壁ブロック１０と異なる壁ブロックを用いた循環系が構成されている点が、本発明の実施形態と相違する。本発明の他の実施形態に係る不純物添加装置においては、特に壁ブロックの注入孔及び排出孔

の構成が本発明の実施形態と相違する。また注入孔及び排出孔に接続される注入配管、排出配管、ポンプ、バルブ及びタンク等の構成については、本発明の実施形態に係る循環系と同様に構成される。よって、本発明の他の実施形態に係る壁ブロックについて、本発明の実施形態に係る壁ブロック１０と相違する点を、図１９～図２３を参照して説明するとともに、他の共通する点については説明を省略する。

[0051] まず、図１９に示すように、発明の他の実施形態に係る壁ブロック６０は、内部に貫通した凹部６２を有する矩形状の本体枠６１と、凹部６２を覆うように本体枠６１の内側に水平に架け渡されて設けられた透過窓１３とを備える。

本体枠６１の上面６１ａの矩形の四辺において左右方向に相対する二辺のうちの一辺（図１９中の左側の辺）の凹部６２寄りには、溶液を注入するための５つの注入孔が、本体枠６１の凹部６２に沿って設けられている。５つの注入孔の開口部によって第一の注入孔開口ラインＬｉ１が形成されている。第一の注入孔開口ラインＬｉ１の５つの注入孔の開口部は、本体枠６１の上面６１ａに、一辺に沿った同一直線上で等間隔に並設されている。

[0052] また本体枠６１の一辺には、溶液を排出するための６つの排出孔が、第一の注入孔開口ラインＬｉ１の外側に設けられている。６つの排出孔の開口部によって第二の排出孔開口ラインＬｄ２が形成されている。第二の排出孔開口ラインＬｄ２の６つの排出孔の開口部は、本体枠６１の上面６１ａに、第一の注入孔開口ラインＬｉ１と平行に、一辺に沿った同一直線上で等間隔に並設されている。

また本体枠６１の上面６１ａの左右方向の他辺（図１９中の右側の辺）においの凹部６２寄りには、溶液を注入するための５つの注入孔が本体枠６１の凹部６２に沿って設けられている。５つの注入孔の開口部によって第二の注入孔開口ラインＬｉ２が形成されている。第二の注入孔開口ラインＬｉ２の５つの注入孔の開口部は、本体枠６１の上面６１ａに、他辺に沿った同一直線上で等間隔に並設されている。

[0053] また本体枠６１の他辺には、溶液を排出するための６つの排出孔が、第二の注入孔開口ラインＬｉ２の外側に設けられている。６つの排出孔の開口部によって第一の排出孔開口ラインＬｄ１が形成されている。第一の排出孔開口ラインＬｄ１の６つの排出孔の開口部は、本体枠６１の上面６１ａに、第二の注入孔開口ラインＬｉ２と平行に、
他辺に沿った同一直線上で等間隔に並設されている。

図１９に示す壁ブロック６０の場合、第一の注入孔開口ラインＬｉ１と第一の排出孔開口ラインＬｄ１とが、溶液の一つの流通経路を形成する。また、第二の注入孔開口ラインＬｉ２と第二の排出孔開口ラインＬｄ２とが、溶液の一つの流通経路と逆向きとなる流通経路を形成している。

[0054] 図３に示す壁ブロック１０の場合、矩形の他辺側の２つの排出孔１６、１８が、辺の内外方向（Ｘ方向）の中央に配置されている。これに対し、図１９に示す壁ブロック６０では、第一の排出孔開口ラインＬｄ１及び第二の排出孔開口ラインＬｄ２が、それぞれの辺において内外方向の中央よりも外周部に配置されている。そのため、支持台が矩形の一辺側から他辺側（図１９中の左から右向き）へ移動する場合、本体枠６１の下面の他辺側で、第一の排出孔開口ラインＬｄ１から排出される溶液が移動する領域が、図３に示す壁ブロック１０の場合より増加する。よって、壁ブロック６０の内部空間の溶液が、支持台のＸ方向における矩形の一辺側から他辺側へ移動するとき、壁ブロック６０の外側へ流出することを抑制できる。

反対に、支持台が矩形の他辺側から一辺側（図１９中の右から左向き）へ移動する場合、本体枠６１の下面の一辺側で、第二の排出孔開口ラインＬｄ２から排出される溶液が移動する領域が、図３に示す壁ブロック１０の場合より増加する。よって、壁ブロック６０の内部空間の溶液が、支持台のＸ方向における矩形の他辺側から一辺側へ移動するとき、壁ブロック６０の外側へ流出することを抑制できる。

[0055] 次に、図２０に示すように、本発明のさらに他の実施形態に係る壁ブロック７０は、内部に貫通した凹部７２を有する矩形状の本体枠７１と、凹部７

２を覆うように本体枠７１の内側に水平に架け渡されて設けられた透過窓１３とを備える。

本体枠７１の上面７１ａの矩形の四辺において左右方向に相対する二辺のうちの一辺（図２０中の左側の辺）の凹部７２寄りには、６つの注入孔７４と６つの排出孔７７とが、本体枠７１の凹部７２に沿って設けられている。６つの注入孔７４の開口部と６つの排出孔７７の開口部とによって、第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１が形成されている。第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１の６つの注入孔７４の開口部と６つの排出孔７７の開口部とは、本体枠７１の上面７１ａに、一辺に沿った同一直線上で、等間隔に、且つ、互い違いに並設されている。

[0056] また本体枠７１の上面７１ａの他辺（図２０中の右側の辺）の凹部７２寄りには、６つの注入孔７５と６つの排出孔７６とが、本体枠７１の凹部７２に沿って設けられている。６つの注入孔７５の開口部と６つの排出孔７６の開口部とによって、第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２が形成されている。第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２の６つの注入孔７５の開口部と６つの排出孔７６の開口部とは、本体枠７１の上面７１ａに、他辺に沿った同一直線上で、等間隔に、且つ、互い違いに並設されている。

図２０に示す壁ブロック７０の場合、第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１をなす６つの注入孔７４と、第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２をなす６つの排出孔７６とが、溶液の一つの流通経路を形成する。また、第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２をなす６つの注入孔７５と、第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１をなす６つの排出孔７７とが、溶液の一つの流通経路と逆向きとなる流通経路を形成している。第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１と第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２とは、凹部７２に対して、互いに対称的に構成されている。

[0057] 次に、図２１に示すように、本発明のさらに他の実施形態に係る壁ブロック８０は、内部に貫通した凹部８２を有する矩形状の本体枠８１と、凹部８２を覆うように本体枠８１の内側に水平に架け渡されて設けられた透過窓１

３とを備える。

本体枠８１の上面８１ａの矩形の四辺において左右方向に相対する二辺のうちの一辺（図２１中の左側の辺）の凹部８２寄りには、６つの注入孔７４と６つの排出孔７７とからなる第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１が形成されている。第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１は、図２０に示す壁ブロック７０の第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１と同じ構成とされている。また本体枠８１の上面８１ａの他辺（図２１中の右側の辺）の凹部８２寄りには、６つの注入孔７５と６つの排出孔７６とからなる第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２が形成されている。第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２は、図２０に示す壁ブロック７０の第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２と同じ構成とされている。

[0058] また壁ブロック８０には、本体枠８１の矩形の四辺において上下方向に相対する二辺のうちの一辺（図２１中の上側の辺）に、溶液を排出するための６つの排出孔が本体枠８１の凹部８２に沿って設けられている。６つの排出孔の開口部によって第三の排出孔開口ラインＬｄ３が形成されている。第三の排出孔開口ラインＬｄ３の６つの排出孔の開口部は、本体枠８１の上面８１ａに、矩形の上辺に沿った同一直線上で等間隔に並設されている。

また本体枠８１の上下方向に相対する二辺のうちの他辺（図２１中の下側の辺）に、溶液を排出するための６つの排出孔が本体枠８１の凹部８２に沿って設けられている。６つの排出孔の開口部によって第四の排出孔開口ラインＬｄ４が形成されている。第四の排出孔開口ラインＬｄ４の６つの排出孔の開口部は、本体枠８１の上面８１ａに、矩形の下辺に沿った同一直線上で等間隔に並設されている。第三の排出孔開口ラインＬｄ３と第四の排出孔開口ラインＬｄ４とは、凹部８２に対して、互いに対称的に構成されている。

[0059] 図２１に示す壁ブロック８０では、第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１をなす６つの注入孔に対し、第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２をなす６つの排出孔７６、第三の排出孔開口ラインＬｄ３をなす６つの排出孔、及び第四の排出孔開口ラインＬｄ４をなす６つの排出孔が対応する。すなわち、

