

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6969348号  
(P6969348)

(45) 発行日 令和3年11月24日 (2021. 11. 24)

(24) 登録日 令和3年11月1日 (2021. 11. 1)

(51) Int. Cl.	F I
<b>G03F 7/20 (2006.01)</b>	G03F 7/20 501
<b>H05B 47/10 (2020.01)</b>	H05B 47/10
<b>H01L 21/027 (2006.01)</b>	G03F 7/20 521
	H01L 21/30 568

請求項の数 12 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-241089 (P2017-241089)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成29年12月15日 (2017. 12. 15)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2019-109308 (P2019-109308A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	令和1年7月4日 (2019. 7. 4)	(74) 代理人	110002756
審査請求日	令和2年9月28日 (2020. 9. 28)		特許業務法人弥生特許事務所
早期審査対象出願		(74) 代理人	100091513
			弁理士 井上 俊夫
		(72) 発明者	藤本 円華
			東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
			zタワー 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	▲鶴▼田 豊久
			東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
			zタワー 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置、基板処理方法及び記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外部から筐体内へ基板が搬入されてから、当該基板が外部に搬出される準備が整うまでの1サイクルの間に、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する基板処理装置において、

前記筐体内に設けられた基板の載置部と、

前記載置部に載置された基板に光を照射し、温度により発光状態が変わる光源部と、

前記光源部を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、予め決められた前記1サイクルの時間をサイクル時間、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する時間帯を処理時間帯と呼ぶとすると、前記1サイクルのうち前記処理時間帯以外の時間帯にて前記光源部をダミー発光させ、前記処理時間帯における照射領域の照度に応じてダミー発光時における照射領域の照度を調整することにより、前記基板処理装置によって処理される互に異なる基板間における前記1サイクル内の照射領域の平均照度が一定となるように、制御信号を出力するように構成されていることを特徴とする基板処理装置。

【請求項 2】

前記1サイクルが終了した後、次の基板が筐体内に搬入され、次の1サイクルが開始されるまでの時間帯を待機時間帯と呼ぶとすると、前記待機時間帯における照射領域の照度を予め設定しておき、

前記ダミー発光時における照射領域の照度は、前記1サイクルにおける照射領域の平均

10

20

照度と前記待機時間帯における照射領域の平均照度とが揃うように調整されることを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記待機時間帯における照射領域の照度、前記サイクル時間、前記処理時間帯の時間、当該処理時間帯における照射領域の照度、及び前記ダミー発光を行う時間に基づいて前記ダミー発光時における照射領域の照度を求める機能を備えていることを特徴とする請求項 2 記載の基板処理装置。

【請求項 4】

前記待機時間帯における照射領域の照度、前記処理時間帯の時間、及び前記ダミー発光を行う時間は予め決められた値であり、

前記制御部は、前記予め決められた値と変数である前記処理時間帯における照射領域の照度とに基づいて、前記ダミー発光時における照射領域の照度を求めるように構成されていることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の基板処理装置。

【請求項 5】

前記待機時間帯における照射領域の照度は、環境温度の変動に応じて調整されるように構成されていることを特徴とする請求項 2 ないし 4 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 6】

前記ダミー発光を行う時間は、前記処理時間帯の時間よりも長く設定されていることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 7】

外部から筐体内へ基板が搬入されてから、当該基板が外部に搬出される準備が整うまでの 1 サイクルの間に、基板に対して処理を行うために、温度により発光状態が変わる光源部から当該基板に光を照射する基板処理方法において、

予め決められた前記 1 サイクルの時間をサイクル時間、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する時間帯を処理時間帯と呼ぶとすると、前記 1 サイクルのうち前記処理時間帯以外の時間帯にて前記光源部をダミー発光させ、基板間における前記 1 サイクル内の照射領域の平均照度が一定となるように、前記処理時間帯における照射領域の照度に応じてダミー発光時における照射領域の照度を調整することを特徴とする基板処理方法。

【請求項 8】

前記 1 サイクルが終了した後、次の基板が筐体内に搬入され、次の 1 サイクルが開始されるまでの時間帯を待機時間帯と呼ぶとすると、前記待機時間帯における照射領域の照度は、環境温度の変動に応じて調整されることを特徴とする請求項 7 に記載の基板処理方法。

【請求項 9】

外部から筐体内へ基板が搬入されてから、当該基板が外部に搬出される準備が整うまでまたは基板が外部に搬出されるまでの 1 サイクルの間に、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する基板処理装置に用いられるコンピュータプログラムを記憶した記憶媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、請求項 7 または 8 に記載された基板処理方法を実行するように命令が組み込まれていることを特徴とする記憶媒体。

【請求項 10】

前記ダミー発光は、前記基板に光を照射するための前記光源部から、基板に光が当たらない状態にて前記調整された照度で発光することであることを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

【請求項 11】

前記制御部は、次式

$$I_d = (T_p / T_d) \cdot I_w - (T_s / T_d) \cdot I_s$$

〔ただし  $I_d$  はダミー発光時の照射領域の照度、 $T_p$  は 1 サイクルの時間、 $T_d$  はダミー

10

20

30

40

50

発光の時間帯の時間、 $I_w$ は待機時間帯の平均照度、 $T_s$ は処理時間、 $I_s$ は処理時間帯の照射領域の照度である]

