

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4587170号
(P4587170)

(45) 発行日 平成22年11月24日(2010.11.24)

(24) 登録日 平成22年9月17日(2010.9.17)

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)

F 1

G03F 7/20 501
H01L 21/30 516C
H01L 21/30 526

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2005-13033 (P2005-13033)
 (22) 出願日 平成17年1月20日 (2005.1.20)
 (65) 公開番号 特開2006-201476 (P2006-201476A)
 (43) 公開日 平成18年8月3日 (2006.8.3)
 審査請求日 平成20年1月18日 (2008.1.18)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (72) 発明者 杉田 充朗
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】露光装置及びデバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体にパターンを形成する露光装置であって、少なくとも1つの光源と該光源の像を前記物体上に形成する光学素子とを含む複数の要素露光ユニットを配列した露光ヘッド構造体と、前記物体の表面との間隔を測定するセンサと、前記センサの測定結果に基づいて、前記露光ヘッド構造体による露光を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記複数の要素露光ユニットのうち、所定の露光条件を満たす要素露光ユニットを選択的に動作させながら前記物体にパターンを形成させることを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記光学素子は、前記光源の像を前記物体上へ所定の倍率で形成することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記光源の像は、等倍結像又は縮小結像されることを特徴とする請求項2に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記光源は、該光源を冷却する冷却部を含むことを特徴とする請求項1乃至請求項3のい

10

20

すれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記光源をパルス駆動してパルス発光させることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記光源は、発光ダイオード素子を含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記光源は、E L 素子を含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

10

【請求項 8】

複数の前記光源の像を 1 つの前記光学素子を利用して前記物体上に形成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記要素露光ユニットは、前記少なくとも 1 つの光源として、発光波長が異なる複数の光源を含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いて基板にパターンを形成する工程と、前記パターンが形成された基板を現像する工程と、を含むことを特徴とするデバイスの製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置及びデバイスの製造方法に関し、特に、光源の像を物体上に形成し、物体をステージにより移動させことによって、パターンを物体上に形成するように構成された露光装置及びそれを利用したデバイスの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の I T (Information Technology) の発展と市場拡大に伴って、半導体素子及び液晶表示素子等の製造装置に対する要求が益々高くなっている。これらの素子を製造する上で特に重要なのは、パターンの形成に用いられる露光装置である。露光装置については、露光性能はもちろんのこと、最終製品の価格競争を支える上での C O O (cost of ownership)、即ち、製造装置としてのトータルの稼動コストが重要視されている。

30

【0003】

一般に、露光装置としては、マスクを照明し、マスク上の所定領域のパターンを投影結像系の良像域内で基板上に結像する等倍結像の露光装置が用いられている。しかしながら、このような等倍結像の露光装置では、回路パターンが配置されたマスクのコストが、基板サイズの大型化に伴って非常に大きくなる傾向にある。等倍結像の場合には、基本的にはマスクサイズが基板サイズと同じサイズである必要があるからである。従って、マスクコストの低減は、液晶ディスプレイ等の大型表示装置の開発において大きな課題である。

40

【0004】

超 L S I のサブミクロンリソグラフィーの先端開発でも、液晶ディスプレイとは線幅、露光面積及びデバイス仕様等が異なる技術分野ではあるが、マスクコストの低減という課題が生じている。超 L S I の場合では、基板サイズの大型化に伴うマスクの大型化ではなく、超微細化によるコスト上昇が問題となっている。超 L S I では、特に、マスクセットに含まれるマスク数が例えば 20 枚以上と多くなるため、マスクコストの問題が深刻となる。

【0005】

このようなマスクコストの問題を解決するための技術として、マスクレスリソグラフィー方式の露光装置が提案されている（特許文献 1 を参照）。

50

【0006】

特許文献1は、DMD (Digital Micromirror Device) を用いて光の一部を選択的に反射させて、基板表面を露光するマスクレスリソグラフィー方式の露光装置を開示している。

【特許文献1】米国特許第6,133,986号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

被露光基板としてガラス基板を用いる場合には、通常 $20 \mu m$ 程度のうねりがガラス基板表面に存在するため作業距離が変動する場合がある。作業距離が変動すると、光源像が被露光基板表面とはずれた位置に形成されて、被露光基板表面に形成される光源像の精度が低下するという課題がある。

【0008】

特許文献1では、光センサを用いて作業距離を検出しているが、光センサで取得した画像データを処理するため応答速度が遅く、画像データ処理用の装置が別途必要となり、また、光路長を確保する必要があるため、装置の構成が複雑になるという問題がある。

【0009】

本発明は、上記の課題を鑑みてなされたものであり、高速応答が可能であり、かつ、簡単な構成で露光処理が可能な露光装置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】

【0010】

本発明の第1の側面は、物体にパターンを形成する露光装置に係り、少なくとも1つの光源と該光源の像を前記物体上に形成する光学素子とを含む複数の要素露光ユニットを配列した露光ヘッド構造体と、前記物体の表面との間隔を測定するセンサと、前記センサの測定結果に基づいて、前記露光ヘッド構造体による露光を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記複数の要素露光ユニットのうち、所定の露光条件を満たす要素露光ユニットを選択的に動作させながら前記物体にパターンを形成させることを特徴とする。

【0012】

本発明の第2の側面は、デバイスの製造方法に係り、上記の露光装置を用いて基板にパターンを形成する工程と、前記パターンが形成された基板を現像する工程と、を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、高速応答が可能であり、かつ、簡単な構成で露光処理が可能な露光装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

[第1の実施形態]

以下、図1～図8を用いて本発明の好適な実施の形態に係る露光装置について説明する。本実施形態に係る露光装置は、マスクパターンCAD等のソフトウェアツールにて設計された回路パターンから走査露光用に変換された光源アレイの各光源の点灯情報に基づいて発光される光源の像を、基板等の物体上に形成するように構成されている。本露光装置は、具体的には、半導体素子等のデバイスの製造工程における走査方式の投影露光装置に好適であり、特に、IC、LSI等の半導体デバイス、CCD等の撮像デバイス、液晶パネル等の表示デバイス及び磁気ヘッド等のデバイスの製造工程に適用することができる。

【0015】

図1は、本実施形態に係る露光装置の全体を概略的に示す図である。図1(a)は本実施形態に係る露光装置の上面図、図1(b)は斜視図、図1(c)は一部を拡大した拡大図である。図1(b)に示すように、本実施形態に係る露光装置は、露光ヘッド構造体101から基板ステージ103上に保持された被露光基板102上へ、複数の露光光スポット

