

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-16868
(P2009-16868A)

(43) 公開日 平成21年1月22日(2009.1.22)

(5) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 6 E	5 F 0 3 1
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 0 3 F	5 F 0 4 6
HO 1 L 21/68 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1	
	HO 1 L 21/68 K	

審査請求 有 請求項の数 27 O L 外国語出願 (全 48 頁)

(2) 出願番号 特願2008-251029 (P2008-251029)
 (22) 出願日 平成20年9月29日 (2008. 9. 29)
 (62) 分割の表示 特願2004-328305 (P2004-328305)
 の分割
 原出願日 平成16年11月12日 (2004. 11. 12)
 (31) 優先権主張番号 PCT/NL03/00798
 (32) 優先日 平成15年11月13日 (2003. 11. 13)
 (33) 優先権主張国 オランダ (NL)
 (31) 優先権主張番号 735847
 (32) 優先日 平成15年12月16日 (2003. 12. 16)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
 ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 5 5 0
 4 ディー アール, デ ラン 6 5 0 1
 (74) 代理人 100105924
 弁理士 森下 賢樹
 (72) 発明者 ペトルス リュトゲルス バートライ
 オランダ国、イユッセルシュテイン、パー
 ター ヤンセンヴェク 3 4
 (72) 発明者 ウィルヘルムス ジョセフス ボックス
 ベルギー国、エクセル、フェンネンシュト
 ラート 3 エイ

最終頁に続く

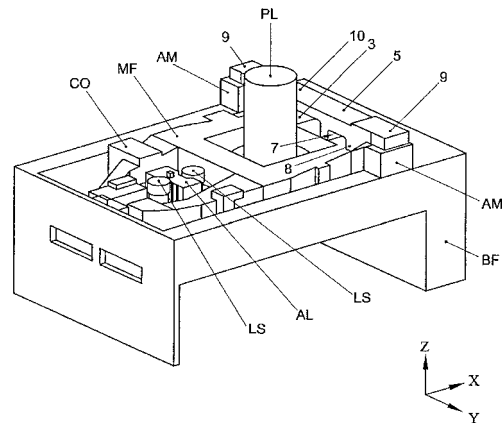
(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】性能の問題を回避しながら、従来の課題を解決する基準フレーム材料を提供すること。

【解決手段】基板Wを保持するための基板テーブルWT、基板Wの目標部分上にパターン化されたビームを投影するための投影システムPL、および基板Wが測定される基準面を供給するための独立基準フレームMFを備えるリソグラフィ装置。基準フレームMFは熱膨張係数の大きい材料を含有する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射ビームを調整する照明システムと、
放射ビームの断面にパターンを与えるパターンングデバイスを支持する支持部と、
基板を保持する基板テーブルと、
パターンが与えられたビームを基板の目標部分に投影する投影システムと、
基準面を有する独立基準フレームと、
前記基準面に対する基板の少なくとも 1 つの寸法を測定する測定システムと、を備え、
前記基準フレームは、熱膨張係数が約 $2.9 \times 10^{-6} / K$ より大きい材料を含むこと
を特徴とするリソグラフィ装置。

10

【請求項 2】

前記基準フレームは、基板の少なくとも 1 つの寸法をその露光前に測定する測定システムを支持することを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 3】

前記基準フレームは、前記投影システムを支持することを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 4】

前記基準フレームは、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、鉄、鋳鉄、鋼鉄、ステンレス鋼、銅、セラミック材料、コンクリート、花崗岩、磁器からなるグループのうち少なくとも 1 つの材料を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

20

【請求項 5】

前記基準フレームは、複合構造、サンドイッチ構造、または積層構造を備えることを特徴とする請求項 4 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 6】

前記基準フレームは、材料の中実ブロックを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 7】

前記中実ブロックは、機械加工されて前記基準フレームを形成していることを特徴とする請求項 6 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 8】

前記基準フレームは、第 1 および第 2 の部分を備えることを特徴とする請求項 7 に記載のリソグラフィ装置。

30

【請求項 9】

リソグラフィ装置で生じた振動から前記第 1 および第 2 の部分の少なくとも一方を絶縁するよう前記第 1 および第 2 の部分の少なくとも一方のために設けられている振動絶縁システムをさらに備えることを特徴とする請求項 8 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 10】

前記基準フレームは、前記基準フレームに対する前記投影システムの温度を制御する熱調整システムを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 11】

前記熱調整システムは、基準フレームおよび投影レンズを調整流体により調整することを特徴とする請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

40

【請求項 12】

前記基準フレームは、赤外線をよく反射する面を備えることを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 13】

前記面は金属でコーティングされていることを特徴とする請求項 12 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 14】

前記金属はニッケルを含むことを特徴とする請求項 13 に記載のリソグラフィ装置。

50

【請求項 15】

前記基準フレームは、比熱が約 $600 \text{ J} / (\text{kg K})$ より大きい材料および/または熱伝導性が約 $20 \text{ W} / (\text{m K})$ より高い材料で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 16】

リソグラフィ装置で生じた振動から前記基準フレームを絶縁するよう前記基準フレームのために設けられている振動絶縁システムをさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 17】

前記振動絶縁システムを支持するベース・フレームをさらに備えることを特徴とする請求項 9 に記載のリソグラフィ装置。

10

【請求項 18】

前記基準フレームの温度を測定する第 1 の温度センサをさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 19】

前記投影システムは投影レンズを備え、
前記投影レンズの温度を測定する第 2 の温度センサをさらに備えることを特徴とする請求項 18 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 20】

前記第 1 及び/または第 2 の温度センサにより測定された温度に基づいて前記基準フレーム及び/または前記投影システムを熱的に調整する熱調整システムをさらに備えることを特徴とする請求項 19 に記載のリソグラフィ装置。

20

【請求項 21】

前記熱調整システムは、
前記基準フレーム及び/または投影レンズに流入または流出する熱量を制御する制御回路と、

温度規制素子と、

熱移送システムと、を備え、

前記温度規制素子は前記熱移送システムが移送する熱量を規制し、前記熱移送システムは前記基準フレーム及び/または前記投影レンズに熱を流入または流出させるよう前記基準フレーム及び/または前記投影レンズと熱的に接触しており、前記制御回路は前記第 1 及び/または第 2 の温度センサにより測定された温度に応答可能であり、前記温度規制素子は前記制御回路に応答可能でありかつ前記熱移送システムに熱的に接触していることにより、前記基準フレーム及び/または前記投影レンズを設定温度に到達させることを特徴とする請求項 20 に記載のリソグラフィ装置。

30

【請求項 22】

前記制御回路は、前記第 1 の温度センサが測定した温度を考慮に入れて環境温度の短期変動を補償することを特徴とする請求項 21 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 23】

前記制御回路は、前記第 2 の温度センサが測定した温度を考慮に入れて環境温度の長期変動を補償することを特徴とする請求項 21 に記載のリソグラフィ装置。

40

【請求項 24】

前記熱調整システムは、前記基準フレームおよび前記投影レンズの温度を制御する 1 つの制御ループを備えることを特徴とする請求項 21 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 25】

前記熱移送システムは、前記設定温度に加熱または冷却される調整流体を備えることを特徴とする請求項 21 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 26】

前記投影システムと前記基板との間のある位置にガスを供給するためのガス供給源をさらに備え、前記位置に供給されるガスの温度が前記調整流体の温度によって決定されるこ

50

とを特徴とする請求項 2 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 2 7】

放射ビームを調整し、
放射ビームにパターンを付与し、
パターンが付与された放射ビームを基板の目標部分に投影し、
熱膨張係数が約 $2.9 \times 10^{-6} / K$ より大きい材料を含む独立基準フレームを基準面
を与えるように使用し、
前記基準面に対する基板の少なくとも 1 つの寸法を測定することを含むことを特徴とする
デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リソグラフィ装置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、基板の目標部分上に所望のパターンを投影する機械である。リソ
グラフィ装置は、例えば、集積回路 (IC) の製造の際に使用することができる。このよ
うな状況において、マスクのようなパターンング手段を、IC の個々の層に対応する回路
パターンを生成するために使用することができ、このパターンを放射線感光材料 (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 つまたは
数個のダイの一部を備える) 上に画像形成することができる。一般的に、1 つの基板は、
順次露光される隣接する目標部分のネットワークを含む。周知のリソグラフィ装置は、1
回で目標部分上の全パターンを露光することにより、各目標部分が照射されるいわゆるス
テッパ、および所与の方向 (「走査」方向) に投影ビームを通してパターンを走査し、一
方、この方向に平行にまたは逆平行に同期状態で基板を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を含む。

【0003】

リソグラフィ装置は、業界においては計測フレームとも呼ばれる基準フレームを備える
。基準フレームは、投影システムを支持する。いくつかのタイプの従来のリソグラフィ装
置の場合には、基準フレームは、レチクルおよびウェハ・ステージを駆動するために使用
されるロングおよびショート・ストローク・モータのようなリソグラフィ装置の他の構成
要素による外乱から絶縁されている。基準フレームは、従来、アンバを含む合金のような
熱膨張係数の小さい材料から作られる。現在まで、基準フレームの熱的要求を満たすた
めには、熱膨張係数の小さいこのような材料が必要であると考えられてきた。都合の悪い
ことに、これらの材料は高価であり、そのため製造コストが高くなる。さらに、このよ
うな材料は供給量が少なく、加工性が低い。需要と供給の動的市場においては、これら
の要因のために、基準フレームの製造のためのリードタイムが非常に長くなる。このよ
うにリードタイムが長くなると、従来の基準フレーム材料の加工性が最適以下であるた
めに、基準フレームを製造するのに必要な工数も大きなものになる。基準フレームの
需要と供給のいくつかの問題により、好景気の時に十分大きな数量で基準フレームを
提供することができず、そのため生産高が低下し、不景気な時に生産量を削減するこ
とができず、そのため在庫が増えることが分かっている。

【0004】

US - A - 6 529 264 は、アセンブリ・フレームへのそれ自身のフランジ接続
の頂部上に配置されている 2 つのパレルを備える光学システムのいくつかの部材を接続
するためのフレームを開示している。この特許は、比較的接続の弱い光軸のいくつかの点
の間の動きにより画像形成の性能が劣化する問題を解決する。より詳細に説明すると、
この特許は、フレーム内のこれらの動きを低減する問題を解決する。フレームは、アル
ミニウムおよびステンレス鋼を含む材料からできているように思われる。このフレーム
は基準フレームではないが、投影光学アセンブリの一部であると見なすことができる。この
場合、

10

20

30

40

50

上記フレームは、このアセンブリの画像形成性能を改善する働きをする。それ故、この特許は、アルミニウムのような熱膨張係数が低くない材料からできているリソグラフィ装置用のフレームは、リソグラフィ装置の性能に悪影響を与え、追加の解決方法を必要とする振動から影響を受けるといった技術的先入観を示している。この特許は、開示のフレームは、受ける振動のために基準フレームとしては適していないことを意味している。US - A - 6 5 2 9 2 6 4 の場合には、必要な追加の解決方法は、追加のフレームを必要とする。追加のフレームを使用すると、構造が過度に丈夫になる。何故なら、1つの下部アセンブリ・フレームで十分だからである。過度に丈夫になるとこの機械的問題を克服するために、上記解決方法は、US - A - 6 5 2 9 2 6 4 が提案しているように、フレームをある限定された方向にだけ頑丈な別の部材とし、アセンブリ・フレームを通して2つのパレルを相互に位置決めした後で、上記フレームを接続するという方法をとっている。さらに、過度に丈夫なアセンブリの熱力学的問題は、同様にUS - A - 6 5 2 9 2 6 4 が提案しているように、フレーム部材およびアセンブリ・フレーム部材の材料を同じにすることである。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の1つの目的は、性能の問題を回避しながら、従来の基準フレーム材料の提供に関連する問題を解決することである。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

ある態様によれば、本発明は、放射線の投影ビームを供給するための照明システムと、投影ビームにあるパターン断面の形を与える働きをするパターンニング手段を支持するための支持構造と、基板を保持するための基板テーブルと、基板の目標部分上にパターン化されたビームを投影するための投影システムと、上記基板を測定するための基準面を供給する独立基準フレームとを備え、上記基準フレームが、熱膨張係数の大きい材料を含有することを特徴とするリソグラフィ装置を提供する。

30

【0007】

熱膨張係数の大きな材料を含有する基準フレームを提供することにより、基準フレーム用に種々様々な材料を使用することができる。アルミニウムまたはアルミニウム合金材料のような材料を使用すると、製造コストを有意に低減し、リードタイムを有意に短縮することができることが分かっている。さらに、本発明は、基準フレームの動的性能が、アンパのような従来の材料でできている基準フレームと同じか、またはそれより優れているというもう1つの驚くべき効果を提供する。必要な熱的および熱力学的性能を達成するためには、熱膨張係数の小さい材料で基準フレームを作らなければならないという先入観を捨てることにより、本発明者は実質的な技術的問題を解決した。

【0008】

40

好ましい実施形態の場合には、上記基準フレームは、露光の前に上記基板のいくつかの寸法を測定するための測定システム、および上記投影システムを支持する。

【0009】

好ましい実施形態の場合には、上記熱膨張係数は、約 $2.9 \times 10^{-6} / K$ よりも大きい。

【0010】

驚くべきことに、約 $2.9 \times 10^{-6} / K$ より大きい熱膨張係数を有する材料は、十分な機械的および熱的安定性を有する基準フレームを提供することが分かった。約 $2.9 \times 10^{-6} / K$ の熱膨張係数を有する Si Si C は、これらの要件を満たす材料であることが分かった。

50

【0011】

好ましい実施形態の場合には、基準フレームは、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、鉄、鋳鉄、鋼鉄、ステンレス鋼、銅、セラミック材料、コンクリート、花崗岩、磁器、または例えば、複合、サンドイッチまたは積層構造のこれらの材料の組み合わせのうちの任意の1つを含有する。このような材料を使用することにより、基準フレームの製造コストは低減する。さらに、もっと自由に設計することができるようになる。もっと種々の材料を使用することにより、基準フレームの設計変更および新しいフレーム設計のために必要な機械的開発が少なくすむので、技術的生産文書の量が少なくすむ。より詳細に説明すると、例えば、アルミニウムまたはアルミニウム合金は、特に動的に丈夫であることが分かった。