本体枠８１の矩形の左辺側から注入された溶液を、矩形の右辺と上辺と下辺とからなる３辺側で排出する流通経路が形成される。

また、第二の注入排出混合開口ラインＬＭ２をなす６つの注入孔に対し、第一の注入排出混合開口ラインＬＭ１をなす６つの排出孔７７、第三の排出孔開口ラインＬｄ３をなす６つの排出孔、及び第四の排出孔開口ラインＬｄ４をなす６つの排出孔が対応する。すなわち、本体枠８１の矩形の右辺側から注入された溶液を、矩形の左辺と上辺と下辺とからなる３辺側で排出する流通経路が形成される。

[0060] 壁ブロック８０には、４つの排出孔開口ラインＬｄ１～Ｌｄ４をなす複数の排出孔が、本体枠８１の矩形の外周の上下左右の４方位に配置されている。よって、例えば、壁ブロック８０を、矩形の左右方向を支持台のＸ方向に合わせるとともに、矩形の上下方向を支持台のＹ方向に合わせて不純物添加装置に設ける。図３に示す壁ブロック１０による効果に加え、支持台がＸ方向及びＹ方向のいずれの方向に移動する場合でも、溶液が外側に流出することをより確実に防止することができる。

[0061] 次に、図２２に示すように、本発明のさらに他の実施形態に係る壁ブロック９０は、内部に貫通した凹部９２を有する矩形状の本体枠９１と、凹部９２を覆うように本体枠９１の内側に水平に架け渡されて設けられた透過窓１３とを備える。

本体枠９１の上面９１ａの矩形の四辺において左右方向に相対する二辺のうちの一辺（図２２中の左側の辺）の凹部９２寄りには、１つの注入孔９４と２つの排出孔９７，９９とが形成されている。１つの注入孔９４と２つの排出孔９７，９９とは、一辺に沿った同一直線上に、等間隔で、且つ、１つの注入孔９４が２つの排出孔９７，９９の間に挟まれて開口して並設されている。

また本体枠９１の上面９１ａの他辺（図２２中の右側の辺）の凹部９２寄りには、１つの注入孔９５と２つの排出孔９６，９８とが形成されている。１つの注入孔９５と２つの排出孔９６，９８とは、他辺に沿った同一直線上

に、等間隔で、且つ、１つの注入孔９５が２つの排出孔９６，９８の間に挟まれて開口して並設されている。

[0062] 本体枠９１の一辺側の１つの注入孔９４と、他辺側の２つの排出孔９６，９８とが、溶液の一つの流通経路を形成する。また、本体枠９１の他辺側の１つの注入孔９５と、一辺側の２つの排出孔９７，９９とが、溶液の一つの流通経路と逆向きとなる流通経路を形成している。

本体枠９１の一辺側の１つの注入孔９４と２つの排出孔９７，９９とは、いずれも、本体枠の上面９１ａから下面に貫通形成されている。また１つの注入孔９４と２つの排出孔９７，９９には、それぞれの孔の下部と本体枠９１の内部空間とを連通する各溝部９４ａ，９７ａ，９９ａが、それぞれ独立して設けられている。３つの溝部９４ａ，９７ａ，９９ａは、図２３に示すように、本体枠９１の断面視で上底よりも下底が長い等脚台形状に形成されている。

[0063] また本体枠９１の他辺側の１つの注入孔９５と２つの排出孔９６，９８とは、いずれも、本体枠の上面９１ａから下面に鉛直に貫通形成されている。また１つの注入孔９５と２つの排出孔９６，９８には、それぞれの孔の下部と本体枠９１の内部空間とを連通する各溝部９５ａ，９６ａ，９８ａが、それぞれ独立して設けられている。３つの溝部９５ａ，９６ａ，９８ａは、本体枠９１の一辺側の３つの溝部９４ａ，９７ａ，９９ａと同様に、本体枠９１の断面視で上底よりも下底が長い等脚台形状に形成されている。

本体枠９１の一辺側の１つの注入孔９４と２つの排出孔９７，９９と、他辺側の１つの注入孔９５と２つの排出孔９６，９８とは、凹部９２に対して、互いに対称的に構成されている。

[0064] 図２２及び図２３に示す壁ブロック９０によれば、複数の注入孔９４，９５と複数の排出孔９６，９７，９８，９９には、それぞれの孔と本体枠９１の内部空間とを連通する各溝部が、孔毎に独立して設けられている。よって、溶液の壁ブロック９０の内部空間での流通性をより高めることが可能となり、効率的な循環を行うことができる。

以上のとおり説明した本発明の実施形態に係る不純物添加装置１を用いることにより、以下の効果が導かれる。

[0065] 本発明の実施形態に係る不純物添加装置１によれば、壁ブロック１０により、半導体基板２の上面上において、不純物元素を含む溶液４の局在した溶液局在領域Ｂが形成される。半導体基板２の上面は、壁ブロック１０に囲まれた溶液４とのみ接触するので、半導体基板２全体が溶液４に浸漬することがない。よって、半導体基板２全体を溶液４に浸漬させる場合より、レーザードーピングに用いる溶液４の量を抑制することができる。また溶液４の循環量を低減可能となるので、循環系４０に用いるポンプ４２，５２等を小型化し、循環系４０をよりコンパクトに構成することができる。

[0066] また本発明の実施形態に係る不純物添加装置１によれば、半導体基板２全体を溶液４に浸漬させる必要がないので、例えば半導体基板２の裏面等、レーザードーピングが不必要な部位が、溶液４に暴露され、汚染される事態が発生しない。よって、レーザードーピングが不必要な部位の汚染を防止するための保護膜の形成や除去等の工程を省略することができる。また、半導体基板２の材料が、溶液４の汚染に耐えうる材料に限定されるという制限が解消され、材料選択の自由度を向上させることができる。

また本発明の実施形態に係る不純物添加装置１によれば、壁ブロック１０に形成された注入孔と排出孔とを用いて、壁ブロック１０の内部空間Ｖに供給した溶液４を回収して循環させる。よって、壁ブロック１０の内部空間Ｖの溶液４を適宜排出して、排出した溶液４より新しい溶液４を、半導体基板２の上面に定常的に供給することが可能となる。よって、レーザ光３２を連続して照射する場合であっても、半導体基板２の上面に供給される溶液４の濃度ムラや劣化によるドーピングのバラツキを抑え、安定したレーザードーピングを行うことができる。

[0067] また本発明の実施形態に係る不純物添加装置１によれば、壁ブロック１０と半導体基板２の上面との間には、溶液４が表面張力によって外側に流出しないように設定された間隔ｈで、ギャップＧが形成されている。よって、溶

液４を壁ブロック１０の外側へ流出させることなく、壁ブロック１０を半導体基板２の上面に非接触状態で、レーザードーピングを行うことが可能となる。よって、支持台３の移動に伴い半導体基板２が移動するとき、壁ブロック１０が半導体基板２に接触して半導体基板２表面を損なうことを防止できる。また壁ブロック１０が半導体基板２の上面に非接触状態であるので、半導体基板２の移動を円滑に行うことができる。

[0068] また本発明の実施形態に係る不純物添加装置１によれば、壁ブロック１０の本体枠１１の下面１１ｂに撥水性を有する部位が形成されていることにより、溶液４に対して、撥水性を有する部位の内側に保持させようとする力を作用させる。よって、壁ブロック１０の内部空間Ｖの溶液４が壁ブロック１０の外側に流出することを、より効率的に抑制できる。

以上、本発明の実施形態に係る不純物添加装置及び製造方法を説明したが、本発明は、上記した実施形態に限定されるものではない。例えば、半導体基板２の下面に対して、不純物元素を含む溶液を接触させ、溶液局在領域Ｂにレーザ光３２を照射するように構成されてもよい。本発明は、半導体基板等のサンプルの表面上に、不純物元素を含む溶液の局在した領域を選択的に形成すればよく、上記した実施形態の各構成を適宜変更又は組み合わせて構成されてよい。

符号の説明

[0069]

１	不純物添加装置
２	半導体基板
３	支持台
４	溶液
８	Ｘ－Ｙ移動ステージ
９	駆動系
１０	壁ブロック
１１ｂ	下面
１２	凹部

１３　　透過窓

１４，１５　　注入孔

１６，１７，１８，１９　排出孔

３０　　レーザ光学系

３２　　レーザ光

４０　　循環系

ｈ　　間隔

Ｂ　　溶液局在領域

Ｇ　　ギャップ

Ｖ　　内部空間

請求の範囲

[請求項1] 半導体基板を支持する支持台と、

該支持台に前記半導体基板から離間して配置され、前記半導体基板の前記支持台と反対側の面上に不純物元素を含む溶液の局在した領域を形成するように内部に凹部を有する壁ブロックと、

