

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2019-502153
(P2019-502153A)

(43) 公表日 平成31年1月24日(2019.1.24)

(51) Int.Cl.		F I				テーマコード (参考)
G03F 7/20	(2006.01)	G03F 7/20	521			2H197
F16F 15/02	(2006.01)	F16F 15/02		A		3J048

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2018-529564 (P2018-529564)
 (86) (22) 出願日 平成28年11月17日 (2016.11.17)
 (85) 翻訳文提出日 平成30年7月31日 (2018.7.31)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2016/077954
 (87) 国際公開番号 W02017/108284
 (87) 国際公開日 平成29年6月29日 (2017.6.29)
 (31) 優先権主張番号 15201466.8
 (32) 優先日 平成27年12月21日 (2015.12.21)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(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 550
 O エーエイチ, ビー. オー. ボックス
 324
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (74) 代理人 100117189
 弁理士 江口 昭彦
 (74) 代理人 100134120
 弁理士 内藤 和彦

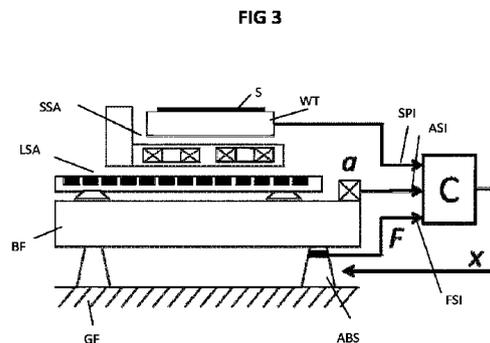
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクティブベースフレームサポートを有するリソグラフィ装置

(57) 【要約】

リソグラフィ装置が、リソグラフィ装置のサポート構造を形成するように構築されたベースフレームと、ベースフレームとグラウンドフロア間に配置されたアクティブベースフレームサポートとを備える。アクティブベースフレームサポートは、ベースフレームをグラウンドフロアで支持するように構成される。アクティブベースフレームサポートは、ベースフレームと接地面間に水平方向の力を及ぼすように構成されたアクチュエータを備える。リソグラフィ装置は、アクチュエータを駆動するように構成された制御デバイスをさらに備え、ベースフレームにかかる外乱力を表す信号が制御デバイスに供給され、制御デバイスは力センサ信号を使用してアクチュエータを駆動するように構成される。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

リソグラフィ装置であって、
前記リソグラフィ装置のサポート構造を形成するベースフレームと、
前記ベースフレームを接地面で支持するように構成されたアクティブベースフレームサポートであって、前記ベースフレームに水平方向の力を及ぼすように構成されたアクチュエータを含むアクティブベースフレームサポートとを備え、
前記リソグラフィ装置は、
供給される前記ベースフレームにかかる力を表す信号に基づいて前記アクチュエータを駆動するように構成された制御デバイスをさらに備える、リソグラフィ装置。

10

【請求項 2】

前記ベースフレームにかかる前記力を表す前記信号は、前記サポートのセットポイントシグナルを含み、前記制御デバイスはセットポイント入力を備え、前記サポートの前記セットポイントシグナルは前記制御デバイスの前記セットポイント入力に供給され、前記制御デバイスは前記セットポイントシグナルに基づいて前記アクチュエータを駆動するように構成された、請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 3】

前記制御デバイスは、前記サポートの前記セットポイントをフィードフォワード信号として使用するように構成された、請求項 2 に記載のリソグラフィ装置。

20

【請求項 4】

前記リソグラフィ装置は、前記ベースフレームにかかる水平力を測定するように構成された水平力センサをさらに備え、前記ベースフレームにかかる前記力を表す前記信号は、前記水平力センサの水平力センサ信号を含み、前記制御デバイスは、前記水平力センサの前記水平力センサ信号を受け取るように構成された水平力センサ入力を備え、前記制御デバイスは前記水平力センサ信号に基づいて前記アクチュエータを駆動するように構成された、請求項 1 から 3 のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

