

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4384082号
(P4384082)

(45) 発行日 平成21年12月16日(2009.12.16)

(24) 登録日 平成21年10月2日(2009.10.2)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L	21/027	(2006.01)	H O 1 L	21/30	5 3 1 A
G O 2 B	5/08	(2006.01)	G O 2 B	5/08	A
G O 3 F	7/20	(2006.01)	G O 3 F	7/20	5 2 1
G 2 1 K	1/06	(2006.01)	G 2 1 K	1/06	B
			G 2 1 K	1/06	C

請求項の数 46 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2005-163761 (P2005-163761)
 (22) 出願日 平成17年6月3日(2005.6.3)
 (65) 公開番号 特開2005-347757 (P2005-347757A)
 (43) 公開日 平成17年12月15日(2005.12.15)
 審査請求日 平成17年8月3日(2005.8.3)
 (31) 優先権主張番号 10/860656
 (32) 優先日 平成16年6月4日(2004.6.4)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ビー、
 ブイ、
 オランダ国 ヴェルトホーフエン 550
 4 ディー アール、デ ラン 6501
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100093861
 弁理士 大賀 真司
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (72) 発明者 レヴィヌス ピーター ベイカー
 オランダ国、ヘルモント、ブローデルヴァ
 ル 31

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 かすめ入射ミラー、かすめ入射ミラーを含むリソグラフィ装置、かすめ入射ミラーを提供する方法、かすめ入射ミラーのEUV反射を強化する方法、デバイス製造方法およびそれによって製造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

13.5nmのEUV放射線を、0°より大きく、21°以下の入射角度で反射するかすめ入射ミラーであって、

ミラー基質と、

ミラー表面層とを含み、ミラー表面層は第一層および第二層を有し、第一層はミラー基質と第二層との間に位置決めされ、第一層が、Mo、Nbおよびその組み合わせのグループから選択した材料を有し、第二層が、B、C、B₄C、SiCおよびその組み合わせのグループから選択した材料を有し、第一層がミラー基質の最近接の層であるかすめ入射ミラー。

【請求項2】

第一層が少なくとも約5nmの厚さを有する、請求項1に記載のかすめ入射ミラー。

【請求項3】

第一層が約10~100nmの厚さを有する、請求項1に記載のかすめ入射ミラー。

【請求項4】

ミラー基質が第一層を有する、請求項1に記載のかすめ入射ミラー。

【請求項5】

第二層が0より大きく、約10nm以下の厚さを有する、請求項1に記載のかすめ入射ミラー。

【請求項6】

第二層が約 0.1 ~ 5 nm の層厚さを有する、請求項 1 に記載のかすめ入射ミラー。

【請求項 7】

第二層が約 0.5 ~ 3 nm の層厚さを有する、請求項 1 に記載のかすめ入射ミラー。

【請求項 8】

第二層が B_4C を有する、請求項 1 に記載のかすめ入射ミラー。

【請求項 9】

13.5 nm の EUV 放射線を、 0° より大きく、 21° 以下の入射角度で反射するかすめ入射ミラーを有するリソグラフィ装置であって、かすめ入射ミラーがミラー基質およびミラー表面層を有し、ミラー表面層が第一層および第二層を有し、第一層が、ミラー基質と第二層との間に位置決めされ、第一層が、Mo、Nb およびその組み合わせのグループから選択した材料を有し、第二層が、B、C、 B_4C 、SiC およびその組み合わせのグループから選択した材料を有し、第一層がミラー基質の最近接の層であるリソグラフィ装置。

10

【請求項 10】

リソグラフィ装置であって、

放射線のビームを供給するように構成された照明システムと、

パターニングデバイスを支持するように構成された支持体とを含み、パターニングデバイスは、ビームの断面にパターンを与えるように構成され、さらに、

基板を保持するように構成された基板テーブルと、

パターン形成したビームを基板の目標部分に投影するように構成された投影システムと、

20

13.5 nm の EUV 放射線を、 0° より大きく、 21° 以下の入射角度で反射するかすめ入射ミラーとを含み、かすめ入射ミラーがミラー基質およびミラー表面層を含み、ミラー表面層が第一層および第二層を含み、第一層がミラー基質と第二層の間に位置決めされ、第一層が、Mo、Nb およびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第二層が、B、C、 B_4C 、SiC およびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第一層がミラー基質の最近接の層であるリソグラフィ装置。

【請求項 11】

さらに、

集光ミラーを有し、集光ミラーがかすめ入射ミラーを有する、請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

30

【請求項 12】

照明システムがかすめ入射ミラーを有する、請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 13】

第一層が少なくとも約 5 nm の厚さを有する、請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 14】

第一層が約 10 ~ 100 nm の厚さを有する、請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 15】

ミラー基質が第一層を有する、請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 16】

第二層が 0 nm より大きく、約 10 nm 以下の厚さを有する、請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

40

【請求項 17】

第二層が約 0.1 ~ 5 nm の厚さを有する、請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 18】

第二層が約 0.5 ~ 3 nm の厚さを有する、請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 19】

第二層が B_4C を有する、請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 20】

13.5 nm の EUV 放射線を、 0° より大きく、 21° 以下の入射角度で反射するかすめ入射ミラーを提供する方法であって、

50

ミラー基質を提供することと、
ミラー基質上に第一層を提供することとを含み、第一層は、Mo、Nbおよびその組み合わせのグループから選択した材料を有し、さらに、
第一層上に第二層を提供することを含み、第二層は、B、C、 B_4C 、SiCおよびその組み合わせから選択した材料を有し、第一層がミラー基質の最近接の層である方法。

【請求項21】

第一および第二層が、電子ビーム蒸着、化学蒸着またはスパッタリングから選択した方法によって提供される、請求項20に記載の方法。

【請求項22】

ミラー基質が第一層を有する、請求項20に記載の方法。

10

【請求項23】

デバイス製造方法であって、

パターン形成した放射線のビームを基板の目標部分に投影することと、

13.5 nmのEUV放射線を、0°より大きく、21°以下の入射角度で反射するかすめ入射ミラーを提供することとを含み、かすめ入射ミラーはミラー基質およびミラー表面層を有し、ミラー表面層が第一層および第二層を含み、第一層がミラー基質と第二層の間に位置決めされ、第一層が、Mo、Nbおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第二層が、B、C、 B_4C 、SiCおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第一層がミラー基質の最近接の層である方法。