前記壁ブロックに囲まれた前記溶液を介して前記半導体基板の前記支持台と反対側の面にレーザ光を照射するレーザ光学系と、を備え、

前記レーザ光の照射により前記半導体基板の内部の一部に前記不純物元素を添加することを特徴とする不純物添加装置。

[請求項2] 前記半導体基板の主面に平行な面内に定義されるＸ－Ｙ方向に、前記支持台を自在に移動させるＸ－Ｙ移動ステージを更に備えることを特徴とする請求項１に記載の不純物添加装置。

[請求項3] 前記壁ブロックの前記半導体基板側の面は、前記半導体基板の前記支持台と反対側の面と平行であり、

前記壁ブロックの前記半導体基板側の面と前記半導体基板の前記支持台と反対側の面との間隔を制御するように、前記Ｘ－Ｙ方向に垂直方向に前記Ｘ－Ｙ移動ステージを移動させる駆動系を更に備えることを特徴とする請求項２に記載の不純物添加装置。

[請求項4] 前記壁ブロックに囲まれた前記溶液を前記半導体基板の前記支持台と反対側の面に接した状態で循環させる循環系を更に備えることを特徴とする請求項１～３のいずれか一項に記載の不純物添加装置。

[請求項5] 前記レーザ光学系は、前記半導体基板の禁制帯幅よりも大きなエネルギーとなる波長のレーザ光を照射することを特徴とする請求項４に記載の不純物添加装置。

[請求項6] 前記壁ブロックの前記半導体基板側の面は、撥水性を有することを特徴とする請求項５に記載の不純物添加装置。

[請求項7] 前記壁ブロックの前記凹部が貫通しており、該凹部に、前記レーザ光を透過させて導入させる窓部材を更に備えることを特徴とする請求

項６に記載の不純物添加装置。

[請求項8] 半導体基板の主面上に不純物元素を含む溶液の局在した領域を形成する工程と、

前記溶液を介して前記半導体基板の主面にレーザ光を照射する工程と、

を含み、前記半導体基板の内部の一部に前記不純物元素を添加することを特徴とする不純物添加方法。

[請求項9] 前記半導体基板の主面に平行な面内に定義されるＸ－Ｙ方向に前記半導体基板を移動させる工程を更に含み、

前記半導体基板の内部の一部に前記不純物元素が添加されたパターンを直接描画することを特徴とする請求項８に記載の不純物添加方法。

[請求項10] 第１導電型又は第２導電型の半導体基板の表面の一部に、第１導電型の不純物元素を含む溶液の局在した領域を形成する工程と、

前記溶液を介して前記半導体基板にレーザ光を照射して、前記半導体基板の表面に、第１導電型の第１の半導体領域を形成する工程と、

を含むことを特徴とする半導体素子の製造方法。

[請求項11] 前記半導体基板の表面には第１導電型の第２の半導体領域が形成されており、

前記第１の半導体領域を形成する工程は前記第２の半導体領域に該第２の半導体領域よりも高濃度の領域を形成する工程である

ことを特徴とする請求項１０に記載の半導体素子の製造方法。

[請求項12] 前記第１の半導体領域にオーミック電極層を形成する工程を更に含むことを特徴とする請求項１１に記載の半導体素子の製造方法。

補正された請求の範囲
[2015年01月27日(27.01.2015)国際事務局受理]

[請求項 1](補正後) 半導体基板を支持する支持台と、

該支持台に前記半導体基板から離間して配置され、前記半導体基板の前記支持台と反対側の面上に不純物元素を含む溶液の局在した領域を形成するように内部に凹部を有するとともに、該凹部の内側に流通経路を構成するように前記溶液が注入される注入孔と前記溶液が排出される排出孔とを有する壁ブロックと、

前記壁ブロックに囲まれた前記流通経路に沿って前記半導体基板の前記支持台と反対側の面上を移動する前記溶液を介して前記半導体基板の前記支持台と反対側の面にレーザ光を照射するレーザ光学系と、を備え、

前記レーザ光の照射により前記半導体基板の内部の一部に前記不純物元素を添加することを特徴とする不純物添加装置。

[請求項 2](補正後) 前記レーザ光学系は、前記移動する前記溶液の移動方向に対して交わる方向に前記レーザ光を照射することを特徴とする請求項 1 に記載の不純物添加装置。

[請求項 3](補正後) 前記半導体基板の主面に平行な面内に定義されるＸ－Ｙ方向に、前記支持台を自在に移動させるＸ－Ｙ移動ステージを更に備えることを特徴とする請求項 2 に記載の不純物添加装置。

[請求項 4](補正後) 前記流通経路に沿った前記溶液の移動方向と前記レーザ光の照射によるレーザードーピングにおける前記支持台の移動方向とが同じ向きであることを特徴とする請求項 3 に記載の不純物添加装置。

[請求項 5](補正後) 前記壁ブロックの前記半導体基板側の面は、前記半導体基板の前記支持台と反対側の面と平行であり、

前記壁ブロックの前記半導体基板側の面と前記半導体基板の前記支持台と反対側の面との間隔を制御するように、前記Ｘ－Ｙ方向に垂直方向に前記Ｘ－Ｙ移動ステージを移動させる駆動系を更に備えることを特徴とする請求項 4 に記載の不純物添加装置。

[請求項6](補正後) 前記間隔は、前記溶液の表面張力により前記溶液が前記壁ブロックの外側に流出しない長さに設定され、前記壁ブロックの前記半導体基板側の面と前記半導体基板の前記支持台と反対側の面との間に前記溶液が保持されていることを特徴とする請求項5に記載の不純物添加装置。

[請求項7](補正後) 前記間隔は、２００μｍ以下であることを特徴とする請求項6に記載の不純物添加装置。

[請求項8](補正後) 前記壁ブロックに囲まれた前記溶液を前記半導体基板の前記支持台と反対側の面に接した状態で循環させる循環系を更に備えることを特徴とする請求項7に記載の不純物添加装置。

[請求項9](補正後) 前記レーザ光学系は、前記半導体基板の禁制帯幅よりも大きなエネルギーとなる波長のレーザ光を照射することを特徴とする請求項8に記載の不純物添加装置。

[請求項10](補正後) 前記壁ブロックの前記半導体基板側の面は、撥水性を有することを特徴とする請求項9に記載の不純物添加装置。

[請求項11](補正後) 前記壁ブロックの前記凹部が貫通しており、該凹部に、前記レーザ光を透過させて導入させる窓部材を更に備えることを特徴とする請求項１０に記載の不純物添加装置。

[請求項12](補正後) 半導体基板の主面上に不純物元素を含む溶液の局在した領域を形成する工程と、

前記溶液を局在させつつ前記半導体基板の主面上を移動させる工程と、

前記溶液を介して前記半導体基板の主面にレーザ光を照射する工程と、

を含み、前記半導体基板の内部の一部に前記不純物元素を添加することを特徴とする不純物添加方法。

[請求項13](追加) 前記レーザ光を照射する工程は、前記溶液の移動方向に対して交わる方向に前記レーザ光を照射して行うことを特徴とする請求項１２に

記載の不純物添加方法。

[請求項 14](追加) 前記半導体基板の主面に平行な面内に定義されるＸ－Ｙ方向に前記半導体基板を移動させる工程を更に含み、

前記半導体基板の内部の一部に前記不純物元素が添加されたパターンを直接描画することを特徴とする請求項１３に記載の不純物添加方法。

[請求項 15](追加) 前記レーザ光を照射する工程は、前記溶液の移動方向と同じ方向に前記半導体基板を移動させて行うことを特徴とする請求項１４に記載の不純物添加方法。

[請求項 16](追加) 第１導電型又は第２導電型の半導体基板の表面の一部に、第１導電型の不純物元素を含む溶液の局在した領域を形成する工程と、

前記溶液を局在させつつ前記半導体基板の表面上を移動させる工程と、

前記溶液を介して前記半導体基板にレーザ光を照射して、前記半導体基板の表面に、第１導電型の第１の半導体領域を形成する工程と、を含むことを特徴とする半導体素子の製造方法。

[請求項 17](追加) 前記第１の半導体領域を形成する工程は、前記溶液の移動方向に対して交わる方向に前記レーザ光を照射して行うことを特徴とする請求項１６に記載の半導体素子の製造方法。