10

20

30

40

50

トの像を形成することができる。本実施形態に係る露光装置は、基板ステージ 103 の走査と露光光スポットの点灯 / 非点灯を同期させることによって、回路パターンを露光することができる。露光ヘッド構造体 101 は、例えば、図 1 (a) に示すように、複数の露光ヘッド 104a ~ d で構成される露光ヘッドアレイ 104 を備える。図 1 では、露光ヘッドが 4 つ配置されているが、1 ~ 3 又は 5 つ以上配置されてもよいし、全面に配置されてもよい。このように配置することによって、重複露光が可能となり、被露光基板 102 の大型化や高スループット化に対応することができる。図 1 (c) に示すように、露光ヘッドアレイ 104 の露光ヘッド 104a ~ d には、光学系 105 及び LED 光源 106 を含む要素露光ユニットが構成されている。LED 光源 106 は、被露光基板 102 の感光体面が像面となるように配置されている。LED 光源 106 及びこれに対応する光学系 105 によって構成された各要素露光ユニットによって、LED 光源 106 の像が被露光基板 102 上に各々形成される。本実施形態では、光学系 105 を走査方向 (図 1 (b) の矢印 A) に対し、斜めに配置することによって、走査方向の垂直方向に狭いピッチでパターンを露光することができる。

【0016】

本実施形態の露光装置は、例えば、大型液晶ディスプレイパネル用の TFT アレイの製造に用いることができる。この場合、LED 光源 106 及び光学系 105 のアレイは、液晶ディスプレイ画素 107 (RGB の 3 画素を模式的に示したもの) に対し複数配置されて、各画素 107 を制御する TFT 回路パターンを露光することができる。液晶ディスプレイ用の TFT 回路では、画素毎にデータ転送が繰り返されるため、大型基板内の全画素に別々のパターンデータ、即ち LED 光源の点灯 / 非点灯制御信号を転送する必要はなく、画素毎に同じデータを送信して点灯 / 非点灯を制御することができる。本実施形態では、例えば、大型基板としての被露光基板のサイズは、約 700 mm × 900 mm (所謂 46 インチパネルサイズ)、液晶ディスプレイ画素サイズは 200 μm × 600 μm、TFT の回路パターンの最小線幅は 3 μm 等が例示的に挙げられるが、これらのサイズに限定されない。

【0017】

図 2 (a) は、本実施形態に係る LED 光源、光学系及び被露光基板の構成を模式的に示した図である。LED 光源 106 の光源像は、縮小光学系 105 によって、被露光基板 102 上に縮小形成される。縮小光学系 105 の物体側開口数 NA 及び像側開口数 NA は、光束 201 及び光束 202 で示されるように、像側開口数 NA の方が大きくなるように構成される。この構成においては、光源側作業距離 204 が被露光面側作業距離 205 よりも必然的に大きくなる。

【0018】

光源像の解像度については、光束 202 に示すように LED 光源 106 の発光面積内の異なる発光部分が互いに干渉せず、インコヒーレントな像となる。そのため、各発光部位の各点は、縮小光学系 105 の性能に依存し、拡がった点像をそれぞれ形成する。これらの点像は、LED 光源 106 の大きさと縮小光学系 105 の倍率で決まる位置にずらし合わせて、その強度の和が光源像全体 203 を形成する (図 2 (b) を参照)。また、上述の縮小光学系 105 の性能には、縮小光学系 105 の像側開口数 NA や集光素子の構成で決まる回折限界や収差性能がある。

【0019】

図 3 は、本実施形態の露光装置の露光部分の断面図である。露光ヘッド基盤 301 が本体台座 304 から固定保持され、その下部に LED アレイ基板 302 及び不図示の LED 光源点灯用電気制御系が構成されている。電気制御系は、データ転送ラインによって、不図示の回路パターン点灯信号間変換器と接続されている。LED 光源アレイ 302 の下部には、光学系の光源側作業距離程度の距離を隔てて、光学素子アレイ基盤 303 が配置されている。光学素子アレイ基盤 303 には、光学素子 305、306 がアレイ状に配置されている。光学素子 305、306 から所定の被露光基盤側作業距離を隔てて、被露光基板 102 が基板ステージ 103 上に保持されている。基板ステージ 103 は、台座 304

10

20

30

40

50

上を走査移動するように構成されている。走査移動の位置制御は、不図示のレーザ干渉計又はエンコーダによってフィードバック制御により行われる。

【0020】

図4は、本実施形態の走査露光を説明するための図である。図4は、LED光源106を上面から見たときの模式図である。図4に示すように、LED光源106及び光学系105が、アレイ状に複数配置された様子が示されている。本実施形態では、LED光源106と光学系105が1対1に組み合わされて要素露光ユニットを構成する。即ち、1つの要素露光ユニットでは、1つのLED光源の像を被露光基板(不図示)上へ形成する。このような組み合せが2次元アレイ上に配列されている。具体的には、図4に示すように、横一列が図中左側から右側へ(走査方向へ)斜めに配置されている。右端のLED光源106の高さ(走査方向に対して垂直方向の位置)は、横2列目の左端の高さと略同一であり、走査時に隙間がないように連続的に配置されている。

10

【0021】

図5(a)ではLED光源106の光源像の連続性を強調して示してある。このようにLED光源106を配置することによって、図1に示す露光ヘッドアレイ104の露光ヘッド104a~dを各々構成することができる。図5(b)は、他の構成例として、横一列目が右端に至る前に横二列目の高さに達する配置を示している。この場合には、図1に示す露光ヘッドアレイ104の1つ1つが、走査方向に対して重複走査露光を行うことが出来る。このようなLED光源106の配列は、LED光源デバイスやその他の構成から最適なものを選択して構成することができる。なお、レンズ、ゾーンプレート等の光学素子の設計値は、光利用効率、作製条件、機械的強度、設置精度、コスト等の様々な要因によって、露光装置として適した組み合せを用いることができる。

20

【0022】

また、本発明の好適な実施の形態では、被露光基板102と露光ヘッド構造体101との間隔を調整するセンサとして、電磁エネルギー(例えば、磁界、電界、電波等)を利用したセンサ又は力学エネルギー(例えば、液体、音、位置等)を利用したセンサを用いることができる。このようなセンサとしては、例えば、検出物体とセンサとの間の静電容量の変化を検出する静電容量センサ、磁石を利用した磁気利用近接センサ、電磁誘導を利用した渦電流利用変位センサ、超音波を利用した超音波利用変位センサ、差動トランスを利用した差動トランス利用接触式変位センサ等が挙げられる。

