

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5471663号
(P5471663)

(45) 発行日 平成26年4月16日(2014. 4. 16)

(24) 登録日 平成26年2月14日(2014. 2. 14)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 3 1 S

G O 3 F 7/20 (2006.01)

G O 3 F 7/20 5 0 3

H O 5 G 2/00 (2006.01)

H O 5 G 1/00 K

請求項の数 2 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2010-64022 (P2010-64022)
 (22) 出願日 平成22年3月19日(2010. 3. 19)
 (65) 公開番号 特開2011-198610 (P2011-198610A)
 (43) 公開日 平成23年10月6日(2011. 10. 6)
 審査請求日 平成24年9月11日(2012. 9. 11)

(出願人による申告) 平成21年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「次世代半導体材料・プロセス基盤(MIRAI)プロジェクト/次世代半導体材料・プロセス基盤(MIRAI)プロジェクト(石特会計/EUV光源高信頼化技術開発)」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 000102212
 ウシオ電機株式会社
 東京都千代田区大手町二丁目6番1号
 (74) 代理人 100100930
 弁理士 長澤 俊一郎
 (72) 発明者 山谷 大樹
 静岡県御殿場市駒門1丁目90番地 技術
 研究組合 極端紫外線露光システム 技術
 開発機構研究部 御殿場研究室内
 審査官 久保田 創

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 極端紫外光光源装置および集光光学手段の位置調整方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

極端紫外光源と、該光源から放射された光を反射して集光する集光光学手段と、該集光光学手段を移動させる集光光学手段移動手段と、

上記集光光学手段により反射された光を受光し、照度分布の不均一度が上記集光光学手段のアライメント位置からのずれの方向、大きさを示す画像データである角度分布特性画像データを得る角度分布特性測定部と、

上記角度分布特性画像データに基づき、上記集光光学手段移動手段を制御して集光光学手段を移動させる制御部とを備え、

上記制御部は、

予め測定した照度分布が不均一な複数の角度分布特性画像データと、該角度分布特性画像データに対応させて、該不均一な照度分布の角度分布特性画像データが得られたときの集光光学手段の位置を、照度が均一な角度分布特性画像データが得られる位置に移動させるための移動方向および移動量を記憶させた記憶部と、

上記角度分布特性測定部により測定された現在の角度分布特性画像データと、上記記憶部に記憶している複数の照度が不均一な角度分布特性画像データとをパターンマッチングにより比較し、上記記憶している複数の角度分布特性画像データの中から、上記現在の角度分布特性画像データの角度分布特性と形状が最も良く一致する角度分布特性画像データを選択し、該選択した角度分布特性画像データに対応して記憶されている集光光学手段の移動方向および移動量を読みだす比較選択部と、

10

20

上記比較選択部により読みだされた角度分布特性画像データに対応して記憶されている集光光学手段の移動方向および移動量に基づき、前記集光光学手段移動手段を制御して集光光学手段を移動させる集光光学手段移動制御部とを有することを特徴とする極端紫外光光源装置。

【請求項 2】

極端紫外光源と、該光源から放射された光を反射して集光する集光光学手段とを備えた極端紫外光光源装置の集光光学手段位置調整方法であって、

あらかじめ、照度分布が不均一な複数の角度分布特性画像データと、該角度分布特性画像データに対応させて、該不均一な照度分布の角度分布特性画像データが得られたときの集光光学手段の位置を、照度が均一な角度分布特性画像データが得られる位置に移動させるための移動方向および移動量とを取得する第 1 の工程と、

現在の角度分布特性を測定し角度分布特性画像データを取得する第 2 の工程と、

上記取得した現在の角度分布特性画像データと、上記あらかじめ取得した複数の不均一な角度分布特性画像データとをパターンマッチングにより比較し、上記複数の不均一な角度分布特性画像データの中から、上記現在の角度分布特性画像データと角度分布特性の形状が最も良く一致する角度分布特性画像データを選択する第 3 の工程と、