【請求項24】

20

さらに、

放射線システムを提供することと、

放射線システム内に集光ミラーを提供することとを含み、集光ミラーがかすめ入射ミラーを有する、請求項23に記載の方法。

【請求項25】

放射線システムが照明システムを有し、照明システムがかすめ入射ミラーを有する、請求項24に記載の方法。

【請求項26】

ミラー基質が第一層を有する、請求項23に記載の方法。

【請求項27】

30

第一層が少なくとも約5 nmの厚さを有する、請求項23に記載の方法。

【請求項28】

第一層が約10 ~ 100 nmの厚さを有する、請求項23に記載の方法。

【請求項29】

第二層が0 nmより大きく、約10 nm以下の厚さを有する、請求項23に記載の方法。

【請求項30】

第二層が約0.1 ~ 5 nmの厚さを有する、請求項23に記載の方法。

【請求項31】

第二層が約0.5 ~ 3 nmの厚さを有する、請求項23に記載の方法。

【請求項32】

40

第二層が B_4C を有する、請求項23に記載の方法。

【請求項33】

第一層がMoを有する、請求項23に記載の方法。

【請求項34】

かすめ入射角度が0°より大きい、17°以下である、請求項23に記載の方法。

【請求項35】

第一層がNbを有する、請求項34に記載の方法。

【請求項36】

13.5 nmのEUV放射線を、0°より大きく、21°以下の入射角度で反射するかすめ入射ミラーのEUV反射を強化する方法であって、

50

少なくとも1つのかすめ入射ミラーを提供することを含み、かすめ入射ミラーはミラー基質およびミラー表面層を有し、ミラー表面層が第一層および第二層を含み、第一層がミラー基質と第二層の間に位置決めされ、第一層が、Mo、Nbおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第二層が、B、C、B₄C、SiCおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第一層がミラー基質の最近接の層である方法。

【請求項37】

ミラー基質が第一層を有する、請求項36に記載の方法。

【請求項38】

第一層が少なくとも約5nmの厚さを有する、請求項36に記載の方法。

【請求項39】

第一層が約10～100nmの厚さを有する、請求項36に記載の方法。

【請求項40】

第二層が0nmより大きく、約10nm以下の厚さを有する、請求項36に記載の方法。

【請求項41】

第二層が約0.1～5nmの厚さを有する、請求項36に記載の方法。

【請求項42】

第二層が約0.5～3nmの厚さを有する、請求項36に記載の方法。

【請求項43】

第二層がB₄Cを有する、請求項36に記載の方法。

【請求項44】

第一層がMoを有する、請求項36に記載の方法。

【請求項45】

かすめ入射角度が0°より大きい、17°以下である、請求項36に記載の方法。

【請求項46】

第一層がNbを有する、請求項45に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はかすめ入射ミラー、このようなかすめ入射ミラーを含むリソグラフィ装置、このようなかすめ入射ミラーを提供する方法およびデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板の目標部分に適用する機械である。リソグラフィ装置は例えば、集積回路(IC)の製造において使用可能である。この状況で、マスクまたはレチクルとも呼ばれるパターンングデバイスは、ICの個々の層に対応する回路パターンの生成に使用することができ、このパターンを、放射線感光原料(レジスト)の層を有する基板(例えばシリコンウェハ)上の目標部分(例えば1つあるいは幾つかのダイの一部を有する)に描像することができる。一般的に、1枚の基板は、順次照射される近接目標部分の全体ネットワークを含んでいる。既知のリソグラフィ装置は、全体マスクパターンを目標部分に1回の作動にて露光することによって各目標部分が照射される、いわゆるステッパと、所定の基準方向(「走査」方向)にマスクパターンを投影ビームで徐々に走査し、これと同時に基板テーブルをこの方向と平行に、あるいは反平行に走査することにより、各目標部分が照射される、いわゆるスキャナとを含む。

【0003】

リソグラフィ装置では、基板に描像できる形体のサイズは、投影放射線の波長によって制限される。デバイスの密度がより高く、したがって動作速度が上がった集積回路を生産するために、より小さい形体を描像することが望ましい。最新のリソグラフィ投影装置は、水銀ランプまたはエキシマレーザによって精製された紫外線光を使用するが、例えば約13nmなどの、より短い波長の放射線を使用することが提案されている。このような放射線は、極紫外線(EUV)または軟X線と呼ばれ、それに可能なソースは、例えばレ

10

20

30

40

50

ーザ生成プラズマソース、放電プラズマソース、または電子保存リングからのシンクロトロン放射線を含む。

【0004】

リソグラフィ装置などの光学システムは、かすめ入射ミラーを含むことがあり、これはルテニウムのミラー表面層を有する。しかし、このかすめ入射ミラーは、反射性および所望の放射線の大きい損失を引き起こすことがある。EUV波長での反射率は既に、より長い波長の反射体と比較すると低く、これは典型的なEUVリソグラフィシステムが幾つかのミラーを有することがあるので、特に問題である。例えば、EUVリソグラフィシステムが9枚のミラーを有し、照明光学系で2枚、描像光学系で6枚とこれに反射マスクが加えられる。したがって、単一ミラーのピーク反射率が1~2%と小さく増加しても、光学

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

最新技術のかすめ入射ミラーと同等か、それより高い良好な反射率を有するかすめ入射ミラーを提供することが、本発明の態様である。このようなかすめ入射ミラーを含むリソグラフィ装置を提供することが、別の態様である。このようなかすめ入射ミラーを提供する方法を提供することが、さらなる態様である。かすめ入射ミラーのEUV反射を強化する方法を提供することが、さらなる態様である。本発明によるかすめ入射ミラーを使用するデバイス製造方法を提供することが、さらなる態様である。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第一の態様によると、かすめ入射ミラーは、13.5nmのEUV放射線を、0°より大きく、21°以下の入射角度で反射し、ミラー基質およびミラー表面層を含み、ミラー表面層は少なくとも第一層および第二層を含み、第一層はミラー基質と第二層との間に位置決めされ、第一層は、Mo、Nbおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第二層は、B、C、B₄C、SiCおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第一層がミラー基質の最近接の層である。