30

【0023】

静電容量センサは、検出物体によって感度が異なる近接センサである。静電容量センサで検出可能な誘電率は、空気の誘電率を1とした場合、1.5以上であるといわれている。ガラス基板の誘電率は5~10程度であり、ガラス基板上に形成される金属層の誘電率は50程度であるので、ガラス基板を用いた液晶ディスプレイの露光装置に好適である。

【0024】

磁気利用近接センサは、磁気検出素子と磁石とを組合せることによって、検出物体が接近したときの磁束変化を検出する近接スイッチである。

【0025】

渦電流利用変位センサは、高周波磁界を利用した近接センサである。センサヘッド内のコイルに高周波電流を流し、高周波磁界を発生させる。被露光基板としてのガラス基板上にTFT回路又はカラーフィルタのマトリックスが形成される場合には、金属膜の層が表面に形成されるため、渦電流利用変位センサを利用することができる。TFT回路では、ゲート電極、ゲート及びソースの配線部分が金属で形成され、カラーフィルタでは、ブラックマトリックスのための遮光体がクロムなどの金属で形成されるからである。金属をパターニングした後に露光処理を行う場合では、ギャップの検出時に金属の形状(パターン)の影響を受けるため、略同一のパターンが並んで構成されている場合等には、パターンのピッチの整数倍となる位置にセンサを配置し、パターン上の略同一位置に複数のセンサがそれぞれ配置されるように構成してもよい。液晶ディスプレイの場合では、文字や画像を表示する最小単位のドット(画素)が、縦横に複数並べて配置されるため、画素ピッチ

40

50

の整数倍となる位置に、ゲート配線上をなぞるように複数のセンサをそれぞれ配置し、各々のセンサがギャップを測定する構成をとることによって、略同一条件でギャップを比較・校正することができる。

【0026】

超音波式変位センサは、センサヘッドから超音波を発信し、対象物で反射した超音波をセンサヘッドで受信することによってギャップを測定する近接センサである。

【0027】

差動トランス利用接触式変位センサは、1次コイルを交流で励磁したときに2次コイルに発生した誘起電流を差動結合し、電圧差として取りだして変位出力を得る接触型センサである。本実施形態に係るセンサとして、近接センサのような非接触型のものが望ましいが、被露光基板上に塗布されたレジスト表面を針式の接触で測定した場合には、その痕跡の深さ及び幅が10～100nm程度であると考えられるため、3μm線幅のTFTパターン形成においては接触タイプのセンサも許容されると考えられる。

【0028】

図3に示すように、これらのセンサ108は、露光ヘッド構造体101上に被露光基板102と面して配置される。図6は、センサ108の配置をより詳細に示す図である。図6のx方向は走査方向に対応し、y方向はその垂直方向に対応する。y方向には、センサ108a、108b、108cが並んで配置されている。センサ108aに対応する列には、x方向(走査方向)に液晶ディスプレイ画素107a₍₁₎、107a₍₂₎、107a₍₃₎、107a₍₄₎が並んで配置されている。

【0029】

液晶ディスプレイ画素107a₍₁₎には、x方向と斜め方向に光学系105₍₁₎が配置されている。同様に、液晶ディスプレイ画素107a₍₂₎には、x方向と斜め方向に光学系105₍₂₎が配置され、液晶ディスプレイ画素107a₍₃₎には、x方向と斜め方向に光学系105₍₃₎が配置され、液晶ディスプレイ画素107a₍₄₎には、x方向と斜め方向に光学系105₍₄₎が配置されている。これに対応して、LED光源106a₍₁₎～₍₄₎が、それぞれ光学系105₍₁₎～₍₄₎に対応する位置に配置されている。LED光源106a₍₁₎～₍₄₎は、それぞれに対応する光学系105₍₁₎～₍₄₎と合わせて要素露光ユニットを構成し、要素露光ユニットごとにLED光源の像が被露光基板102上に各々形成される。

【0030】

センサ108a、108b、108cは、それぞれ被露光基板102がx方向に移動したときに、被露光基板102表面との間隔をx方向に時系列的に測定することができる。制御部307は、センサ108a、108b、108cの検出結果に基づいて、光学系105₍₁₎～₍₄₎のz方向における光源像の形成位置を調整することができる。結像光学系105₍₁₎～₍₄₎のz方向における光源像の形成位置を調整する方法としては、例えば、結像光学系105₍₁₎～₍₄₎を構成する光学素子(図3の305、306)のレンズパワーを調整する方法や、図7に示すように、各光学素子306の位置をz方向に移動させて調整する方法が挙げられる。

【0031】

また、光学素子のz方向における光源像の形成位置が異なるように予め調整し、各センサ108a、108b、108cの検出結果に基づいて、LED光源を選択的にON・OFFするように制御してもよい。例えば、図7を参照すると、センサ108aに対応する列に配置された結像光学系105₍₁₎～₍₄₎のうち、結像光学系の結像位置が少なくとも1つ異なるように予め調整しておく。そして、センサ108aを利用して被露光基板102表面との間隔をx方向に時系列的に測定したときに、結像光学系105₍₃₎が所望の露光条件を満足しなかったとすると、制御部307は、結像光学系105₍₃₎に対応するLED光源106a₍₃₎を選択的にOFFし、結像光学系105₍₁₎、₍₂₎、₍₄₎に対応するLED光源106a₍₁₎、₍₂₎、₍₄₎を選択的にONするように制御することができる。

10

20

30

40

50

【0032】

本実施形態によれば、上記のようなセンサを用いることによって、応答速度を高速化し、装置構成を簡略化することができる。また、光学素子の光源の形成位置を予め異なるように調整し、所望の露光条件を満足する要素露光ユニットのLED光源を選択的に動作させて露光することによって、ギャップ調整の処理を簡略化することができる。

[第2の実施形態]

図8～図11を用いて本発明の好適な第2の本実施形態を説明する。図8は、第1の実施形態で説明した図4と同様に、本実施形態の走査露光を説明するための図である。図8では、LED光源106及び結像光学系105を上面から見たときのアレイの構成を模式的に示している。本実施形態では、LED光源106の配置が第1の実施形態とは異なる。具体的には、LED光源106が複数のブロック701毎にまとまって結像光学系105で結像される。即ち、図8の場合には、横1列が4つのLED光源106で構成されるブロック701に分割され、各々が等倍又は縮小結像光学系で結像される構成となっている。図9は、LED光源106の光源像のみを示した図である。図9に示すように、横一列が図中左側から右側へ(走査方向へ)斜めに配置され、右端のLED光源106の高さ(走査方向に対して垂直方向の位置)が横2列目の左端の高さと略同一であるように配置されていることが分かる。

