

(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
2018年6月7日(07.06.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/101154 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/20 (2006.01) *H01L 29/786* (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/042107

(22) 国際出願日: 2017年11月22日(22.11.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-232505 2016年11月30日(30.11.2016) JP
特願 2016-253448 2016年12月27日(27.12.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社 ブイ・テクノロジー(V
TECHNOLOGY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2400005
神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町 1
3 4 番地 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 水村 通伸(MIZUMURA Michinobu);
〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町
1 3 4 番地 株式会社 ブイ・テクノロジー
内 Kanagawa (JP). 新井 敏成(ARAI Toshinari);
〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町

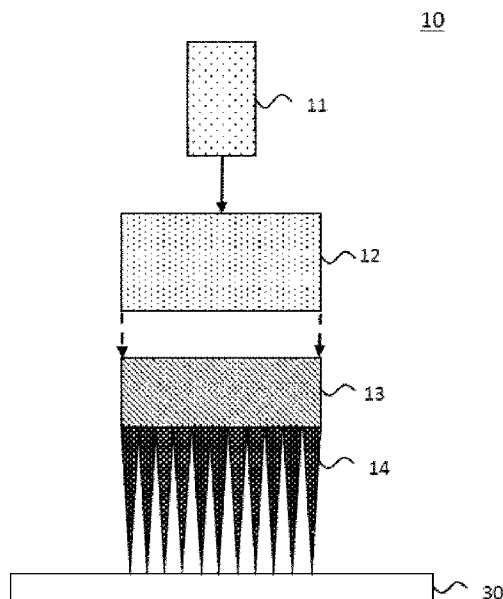
1 3 4 番地 株式会社 ブイ・テクノロジー内
Kanagawa (JP). 畑中 誠(HATANAKA Makoto);
〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸
町 1 3 4 番地 株式会社 ブイ・テクノロジー
内 Kanagawa (JP). 竹下 琢郎(TAKESHITA
Takuro); 〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ
谷区神戸町 1 3 4 番地 株式会社 ブイ・
テクノロジー内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 白坂 (SHIRASAKA &
PATENT PARTNERS); 〒1006510 東京都千代
田区丸の内一丁目 5 番 1 号 新丸の内ビルディ
ング 10 階 E G G J A P A N 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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: LASER IRRADIATION DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING THIN FILM TRANSISTOR

(54) 発明の名称: レーザ照射装置および薄膜トランジスタの製造方法



(57) Abstract: The laser irradiation device according to one embodiment of the present invention is provided with: a light source that generates a laser beam; a projection lens for irradiating a predetermined region of an amorphous silicon thin film with the laser beam, said amorphous silicon thin film being adhered to each of a plurality of thin film transistors on a glass substrate; and a projection mask pattern, which is provided on the projection lens, and which includes a plurality of masks, in which transmissivities, i.e., the rates at which the laser beam passes through, are set. Through each of the masks included in the projection mask pattern, the projection lens applies the laser beam to the thin film transistors on the glass substrate moving in the predetermined direction, and in each of the masks included in the projection mask pattern, any one of the transmissivities is set.

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, ST, 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))

(57) 要約: 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、レーザ光を発生する光源と、ガラス基板上の複数の薄膜トランジスタの各々に被着されたアモルファスシリコン薄膜の所定の領域に、当該レーザ光を照射する投影レンズと、当該投影レンズ上に設けられ、当該レーザ光が透過する割合である透過率が設定された複数のマスクを含む投影マスクパターンと、を備え、当該投影レンズは、所定の方向に移動する当該ガラス基板上の当該複数の薄膜トランジスタに対して、当該投影マスクパターンに含まれる当該複数のマスクの各々を介して当該レーザ光を照射し、当該投影マスクパターンに含まれる当該複数のマスクの各々は、複数の当該透過率のいずれかが設定される、レーザ照射装置。

明 細 書

発明の名称：レーザ照射装置および薄膜トランジスタの製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、薄膜トランジスタの形成に関するものであり、特に、薄膜トランジスタ上のアモルファスシリコン薄膜にレーザ光を照射して、ポリシリコン薄膜を形成するためのレーザ照射装置および薄膜トランジスタの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 逆スタガ構造の薄膜トランジスタとして、アモルファスシリコン薄膜をチャネル領域に使用したものが存在する。ただ、アモルファスシリコン薄膜は電子移動度が小さいため、当該アモルファスシリコン薄膜をチャネル領域に使用すると、薄膜トランジスタにおける電荷の移動度が小さくなるという難点があった。

[0003] そこで、アモルファスシリコン薄膜の所定の領域をレーザ光により瞬間的に加熱することで多結晶化し、電子移動度の高いポリシリコン薄膜を形成して、当該ポリシリコン薄膜をチャネル領域に使用する技術が存在する。

[0004] 例えば、特許文献1には、チャネル領域にアモルファスシリコン薄膜形成し、その後、このアモルファスシリコン薄膜にエキシマレーザ等のレーザ光を照射してレーザアニールすることにより、短時間での溶融凝固によって、ポリシリコン薄膜に結晶化させる処理を行うことが開示されている。特許文献1には、当該処理を行うことにより、薄膜トランジスタのソースとドレイン間のチャネル領域を、電子移動度の高いポリシリコン薄膜とすることが可能となり、トランジスタ動作の高速化が可能になる旨が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2016-100537号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 特許文献 1 に記載の薄膜トランジスタでは、ソースとドレイン間のチャネル領域が、一か所（一本）のポリシリコン薄膜により形成されている。そのため、薄膜トランジスタの特性は、一か所（一本）のポリシリコン薄膜に依存することになる。
- [0007] ここで、エキシマレーザ等のレーザ光のエネルギー密度は、その照射（ショット）ごとにばらつきが生じるため、当該レーザ光を用いて形成されるポリシリコン薄膜の電子移動度にもばらつきが生じる。そのため、当該ポリシリコン薄膜を用いて形成される薄膜トランジスタの特性も、レーザ光のエネルギー密度のばらつきに依存してしまう。
- [0008] その結果、ガラス基板に含まれる複数の薄膜トランジスタの特性には、ばらつきが生じてしまう可能性がある。
- [0009] 本発明の目的は、かかる問題点に鑑みてなされたものであって、ガラス基板に含まれる複数の薄膜トランジスタの特性のばらつきを抑制可能なレーザ照射装置および薄膜トランジスタの製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0010] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、レーザ光を発生する光源と、ガラス基板上の複数の薄膜トランジスタの各々に被着されたアモルファスシリコン薄膜の所定の領域に、当該レーザ光を照射する投影レンズと、当該投影レンズ上に設けられ、当該レーザ光が透過する割合である透過率が設定された複数のマスクを含む投影マスクパターンと、を備え、当該投影レンズは、所定の方向に移動する当該ガラス基板上の当該複数の薄膜トランジスタに対して、当該投影マスクパターンに含まれる当該複数のマスクの各々を介して当該レーザ光を照射し、当該投影マスクパターンに含まれる当該複数のマスクの各々は、複数の当該透過率のいずれかが設定される。
- [0011] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、当該投影マスクパターンにおいて、異なる当該透過率が設定された当該マスクがランダムに配置されることを特徴としてもよい。

- [0012] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、当該投影マスクパターンに含まれる当該複数のマスクの各々は、予め定められた所定の範囲内に含まれる当該透過率のいずれかが設定されることを特徴としてもよい。
- [0013] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、当該レーザ光を分離可能なマイクロレンズアレイに含まれる複数のマイクロレンズであり、当該投影マスクパターンに含まれる当該複数のマスクの各々は、当該複数のマイクロレンズの各々に対応することを特徴としてもよい。
- [0014] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、当該投影マスクパターンに含まれ、当該所定の方向に直交する一列において互いに隣接する当該マスクの各々は、互いに当該透過率が異なることを特徴としてもよい。
- [0015] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、当該投影マスクパターンに含まれる当該複数のマスクの各々は、互いに当該透過率が異なることを特徴としてもよい。
- [0016] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、当該投影マスクパターンは、当該マイクロレンズアレイに含まれる複数のマイクロレンズの各々の特性に基づいて、当該マイクロレンズの各々に対応する当該マスクの透過率が設定されることを特徴としてもよい。
- [0017] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、当該投影マスクパターンは、当該マイクロレンズを透過するレーザ光の位相を変化させることにより、当該マイクロレンズの解像度を高める位相シフトマスクであり、当該位相シフトマスクは、当該複数のマイクロレンズのうち、当該解像度に基づいて決定されたマイクロレンズを透過する当該レーザ光の位相を変化させ、当該マイクロレンズの解像度を高くすることを特徴としてもよい。
- [0018] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、当該位相シフトマスクは、当該複数のマイクロレンズのうち、相対的に解像度が低いマイクロレンズを透過する当該レーザ光の位相を変化させ、当該マイクロレンズの解像度を高くすることを特徴としてもよい。
- [0019] 本発明の一実施形態におけるレーザ照射装置は、当該投影レンズは、薄膜

トランジスタに含まれるソース電極とドレイン電極との間に被着されたアモルファスシリコン薄膜の所定の領域にレーザ光を照射して、ポリシリコン薄膜を形成することを特徴としてもよい。

[0020] 本発明の一実施形態における薄膜トランジスタの製造方法は、レーザ光を発生する第１のステップと、ガラス基板上の複数の薄膜トランジスタの各々に被着されたアモルファスシリコン薄膜の所定の領域に、当該レーザ光が透過する割合である透過率が設定された複数のマスクを含む投影マスクパターンが設けられた投影レンズを用いて、当該レーザ光を照射する第２のステップと、当該レーザ光が照射されるごとに、当該ガラス基板を所定の方向に移動する第３のステップと、を含み、第２のステップにおいて、複数の当該透過率のいずれかが設定された複数の当該マスクを含む当該投影マスクパターンを介して、当該レーザ光を照射する。

[0021] 本発明の一実施形態における薄膜トランジスタの製造方法は、第２のステップにおいて、異なる当該透過率が設定された当該マスクがランダムに配置された当該投影マスクパターンを介して、当該レーザ光を照射することを特徴としてもよい。

[0022] 本発明の一実施形態における薄膜トランジスタの製造方法は、第２のステップにおいて、予め定められた所定の範囲内に含まれる当該透過率のいずれかが設定された当該マスクを含む当該投影マスクパターンを介して、当該レーザ光を照射することを特徴としてもよい。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、ガラス基板に含まれる複数の薄膜トランジスタの特性のばらつきを抑制可能な、レーザ照射装置および薄膜トランジスタの製造方法を提供することである。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]レーザ照射装置１０の構成例を示す図である。