【0007】

本発明の第二の態様では、リソグラフィ装置は、放射線のビームを供給するように構成された照明システムと、パターンングデバイスを支持するように構成された支持体とを含み、パターンングデバイスは、ビームの断面にパターンを与えるように構成され、さらに、基板を保持するように構成された基板テーブルと、パターン形成したビームを基板の目標部分に投影するように構成された投影システムと、13.5nmのEUV放射線を、0°より大きく、21°以下の入射角度で反射するかすめ入射ミラーとを含み、かすめ入射ミラーは、ミラー基質およびミラー表面層を含み、ミラー表面層は、少なくとも第一層および第二層を含み、第一層は、ミラー基質と第二層の間に位置決めされ、第一層は、Mo、Nbおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第二層は、B、C、B₄C、SiCおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第一層がミラー基質の最近接の層である。

30

40

【0008】

本発明によるかすめ入射ミラーは、Ru(ルテニウム)に基づき、Ru層をミラー表面層として有する最新技術のかすめ入射ミラーに対して、強化されたEUV反射を提供する。リソグラフィ装置に本発明のかすめ入射ミラーを使用すると、さらに比較的有用であるか、望ましい放射線、特にEUV放射線が反射し、所望の放射線の損失が減少する。

【0009】

本発明のかすめ入射ミラーは、デバイス製造方法にも使用することができる。本発明のさらなる態様では、デバイス製造方法は、パターン形成した放射線のビームを基板の目標部分に投影することと、本発明によるかすめ入射ミラーを提供することとを含む。このような方法を使用することにより、それほど望ましくない放射線、特にEUV放射線がデバ

50

イス製造時に失われ、それによって出力が大きくなる。

【0010】

本発明のさらなる態様では、13.5 nmのEUV放射線を、0°より大きく、21°以下の入射角度で反射するかすめ入射ミラーを提供する方法は、ミラー基質を提供することと、ミラー基質上に第一層を提供することを含み、第一層は、Mo、Nbおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、さらに第一層の上に台に層を提供することを含み、第二層は、B、C、B₄C、SiCおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第一層がミラー基質の最近接の層である。

【0011】

本発明の別の態様では、かすめ入射ミラーのEUV反射を強化する方法は、本発明による少なくとも1つのかすめ入射ミラーを提供することを含む。かすめ入射ミラーは、リソグラフィ装置ばかりでなく、EUV放射線を適用し、かすめ入射ミラーを使用する他の光学装置にも使用することができる。このようなかすめ入射ミラーを使用すると、それほど望ましくない放射線が失われるので、このような装置の出力および/またはスループットが向上する。

10

【0012】

本発明のさらに別の態様によると、デバイスは、本発明のデバイス製造方法により、または本発明によるリソグラフィ装置で製造される。

【0013】

本発明の実施形態によると、かすめ入射ミラーは、少なくとも5 nmの厚さを有する第一層を含む。別の態様によると、第一層は10~100 nmの厚さを有する。このような層の厚さは、本発明のかすめ入射ミラーに良好なミラー特性を提供する。

20

【0014】

第一層は基質上にあり、これはミラー層に装着される。ミラー基質、第一層および第二層の積み重ねが形成される。実施形態によると、第二層は0 nmより大きく、10 nm以下の厚さを有する。別の実施形態によると、第二層は0.1~5 nmの厚さを有する。さらに別の実施形態によると、第二層は0.5~3 nmの厚さを有する。さらなる実施形態によると、第二層は1~2.5 nm、例えば1.5~2.5 nmの厚さを有する。

【0015】

別の実施形態では、第二層は、約0.5~3 nmの厚さを有するB₄C、例えば1.5~2.5 nmのB₄Cを有する。さらに別の実施形態では、第二層は約0.5~3 nmの厚さを有するB、例えば1.5~2.5 nmのBを含む。さらなる実施形態では、第二層は約0.5~3 nmの厚さを有するSiC、例えば1.5~2.5 nmのSiCを含む。さらに別の実施形態では、第二層は約0.5~3 nmの厚さを有するC、例えば1.5~2.5 nmのCを含む。

30

【0016】

別の実施形態では、第一層または第二層または両層は、材料の組み合わせを含む。例えば、第一層は、Mo（モリブデン）とNb（ニオブ）の組み合わせを含み、第二層はB（硼素）とC（炭素）の組み合わせ、例えばB₄Cを含むことができる。さらに別の実施形態では、層は複数の層を含むことができ、例えば第二層は複数の層を含み、各層が、B、C、B₄C、SiCおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含む。

40

【0017】

上述した実施形態は、本発明によるかすめ入射ミラーに関するが、本発明のかすめ入射ミラーを例えばリソグラフィ装置に、または本発明によるデバイス製造方法に、または本発明によりEUV放射線を強化する方法に使用する実施形態にも関する。

【0018】

リソグラフィ装置は当技術分野で知られ、本発明による1つまたは複数のかすめ入射ミラーを含むことができる。

【0019】

本発明の実施形態では、リソグラフィ装置は、放射線のビームを供給するように構成さ

50

れた照明システムと、パターンングデバイスを支持するように構成された支持体とを含み、パターンングデバイスは、ビームの断面にパターンを与えるように構成され、さらに基板を保持するように構成された基板テーブルと、パターン形成したビームを基板の目標部分に投影するように構成された投影システムと、13.5nmのEUV放射線を、0°より大きく、21°以下の入射角度で反射するかすめ入射ミラーとを含み、かすめ入射ミラーは、ミラー基質およびミラー表面層を含み、ミラー表面層は少なくとも第一層および第二層を含み、第一層はミラー基質と第二層の間に位置決めされ、第一層は、Mo、Nbおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、さらに第一層の上に台に層を提供することを含み、第二層は、B、C、B₄C、SiCおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含み、第一層がミラー基質の最近接の層である。