10

【0012】

好ましい実施形態の場合には、基準フレームは、中実ブロック材料を備える。中実ブロックの形で基準フレームを提供することにより、一緒に溶接しなければならない多数の鋳造品またはプレート部材を含むことがある従来の基準フレームとは対照的に、基準フレームの加工性がさらに改善される。さらに、中実ブロックを使用すると、内部熱抵抗が小さくなり、熱容量が大きくなる。そのため、動的熱負荷の変動による温度変動が小さくなり、その結果、基準フレームの熱的ドリフトが小さくなる。好ましい実施形態の場合には、中実ブロックは上記基準フレームを形成するために機械加工される。中実ブロックを機械加工することにより、時間がかかりコストが高い溶接手順が必要なくなる。

20

【0013】

好ましい実施形態の場合には、基準フレームは、基準フレームに対する投影システムの温度を制御するための熱調整システムを備える。このような熱調整システムを設けることにより、基準フレームの長期熱安定性が改善する。さらに、(例えば、修理、保守または設置等による)基準フレームおよび光学システムの熱ドリフトの後で能動的冷却を行うことにより、必要な性能に達する熱安定化が有意に低減する。もう1つの利点は、能動調整基準フレームにより投影システムの熱調整が改善されることである。

【0014】

好ましい実施形態の場合には、基準フレームは、赤外線をよく反射する面を備える。基準フレームに赤外線をよく反射する面を提供することにより汚染のリスクが低減し、および/または赤外線の反射を増大することができ、および/または摩擦係数を増大することができる。より詳細に説明すると、上記面は、例えば、ニッケルのような金属材料をコーティングすることにより形成することができる。

30

【0015】

好ましい実施形態の場合には、基準フレームは高い比熱および/または高い熱伝導性を有する材料からできている。より詳細に説明すると、約 600 J / (kg K) より高い比熱、および/または約 20 W / (m K) より高い熱伝導性を有する材料からできている。

【0016】

高い比熱および/または高い熱伝導性を有する材料からできている基準フレームを提供することにより、フレームの熱安定性は改善される。

【0017】

一実施形態の場合には、基準フレームは、基準フレームの温度を感知するための第1の温度センサを備える。

40

【0018】

他の実施形態の場合には、投影システムは、投影レンズを備える。この場合、上記投影レンズは、上記投影レンズの温度を感知するための第2の温度センサを備える。

【0019】

他の実施形態は、第1および第2の温度センサのうちの少なくとも一方が感知した温度に基づいて、基準フレームおよび投影システムのうちの少なくとも一方を熱的に調整するための熱調整システムを備える。このようにして、短期および長期の温度変動を補償することができる。

50

【 0 0 2 0 】

他の実施形態の場合には、熱調整システムは、基準フレームおよび投影レンズのうちの少なくとも1つへまたは一方から移送する熱の量を制御するための制御回路、温度規制素子および熱移送システムを備える。この場合、温度規制素子は、上記熱移送システムが移送する熱の量を規制する。またこの場合、熱移送システムは、上記基準フレームおよび投影レンズのうちの少なくとも一方へまたは一方から熱を移送するために、基準フレームおよび投影レンズのうちの少なくとも一方と熱的に接触している。またこの場合、制御回路は、第1および第2の温度センサのうちの少なくとも一方が感知した温度に反応するように配置されていて、温度規制素子は、制御回路に応答し、基準フレームおよび投影レンズのうちの少なくとも一方で温度が設定温度に達するように、熱移送システムと熱的に接触している。このようにして、基準フレームおよび投影レンズのうちの少なくとも一方の温度制御が改善される。

10

【 0 0 2 1 】

他の実施形態の場合には、制御回路は、第1の温度センサが感知した温度を、短期環境温度変動を補償する際に考慮に入れるように配置されている。このようにして、装置の熱安定性が改善される。

【 0 0 2 2 】

他の実施形態の場合には、制御回路は、第2の温度センサが感知した温度を、長期環境温度変動を補償する際に考慮に入れるように配置されている。このようにして、装置の熱安定性がさらに改善される。

20

【 0 0 2 3 】

他の実施形態の場合には、熱調整システムは、基準フレームおよび投影レンズの温度を制御するための1つの制御ループを備える。これにより、装置の複雑さおよびコストをそんなに増大しないで、長期および短期両方の環境温度変動に対処することができる。

【 0 0 2 4 】

他の実施形態の場合には、熱移送システムは、上記設定温度に加熱または冷却される調整流体を備える。これにより、熱調整システムは、装置の種々のおよび効果的溫度制御を行う。

【 0 0 2 5 】

他の態様によれば、本発明は、
基板を供給するステップと、
照明システムにより放射線のビームを投影するステップと、
投影ビームにあるパターンの断面を与えるためにパターンング手段を使用するステップと、

30

基板の目標部分上に放射線のパターン化されたビームを投影するステップと、
上記基板を測定するための基準面を供給するために、独立基準フレームを使用するステップとを含み、上記基準フレームが、高い熱膨張係数を有する材料を含有することを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

【 0 0 2 6 】

本明細書において、IC製造の際のリソグラフィ装置の使用について特に参照する場合があるが、本発明のリソグラフィ装置は、集積光学システム、磁気領域メモリ用の案内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のような他の用途にも使用することができることを理解されたい。当業者であれば、このような別の用途の場合、本明細書で使用する「ウェハ」または「ダイ」という用語は、それぞれもっと一般的な用語である「基板」または「目標部分」と同義語であると見なすことができることを理解することができるだろう。本明細書における基板は、例えば、トラック(通常、基板にレジストの層を塗布し、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のような露光の前後で処理することができる。適用できる場合には、本明細書の開示を、上記および他の基板処理ツールに適用することができる。さらに、基板を、例えば、多層ICを形成するために2回以上処理することができる。そのため、本明細書で使

40

50

用する基板という用語は、多重処理層をすでに含んでいる基板を意味する場合もある。

【0027】

本明細書で使用する「放射線」および「ビーム」という用語は、紫外線（UV）放射線（例えば、365、248、193、157または126nmの波長を有する）、極紫外線（EUV）放射線（例えば、5～20nmの範囲内の波長を有する）、およびイオン・ビームまたは電子ビームのような粒子ビームを含むすべてのタイプの電磁放射線を含む。

【0028】

本明細書で使用する「パターンング手段」という用語は、基板の目標部分でパターンを形成するためのような投影ビームにあるパターンの断面の形を与えるために使用することができる手段を意味するものとして広く解釈すべきである。投影ビームに与えられたパターンの形は、基板の目標部分に所望のパターンと正確に対応しない場合があることに留意されたい。通常、投影ビームに与えられたパターンの形は、集積回路のような目標部分に形成中のデバイス内の特定の機能層に対応する。

10

【0029】

パターンング手段は透過性のものであっても反射性のものであってもよい。パターンング手段の例としては、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は周知のもので、2進、交互位相シフト、および減衰位相シフト、並びに種々のハイブリッド・マスク・タイプのようなマスク・タイプを含む。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置を使用する。各ミラーは、異なる方向に入射放射線ビームを反射するように個々に傾斜することができる。それにより、反射ビームはパターン化される。パターンング手段の各例の場合、支持構造は、例えば、必要に応じて固定または移動することができ、また例えば、投影システムに対してパターンング手段を所望の位置に確実に位置させることができるフレームまたはテーブルであってもよい。本明細書で使用する「レチクル」または「マスク」という用語は、もっと一般的な用語である「パターンング手段」と同義語であると見なすことができる。

20

【0030】

本明細書で使用する「投影システム」という用語は、例えば、使用する露光放射線用または浸漬流体の使用または真空の使用のような他の要因のために適している屈折光学システム、反射光学システム、および反射屈折光学システムを含む種々のタイプの投影システムを含むものとして広く解釈すべきである。本明細書で使用する「レンズ」という用語は、もっと一般的な用語である「投影システム」と同義語であると見なすことができる。

30

【0031】

照明システムは、また、放射線の投影ビームをある方向に向けたり、成形したり、または制御するための屈折、反射および反射屈折光学構成要素を含む、種々のタイプの光学構成要素を含むことができ、このような構成要素は、また以下に説明するように、単に「レンズ」と総称する場合もある。

【0032】

リソグラフィ装置は、2つ（二重ステージ）またはもっと多くの基板テーブル（および/または2つまたはそれ以上のマスク・テーブル）を有するタイプであってもよい。このような「多重ステージ」機械の場合には、追加のテーブルを並列に使用することができ、または準備ステップを、1つまたはそれ以上の他のテーブルを露光に使用しながら、1つまたはそれ以上のテーブル上で実行することができる。

40

【0033】

リソグラフィ装置は、また、投影システムの最終素子と基板との間の空間を満たすために、例えば、水のような屈折率が比較的高い液体に基板が浸漬されるタイプのものであってもよい。浸漬液体は、例えば、マスクと投影システムの第1の素子との間のようなリソグラフィ装置内の他の空間にも使用することができる。浸漬技術は、投影システムの開口数を増大するための当業者にとって周知の技術である。

【0034】

50

添付の略図を参照しながら、本発明の実施形態について以下に説明するが、これは単に例示としてのものであり、これらの図面内の対応する参照符号は対応する部材を示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

図1は、本発明の特定の実施形態によるリソグラフィ装置の略図である。この装置は、放射線（例えば、UV放射線またはEUV放射線）の投影ビームPBを供給するための照明システム（照明装置）ILと、

パターンング手段（例えば、マスク）MAを支持し、品目PLに対してパターンング手段を正確に位置決めするために、第1の位置決め手段PMに接続している第1の支持構造（例えば、マスク・テーブル）MTと、

基板（例えば、レジストでコーティングされたウェハ）Wを保持し、品目PLに対して基板を正確に位置決めするために第2の位置決め手段PWに接続している基板テーブル（例えば、ウェハ・テーブル）WTと、

基板Wの目標部分C（例えば、1つまたはそれ以上のダイを備える）上にパターンング手段MAにより、投影ビームPBに与えられた形をしているパターンを画像形成するための投影システム（例えば、屈折投影レンズ）PLとを備える。

【0036】

本明細書で説明するように、この装置は、透過タイプ（例えば、透過性マスクを使用する）のものである。別の方法としては、この装置は、反射タイプ（例えば、上記のタイプのプログラマブル・ミラー・アレイを使用する）のものであってもよい。

【0037】

照明装置ILは、放射線源SOから放射線のビームを受光する。この放射線源およびリソグラフィ装置は、例えば、放射線源がエキシマ・レーザの場合のように、別々のエンティティであってもよい。このような場合、放射線源は、リソグラフィ装置の一部を形成するものとは見なされず、放射ビームは、例えば、適当な方向づけミラーおよび/またはビーム・エキスパンダを備えるビーム供給システムBDの助けを借りて、放射線源SOから照明装置ILに通過する。他の場合、放射線源は、例えば、放射線源が水銀ランプである場合のように、装置の一部であってもよい。放射線源SOと照明装置ILは、必要な場合には、ビーム供給システムBDと一緒に放射システムと呼ぶ場合もある。

【0038】

照明装置ILは、ビームの角度輝度分布を調整するための調整手段AMを備えることができる。通常、照明装置の瞳面内の輝度分布の少なくとも外部および/または内部半径範囲（通常、それぞれアウトおよびインと呼ばれる）を調整することができる。さらに、照明装置ILは、通常、インテグレートINおよびコンデンサCOのような種々の他の構成要素を備える。照明装置は、その断面内に所望の均一性と輝度分布を有する投影ビームPBと呼ばれる放射線の調整されたビームを供給する。

【0039】

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上に入射する。マスクMAを横切った後で、投影ビームPBは、レンズPLを通過し、レンズPBは基板Wの目標部分C上にビームの焦点を結ぶ。第2の位置決め手段PWおよび位置センサIF（例えば、干渉計デバイス）の助けを借りて、例えば、ビームPBの経路内の異なる目標部分Cに位置決めするために、基板テーブルWTを正確に移動することができる。同様に、第1の位置決め手段PMおよび（図1に明示されていない）他の位置センサを、例えば、マスク・ライブラリから機械的検索を行った後で、または走査中、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ために使用することができる。通常、オブジェクト・テーブルMTおよびWTは、位置決め手段PMおよびPWの一部を形成するロング・ストローク・モジュール（粗位置決め）およびショート・ストローク・モジュール（微細位置決め）の助けを借りて移動することができる。しかし、（スキャナとは反対の）ステッパの場合には、マスク・テーブルMTを、ショート・ストローク・アクチュエータだけに接続することもできるし、または固定することもできる。マスクMAおよび基板Wは

10

20

30

40

50

、マスク整合マークM 1、M 2および基板整合マークP 1、P 2により整合することができる。

【0040】

図の装置は、下記の好適なモードで使用することができる。

1. ステップ・モードの場合には、マスク・テーブルMTおよび基板テーブルWTは本質的に固定されていて、一方、投影ビームに与えられた全パターンが、1回で(すなわち、1回の静的露光で)目標部分C上に投影される。基板テーブルWTは、次に、Xおよび/またはY方向にシフトされ、そのため異なる目標部分Cを露光することができる。ステップ・モードの場合には、露光フィールドの最大サイズにより1回の静的露光で画像形成される目標部分Cのサイズが制限される。

10

2. 走査モードの場合、マスク・テーブルMTおよび基板テーブルWTは同期状態で走査され、一方、投影ビームに与えられたパターンが、目標部分C上に投影される(すなわち、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、倍率(縮少率)および投影システムPLの画像の逆特性により決まる。走査モードの場合には、露光フィールドの最大サイズにより1回の動的露光の際の目標部分の(走査方向でない方向の)幅が制限され、一方、走査運動の長さにより目標部分の(走査方向の)高さが決まる。

【0041】

3. 他のモードの場合、マスク・テーブルMTは、プログラマブル・パターニング手段を保持する本質的に固定状態に維持され、基板テーブルWTは、投影ビームに与えられたパターンの形が目標部分C上に投影されている間に移動または走査される。このモードの場合、通常、パルス放射線源が使用され、プログラマブル・パターニング手段が、基板テーブルWTの各運動の後で、または走査中の連続放射パルス間に必要に応じて更新される。この動作モードは、上記タイプのプログラマブル・ミラー・アレイのようなプログラマブル・パターニング手段を使用し、マスクを使用しないリソグラフィに容易に適用することができる。