[図2]マイクロレンズアレイ１３の構成例を示す図である。

[図3]所定の領域がアニール化された薄膜トランジスタ２０の例を示す模式図

である。

[図4]レーザ照射装置10がレーザ光14を照射するガラス基板30の例を示す模式図である。

[図5]レーザ照射装置10がレーザ光14を照射するガラス基板30の他の例を示す模式図である。

[図6]マイクロレンズアレイ13に設けられた投影マスクパターン15の構成例を示す模式図である。

[図7]マイクロレンズアレイ13に設けられた投影マスクパターン15の他の構成例を示す模式図である。

[図8]レーザ照射装置10の他の構成例を示す図である。

[図9]マイクロレンズアレイ13の他の構成例を示す図である。

[図10]レーザ照射装置10の他の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の実施形態について、添付の図面を参照して具体的に説明する。

[0026] (第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態におけるレーザ照射装置10の構成例を示す図である。

[0027] 本発明の第1の実施形態において、レーザ照射装置10は、薄膜トランジスタ(TFT)20のような半導体装置の製造工程において、例えば、チャネル領域形成予定領域のみにレーザ光を照射してアニールし、当該チャネル領域形成予定領域を多結晶化するための装置である。

[0028] レーザ照射装置10は、例えば、液晶表示装置の周辺回路などの画素の薄膜トランジスタを形成する際に用いられる。このような薄膜トランジスタを形成する場合、まず、ガラス基板30上にAl等の金属膜からなるゲート電極を、スパッタによりパターン形成する。そして、低温プラズマCVD法により、ガラス基板30上の全面にSiN膜からなるゲート絶縁膜を形成する。その後、ゲート絶縁膜上に、例えば、プラズマCVD法によりアモルファ

スシリコン薄膜 21 を形成する。そして、図 1 に例示するレーザ照射装置 10 により、アモルファスシリコン薄膜 21 のゲート電極上の所定の領域にレーザ光 14 を照射してアニールし、当該所定の領域を多結晶化してポリシリコン化する。

[0029] 図 1 に示すように、レーザ照射装置 10 において、レーザ光源 11 から射出されたレーザ光は、カップリング光学系 12 によりビーム系が拡張され、輝度分布が均一化される。レーザ光源 11 は、例えば、波長が 308 nm や 248 nm などのレーザ光を、所定の繰り返し周期で放射するエキシマレーザである。

[0030] その後、レーザ光は、マイクロレンズアレイ 13 上に設けられた投影マスクパターン 15（図示しない）の複数の開口（透過領域）により、複数のレーザ光 14 に分離され、アモルファスシリコン薄膜 21 の所定の領域に照射される。マイクロレンズアレイ 13 には、投影マスクパターン 15 が設けられ、当該投影マスクパターン 15 によって所定の領域にレーザ光 14 が照射される。そして、アモルファスシリコン薄膜 21 の所定の領域が瞬間加熱されて熔融し、アモルファスシリコン薄膜 21 の一部がポリシリコン薄膜 22 となる。

[0031] ポリシリコン薄膜 22 は、アモルファスシリコン薄膜 21 に比べて電子移動度が高く、薄膜トランジスタ 20 において、ソース 23 とドレイン 24 とを電氣的に接続させるチャネル領域に用いられる。なお、図 1 の例では、マイクロレンズアレイ 13 を用いた例を示しているが、必ずしもマイクロレンズアレイ 13 を用いる必要はなく、1 個の投影レンズを用いてレーザ光 14 を照射してもよい。なお、実施形態 1 では、マイクロレンズアレイ 13 を用いて、ポリシリコン薄膜 22 を形成する場合を例にして説明する。

[0032] 図 2 は、アニール化に用いるマイクロレンズアレイ 13 の構成例を示す図である。図 2 に示すように、マイクロレンズアレイ 13 において、スキャン方向の 1 列（又は 1 行）には、20 個のマイクロレンズ 17 が配置される。レーザ照射装置 1 は、1 つの薄膜トランジスタ 20 に対して、マイクロレン

ズアレイ 13 の 1 列（又は 1 行）に含まれる 20 個のマイクロレンズ 17 の少なくとも一部を用いて、レーザ光 14 を照射する。なお、なお、マイクロレンズアレイ 13 に含まれる一列（又は一行）のマイクロレンズ 17 の数は、20 個に限られず、いくつであってもよい。

[0033] 図 2 に示すように、マイクロレンズアレイ 13 は、その一列（または一行）にマイクロレンズ 17 を 20 個含むが、一行（または一列）には例えば 83 個含む。なお、83 個は例示であって、いくつであってもよいことは言うまでもない。

[0034] 図 3 は、所定の領域がアニール化された薄膜トランジスタ 20 の例を示す模式図である。なお、薄膜トランジスタ 20 は、最初にポリシリコン薄膜 22 を形成し、その後、形成されたポリシリコン薄膜 22 の両端にソース 23 とドレイン 24 を形成することで、作成される。

[0035] 図 3 に示すように、薄膜トランジスタは、ソース 23 とドレイン 24 との間に、ポリシリコン薄膜 22 が形成されている。レーザ照射装置 10 は、薄膜トランジスタ 20 に対して、図 2 に示したマイクロレンズアレイ 13 の一列（または一行）に含まれる例えば 20 個のマイクロレンズ 17 を用いて、レーザ光 14 を照射する。すなわち、レーザ照射装置 10 は、ポリシリコン薄膜 22 に対して、20 ショットのレーザ光 14 を照射する。その結果、薄膜トランジスタ 20 において、アモルファスシリコン薄膜 21 の所定の領域が瞬間加熱されて熔融し、ポリシリコン薄膜 22 となる。

[0036] ポリシリコン薄膜 22 は、レーザ光 14 のエネルギー密度は 1 ショットごとにばらつきがあることから、その電子移動度にばらつきが生じる可能性がある。前述したように、ポリシリコン薄膜 22 の電子移動度は、当該ポリシリコン薄膜 22 に最後に照射されたレーザ光 14 のエネルギー密度、すなわち最後のショットのエネルギー密度に依存するからである。

[0037] レーザ照射装置 10 は、アモルファスシリコン薄膜 21 にレーザ光 14 を照射する。ここで、レーザ照射装置 10 は所定の周期でレーザ光 14 を照射し、レーザ光 14 が照射されていない時間にガラス基板 30 を移動させ、次

のアモルファスシリコン薄膜 21 の箇所に当該レーザ光 14 が照射されるようにする。図 4 に示すように、ガラス基板 30 は、移動方向に対して、所定の間隔「H」でアモルファスシリコン薄膜 21 が配置される。そして、レーザ照射装置 10 は、所定の周期で、ガラス基板 30 上に配置されたアモルファスシリコン薄膜 21 の部分に、レーザ光 14 を照射する。

[0038] そして、レーザ照射装置 10 は、マイクロレンズアレイ 13 を用いて、ガラス基板上の複数のアモルファスシリコン薄膜 21 に対して、同一のレーザ光 14 を照射する。レーザ照射装置 10 は、例えば、図 4 に示す領域 A に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜 21 に対して、同一のレーザ光 14 を照射する。また、レーザ照射装置 10 は、図 4 に示す領域 B に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜 21 に対しても、同一のレーザ光 14 を照射する。

[0039] ここで、レーザ照射装置 10 は、アニール化を行うために、図 2 に示すマイクロレンズアレイ 13 の一列（又は一行）に含まれる 20 個のマイクロレンズ 17 の各々を用いて、レーザ光 14 を照射することが考えられる。

[0040] この場合、図 4 の領域 A にある複数のアモルファスシリコン薄膜 21 は、まず、図 2 に示すマイクロレンズアレイ 13 に含まれる第 1 のマイクロレンズ 17 a を用いて、レーザ光 14 を照射される。その後、ガラス基板 30 を所定の間隔「H」だけ移動させる。ガラス基板 30 が移動している間、レーザ照射装置 10 は、レーザ光 14 の照射を停止する。そして、ガラス基板 30 が「H」だけ移動した後、領域 A にある複数のアモルファスシリコン薄膜 21 は、図 2 に示すマイクロレンズアレイ 13 に含まれる第 2 のマイクロレンズ 17 b を用いて、レーザ光 14 を照射される。なお、レーザ照射装置 10 は、ガラス基板 30 が「H」だけ移動した後、一旦停止した当該ガラス基板 30 に対してレーザ光 14 を照射してもよいし、移動し続けている当該ガラス基板 30 に対してレーザ光 14 を照射してもよい。

[0041] なお、レーザ照射装置 10 の照射ヘッド（すなわち、レーザ光源 11、カップリング光学系 12、マイクロレンズアレイ 13 及び投影マスク 150）

が、ガラス基板 30 に対して移動してもよい。

[0042] レーザ照射装置 10 は、これを繰り返し実行して、最後に、領域 A にある複数のアモルファスシリコン薄膜 21 に対して、図 2 に示すマイクロレンズアレイ 13 のマイクロレンズ 17 t (すなわち、最後のマイクロレンズ 17) を用いて、レーザ光 14 を照射する。その結果、領域 A にある複数のアモルファスシリコン薄膜 21 は、図 2 に示すマイクロレンズアレイ 13 の一列 (又は一行) に含まれる 20 個のマイクロレンズ 17 の各々を用いて、レーザ光 14 を照射されることになる。

[0043] 同様に、レーザ照射装置 10 は、図 4 の領域 B にある複数のアモルファスシリコン薄膜 21 に対しても、図 2 に示すマイクロレンズアレイ 13 の一列 (又は一行) に含まれる 20 個のマイクロレンズ 17 の各々を用いて、レーザ光 14 を照射する。ただ、領域 B は、領域 A に比べてガラス基板の移動方向に対して「H」だけ位置が異なるため、レーザ光 14 が照射されるタイミングが、1 照射分だけ遅れる。すなわち、領域 A の複数のアモルファスシリコン薄膜 21 が第 2 のマイクロレンズ 17 b を用いてレーザ光 14 を照射される時に、領域 B の複数のアモルファスシリコン薄膜 21 は、第 1 のマイクロレンズ 17 a を用いてレーザ光 14 を照射される。そして、領域 A の複数のアモルファスシリコン薄膜 21 が第 20 のマイクロレンズ 17 t (すなわち、最後のマイクロレンズ 17) を用いてレーザ光 14 を照射される時には、領域 B の複数のアモルファスシリコン薄膜 21 は、一つ前の第 19 のマイクロレンズ 17 s を用いて、レーザ光が照射されることになる。そして、領域 B の複数のアモルファスシリコン薄膜 21 は、次のレーザ光の照射のタイミングで、第 20 のマイクロレンズ 17 t (すなわち、最後のマイクロレンズ 17) を用いて、レーザ光が照射されることになる。

[0044] つまり、図 4 に示す領域 A に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜 21 と、領域 B に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜 21 とは、最後に照射されるレーザ光 14 が異なることになる。

[0045] ここで、エキシマレーザにおいて、パルス間の安定性は、0.5%程度で

ある。すなわち、レーザ照射装置 10 は、1 ショットごとに、そのレーザ光 14 のエネルギー密度に 0.5 % 程度のばらつきを生じさせる。そのため、レーザ照射装置 10 によって形成されるポリシリコン薄膜 22 の電子移動度にも、ばらつきが生じてしまう可能性がある。そして、レーザ光 14 を照射されたことにより形成されたポリシリコン薄膜 22 の電子移動度は、当該ポリシリコン薄膜 22 に最後に照射されたレーザ光 14 のエネルギー密度、すなわち最後のショットのエネルギー密度に依存する。