【0033】

図8及び図9では、1つのブロックに含まれる光源の数を4つとしたが、本実施形態はこれに限定されず、光源の数を1つ～3つ又は5つ以上としてもよい。光源の数は、主に、結像光学系の収差と露光パターンの解像度から決定されることが好ましい。即ち、結像光学系では、光軸上の結像が最も収差性能及び解像度が良いが、光軸からの距離が離れるに従って収差性能が悪くなり、解像度が低下するからである。

【0034】

本実施形態の利点は、光源像の数を減らすことなく、結像光学系の総数を低減することができる。これは、図1に示した露光ヘッドアレイ104の露光ヘッド104a～dの大きさが小さくなることを意味する。従って、同面積における露光ヘッド104a～dの数を増やすことが可能となり、露光のスループットを向上させることができる。

【0035】

図8及び図9では、ブロック701が走査方向にのみ複数の露光光源を含む構成としたが、図10及び図11に示すように、走査方向及び垂直方向に複数の露光光源を含むように設計してもよく、装置全体のサイズ、スループット、結像光学系の作製条件、コスト等の様々な要因を鑑みて、適宜構成することができる。

【0036】

[第3の実施形態]

図12～図14を用いて本実施形態を説明する。図12は第1の実施形態で説明した図4と同様に、本実施形態の走査露光を説明するための図である。図12では、LED光源106及び結像光学系1101を上面から見たときのアレイの構成を模式的に示している。本実施形態では、LED光源106の配置が第1の実施形態とは異なる。具体的には、LED光源106が結像光学系1001間に配置されている。図13に示すように、本実施形態で使用される結像光学系は、正立等倍の結像光学系である。このような光学系としては、例えば、図13に示すように、LED光源106を中心結像し、それを被露光基板102上に再度結像する2回結像系を用いることができる。光源106側と被露光基板102側で対称な光学系を用いることによって、等倍結像が実現される。その結果、例えば、アレイ状に配置された結像光学系1001aと1001bの隙間部分に位置するLED光源106の光源像は、2つの結像光学系1001aと1001bによって被露光基板102上に結像され、重ね合わされる。このような構成では、LED光源106を単純にアレイ状に規則的に配列すればよく、また、その配列のピッチも細かくすることができる。これによって、光源数に対する結像光学系の数を削減することができ、大きさがコンパクトになる。このように、コンパクトな露光装置を提供できるという利点もあるが、図

10

20

30

40

50

1に示した露光ヘッドアレイ104の一つの露光ヘッドの大きさが小さくなることを利用して、同じ面積における露光ヘッドの数を増やし、露光のスループットを向上することもできる。

【0037】

図12及び図13では、走査方向の列を連続的に隙間無くアレイ状に配置したが、図14に示すように、2次元的なアレイを投影光学系の隙間にも連続的に配置してもよい。本実施形態の構成は、結像光学系の収差性能と露光パターンの解像度要求を鑑みて、適宜選択することができる。例えば、図12及び図13に示したように1つの光源を2つの投影光学系で同時に結像するだけでなく、より像高の高い結像光学系を用いて、例えば1つの光源を4つの投影光学系で結像する構成等を用いることができる。

10

【0038】

[他の実施形態]

本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく、シーケンス等を様々に変更することができる。またLED光源や光源アレイのデバイス構成としては以下のような構成の他、適宜そのデバイス構成を選択して用いることができる。

【0039】

例えば、光源106としては、自然放出により光を放出する固体素子を備える。このような固体素子としては、発光ダイオード素子（以下「LED素子」という。）又はEL素子を用いることができる。LED素子としては、GaAs、GaAlAs、GaP/GaP、GaAlAs/GaAs、InGaAlP、InGaAlP/GaP、InGaAlP/GaAs、AlInGaN、AlGaN、InGaN、GaN、AlN、ZnO、ZnSe及びダイヤモンド等の様々な発光波長のLED素子を用いることができる。また、特に限定されないが、レジストの露光に適した発光波長のAlInGaN、AlGaN及びInGaN等のLED素子を用いることがより好適である。EL素子としては、有機EL及び無機ELを用いることができる。

20

【0040】

LED素子の発光波長は、露光対象であるレジストの感度に合わせて設定されることが望ましい。LED素子の発光波長は、中心波長が365nmであり、スペクトルの半値幅

が約10nm～約20nmであるLED素子を用いることができる。LED素子の発光波長の選択においては、レジストの種類によらず、レジストの感度曲線に応じて、最適な発光波長や波長幅を持つLED素子を選択すればよい。また、上述した重複露光構成においては、発光波長が異なる複数のLED素子を混在させて、被照射面上で所望の露光波長分布を持たせても良い。

30

【0041】

なお、以上の実施形態においては、LEDからの光をそのまま露光に用いており、即ち、特定波長域選択のための波長フィルタが不要である場合の構成を示したが、実際には、必要に応じて波長フィルタを併用してもよい。このような波長フィルタは、LED素子にモノリシックに形成されていてもよく、さらに、例えば（非特許文献1：Science Vol. 265, pp. 943, 1994）に開示されているような共振器LED等を用いてもよい。

【0042】

また、LED光源は代表的には10MHz、GaN系においては基板を除去・移設するなどのを行うことにより最大GHzオーダまで変調周波数を取ることができ、非常に高速にON, OFFができる。このことを用いて、本来1点灯で良い露光動作を、より細かいパルス駆動にして、パルス発光させることによって、高い出力が得ることができる。パルス駆動によればLED素子の放熱が効率的に行われて、より大きな平均電流及び平均パワーをLED光源に投入することができるためである。その場合、繰返し周波数を露光装置の露光時間に比べて充分速くとれば、レジストに対して連続光と同様にして露光を行うことができる。露光量の調整をパルス数で調整することもできる。

40

【0043】

また、LEDから発光される光の利用効率を向上するために、絞られた配光分布を持つ

50

LED 素子を用いることができる。このような絞られた配光分布を持つ LED 素子としては、例えば、LED 素子から自然放出された光の空間モードをモード制御することによって自然放出光の配光を変化させたものを用いることができる。具体的な例として、非特許文献 1 に記載の共振器 QED 効果を用いた自然放出制御等により、共振器と一体化した LED により直接、出射光の空間モードを制御して自然放出光の配光を変化させるものがある。