[請求項 18](追加) 前記第１の半導体領域を形成する工程は、前記溶液の移動方向と同じ方向に前記半導体基板を移動させて行うことを特徴とする請求項１７に記載の半導体素子の製造方法。

[請求項 19](追加) 前記半導体基板の表面には第１導電型の第２の半導体領域が形成されており、

前記第１の半導体領域を形成する工程は前記第２の半導体領域に該第２の半導体領域よりも高濃度の領域を形成する工程である

ことを特徴とする請求項１８に記載の半導体素子の製造方法。

[請求項 20](追加) 前記第１の半導体領域にオーミック電極層を形成する工程を更に含

むことを特徴とする請求項１９に記載の半導体素子の製造方法。

条約第１９条（１）に基づく説明書

請求項１は、出願時の請求項１に新たな構成要件を加えたものであり、「溶液が、壁ブロックの内側に構成された流通経路に沿って半導体基板の表面上を移動する」ことを明確にした。また請求項１２に係る発明は、請求項１に対応する不純物導入方法の発明であると共に、請求項１６に係る発明は、請求項１に対応する半導体素子の製造方法の発明である。請求項１２及び１６についても請求項１と同様に、新たな構成要件を加えて特徴的な構成を有することを明確にした。

文献１（特開２００９－５２４５２３号公報）、文献２（特開２００５－０７９２９９号公報）、文献３（特開平０８－２５９３８４号公報）には、「溶液が、壁ブロックの内側に構成された流通経路に沿って半導体基板の表面上を移動する」構成は、いずれも開示されていない。

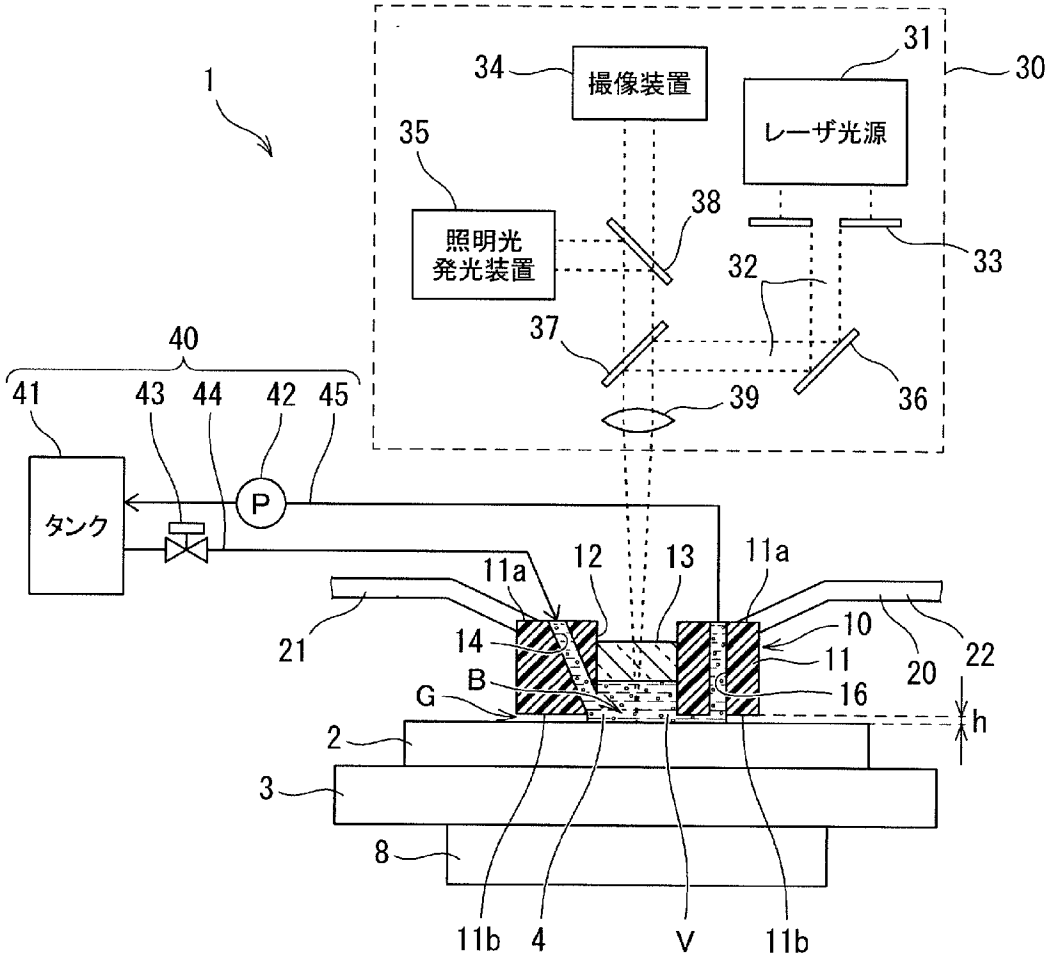
文献３ではスライダの内側に溶液を保持させるだけであり、半導体基板に溶液を接触させている間、溶液は移動しない。また文献３は液相エピタキシャル成長の技術であり、不純物を導入する技術ではない。また文献１では溶液を半導体基板の上方から落下させて接触させ、落下方向に沿ってレーザ光を照射するだけであり、本願発明の「半導体基板の表面上を移動する溶液」にレーザ光を照射する構成とは、技術思想が大きく異なる。また文献２では溶液を液滴で半導体基板の上方から吐出し局在させて接触させ、上方からレーザ光を照射するだけであり、文献２の場合と同様に、本願発明とは技術思想が大きく異なる。

よって請求項１、１２、１６に係る発明は、いずれも文献１～３に対して新規性及び進歩性を有する。また請求項２～１１は請求項１に従属し、請求項１３～１５は請求項１２に従属し、請求項１７～２０は請求項１６に従属する。

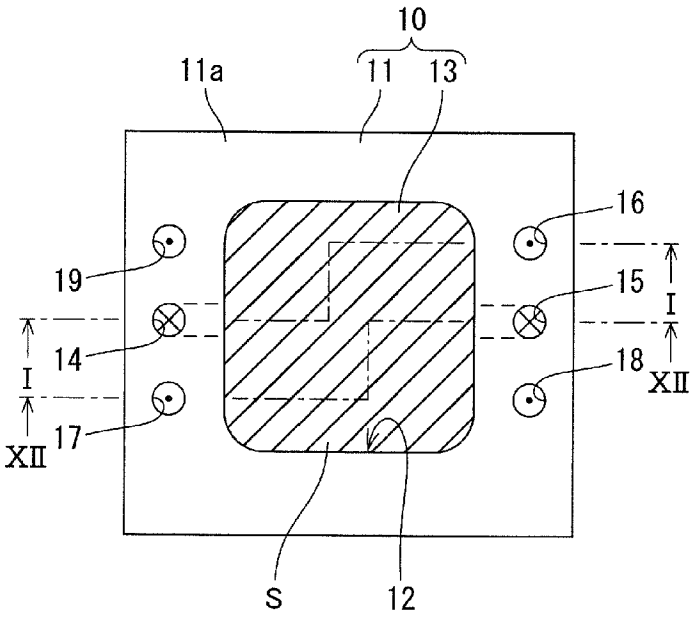
従って請求項１～２０は、文献１～３に対していずれも新規性及び進歩性を有する。

以上

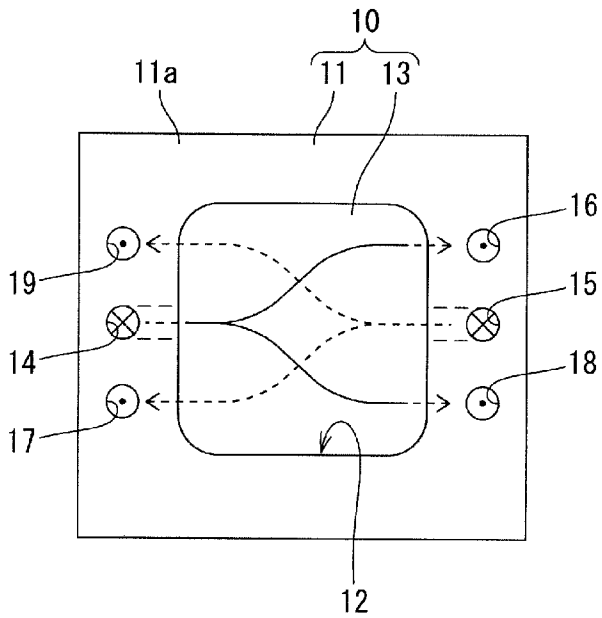
[図1]