[0046] そのため、領域 A に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜 21 と、領域 B に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜 21 とは、最後に照射されるレーザ光が異なるため、形成されるポリシリコン薄膜 22 の電子移動度が互いに異なることになる。

[0047] 一方で、領域 A に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜 21 どうしは、最後に照射されたレーザ光 14 は同じであるため、領域 A 内においては、形成されるポリシリコン薄膜 22 の電子移動度は同じとなる。これは、領域 B に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜 21 どうしでも同様であり、領域 B 内においては、形成されるポリシリコン薄膜 22 の電子移動度は同じとなる。すなわち、ガラス基板上において、互いに隣接する領域間では電子移動度が互いに異なるが、同じ領域内の複数のアモルファスシリコン薄膜 21 どうしは電子移動度が同一となる。

[0048] その結果、液晶画面において、表示むらが発生する原因となる。図 4 に例示するように、領域 A と領域 B との境界が“線状”であるため、互いに異なる特性の薄膜トランジスタ 20 が、当該“線上”の境界において突き合うこととなり、その特性の違いによる表示の違い（例えば色の濃淡などの違い）が“線”となって表れてしまう。その結果、液晶画面において表示むらが“ずじ”となってしまい、無視できない程度に強調されてしまう。

[0049] そこで、本発明の第 1 の実施形態では、例えば投影マスクパターン 15 を用いて、基板 30 に含まれるアモルファスシリコン薄膜 21 の各々に照射するレーザ光 14 の透過率を変更する。例えば、アモルファスシリコン薄膜 2

1に照射するレーザ光14の透過率にばらつきを持たせる。なお、透過率は、レーザ光がマスク150を透過する割合である。

[0050] 上記のように、レーザ光14の透過率をばらつかせることにより、アモルファスシリコン薄膜21には、異なる透過率のレーザ光14が照射されるようになり、全てのアモルファスシリコン薄膜21に対して同一のレーザ光14が照射されるという状況がなくなる。そのため、同一領域内（例えば領域A内）に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜21であっても、隣接するアモルファスシリコン薄膜21が異なる透過率のレーザ光14によって照射されるようになる。その結果、同一領域内（例えば領域A内）において、隣接するアモルファスシリコン薄膜21に最後に照射されるレーザ光14の透過率が異なることになる。なお、隣接するアモルファスシリコン薄膜21は、必ずしも異なる透過率のレーザ光14が照射されるというわけではなく、投影マスクパターン15におけるマスク150の配置によっては、同一の透過率のマスクが隣接することもあり、その場合には、隣接するアモルファスシリコン薄膜21は同一の透過率のレーザ光14が照射されることになる。ただし、基板30に含まれるアモルファスシリコン薄膜21全体を考えれば、投影マスクパターン15において、異なる透過率のマスク150がランダムに配置されるため、隣接するアモルファスシリコン薄膜21が異なる透過率のレーザ光14によって照射される可能性は高くなる。

[0051] そうすると、同一領域内（例えば領域A内）において、隣接するポリシリコン薄膜22の電子移動度は、互いに異なることとなる。その結果、同一領域内（例えば領域A内）において、隣接する薄膜トランジスタ20の特性も異なることになる。そうすると、ガラス基板30全体において、互いに隣接する薄膜トランジスタ20の特性は、互いに異なることになり、当該特性の違いによる表示の違い（例えば色の濃淡などの違い）が“線状”に表れることが無くなる。そのため、液晶画面において表示むらが“スジ”とならず、当該表示むらが強調されることを防止することができる。

[0052] 図5は、ガラス基板30において隣接する薄膜トランジスタ20による、

表示むらの発生の有無を説明するための図である。図5（a）において、領域A内の複数の薄膜トランジスタ20の特性は特性Aで同一であり、領域B内の複数の薄膜トランジスタ20の特性は特性Bで同一である。その結果、領域Aと領域Bの“線状”の境界において、特性Aの薄膜トランジスタ20と、特性Bの薄膜トランジスタ20とが突き合うことになり、特性の違いによる表示の違いが、“線状”になって表れてしまう。そのため、液晶画面において表示むらが“スジ”となって強調されてしまう。

[0053] 一方、図5（b）において、同一領域内（領域A／領域B）の隣接する薄膜トランジスタ20は、互いに異なる透過率のレーザ光14で照射されることにより、互いに異なる特性となるため、特性の違いによる表示の違いが分散され、“線状”になって表れない。そのため、液晶画面において表示むらを低減することが可能となる。

[0054] 上述した内容を実現するために、本発明の第1の実施形態において、マイクロレンズアレイ13上に設けられる投影マスクパターン15は、レーザ光が透過する割合である透過率が設定された複数のマスク150を含む。そして、投影マスクパターン15に含まれる複数のマスク150の各々は、複数の透過率のいずれかが設定される。複数の透過率は、例えば、90%、91%、92%・・・100%の10通りの透過率のうちのいずれかである。なお、複数の透過率は、あくまでも例示であって、どのような透過率であってもよい。また、複数の透過率は、10通りに限られず、何通りの透過率があってもよい。また、複数の透過率は、例えば、70%～100%の範囲など、どのような範囲であってもよい。複数の透過率の範囲は、予め定められた所定の範囲であってもよい。例えば、所定の範囲は、予め90%～100%に定められていてもよい。

[0055] また、投影マスクパターン15において、異なる透過率が設定されたマスク150が、ランダムに配置される。

[0056] 図6は、本発明の第1の実施形態における、投影マスクパターン15のマスク150の構成例を示す図である。

[0057] 図6に示すように、投影マスクパターン15は、異なる透過率が設定されたマスク150が、ランダムに配置される。ただし、透過率の異なる投影マスクパターン15の各々は、必ずしも、ランダムに配置される必要はなく、所定の条件に基づいて配置されてもよい。ここで、図6において、投影マスクパターン上に記載の数値は、当該投影マスクパターンにおけるレーザ光14の透過率である。図6に示すように、投影マスクパターンの各々は、例えば、透過率が90%~100%のいずれかに設定される。なお、上述したように、投影マスクパターンの透過率は、90~100%の範囲内である必要はなく、どのような透過率であってもよい。

[0058] なお、互いに隣接する投影マスクパターン15が、互いに異なる透過率となるように配置されてもよい。なお、互いに隣接する投影マスクパターン15が、必ずしも、互いに異なる透過率となるように配置される必要はない。

[0059] また、投影マスクパターン15に含まれる複数のマスクの各々において、マイクロレンズアレイ13の移動方向（所定の方向）に直交する一列において、互いに隣接するマスク150の透過率が互いに異なるように、当該マスク150を配置してもよい。この場合において、レーザ照射装置10は、1つのアモルファスシリコン薄膜21に対して、図2に示すマイクロレンズアレイ13の一列（又は一行）に含まれる20個のマイクロレンズ17において、少なくとも隣接するマイクロレンズ17から照射されるレーザ光14の透過率を異なるものとなる。例えば、レーザ照射装置10は、マイクロレンズアレイ13の一列（又は一行）に含まれる20個のマイクロレンズ17の各々に、異なる透過率である投影マスクパターンを配置することにより、互いに異なるアモルファスシリコン薄膜21に対し、互いに異なる透過率のレーザ光14を照射することができる。

[0060] また、各投影マスクパターン15における透過領域16の幅は、例えば4 μ mである。また、図6に示す投影マスクパターン15に設けられる開口部は、例えば、その形状が長方形であり、長辺が20 μ mであり、短辺が10 μ mである。なお、投影マスクパターン15の開口部大きさは例示であって

、マイクロレンズ１７の大きさに対応していれば、どのような大きさであってもよい。

[0061] 図６の例では、ガラス基板３０の移動方向（スキャン方向）に対して、投影マスクパターン１５の透過領域１６は、直交するように設けられる。なお、投影マスクパターン１５の透過領域１６は、ガラス基板３０の移動方向（スキャン方向）に対して必ずしも直交する必要はなく、該移動方向（スキャン方向）に対して平行（略平行）に設けられていてもよい。

[0062] レーザ照射装置１０は、図６に示す投影マスクパターン１５を用いて、図２に例示するガラス基板３０にレーザ光１４を照射するその結果、図３に示す同一領域内（例えば領域Ａ内）において、例えば、隣接するアモルファスシリコン薄膜２１が、互いに異なる透過率のレーザ光１４を照射されるようになる。そのため、同一領域内（例えば領域Ａ内）に含まれる複数のアモルファスシリコン薄膜２１について、例えば、隣接するアモルファスシリコン薄膜２１に最後に照射されるレーザ光１４も、その透過率が互いに異なることになる。その結果、同一領域内（例えば領域Ａ内）において、隣接するポリシリコン薄膜２２の電子移動度は、互いに異なることとなる。

[0063] そして、スキャン方向に直交する領域（図３に例示する領域Ａや領域Ｂ）間では、上述したように、照射されるレーザ光１４が異なるため、隣接する領域の薄膜トランジスタ２０は、互いに異なる特性となる。

[0064] その結果、ガラス基板３０全体において、隣接する薄膜トランジスタ２０が、互いに異なる特性となる。そのため、薄膜トランジスタ２０の特性の違いによる表示の違い（例えば色の濃淡などの違い）が分散され、線状に表われなくなる。そのため、液晶画面において表示むらが“スジ”とならず、当該表示むらが強調されることを防止することができる。

[0065] 本発明の第１の実施形態において、ガラス基板３０は、１つのマイクロレンズ１７によりレーザ光１４が照射されるごとに、所定の距離だけ移動する。所定の距離は、図２に例示するように、ガラス基板３０における複数の薄膜トランジスタ２０間の距離「Ｈ」である。レーザ照射装置１０は、ガラス

基板 30 を当該所定の距離移動させる間、レーザ光 14 の照射を停止する。

[0066] ガラス基板 30 が所定の距離「H」を移動した後、レーザ照射装置 10 は、マイクロレンズアレイ 13 に含まれるマイクロレンズ 17 を用いて、レーザ光 14 を照射する。なお、本発明の第 1 の実施形態では、図 6 に示す投影マスクパターン 15 を用いるため、1つのアモルファスシリコン薄膜 21 に対して、5 個のマイクロレンズ 17 によりレーザ光 14 が照射される。

[0067] そして、ガラス基板 30 の薄膜トランジスタ 20 に、レーザアニールを用いてポリシリコン薄膜 22 を形成した後、別の工程において、当該薄膜トランジスタ 20 に、ソース 23 とドレイン 24 とが形成される。