【0044】

LED アレイ光源に関しては、例えば、光源としてウエハスケールで形成されたものを用いることができる。LED 光源のチップとして 1 チップに含まれる LED アレイ数をいくつにするかは、デバイスの歩留まりや実装コストなどを鑑みて、最適なものを選択することができる。

【0045】

図 15 は、このような LED 面光源の構成例を模式的に示す図であり、ウエハスケールで形成された光源を示す図である。図 15 の上図の上面図に示すように、各々の LED 素子が 1 枚の LED 面光源ウエハ 1501 上の LED 発光部 1502 に所定のデバイスプロセスによって形成されている。図 15 下図は、上図の A - A' 断面図である。基板 1507 上に LED 素子を駆動するための駆動回路層 1506 が形成され、駆動回路層 1506 上に LED 素子が形成されている。各々の LED 素子は、pn 接合が形成された LED 活性層 1503、アイソレーション及び電流狭窄構造 1504、独立駆動用の電極 1505、駆動 I C 回路層 1506 を備える。

【0046】

図 16 は LED 光源 1601 と結像光学系の一部である平凸レンズを一体化した構成である。さらに、LED 素子 1601 を冷却する冷却部を備えた構成を示している。LED 素子 1601 を支持する支持体としての基板 1604 を備え、基板 1604 を冷却することにより LED 素子 1601 を冷却するように構成されることが望ましい。この場合、例えば、LED 素子 1601 を搭載する基板 1604 として、放熱性に優れた金属板（例えば、銅タングステン合金基板等）を用いることができる。金属板は、LED 素子 1601 の光放出面の反対側に配置されていることが望ましい。また、基板 1604 には、基板 1604 を直接冷却する冷却装置を配置してもよい。なお、基板 1604 は、金属板に限定されず、例えば、半導体基板（例えば、シリコン基板等）、ダイヤモンド基板やグラファイト等を放熱性とそれ以外の、例えば加工性等を鑑みて、適宜用いることもできる。

【0047】

また、図 16 に示すように、基板 1604 の内部に LED 素子 1601 を冷却する流体が流れる冷却用流路 1605 を設けてもよい。この場合、LED 素子に距離が近い位置で水冷が行われるため、冷却効果が高まる。冷却用流路 1605 には、不図示の配管等から冷却された流体が供給される。このような流体としては、例えば、冷却溶液（例えば、水、純水及び超純水等）及び/又は冷却気体（例えば、Ar 等の不活性ガス若しくは N₂ 等のガス等）を用いることができる。

【0048】

また、基板 1604 とレンズ 1602 との間のギャップを埋めるために、これらの間にスペーサ 1606 を配置してもよい。また、LED 素子 1601 からの広角度放出光 1608 を光軸方向に反射させるために、レンズ 1602 の基板 1604 側の形状を四角錐状にカットして、それに沿ってリッジ構造体 1607 を配置し、レンズ 1602 とリッジ構造体 1607 との間の境界面が高反射率となるようにアルミニウムを形成してもよい。リッジ構造体 1607 は空隙であってもよく、その場合には、傾斜した境界面がレンズ 1602 の屈折率と空気の屈折率との差による全反射及びフレネル反射により反射面として作用する。また、レンズ 1602 の傾斜面に予めアルミニウム、ロジウム、銀等の高反射率の金属を形成してもよい。

【0049】

[応用例]

10

20

30

40

50

次に、本発明の好適な実施の形態に係る露光装置を利用した半導体デバイスの製造プロセスについて説明する。図17は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。ステップ1(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2(マスク作製)では設計した回路パターンを露光装置に登録し、パターンデータから露光光源アレイ点灯非点灯データに変換が行われる。一方、ステップ3(基板製造)ではガラスや半導体等の材料を用いて被露光基板を製造する。ステップ4(半導体デバイスプロセス)は前工程と呼ばれ、上記のパターンと被露光基板を用いて、上記の露光装置によりリソグラフィ技術を利用して基板上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ5によって作製された回路基板を用いてデバイスパネル化する工程であり、アッセンブリ工程、パッケージング工程等の組み立て工程を含む。ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイス、およびデバイスパネルの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経てデバイスパネルが完成し、ステップ7でこれを出荷する。

【0050】

上記ステップ4の半導体デバイスプロセスは以下のステップを有する。半導体層の表面を酸化させる酸化ステップ、表面に絶縁膜を成膜するCVDステップ、表面に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ、半導体層にイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ、基板に感光剤を塗布するレジスト処理ステップ、上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後の基板に形成する露光ステップ、露光ステップで露光した基板を現像する現像ステップ、現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッキングステップ、エッキングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。これらのステップを繰り返し行うことによって、基板上に多重に回路パターンを形成する。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の好適な第1の実施形態に係る露光装置の全体構成を示す模式図である。