1
34
撮像装置
31
30
レーザ光源
35
照明光
発光装置
38
33
32
37
36
39
40
41
43
44
42
45
タンク
P
11a
12
13
11a
21
14
10
11
20
22
B
16
G
h
2
3
8
11b
4
V
11b

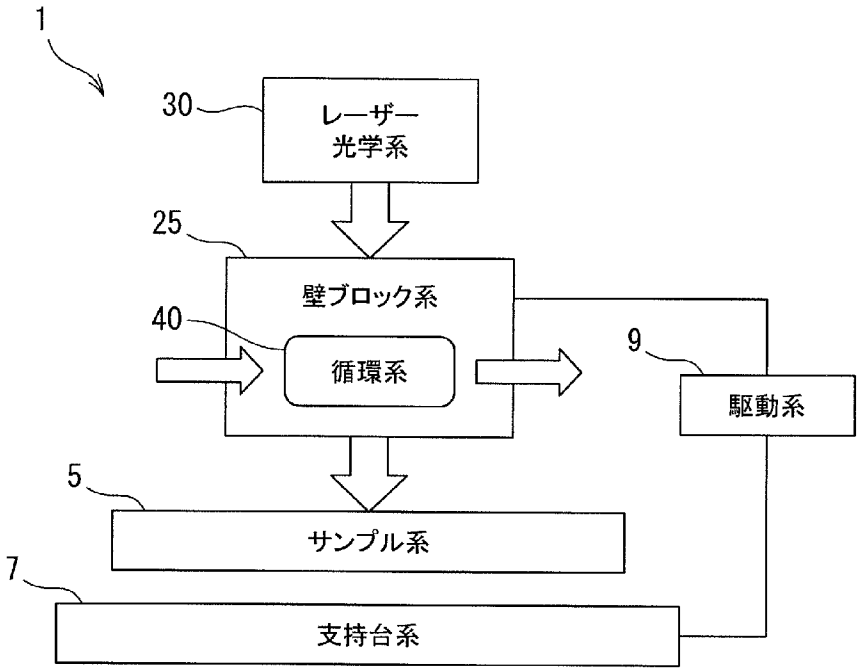
[図2]


10
11a
11
13
16
19
15
I
14
I
18
XII
17
XII
S
12

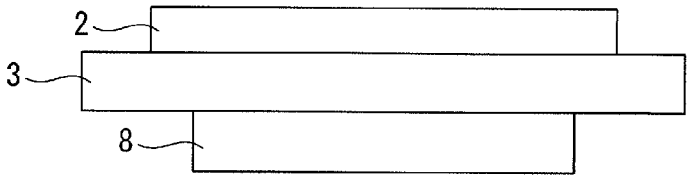
[図3]


10
11a
11
13
16
19
15
14
18
17
12

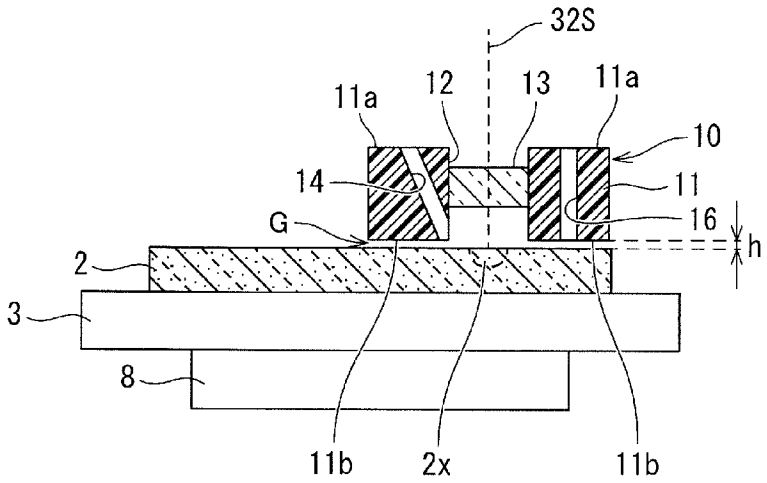
[図4]



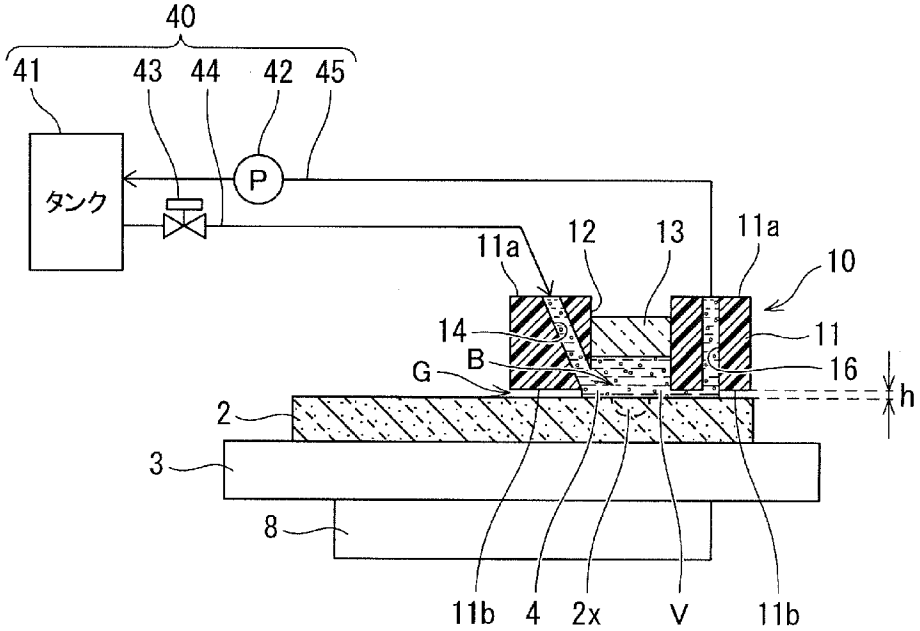
[図5]



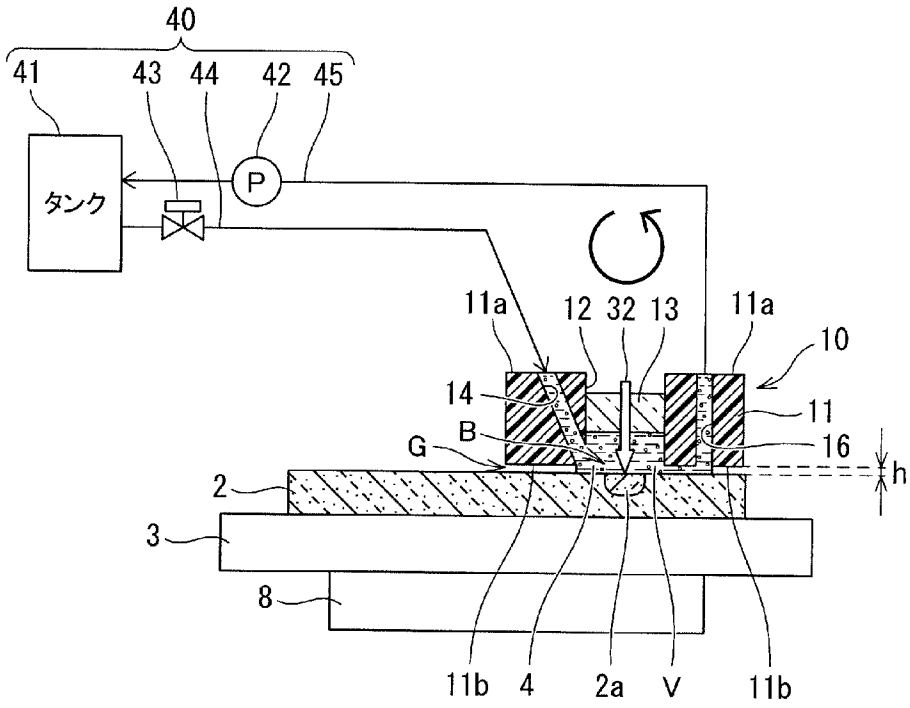
[図6]