[0068] このように、本発明の第 1 の実施形態では、投影マスクパターン 15 において、異なる透過率のマスク 150 がランダムに配置されるように、当該投影マスクパターン 15 に含まれる複数のマスク 150 の透過率を変更する。その結果、例えば、隣接するアモルファスシリコン薄膜 21 が、互いに異なる透過率のレーザ光 14 を照射されるようになる。そのため、隣接するポリシリコン薄膜 22 の電子移動度は、互いに異なることとなる。すなわち、ガラス基板 30 全体において、互いに隣接する薄膜トランジスタ 20 の特性は、互いに異なることになり、当該特性の違いによる表示の違い（例えば色の濃淡などの違い）が“線状”に表れることが無くなる。そのため、液晶画面において表示むらが“スジ”とならず、当該表示むらが強調されることを防止することができる。

[0069] （第 2 の実施形態）

本発明の第 2 の実施形態は、マイクロレンズアレイ 13 に含まれる複数のマイクロレンズ 17 の各々の特性に基づいて、投影マスクパターン 15 の各々の透過率を変化（調整）させる実施形態である。

[0070] マイクロレンズアレイ 13 に含まれる複数のマイクロレンズ 17 の各々は、その特性が互いに異なる。例えば、マイクロレンズアレイ 13 の中心付近に配置されるマイクロレンズ 17 と、周辺部に配置されるマイクロレンズ 17 とにおいて、その特性に偏りが生じる場合がある。そのため、複数のマク

ロレンズ 17 の各々から照射されるレーザ光 14 は、マイクロレンズ 17 の特性が異なることに起因して、互いにその特性（例えば、エネルギー密度）が異なることとなる。そのため、レーザ照射装置 10 は、マイクロレンズアレイ 13 に含まれる複数のマイクロレンズ 17 を用いて、同時にレーザ光 14 を照射したとしても、当該複数のマイクロレンズ 17 の各々の特性が互いに異なることにより、当該レーザ光 14 の各々の特性（エネルギー密度など）が異なるものになってしまう。

[0071] そこで、本発明の第 2 の実施形態は、マイクロレンズアレイ 13 に含まれる複数のマイクロレンズ 17 の各々の特性に基づいて、投影マスクパターン 15 の各々の透過率を設定（調整）する。その結果、複数のマイクロレンズ 17 の各々を用いて照射されるレーザ光 14 の特性の違いを、低減することが可能となる。

[0072] 図 2 に示すマイクロレンズアレイ 13 に含まれる複数のマイクロレンズ 17 の各々は、その特性が例えば 5 % の範囲で異なる。なお、5 % はあくまでも例示であって、これ以上またはこれ以下の範囲で、複数のマイクロレンズアレイ 13 の特性が異なることもある。マイクロレンズ 17 の特性の違いは、例えば、当該マイクロレンズ 17 の各々に対してレーザ光 14 を照射し、その特性（例えば、エネルギー密度）を測定することにより、予め把握することが可能である。

[0073] そこで、本発明の第 2 の実施形態では、予め把握したマイクロレンズ 17 の各々の特性に基づいて、投影マスクパターン 15 の各々の透過率を設定（調整）する。その結果、透過率を設定（調整）した投影マスクパターン 15 を配置したマイクロレンズアレイ 13 を用いてレーザ光 14 を照射することにより、当該レーザ光 14 の特性の違いを低減することが可能となる。

[0074] 例えば、一のマイクロレンズ 17 を透過したレーザ光 14 のエネルギー密度が高い場合には、当該一のマイクロレンズ 17 に配置する投影マスクパターン 15 の透過率を低く設定する。一方、他のマイクロレンズ 17 を透過したレーザ光 14 のエネルギー密度が低い場合には、当該他のマイクロレンズ 17

に配置する投影マスクパターン１５の透過率を高く設定する。このように、マイクロレンズ１７の特性に応じて、当該マイクロレンズ１７に配置する投影マスクパターン１５の透過率を設定（調整）することにより、マイクロレンズ１７の特性の違いに起因するレーザ光１４の特性の違いを低減することが可能となる。

[0075] 図７は、マイクロレンズ１７の特性に基づいて透過率が設定（調整）されたマスク１５０を含む、投影マスクパターン１５である。図７の例は、マイクロレンズアレイ１３の中心付近に配置されるマイクロレンズ１７と、周辺部に配置されるマイクロレンズ１７とにおいて、その特性に偏りが生じている場合における、投影マスクパターン１５の例である。

[0076] 図７に示すように、マイクロレンズの特性に基づいて、投影マスクパターン１５に含まれるマスク１５０の透過率が設定（調整）される。その結果、レーザ照射装置１０は、図７に例示する投影マスクパターンを用いてレーザ光１４を照射することにより、マイクロレンズアレイ１３に含まれるマイクロレンズ１７の特性に起因するレーザ光１４の特性の違いが低減され、概ね同一の特性のレーザ光１４を照射することができる。

[0077] 上記のとおり、本発明の第２の実施形態は、マイクロレンズアレイ１３に含まれる複数のマイクロレンズ１７の各々の特性に基づいて、投影マスクパターン１５に含まれる複数のマスク１５０の各々の透過率を変化（調整）させることにより、マイクロレンズ１７の特性の違いに起因するレーザ光１４の特性の違いを低減することが可能となる。

[0078] （第３の実施形態）

本発明の第３の実施形態は、マイクロレンズアレイ１３に含まれる複数のマイクロレンズ１７の各々の特性に基づいて、投影マスクパターン１５に含まれる複数のマスク１５０の透過率を変化（調整）した後に、レーザ光１４の透過率をばらつかせるために、当該マスク１５０の透過率をさらに変更する場合の実施形態である。

[0079] 第３の実施形態では、まず、マイクロレンズアレイ１３に含まれる複数の

マイクロレンズ１７の各々の特性に基づいて、投影マスクパターン１５に含まれる複数のマスク１５０の透過率を変化（調整）する。その結果、マイクロレンズアレイ１３に含まれる複数のマイクロレンズ１７の各々の特性による、レーザ光１４の特性の違いが低減される。

[0080] その上で、第３の実施形態では、投影マスクパターン１５において、異なる透過率のマスク１５０がランダムに配置されるように、当該投影マスクパターン１５に含まれる複数のマスク１５０の透過率を変更する。その結果、例えば、隣接するアモルファスシリコン薄膜２１が、互いに異なる透過率のレーザ光１４を照射されるようになる。そのため、隣接するポリシリコン薄膜２２の電子移動度は、互いに異なることとなる。その結果、ガラス基板３０全体において、互いに隣接する薄膜トランジスタ２０の特性は、互いに異なることになり、当該特性の違いによる表示の違い（例えば色の濃淡などの違い）が“線状”に表れることが無くなる。そのため、液晶画面において表示むらが“スジ”とならず、当該表示むらが強調されることを防止することができる。

[0081] 第３の実施形態では、まず、図７に例示するように、マイクロレンズ１７の特性に基づいて、投影マスクパターン１５に含まれるマスク１５０の透過率を設定（調整）する。具体的には、予め把握したマイクロレンズ１７の各々の特性に基づいて、投影マスクパターン１５の各々の透過率を設定（調整）する。例えば、一のマイクロレンズ１７を透過したレーザ光１４のエネルギー密度が高い場合には、当該一のマイクロレンズ１７に配置する投影マスクパターン１５の透過率を低く設定する。一方、他のマイクロレンズ１７を透過したレーザ光１４のエネルギー密度が低い場合には、当該他のマイクロレンズ１７に配置する投影マスクパターン１５の透過率を高く設定する。

[0082] その後、マイクロレンズ１７の特性に基づいて透過率が設定されたマスク１５０について、当該設定された透過率を基準として、投影マスクパターン１５全体で透過率が分散するように、当該マスク１５０の透過率をさらに変更する。

[0083] 例えば、マイクロレンズ17の特性に基づいて、透過率が90%に設定されたマスク150は、透過率を投影マスクパターン15全体でばらつかせるために、当該マスク150に割り当てられた透過率変更の割合で、当該90%の透過率をさらに変更する。例えば、透過率を投影マスクパターン15全体でばらつかせるために割り当てられた透過率変更の割合が95%である場合、当該マスク150は、90%からさらに95%透過率を変更することになり、85.5%の透過率となる。

[0084] このように、第3の実施形態では、マイクロレンズ17の特性に基づいて設定された透過率を基準として、さらに、透過率を投影マスクパターン15全体でばらつかせるために当該透過率を変更する。その結果、マイクロレンズアレイ13に含まれる複数のマイクロレンズ17の各々の特性による、レーザ光14の特性の違いを低減しつつ、隣接するアモルファスシリコン薄膜21に対して、互いに異なる透過率のレーザ光14を照射することが可能となる。

[0085] その結果、マイクロレンズ17の特性に基づいて生じるレーザ光14の特性の違いを低減しつつ、隣接するポリシリコン薄膜22の電子移動度を互いに異ならせることができるため、ガラス基板30全体において、互いに隣接する薄膜トランジスタ20の特性は、互いに異なることになり、当該特性の違いによる表示の違い（例えば色の濃淡などの違い）が“線状”に表れることが無くなる。そのため、液晶画面において表示むらが“スジ”とならず、当該表示むらが強調されることを防止することができる。

[0086] （第4の実施形態）

本発明の第4の実施形態は、マイクロレンズアレイ13の代わりに、1個の投影レンズ18を用いて、レーザアニールを行う場合の実施形態である。

[0087] 図8は、本発明の第4の実施形態におけるレーザ照射装置10の構成例を示す図である。図8に示すように、本発明の第3の実施形態におけるレーザ照射装置10は、レーザ光源11と、カップリング光学系12と、投影マスクパターン15と、投影レンズ18とを含む。なお、レーザ光源11と、カ

カップリング光学系 12 とは、図 1 に示す本発明の第 1 の実施形態におけるレーザ光源 11 と、カップリング光学系 12 と同様の構成であるため、詳細な説明は省略される。また、投影マスクパターンは、本発明の第 1 の実施形態における投影マスクパターンと同様の構成であるため、詳細な説明は省略される。

[0088] レーザ光は、図 6 に例示する投影マスクパターン 15（図示しない）の開口（透過領域）を透過し、投影レンズ 18 により、アモルファスシリコン薄膜 21 の所定の領域に照射される。その結果、アモルファスシリコン薄膜 21 の所定の領域が瞬間加熱されて熔融し、アモルファスシリコン薄膜 21 の一部がポリシリコン薄膜 22 となる。

[0089] 本発明の第 4 の実施形態においても、レーザ照射装置 10 は所定の周期でレーザ光 14 を照射し、レーザ光 14 が照射されていない時間にガラス基板 30 を移動させ、次のアモルファスシリコン薄膜 21 の箇所当該レーザ光 14 が照射されるようにする。第 2 の実施形態においても、図 3 に示すように、ガラス基板 30 は、移動方向に対して、所定の間隔「H」でアモルファスシリコン薄膜 21 が配置される。そして、レーザ照射装置 10 は、所定の周期で、ガラス基板 30 上に配置されたアモルファスシリコン薄膜 21 の部分に、レーザ光 14 を照射する。