20

【0042】

上記の使用モードの組み合わせおよび/または変更したもの、または全然異なる使用モードを使用することもできる。

【0043】

図1は、また、2つのフレーム、すなわち、いわゆる「計測」フレームとも呼ばれる基準フレームMFおよびベース・フレームBFも示す。基準フレームMFは、それによりウェハが測定され、主装置構造から機械的に独立している基準面を供給する。通常、基準フレームMFは、動的にまた熱的に独立している。より詳細に説明すると、図1に示すように、基準フレームMFはベース・フレームBFから独立している。基準フレームMFは、干渉計IFおよび他の位置センサのような感知構成要素を支持する。さらに、特定のリソグラフィ装置により、基準フレームはまた投影システムPLを支持することもできる。さらに、基準フレームは、その上に支持されているこれらの構成要素を振動から絶縁する。基準フレームMFは、干渉計IFのような計測システムを支持するが、そうしたい場合には、投影システムPLも支持し、ベース・フレームは、他の構成要素を支持する。より詳細に説明すると、ベース・フレームBFは、基準フレームMFを主装置構造から機械的に絶縁するための振動絶縁システムを支持する。さらに、またそうしたい場合には、ベース・フレームは、ロング・ストローク・モータを含むウェハ・ステージWT(図1には図示せず)のような他の構成要素およびレチクル・ステージMTも支持することができる。一実施形態の場合には、ベース・フレームBFは、製造フロアに接触しているが、別の方法としては接触させない方法もある。振動絶縁システムVIは、例えば、エアマウントまたは磁気システム、剛性の低い機械的ビームを備える機械的システム、または弾性係数の低い基準フレームMFを弾力により支持する流体をベースとするシステムのような他の等価システムとして実現することができる。好ましい実施形態の場合には、振動絶縁システムは、ベース・フレームBFと基準フレームRFとの間に設置される。真空または大気条件

30

40

50

下で動作するリソグラフィ装置で使用するには、エアマウントが適していることに留意されたい。

【 0 0 4 4 】

基準フレームMFは、例えば、重いテーブルとして実現することができる。本発明によれば、基準フレームMFは、熱膨張係数の大きな材料から作られている。このような材料は、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、鉄、鋳鉄、鋼鉄、ステンレス鋼、銅、セラミック材料、コンクリート、花崗岩、磁器、または例えば、複合、サンドイッチまたは積層構造のこれらの材料の組合わせを包含するが、これらに限定されない。

【 0 0 4 5 】

表1は、いくつかの適当な構造材料のいくつかの代表的特性を示す。さらに、容易に比較できるように、同じ特性の数値は、従来の材料であるアンパに対してのものである。

【表1】

材料	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/K$)	比熱 ($J/(kgK)$)	熱伝導性 ($W/(mK)$)	質量密度 (kg/m^3)	弾性係数 (N/mm^2)
アンパ (従来の材料)	1.5	500	13	8030	140000
アルミニウム合金 (例えば、AA5083 O)	24	900	120	2660	71000
鋼鉄 (例えば、Fe 360)	12	460	57	7850	210000
ステンレス鋼 (例えば、304(L)または316(L))	16	500	16	7900	210000
鋳鉄 (例えば、GJS400-15)	12	500	35	7100	170000
銅	17	390	390	8900	120000
セラミック材料 (例えば、SiSiC)	3	700	170	2950	410000
磁器	2400	800	5	2400	104000
花崗岩	2650	820	3.5	2650	30000

【 0 0 4 6 】

表1は、さらに、アルミニウム合金が、通常、約 $23 \sim 24.5 \times 10^{-6} / K$ の領域またはその周囲の領域内に熱膨張係数を有することも示す。

【 0 0 4 7 】

基準フレームMFは、モノリシック部分、すなわち中実ブロックからできている。基準フレームMFは、1つのブロックから鋳造または機械加工することができる。

【 0 0 4 8 】

例えば、アルミニウムからこの方法で作った基準フレームMFは、従来の基準フレームとほぼ同じ質量を有することが分かっている。それ故、リソグラフィ装置、特に振動絶縁システムVIとのインタフェースに非常に容易に内蔵することができる。さらに、驚くべきことに、基準フレームの周囲の温度環境が安定していて、そのため5メートルに対する数分間の予想された2ナノメートルのドリフトが起こり、これは本発明により考慮されたこれらの材料と比較した場合、遥かに低い熱膨張係数を有するアンパのような従来の基準フレーム材料により達成される許容範囲と一致することが分かっている。その高い熱膨張係数のために、動的性能が低いだろうと予想される材料からできている基準フレームの動的性能が、予想に反して従来のリソグラフィ装置で必要とするこれらの許容範囲内の動的性能を有することが分かっている。さらに、動的性能の影響をあまり受けずに、重心を容易に適合することができる。他の実施形態の場合には、従来の基準フレームより重い基準フレームMFを使用している。このことは、例えば、寸法を大きくすることにより、および/または密度の大きい鉄のような材料を選択することにより達成される。このような重い基準フレームは、振動絶縁システムVIを再校正しなければならないが、基準フレームMFの動的性能が改善されるというもう一つの利点を有することが分かっている。

【 0 0 4 9 】

1つの適当な材料としては、タイプAA5083 (Al - 4.4Mg - 0.7Mn - 0.15Cr) のアルミニウム合金がある。AA5083または類似の合金に関しては、内

部応力レベルが非常に低いという利点がある。これにより基準フレームMFを形成するために材料のブロックを機械加工するという点で、基準フレームの長期安定性の面で種々の利点が得られる。

【0050】

さらに、他のアルミニウムをベースとする合金も使用することができるということも理解することができるだろう。比熱および熱伝導性に関しては、比熱は好適には約600 J / (kg K) より高いことが好ましく、および / または熱伝導性は好適には約20 W / (m K) より高いことが好ましいことが分かっている。

【0051】

そうしたい場合には、熱安定性を改善するために、冷却システムを基準フレームMF内にまたは上に設定することができる。基準構造を冷却するために、水冷または空冷のような流体冷却システムを使用することができる。これらの実施形態によれば、投影システムPLが基準フレームMFで支持されている場合、投影システムをさらに冷却するために、冷却システムを基準フレーム内または上に設置することができる。より詳細に説明すると、冷却システムを使用すれば、長期にわたって安定し、熱ドリフトの後で（例えば、修理、保守、設置などの後で経験するように）短い時間で回復する。

【0052】

図2は、本発明の他の実施形態によるリソグラフィ装置の詳細図である。より詳細に説明すると、図2は、双走査リソグラフィ装置で使用するのに適している基準フレームMFである。双走査装置を使用すれば、異なる基板W2を露光ステーション4で露光しながら、露光の前に1つの基板W1を測定ステーション2において測定することができる。基板W1が測定ステーション2内に位置している間に、第1のZミラーZM1を含む第1の干渉計IF1が、基板の「基板マップ」を作成するために使用される。すなわち干渉計IF1は基板面の輪郭をマッピングする。そのため、露光ステージで基板面内の歪みを補償することができる。基板W2が露光ステーション4に位置している間に、第2のZミラーZM2を含む第2の干渉計IF2が、基板W2用の測定ステージで作成された「基板マップ」が必ず忠実に再現されるようにする。この特定の実施形態の場合には、基準フレームMFは、計測システムIFおよび投影システムPLの両方を支持する。あるリソグラフィ装置の場合には、基準フレームMFは、測定機能を提供する構成要素が装着されている第1の基準フレーム部分と、露光測定機能を提供する構成要素が装着されている第2の基準フレーム部分を備えることができる。次に、これらの2つのフレーム部分は、通常、例えば、相互にまたは追加の装着フレームにボルト締めすることにより装着される。基準フレームが2つ以上のフレーム部分を備えるいくつかの実施形態の場合、各フレーム部分は、それぞれ自身自身の振動絶縁システムを備えることができる。別の方法としては、1つの振動絶縁システムを備えることもできる。図2は、さらに、例えば、冷却システム、特に基準フレームMF内に形成される水冷システムWCの熱調整システムWCの一例を示す。図に示すように、基準フレームMFは、入口6を通して冷却液体が導入され、出口8を通して冷却液体が構造体から流出するフレーム構造内にダクトを備える。ダクトは、それぞれ測定ステーション2および露光ステーション4に対向して配置されている基準フレームMFのその部分の周囲を循環冷却するように形成される。冷却システムは、1つまたはそれ以上の冷却回路を含む。図2の特定の実施形態の場合には、冷却回路は2つある。他の実施形態の場合には、1つの冷却回路で冷却を行うことができる。特定の実施形態の場合には、1つの冷却回路が、投影レンズPLおよび基準フレームMFの両方に冷却流体を供給することができる。図2に示す残りの構成要素は、図1のところで説明した構成要素に対応するものなので、ここではこれ以上の説明は省略する。

【0053】

図3は、基準フレームMF上に支持されているいくつかの構成要素を示す本発明のある実施形態によるベース・フレームから独立している基準フレームの平面図である。より詳細に説明すると、図3は、基準フレームMFとベース・フレームBFとの間の絶縁された関係をより詳細に示し、基準フレームMfおよびその上に装着しているこれらの構成要素

を非常に詳細に示す。

【 0 0 5 4 】

図 3 の実施形態の場合には、基準フレーム MF は、第 1 の部分 3 と第 2 の部分 5 を備える。この場合、第 1 の部分および第 2 の部分は、第 1 および第 2 のブロックからそれぞれ機械加工される。別の方法としては、これらの部分を鋳造することもできる。第 1 および第 2 の部分 3、5 は、基準フレーム MF を形成するために相互に協力する。より詳細に説明すると、第 1 の部分は、とりわけ測定ステージおよび露光ステージを移動するために、これらの構成要素を支持する働きをする。例えば、投影レンズ PL のようなこのような構成要素、測定位置での基板のレベルを感知するレベル・センサ・モジュール LS、測定位置での基板の整合をチェックするための整合モジュール AL がある。他の構成要素は、基準フレーム MF の下側に装着することができる。これら構成要素については、図 4 に示し説明する。図 3 の実施形態の場合には、第 2 の部分 5 は、基準フレーム MF をベース・フレーム BF から絶縁する働きをする振動絶縁システム VI を支持する。第 2 の部分はブリッジの形をしていて、ブリッジ支持部分 7、8 は、第 1 の部分 3 の上に配置されている。ブリッジの全長を延びる部分 10 は、ブリッジ支持部分 7、8 により支持されている。延長部分 10 の対向端部 9 のところで、振動絶縁システムが部分 9 を支持している。図 3 の振動絶縁システム VI を形成しているエアマウント AM は、部分 9 とベース・フレーム BF との間に配置されている。ブリッジ 5 を通して、エアマウント AM が吸収することができるベース・フレーム BF からの振動絶縁は、第 1 の部分 3 上に装着されている構成要素に伝わる。図 3 の実施形態の場合には、3 つのエアマウントが使用されている。ブリッジ部分の両方の端部に 1 つずつ設置されていて、第 3 のエアマウント（図 3 には図示していないが、図 4 には図示してある）は、基準フレーム MF と基準フレーム MF の第 1 の部分の縦方向の対向端部のところのベース・フレーム BF との間に配置されている。しかし、本発明は、これに限定されないで、振動絶縁システム VI は、多くの別の方法で、システムの性質およびシステム構成要素の数および配置に関連して実行することができることを理解することができるだろう。

【 0 0 5 5 】

図 3 の実施形態とは異なる代替実施形態の場合には、基準フレーム MF は 1 つの部分からなる。この場合、第 1 および第 2 の部分のところで説明した上記機能は 1 つの部分に結合される。

【 0 0 5 6 】

図 3 に示すように、基準フレームは、赤外線をよく反射する面 CO を有する。この反射面は、基準フレームの外面の少なくとも一部にコーティングを行うことにより達成することができる。コーティングは基準フレームの表面をカバーする。コーティングは、基準フレーム MF の一部の少なくとも表面をカバーすることができる。コーティングはニッケルのような金属材料のコーティングである。別の方法としては、赤外線をよく反射する面は、基準フレーム MF の表面を研磨するかまたは表面処理することにより形成することができる。

【 0 0 5 7 】

図 4 は、図 3 のベース・フレーム BF から独立している基準フレーム MF の下面である。より詳細に説明すると、この図は、基準フレームの下側に装着されているこれらの構成要素を示す。これらの構成要素は、測定ステーション 2 のところで機能を実行するために配置されている干渉計 IF 1、および露光ステーション 4 のところで機能を実行するように配置されている干渉計 IF 2 を含む。これらの干渉計 IF 1、IF 2 は、Z ミラー Z M 1、Z M 2 にそれぞれ関連する。測定ステーション 2 のところには、基板 W を支持する働きをする基板チャック SC も図示してある。測定ステージを実行すると、基板チャック SC は、測定ステーション 2 との整合位置から露光ステーション 4 との整合位置に移動する。すでに説明したように、一実施形態の場合には、その上に各基板が支持されている 2 つの基板チャックを使用している。チャックは、第 2 の基板が露光ステーション 4 内で露光されている間に、第 1 の基板を測定ステーション 2 のところで測定することができるよう

10

20

30

40

50

に相互に位置決めされ移動される。このような配置により、リソグラフィ装置を通しての基板の処理能力が増大する。

【 0 0 5 8 】

さらに、図 4 は、基準フレーム M F の第 1 の部分 3 の一部とベース・フレーム B F との間に位置するもう 1 つのエアマウント A M により、ベース・フレーム B F に対する基準フレーム M F の振動絶縁を示す。この図は、また、第 2 の部分 5 とベース・フレーム B F との間に装着されているエアマウント A M 中の 1 つも示す。

【 0 0 5 9 】

投影レンズ P L、基準フレーム M F、干渉計 I F および他のセンサの温度制御は、ミリケルビン・レベルまたはそれ以下で行うことが望ましい。アルミニウムのような材料からできている基準フレーム M F の場合には、温度制御を 0 . 1 m K / 5 分程度で行うことが望ましい。投影レンズ P L、基準フレーム M F、干渉計 I F および他のセンサの環境の温度安定性は、3 0 m K 程度であることが望ましい。従来のリソグラフィ装置では、このような温度制御を行っていなかった。