10

【0020】

別の実施形態では、リソグラフィ装置は集光ミラーを含み、集光ミラーは本発明によるかすめ入射ミラーを含む。別の実施形態では、照明システムは本発明によるかすめ入射ミラーを含む。

【0021】

本発明のさらなる実施形態では、デバイス製造方法は、パターン形成した放射線のビームを基板の目標部分に投影することと、本発明によるかすめ入射ミラーを提供することとを含む。

【0022】

本発明のさらなる実施形態では、かすめ入射ミラーのEUV反射を強化する方法は、本発明によるかすめ入射ミラーを提供することを含む。

20

【0023】

さらなる実施形態では、デバイス製造方法または、放射線のビームが供給されるかすめ入射ミラーのEUV反射を強化する方法は、かすめ入射角度 θ でかすめ入射ミラーにて反射することを含み、ここで θ は0°より大きいが21°以下である。かすめ入射角度と第二層の材料と層の厚さとの望ましい組み合わせを選択することができる。例えば、これらのパラメータの特定の組み合わせを選択することにより、Ruに基づく最新技術のかすめ入射ミラーに対する反射の増加は、2%より大きくするか、あるいは4%よりも大きくすることができる。その結果、装置が少なくとも1つのかすめ入射ミラーを含む本発明によるリソグラフィ装置の実施形態では、かすめ入射ミラーは、放射線のビームがかすめ入射ミラーでかすめ入射角度 θ を有するように位置決めすることができ、 θ は0°より大きい、21°以下である。これらの実施形態は、第一層がMoを含む本発明によるかすめ入射ミラーに特に適用可能である。

30

【0024】

さらなる実施形態では、デバイス製造方法、または放射線のビームが供給されるかすめ入射ミラーのEUV反射を強化する方法は、かすめ入射角度 θ でかすめ入射ミラーにて反射することを含み、ここで θ は0°より大きい、17°以下である。かすめ入射角度と第二層の材料と層の厚さとの望ましい組み合わせを選択することができる。例えば、これらのパラメータの特定の組み合わせを選択することにより、Ruに基づく最新技術のかすめ入射ミラーに対する反射の増加は、2%より大きくするか、あるいは4%よりも大きくすることができる。その結果、装置が少なくとも1つのかすめ入射ミラーを含む本発明によるリソグラフィ装置の実施形態では、かすめ入射ミラーは、放射線のビームがかすめ入射ミラーでかすめ入射角度 θ を有するように位置決めすることができ、 θ は0°より大きい、17°以下である。これらの実施形態は、第一層がNbを含む本発明によるかすめ入射ミラーに特に適用可能である。

40

【0025】

さらに別の実施形態では、デバイス製造方法は、放射線システムを提供することと、放射線システム内に集光ミラーを提供することとを含み、集光ミラーは、本発明によるかすめ入射ミラーを含む。別の実施形態では、方法は、照明システムを提供することを含み、照明システムは、本発明によるかすめ入射ミラーを含む。

50

【0026】

上述したように、本発明は、かすめ入射ミラーを提供する方法も指向する。本発明のかすめ入射ミラーを提供する方法の実施形態では、第一および第二層を、電子ビーム蒸着、化学蒸着およびスパッタリングのグループから選択した方法によって提供する。他の方法を使用して、第一および第二層を提供することができる。

【0027】

本発明はかすめ入射ミラー、および本発明の方法でこのようなかすめ入射ミラーを使用することも指向し、かすめ入射ミラーのミラー基質は第一層を含む。第一層は基質として（または基質を第一層として）使用する。ミラー基質の厚さ、Mo、Nbおよびその組み合わせのグループから選択した材料を含むミラー基質は、用途に応じて選択し、変更することができる。

10

【0028】

本発明の文脈では、「光学システム」または「光学装置」はリソグラフィ装置を含む。

【0029】

本文ではICの製造におけるリソグラフィ装置の使用に特に言及しているが、本明細書で説明するリソグラフィ装置が他の多くの用途においても使用可能であることは明確に理解されるべきである。例えば、これは、集積光学装置、磁気ドメインメモリ用ガイダンスおよび検出パターン、液晶ディスプレイ(LCD)、薄膜磁気ヘッド等の製造に使用され得る。こうした代替的な用途においては、本文にて使用した「ウェハ」または「ダイ」といった用語は、それぞれ「基板」または「目標部分」といった、より一般的な用語に置き換えて使用され得ることが当業者には理解される。本明細書で言及する基板は、露光前または露光後に、例えばトラック（通常はレジストの層を基板に塗布し、露光したレジストを現像するツール）または計測または検査ツールで処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上およびその他の基板処理ツールに適用することができる。さらに、基板は、例えば多層ICを生成するために、複数回処理することができる。したがって本明細書で使用する基板という用語は、既に複数の処理済み層を含む基板も指す。

20

【0030】

本明細書では、「放射線」および「ビーム」という用語は、イオンビームあるいは電子ビームといったような粒子ビームのみならず、紫外線(UV)放射線（例えば、365nm、248nm、193nm、157nm、あるいは126nmの波長を有する）および超紫外線(EUV)放射線（例えば、5nm~20nmの範囲の波長を有する）を含むあらゆるタイプの電磁放射線を網羅するものとして使用される。本明細書では、「望ましくない放射線」または「望ましくない波長」とは、使用するよう意図される波長より大きい、または小さい波長を有する放射線を指す。例えば、約13.5nmの波長のEUV放射線が望ましい場合、約10nmより小さいか、約20nmより大きい波長の放射線は望ましくない。特に、約13.5nm±2%の範囲の波長を有さない放射線は、一般的に望ましくない放射線と見なすことができる。「波長の放射線」という句は、という有限の小さい帯域の放射線に制限されるものではないことを理解されたい。光学素子、特にかすめ入射ミラーは、1つの特定の波長、またはある波長の範囲のために設計することができ、例えば約12~14nmの範囲の予め定義された帯域内波長の放射線用に設計することができる。