[0090] ここで、投影レンズ 18 を用いる場合、レーザ光 14 が、当該投影レンズ 18 の光学系の倍率で換算される。すなわち、投影マスクパターン 15 のパターンが、投影レンズ 18 の光学系の倍率で換算され、ガラス基板 30 上の所定の領域がレーザアニールされる。

[0091] すなわち、投影マスクパターン 15 のマスクパターンは、投影レンズ 18 の光学系の倍率で換算され、ガラス基板 30 上の所定の領域がレーザアニールされる。例えば、投影レンズ 18 の光学系の倍率が約 2 倍であると、投影マスクパターン 15 のマスクパターンは、約 $1/2$ （0.5）倍され、ガラス基板 30 の所定の領域がレーザアニールされる。なお、投影レンズ 18 の光学系の倍率は、約 2 倍に限られず、どのような倍率であってもよい。投影

マスクパターン 15 のマスクパターンは、投影レンズ 18 の光学系の倍率に応じて、ガラス基板 30 上の所定の領域がレーザアニールされる。例えば、投影レンズ 18 の光学系の倍率が 4 倍であれば、投影マスクパターン 15 のマスクパターンは、約 $1/4$ (0.25) 倍され、ガラス基板 30 の所定の領域がレーザアニールされる。

[0092] また、投影レンズ 18 が倒立像を形成する場合、ガラス基板 30 に照射される投影マスクパターン 15 の縮小像は、投影レンズ 18 のレンズの光軸を中心に 180 度回転したパターンとなる。一方、投影レンズ 18 が正立像を形成する場合、ガラス基板 30 に照射される投影マスクパターン 15 の縮小像は、当該投影マスクパターン 15 そのままとなる。

[0093] なお、単一の投影レンズにおいて、例えば、収差等の影響で、中央部に比べて周辺部の照射光量や倍率が異なる場合でも、投影マスクパターン 15 の中央部と周辺部でマスク 150 の透過率を変えることで均一な照射を実現できる。例えば、単一の照射レンズにおいて、中央部に比べて周辺部の照射光量が少ない場合は、投影マスクパターン 15 の中央部のマスク 150 の透過率を高くし、一方で周辺部のマスク 150 の透過率を当該中央部の透過率に比べて低く設定することにより、投影マスクパターン 150 全体で均一な照射を実現することが可能となる。

[0094] 上記のとおり、本発明の第 4 の実施形態では、1 個の投影レンズ 18 を用いて、レーザアニールを行った場合であっても、隣接するアモルファスシリコン薄膜 21 に対して、互いに異なる透過率のレーザ光 14 を照射することが可能となる。その結果、ガラス基板 30 全体において、互いに隣接する薄膜トランジスタ 20 の特性は、互いに異なることになり、当該特性の違いによる表示の違い（例えば色の濃淡などの違い）が“線状”に表れることが無くなる。そのため、液晶画面において表示むらが“スジ”とならず、当該表示むらが強調されることを防止することができる。

[0095] なお、以上の説明において、「垂直」「平行」「平面」「直交」等の記載がある場合に、これらの各記載は厳密な意味ではない。すなわち、「垂直」

「平行」「平面」「直交」とは、設計上や製造上における公差や誤差が許容され、「実質的に垂直」「実質的に平行」「実質的に平面」「実質的に直交」という意味である。なお、ここでの公差や誤差とは、本発明の構成・作用・効果を逸脱しない範囲における単位のことを意味するものである。

[0096] (第5の実施形態)

本発明の第5の実施形態は、マイクロレンズアレイ13に含まれる複数のマイクロレンズ17の各々の解像力に基づいて、当該解像力が相対的に低いマイクロレンズに対応する場所に位相シフトマスクを適用することにより、当該解像力が相対的に低いマイクロレンズ17の解像力を高める実施形態である。

[0097] マイクロレンズアレイ13に含まれる複数のマイクロレンズ17の各々は、その特性の1つである解像力が互いに異なる場合がある。すなわち、マイクロレンズアレイ13は、解像力が相対的に低いマイクロレンズ17を含む場合がある。マイクロレンズ17の解像力が低いと、隣接するマスクを透過した光が正しく解像せず、投影マスクパターン15のパターンどおりにアニール化できない恐れがある。その結果、微結晶が薄膜トランジスタ20のチャネル領域に乱れを生じさせ、液晶画面の表示に悪影響を与える可能性がある。

[0098] 図9は、マイクロレンズアレイ13に含まれるマイクロレンズ17の構成例を示す図である。図9に示すマイクロレンズ17のうち、例えば、灰色で示すマイクロレンズ17は、他のマイクロレンズ17（白色で示すマイクロレンズ17）に比較して、解像力が相対的に低い。そのため、レーザ照射装置10が、図9に例示するマイクロレンズアレイ13を用いてレーザ光14を照射すると、投影マスクパターン15のパターン通りに薄膜トランジスタ20のチャネル領域を適切にアニール化することができない恐れがある。

[0099] 一方で、解像力が相対的に低いマイクロレンズ17の解像力を高くするために、マイクロレンズアレイ13に含まれるマイクロレンズ17全体の解像力を高くすることが考えられる。しかしながら、他のマイクロレンズ17、

すなわち解像力が相対的に低くないマイクロレンズ１７の解像力が必要以上に高まることになり、当該他のマイクロレンズ１７の焦点深度（D O F : D e p t h o f F o c u s）が狭くなってしまう恐れがある。その結果、マイクロレンズアレイ１３を用いた薄膜トランジスタ２０のチャネル領域のアニール化のプロセスに、悪影響を与える可能性が生じる。したがって、マイクロレンズアレイ１３に含まれるマイクロレンズ１７全体の解像力を高くすることには限界がある。

[0100] そこで、本発明の第５の実施形態では、マイクロレンズアレイ１３に含まれる複数のマイクロレンズ１７のうち、相対的に解像力が低いマイクロレンズ１７の解像力を高めるため、位相シフトマスクを用いる。具体的には、相対的に解像力が低いマイクロレンズ１７の部分に対して位相シフトマスクを適用し、当該相対的に解像力が低いマイクロレンズ１７の解像力を高める。その結果、相対的に解像力が低いマイクロレンズ１７の解像力が高まる一方、他のマイクロレンズ１７の解像力には当該位相シフトマスクを適用しないため、当該他のマイクロレンズ１７の解像力が必要以上に高めてしまうことがない。

[0101] その結果、マイクロレンズ１３全体において複数のマイクロレンズ１７の各々の解像力の違いを低減可能であり、薄膜トランジスタ２０のアモルファスシリコンのアニール化を適切に実行でき（すなわち、マスクのパターン通りにアニール化を実行でき）、液晶画面の表示に悪影響を与えることを抑制することができる。

[0102] 図２に示すマイクロレンズアレイ１３に含まれる複数のマイクロレンズ１７の一部は、その解像力が他のマイクロレンズ１７と比較して、例えば１０％低い場合がある。なお、“１０％”は、あくまでも例示であって、これ以上またはこれ以下の範囲で、複数のマイクロレンズアレイ１３の各々の解像力が異なることもある。マイクロレンズ１７の解像力の違いは、例えば、当該マイクロレンズ１７の各々に対してレーザ光１４を照射し、その解像力を測定することにより、予め把握することが可能である。

- [0103] そこで、本発明の第5の実施形態では、予め把握したマイクロレンズ17の各々の解像力に基づいて、所定の解像力未満のマイクロレンズ17に対して、位相シフトマスクを適用する。
- [0104] 所定の解像力は、例えば、複数のマイクロレンズ17の解像力の平均値よりも、10%以上低い解像力である。なお、10%はあくまでも例示であって、どのような値でも良いことは言うまでもない。また、所定の解像力は、予め定められた解像力（固定値）であってもよい。当該予め定められた解像力（固定値）は、薄膜トランジスタ20のアモルファスシリコンのアニール化を適切に実行可能な解像力である。
- [0105] また、位相シフトマスクを適用するマイクロレンズ17は、複数のマイクロレンズ17のうち解像力が最も高いマイクロレンズ17との差分に基づいて決定してもよい。すなわち、最も高いマイクロレンズ17の解像力と差分が、所定値以上であるマイクロレンズ17に対して、位相シフトマスクを適用すると決定する。
- [0106] なお、位相シフトマスクを適用するマイクロレンズ17は、どのように決定してもよく、隣接するマスクを透過した光が正しく解像せず、適切にアニール化できない恐れがあるマイクロレンズ17を抽出できれば、どのような方法であってもよい。
- [0107] 図10は、第5の実施形態におけるレーザ照射装置10の構成例を示す図である。図10に示すように、第5の実施形態におけるレーザ照射装置10は、マイクロレンズアレイ13上に、位相シフトマスク19を含む。
- [0108] 位相シフトマスク（Phase-Shifting Mask：PSM）19は、レーザ光14の位相や透過率を制御可能なマスクであり、マイクロレンズ17の解像度や焦点深度を改善することができる。
- [0109] 位相シフトマスク19には、例えば、ハーフトーン型位相シフトマスクがあり、マイクロレンズ17を透過するレーザ光14の位相を変化させることが可能なマスクである。ハーフトーン型位相シフトマスクでは、例えば、半透明な遮光膜（位相シフタ）をマイクロレンズ17上に設けることにより、

当該遮光膜を透過するレーザ光 14 の伝搬速度を遅らせることにより、その分だけ当該レーザ光 14 の位相を変化させる。そして、半透明な遮光膜を通過して位相が変化したレーザ光 14 と、当該半透明な遮光膜を通過せずに位相が変化していないレーザ光 14 とを干渉させることで、当該レーザ光 14 の解像力を向上させることが可能となる。

[0110] なお、第 5 の実施形態における位相シフトマスク 19 は、上述した実施形態における投影マスクパターン 15 のように、マイクロレンズアレイ 13 に含まれるマイクロレンズ 17 の各々について、薄膜トランジスタ 20 のアモルファスシリコン領域にレーザ光 14 を照射するためのパターンが設けられている。それに加えて、当該位相シフトマスク 19 は、解像力が低いマイクロレンズ 17 に対して、例えば位相シフトによって解像力を向上させることができる構成を備えるものである。

[0111] 第 5 の実施形態におけるレーザ照射装置 10 では、マイクロレンズアレイ 13 に含まれるマイクロレンズ 17 のうち、解像力が相対的に低いマイクロレンズ 17 に対して位相シフトマスク 19 を適用する。具体的には、図 9 に示す解像力が相対的に低いマイクロレンズ 17（例えば、列 1・行 10 や列 6・行 7 のマイクロレンズ 17）に対して、位相シフトマスク 19 を適用する。その結果、解像力が相対的に低いマイクロレンズ 17 の解像力を向上させることができ、位相シフトマスク 19 のパターン通りに薄膜トランジスタ 20 のチャネル領域を適切にアニール化することができる。