上記選択した角度分布特性画像データと対応する集光光学手段の移動方向及び移動量に基づき、上記集光光学手段を移動させる第 4 の工程と、

上記第 2 ～ 第 4 の工程を繰り返し、集光光学手段を均一な角度分布が得られる位置にまで移動させる

ことを特徴とする光源装置の集光光学手段位置調整方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、極端紫外光を出射する極端紫外光光源装置に関し、特に、EUV 光源装置のおよび EUV 光源装置に設けられた集光光学手段（集光鏡）の位置の調整方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体集積回路の微細化、高集積化につれて、露光用光源の短波長化が進められ、次世代の半導体露光用光源として、波長 13 ～ 14 nm、特に波長 13.5 nm の極端紫外光（以下、EUV (Extreme Ultra Violet) 光ともいう）を放出する極端紫外光光源装置（以下、EUV 光源装置ともいう）が開発されている（例えば特許文献 1 参照）。

図 4 は、特許文献 1 に示される EUV 光源装置を簡易的に説明するための図である。

同図に示すように、EUV 光源装置は、放電容器であるチャンバ 1 を有する。チャンバ 1 内には、一對の円板状の放電電極 2 a、2 b が収容される放電部 1 a と、ホイルトラップ 5 と集光鏡 6 とを収容する EUV 集光部 1 b が設けられる。

一對の円盤状の電極 2 a、2 b は、絶縁材 2 c を挟んで図 4 の紙面において上下に配置されている。紙面の下方に位置する放電電極 2 b には、モータ 2 j の回転軸 2 e が取付けられている。放電電極 2 a、2 b は、摺動子 2 g、2 h を介してパルス電力供給部 3 に接続されている。

放電電極 2 b の周辺部には溝部 2 d が設けられ、この溝部 2 d に高温プラズマ P を発生させるための固体の原料 M (Li または Sn) が配置されている。

1 c は、放電部 1 a、EUV 集光部 1 b を排気して、チャンバ 1 内を真空状態にするためのガス排気ユニットである。

【0003】

上記の EUV 光源装置においては、放電電極 2 b の溝部に配置された高温プラズマ用の原料に対し、エネルギービーム照射機 4 からエネルギービームを照射する。エネルギービームは例えばレーザビームであり、レーザ入射窓 4 a を介して照射され、固体の原料が放

10

20

30

40

50

電電極 2 a と 2 b との間で気化する。

この状態で、放電電極 2 a と 2 b の間にパルス電力供給部 3 からパルス電力が供給されると、放電電極 2 a のエッジ部分と放電電極 2 b のエッジ部分との間で放電が発生し、高温プラズマ原料 M によるプラズマ P が形成され、放電時に流れる大電流により加熱励起され高温化し、この高温プラズマ P から E U V 光が放射される。

放射された E U V 光は、ホイルトラップ 5 を介して E U V 集光部 1 b に入射し、集光鏡 6 によって、集光鏡 6 の中間集光点 f に集められ、E U V 光出射口 7 から出射し、E U V 光源装置に接続された点線で示した露光機 3 0 に入射する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】国際公開第 2005 / 101924 号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、このような E U V 光源装置においては、以下に説明するような実用上の問題があった。

E U V 光源装置を長時間にわたって点灯駆動した場合、プラズマ P と集光鏡 6 とのアライメントのずれが生じる。このため、中間集光点 f 以降の、E U V 光の照度分布状態を示す角度分布特性が悪化し、角度分布特性が不均一（非対称）になることがある。角度分布特性が不均一になると、E U V 光を使った露光機において、被処理体に露光ムラが生じることがある。

角度分布特性が悪化して非対称になる原因は、例えば以下の 2 つの原因が考えられる。
（1）点灯駆動時間の経過とともに放電電極が磨耗していくことにより、放電電極間に形成されるプラズマの位置が、点灯初期の状態と比べて変動する。

（2）集光鏡 6 が、放電電極 2 a , 2 b やプラズマ P から発せられる熱により高温状態になって、熱歪みを生じて変形する。

【0006】

以上のように、角度分布特性（中間集光点以降の E U V 光の照度分布状態）は、上記集光鏡 6（集光光学手段）のアライメント位置（所望の位置に E U V 光が集光するように集光光学手段がセットされたときの集光光学手段の位置）からのずれの方向、大きさを等に対応しており、上記集光光学手段 6 がアライメント位置からずれるほど、上記角度分布特性は悪化する。

すなわち、角度分布特性を、不均一（非対称）なものから均一（対称）なものに修正するためには、角度分布特性を測定しながら、集光光学手段 6 の位置を、X 軸方向（光軸方向：図 4 左右方向）、Y 軸方向（図 4 上下方向）、Z 方向（図 4 手前奥方向）、z 方向（Z 軸の周りの回転方向）、y（Y 軸の周りの回転方向）に移動させて行う必要がある。