30

40

【0031】

本明細書において使用する「パターンングデバイス」なる用語は、入射する放射線ビームに、基板の目標部分にパターンを生成するよう、投影ビームの断面にパターンを与えるために使用し得るデバイスまたは構造を指すものとして広義に解釈されるべきである。投影ビームに与えられるパターンは、基板の目標部分における所望のパターンに正確に対応しないことがあることに留意されたい。一般的に、投影ビームに与えられるパターンは、集積回路などの目標部分に生成されるデバイスの特別な機能層に相当する。

【0032】

パターンングデバイスは透過性または反射性でよい。パターンングデバイスの例には、

50

マスク、プログラマブルミラーアレイ、およびプログラマブルLCDパネルがある。マスクはリソグラフィにおいて周知のものであり、これには、様々なハイブリッドマスクタイプのみならず、バイナリマスク、レベンソンマスク、減衰位相シフトマスクといったようなマスクタイプも含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例は小さなミラーのマトリクス配列を用いる。そのミラーの各々は、異なる方向に入射の放射線ビームを反射するよう個々に傾斜することができる。このようにして、反射されたビームはパターン形成される。

【0033】

支持構造は、パターンングデバイスを支持し、例えばその重量を担持する。これは、パターンングデバイスの方向、リソグラフィ装置の設計、および他の条件、例えばパターンングデバイスが真空環境で保持されているか否かに応じた方法で、パターンングデバイスを保持する。支持は、機械的締め付け、真空、または他の締め付け技術、例えば真空状態での静電締め付けを使用することができる。支持構造は、例えばフレームもしくはテーブルでよく、これは必要に応じて、固定式となるか、もしくは可動式となり、パターンングデバイスが例えば投影システムなどに対して所望の位置にあることを保証することができる。本明細書において使用する「レチクル」または「マスク」なる用語は、より一般的な「パターンングデバイス」なる用途と同義と見なすことができる。

【0034】

本明細書において使用する「投影システム」なる用語は、例えば使用する露光放射線、または浸漬流体の使用や真空の使用などの他の要因に合わせて適宜、例えば屈折光学システム、反射光学システム、および反射屈折光学システムを含むさまざまなタイプの投影システムを網羅するものとして広義に解釈されるべきである。本明細書において「レンズ」なる用語を使用した場合、これはさらに一般的な「投影システム」なる用語と同義と見なされる。

【0035】

照明システムは、放射線の投影ビームの誘導、成形、あるいは制御を行う屈折、反射、および反射屈折光学構成要素などの様々なタイプの光学構成要素も含むことができ、こうした構成要素もまた以降において集約的に、あるいは単独的に「レンズ」と称する。

【0036】

リソグラフィ装置は2つ（デュアルステージ）あるいはそれ以上の基板テーブル（および/または2つもしくはそれ以上のマスクテーブル）を有するタイプのものである。このような「多段」機械においては、追加のテーブルが並列して使用される。もしくは、1つ以上の他のテーブルが露光に使用されている間に予備工程が1つ以上のテーブルにて実行される。

【0037】

リソグラフィ装置は、投影システムの最終要素と基板との間の空間を充填するよう、基板を水などの比較的高い屈折率を有する液体に浸漬するタイプでもよい。浸漬液は、例えばマスクと投影システムの第一要素との間など、リソグラフィ装置の他の空間に適用してもよい。浸漬技術は、投影システムの開口数を増加させるため、当技術分野で周知である。

【0038】

本発明の実施形態を添付の略図を参照に、例示の方法においてのみ説明する。図面では対応する参照記号は対応する部品を示すものとする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

図1は、本発明の実施形態によるリソグラフィ装置1を概略的に示したものであり、放射線（例えばUVまたはEUV放射線）の投影ビームPBを供給する照明システム（照明装置）ILを含む。第一支持体（例えばマスクテーブル）MTは、パターンングデバイス（例えばマスク）MAを支持し、かつ、投影システム（「レンズ」）PLに対して正確にパターンングデバイスの位置決めを行う第一位置決めデバイスPMに連結を行う。基板テ

10

20

30

40

50

ーブル（例えばウェハテーブル）WTは、基板（例えばレジスト塗布したシリコンウェハ）を支持し、かつ投影システムPLに対して正確に基板の位置決めを行う第二位置決めデバイスPWに連結を行う。投影システム（例えば反射性投影レンズ）PLは、パターニングデバイスMAによってビームPBに与えられたパターンを基板Wの目標部分C（例えば1つまたは複数のダイを含む）に描像する。

【0040】

ここで示しているように、本装置は反射タイプである（例えば反射マスクまたは上記で言及したようなタイプのプログラブルミラーアレイを使用する）。あるいは、装置は透過タイプでもよい（例えば透過マスクを使用する）。

【0041】

照明装置ILは放射線ソースSOから放射線を受け取る。ソースとリソグラフィ装置とは、例えばソースがプラズマ放電ソースである場合に、別個の存在でよい。このような場合、ソースはリソグラフィ装置の一部を形成すると見なされず、放射線は一般的に、例えば適切な集光ミラーおよび/またはスペクトル純度フィルタなどを有する放射線集光器の助けにより、ソースSOから照明装置ILへと渡される。他の場合、例えばソースが水銀ランプの場合は、ソースが装置の一体部品でもよい。ソースSOおよび照明装置ILは、放射線システムと呼ぶことができる。

【0042】

照明装置ILは、ビームの角度強度分布を調節する調節デバイスを有してよい。一般的に、照明装置の瞳面における強度分布の外部および/あるいは内部放射範囲（一般的にそれぞれ、*outer*および*inner*と呼ばれる）を調節することができる。照明装置は、投影ビームPBと呼ばれ、その断面に亘り所望する均一性と強度分布とを有する、調整された投影ビームを提供する。