[0112] 一方、他のマイクロレンズ 17（解像力が相対的に低くないマイクロレンズ 17）に対しては、位相シフトマスク 19 を適用しない。その結果、解像力が相対的に低いマイクロレンズ 17 については当該解像力が向上する一方、他のマイクロレンズ 17 の解像力はそのままとなり必要以上に解像力が向上することはない。したがって、その結果、マイクロレンズ 13 全体において複数のマイクロレンズ 17 の各々の解像力の違いを低減可能である。

[0113] 上記のとおり、本発明の第 5 の実施形態は、マイクロレンズ 13 全体において複数のマイクロレンズ 17 の各々の解像力の違いを低減可能であり、薄

膜トランジスタ 20 のアモルファスシリコンのアニール化を適切に実行でき（すなわち、マスクのパターン通りにアニール化を実行でき）、液晶画面の表示に悪影響を与えることを抑制することができる。

[0114] また、以上の説明において、外観上の寸法や大きさが「同一」「等しい」「異なる」等の記載がある場合に、これらの各記載は厳密な意味ではない。すなわち、「同一」「等しい」「異なる」とは、設計上や製造上等における公差や誤差が許容され、「実質的に同一」「実質的に等しい」「実質的に異なる」という意味である。なお、ここでの公差や誤差とは、本発明の構成・作用・効果を逸脱しない範囲における単位のことを意味するものである。

[0115] 本発明を諸図面や実施形態に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形や修正を行うことが容易であることに注意されたい。従って、これらの変形や修正は本発明の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各手段、各ステップ等に含まれる機能等は論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の手段やステップ等を 1 つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。また、上記実施の形態に示す構成を適宜組み合わせることとしてもよい。

符号の説明

- [0116]
- 10 レーザ照射装置
 - 11 レーザ光源
 - 12 カップリング光学系
 - 13 マイクロレンズアレイ
 - 14 レーザ光
 - 15 投影マスクパターン
 - 16 透過領域
 - 17 マイクロレンズ
 - 18 投影レンズ
 - 19 位相シフトマスク
 - 20 薄膜トランジスタ

- 2 1 アモルファスシリコン薄膜
- 2 2 ポリシリコン薄膜
- 2 3 ソース
- 2 4 ドレイン
- 3 0 ガラス基板

請求の範囲

- [請求項1] レーザ光を発生する光源と、
ガラス基板上の複数の薄膜トランジスタの各々に被着されたアモルファスシリコン薄膜の所定の領域に、前記レーザ光を照射する投影レンズと、
前記投影レンズ上に設けられ、前記レーザ光が透過する割合である透過率が設定された複数のマスクを含む投影マスクパターンと、を備え、
前記投影レンズは、所定の方向に移動する前記ガラス基板上の前記複数の薄膜トランジスタに対して、前記投影マスクパターンに含まれる前記複数のマスクの各々を介して前記レーザ光を照射し、
前記投影マスクパターンに含まれる前記複数のマスクの各々は、複数の前記透過率のいずれかが設定される、レーザ照射装置。
- [請求項2] 前記投影マスクパターンにおいて、異なる前記透過率が設定された前記マスクがランダムに配置されることを特徴とする請求項1に記載のレーザ照射装置。
- [請求項3] 前記投影マスクパターンに含まれる前記複数のマスクの各々は、予め定められた所定の範囲内に含まれる前記透過率のいずれかが設定されることを特徴とする請求項1または2に記載のレーザ照射装置。
- [請求項4] 前記投影マスクパターンに含まれ、前記所定の方向に直交する一列において互いに隣接する前記マスクの各々は、互いに前記透過率が異なることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のレーザ照射装置。
- [請求項5] 前記投影マスクパターンに含まれる前記複数のマスクの各々は、互いに前記透過率が異なることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のレーザ照射装置。
- [請求項6] 前記投影レンズは、前記レーザ光を分離可能なマイクロレンズアレイに含まれる複数のマイクロレンズであり、

前記投影マスクパターンに含まれる前記複数のマスクの各々は、前記複数のマイクロレンズの各々に対応することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のレーザ照射装置。

[請求項7] 前記投影マスクパターンは、前記マイクロレンズアレイに含まれる複数のマイクロレンズの各々の特性に基づいて、当該マイクロレンズの各々に対応する前記マスクの透過率が設定されることを特徴とする請求項 6 に記載のレーザ照射装置。

[請求項8] 前記投影マスクパターンは、前記マイクロレンズを透過するレーザ光の位相を変化させることにより、当該マイクロレンズの解像度を高める位相シフトマスクであり、

前記位相シフトマスクは、前記複数のマイクロレンズのうち、前記解像度に基づいて決定されたマイクロレンズを透過する前記レーザ光の位相を変化させ、当該マイクロレンズの解像度を高くすることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載のレーザ光照射装置。

[請求項9] 前記位相シフトマスクは、前記複数のマイクロレンズのうち、相対的に解像度が低いマイクロレンズを透過する前記レーザ光の位相を変化させ、当該マイクロレンズの解像度を高くすることを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれかに記載のレーザ光照射装置。

[請求項10] 前記投影レンズは、薄膜トランジスタに含まれるソース電極とドレイン電極との間に被着されたアモルファスシリコン薄膜の所定の領域にレーザ光を照射して、ポリシリコン薄膜を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載のレーザ照射装置。

[請求項11] レーザ光を発生する第 1 のステップと、

ガラス基板上の複数の薄膜トランジスタの各々に被着されたアモルファスシリコン薄膜の所定の領域に、前記レーザ光が透過する割合である透過率が設定された複数のマスクを含む投影マスクパターンが設けられた投影レンズを用いて、前記レーザ光を照射する第 2 のステップと、

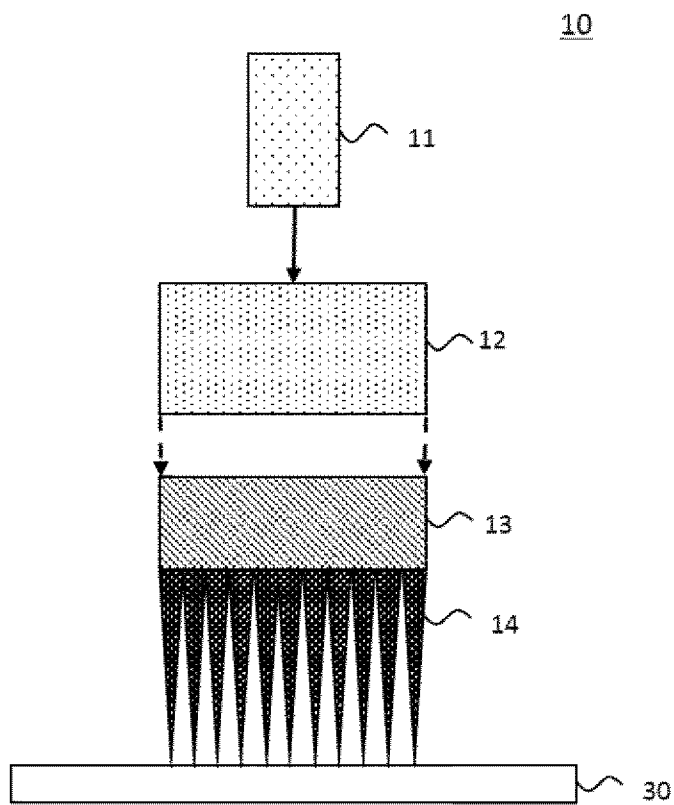
前記レーザ光が照射されるごとに、前記ガラス基板を所定の方向に移動する第3のステップと、を含み、

第2のステップにおいて、複数の前記透過率のいずれかが設定された複数の前記マスクを含む前記投影マスクパターンを介して、前記レーザ光を照射する、薄膜トランジスタの製造方法。

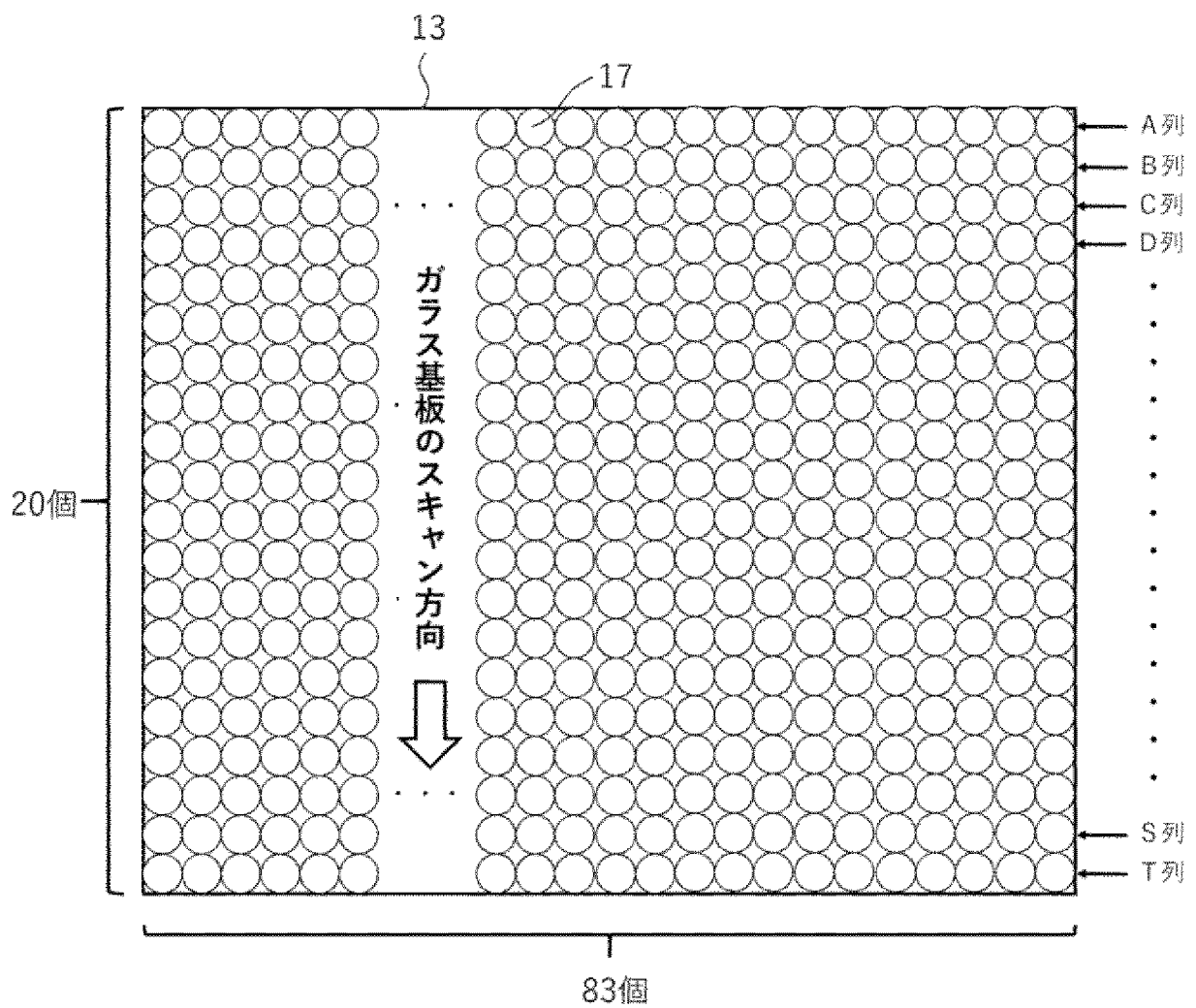
[請求項12] 第2のステップにおいて、異なる前記透過率が設定された前記マスクがランダムに配置された前記投影マスクパターンを介して、前記レーザ光を照射することを特徴とする請求項11に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