現状では、上記作業を、作業者が、集光点 f の後に E U V 光の角度分布測定器を挿入して、角度分布特性を測定しながら、集光鏡 6 の位置を微小移動させて行っている。角度分布特性変化と、集光鏡 6 の移動方向及び移動量との関係は、作業者の熟練により体得するものであり、均一な角度分布特性を得るための集光鏡 6 の位置調整作業に必要な時間は作業によって異なり、場合によっては数時間という長時間が必要であった。

【0007】

また、集光鏡 6 を新しいものに交換したときも、同様に角度分布特性を測定し、それが不均一であれば、均一になるように、集光鏡 6 の位置調整作業を行わなければならない。したがって、集光鏡 6 の交換とその位置調整にかかる時間も、長時間が必要な場合があった。

本発明は上記事情に鑑みなされたものであって、本発明の目的は、極端紫外光光源装置の中間集光点以降における角度分布特性が悪化して不均一（非対称）になったとき、ある

10

20

30

40

50

いは、集光鏡を交換した際等に、短時間で均一な角度分布特性を得るための集光鏡の位置調整を行うことができるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

あらかじめ、EUV光源装置の制御部に、集光光学手段（集光鏡）により反射された不均一な角度分布特性を示す画像データを、不均一な角度分布特性を均一な角度分布特性にするための集光光学手段の移動方向および移動量と対応させて、複数、登録しておく。

そして、角度分布特性測定器により、現状における角度分布特性を示す画像データ（角度分布特性画像データ）を取得したら、この角度分布特性画像データを、予め記憶されている複数の不均一な角度分布特性画像データと比較する。そして、その複数の不均一な角度分布特性画像データの中から、取得した測定した現在の角度分布特性と最もよく一致する画像データを選ぶ。

10

次に、選び出した画像データに対応づけて記憶されている、均一な角度分布特性にするための集光光学手段の移動方向および移動量のデータを読み出し、これに基づいて、集光光学手段を移動させる。

【発明の効果】

【0009】

本発明においては、以下の効果を得ることができる。

現状における角度分布特性画像データを取得し、あらかじめ登録しておいた、不均一な角度分布特性画像データと比較し、最もよく一致する画像データに対応づけた、不均一な角度分布特性を均一な角度分布特性にするための集光光学手段の移動方向および移動量を読み出し、これに基づいて集光光学手段を移動させるようにしたので、作業者の熟練の度合いによることなく、短時間で集光光学手段の位置を調整することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施例のEUV光源装置の構成の概略を示す図である。

【図2】本実施例の集光鏡の移動制御を説明する図である。

【図3】放電電極を備えないEUV光源装置に本発明を適用した場合の概略構成を示す図である。

【図4】EUV光源装置を説明する図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1は、本発明の実施例のEUV光源装置の構成の概略を示す図である。

EUV光源装置の構成は、前記図4に示したものと同様であり、放電電極2a、2bを収容する放電部1aと、ホイルトラップ5と集光鏡（集光光学手段）6とを収容するEUV集光部1bとにより構成されるチャンバ1を備える。

チャンバ1には、放電部1a、EUV集光部1bを排気して、チャンバ1内を真空状態にするためのガス排気ユニット1cが設けられている。

一对の円板状の放電電極2a、2bは、絶縁部材2cを挟んで対向するように配置され、各々の中心が同軸上に配置されている。紙面において下方側に位置する放電電極2bには、モータ2jの回転軸2eが取り付けられている。

40

回転軸2eは、放電電極2aの中心と放電電極2bの中心とが回転軸2eの同軸上に位置している。回転軸2eは、メカニカルシール2fを介してチャンバ1内に導入される。

メカニカルシール2fは、チャンバ1内の減圧雰囲気を維持しつつ、回転軸2eの回転を許容する。

【0012】

放電電極2bの下方側には、例えばカーボンブラシ等で構成される摺動子2gおよび2hが設けられている。摺動子2gは、放電電極2bに設けられた貫通孔を介して放電電極2aと電氣的に接続される。摺動子2hは、放電電極2bと電氣的に接続されている。

パルス電力供給部3は、摺動子2g、2hを介して、それぞれ放電電極2a、2bにパ

50

ルス電力を供給する。

円板状の放電電極 2 a , 2 b の周辺部は、エッジ形状に形成されている。

放電電極 2 b の溝部 2 d には、高温プラズマ生成用の液体または固体の原料 M が配置されている。原料 M は、例えば、スズ (S n) 、リチウム (L i) である。