に基づいてダミー発光時の照射領域の照度を決定することを特徴とする請求項4記載の基板処理装置。

【請求項12】

前記1サイクルが終了した後、次の基板が筐体内に搬入され、次の1サイクルが開始されるまでの時間帯を待機時間帯と呼ぶとすると、ダミー発光時の照射領域の照度は、次式

$$I_d = (T_p / T_d) \cdot I_w - (T_s / T_d) \cdot I_s$$

[ただし $I_d$ はダミー発光時の照射領域の照度、 $T_p$ は1サイクルの時間、 $T_d$ はダミー発光の時間帯の時間、 $I_w$ は待機時間帯の平均照度、 $T_s$ は処理時間、 $I_s$ は処理時間帯の照射領域の照度である]

に基づいて決定されることを特徴とする請求項7記載の基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの製造分野において、回路パターンの高い解像度に対応する手法として、例えば極端紫外線(EUV)露光が知られているが、EUV露光は、露光光源の光強度を大きくすると装置が大掛かりになりコストが嵩むという課題がある。

このため特許文献1では、光増感化学増幅型レジストを塗布した半導体ウエハ(以下「ウエハ」という)にパターンマスクを用いてパターン露光を行った後に、さらにパターン露光領域を一括露光して、ウエハの上のパターン(回路パターン)の線幅の面内均一性を良好にする露光装置を開示している。この一括露光装置は、LED(Light Emitting Diode: 発光ダイオード)を光源として用い、ウエハ上にウエハの直径よりも少し長い帯状の照射領域を形成して、ウエハを照射領域の伸びる方向と直交する方向に移動させることによりウエハの表面全体を露光している。

【0003】

一括露光装置は、ウエハにレジストを塗布する塗布モジュール、パターンマスクを用いて露光した後のウエハに対して現像を行う現像モジュールなどが含まれる塗布、現像装置の中に組み込まれている。LEDの温度は、LED自身の発熱及び周囲の温度に基づいて決まってくるが、LEDを点灯した後あるいはLEDの照度を変更した後において、安定するまでにしばらく時間がかかる。

【0004】

このため一括露光装置にて前のロットのウエハの処理が終了した後、次のロットのウエハが搬送されるまでに長い時間が空くと、LEDの温度が安定しない状態で、次のロットのウエハの露光が行われる。また前のロットのウエハの処理が終了した後、直ぐに次のロットのウエハの露光を行う場合であっても、前のロットのウエハの露光におけるLEDの照度と後のロットのウエハの露光における照度が異なる場合には、LEDの温度が安定しない状態で、次のロットのウエハの露光が行われる。

【0005】

LEDは駆動電流が同じであっても温度により照度(一定の面の照度)が変わってくる。回路パターンの線幅が微細な場合には、照射領域の照度がパターンの線幅の変化率に寄与する度合いが大きくなっていく。照射領域の照度を一定にする手法としては、LEDの発光状態を明るさセンサーで検出し、検出信号をフィードバックして照度を一定化する手法が知られているが(特許文献2)、この手法は構造が複雑化してしまう。

またLEDの温度が変わることにより分光特性が変化し、レジストの種類によっては、現像後のパターンの線幅が予定の寸法からずれてしまい、今後パターンの線幅が更に微細になると、歩留まりに影響を及ぼす懸念があるが、前記手法は、この懸念を払拭できる技

10

20

30

40

50

術ではない。

このようにＬＥＤを用いた露光装置においては、温度変化によりＬＥＤの発光状態が変わるため、安定した露光が困難になるおそれがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開２０１５－１５６４７２号公報

【特許文献２】特開２０１０－８０９０６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

本発明はこのような事情の下になされたものであり、その目的は、温度変化により発光状態が変わる光源部を用い、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する基板処理装置において、基板間において光源部の発光状態の安定化を図り、基板に対して安定した作業を行うことができる技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明は、外部から筐体内へ基板が搬入されてから、当該基板が外部に搬出される準備が整うまでの１サイクルの間に、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する基板処理装置において、

前記筐体内に設けられた基板の載置部と、

前記載置部に載置された基板に光を照射し、温度により発光状態が変わる光源部と、

前記光源部を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、予め決められた前記１サイクルの時間をサイクル時間、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する時間帯を処理時間帯と呼ぶとすると、前記１サイクルのうち前記処理時間帯以外の時間帯にて前記光源部をダミー発光させ、前記処理時間帯における照射領域の照度に応じてダミー発光時における照射領域の照度を調整することにより、前記基板処理装置によって処理される互に異なる基板間における前記１サイクル内の照射領域の平均照度が一定となるように、制御信号を出力するように構成されていることを特徴とする。

他の発明は、外部から筐体内へ基板が搬入されてから、当該基板が外部に搬出される準備が整うまでの１サイクルの間に、基板に対して処理を行うために、温度により発光状態が変わる光源部から当該基板に光を照射する基板処理方法において、

予め決められた前記１サイクルの時間をサイクル時間、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する時間帯を処理時間帯と呼ぶとすると、前記１サイクルのうち前記処理時間帯以外の時間帯にて前記光源部をダミー発光させ、基板間における前記１サイクル内の照射領域の平均照度が一定となるように、前記処理時間帯における照射領域の照度に応じてダミー発光時における照射領域の照度を調整することを特徴とする。

更に他の発明は、外部から筐体内へ基板が搬入されてから、当該基板が外部に搬出される準備が整うまでまたは基板が外部に搬出されるまでの１サイクルの間に、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する基板処理装置に用いられるコンピュータプログラムを記憶した記憶媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、本発明の基板処理方法を実行するように命令が組まれていることを特徴とする。

【発明の効果】

【０００９】

本発明は、外部から筐体内へ基板が搬入されてから、当該基板が外部に搬出される準備が整うまでまたは基板が外部に搬出されるまでの１サイクルのうち処理時間帯以外の時間帯にて光源部をダミー発光させている。そして処理時間帯における照射領域（一定の面で