【0043】

投影ビームPBは、マスクテーブルMT上に保持されているマスクMAに入射する。ビームPBはマスクMAで反射して、基板Wの目標部分C上にビームを集束するレンズPLを通過する。ベースプレートBP上に支持された第二位置決めデバイスPWおよび位置センサIF2（例えば干渉計デバイス）の助けにより、基板テーブルWTは、例えばビームPBの経路における異なる目標部分Cに位置を合わせるために正確に運動可能である。同様に、第一位置決めデバイスPMおよび位置センサIF1（例えば干渉計デバイス）を使用して、例えばマスクライブラリから機械的に検索した後に、あるいは走査運動の間に、ビームPBの経路に対してマスクMAを正確に位置決めすることができる。一般的に、オブジェクトテーブルMTおよびWTの運動は、位置決めデバイスPMおよびPWの部分を形成するロングストロークモジュール（粗動位置決め）およびショートストロークモジュール（微動位置決め）にて行われる。しかし、ステップの場合、スキャナとは対照的に、マスクテーブルMTはショートストロークアクチュエータに連結されるだけであるか、あるいは固定される。マスクMAおよび基板Wは、マスクアラインメントマークM1、M2および基板アラインメントマークP1、P2を使用して位置合わせすることができる。

【0044】

ここに表した装置は以下の好ましいモードにて使用可能である。

1. ステップモードにおいては、マスクテーブルMTおよび基板テーブルWTは基本的に静止状態に保たれている。そして、投影ビームに与えたパターン全体が1回の作動（すなわち1回の静止露光）で目標部分Cに投影される。次に基板テーブルWTがX方向および/あるいはY方向にシフトされ、異なる目標部分CがビームPBにより照射され得る。ステップモードでは、露光フィールドの最大サイズが、1回の静止露光で描像される目標部分Cのサイズを制限する。

2. 走査モードにおいては、マスクテーブルMTおよび基板テーブルWTを同期走査する一方、投影ビームに与えられたパターンを目標部分Cに投影する（つまり1回の動的露光）。マスクテーブルMTに対する基板テーブルWTの速度および方向は、投影システムPLの拡大（縮小）および像反転特性によって決定される。走査モードでは、露光フィー

10

20

30

40

50

ルドの最大サイズが、1回の動的露光で目標部分の非走査方向における幅を制限し、走査動作の長さが目標部分の走査方向における高さを決定する。

3. 別のモードでは、マスクテーブルMTが基本的に静止状態に維持されて、プログラマブルパターンングデバイスを保持し、投影ビームに与えられたパターンを目標部分Cに投影する間に、基板テーブルWTが動作するか、走査される。このモードでは、一般的にパルス状放射線ソースを使用して、基板テーブルWTを動作させるごとに、または走査中に連続する放射線パルス間に、プログラマブルパターンングデバイスを必要に応じて更新する。この動作モードは、以上で言及したようなタイプのプログラマブルミラーアレイなどのプログラマブルパターンングデバイスを使用するマスクなしリソグラフィに容易に適用することができる。

【0045】

上述した使用モードの組合せおよび/または変形、または全く異なる使用モードも使用することができる。

【0046】

図2は、放射線システム42、照明光学ユニット44、および投影システムPLを含む投影装置1をさらに詳細に示す。放射線システム42は、放電プラズマによって形成された放射線ソースSOを含む。EUV放射線は気体または蒸気によって生成することができ、これは例えばXeガスまたはLi蒸気で、その中で非常に高温のプラズマが生成されて、電磁スペクトルのEUV範囲の放射線を放出する。非常に高温のプラズマは、放電の部分的に電離したプラズマを光軸O上に崩壊させることによって生成される。放射線を効率的に生成するために、XeまたはLi蒸気または他の適切な気体または蒸気の10Paなどの分圧が必要である。放射線ソースSOが放出する放射線は、ソース室47から、例えばソース室47の開口内またはその背後に配置される気体遮断構造または汚染物質トラップ49などを介して集光室48へと渡される。気体遮断構造49は、例えば参照により本明細書に組み込まれる欧州特許出願公報第1057079号および第1223468号に記載されたようなチャンネル構造を含む。

【0047】

集光室48は、かすめ入射集光器によって形成することができる放射線集光器50を含む。集光器50によって渡された放射線は、かすめスペクトルフィルタ51で反射して、集光室48の口401にある仮想ソースポイント52に集束する。集光室48から、ビーム56は垂直入射反射器53、54を介して照明光学ユニット44内で反射し、レチクルまたはレチクルまたはマスクテーブルMT上に位置決めされたマスクへと至る。パターン形成されたビーム57が形成され、これは反射要素58、59を介して投影システムPL内で描像され、ウェハステージまたは基板テーブルWTへと至る。照明光学ユニット44および投影システムPL内には、一般的に図示より多くの要素が存在してよい。

【0048】

図3aおよび図3bを参照すると、本発明によるかすめ入射ミラーが図示されている。図3aで示すように、ミラー基質MSは、ミラー層ML1としての第一層および第二層ML2を搭載する。第一層ML1は5~10nmの厚さまたは高さh1を有して、Nb、Moまたはその組み合わせを含み、第二層ML2は例えば1.5~2.5nmなど、0.5~3nmの厚さまたは高さh2を有して、B、C、B₄CまたはSiCを含む。

【0049】

Ru層がある最新技術のかすめ入射ミラーに対する、13.5nmのEUV放射線を使用した反射率の増加の値を、図4および図5で%単位にて示す。

【0050】

本発明のかすめ入射ミラーは、湾曲してもよい。この実施形態は、図3bの層構造を有するかすめ入射ミラーも指向する。

【0051】

リソグラフィ装置1では、放射線集光ミラー50は本発明によるかすめ入射ミラーを含んでよい。照明光学ユニット44、投影システムPL、またはその両方も、本発明による

10

20

30

40

50

かすめ入射ミラーを含んでよい。放射線集光器50、投影システムPLおよび/または照明光学ユニット44のミラーの数、ミラーの種類またはミラーの位置は、装置1の望ましい動作特性に従って決定してよい。