パルス電力供給部 3 より放電電極 2 a 、 2 b に電力が供給されると、両電極のエッジ部分間で放電が発生する。放電が発生すると、放電電極 2 a , 2 b の周辺部は放電により高温となるので、放電電極 2 a , 2 b は、タングステン、モリブデン、タンタルなどの高融点金属からなる。

絶縁部材 2 c は、放電電極 2 a と 2 b の間の絶縁を確保するため、窒化珪素、窒化アルミニウム、ダイヤモンド等からなる。

10

【 0 0 1 3 】

チャンバ 1 には、原料 M に対してエネルギービームを照射して、原料 M を気化するためのエネルギービーム照射機 4 が設けられている。エネルギービーム照射機 4 から照射されるエネルギービームは、例えばレーザービームである。

放電電極 2 b の溝部 2 d に配置された高温プラズマ用の原料 M に対し、エネルギービーム照射機 4 からレーザー入射窓 4 a を介してレーザービームが照射される。これによって、固体の原料 M が放電電極 2 a と 2 b との間で気化する。

この状態で、放電電極 2 a と 2 b の間にパルス電力供給部 3 からパルス電力が供給されると、放電電極 2 a のエッジ部分と放電電極 2 b のエッジ部分との間で放電が発生し、高温プラズマ原料 M によるプラズマ P が形成され、放電時に流れる大電流により加熱励起され高温化し、この高温プラズマ P から E U V 光が放射される。

20

E U V 集光部 1 b に配置されたホイルトラップ 5 は、放電電極を構成する物質や高温プラズマ発生用の原料 M を基にして発生するデブリが、集光鏡 6 に向けて飛散することを抑制するために設けられている。

ホイルトラップ 5 は、放射状に伸びる複数の薄板により仕切られる複数の狭い空間が形成されている。

【 0 0 1 4 】

E U V 集光部 1 b に配置された集光鏡 6 は、高温プラズマから放射された波長 1 3 . 5 n m の E U V 光を反射するための光反射面 6 a が形成されている。

集光鏡 6 は、互いに接触することなく入れ子状に配置された複数の光反射面 6 a により構成されている。各光反射面 6 a は、 N i (ニッケル) などからなる平滑面を有する基体材料の反射面側に、 R u (ルテニウム) 、 M o (モリブデン) 、 R h (ロジウム) などの金属を緻密にコーティングすることにより、 0 - 2 5 度の射入射角度の極端紫外光を良好に反射するように形成されている。

30

集光鏡 6 の各光反射面 6 a は、集光点 f が一致するように構成される。集光鏡 6 で集光した光は E U V 光出射口 7 から出射し、 E U V 光源装置に接続された点線で示した露光機 3 0 に入射する。

また、 E U V 光源装置は制御部 1 0 を備え、電極 2 a , 2 b を回転させるモータ 2 d や、電極 2 a , 2 b に電力を供給するパルス電力供給部 3 などの動作を制御するとともに、後述するように、測定した角度分布特性の画像データに基づき、集光鏡 6 の移動方向および移動量を得て、集光鏡移動手段 1 1 により集光鏡 6 を移動させる。

40

【 0 0 1 5 】

集光点 f の後方には、集光点 f に集光した E U V 光の角度分布特性を測定する角度分布特性測定器 1 2 が設けられる。この角度分布特性測定器 1 2 には不図示の移動機構が取り付けられており、角度分布特性測定時には、角度分布特性測定器 1 2 は光路内に挿入され (図中実線の位置) また、露光処理中には光路から退避される (図中点線の位置) 。

角度分布特性測定器 1 2 は E U V 光を可視光に変換するシンチレータ 1 2 a と、このシンチレータ 1 2 a により変換された可視光を受光する C C D カメラ 1 2 b とを備える。

C C D カメラ 1 2 b は、入射した光を受光し、受像した光の照度分布を示す画像データを出力する。この画像データは、角度分布特性画像データとして制御部 1 0 に送られる。

50

集光鏡 6 には、集光鏡 6 を X 軸方向（光軸方向：図 1 左右方向）、Y 軸方向（図 1 上下方向）、Z 方向（図 7 手前奥方向）、 ϕ 方向（Z 軸の周りの回転方向）、 ψ （Y 軸の周りの回転方向）に移動させる集光鏡移動手段 11 が取り付けられており、その動作は制御部 10 により制御される。