【 0 0 6 0 】

従来のリソグラフィ装置の場合には、温度センサは、投影システム上だけに設置されている。このようなレンズ・センサだけが、レンズ回路水キャビネット (L C W C) およびモータ回路水回路 (M C W C) 内の水の供給、および空気制御キャビネット (A C C) 内の空気の供給のための熱調整システムに対する温度設定点を決定するために使用される。時定数が長いため、またレンズの熱的絶縁のために、レンズが環境の温度の変動に影響されないことが分かっている。一方、基準フレーム M F および他の温度に敏感な構成要素は、遥かに影響を受けやすい。それ故、基準フレーム M F および投影レンズの温度を感知することにより長期変動および短期変動の両方を検出し対処することができる。本発明の一実施形態の場合には、大きな熱膨張係数を有するアルミニウムのような材料からできている基準フレーム M F は、例えば、水調整システムにより熱的に調整することができる。他の実施形態の場合には、基準フレーム M F は、投影システム、特に投影レンズを調整する同じ水で調整される。アルミニウムの基準フレーム M F は、例えば、アクチュエータまたはカバーの開閉の影響のような短期環境温度変動を補償するために、従来基準フレームと比較すると環境温度変動に影響を受けやすいので、基準フレーム M F の温度が感知され、感知した温度を、好適には、短期環境温度の変動を補償するための温度制御アルゴリズムで使用することが好ましい。他の実施形態の場合には、投影システム P L の温度は、例えば、投影レンズ上に位置するセンサにより感知され、感知した温度は、好適には、長期環境温度変動を補償するための制御アルゴリズムで基準フレームの温度と一緒に使用することが好ましい。装置の長期温度を制御することが好ましい。何故なら、特に投影システムの温度は、好適には、動作温度で一定に維持することが好ましいからである。通常動作温度は約 2 2 である。長期および短期温度変動の両方を、以下にさらに詳細に説明するように、1 つの制御ループ内で制御することができることが分かっている。

【 0 0 6 1 】

図 5 は、基準フレーム M F、投影レンズ P L、および熱調整システム 2 0 の詳細図である。特に基準フレーム M F および投影レンズ P L の温度を制御することにより、リソグラフィ装置の熱安定性が改善する。より詳細に説明すると、アルミニウムのような材料の熱膨張係数の大きい基準フレームの温度を制御することによりフレームの熱安定性は改善する。アルミニウムの基準フレーム M F は、アンバでできている従来基準フレームよりも環境の温度の変動の影響を受けやすい。

【 0 0 6 2 】

図 5 の場合には、制御ループは、投影レンズ P L および基準フレーム M F のうちの少なくとも一方の温度を規制するために使用される。この実施形態の場合には、基準フレーム M F の温度を感知するために、少なくとも 1 つの第 1 の温度センサ 2 1 が設置されている。もう 1 つの第 2 の温度センサ 2 2 は、投影レンズ P L の温度を感知するために、投影レンズ P L 上に設置することができる。温度センサは、その抵抗が温度に依存するデバイス

10

20

30

40

50

を備えることができる。温度調整システム 20 は、第 1 および第 2 の温度センサ 21、22 のうちの少なくとも一方が感知した温度に基づいて、基準フレーム MF および投影システム PL のうちの少なくとも一方の温度を制御するためのものである。一実施形態の場合には、基準フレーム MF および投影レンズ PL の温度は、第 1 および第 2 の温度センサ 21、22 両方が感知した温度に基づいて制御される。熱調整システム 20 は、基準フレーム MF および投影レンズ PL のうちの少なくとも一方へまたはから伝えられる熱の量を制御するための制御回路 24 を備える。温度規制素子 26 も設置されている。温度規制素子 26 は、熱移送システム内に移送された流体を加熱および / または冷却するように配置されている。制御回路 24 は、温度センサ 21、22 と温度規制素子との間に設置されている。制御回路 24 は、感知した温度が設定温度の方向に規制されるように加熱量を規制するために配置されている。制御回路 24 は、制御信号によりヒータおよび / またはクーラを制御するために、温度規制素子 26 に制御信号を送る。温度調整システム 20 は、さらに、熱移送システム 28、30、32、34、36、38 を備える。温度規制素子 26 は、熱移送システム 28、30、32、34、36、38 と熱的に接触している状態で配置されている。温度規制システム 26 は、熱移送システム 28、30、32、34、36、38 により移送された熱の量を規制する。熱移送システム 28、30、32、34、36、38 は、さらに、基準フレーム MF および投影レンズ PL のうちの少なくとも一方にまたはから熱を移送するために、基準フレーム MF および投影レンズ PL のうちの少なくとも一方と熱的に接触している状態で配置されている。より詳細に説明すると、熱移送システム 28、30、32、34、36、38 は、基準フレーム MF および投影レンズ PL に調整媒体 34 を供給するための供給ダクト 28、36、38 を備える。調整媒体は水のような流体であってもよい。供給ダクト 28、36、38 は、基準フレーム MF および投影レンズ PL の数力所を通して延びるように配置されている。より詳細に説明すると、供給ダクト 38 は、基準フレーム MF 内に形成されている閉鎖チャンネルを備えていて、供給ダクト 36 は、投影レンズまたは投影システム PL 内に形成されている閉鎖チャンネルを備える。閉鎖チャンネル 36、38 は、これらの構成要素の機能に影響を与えないように、基準フレーム MF および投影システム PL 内を延びるように配置されている。循環ポンプ 30 は、供給ダクト 28、36、38 内に設置されている。さらに、または別の方法としては、温度規制システム 26 の冷却素子は、調整媒体 34 から過度の熱を除去するように配置されている温度規制システム 26 の上流に冷却素子 (図示せず) を設置することができる。図 5 は、1 つの第 1 および第 2 の温度センサ 21、22 を示す。他の実施形態の場合には、複数の第 1 の温度センサおよび複数の第 2 の温度センサが設置されている。この場合、平均制御回路が、平均感知温度を測定し規制する。調整媒体 34 は、加熱する代わりに規制量だけ冷却することができる。図 5 の場合、調整媒体 34 は、基準フレーム MF および投影レンズ PL を通って順次流れ、他の実施形態の場合には、調整媒体はまた基準フレーム MF および投影レンズ PL の方向に平行に流れることができる。他の実施形態の場合には、調整媒体 34 の流速は熱移送システムが送る熱を制御するために規制することができる。さらに他の実施形態の場合には、図 5 に示すように、閉供給ダクト 28 を使用するのではなく、供給ダクト 28 は、そこを通して新鮮な調整媒体が導入される開パイプを備えることができる。熱移送システムは、調整媒体がシステムを通して循環しなくてもよい。

【 0 0 6 3 】

より詳細に説明すると、制御回路 24 は、第 1 および第 2 の温度センサ 21、22 のうちの少なくとも一方が感知した温度に応じるように配置されていて、温度規制素子 26 は、制御回路 24 に反応し、熱移送システム 28、30、32、34、36、38 と熱的に接触している。そのため、基準フレーム MF および投影レンズ PL のうちの少なくとも一方で温度が設定温度に達する。他の特定の実施形態の場合には、制御回路 20 は、短期の環境の温度の変動を補償する際に、第 1 の温度センサ 21 が感知した温度を考慮に入れるように配置されている。このようにして、アクチュエータ、カバーの開閉の影響のような短期温度変動を補償することができる。より詳細に説明すると、基準フレームに対する短

期環境温度の影響は、フレームおよびセンサの短期温度ドリフトを防止するように補償される。他の実施形態の場合には、制御回路20は、長期環境温度の変動を補償する際に、第2の温度センサ22が感知した温度を考慮に入れるように配置されている。このようにして、特に投影レンズPLの温度は一定の温度に維持される。何故なら、画像形成の品質を一定に維持するためには、投影レンズPLを一定の基準温度に維持することが望ましいからである。より詳細に説明すると、レンズは、例えば、22の基準温度に維持することができる。一実施形態の場合には、短期および長期の変動は、1つの制御ループにより補償される。他の実施形態の場合には、熱移送システム28、30、32、34、36、38は、基準フレームMFおよび投影レンズPLへまたはこれらから熱を移送する。このようにして、基準フレームMFおよび投影レンズPLの両方が、リソグラフィ装置の制御をさらに複雑にしなくても、所定の設定温度に維持される。一実施形態の場合には、空気シャワーのようなガス供給源が、ガスを投影システムPLと基板Wとの間のある位置に供給する。この場合、上記位置に供給するガスの温度は、上記調整流体の温度により決定される。空気シャワーの温度は、供給ダクト36が供給するレンズ冷却水の温度で決まるので、システム全体がもっと熱的に安定する。

10

20

30

40

50

【0064】

図6～図8は、本発明のある実施形態により入手した結果を示す。図6～図8の場合には、トレース60はレンズ温度(CtLnsTempFM)であり、トレース61はレンズ冷却水の設定点の温度(CtLcsSetp)であり、トレース62は測定側の基準フレームの温度(CtMfMeasTemp)であり、トレース63は露光側の基準フレームの温度(CtMfExpTemp)である。

【0065】

図6は、本発明のある実施形態による実験結果である。この場合、基準フレームMFはアルミニウムであった。より詳細に説明すると、図6の場合には、温度はレンズ・センサ22により回収され、基板Wの露光中、基準フレームMFセンサ21が使用される。レンズPLの長期ドリフトはこの測定値の場合修正されていないことが分かる。好ましい実施形態の場合には、基準フレームMFの温度を感知するセンサ21および投影レンズPLの温度を感知するセンサ22の両方が、図6に示す長期レンズ温度ドリフトを防止するために制御アルゴリズムで使用される。

【0066】

図7は、図6の結果の詳細図である。より詳細に説明すると、図7は、露光段階近くの結果を示す。短期実験ドリフトに対する修正を見ることができる。約20.00hで露光がスタートし、その結果、環境温度が約20mK上昇し、それによりLCWの設定点の温度が下降した。約10.00hで、電子キャビネットからカバーを取り外すと、環境の空気が急激に減少した。このことは、設定点の急激な温度上昇による制御のためである。図7に示すように、基準フレームMFの温度は安定していることが分かる。

【0067】

図8は、図6の結果の詳細図である。より詳細に説明すると、図8は、基準フレームMFの温度に着目した実験結果である。この図を見れば、温度変動がいつでも0.1mK程度であることが分かる。このことは、カバーを取り外した場合を除いて、1nmという測定誤差に対応する。カバーの取外しは、例外的な状況であるということが分かる。カバーを取り外した場合でも、図8の結果は、この動作の回復が非常に迅速であることを示す。

【0068】

今まで本発明の特定の実施形態について説明してきたが、本発明は上記以外の方法で行うことができることを理解することができるだろう。上記説明は本発明を制限するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】本発明のある実施形態によるリソグラフィ装置である。

【図2】本発明の他の実施形態によるリソグラフィ装置の詳細図である。

【図 3】基準フレーム上に支持されているいくつかの構成要素を示す、本発明のある実施形態による基礎フレームから独立している基準フレームの平面図である。

【図 4】図 3 の基礎フレームから独立している基準フレームの下面図である。

【図 5】基準フレームおよび投影レンズおよび熱調整システムの詳細図である。

【図 6】本発明のある実施形態により入手した結果を示す。

【図 7】本発明のある実施形態により入手した結果を示す。

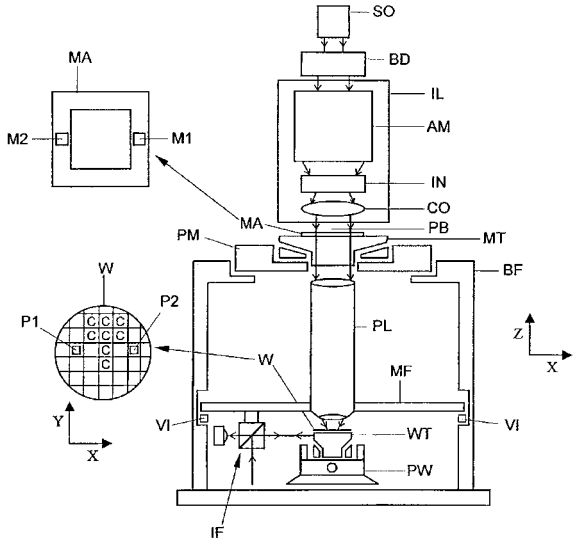
【図 8】本発明のある実施形態により入手した結果を示す。

【符号の説明】

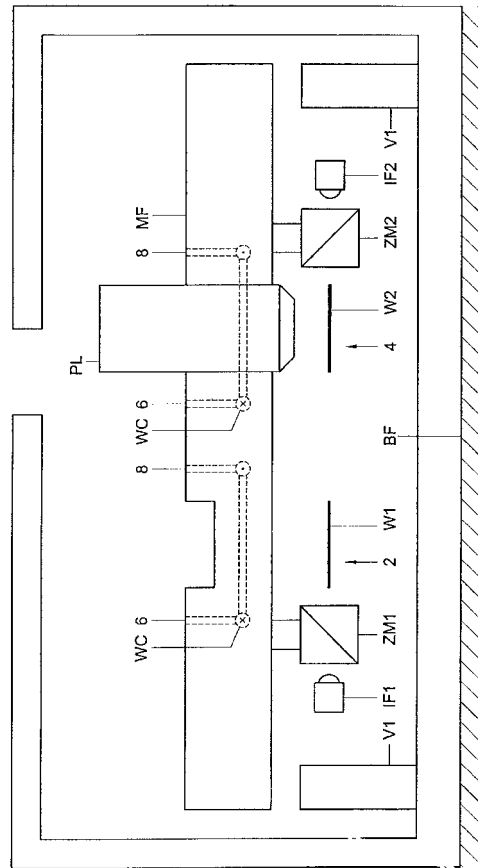
【 0 0 7 0 】

P B	投影ビーム	10
I L	照明システム	
M A	マスク	
P M	第 1 の位置決め手段	
M T	第 1 の支持構造	
W	基板	
P W	第 2 の位置決め手段	
W T	基板テーブル	
C	目標部分	
P L	投影システム	
S O	放射線源	20
I F	干渉計	
M 1 , M 2	マスク整合マーク	
M F	基準フレーム	
B F	ベース・フレーム	
Z M 1	第 1 の Z ミラー	
L S	レベル・センサ・モジュール	
2	測定ステーション	
4	露光ステーション	
6	入口	
8	出口	30
1 0	延長部分	
2 0	制御回路 2	
2 1 , 2 2	温度センサ	
2 8 , 3 0 , 3 2 , 3 4 , 3 6 , 3 8	熱移送システム	
6 0 , 6 1 , 6 3	トレース	