32S
11a
12
13
11a
10
14
11
G
16
h
2
3
8
11b
2x
11b

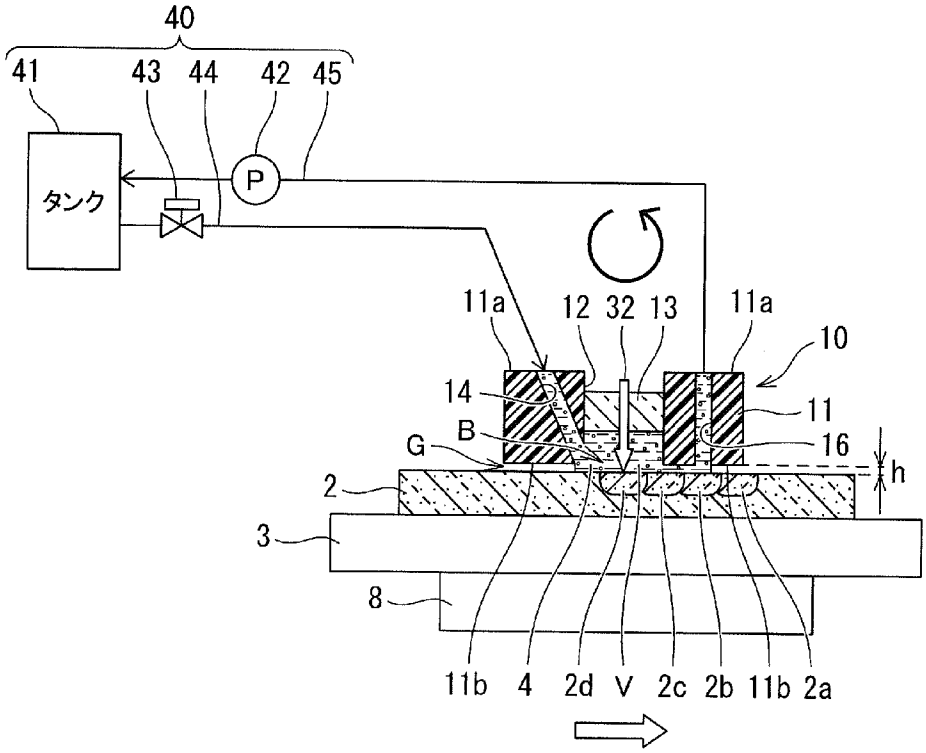
[図7]


40
41
43
44
42
45
タンク
P
11a
12
13
11a
10
14
11
B
G
16
h
2
3
8
11b
4
2x
V
11b

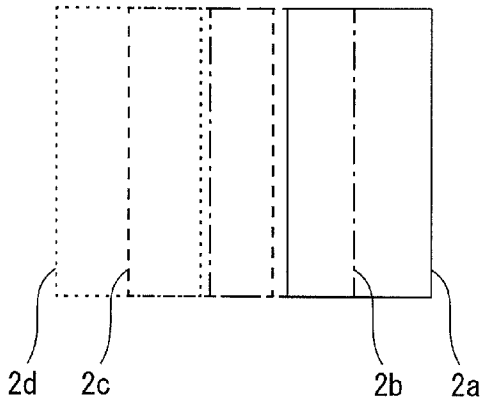
[図8]


40
41
43
44
42
45
タンク
P
11a
12
32
13
11a
10
14
11
B
16
G
h
2
3
8
11b
4
2a
V
11b

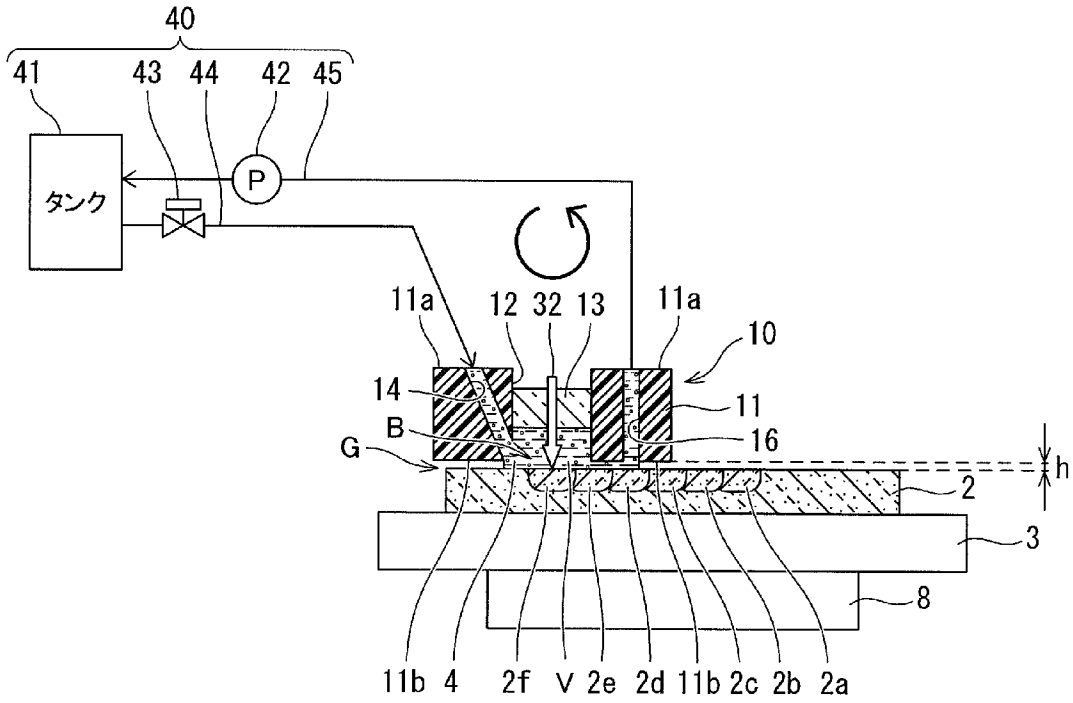
[図9]


40
41
43
44
42
45
タンク
P
11a
12
32
13
11a
10
14
11
B
16
G
h
2
3
8
11b
4
2d
V
2c
2b
11b
2a

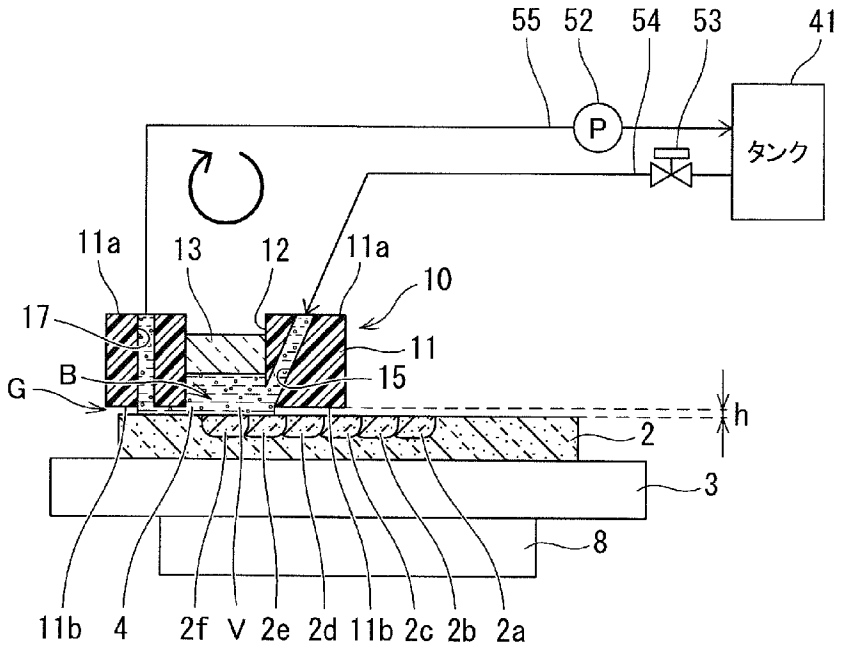
[図10]


2d
2c
2b
2a

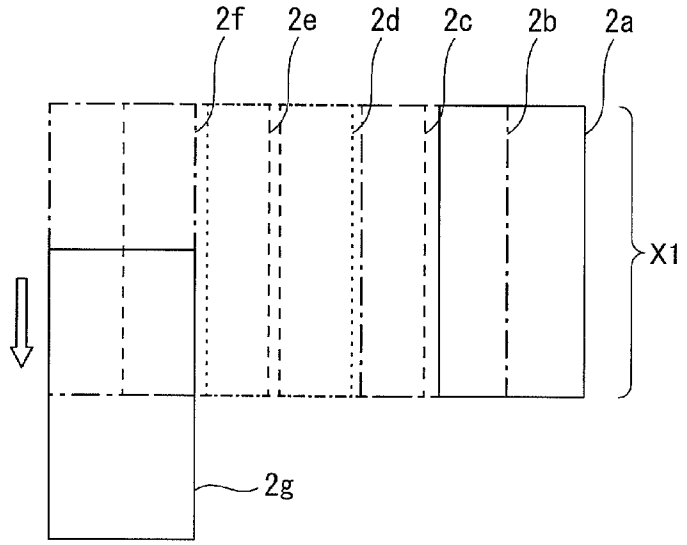
[図11]