【請求項 5】

前記水平力センサは前記アクティブベースフレームサポートに含まれる、請求項 4 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 6】

前記ベースフレームは、前記ベースフレームの加速度を感知するように構成された加速度計が設けられ、前記ベースフレームにかかる前記力を表す前記信号は前記加速度計の加速度計信号を含み、前記制御デバイスは加速度計入力をさらに備え、前記加速度計の前記加速度計信号は前記加速度計入力に供給され、前記制御デバイスは前記加速度計信号に基づいて前記アクチュエータを駆動するように構成された、請求項 1 から 5 のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

30

【請求項 7】

前記加速度計は、前記ベースフレームの前記アクティブベースフレームサポートの近くに配置される、請求項 6 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 8】

前記リソグラフィ装置の構造に又はその近くに更なる加速度計をさらに備え、前記ベースフレームにかかる前記力を表す前記信号は、前記更なる加速度計の出力信号を含み、前記制御デバイスは更なる加速度計入力を備え、前記更なる加速度計の前記出力信号は前記制御デバイスの前記更なる加速度計入力に供給され、前記制御デバイスは、前記ベースフレームに及ぶ前記構造の共振の影響を低減するために、前記更なる加速度計の前記出力信号に応答して前記アクチュエータを駆動するように構成された、請求項 1 から 7 のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

40

【請求項 9】

前記リソグラフィ装置の可動部から前記ベースフレームまでの力経路に配置された力センサをさらに備え、前記ベースフレームにかかる前記力を表す前記信号は、前記更なる力

50

センサの出力信号を含み、前記制御デバイスは更なる力センサ入力を備え、前記更なる力センサの前記出力信号は前記制御デバイスの前記更なる力センサ入力に供給され、前記制御デバイスは、前記力が前記力経路に沿って前記ベースフレームに伝播することの影響を低減するために、前記更なる力センサの前記出力信号に応答して前記アクチュエータを駆動する、請求項 1 から 8 のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

【請求項 10】

前記接地面はグラウンドフロアによって形成され、前記リソグラフィ装置は、前記グラウンドフロアに配置されたグラウンドフロア加速度計をさらに備え、前記ベースフレームにかかる前記力を表す前記信号は、前記グラウンドフロア加速度計の出力信号を含み、前記制御デバイスはグラウンドフロア加速度計入力を備え、前記グラウンドフロア加速度計の前記出力信号は前記制御デバイスの前記グラウンドフロア加速度計入力に供給され、前記制御デバイスは、前記グラウンドフロアを介して前記ベースフレームに伝播する振動の伝播の影響を低減するために、前記グラウンドフロア加速度計の前記出力信号に応答して前記アクチュエータを駆動するように構成された、請求項 1 から 9 のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

10

【請求項 11】

前記リソグラフィ装置は、前記ベースフレームにかかる垂直力を測定するように構成された垂直力センサをさらに備え、前記制御デバイスは垂直力センサ入力を備え、前記垂直力センサの垂直力センサ信号は前記垂直力センサ入力に供給され、前記制御デバイスは前記垂直力センサ信号を使用して前記アクチュエータを駆動するように構成された、請求項 1 から 10 のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

20

【請求項 12】

前記サポートは、放射ビームの断面にパターンを付与して、パターン付与された放射ビームを形成することができるパターンングデバイスを支持するサポートと、

前記パターンングデバイスの一部をマスクするように構成されたマスクングデバイスと

、基板を保持する基板テーブルとのうちの 1 つを備える、請求項 1 から 11 のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

30

【請求項 13】

前記アクティブベースフレームアクチュエータの前記水平方向は、前記基板テーブルのスキャン動作のスキャン方向である、請求項 12 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 14】

前記アクティブベースフレームサポートは、水平及び垂直ピエゾアクチュエータと水平及び垂直力センサとのスタックを含む、請求項 1 から 13 のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