【0052】

再び図3aを参照すると、かすめ入射ミラーは、約5~100nmの厚さh1を有して、MoまたはNbまたはその組み合わせを含む第一層ML1と、約2nmの厚さh2を有して、B₄Cを含む第二層ML2とを含む。

【0053】

再び図3bを参照すると、かすめ入射ミラーは、MoまたはNbまたはその組み合わせを含むミラー基質を含む。第二層ML2は、B、C、B₄C、SiCおよびその組み合わせから選択した材料を含み、第二層ML2は、2nmなど、約0.5~3nmの厚さh2を有する。例えば、この第二層はB₄Cを含む。MoまたはNb上のB₄Cは、従来のRuのかすめ入射ミラーに対して反射率の利得を増加させる。

10

【0054】

かすめ入射ミラーの第一および第二層ML1およびML2は、電子ビーム蒸着、化学蒸着およびスパッタリングから選択した方法によって提供することができる。層の成長、層の厚さの制御、ミラー基質の材料は、かすめ入射ミラーの望ましい特性に従って選択することができる。

【0055】

本発明によるかすめ入射ミラーは、例えばデバイス製造方法、またはEUV放射線およびかすめ入射ミラーを使用する方法で使用することができる。

20

【0056】

図4および図5で示すような入射角θは、第二層として使用できる様々な材料で、異なる反射率の増加を引き起こす。下表では、13.5のEUV放射線、およびMoの第一層ML1を有するかすめ入射ミラーを使用する。第二層ML2の材料および層の厚さh2が変化した場合に、かすめ入射角度θの個々の範囲が与えられている。

【表1】

材料(ML2)	厚さh2 (nm)	入射角
B	1	0-21
	2	0-20
	4	0-18
C	1	0-20
	2	0-19
	4	-
SiC	1	0-20
	2	0-19
	4	-
B ₄ C	1	0-21
	2	0-20
	4	0-15

30

40

【0057】

例えば、1nmの厚さh2のBを使用すると、かすめ入射角度が0°より大きく、21°以下になる。別の例として、4nmの厚さh2のB₄Cを使用すると、かすめ入射角度は0°より大きく、15°以下になる。図4および図5に基づき、反射率の大きい増加を獲得できるように、パラメータ(第二層ML2の材料、層の厚さh2、および個々のθの角度)の他の組み合わせを選択することができる。

【0058】

本発明によるかすめ入射ミラーは、例えばデバイス製造方法、またはEUV放射線およびかすめ入射ミラーを使用する他の方法などにも使用することができる。

50

【0059】

図6および図7で示すような入射角 θ は、第二層として使用できる様々な材料で、異なる反射率の増加を引き起こす。下表では、13.5のEUV放射線、およびNbの第一層ML1を有するかすめ入射ミラーを使用する。第二層ML2の材料および層の厚さ h_2 が変化した場合に、かすめ入射角度 θ の個々の範囲が与えられている。

【表2】

材料	厚さ (nm)	入射角
B	1	0-17
	2	0-17
	4	0-12
C	1	0-17
	2	0-12
	4	-
SiC	1	0-17
	2	0-12
	4	-
B ₄ C	1	0-17
	2	0-16
	4	-

10

20

【0060】

例えば、1nmの厚さ h_2 のBを使用すると、かすめ入射角度が0°より大きく、17°以下になる。別の例として、2nmの厚さ h_2 のB₄Cを使用すると、かすめ入射角度は0°より大きく、16°以下になる。図6および図7に基づき、反射率の大きい増加を獲得できるように、パラメータ(第二層ML2の材料、層の厚さ h_2 、および個々の θ の角度)の他の組み合わせを選択することができる。

【0061】

実施形態の幾つかは、特にEUV(または軟X線)の用途およびEUV光学要素について述べている。しかし、本発明は例えばDUV、VUV、UVまたはVISなど、他のスペクトル範囲の光学システムにも適用することができる。本発明は、複数の実施形態で述べているようなリソグラフィ装置の用途またはリソグラフィ装置での使用に制限されない。さらに、図面は概ね、本発明を理解するために必要な要素および形体を含む。それ以外に、図面は概略的であり、同じ縮尺ではない。本発明は、例えば図示のミラーの数など、概略図に示したこれらの要素に制限されない。また、本発明は、記載されたようなリソグラフィ装置に制限されない。上述した実施形態を組み合わせるとよいことも理解されたい。

30

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】本発明の実施形態によるリソグラフィ装置を示したものである。

【図2】EUV照明システムおよび図1によるリソグラフィ投影装置の投影光学系の側面図を概略的に示したものである。

40

【図3a】基質、第一層および第二層を含むかすめ入射ミラーの側面図。

【図3b】基質(第一層を含む)および第二層(図3b)を含むかすめ入射ミラーの側面図。

【図4】異なる第二層(BまたはC)および第一層としてのMoを有する本発明のかすめ入射ミラーの反射を概略的に示したものである。

【図5】異なる第二層(B₄CまたはSiC)および第一層としてのMoを有する本発明のかすめ入射ミラーの反射を概略的に示したものである。

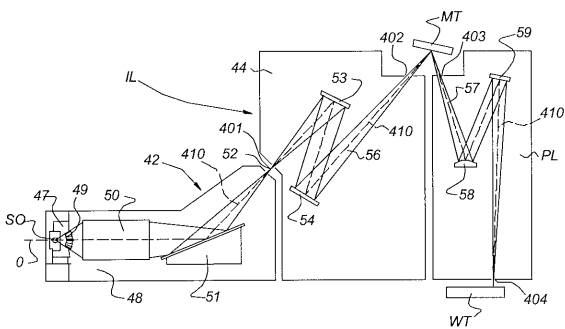
【図6】異なる第二層(BまたはC)および第一層としてのNbを有する本発明のかすめ入射ミラーの反射を概略的に示したものである。