10

20

30

40

50

あり、例えば基板に対する照射領域)の照度に応じてダミー発光時における照射領域の照度を調整することにより、基板間において、即ち各サイクルの間において、前記1サイクル内の照射領域の平均照度が一定となるようにしている。従って処理時間帯における照射領域の照度を変更する場合などにおいても1サイクル内における光源部の平均発熱量が各サイクルの間で揃うことから、処理時間帯における光源部の発光状態が一定化し、基板に対して安定した作業を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態に係る基板処理装置の概略斜視図である。

【図2】本発明の実施の形態に係る基板処理装置の横断正面図である。

【図3】本発明の実施の形態に係る基板処理装置においてLEDの照度を制御するブロック回路図である。

【図4】本発明の実施の形態に係る基板処理装置の動作を示す説明図である。

【図5】LEDをダミー発光させるときの照度と基板が待機しているときのLEDの照度との関係を示すグラフである。

【図6】本発明の実施の形態に係る基板処理装置の他の例における動作の一部を示すフロー図である。

【図7】比較例におけるLEDの温度推移の結果を示すグラフである。

【図8】本発明におけるLEDの温度推移の結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1は、本発明の実施形態に係る基板処理装置の外観図であり、基板処理装置は、前面側に搬入出口11が形成された筐体10を備えている。図1では、筐体10の内部も見えるように筐体10を透明として描いている。筐体10の底面には、露光が行われる基板であるウエハWを載置するためのバキュームチャックを備えた載置台12が設けられている。載置台12は、搬入出口11側のウエハWの受け渡し位置(図1に記載されている位置)である第1の位置から筐体10の奥側の第2の位置まで伸びるガイドレール13に沿って移動自在であって、載置台11に載置されたウエハWを鉛直軸周りに回転させるための駆動部14に回転軸を介して接続されている。なお駆動部14は、載置台11を回転させるモータや、モータを保持し、ガイドレール13に沿って移動する移動機構が組み合わされたものとして記載している。

【0012】

筐体10内の第1の位置には、図示しない周知の位置合わせ機構(ウエハWの周縁部を挟んで上下に対向する発光部及び受光部を備えた機構)が設けられている。この位置合わせ機構により、ウエハWの周縁に形成された位置合わせ部分であるノッチの向きを検出し、駆動部14による載置台11の回転により、露光処理を行うウエハWの向きが一定になるように制御される。

【0013】

またウエハWの移動する領域におけるウエハWの第1の位置と既述の第2の位置との間の上方には、ウエハWに紫外線を照射する光照射ユニット2が設けられている。ウエハWの移動方向を前後方向とすると、光照射ユニット2は、図1、図2に示すようにウエハWの移動領域の左右の幅よりも横幅が長い矩形のケース体20を備え、ケース体20の内部には、光源部であるLED光源群200が設けられている。LED光源群200は、前後方向に複数のLED21を並べて構成されたLEDブロック22を左右方向に複数並べて構成されている。なおLEDの配列は図面では、作図の困難性と構造の把握の容易性を優先するために便宜上の個数として記載してある。

【0014】

LED光源群200は、ケース体20内に設けられた共通のLED基板23に固定され、下方に向けて紫外線を照射するように配置されている。ケース体20の底面には、左右方向に伸び、ウエハWの移動領域の左右方向の幅よりも長い照射口であるスリット24が

10

20

30

40

50

形成されており、LED光源群200から発せられる紫外線は、スリット24を介して、光照射ユニット2の下方に向けて照射される。LED基板23の上面側には、LED制御部をなす制御回路部25が設けられており、制御回路部25は、LEDブロック22ごとに供給電力を制御するように構成されている。制御回路部25は、CPU、作業メモリなどを備えている。26は、スリット24を開閉する金属製のシャッターである。

#### 【0015】

次に基板処理装置の制御系に関して図3を参照しながら説明する。図3において27はLED21を駆動するための駆動回路であり、各駆動回路27に複数(図3では便宜上2個としている)のLED21が直列に接続されている。即ち駆動回路27は、LEDブロック22ごとに設けられている。駆動回路27は例えばトランジスタを含み、制御回路部25内のトランジスタ制御回路から供給されるベース電圧によりトランジスタがオンになってLED21が点灯される。なお、図3では、駆動回路27は制御回路部25の外に記載しているが、例えば駆動回路27は制御回路部25内に設けられている。具体例の一つとして、制御回路部25から所定のデューティ比で駆動用の信号(ベース電圧)がトランジスタに供給され、この場合には前記デューティ比に応じてLED光源群200の照射領域の照度が決まってくる。照射領域とは、LED光源群200により紫外線が照射されるウエハWの表面に対応する面である。

#### 【0016】

図1に戻って、基板処理装置の外装体である筐体10の外には、信号ケーブル30を介してコントローラ3が接続されている。コントローラ3は、CPU31、プログラムを格納するプログラム格納部32、記憶部であるメモリ33、及び操作画面を含む入力部34を備えている。