40

本出願は、2015年12月21日出願の欧州特許出願15201466.8の優先権を主張し、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0002】

本発明は、アクティブベースフレームサポートを有するリソグラフィ装置に関する。

【背景技術】

【0003】

リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板に、通常は基板のターゲット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)の製造に使用可能である。このような場合、代替的にマスク又はレチクルとも呼ばれるパターンングデバイスを使用して、ICの個々の層上に形成すべき回路パターンを生成することができる。このパタ

50

ーンを、基板（例えばシリコンウェーハ）上のターゲット部分（例えば1つ又は幾つかのダイの一部を含む）に転写することができる。パターン転写は通常、基板に設けた放射感応性材料（レジスト）の層への結像により行われる。一般的に、1枚の基板は、順次パターンが付与される隣接したターゲット部分のネットワークを含んでいる。従来のリソグラフィ装置は、パターン全体をターゲット部分に1回で露光することによって各ターゲット部分が照射される、いわゆるステップと、基板を所与の方向（「スキャン」方向）と平行あるいは逆平行に同期的にスキャンしながら、パターンを所与の方向（「スキャン」方向）に放射ビームでスキャンすることにより、各ターゲット部分が照射される、いわゆるスキナを含む。パターンを基板にインプリントすることによっても、パターンングデバイスから基板へとパターンを転写することが可能である。

10

【0004】

リソグラフィ装置では、基板のサポートやパターンングデバイスのサポートなどのサポートが動作中に移動して、例えばスキャン動作を行う。サポートには、1つ以上の電気モータ、例えば平面モータなどのアクチュエータが設けられる。アクチュエータは、例えば、より小さな移動範囲の正確な位置決めを行うショートストロークアクチュエータと、より大きな移動範囲の位置決めを行うロングストロークアクチュエータの組み合わせを含むことができる。アクチュエータはサポートをバランスマスに対して移動させる。（サポートによって保持される基板又はパターンングデバイスをプラスした）サポートの重心はバランスマスの重心と一致しないため、結果としてバランスマスにかかる対抗力がバランスマスにトルクを与える可能性がある。サポートは、アクチュエータによる水平力、例えば

20

【0005】

バランスマスはリソグラフィ装置のベースフレームによって支持され、次にベースフレームは、リソグラフィ装置が配置される建物の接地面（例えばグラウンドフロア、台など）によって支持される。

【0006】

振動、トルク及び対抗移動の影響がサポートの位置決めを外乱をもたらす傾向があり、結果としてリソグラフィ装置のオーバーレイエラーが生じる可能性がある。

30

【0007】

バランスマスを設けない場合も同様に、サポートの移動がリソグラフィ装置のベースフレームに外乱力を生じさせる可能性がある。バランスマスの平衡化効果を欠くために、ベースフレームにかかる外乱力がさらにいっそう強くなる可能性がある。

【発明の概要】**【0008】**

サポートの正確な位置決めを行うことが望ましい。

【0009】

本発明のある実施形態によれば、リソグラフィ装置であって、リソグラフィ装置のサポート構造を形成するように構築されたベースフレームと、ベースフレームを接地面で支持するように構成されたアクティブベースフレームサポートであって、ベースフレームに水平方向の力を及ぼすように構成されたアクチュエータを含むアクティブベースフレームサポートとを備え、