【図2】本発明の好適な第1の実施形態に係る露光装置の結像光学系の一例を示す模式図である。

【図3】本発明の好適な第1の実施形態に係る露光装置の断面図を示す模式図である。

【図4】本発明の好適な第1の実施形態に係る露光装置の光源及び結像光学系のアレイ配置と走査露光を説明するための模式図である。

【図5】本発明の好適な第1の実施形態に係る露光装置の光源のアレイ配置と走査露光を説明するための模式図である。

【図6】本発明の好適な第1の実施形態に係る露光装置のセンサの配置を説明するための模式図である。

【図7】本発明の好適な第1の実施形態に係る露光装置の結像光学系の結像位置を調整する構成を例示的に示す図である。

【図8】本発明の好適な第2の実施形態に係る露光装置の光源及び結像光学系のアレイ配置と走査露光を説明するための模式図である。

【図9】本発明の好適な第2の実施形態に係る露光装置の光源のアレイ配置と走査露光を説明するための模式図である。

【図10】本発明の好適な第2の実施形態に係る露光装置の光源及び結像光学系のアレイ配置と走査露光の他の一例を説明するための模式図である。

【図11】本発明の好適な第2の実施形態に係る露光装置の光源のアレイ配置と走査露光の他の一例を説明するための模式図である。

【図12】本発明の好適な第3の実施形態に係る露光装置の光源及び結像光学系のアレイ配置と走査露光を説明するための模式図である。

【図13】本発明の好適な第3の実施形態に係る露光装置の光源及び結像光学系のアレイ配置と走査露光の他の一例を説明するための模式図である。

【図14】本発明の好適な第3の実施形態に係る露光装置の光源のアレイ配置と走査露光

10

20

30

40

50

の更に他の一例を説明するための模式図である。

【図15】本発明に係る露光装置のLED光源アレイのデバイス構成の一例を示す模式図である。