コントローラ3の説明の前に、基板処理装置にて行われるシーケンス(手順)とLED21の発光量の大きさの制御、即ち照射領域の照度の制御との関係について述べておく。

#### 【0017】

基板処理装置では、ウエハWが外部のウエハ搬送機構により搬入され、その後ウエハWに対して露光が行われ、露光後のウエハWが搬出される。本実施形態では、これら一連のシーケンスが行われている間におけるLED光源群200の照度の平均値を一定化して、露光時におけるLED21の温度をウエハW間で一定化しようとすることを狙っている。このためこの例では露光の前段階としてLED光源群200にダミーで発光させる一定の時間帯を設定している。この時間帯をダミー発光(ダミー照射)の時間帯と呼ぶとすると、ダミー発光の時間帯と、露光の時間帯と、露光の後ウエハWの搬出の準備が完了するまでの間の時間帯と、の合計の時間帯を一定化している。

#### 【0018】

別の言い方をすれば、外部のウエハ搬送機構からウエハWが筐体10内に搬入された時点から、露光後のウエハWが搬出できる準備が終了した時点までを1サイクルとし、この1サイクルを互いに異なる種別のウエハWの間で一定化している。ウエハWが筐体10内に搬入された時点とは、例えば外部のウエハ搬送機構の昇降動作によりウエハWが載置台12に載置された時点である。またウエハWが搬出できる準備が終了した時点とは、載置台12が第2の位置から第1の位置まで移動した後にバキュームチャックをオフ(吸引動作をオフ)にした時点である。

#### 【0019】

本発明の実施形態の基板処理装置は、例えばレジストをウエハに塗布するモジュール、露光機によりパターンマスクを用いたパターン露光が行われた後のウエハを現像するモジュールなどを含む塗布、現像装置内に設けられている。塗布、現像装置は、2枚の搬送アームを有するウエハ搬送機構により各モジュールの間を決められた順番で移動し、各モジュールに対して一方の搬送アームにより処理済みのウエハWを取り出し、続いて他方のアームにより処理前のウエハを受け渡すように構成されている。従ってウエハ搬送機構は、塗布、現像装置にて決められたスループットに従って動作する。

#### 【0020】

このため基板処理装置内にて１サイクルが終了すると、ウエハWは直ちに搬出される場合もあるが、前記スループットの設定によっては、待機する場合もある。ウエハが待機する場合には、１サイクルが終了した後、次のサイクルが開始されるまで待機時間帯が発生する。また待機時間帯は、一のロットが塗布、現像装置内に搬入されてから、次のロットが塗布、現像装置内に搬入されるまでの間に空白がある場合、即ち、ロットが連続して搬入されない場合や、装置のトラブルにより塗布、現像装置内にてウエハの搬送が途切れた場合にも発生する。この場合には、露光後のウエハWが外部のウエハ搬送機構に受け渡されて１サイクルが終了した後、次のサイクルが始まるまで、即ち次のウエハWが載置台１２上に載置されるまでの間、待機時間帯が発生する。

また上述の１サイクルの時間が塗布、現像装置内の他のモジュールにおける１サイクルの時間に比べて長く、このため基板処理装置内にてウエハWの搬出の準備ができた後、直ちに当該ウエハWが搬出される場合には、ウエハWが外部の搬送機構に受け渡された時点

10

【００２１】

図４の上段側の図は、ダミー発光の時間帯、露光の時間帯、及び待機時間帯と、各時間帯における照射領域の照度（以下単に「照度」と記載する場合がある）との関係をイメージで示している。図４の縦軸は照度を表している。LEDは照度を変更する（オフからオンの場合も含む）とLEDの温度が徐々に変化する。このため本発明は、ウエハWのロット間で露光時の照度を変更した場合（LED光源群２００の発光量を変更した場合）であっても、あるいは待機時間帯の時間が変更になった場合であっても、露光時における温度

20

を一定化するために、ダミー発光の時間帯を設けている。

【００２２】

ダミー発光は、既述の１サイクルが行われている間の平均照度が一定となるように行われ、また待機時間帯が存在する場合には、１サイクルにおける平均照度と待機時間帯における平均照度とが揃うように設定される。そこで本実施形態では、露光の時間帯の時間（時間の長さ）及びダミー発光の時間帯の時間（時間の長さ）を予め決めておき、プロセスレシビで決められる、ウエハWのロットに応じた露光時の照度に応じてダミー発光時の照度を設定している。

【００２３】

待機時間帯が存在しない場合には、ダミー発光時の照度 $I_d$ は、１サイクルが行われている間の平均照度の設定値を $I_a$ とすると、次の（１）式に基づいて求められる。

30

$$I_a = (T_d \cdot I_d + T_s \cdot I_s) / T_p \quad \dots (1)$$

$T_d$ はダミー発光の時間帯の時間、 $I_d$ はダミー発光時の照度、 $T_s$ は露光時間、 $I_s$ は露光時の照度、 $T_p$ は１サイクルの時間である。

また待機時間帯が存在する場合には、（１）式の平均照度の設定値 $I_a$ が待機時間帯の平均照度の設定値 $I_w$ に相当することから、ダミー発光時の照度 $I_d$ は次の（２）式に基づいて決められる。

$$I_w = (T_d \cdot I_d + T_s \cdot I_s) / T_p \quad \dots (2)$$

従って露光時の照度に応じてダミー発光時における照度を調整することにより、ウエハW間におけるあるいはロット間における前記１サイクル内の平均照度が一定となる。

40

【００２４】

ここで待機時間帯の平均照度の設定値 $I_w$ について考察する。上記の（２）式を変形すると、次の（３）式が成り立つ。

$$I_d = (T_p / T_d) \cdot I_w - (T_s / T_d) \cdot I_s \quad \dots (3)$$

図５は、（３）式に基づいて $I_d$ と $I_w$ との関係を示すグラフである。この例では $T_p$ と $T_d$ とが予め設定された値であることから、 $I_d$ は $I_w$ の一次関数として表される。G１は、露光時の照度が最も小さい場合のグラフである。露光を行う時に照度 $I_s$ がゼロとすることはないので、露光時の照度 $I_s$ の最小値はゼロよりも大きい、想定される値として示している。G２は、露光時の照度 $I_s$ が最も大きい場合のグラフである。従って $I_d$ と $I_w$ との組み合わせは、G１、G２の間の領域（ドットを付している領域）内である。