40
41
43
44
42
45
タンク
P
11a
12
32
13
11a
10
14
11
B
16
G
h
2
3
8
11b
4
2f
V
2e
2d
11b
2c
2b
2a

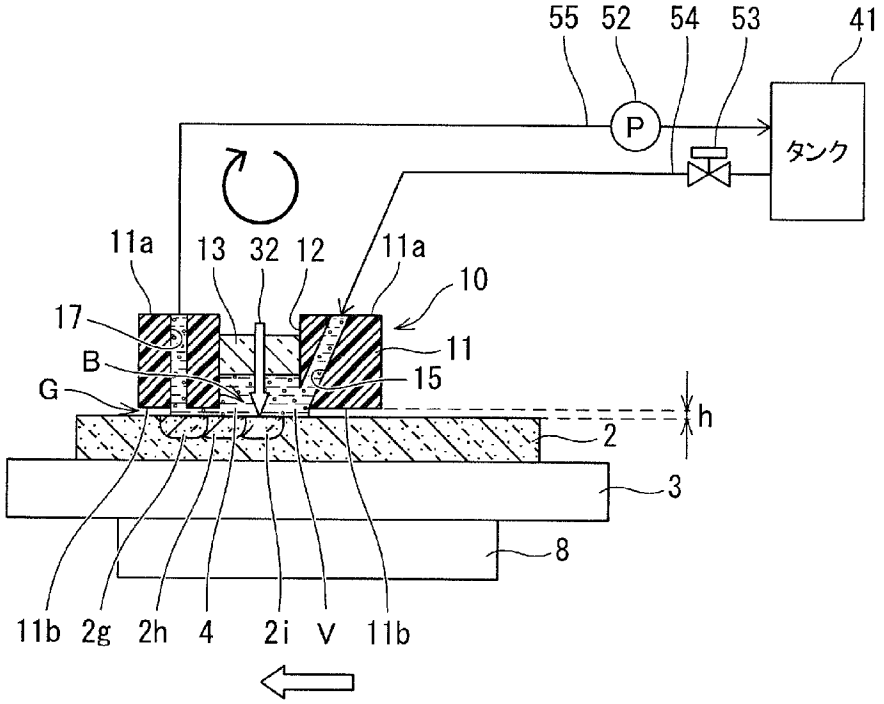
[図12]


55
52
54
53
41
P
タンク
11a
13
12
11a
10
17
11
B
15
G
h
2
3
8
11b
4
2f
V
2e
2d
11b
2c
2b
2a

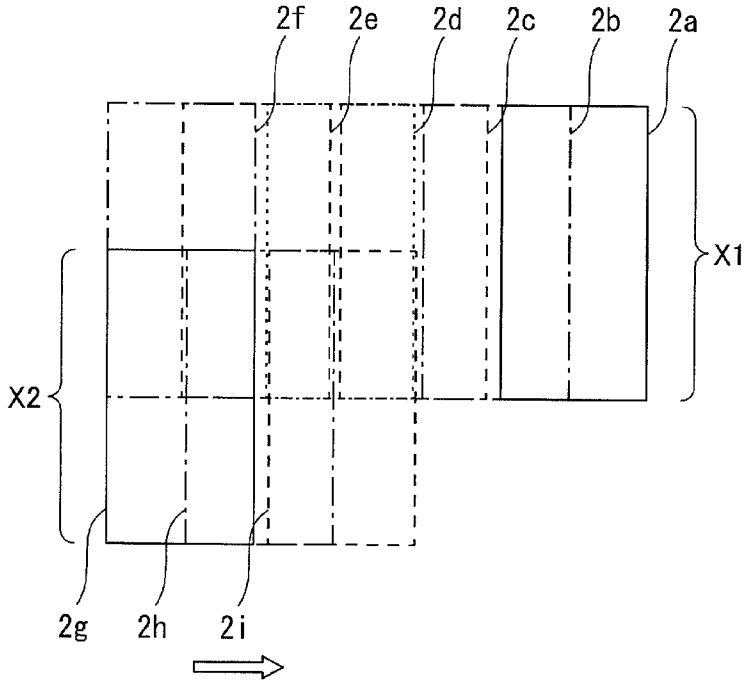
[図13]


2f
2e
2d
2c
2b
2a
X1
2g

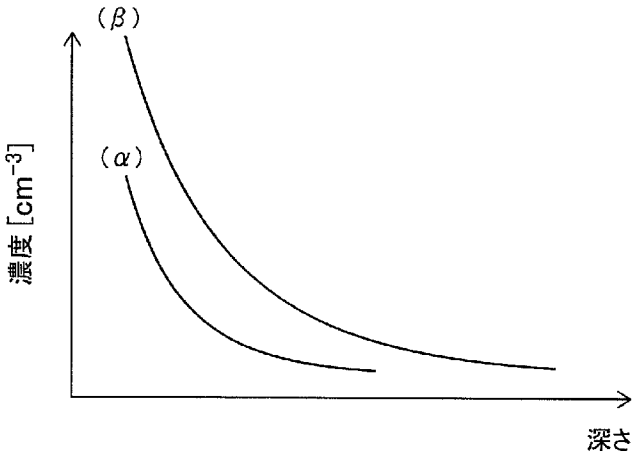
[図14]


55
52
54
53
41
P
タンク
11a
13
32
12
11a
10
17
B
G
11
15
h
2
3
8
11b
2g
2h
4
2i
V
11b

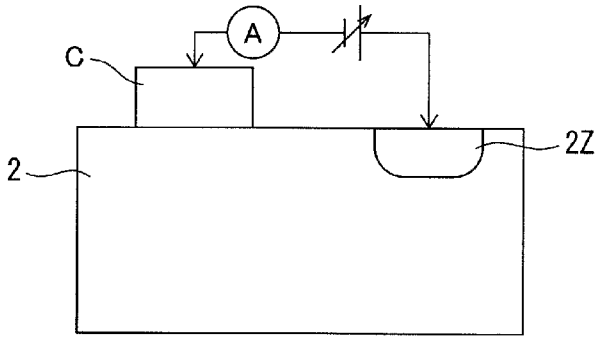
[図15]


2f
2e
2d
2c
2b
2a
X1
X2
2g
2h
2i

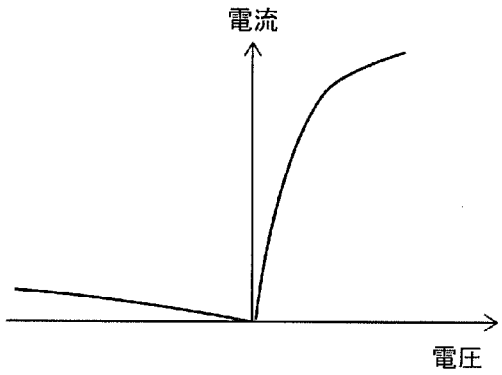
[図16]



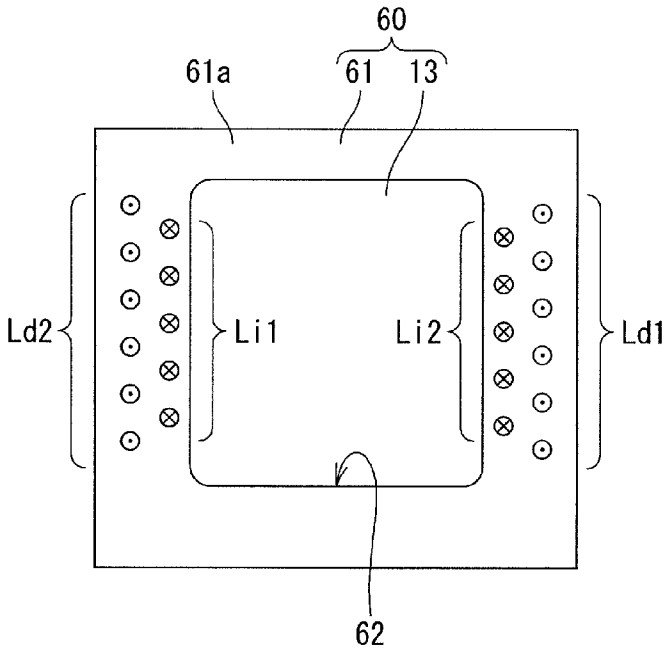
[図17]