[請求項13] 第2のステップにおいて、予め定められた所定の範囲内に含まれる前記透過率のいずれかが設定された前記マスクを含む前記投影マスクパターンを介して、前記レーザ光を照射することを特徴とする請求項11または12に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

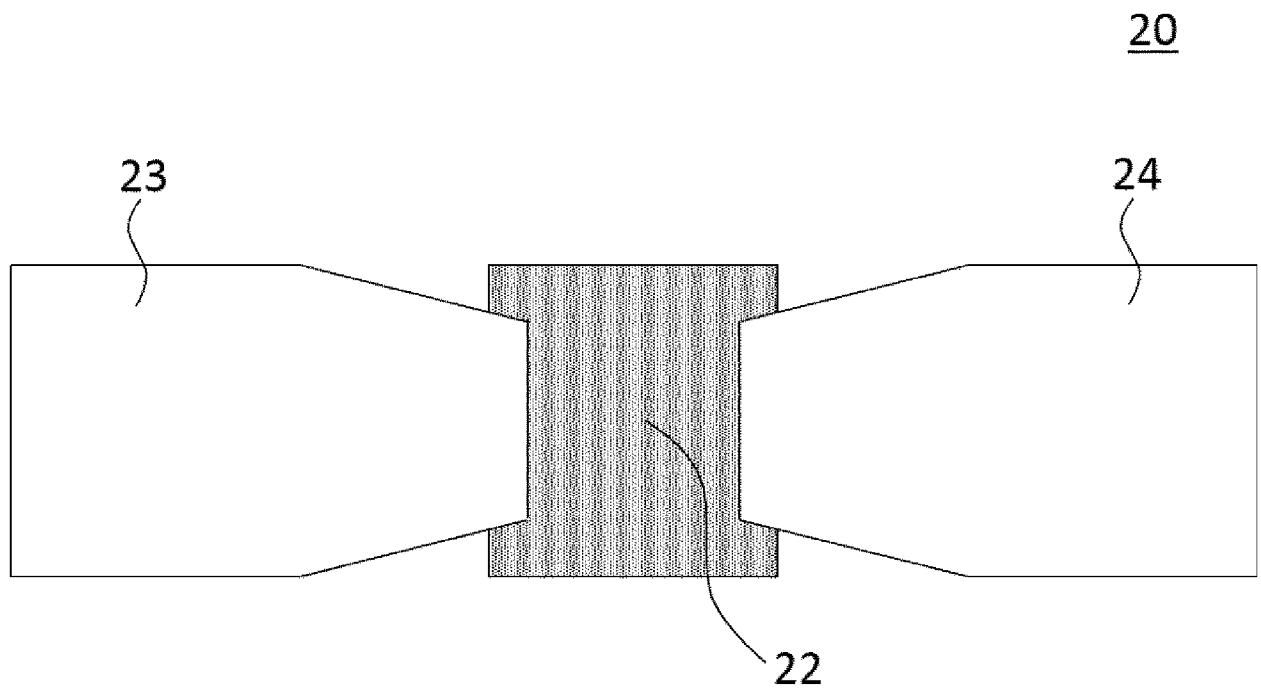
[図1]



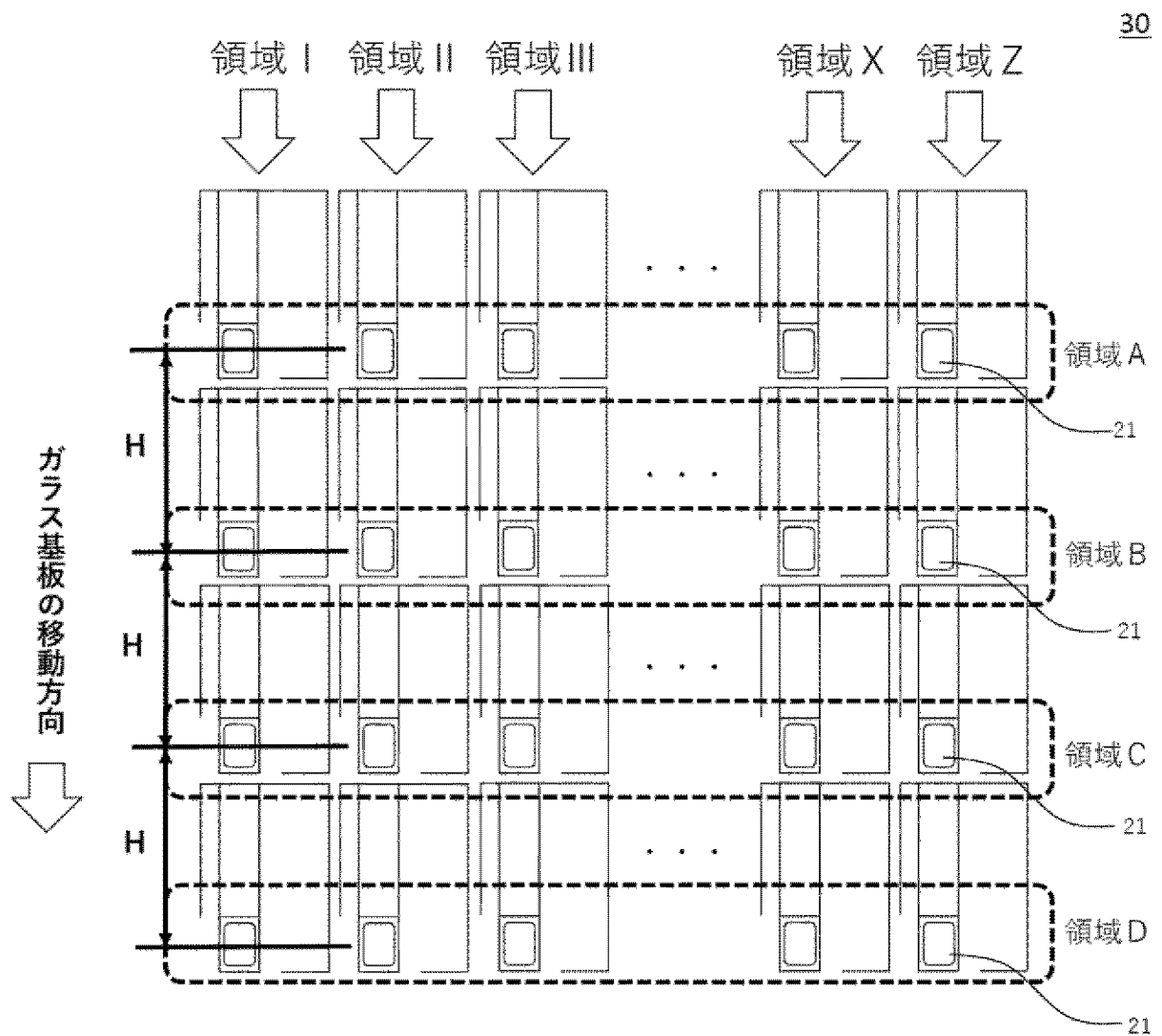
[図2]



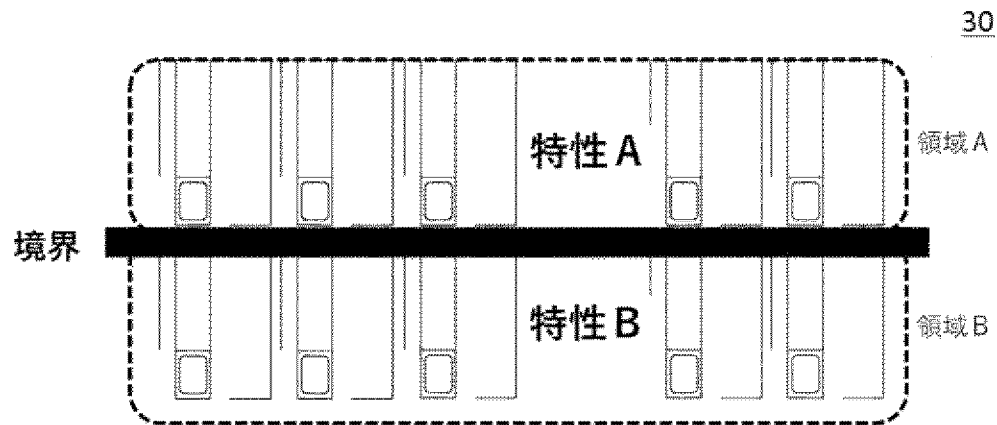
[図3]



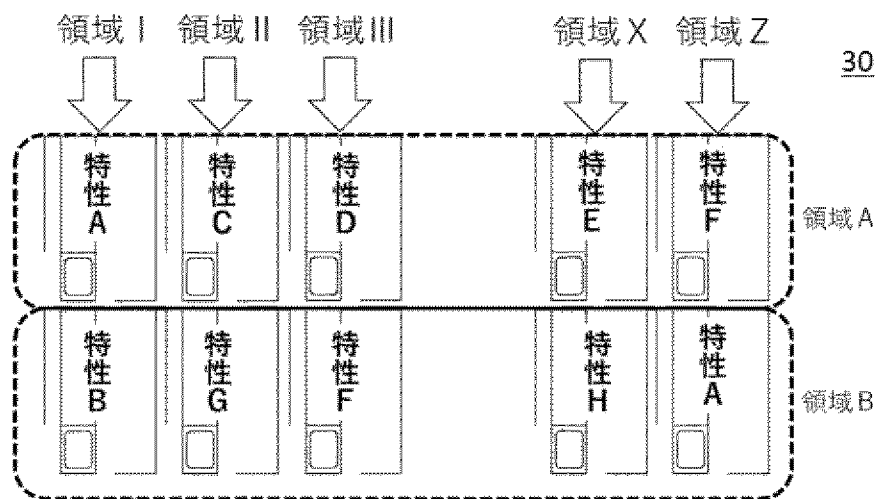
[図4]



[図5]