50

## 【 0 0 2 5 】

ダミー発光時の照度  $I_d$  及び待機時の照度  $I_w$  の上限値として、LED 光源群 200 の発光量の上限値に対応する照度を割り当てている。照射領域の照度は、LED 光源群 200 に供給される電力によって決まり、当該電力はこの例では、LED の駆動回路 27 のトランジスタのオン/オフに係るデューティ比により決まってくる。従ってダミー発光時の照度  $I_d$  及び待機時の照度  $I_w$  は、コントローラ 3 により前記デューティ比を設定するためのデジタル信号のデジタル値に相当することになる。

## 【 0 0 2 6 】

既述のように、1 サイクルの時間  $T_p$ 、ダミー発光の時間帯の時間  $T_d$ 、及び露光の時間  $T_s$  は予め決められていることから、基板処理装置の使用にあたって想定される露光時の照度  $I_s$  が既述の最小値（メーカ側で想定した最小値）から、LED 光源群 200 の発光量の上限値に対応する照度まで取り得るとした場合、(3) 式に基づいてダミー発光時の照度  $I_d$  を設定できる待機照度  $I_w$  の範囲は、図 5 の点線で示す  $I_{w1}$  から  $I_{w2}$  の間になる。露光時の照度  $I_s$  が最小値であるときには、ダミー発光時の照度  $I_d$  は、グラフ G1 において  $I_{w1}$  から  $I_{w2}$  までの間に対応する値である。また露光時の照度  $I_s$  が最大値であるときには、ダミー発光時の照度  $I_d$  は、グラフ G2 において  $I_{w1}$  から  $I_{w2}$  までの間に対応する値である。

従って待機時間帯における照度を、 $I_{w1}$  から  $I_{w2}$  までの間の値に設定しておけば、露光時の照度  $I_s$  をどのように設定してもダミー発光時の照度  $I_d$  を設定することができる。

## 【 0 0 2 7 】

LED 光源群 200 は左右方向に伸びており、従って LED 光源群 200 により照射されるウエハ W 上の領域は、横長の帯状であるが、ウエハ W の面内において均一に露光する必要があることから、照射領域の照度は均一性が高い。従って本実施形態で扱う照度の取り扱いについては、照射領域の照度が一定であるとして取り扱うことができる。即ち、各 LED ブロック 22 は同じデューティ比で駆動され「オン、オフされ」、照度は、このデューティ比を決めることにより特定される。

## 【 0 0 2 8 】

図 3 に戻って、コントローラ 3 は既述の (3) 式に基づいてダミー発光時の照度を設定する機能を備えている。メモリ 33 には、待機照度  $I_w$ 、1 サイクルの時間  $T_p$ 、ダミー発光の時間帯の時間  $T_d$ 、及び露光の時間  $T_s$  の各々が決まった値として記憶されている。更にメモリ 33 には、ウエハのロットごとに例えば上位コンピュータから送られてくる、プロセスレシピにより特定される露光照度  $I_s$  が書き込まれ、また待機時間  $T_w$  が書き込まれる。待機照度  $I_w$  については、既述のようにして決められた値である。また待機時間  $T_w$  は、例えば上位コンピュータから、塗布、現像装置に対するウエハのロットの搬入のタイミングなどに応じて指定され、指定された待機時間  $T_w$  がメモリに 33 に書き込まれる。塗布、現像装置のトラブルなどにより待機時間が発生する場合には、上位コンピュータから、1 サイクルが終了した後に待機時間が発生することが知らされ、この場合には、次のサイクルが行われるまで、各 LED ブロック 22 が決められた待機照度  $I_w$  となるように制御される。

## 【 0 0 2 9 】

プログラム格納部 32 内には、筐体 10 内へのウエハ W の搬入から筐体 10 の外へのウエハ W の搬出に至るまでの一連のシーケンス、及び LED 光源群 200 の発光制御に関するプログラムを備えている。またプログラムは、ダミー発光を行うタイミングに関するステップ群の他に、上述の (3) 式を演算するためのステップ群を備えている。

上述のプログラムは、例えばフレキシブルディスク、コンパクトディスク、ハードディスク、MO（光磁気ディスク）、メモリーカードなどの記憶媒体に格納されており、記憶媒体からプログラム格納部 32 にインストールされる。

## 【 0 0 3 0 】

次に上述の実施形態の作用について説明する。図 4 に示す時刻  $t_0$  の時点でウエハ W は

10

20

30

40

50



、外部のウエハ搬送機構により図1に示す搬入出口11を介して筐体10内の第1の位置である受け渡し位置にある載置台12に受け渡される。その後、載置台12に設けられているバキュームチャックにより吸引が行われてウエハWが載置台12に固定される。続いて載置台12が第1の位置にて例えば360度回転し、図示しない発受光センサーによりウエハWの周縁の径方向の位置を検出してその検出結果に基づいてノッチの位置を求め、ノッチが所定の向きになるように載置台12が回転し、こうしてウエハWの位置合わせが行われる。これにより例えばウエハW上の回路チップ領域の並びの方向と照射領域の長さ方向とが一致する。