【0016】

制御部 10 は、例えばプロセッサ等の処理装置と記憶部から構成することができ、前記したように電極 2a、2b に電力を供給するパルス電力供給部 3 を制御するなど、EUV 光源装置の全体の動作を制御するとともに、本発明に係る、角度分布特性を均一にするための集光鏡 6 の移動制御をおこなう。

集光鏡 6 の移動制御をおこなうため、制御部 10 は、分布データベース 10a と、比較選択部 10b と、集光鏡移動制御部 10c を備える。また、上記分布データベース 10a に画像データ等を登録するための登録部 10d が設けられる。

分布データベース 10a は、制御部 10 の記憶部に、複数の角度分布特性画像データと、該各画像データに対応させて集光鏡 6 を移動させるための移動データとを登録したものである。

比較選択部 10b は、比較部 101 と移動データ読出部 102 を備え、比較部 101 で前記角度分布特性測定器 12 で取得した角度分布特性画像データと、上記分布データベース 10a に格納された画像データを比較して、分布データベース 10a 中の最も一致している画像データを検索し、移動データ読出部 102 で、この画像データに対応した移動データを読み出す。この移動データは集光鏡移動制御部 10c に送られ、集光鏡移動制御部 10c は、この移動データに基づき集光鏡移動手段 11 を制御して、集光鏡 6 を移動させる。

【0017】

次に、本発明の、集光鏡の位置調整方法について、図 1 と図 2 を使って説明する。

図 2 は、本実施例の集光鏡の移動制御を説明する図であり、同図には、分布データベース 10a に格納された画像データの一例と、集光鏡移動手段 11 と、集光鏡 6 と、EUV 光の焦点位置に配置されたアパーチャ（EUV 光射出口 7）と、シンチレータ 12a と CCD カメラ 12b から構成される角度分布特性測定器 12 が示されている。

まず、集光鏡 6 の位置調整の前段階として、制御部 10 の分布データベース 10a に、登録部 10d から、集光鏡により反射された不均一な角度分布特性の画像データを、不均一な角度分布特性を均一な角度分布特性にするための集光鏡の移動方向および移動量と対応させて、複数登録（記憶）する。

具体的には、EUV 光が放射されている状態で角度分布特性測定器 12 を光路内に挿入し、角度分布特性測定器 12 から得られる画像データを見ながら、集光鏡移動手段 11 を動作させることにより、集光鏡 6 を移動させ、そのときの移動方向、移動量を、そのときの角度分布画像データとともに、分布データベースに登録する。

【0018】

図 2（a）は、角度分布特性測定器により測定された照度分布が略均一な角度分布特性画像データの一例である。同図において、白い部分が EUV 光の強度が強い部分であり、白から灰色、黒になるほど EUV 光の照度が弱くなる。同図では、EUV 光の強度が強い部分が円周上にほぼ均一に分布している。なお、同図において、EUV 光の強度が強い部分が 6 つの領域に分割されているが、これは集光鏡 6 の各反射面 6a を支持する支持部材の影によるものである。

この状態で、集光鏡移動手段 11 により、集光鏡を、ある方向にある移動量（例えば X 方向に A mm）移動させる。角度分布特性が均一な状態から移動させるのであるから、角度分布特性測定器 12 より得られる角度分布特性画像データにおける照度分布は、例えば図 2 の（c）に示すように不均一なものとなる。

そして、制御部 10 の分布データベース 10a に、この角度分布特性が不均一な画像データと、角度分布特性が均一な状態から X 方向に A mm 移動したという移動情報を対応させて記憶させる。

この角度分布特性の不均一な画像データに集光鏡 6 の移動情報を対応させて記憶させる作業は、制御部 10 に接続された登録部 10 d から行う。このようにして登録した画像データを、仮に画像データ 1 とする。

【0019】

続いて、集光鏡 6 を均一な角度分布特性が得られる状態（アライメント位置）に戻し、今度は先ほどとは異なる方向に集光鏡を移動させ（例えば y 方向に B 度）、その位置での角度分布特性画像データを、角度分布特性が均一な状態から y 方向に B 度移動したという移動情報を対応させて記憶させる。これを画像データ 2 とする。

このようにして、できるだけ多くの、移動情報を対応させた不均一な角度分布特性画像データを、制御部 10 の分布データベース 10 a に登録（記憶）する。例えば、実際の装置においては、4000～5000 の画像データを記憶する。