【図16】本発明に係る露光装置のLED光源アレイと結像光学系の一部を一体化した構成の一例を示す模式図である。

【図17】本発明のデバイスの製造方法のフローチャートである。

【符号の説明】

【0052】

101 露光ヘッド

102 被露光基板

105 光学系

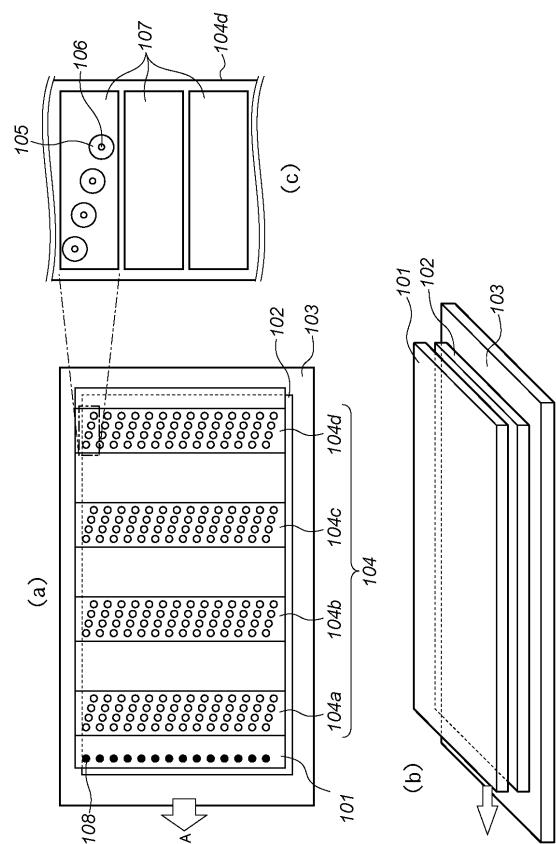
106 LED光源

108 センサ

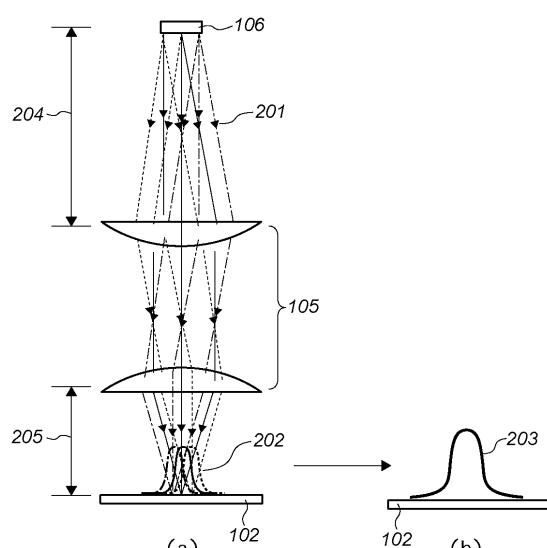
307 制御部

10

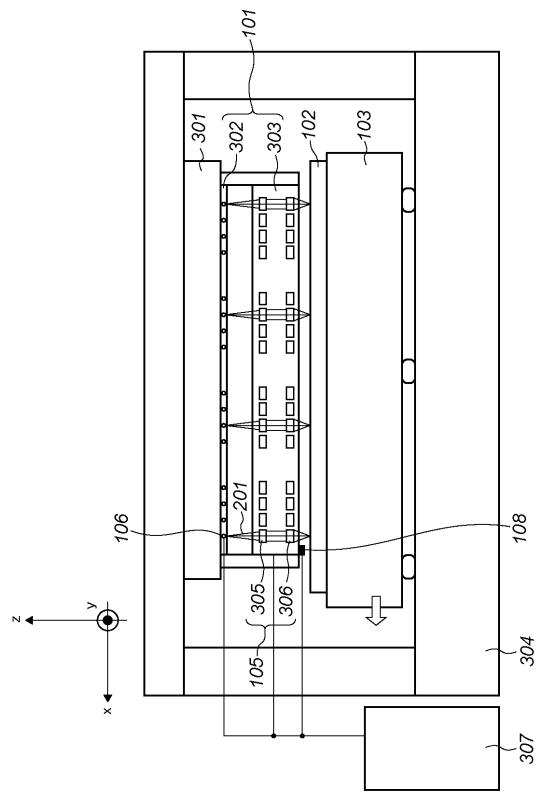
【図1】



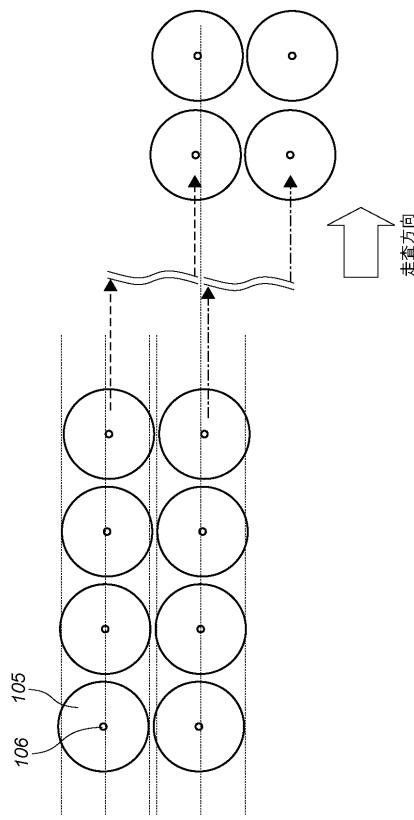
【図2】



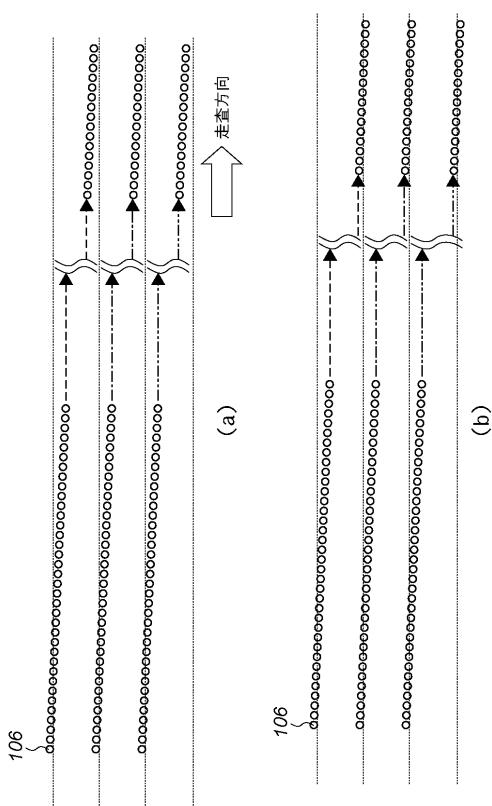
【図3】



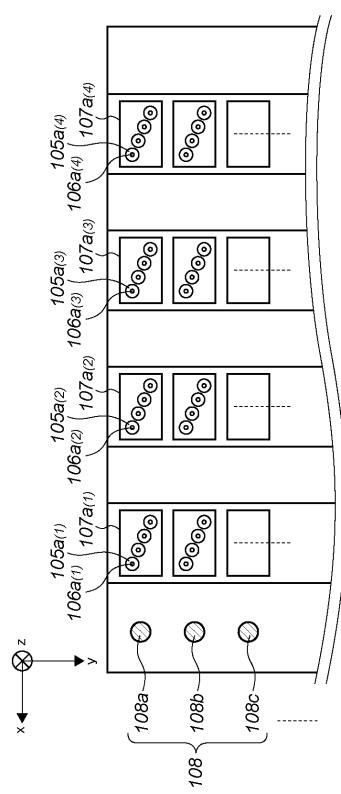
【図4】



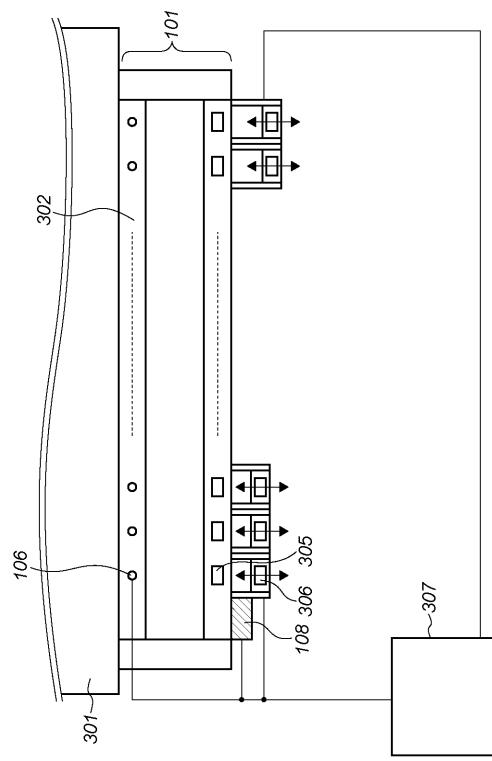
【図5】



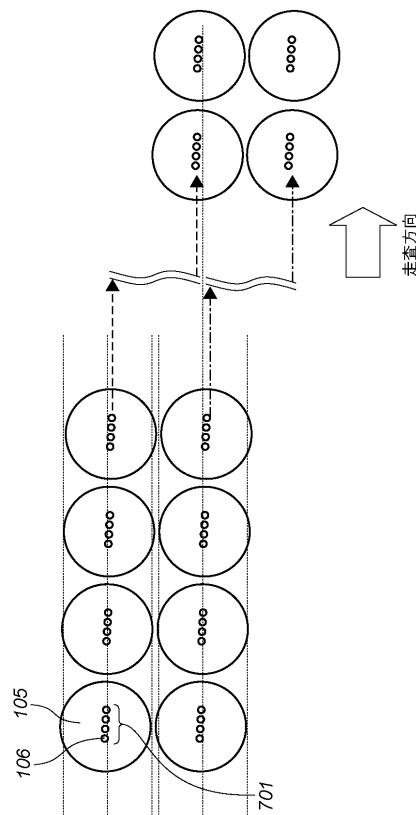
【図6】



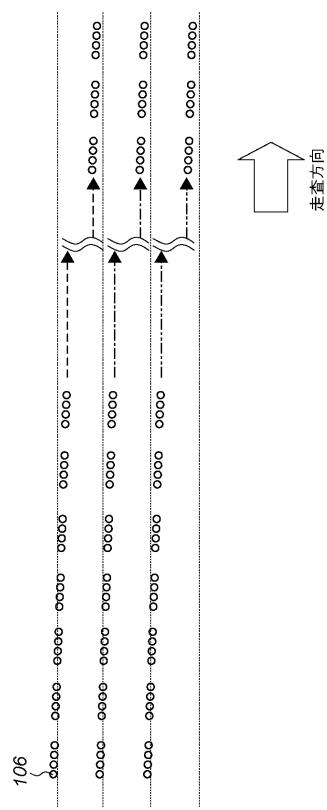
【図7】



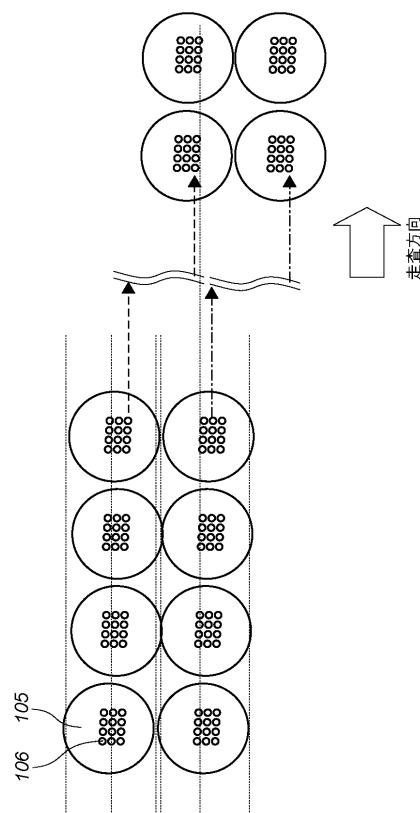
【図8】



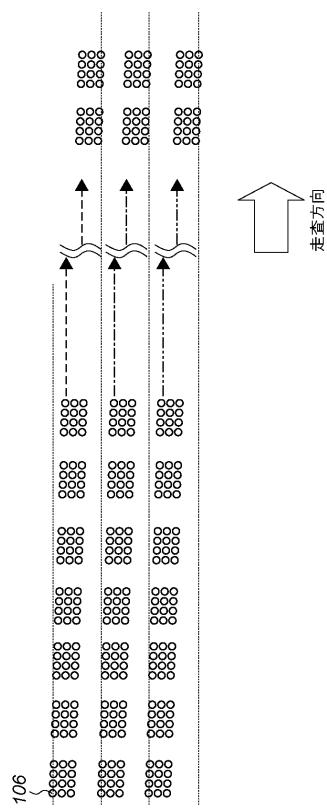
【図9】



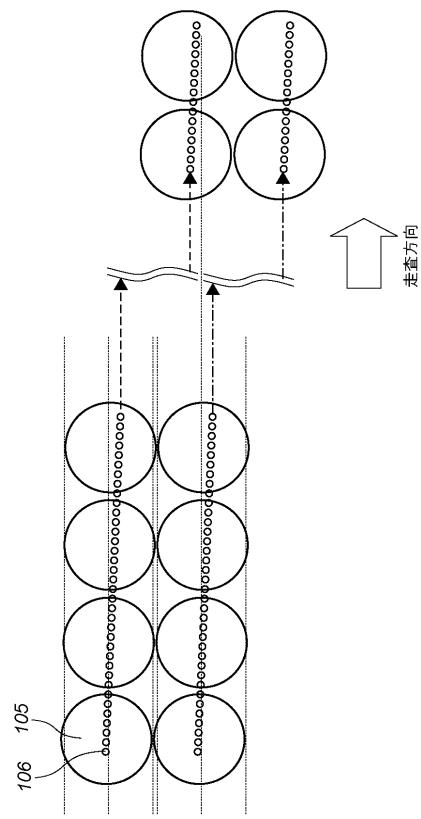
【図10】



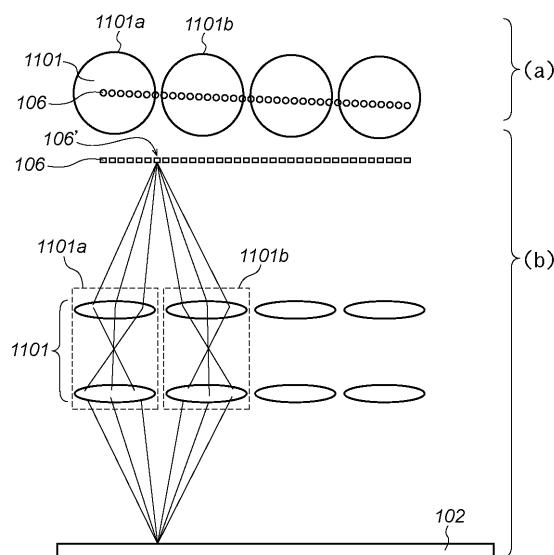
【図11】



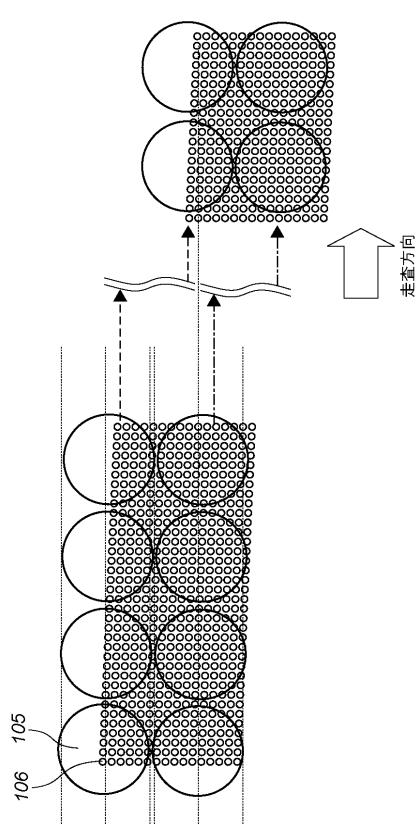