#### 【0031】

載置台12はウエハWの位置合わせの後、予め決められたダミー発光の時間帯の時間 $t_d$ が経過するまで第1の位置に停止し、前記時間 $t_d$ が経過した後、第1の位置から第2の位置に向かって移動する。これによりウエハWが光照射ユニット4(LED光源群200)の下方の帯状の照射領域を通過していく。即ち、帯状の照射領域がウエハWの表面を相対的にスキャンしていくことになる。帯状の照射領域のうちウエハWの移動領域内においては、目的とする照度分布パターン例えば長さ方向に高い精度で均一である照度分布パターンに調整されているので、ウエハW全体の露光量が均一になる。

#### 【0032】

図4には、露光開始の時刻及び終了の時刻を夫々 $t_1$ 、 $t_2$ として示している。露光終了の後、載置台12は第2の位置から第1の位置に向かって移動し、第1の位置まで移動した時刻 $t_3$ にて、載置台12のバキュームチャックをオフして1サイクルが終了する。例えば基板処理装置における1サイクルの時間が塗布、現像装置内におけるウエハWの搬送間隔よりも短い場合には、待機時間帯が発生し、次のウエハWの搬入が行われるまで露光後のウエハWは載置台12上で待機する。時刻 $t_2 \sim t_3$ の間は照度がゼロに設定される。

#### 【0033】

時刻 $t_4$ にて外部のウエハ搬送機構により載置台12上のウエハWが取り出され、次のウエハWが当該載置台12上に受け渡され、同様の動作が繰り返される。露光後のウエハWと次のウエハWとの入れ替えは、ウエハ搬送機構の2枚のアームが順次進退することにより瞬時に行われる。従って待機時間帯の終了時点( $t_4$ )と次のサイクルの開始時点(前のサイクルの $t_0$ に相当する時点)とはほぼ同じ時点になり、既述の $t_0 \sim t_4$ までの動作が繰り返されることになる。

#### 【0034】

そしてダミー発光の時間帯 $t_0 \sim t_1$ においては、既述のようにプログラム格納部32のプログラムにより上記の(3)式により求められた照度が得られるように、LED光源群200の発光量が調整される。更に露光の時間帯 $t_1 \sim t_2$ 、待機時間帯 $t_3 \sim t_4$ においては、照度がメモリ33に書きこまれている値になるように、プログラム格納部32のプログラムによりLED光源群200の発光量が調整される。

各時間帯の時間の一例を示しておく、ダミー発光の時間は16秒、露光時間は15秒、1サイクルの時間は33秒、待機時間は5秒である。

#### 【0035】

上述の実施形態によれば、露光時のウエハWにおける照度がウエハのロット(種別)により異なった場合においても、LED光源群200のダミー発光を行うことにより、1サイクルの間のLED光源群200による平均照度を一定化している。更に1サイクルが終了した待機時間帯の間においても、その平均照度が1サイクルの間の平均照度と揃うようにLED光源群200を発光させている。従って、露光時のLED光源群200の発熱量がウエハWのロット間で異なっているとしても、ウエハWが筐体10に搬入されてから次のウエハWが搬入されるまでの間のLED光源群200の平均発熱量が各回の間で一定化される。このためLED光源群200の温度が一定化されるので、LED光源群200の発光状態が安定化する。

#### 【0036】

そして上述実施形態によれば、LEDの発光状態を明るさセンサーで検出し、検出信号をフィードバックして照度を一定化する手法に比べて装置が簡素であり、また受光センサーの不具合、劣化などに起因するトラブルも避けられる。更にLEDの分光特性も安定するので、レジストの種類にかかわらず現像後のパターンの線幅が安定する。

上述実施形態は、上記の(1)～(3)式に基づいてダミー発光時の照度 $I_d$ 及び待機時間帯の照度 $I_w$ を決めているが、(1)～(3)式を利用するに当たっては、実質的な効果が変わらない範囲であれば、左辺と右辺とは「=」でなくとも、近い値( )であってもよい。

#### 【0037】

ダミー発光時の時間 $T_d$ は露光時の時間 $T_s$ よりも大きいことが好ましい。その理由については、 $T_d < T_s$ の場合には、露光時の照度 $I_s$ をLED光源群200による照度の最大値(発光量の最大値)からゼロの間で変更する場合に、上記の(3)式を満足できなくなる照度 $I_s$ が存在するからである。しかし、露光時の照度 $I_s$ を既述の最大値またはその近傍で使用したり、あるいはゼロまたはその近傍で使用することは通常考えにくいことから、ダミー発光時の時間 $T_d$ を露光時の時間 $T_s$ よりも大きくすることにより、待機照度 $I_w$ 及びダミー発光時の照度 $I_d$ の設定のマージンを大きく取れるという利点がある。

また本発明は、ウエハWが筐体10に搬入されてから次のウエハWが搬入されるまでの間のLED光源群200の平均発熱量を各回の間で一定化する技術であることから、ダミー発光の時間帯は上述実施形態のように露光時の前であってもよいが、露光時の後であってもよい、

#### 【0038】

上述の実施形態において、待機時間帯における照度を基板処理装置が置かれている環境の温度に応じて調整するようにしてもよく、このような手法の具体例について説明する。環境温度を測定するために筐体10の外面または外面付近、あるいは筐体10内であって、LED光源群200の照射による影響がない位置に温度検出部を設ける。そして例えば露光後のウエハWが筐体10から搬出される度毎にコントローラ3が温度検出部から温度検出値を取り込む。図6に沿って説明を進めると、温度検出値の取り込みはステップS1に相当する。