10

図 2 (b) は、このようにして制御部 10 の分布データベース 10 a に登録した、複数の不均一な角度分布特性を持つ画像データ例である。上記したように、各画像データには、角度分布特性が均一な状態からどの方向にどの程度移動させたかという移動方向と移動量のデータが対応して記憶されている。

【0020】

このようにして複数の不均一な角度分布特性を持つ画像データの登録ができた段階で、集光鏡 6 の位置調整の作業を実施する。

例えば、集光鏡 6 を古いものから新しいものに交換して取り付けが終われば、EUV 光を放射し、角度分布特性測定器 12 を光路内に挿入し、その状態での（現状での）角度分布特性を測定する。測定した角度分布特性画像データは制御部 10 に送られる。ここで、測定された画像データは、例えば図 2 (c) のようなものであったとする。

20

比較選択部 10 b の比較部 10 1 において、測定した画像データ（図 2 (c)）と、分布データベース 10 a に記憶されている複数の不均一な角度分布特性を持つ画像データとを比較し、分布データベース 10 a（図 2 (b)）の画像データ中から最も良く一致する画像データを選び出す。

【0021】

この、分布データベース 10 a からの画像データの選択は、例えばパターンマッチングを使用することで行う。パターンマッチングは、登録された画像のパターンと、観察した画像のパターンの一致度を測定する手法として一般によく知られている。即ち、測定した画像データ（図 2 (c)）に対して、一致するスコアが最も高い画像データを選択する。

30

記憶している複数の不均一な角度分布特性を持つ画像データ図 2 (b) の中から、測定した画像データ図 2 (c) と最も良く一致する画像データを選び出したら、比較選択部 10 b の移動データ読出部 10 2 は、その画像データに対応して記憶されている移動情報を呼び出す。

呼び出した画像データには、上記したように集光鏡 6 の移動情報が対応して記憶されている。対応して記憶されている移動情報は、集光鏡 6 を均一な角度分布特性からどの方向にどのくらい移動させたのかという情報であり、図 1 に示すように紙面左右方向を X、紙面上下方向を Y、紙面前後方向を Z とし、Z 軸回りの回転を α 、Y 軸回りの回転を β とすると、X、Y、Z 方向の移動量 X 、 Y 、 Z 、Z 軸回りの回転量 α 、Y 軸回りの回転量を β である。

40

【0022】

したがって、対応して記憶されている位置情報に対して反対方向に集光鏡 6 を移動させれば、角度分布特性測定器 12 により測定される画像データは、均一な角度分布特性のもの近づくはずである。

例えば、測定した画像データが、上記の画像データ 1 として登録した画像に良く似ていれば、制御部 10 は、集光鏡移動手段 11 により集光鏡を X 方向に - A mm 移動させる。また、測定した画像データが、上記の画像データ 2 として登録した画像に良く似ていれば、集光鏡を y 方向に - B 度移動させる。

このようにして集光鏡を移動させた後、再度、角度分布特性測定器 12 により EUV 光

50

の角度分布特性を測定し、画像データを取得する。

そして、新たに取得した角度分布特性画像データを、再度、分布データベース10aの各画像データと比較し、最も良く一致する画像データを選び、上記と同様に、その画像データに対応した集光鏡6の移動情報に基づき、集光鏡6を移動する。

これを何度か繰り返すことにより、集光鏡6は、均一な角度分布特性が得られ位置に調整される。

このようなEUV光の角度分布特性の測定と集光鏡の位置調整は、1日1回程度(1億ショットごと程度)の頻度で行うことが望ましい。

【0023】

本実施例によれば、制御部10にあらかじめ記憶された画像データと、その画像データ
10
に対応して記憶された集光鏡6の移動情報に基づき、自動的に集光鏡6の位置合せができるので、位置調整の作業は、作業者の熟練の度合いに依らず、20秒から30秒という短い時間で行うことができるようになった。

また、このように、記憶した画像との一致度を調べることは、次のような利点もある。

上記したように、集光鏡6は複数の反射面6aを有するが、その反射面6aのうち、特定の反射面の反射率が低下した場合、角度分布の一部だけが変化することになるが、目視ではそのことに気がつかないことがある。しかし、パターンマッチングのような記憶した画像との一致度(スコア)が低下するので、いち早く集光鏡6の不具合を発見することができる。