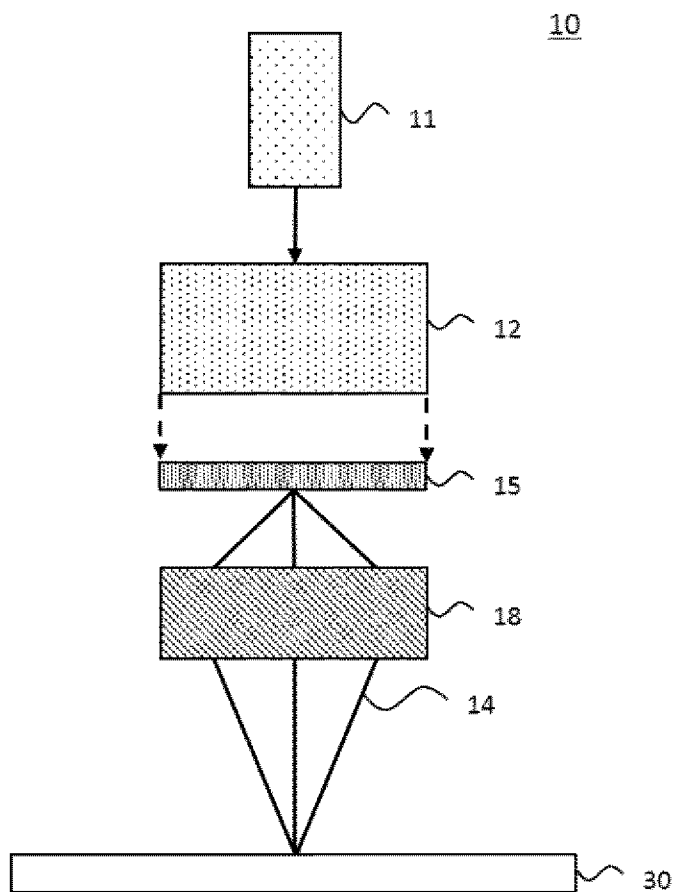
(a)



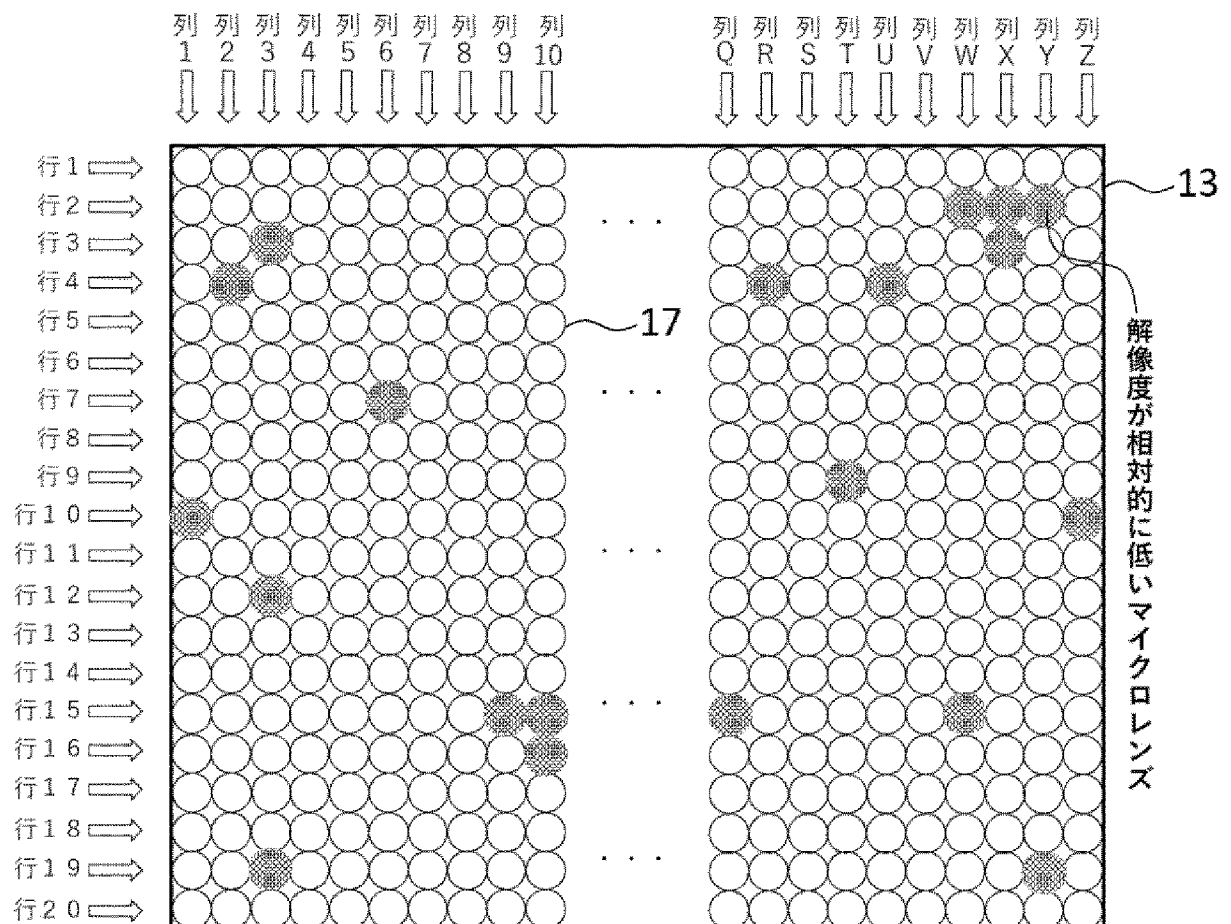
(b)

[illegible]

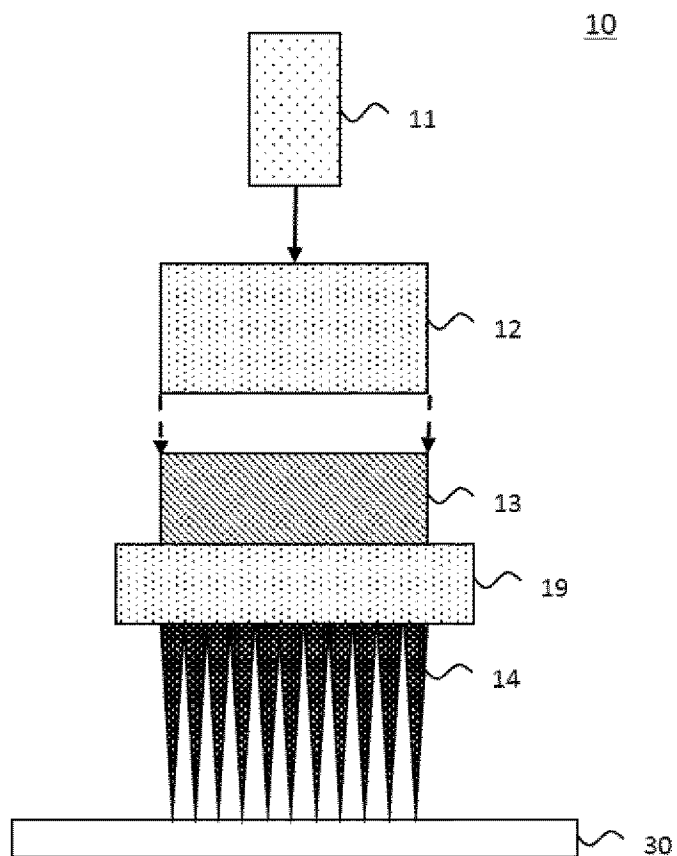
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/042107

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L21/20 (2006.01) i, H01L21/336 (2006.01) i, H01L29/786 (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)

Int. Cl. H01L21/20, H01L21/336, H01L29/786

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
Y	WO 2016/186043 A1 (V TECH CO., LTD.) 24 November 2016, paragraphs [0011]-[0041], [0071], fig. 1, 3, 9 & JP 2016-219581 A & TW 201705295 A	1, 3, 5, 6, 10, 11, 13
A		2, 4, 7-9, 12
Y	JP 2005-129769 A (HITACHI, LTD.) 19 May 2005, paragraphs [0045]-[0070], fig. 1-15 & US 2005/0139830 A1, paragraphs [0074]-[0101], fig. 1-15 & US 2006/0254497 A1 & KR 10-2005-0039521 A & CN 1610061 A & TW 200515485 A	1, 3, 5, 6, 10, 11, 13
A		2, 4, 7-9, 12



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

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/042107

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-4250 A (V TECH CO., LTD.) 05 January 2012, entire text, all drawings & WO 2011/158612 A1 & TW 201205680 A	1-13
A	JP 2006-13050 A (SHARP CORP.) 12 January 2006, entire text, all drawings & US 2005/0287773 A1, entire text, all drawings & KR 10-2006-0049658 A	1-13
A	JP 2008-85318 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 10 April 2008, entire text, all drawings & US 2008/0318398 A1, entire text, all drawings & TW 200828443 A	1-13
A	JP 2004-72103 A (ADV LCD TECH DEV CT CO., LTD.) 04 March 2004, entire text, all drawings & US 2004/0161676 A1, entire text, all drawings & KR 10-2004-0010337 A & CN 1477677 A & TW 200403727 A	1-13
A	US 2009/0258465 A1 (CHUNG) 15 October 2009, entire text, all drawings & KR 10-2009-0107747 A	1-13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/20(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/786(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. H01L21/20, H01L21/336, H01L29/786

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
Y	WO 2016/186043 A1（株式会社ブイ・テクノロジー）2016.11.24, 段落[0011]-[0041]、[0071]、図1、3、9 & JP 2016-219581 A & TW 201705295 A	1, 3, 5, 6, 10, 11, 13
A		2, 4, 7-9, 12
Y	JP 2005-129769 A（株式会社日立製作所）2005.05.19, 段落【0045】-【0070】、図1-15 & US 2005/0139830 A1, 段落[0074]-[0101]、図1-15 & US 2006/0254497 A1 & KR 10-2005-0039521 A & CN 1610061 A & TW 200515485 A	1, 3, 5, 6, 10, 11, 13
A		2, 4, 7-9, 12

☑ 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

14.02.2018

国際調査報告の発送日

27.02.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

正山 旭

50

9276

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
A	JP 2012-4250 A (株式会社ブイ・テクノロジー) 2012. 01. 05, 全文、 全図 & WO 2011/158612 A1 & TW 201205680 A	1-13
A	JP 2006-13050 A (シャープ株式会社) 2006. 01. 12, 全文、全図 & US 2005/0287773 A1, 全文、全図 & KR 10-2006-0049658 A	1-13
A	JP 2008-85318 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2008. 04. 10, 全文、全図 & US 2008/0318398 A1, 全文、全図 & TW 200828443 A	1-13
A	JP 2004-72103 A (株式会社液晶先端技術開発センター) 2004. 03. 04, 全文、全図 & US 2004/0161676 A1, 全文、全図 & KR 10-2004-0010337 A & CN 1477677 A & TW 200403727 A	1-13
A	US 2009/0258465 A1 (CHUNG) 2009. 10. 15, 全文、全図 & KR 10-2009-0107747 A	1-13