【図7】異なる第二層(B₄CまたはSiC)および第一層としてのNbを有する本発明

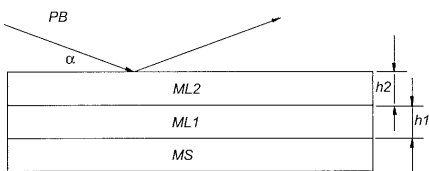
50

のかすめ入射ミラーの反射を概略的に示したものである。

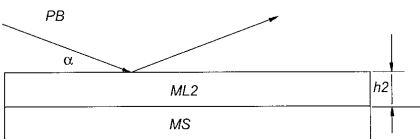
【図2】



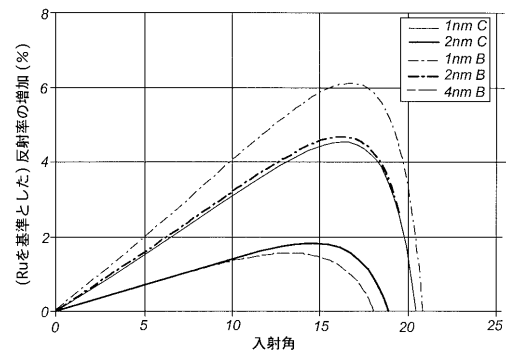
【図3a】



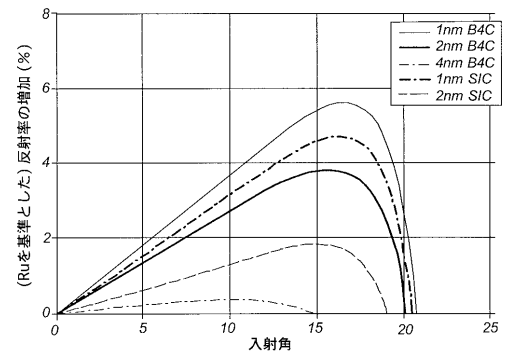
【図3b】



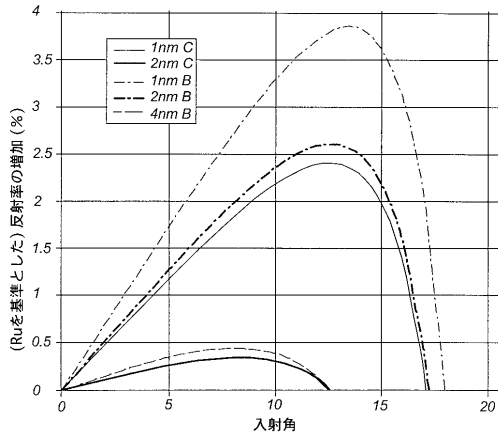
【図4】



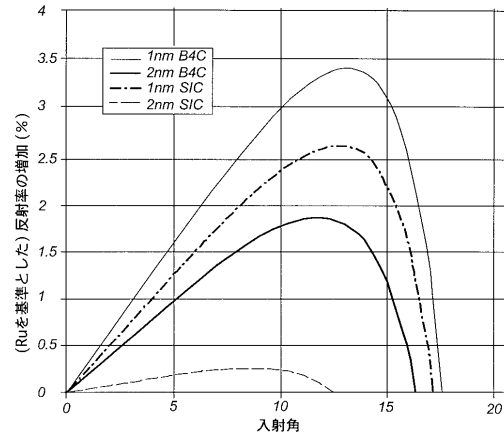
【図5】



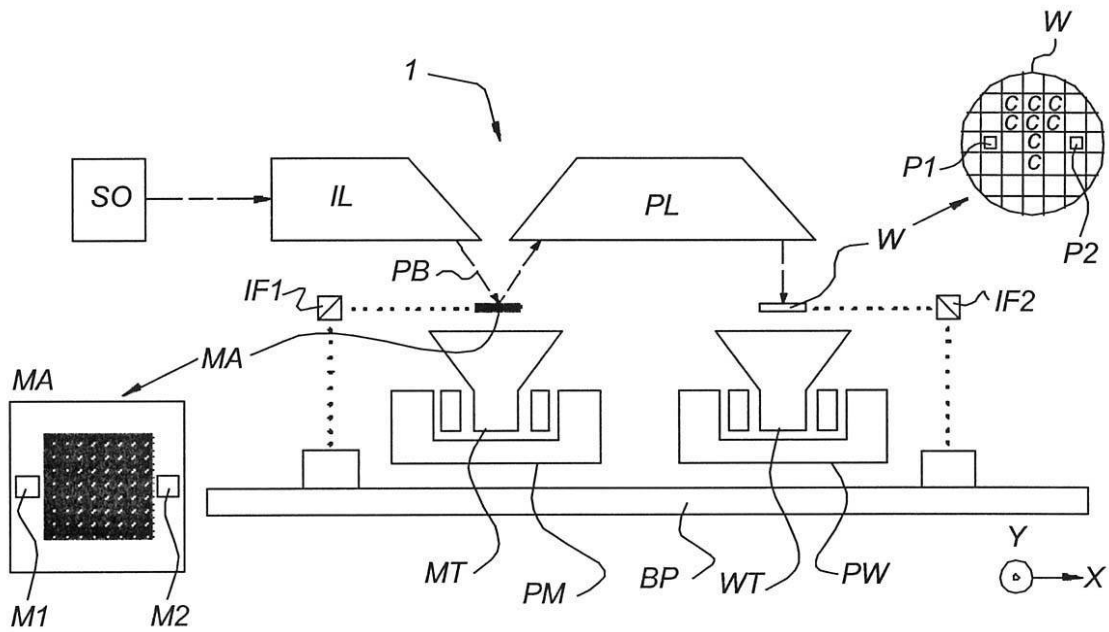
【図6】



【図7】



【図1】



フロントページの続き

審査官 植木 隆和

- (56)参考文献 特開平05 - 109607 (JP, A)
特開2003 - 218023 (JP, A)
特開平07 - 244199 (JP, A)
特開平07 - 283116 (JP, A)
特開2002 - 319537 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20
G02B 5/08

- (54)【発明の名称】かすめ入射ミラー、かすめ入射ミラーを含むリソグラフィ装置、かすめ入射ミラーを提供する方法、かすめ入射ミラーのEUV反射を強化する方法、デバイス製造方法およびそれによって製造したデバイス