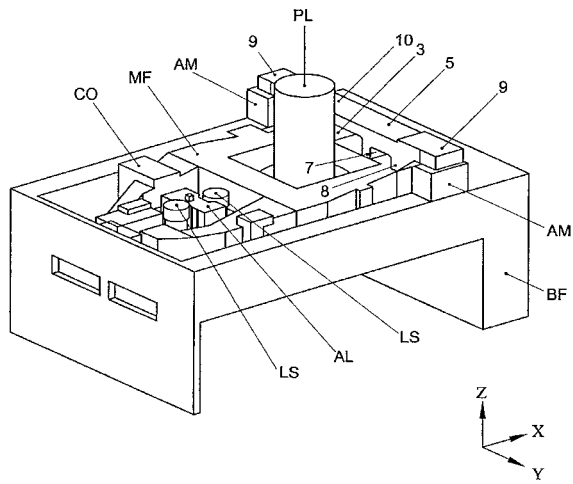
【 図 1 】



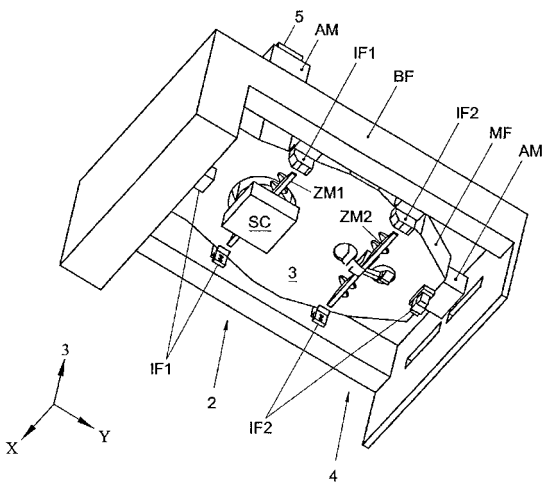
【 図 2 】



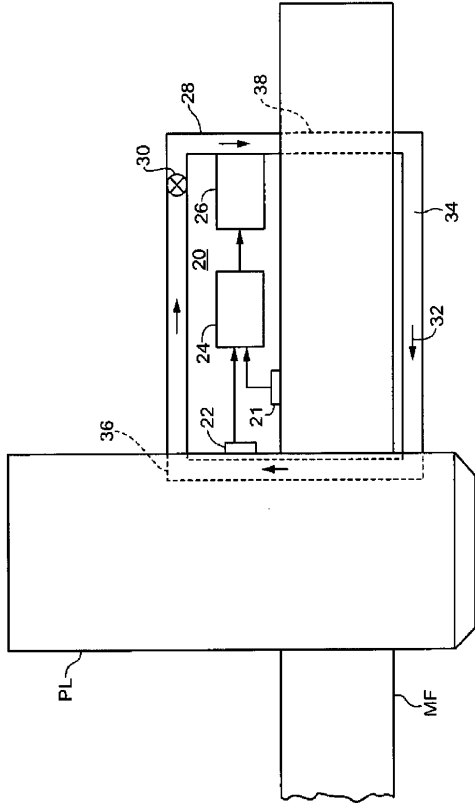
【 図 3 】



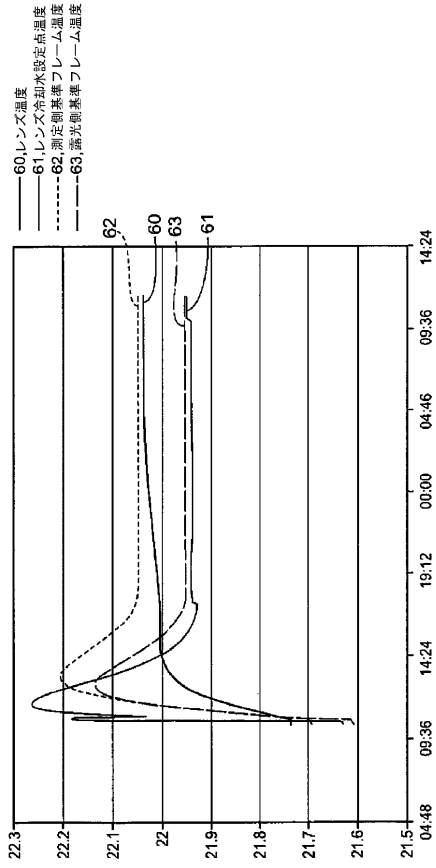
【 図 4 】



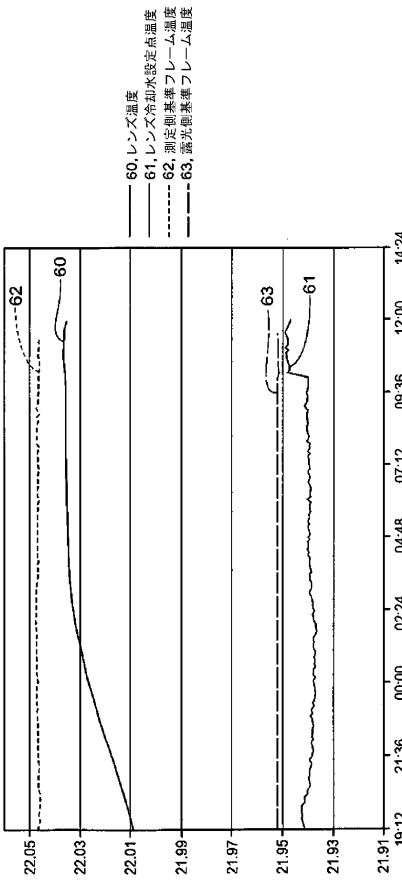
【 図 5 】



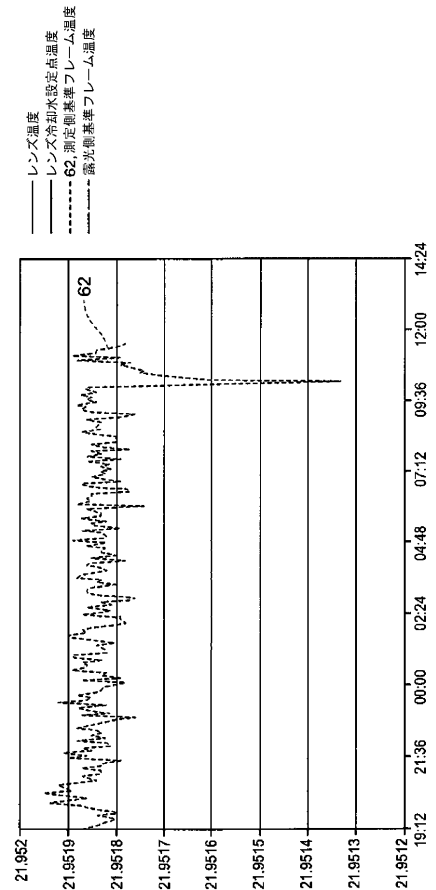
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヤン ヤーブ クイト
オランダ国、フェルトホーフエン、コッペンハイ 8
- (72)発明者 カルロ コーネリス マリア ルイユテン
オランダ国、デュイーツェル、タムボエルシュトラート 2
- (72)発明者 ベルナルデウス アントニウス ヨハネス ルツティクイス
オランダ国、ニュエネン、ヘイトフェルデン 9
- (72)発明者 ミカエル テン ボマー
オランダ国、フェクヘル、デ デマー 10
- (72)発明者 フェルディ ミクケルブリンク
オランダ国、アメルスフォールト、ロガールブライン 10
- Fターム(参考) 5F031 CA02 CA07 FA01 FA04 FA07 HA53 MA27 PA11
5F046 AA23 BA04 CB12 CB25 CC01 CC02 DA12 DA26 DB02 DC07
DC14

【 外国語明細書 】

PA-32090

1

Lithographic Apparatus and Device Manufacturing Method

The present invention relates to a lithographic apparatus and a device manufacturing method.

5 A lithographic apparatus is a machine that applies a desired pattern onto a target portion of a substrate. Lithographic apparatus can be used, for example, in the manufacture of integrated circuits (ICs). In that circumstance, a patterning means, such as a mask, may be used to generate a circuit pattern corresponding to an individual layer of the IC, and this pattern can be imaged onto a target portion (e.g. comprising part of, one or several dies) on a substrate (e.g. a silicon wafer) that has a layer of radiation-sensitive material (resist). In general, a single substrate will contain a network of
10 adjacent target portions that are successively exposed. Known lithographic apparatus include so-called steppers, in which each target portion is irradiated by exposing an entire pattern onto the target portion in one go, and so-called scanners, in which each target portion is irradiated by scanning the pattern through the projection beam in a given direction (the "scanning"-direction) while synchronously scanning the substrate parallel or anti-parallel to this direction.

15

Lithographic apparatuses comprise a reference frame, which may also be referred as a metrology frame in the art. The reference frame provides support for the projection system. In certain types of conventional lithographic apparatus the reference frame is isolated from disturbances caused by other components of the lithographic apparatus, such as the long and short stroke motors used to
20 drive the reticle and wafer stages. Reference frames are conventionally made from materials having a low coefficient of thermal expansion, such as alloys including Invar. Until now, it has been assumed that such materials having a low coefficient of thermal expansion are required in order to meet the thermal demands of the reference frame. Unfortunately, these materials are expensive resulting in a high manufacture cost. Furthermore, such materials are in limited supply and have a
25 limited manufacturability. Operating in a dynamic market of supply and demand, these factors contribute to an unacceptably long lead time for the production of a reference frame. Such a long lead time also includes a large expense in terms of the man hours required to construct the reference frame due to the sub-optimal manufacturability of conventional reference frame materials. Due to problems in supply and demand of reference frames, it has been found that it is not possible to
30 supply reference frames in sufficiently high volume in an upturn, thus losing output, and it is not

P-1743.020

possible to reduce output volume in a down turn, thus goods must remain in storage.

US-A-6 529 264 discloses a frame for connecting parts of an optical system, comprising two barrels disposed on top of their own flange-connection to an assembly frame. The patent addresses the problem that movements between certain points of the optical axis that are relatively weakly connected result in imaging performance loss. In particular, this patent addresses the problem of reducing these movements in the frame. It would appear that the frame is made of materials including aluminium and stainless steel. The frame does not constitute a reference frame, but can be seen as part of a projection optics assembly, where it provides the function of improving the imaging performance of this assembly. This patent thus indicates a technical prejudice that frames for lithographic apparatuses made of non-low thermal expansion coefficient materials, such as aluminium, suffer vibrations which detrimentally affect the performance of the lithographic apparatus, and which require additional solutions. This patent implies that the frame disclosed would not be suitable as a reference frame due to the vibrations suffered. In US-A-6 529 264, the required additional solution includes providing an additional frame. The provision of an additional frame produces an overdetermined construction, because a single lower assembly frame, would be sufficient. To overcome the mechanical problems of overdetermination the solution would be to make the frame a separate part that is only stiff in limited directions and to connect it after the two barrels are positioned to each other through the assembly frame, as proposed in US-A-6 529 264. Further, the thermo-dynamical problems of an overdetermined assembly would be to make the materials of the frame parts and the assembly frame part the same, also as proposed in US-A-6 529 264.

It is an object of the present invention to overcome the problems associated with the supply of conventional reference frame materials without encountering performance problems in return.

According to an aspect of the invention, there is provided a lithographic apparatus comprising:

- an illumination system for providing a projection beam of radiation;
- a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to impart the projection beam with a pattern in its cross-section;

- a substrate table for holding a substrate;
- a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate;
and an isolated reference frame for providing a reference surface with respect to which said substrate is measured;

5 characterized in that said reference frame comprises a material having a high coefficient of thermal expansion.

By providing a reference frame comprising a material having a high coefficient of thermal expansion a wider variety of materials are available for the reference frame. It has been found that materials, such as aluminium or aluminium alloy materials, results in a significant cost of goods
10 reduction and a significant lead-time decrease. Further, the present invention provides the additional surprising effect that the dynamic performance of the reference frame is equal or better than reference frames made of conventional materials, such as Invar. By rejecting the assumption that a reference frame must be constructed of a material having a low coefficient of thermal expansion in order to achieve the required thermal and thermo-dynamic performance, the inventors have
15 overcome substantial technical prejudice.

In a preferred embodiment, said reference frame supports a measuring system for determining certain dimensions of said substrate prior to its exposure and said projection system.

20 In a preferred embodiment, said coefficient of thermal expansion is greater than approximately $2.9 \times 10^{-6}/K$

Surprisingly, it has been found that materials having a coefficient of thermal expansion greater than approximately $2.9 \times 10^{-6}/K$, provide a reference frame having sufficient mechanical and thermal stability. It has been found that SiSiC, having a coefficient of thermal expansion of approximately
25 $2.9 \times 10^{-6}/K$, is a material fulfilling these requirements.

In a preferred embodiment, the reference frame comprises any one of the materials aluminium, aluminium alloy, titanium, iron, cast-iron, steel, stainless steel, copper, a ceramic material, concrete, granite, porcelain or combinations of these materials, for example, in a composite, sandwich or
30 laminated structure. By using such materials the production costs of the reference frame are

reduced. Further, an increase in design freedom is provided. The use of more versatile materials results in less technical production documentation with less mechanical development required for design changes in the reference frame and new frame designs. In particular, it has been found that aluminium or aluminium alloy, for example, are particularly dynamically robust.

5

In a preferred embodiment, the reference frame comprises a solid block of material. By providing a reference frame in the form of a solid block, the manufacturability of the reference frame is further improved in contrast to conventional reference frames which may comprise a large number of casting or plate parts which require welding together. Further, a solid block provides a low internal thermal resistance and high thermal capacity. This results in only small temperature fluctuations from dynamic heat load variations and as a result small thermal drift of the reference frame.

10

In a preferred embodiment, the solid block is machined to form said reference frame. By machining a solid block, time consuming and expensive welding procedures are avoided.

15

In a preferred embodiment, the reference frame is provided with a thermal conditioning system for controlling the temperature of the projection system with respect to the reference frame. By providing such a thermal conditioning system, the long term thermal stability of the reference frame is improved. Further, after thermal drift of the reference frame and the optical system (caused for example by a service, maintenance or installation, etc) the thermal stabilization to reach the required performance is significantly reduced by active cooling. Another advantage is the improved thermal conditioning of the projection system provided with an actively conditioned reference frame.

20

In a preferred embodiment, the reference frame is provided with a highly infrared reflective surface. By providing the reference frame with a highly infrared reflective surface, the contamination risk is reduced, and/or the infrared reflection can be increased, and/or the friction coefficient can be enlarged. In particular, the surface may be provided in the form of a coating of a metal material of, for example, nickel.