【0024】

また、この集光鏡の位置調整は、EUV光源装置においては、ホイルトラップ5が位置ずれを起こし、その位置ずれによりEUV光の角度特性が悪化した場合や、複数の反射面6aを有する集光鏡6において、特定の反射面の反射率が低下することによりEUV光の角度特性が悪化した場合にも行うことができる。そのような場合、EUV光の角度特性を初期状態のような均一なものに戻すことはできないが、できるだけ均一な状態に補正することができる。

【0025】

上記本実施例では、電極間の放電によりEUV光を放射するEUV光源装置の集光鏡の位置調整を例にして説明したが、本発明は、滴下される高温プラズマ生成用の原料に対して高出力のエネルギービームを照射してEUV光を放射するEUV光源装置の集光鏡の位置調整にも使用することができる。

図3に、放電電極を備えないEUV光源装置に本発明を適用した構成の概略を示す。

EUV光源装置は、集光光学手段である集光鏡21を収容するチャンバ1を備える。集光鏡21は、高温プラズマから放射された波長13.5nmのEUV光を反射し、その光を集光点fに集光するための光反射面21aが形成されている。

チャンバ1には、チャンバ1内を真空状態にするためのガス排気ユニット1cが設けられている。

【0026】

EUV光源装置は、集光鏡21の光反射面21a側に、高温プラズマ生成用の液体または固体の原料Mを落下(滴下)して供給する原料供給手段22を備える。原料Mは、例えば、スズ(Sn)、リチウム(Li)である。

EUV光源装置は、原料供給手段22により供給された原料Mに対して、非常に高いエネルギーのレーザービームを照射する高出力のレーザー装置23を備える。

原料供給手段により、集光鏡21の光反射面21a側に供給された高温プラズマ用の原料Mに対し、高出力のレーザー装置23からレーザー入射窓23aを介して非常に高いエネルギーを有するレーザービームが照射される。これによって、原料Mが高温プラズマとなり、波長13.5nmのEUV光を放射する。高温プラズマから放射されたEUV光は、集光鏡21の光反射面61aにより反射され、集光点fに集光する。

【0027】

集光点fの後方には、前述したように、集光点fに集光したEUV光の角度分布特性を

10

20

30

40

50

測定する角度分布特性測定器 1 2 が設けられる。この角度分布特性測定器 1 2 は、前記したようにシンチレータ 1 2 a と C C D カメラ 1 2 b から構成され、角度分布特性測定時には光路内に挿入され（図中実線の位置）、露光処理中には光路から退避される（図中点線の位置）。

上記角度分布特性測定器 1 2 は照度分布を示す角度分布特性画像データを出力し、この画像データは制御部 1 0 に送られる。

集光鏡 2 1 には、集光鏡 6 を移動させる集光鏡移動手段 1 1 が取り付けられており、その動作は制御部 1 0 により制御される。

【 0 0 2 8 】

制御部 1 0 は、前記したように分布データベース 1 0 a と、比較選択部 1 0 b と、集光鏡移動制御部 1 0 c を備え、上記分布データベース 1 0 a には登録部 1 0 d から画像データ等が登録される。

分布データベース 1 0 a には、複数の角度分布特性画像データと、該各画像データに対応させて集光鏡 6 を移動させるための移動データとが登録され、比較選択部 1 0 b は、比較部 1 0 1 において前記角度分布特性測定器 1 2 で取得した角度分布特性画像データと、上記分布データベース 1 0 a に格納された画像データを比較して、分布データベース 1 0 a 中の最も一致している画像データを検索し、その画像データに対応した移動データを移動データ読出部 1 0 2 で読み出す。この移動データは集光鏡移動制御部 1 0 c に送られ、集光鏡移動制御部 1 0 c は、この移動データに基づき集光鏡移動手段 1 1 を制御して、集光鏡 2 1 を移動させる。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 9 】

1	チャンバ
1 a	放電部
1 b	E U V 集光部
2 a , 2 b	放電電極
2 c	絶縁部材
3	パルス電力供給部
4	エネルギービーム照射機
5	ホイルトラップ
6	集光鏡
1 0	制御部
1 0 a	分布データベース
1 0 b	比較選択部
1 0 c	集光鏡移動制御部
1 1	集光鏡移動手段
1 2	角度分布特性測定器
1 2 a	シンチレータ
1 2 b	C C D カメラ
2 1	集光鏡
2 2	原料供給手段
2 3	高出力のレーザ装置
3 0	露光機
M	原料
P	プラズマ