【図12】



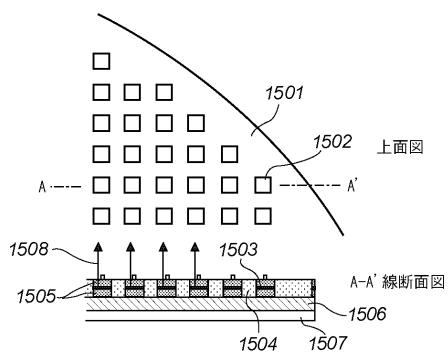
【図13】



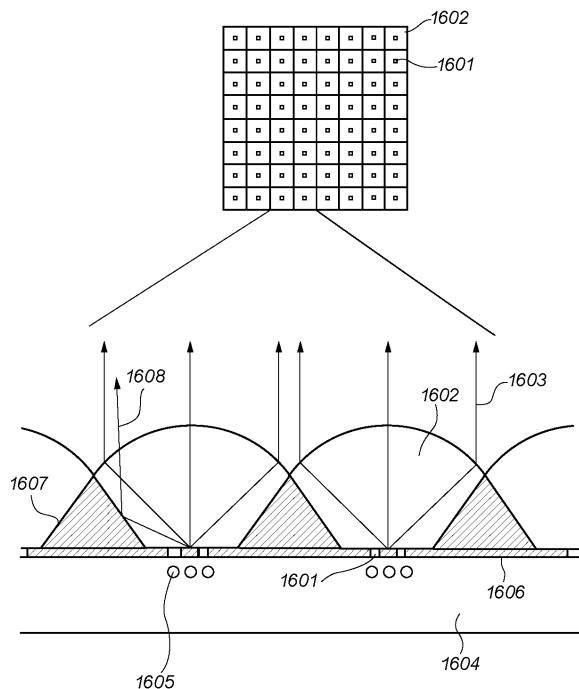
【図14】



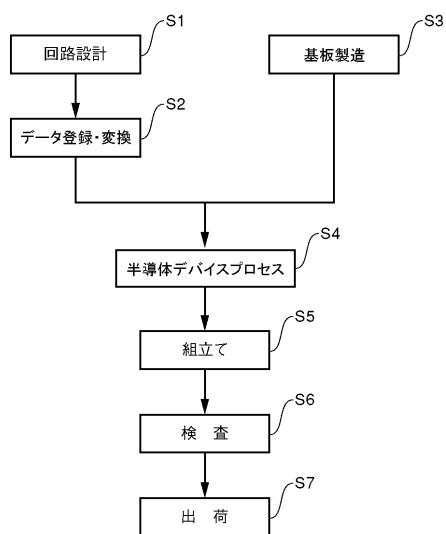
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 近江 和明
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(72)発明者 米原 隆夫
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(72)発明者 辻 俊彦
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(72)発明者 寺師 孝昭
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(72)発明者 香田 徹
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(72)発明者 筒井 慎二
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 赤尾 隼人

(56)参考文献 特開2003-098676 (JP, A)
特開2002-098677 (JP, A)
特開2004-327660 (JP, A)
特開2004-274011 (JP, A)
実開平07-016937 (JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 03 F 7 / 20 - 7 / 24
H 01 L 21 / 027