25

In a preferred embodiment, the reference frame is made of a material having a high specific heat and/or a high thermal conductivity. In particular, a material having a specific heat higher than about 600 J/(kgK) and/or said thermal conductivity higher than about 20 W/(m K).

30

By providing of reference frame of a material having a high specific heat and/or a high thermal conductivity, the thermal stability of the frame is improved.

In one embodiment, the reference frame is provided with a first temperature sensor for sensing a temperature of the reference frame.

5

In a further embodiment, the projection system comprises a projection lens, wherein said projection lens is provided with a second temperature sensor for sensing a temperature of said projection lens.

10 A further embodiment comprises a thermal conditioning system for thermally conditioning at least one of the reference frame and the projection system based on the temperatures sensed by at least one of the first and second temperature sensors. In this way both short and long term temperature fluctuations can be compensated for.

15 In a further embodiment, the thermal conditioning system comprises a control circuit for controlling an amount of heat transported to or from at least one of the reference frame and projection lens, a temperature regulating element and a heat transporting system, wherein the temperature regulating element regulates the amount of heat transported by said heat transporting system, wherein the heat transporting system is in thermal contact with at least one of the reference frame and the projection lens, for transporting heat to or from the at least one of said reference frame and the projection lens,
20 wherein the control circuit is arranged to be responsive to the temperature sensed by at least one of the first and second temperature sensors, the temperature regulating element is responsive to the control circuit and is in thermal contact with the heat transporting system, so that a set temperature is reached in at least one of the reference frame and the projection lens. In this way, the temperature control of at least one of the reference frame and projection lens is improved.

25

In a further embodiment, the control circuit is arranged to take the temperature sensed by the first temperature sensor into account in compensating for a short term environmental temperature fluctuation. In this way the thermal stability of the apparatus is improved.

30 In a further embodiment, the control circuit is arranged to take the temperature sensed by the second

temperature sensor into account in compensating for a long term environmental temperature fluctuation. In this way the thermal stability of the apparatus is further improved.

In a further embodiment, the thermal conditioning system comprises a single control loop for
5 controlling the temperature of the reference frame and the projection lens. In this way both the long and short term environmental temperature fluctuations may be accounted for without adding significantly to the complexity and cost of the apparatus.

In a further embodiment, the heat transporting system comprises a conditioning fluid which is
10 heated or cooled to said set temperature. In this way, the thermal conditioning system provides a versatile and effective temperature control of the apparatus.

According to a further aspect of the invention, there is provided a device manufacturing method comprising the steps of:

- providing a substrate;
- 15 - providing a projection beam of radiation using an illumination system;
- using patterning means to impart the projection beam with a pattern in its cross-section; and
- projecting the patterned beam of radiation onto a target portion of the substrate,
- using an isolated reference frame to provide a reference surface with respect to which said substrate is measured;
- 20 characterized in that said reference frame comprises a material having a high coefficient of thermal expansion.

Although specific reference may be made in this text to the use of lithographic apparatus in the manufacture of ICs, it should be understood that the lithographic apparatus described herein may
25 have other applications, such as the manufacture of integrated optical systems, guidance and detection patterns for magnetic domain memories, liquid-crystal displays (LCDs), thin-film magnetic heads, etc. The skilled artisan will appreciate that, in the context of such alternative applications, any use of the terms "wafer" or "die" herein may be considered as synonymous with the more general terms "substrate" or "target portion", respectively. The substrate referred to herein
30 may be processed, before or after exposure, in for example a track (a tool that typically applies a

layer of resist to a substrate and develops the exposed resist) or a metrology or inspection tool. Where applicable, the disclosure herein may be applied to such and other substrate processing tools. Further, the substrate may be processed more than once, for example in order to create a multi-layer IC, so that the term substrate used herein may also refer to a substrate that already contains multiple processed layers.

The terms "radiation" and "beam" used herein encompass all types of electromagnetic radiation, including ultraviolet (UV) radiation (e.g. having a wavelength of 365, 248, 193, 157 or 126 nm) and extreme ultra-violet (EUV) radiation (e.g. having a wavelength in the range of 5-20 nm), as well as particle beams, such as ion beams or electron beams.

The term "patterning means" used herein should be broadly interpreted as referring to means that can be used to impart a projection beam with a pattern in its cross-section such as to create a pattern in a target portion of the substrate. It should be noted that the pattern imparted to the projection beam may not exactly correspond to the desired pattern in the target portion of the substrate. Generally, the pattern imparted to the projection beam will correspond to a particular functional layer in a device being created in the target portion, such as an integrated circuit.

Patterning means may be transmissive or reflective. Examples of patterning means include masks, programmable mirror arrays, and programmable LCD panels. Masks are well known in lithography, and include mask types such as binary, alternating phase-shift, and attenuated phase-shift, as well as various hybrid mask types. An example of a programmable mirror array employs a matrix arrangement of small mirrors, each of which can be individually tilted so as to reflect an incoming radiation beam in different directions; in this manner, the reflected beam is patterned. In each example of patterning means, the support structure may be a frame or table, for example, which may be fixed or movable as required and which may ensure that the patterning means is at a desired position, for example with respect to the projection system. Any use of the terms "reticle" or "mask" herein may be considered synonymous with the more general term "patterning means".

The term "projection system" used herein should be broadly interpreted as encompassing various types of projection system, including refractive optical systems, reflective optical systems, and catadioptric optical systems, as appropriate for example for the exposure radiation being used, or for other factors such as the use of an immersion fluid or the use of a vacuum. Any use of the term "lens" herein may be considered as synonymous with the more general term "projection

system”.

The illumination system may also encompass various types of optical components, including refractive, reflective, and catadioptric optical components for directing, shaping, or controlling the projection beam of radiation, and such components may also be referred to below, collectively or singularly, as a “lens”.

The lithographic apparatus may be of a type having two (dual stage) or more substrate tables (and/or two or more mask tables). In such “multiple stage” machines the additional tables may be used in parallel, or preparatory steps may be carried out on one or more tables while one or more other tables are being used for exposure.

The lithographic apparatus may also be of a type wherein the substrate is immersed in a liquid having a relatively high refractive index, e.g. water, so as to fill a space between the final element of the projection system and the substrate. Immersion liquids may also be applied to other spaces in the lithographic apparatus, for example, between the mask and the first element of the projection system. Immersion techniques are well known in the art for increasing the numerical aperture of projection systems.

Embodiments of the invention will now be described, by way of example only, with reference to the accompanying schematic drawings in which corresponding reference symbols indicate corresponding parts, and in which:

- Figure 1 depicts a lithographic apparatus according to an embodiment of the invention;
 - Figure 2 depicts details of a lithographic apparatus according to a further embodiment of the invention;
 - Figure 3 depicts a top view of a reference frame isolated from a base frame according to an embodiment of the present invention showing certain components supported on the reference frame;
 - Figure 4 depicts an underside view of the reference frame isolated from the base frame as shown in Figure 3;
 - Figure 5 depicts details of a reference frame and a projection lens and a thermal conditioning system, and
 - Figures 6-8 show results obtained according to an embodiment of the present invention.
- Figure 1 schematically depicts a lithographic apparatus according to a particular embodiment of the invention. The apparatus comprises:

P-1743.020

- an illumination system (illuminator) IL for providing a projection beam PB of radiation (e.g. UV radiation or EUV radiation).
- a first support structure (e.g. a mask table) MT for supporting patterning means (e.g. a mask) MA and connected to first positioning means PM for accurately positioning the patterning means with respect to item PL;
- a substrate table (e.g. a wafer table) WT for holding a substrate (e.g. a resist-coated wafer) W and connected to second positioning means PW for accurately positioning the substrate with respect to item PL; and
- a projection system (e.g. a refractive projection lens) PL for imaging a pattern imparted to the projection beam PB by patterning means MA onto a target portion C (e.g. comprising one or more dies) of the substrate W.

As here depicted, the apparatus is of a transmissive type (e.g. employing a transmissive mask). Alternatively, the apparatus may be of a reflective type (e.g. employing a programmable mirror array of a type as referred to above).

The illuminator IL receives a beam of radiation from a radiation source SO. The source and the lithographic apparatus may be separate entities, for example when the source is an excimer laser. In such cases, the source is not considered to form part of the lithographic apparatus and the radiation beam is passed from the source SO to the illuminator IL with the aid of a beam delivery system BD comprising for example suitable directing mirrors and/or a beam expander. In other cases the source may be integral part of the apparatus, for example when the source is a mercury lamp. The source SO and the illuminator IL, together with the beam delivery system BD if required, may be referred to as a radiation system.

The illuminator IL may comprise adjusting means AM for adjusting the angular intensity distribution of the beam. Generally, at least the outer and/or inner radial extent (commonly referred to as σ -outer and σ -inner, respectively) of the intensity distribution in a pupil plane of the illuminator can be adjusted. In addition, the illuminator IL generally comprises various other components, such as an integrator IN and a condenser CO. The illuminator provides a conditioned beam of radiation, referred to as the projection beam PB, having a desired uniformity and intensity distribution in its cross-section.

The projection beam PB is incident on the mask MA, which is held on the mask table MT. Having traversed the mask MA, the projection beam PB passes through the lens PL, which focuses the beam onto a target portion C of the substrate W. With the aid of the second positioning means PW and position sensor IF (e.g. an interferometric device), the substrate table WT can be moved accurately, e.g. so as to position different target portions C in the path of the beam PB. Similarly, the first positioning means PM and another position sensor (which is not explicitly depicted in Figure 1) can be used to accurately position the mask MA with respect to the path of the beam PB, e.g. after mechanical retrieval from a mask library, or during a scan. In general, movement of the object tables MT and WT will be realized with the aid of a long-stroke module (coarse positioning) and a short-stroke module (fine positioning), which form part of the positioning means PM and PW. However, in the case of a stepper (as opposed to a scanner) the mask table MT may be connected to a short stroke actuator only, or may be fixed. Mask MA and substrate W may be aligned using mask alignment marks M1, M2 and substrate alignment marks P1, P2.

The depicted apparatus can be used in the following preferred modes:

1. In step mode, the mask table MT and the substrate table WT are kept essentially stationary, while an entire pattern imparted to the projection beam is projected onto a target portion C in one go (i.e. a single static exposure). The substrate table WT is then shifted in the X and/or Y direction so that a different target portion C can be exposed. In step mode, the maximum size of the exposure field limits the size of the target portion C imaged in a single static exposure.
2. In scan mode, the mask table MT and the substrate table WT are scanned synchronously while a pattern imparted to the projection beam is projected onto a target portion C (i.e. a single dynamic exposure). The velocity and direction of the substrate table WT relative to the mask table MT is determined by the (de-)magnification and image reversal characteristics of the projection system PL. In scan mode, the maximum size of the exposure field limits the width (in the non-scanning direction) of the target portion in a single dynamic exposure, whereas the length of the scanning motion determines the height (in the scanning direction) of the target portion.
3. In another mode, the mask table MT is kept essentially stationary holding a programmable patterning means, and the substrate table WT is moved or scanned while a pattern imparted to the projection beam is projected onto a target portion C. In this mode, generally a pulsed radiation source is employed and the programmable patterning means is updated as required after each movement of the substrate table WT or in between successive radiation pulses during a scan. This

mode of operation can be readily applied to maskless lithography that utilizes programmable patterning means, such as a programmable mirror array of a type as referred to above.

Combinations and/or variations on the above described modes of use or entirely different modes of use may also be employed.

5 Also shown in Figure 1 are two frames : a reference frame MF, which is also known as a so-called "metrology" frame, and a base frame BF. The reference frame MF provides a reference surface with respect to which the wafer is measured, and is mechanically isolated from the main apparatus structure. Typically, the reference frame MF is dynamically and thermally isolated. In particular, the reference frame MF is isolated from the base frame BF shown in Figure 1. The
10 reference frame MF supports sensitive components such as the interferometer IF and other position sensors. Additionally, depending on the particular lithographic apparatus, the reference frame may also support the projections system PL. Further, the reference frame isolates those components supported thereon from vibration. Whilst the reference frame MF supports a metrology system, such as interferometer IF, and optionally also the projection system PL the base frame supports other
15 components. In particular, the base frame BF supports a vibration isolation system VI for mechanically isolating the reference frame MF from the main apparatus structure. Additionally, and optionally, the base frame may support other components, such as the wafer stage WT (not shown in Figure 1) including the long stroke motor, and the reticle stage MT. In one embodiment, the base frame BF is in contact with the fabrication floor, alternatively, it is not. The vibration isolation
20 system VI may be realised for example, as airmounts or other equivalent systems, such as a magnetic system, a mechanical system comprising low stiffness mechanical beams, or a fluid based system, which provide a resilient support for the reference frame MF with a low elastic coefficient. In a preferred embodiment, the vibration isolation system is disposed between the base frame BF and the reference frame MF. It is noted that the airmounts are suitable for use in a lithographic
25 apparatus operating under a vacuum or atmospheric conditions.

The reference frame MF may be realised for example as a heavy table. According to the present invention, the reference frame MF is made of a material having a high coefficient of thermal expansion. Such materials may include, but are not limited to aluminium, aluminium alloy, titanium, iron, cast-iron, steel, stainless steel, copper, a ceramic material, concrete, granite, porcelain or
30 combinations of these materials, for example, in a composite, sandwich or laminated structure.

Table 1 shows some typical properties of some suitable construction materials are shown.

Additionally, to aid comparison, values of the same properties are shown for Invar, which is a conventional material.

5

Material	Coefficient of thermal expansion ($\times 10^{-6}/K$)	Specific heat (J/(kg K))	Thermal conductivity (W/(m K))	Mass density (kg/m^3)	Modules of elasticity (N/mm^2)
Invar (conventional)	1.5	500	13	8030	140000
aluminium alloy (eg. AA5083 O)	24	900	120	2660	71000
steel (eg. Fe 360)	12	460	57	7850	210000
stainless steel (eg. 304(L) or 316(L))	16	500	16	7900	210000
cast iron (eg. GJS400-15)	12	500	35	7100	170000
copper	17	390	390	8900	120000
ceramic material (eg. SiSiC)	3	700	170	2950	410000
porcelain	2400	800	5	2400	104000
granite	2650	820	3.5	2650	30000

10

Table 1 It is further noted that aluminium alloys have a coefficient of thermal expansion typically in the region or around 23 to 24.5 $\times 10^{-6}/K$.