10

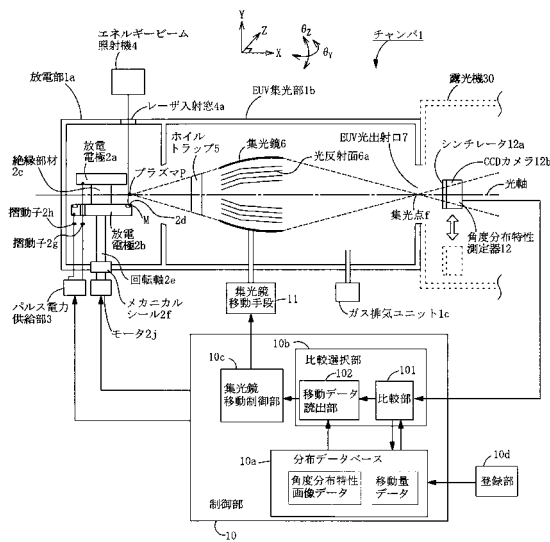
20

30

40

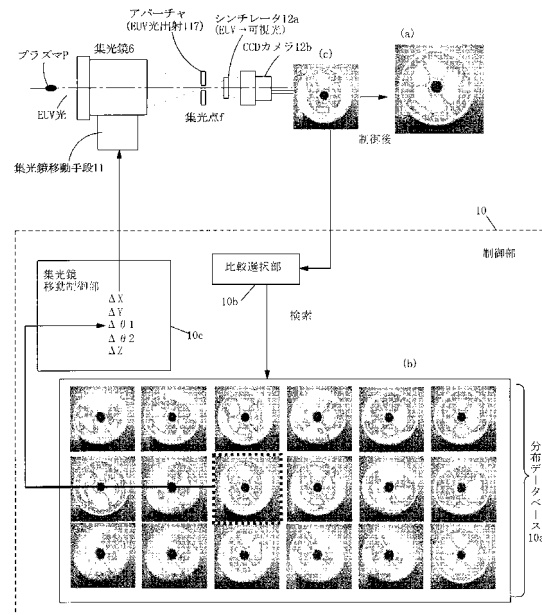
【 図 1 】

本発明の実施例のEUV光源装置の構成の概略を示す図



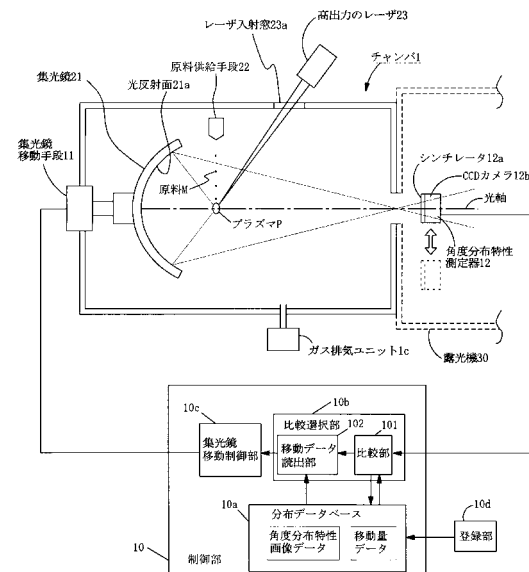
【 図 2 】

本実施例の集光鏡の移動制御を説明する図



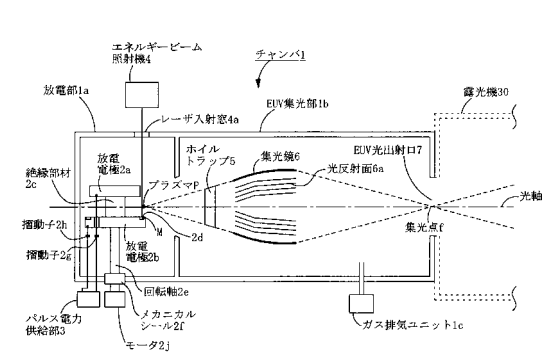
【 図 3 】

放電電極を備えないEUV光源装置に本発明を適用した場合の概略構成を示す図



【圖 4】

EUV光源装置を説明する図



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-142361(JP,A)
特開2006-128342(JP,A)
特開2007-088267(JP,A)
特表2008-532232(JP,A)
特開2010-147138(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

H05G 2/00