#### 【0039】

一方環境温度の基準温度を決めておき、温度検出値と基準温度(環境基準温度)との温度差を求め(ステップS2)、この温度差に基づいてLED温度差 $a$ を算出する(ステップS3)。環境基準温度は、例えばある時間帯において、LED21をオフにしたときの環境温度の平均温度である。LED温度差 $a$ とは、既述の照度毎に環境温度が基準温度であったときのLED21の温度とそのときの環境温度におけるLED21の温度との温度差である。

そして事前に求めておいた、LEDの単位温度差当たりの照度変化値にLED温度差 $a$ を積算し、照度の増減値 $I_d$ を求め(ステップS4)、基準待機時照度に照度増減値 $I$ を加算し、待機時間帯の照度を求める(ステップS5)。

#### 【0040】

基準待機時照度とは、上述の(2)式により求められた照度 $I_w$ である。こうして待機時間帯の照度( $I_w + I$ )が求まると、コントローラ3は、当該待機時間帯の照度に対応する駆動回路27のトランジスタのデューティ比に応じた信号を制御回路部25に出力し、これにより待機時間帯のLED光源群200(LED21)の出力が調整される。

このように環境温度を考慮して待機時間帯におけるLED光源群200の出力を調整することで、1サイクル時の平均発熱量と待機時間帯における平均発熱量とがより高い精度で揃えることができ、より安定した露光を期待できる。

#### 【0041】

環境温度を考慮する手法は、例えば基板処理装置の近傍に熱源、例えば熱板を用いて基板を加熱する加熱モジュールなどが配置されている場合などに、特に効果がある。従って

このような場合には、熱源側に向いている筐体 10 の外面あるいはその近傍に温度検出値を配置することが好ましい。

図 6 により説明した手法は、コントローラ 3 によりソフトウェアで処理を行う手法であるが、演算回路を用いていわゆるハードにより処理を行ってもよい。

本発明は、ウエハ W に対して露光を行う装置に限らず、例えば基板に薬液を塗布して形成された塗布膜に LED から光を照射して塗布膜中の分子構造を変化させる装置であってもよい。またウエハ上に形成された IC チップの電極パッドにプローブ針を接触させてテストにより電気的特性を試験する装置において、プローブ針の針跡に LED から光を照射して撮像し、撮像結果をコンピュータにより分析してプローブ針のオーバドライブ量を調整する装置などに利用してもよい。即ち本発明は、基板に対して処理を行うために当該基板に光を照射する装置に対して適用できる。

10

#### 【実施例】

#### 【0042】

##### (比較例)

上述の実施形態に係る基板処理装置を用い、200 枚の評価用のウエハに対して、ウエハ上の照度を 50 設定し、ウエハを筐体 100 内に搬入し、露光処理し、筐体 100 から搬出する一連の動作を行った。200 枚のウエハについてこの一連の動作を前処理と呼ぶことにすると、前処理の後、続いてウエハ上の照度を 127 に設定し、200 枚のウエハについて同様の一連の処理（後処理）を行った。

このような前処理、後処理の組合せからなる同様の試験を、前処理の照度を 127、255 に夫々設定して行った。50、127、255 の数字は、LED 光源群 200 の最大出力時の照度を 255 とした値であり、言い換えると最大出力が得られる制御信号のデジタル値ということもできる。

20

前処理、後処理のいずれにおいても、既述の実施形態のようなダミー発光の時間帯は設けられていない。即ち前処理、後処理は、従来の手法で行われた処理である。

#### 【0043】

##### (実施例)

後処理を上述の実施形態のようにしてダミー発光の時間帯を設けてダミー発光を行い、また待機時間帯の照度を設定した他は、比較例と同様の試験を行った。

#### 【0044】

比較例において後処理である 200 枚処理時において LED の温度を測定した結果を図 7 に示す。図 7 において A1、A2、A3 は、夫々前処理の照度が 50、127、255 に相当する。比較例では、後処理を行っている間に LED の温度が変化していくことが分かる。

30

また実施例においても同様に LED の温度を測定した結果を図 8 に示す。実施例においては、後処理を行っている間の LED の温度は斜線領域の中に納まっており、従って本発明によれば、既述のように LED の温度を安定化できることが分かる。

#### 【符号の説明】

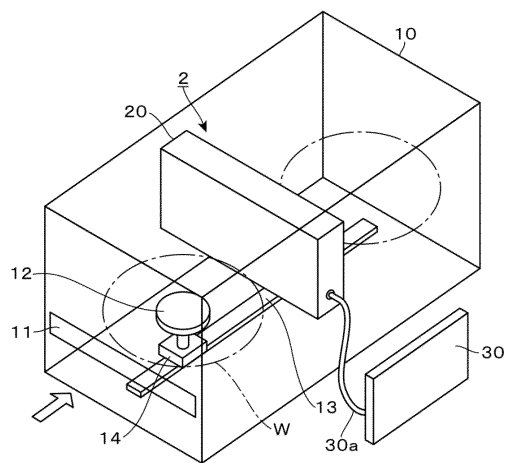
#### 【0045】

10	筐体
12	載置台
14	駆動部
2	光照射ユニット
200	LED 光源群
21	LED
22	LED ブロック
25	制御回路部
27	駆動回路
3	コントローラ
32	プログラム格納部