P-1743.020

The reference frame MF is built up from a monolithic part, in other words a solid block. It may be cast or machined out of one block.

- It has been found that a reference frame MF made in this way from aluminium, for example, has approximately the same mass as a conventional reference frame. Thus, its integration into the lithographic apparatus, in particular, with respect to its interface with the vibration isolation system VI, is very easily achieved. Further, it has been found surprisingly that the temperature environment around the reference frame is stable, which leads to an expected 2 nanometres drift over minutes for 5 metres,., which matches the tolerances achieved by conventional reference frame materials, such as Invar, which have a much lower coefficient of thermal expansion than those materials considered according to the present invention. It has been found that the dynamic performance of the reference frame made from materials which might be expected to exhibit poor dynamic performance due to their higher coefficient of thermal expansion, contrary to expectations exhibit a dynamic performance within those tolerances required in conventional lithographic apparatuses. Further, the centre of gravity can readily be adapted without significant influence on the dynamical performance.
- 15 In one alternative embodiment, the reference frame MF is provided which is heavier than conventional reference frames. This is achieved, for example, by increasing its dimensions and/or by selecting a material, such as iron, which has a higher density. It has been found although such a heavier reference frame requires recalibration of the vibrational isolation system VI, it provides the further advantage that the dynamic performance of the reference frame MF is improved.
- 20 One suitable material is aluminium alloy of the type AA5083 (Al-4.4Mg-0.7Mn-0.15Cr). It is noted with respect to AA5083 or similar alloys, that it has the advantage that it has a very low internal stress level. This provides advantages in terms of machining a block of the material to form a reference frame MF and in terms of the long term stability of the reference frame.
- 25 It will be understood that, in addition, other aluminium based alloys may also be used, . With respect to the specific heat and the thermal conductivity, it has been found that the specific heat is preferably higher than about 600 J/(kgK) and/or the thermal conductivity is preferably higher than about 20 W/(m K).

- 30 Optionally, a cooling system may be incorporated either in or on the reference frame MF to

improve the thermal stability. A fluid cooling system, such as water or air cooling, may be used to cool the reference structure. According to those embodiments, where the projection system PL is supported by the reference frame MF, the cooling system may be adapted in or on the reference frame to additionally cool the projection system. In particular, a cooling system provides long term stability and provides short recovery time after thermal drift (for example, as experience after service, maintenance, installation, etc.).

Figure 2 depicts details of a lithographic apparatus according to a further embodiment of the invention. In particular, Figure 2 shows a reference frame MF which is suitable for use in a TwinScan lithographic apparatus. A TwinScan apparatus allows measurement at a measurement station 2 of one substrate W1 prior to exposure whilst exposure at an exposure station 4 of a different substrate W2 takes place. Whilst the substrate W1 is in the measurement station 2, a first interferometer IF1 including a first Z-mirror ZM1 is provided to produce a "substrate map" of the substrate, that is the interferometer IF1 maps the contours of the substrate's surface, so that in the exposure stage distortions in the surface of the substrate can be compensated for. Whilst the substrate W2 is at the exposure station 4, a second interferometer IF2 including a second Z-mirror ZM2 ensures that the "substrate map" produced in the measurement stage for substrate W2 is faithfully reproduced. In this particular embodiment, the reference frame MF supports both the metrology system IF and the projection system PL. In certain lithographic apparatuses, the reference frame MF may comprise a first reference frame portion on which the components providing measuring functionality are mounted and a second reference frame portion on which the components providing the exposure measuring functionality are mounted. These two frame portions are then typically mounted, for example, by bolting either to each other or to an additional mounting frame. In embodiments, where the reference frame comprises more than one frame portion, each frame portion may be provided with its own vibration isolation system, respectively. Alternatively, a single vibration isolation system may be provided. Figure 2 further shows an example of thermal conditioning system WC, for example, a cooling system, in particular a water cooling system WC which is formed in the reference frame MF. As shown, the reference frame MF is provided with ducts within the frame structure into which via inlets 6 a cooling liquid is introduced, and out of which via outlets 8 the cooling liquid leaves the structure. The ducts are formed so as to provide circulating cooling around that portion of the reference frame MF disposed opposite the

measurement station 2 and exposure station 4, respectively. The cooling system includes one or more cooling circuits. In the particular embodiment shown in Figure 2, two cooling circuits are shown. In an alternative embodiment cooling may be provided by one cooling circuit. In a particular embodiment, a single cooling circuit may provide a cooling fluid to both the projection lens PL and the reference frame MF. The remaining components shown in Figure 2 correspond to those shown and described with respect to Figure 1 and are not described here further.

Figure 3 depicts a top view of a reference frame isolated from a base frame according to an embodiment of the present invention showing certain components supported on the reference frame MF. In particular, Figure 3 shows more detail with respect to the isolated relationship between the reference frame MF and the base frame BF and shows in greater detail the reference frame MF and those components mounted thereon.

In the embodiment shown in Figure 3 the reference frame MF comprises a first portion 3 and a second portion 5, wherein the first portion and the second portion are machined from first and second blocks respectively. Alternatively, they may be cast. The first and second portions 3,5 cooperate with one another to form the reference frame MF. In particular, the first portion serves to support *inter alia* those components for carrying out the measuring stage and the exposing stage. For example, such components such as the projection lens PL, the level sensor module LS which senses the level of the substrate at the measuring position, the alignment module AL, which assesses the alignment of the substrate at the measuring position. Other components may be mounted on the underside of the reference frame MF. These are described and shown with reference to Figure 4. In the embodiment shown in Figure 3, the second portion 5 supports the vibration isolation system VI, which serves to isolate the reference frame MF from the base frame BF. It is in the form of a bridge wherein bridge support portions 7, 8 are disposed on the first portion 3. A portion 10 extending the length of the bridge is supported by bridge support portions 7, 8. At opposite ends 9 of the extending portion 10 are vibration isolation system supporting portions 9. The airmounts AM which form the vibration isolation system VI in Figure 3 are disposed between portions 9 and the base frame BF. Via the bridge 5, the vibration isolation from the base frame BF afforded by the airmounts AM is transferred to the components mounted on the first portion 3. In the embodiment shown in Figure 3, three airmounts are provided: one at either end of the bridge portion, a third (not

shown in Figure 3, but shown in Figure 4), is disposed between the reference frame MF and the base frame BF at the opposite end in a longitudinal direction of the first portion of the reference frame MF. The invention, is not however, limited in this respect, and it will be understood that the vibration isolation system VI may be realised in a number of alternative ways, with respect both to
5 the nature of the system and the number and arrangement of the system components.

In an alternative embodiment to that shown in Figure 3, the reference frame MF is comprises of a single portion, wherein the functionalities described above with respect to the first and second portion are combined into a single portion.

Also shown in Figure 3, the reference frame has a highly infrared reflective surface CO. This may
10 be achieved by applying a coating to at least a part of the outer surface of the reference frame. The coating covers the surface of the reference frame. It may cover at least the surface of a part of the reference frame MF. The coating is of a metal material such as nickel. Alternatively, a highly infrared reflective surface may be formed by polishing or surface treating the surface of the reference frame MF.

15

Figure 4 depicts an underside view of the reference frame MF isolated from the base frame BF as shown in Figure 3. In particular, those components mounted on the underside of the reference frame are shown. These include the interferometers IF1 arranged to carry out functions at the measuring station 2 and the interferometers IF2 arranged to carry out functions at the exposing station 4. Associated with each of these interferometers IF1, IF2 are associated Z-mirrors ZM1, ZM2, respectively. Also shown at the measuring station 2 is a substrate chuck SC which serves to support a substrate W. Once the measuring stage has been carried out, the substrate chuck SC moves from an aligned position with the measuring station 2 to an aligned position with respect to the exposing station 4. As mentioned previously, in one embodiment two substrate chucks are
20 provided on which respective substrates are supported. The chucks are positioned and moved with respect to one another so that a first substrate may be measured at the measuring station 2 whilst a second substrate is exposed at the exposing station 4. Such an arrangement increases the throughput of substrates through the lithographic apparatus.

In addition, Figure 4 shows the vibrational isolation of the reference frame MF with respect to the
30 base frame BF by virtue of a further airmount AM which is provided between part of the first

portion 3 of the reference frame MF and the base frame BF. Also seen, is one of the airmounts AM mounted between the second portion 5 and the base frame BF.

It is desirable that the temperature control of the projection lens PL, the reference frame MF, interferometers IF and other sensors is at the milliKelvin level and below. For a reference frame MF made of a material such as aluminium, it is desirable that the temperature control is of the order of 0.1mK/ 5 minutes. It is further desirable that the temperature stability of the environment of the projection lens PL, reference frame MF, interferometers IF and other sensors is in the order of 30 mK. It has been found that conventional lithographic apparatuses do not provide such temperature control.

In conventional lithographic apparatuses, a temperature sensor is provided only on the projection system. Only such a lens sensor is used for determination of the temperature set point for the thermal conditioning system for the supply of water in a lens circuit water cabinet (LCWC) and a motor circuit water circuit (MCWC) and air in an air control cabinet (ACC). Due to the large time constant and because of the thermal isolation of the lens, it has been found that the lens is insensitive to environmental temperature fluctuations. On the other hand, the reference frame MF and other temperature critical components are much more sensitive. Therefore, by sensing the temperature of the reference frame MF as well as the projection lens, both long term and short term fluctuations can be detected and accounted for. In one embodiment of the present invention, a reference frame MF of a material such as aluminium, which has a high coefficient of thermal expansion, the reference frame MF may be thermally conditioned, for example, with a water conditioning system. In a further embodiment, the reference frame MF is conditioned with the same water that conditions the projection system, in particular, the projection lens. Since the aluminium reference frame MF is more sensitive to environmental temperature fluctuations than a conventional reference frame, to compensate for a short term environmental temperature fluctuation, for example, the effect of actuator or a cover opening and closing, the temperature of the reference frame MF is sensed, and the temperature sensed is preferably used in the temperature control algorithm for compensation of the short term environmental temperature fluctuations. In a further embodiment, the temperature of the projection system PL is sensed with a sensor, for example, disposed on the

projection lens, the temperature sensed is preferably used in combination with the temperature of the reference frame in the control algorithm for compensation of the long term environmental temperature fluctuations. It is desired to control the long term temperature of the apparatus, because the temperature of, in particular, the projection system is preferably to be kept stable at an operating temperature. A typical operating temperature being around 22 degrees Celcius. It has been found that both the long and short term temperature fluctuations may be controlled in a single control loop, as described in more detail below.

Figure 5 depicts details of a reference frame MF, a projection lens PL and a thermal conditioning system 20. By controlling the temperature of in particular, the reference frame MF and projection lens PL, the thermal stability of the lithographic apparatus is improved. In particular, by controlling the temperature of the reference frame having a high coefficient of thermal expansion, of a material, such as aluminium, the thermal stability of the frame is improved. Since a reference frame MF of aluminium is more sensitive to environmental temperature fluctuations than conventional reference frames made of invar.

In Figure 5 a control loop is used to regulate the temperature of at least one of the projection lens PL and the reference frame MF. In this embodiment at least one first temperature sensor 21 is provided for sensing a temperature of the reference frame MF. A further second temperature sensor 22 may be provided on the projection lens PL for sensing a temperature of the projection lens PL. The temperature sensors may comprise a device whose resistance is dependent on a temperature. The thermal conditioning system 20 is provided for controlling the temperature of at least one of the reference frame MF and the projection system PL based on the temperatures sensed by at least one of the first and second temperature sensors 21, 22. In one embodiment, the temperature of the reference frame MF and the projection lens PL are controlled on the basis of the temperatures sensed by both the first and second temperature sensors 21, 22. The thermal conditioning system 20 comprises a control circuit 24 for controlling an amount of heat transported to or from at least one of the reference frame MF and the projection lens PL. A temperature regulating element 26 is provided. The temperature regulating element 26 is arranged to heat and/or cool a fluid transported in a heat transporting system. The control circuit 24 is disposed between the temperature sensors 21, 22 and the temperature regulating element. The control circuit 24 is arranged to regulate the amount

of heating so that a sensed temperature is regulated towards a set temperature. The control circuit 24 provides a control signal to the temperature regulating element 26 to control the heater and/or cooler depending on the control signal. The thermal conditioning system 20 further comprises a heat transporting system 28, 30, 32, 34, 36, 38. The temperature regulating element 26 is disposed in thermal contact with a heat transporting system 28, 30, 32, 34, 36, 38. The temperature regulating system 26 regulates the amount of heat transported by the heat transporting system 28, 30, 32, 34, 36, 38. The heat transporting system 28, 30, 32, 34, 36, 38 is further disposed in thermal contact with at least one of the reference frame MF and the projection lens PL, for transporting heat to or from the at least one of the reference frame MF and the projection lens PL. In particular, the heat transporting system 28, 30, 32, 34, 36, 38 comprises a supply duct 28, 36, 38 for supplying a conditioning medium 34 to the reference frame MF and the projection lens PL. The conditioning medium may be a fluid, such as water. The supply duct 28, 36, 38 is arranged to extend through portions of the reference frame MF and projection lens PL. In particular, the supply duct 38 comprises an enclosed channel formed in the reference frame MF, the supply duct 36 comprises an enclosed channel formed in the projection lens or projection system PL. The enclosed channels 36, 38 are arranged to extend within the reference frame MF and projection system PL so that they do not affect the functionality of these components. A circulation pump 30 is provided in the supply duct 28, 36, 38. In addition, or alternatively to the cooling element of the temperature regulating system 26, may be provided a cooling element (not shown) upstream of the temperature regulating system 26, arranged to remove excess heat from the conditioning medium 34. In Figure 5, one first and second temperature sensor 21, 22 are shown. In a further embodiment, a plurality of first temperature sensors and a plurality of second temperature sensors are provided. In this case, the average control circuit determines and regulates an average sensed temperature. The conditioning medium 34 may be cooled by a regulated amount instead of heated. In figure 5 the conditioning medium 34 is flowing sequentially through the reference frame MF and projection lens PL, in an alternative embodiment this flow can also be parallel towards the reference frame MF and the projection lens PL. In an alternative embodiment, a flow rate of the conditioning medium 34 may be regulated in order to control the heat transported by the heat transporting system. In a further alternative embodiment, rather than comprising a closed supply duct 28, as shown in Figure 5, the supply duct 28 may comprise an open pipe through which fresh conditioning medium is introduced.