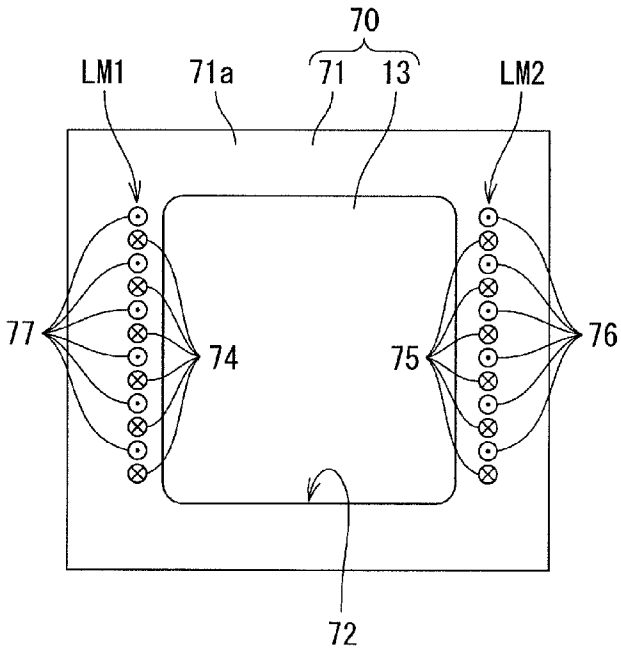
[図18]



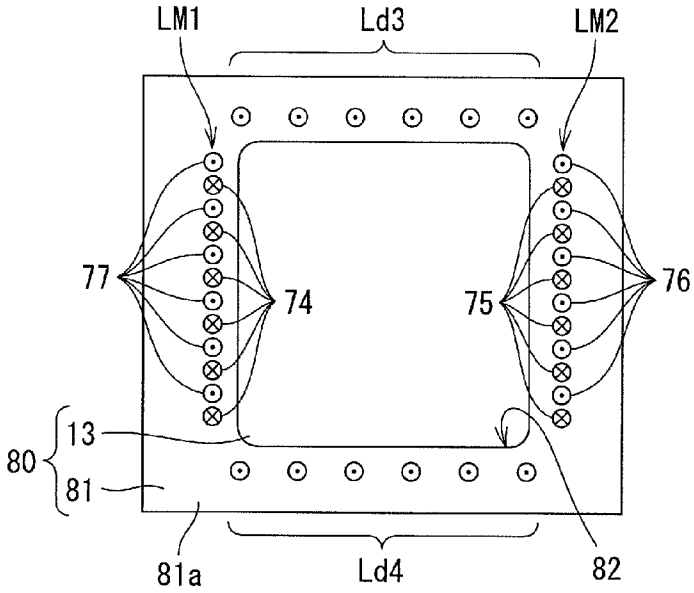
[図19]



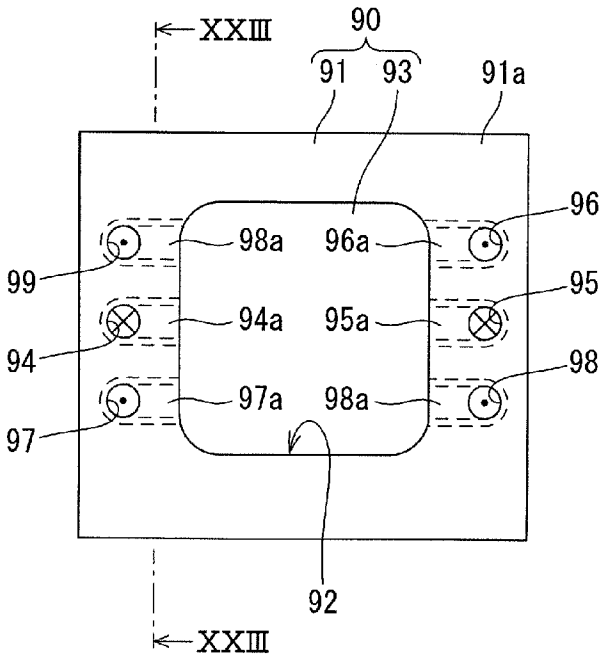
[図20]



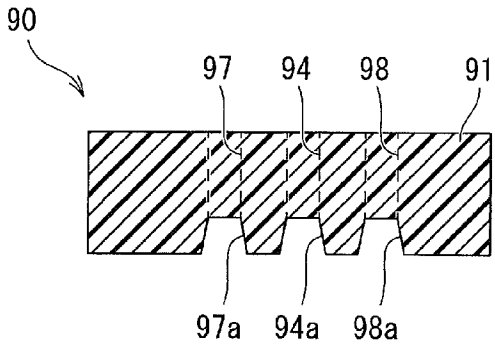
[図21]


LM1
Ld3
LM2
77
74
75
76
80
13
81
81a
Ld4
82

[図22]


XXIII
90
91
93
91a
96
98a
96a
99
95
94a
95a
94
98
97a
98a
97
92
XXIII

[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/003147

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/22(2006.01)i, *H01L21/228*(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)
H01L21/22, H01L21/228

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2009-524523 A (Fraunhofer-Gesellschaft zur Forderung der Angewandten Forschung e.V.), 02 July 2009 (02.07.2009), claims; paragraphs [0025] to [0032], [0078] to [0106]; fig. 1 & US 2010/0213166 A1 & EP 2135704 A1 & WO 2007/085452 A1 & DE 102006003606 A1 & DE 102006003607 A1 & NO 20083285 A & KR 10-2008-0091241 A & NO 20083283 A	8-12 1-7
X Y	JP 2005-079299 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 24 March 2005 (24.03.2005), claims; paragraphs [0016] to [0026], [0030], [0070] to [0072], [0101] to [0104]; fig. 11 to 12 (Family: none)	8-12 1-7

☒ 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	Date of mailing of the international search report
25 September, 2014 (25.09.14)	07 October, 2014 (07.10.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/003147

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 08-259384 A (Fujitsu Ltd.), 08 October 1996 (08.10.1996), paragraph [0005]; fig. 8(b) (Family: none)	1-7
Y	AKIHIRO IKEDA et al., Phosphorus doping of 4H SiC by liquid immersion excimer laser irradiation, APPLIED PHYSICS LETTERS, 2013.02.04, 102, p.052104-1 - p.052104-4	2,4-5,7
Y	KOJI NISHI et al., Phosphorus Doping into 4H-SiC by Irradiation of Excimer Laser in Phosphoric Solution, JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 2013.06.20, vol.52, no.6, page 06GF02-1-4	2,4-5,7
Y	JP 01-313930 A (Sony Corp.), 19 December 1989 (19.12.1989), page 3, upper right column, line 10 to lower right column, line 10; fig. 2 (Family: none)	7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／００３１４７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/22(2006.01)i, H01L21/228(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/22, 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

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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 Y	JP 2009-524523 A (フラオンホファー－ゲゼルシャフト・ツア・フェルデルルング・デア・アンゲヴァンテン・フォルシュング・エー・ファオ) 2009.07.02, 特許請求の範囲,段落【0025】-【0032】,【0078】-【0106】,第１図 & US 2010/0213166 A1 & EP 2135704 A1 & WO 2007/085452 A1 & DE 102006003606 A1 & DE 102006003607 A1 & NO 20083285 A & KR 10-2008-0091241 A & NO 20083283 A	８－１２ １－７

☑　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	国際調査報告の発送日
２５．０９．２０１４	０７．１０．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｏ　９３７５
桑原　清
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５９

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
X Y	JP 2005-079299 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2005.03.24, 特許請求の範囲,段落【0016】-【0026】,【0030】,【0070】-【0072】,【0101】-【0104】,第11-12図（ファミリーなし）	８－１２ １－７
Y	JP 08-259384 A (富士通株式会社) 1996.10.08, 段落【0005】,第8(b)図（ファミリーなし）	１－７
Y	AKIHIRO IKEDA et al., Phosphorus doping of 4H SiC by liquid immersion excimer laser irradiation, APPLIED PHYSICS LETTERS, 2013.02.04, 102, p.052104-1 - p.052104-4	２，４－５，７
Y	KOJI NISHI et al., Phosphorus Doping into 4H-SiC by Irradiation of Excimer Laser in Phosphoric Solution, JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 2013.06.20, 第52巻,第6号, p06GF02-1-4	２，４－５，７
Y	JP 01-313930 A (ソニー株式会社) 1989.12.19, 第3頁右上欄第10行-同頁右下欄第10行,第2図（ファミリーなし）	７