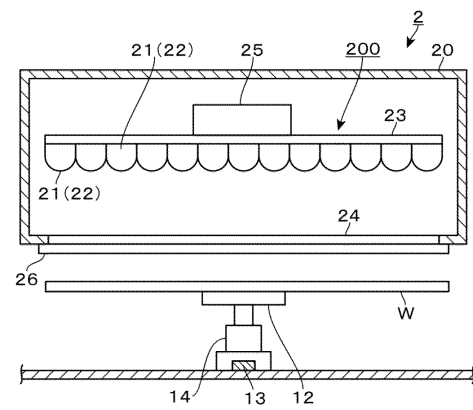
40

50

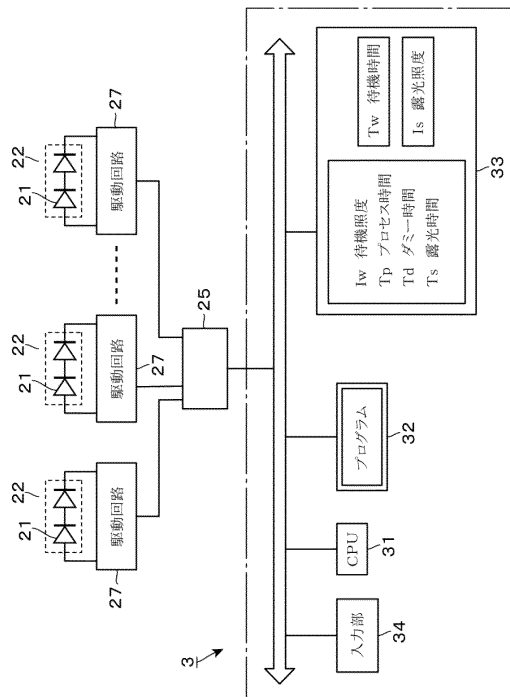
【図 1】



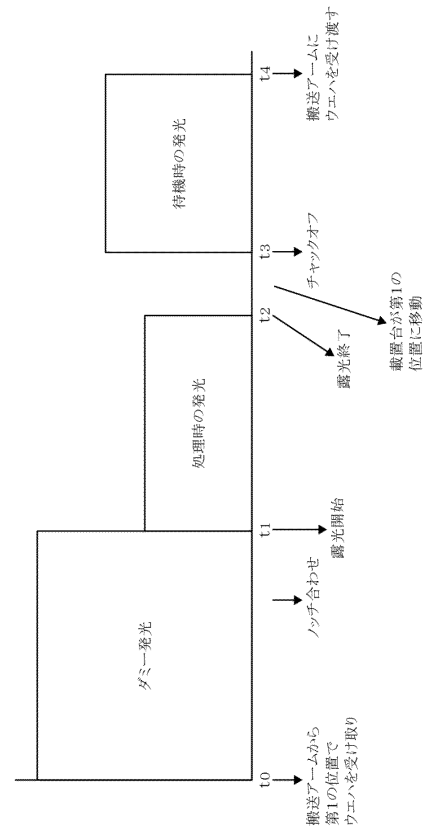
【図 2】



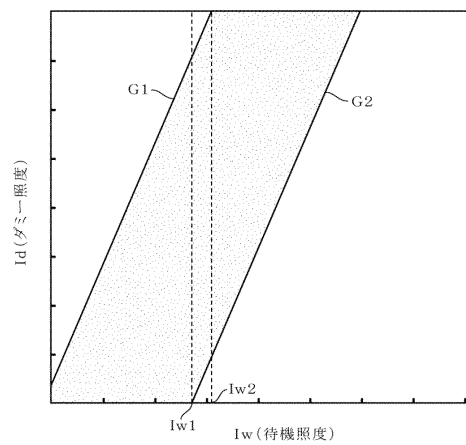
【図3】



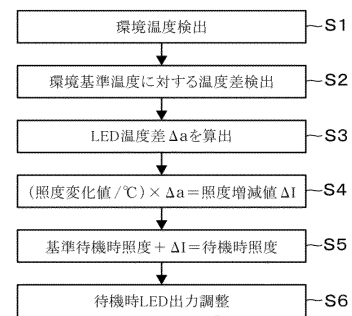
【図4】



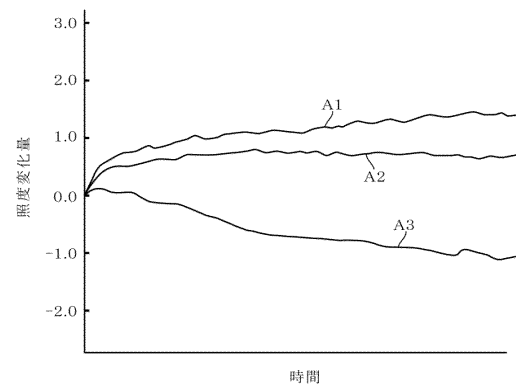
【図5】



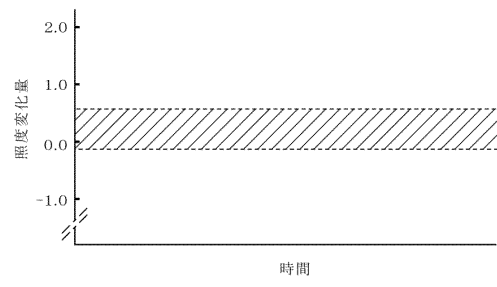
【図6】



【図7】



【図 8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 保坂 理人

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 田中 秀直

(56)参考文献 特開2011-237596(JP,A)

特開平01-309323(JP,A)

特開2010-141393(JP,A)

特開平06-267879(JP,A)

特開2001-110710(JP,A)

特開2000-036457(JP,A)

特開2013-239341(JP,A)

特開2012-013814(JP,A)

特開平08-250402(JP,A)

米国特許第04952949(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20

H01L 21/30

H05B 47/00