The heat transport system does not require that the conditioning medium be circulated through the system.

In particular, the control circuit 24 is arranged to be responsive to the temperature sensed by at least
5 one of the first and second temperature sensors 21, 22, the temperature regulating element 26 is responsive to the control circuit 24 and is in thermal contact with the heat transporting system 28, 30, 32, 34, 36, 38, so that a set temperature is reached in at least one of the reference frame MF and the projection lens PL. In a further particular embodiment, the control circuit 20 is arranged to take the temperature sensed by the first temperature sensor 21 into account in compensating for a short
10 term environmental temperature fluctuation. In this way, short term temperature fluctuations, such as the effect of actuator, covers opening and closing can be compensated for. In particular, short term environmental temperature effects on the reference frame are compensated to prevent short term thermal drift of the frame and sensors. In a further embodiment, the control circuit 20 is arranged to take the temperature sensed by the second temperature sensor 22 into account in
15 compensating for a long term environmental temperature fluctuation. In this way, the temperature of in particular, the projection lens PL is maintained at a constant temperature, since for consistent imaging quality, it is desirable that the projection lens PL be maintained at a constant reference temperature. In particular, the lens may be maintained at a reference temperature of, for example, 22 degrees Celsius. In one embodiment, the compensation of short and long term fluctuations is
20 achieved in a single control loop. In a further embodiment, the heat transporting system 28, 30, 32, 34, 36, 38 transports heat to or from the reference frame MF and the projection lens PL. In this way, both the reference frame MF and projection lens PL are maintained at a predetermined set temperature without adding substantially to the complexity of the control of the lithographic apparatus. In one embodiment, a gas supply, such as an air shower, provides a gas to a location
25 between the projection system PL and the substrate W, wherein a temperature of the gas supplied to the location is determined by the temperature of said conditioning fluid. Since the airshower temperature is determined by the lens cooling water as supplied by supply duct 36, a more thermally stable overall system is achieved.

30 Figures 6-8 show results obtained according to an embodiment of the present invention. In

Figures 6-8, the trace 60 is the lens temperature (CtLnsTempFM), trace 61 is the temperature of the setpoint of the lens cooling water (CtLcsSetp), trace 62 is the temperature of the reference frame at the measure side (CtMfMeasTemp) and trace 63 is the temperature of the reference frame at the expose side (CtMfExpTemp).

5 Figure 6 shows experimental results achieved according to an embodiment of the present invention, in which the reference frame MF was aluminium. In particular, in Figure 6 the temperature recovery is achieved using the lens sensor 22 and during exposure of a substrate W the reference frame MF sensor 21 is used. It is seen that the long term drift of the lens PL is not corrected in this measurement. In a preferred embodiment both the sensor 21 which senses the temperature of the
10 reference frame MF and the sensor 22 which senses the temperature of the projection lens PL are used in the control algorithm to prevent this long term lens temperature drift observed in Figure 6.

Figure 7 shows detail of the results shown in Figure 6. In particular, Figure 7 shows the results around the exposure phase. The correction for the short term experimental drift can be seen. At around 20.00h an exposure was started resulting in an environmental temperature increase of about
15 20 mK, this results in a temperature decrease of the LCW setpoint. Around 10.00h the covers were removed from the electronic cabinets resulting in a sudden decrease of the environmental air. This is accounted for by the control by a sudden temperature increase of the setpoint. As shown in Figure 7, the temperature of the reference frame MF is seen to remain stable.

Figure 8 shows detail of the results shown in Figure 6. In particular, Figure 8 shows the
20 experimental results zoomed in at the reference frame MF temperature. It can be seen that at all times the temperature fluctuation are in the order of 0.1 mK, which corresponds to a measurement error of 1 nm, except when the covers are removed. It is commented that the removal of the covers can be regarded as an exceptional situation. Even then, the results shown in Figure 8 show that the recovery for this action is very quick.

25 While specific embodiments of the invention have been described above, it will be appreciated that the invention may be practiced otherwise than as described. The description is not intended to limit the invention.

What is claimed is:

1. A lithographic apparatus comprising:
an illumination system for conditioning a beam of radiation;
a support for supporting a patterning device, the patterning device serving to impart the beam of radiation with a pattern in its cross-section;
a substrate table for holding a substrate;
a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate;
an isolated reference frame for providing a reference surface; and
a measuring system for measuring at least one dimension of the substrate with respect to said reference surface,
wherein said reference frame comprises a material having a coefficient of thermal expansion of greater than about $2.9 \times 10^{-6} / \text{K}$.
2. A lithographic apparatus according to claim 1, wherein said reference frame supports the measuring system for measuring the at least one dimension of said substrate prior to its exposure.
3. A lithographic apparatus according to claim 1, wherein said reference frame supports said projection system.
4. A lithographic apparatus according to claim 1, wherein said reference frame comprises a material from the group consisting of: aluminium, aluminium alloy, titanium, iron, cast-iron, steel, stainless steel, copper, a ceramic material, concrete, granite, and porcelain.
5. A lithographic apparatus according to claim 4, wherein the reference frame is a composite, sandwich, or laminated structure.
6. A lithographic apparatus according to claim 1, wherein said reference frame comprises a solid block of material.
7. A lithographic apparatus according to claim 6, wherein said solid block is machined to form said reference frame.

8. A lithographic apparatus according to claim 7, wherein said reference frame comprises a first and second portion.

9. A lithographic apparatus according to claim 8, wherein said apparatus further comprises a vibration isolation system provided for at least one of said first and said second portions for isolating at least one of said first portion and said second portion, respectively, from vibrations generated in said apparatus.

10. A lithographic apparatus according to claim 1, wherein said reference frame is provided with a thermal conditioning system for controlling the temperature of said projection system with respect to said reference frame.

11. A lithographic apparatus according to claim 10, wherein said thermal conditioning system conditions said reference frame and said projection lens with a conditioning fluid.

12. A lithographic apparatus according to claim 1, wherein said reference frame is provided with a highly infrared reflective surface.

13. A lithographic apparatus according to claim 12, wherein said surface is provided by a coating of a metal.

14. A lithographic apparatus according to claim 13, wherein the metal comprises nickel.

15. A lithographic apparatus according to claim 1, wherein said reference frame is made of a material having a specific heat of greater than about 600 J/(kgK) and/or having a thermal conductivity of greater than about 20 W/(mK) .

16. A lithographic apparatus according to claim 1, wherein said apparatus further comprises a vibration isolation system provided for said reference frame for isolating said reference frame from vibrations generated in said apparatus.

17. A lithographic apparatus according to claim 9, wherein said apparatus further comprises a base frame for supporting said vibrational isolation system.

18. A lithographic apparatus according to claim 1, wherein said reference frame is

provided with a first temperature sensor for sensing a temperature of said reference frame.

19. A lithographic apparatus according to claim 18, wherein said projection system comprises a projection lens, wherein said projection lens is provided with a second temperature sensor for sensing a temperature of said projection lens.

20. A lithographic apparatus according to claim 19, further comprising a thermal conditioning system for thermally conditioning said reference frame and/or said projection system based on the temperatures sensed by said first and/or second temperature sensors.

21. A lithographic apparatus according to claim 20, wherein said thermal conditioning system comprises:

a control circuit for controlling an amount of heat transported to or from said reference frame and/or said projection lens;

a temperature regulating element; and

a heat transporting system, wherein the temperature regulating element regulates the amount of heat transported by said heat transporting system, wherein said heat transporting system is in thermal contact with said reference frame and/or said projection lens, for transporting heat to or from said reference frame and/or said projection lens, wherein said control circuit is arranged to be responsive to the temperature sensed by said first and/or second temperature sensors, said temperature regulating element being responsive to said control circuit and in thermal contact with said heat transporting system, so that a set temperature is reached in said reference frame and/or said projection lens.

22. A lithographic apparatus according to claim 21, wherein said control circuit is arranged to take the temperature sensed by said first temperature sensor into account in compensating for a short term environmental temperature fluctuation.

23. A lithographic apparatus according to claim 21, wherein said control circuit is arranged to take the temperature sensed by said second temperature sensor into account in compensating for a long term environmental temperature fluctuation.

24. A lithographic apparatus according to claim 21, wherein said thermal conditioning

system comprises a single control loop for controlling the temperature of said reference frame and said projection lens.

25. A lithographic apparatus according to claim 21, wherein said heat transporting system comprises a conditioning fluid which is heated or cooled to said set temperature.

26. A lithographic apparatus according to claim 25, further comprising a gas supply for providing a gas to a location between said projection system and said substrate, wherein a temperature of the gas supplied to the location is determined by the temperature of said conditioning fluid.

27. A device manufacturing method comprising:
conditioning a beam of radiation;
patterning the beam of radiation;
projecting the patterned beam of radiation onto a target portion of a substrate;
using an isolated reference frame to provide a reference surface, said reference frame comprising a material having a coefficient of thermal expansion of greater than about $2.9 \times 10^{-6}/\text{K}$; and
measuring at least one dimension of the substrate with respect to the reference surface.

PA-32090

26

ABSTRACT**Lithographic Apparatus and Device Manufacturing Method**

A lithographic apparatus is provided comprising a substrate table WT for holding a substrate W, a
5 projection system PL for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate W, and
an isolated reference frame MF for providing a reference surface with respect to which the substrate
W is measured, wherein the reference frame MF comprises a material having a high coefficient of
thermal expansion.

10 Fig. 3

P-1743.020

PA-32090

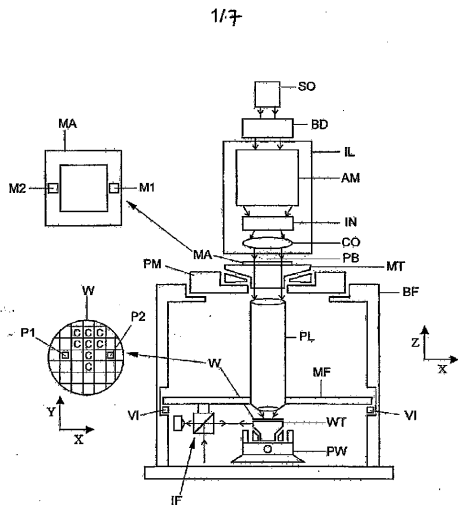


Fig. 1

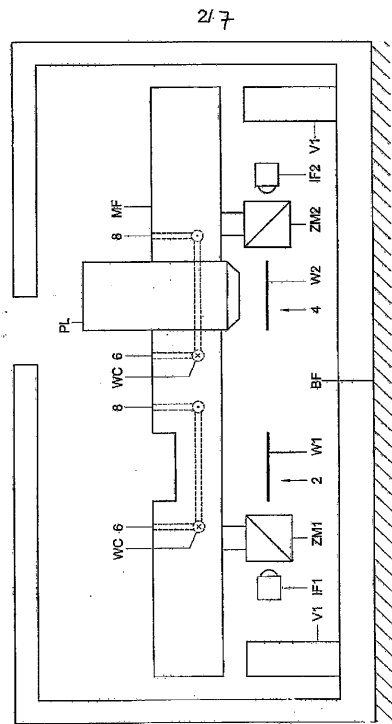


Fig. 2

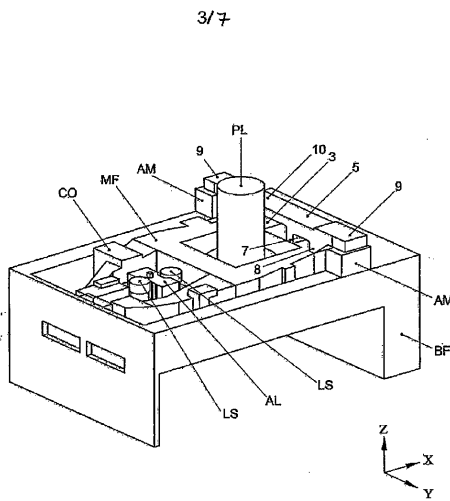


Fig. 3

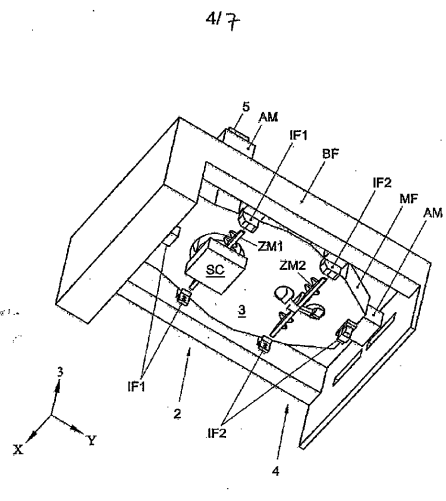


Fig. 4

5/7

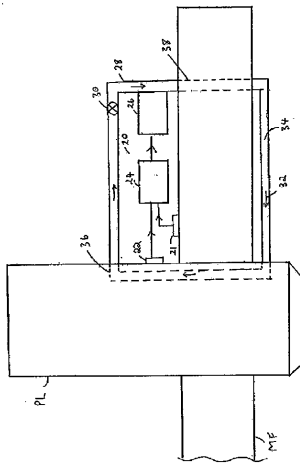


Figure 5

6/7

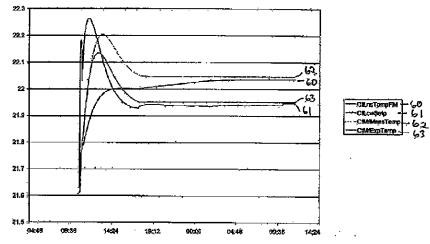


Figure 6

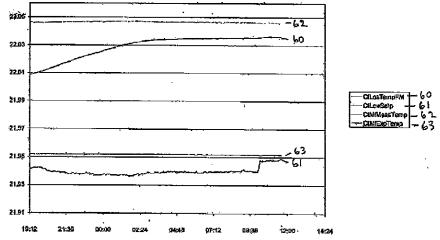


Figure 7

7/7

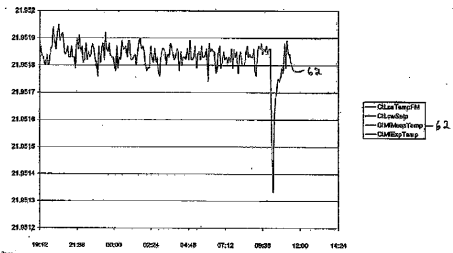


Figure 8