40

リソグラフィ装置は、

供給されるベースフレームにかかる力を表す信号に基づいてアクチュエータを駆動するように構成された制御デバイスをさらに備えるリソグラフィ装置が提供される。

【図面の簡単な説明】**【0010】**

対応する参照符号が対応する部分を示す添付の概略図を参照しながら以下に本発明の実施形態について説明するが、これは単に例示としてのものに過ぎない。

50

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 本発明を実施し得るリソグラフィ装置を示す。

【 図 2 】 本発明のある実施形態に係るリソグラフィ装置で使用するアクティブベースフレームサポートの概略的な側面図を示す。

【 図 3 】 本発明のある実施形態に係るリソグラフィ装置の一部の高度に概略的な側面図を示す。

【 図 4 】 本発明の別の実施形態に係るリソグラフィ装置の一部の高度に概略的な側面図を示す。

【 図 5 A 】 図 3 を参照して説明される本発明の実施形態の効果を示すためのベースフレーム振動の時間ダイアグラムを示す

10

【 図 5 B 】 図 3 を参照して説明される本発明の実施形態の効果を示すためのベースフレーム振動の時間ダイアグラムを示す

【 図 5 C 】 図 3 を参照して説明される本発明の実施形態の効果を示すためのベースフレーム振動の時間ダイアグラムを示す。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置を概略的に示す。この装置は、放射ビーム B (例えば、UV 放射又はその他の任意の好適な放射) を調節するように構成された照明システム (イルミネータ) IL と、パターニングデバイス (例えば、マスク) MA を支持するように構築され、特定のパラメータに従ってパターニングデバイスを正確に位置決めするように構成された第 1 の位置決めデバイス PM に接続されたマスク支持構造 (例えば、マスクテーブル) MT とを含む。この装置は、また、基板 (例えば、レジストコートウェーハ) W を保持するように構築され、特定のパラメータに従って基板を正確に位置決めするように構成された第 2 の位置決めデバイス PW に接続された基板テーブル (例えば、ウェーハテーブル) WT 又は「基板サポート」を含む。この装置は、パターニングデバイス MA によって基板 W のターゲット部分 C (例えば、1 つ以上のダイを含む) 上に放射ビーム B に付与されたパターンを投影するように構成された投影システム (例えば、屈折投影レンズシステム) PS をさらに備える。

20

【 0 0 1 3 】

照明システムは、放射を誘導し、整形し、又は制御するための、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、又はその他のタイプの光学コンポーネント、あるいはそれらの任意の組み合わせなどの様々なタイプの光学コンポーネントを含むことができる。

30

【 0 0 1 4 】

マスク支持構造は、パターニングデバイスを支持、すなわち、その重量を支えている。マスク支持構造は、パターニングデバイスの方向、リソグラフィ装置の設計等の条件、例えばパターニ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、パターニングデバイスを保持する。マスク支持構造は、パターニングデバイスを保持するために、機械式、真空式、静電式等のクランプ技術を使用することができる。マスク支持構造は、例えばフレーム又はテーブルでよく、必要に応じて固定式又は可動式でよい。マスク支持構造は、パターニングデバイスが例えば投影システムなどに対して確実に所望の位置に来るようにできる。本明細書において「レチクル」又は「マスク」という用語を使用した場合、その用語は、より一般的な用語である「パターニングデバイス」と同義と見なすことができる。

40

【 0 0 1 5 】

本明細書において使用する「パターニングデバイス」という用語は、基板のターゲット部分にパターンを生成するように、放射ビームの断面にパターンを付与するために使用し得る任意のデバイスを指すものとして広義に解釈されるべきである。ここで、放射ビームに付与されるパターンは、例えばパターンが位相シフトフィーチャ又はいわゆるアシストフィーチャを含む場合、基板のターゲット部分における所望のパターンに正確には対応しないことがある点に留意されたい。一般的に、放射ビームに付与されるパターンは、集積

50

回路などのターゲット部分に生成されるデバイスの特定の機能層に相当する。

【0016】

パターニングデバイスは透過性又は反射性でよい。パターニングデバイスの例には、マスク、プログラマブルミラーアレイ、及びプログラマブル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、バイナリマスク、レベンソン型(alternating)位相シフトマスク、ハーフトーン型(attenuated)位相シフトマスクのようなマスクタイプ、さらには様々なハイブリッド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として、小型ミラーのマトリクス配列を使用し、ミラーは各々、入射する放射ビームを異なる方向に反射するよう個々に傾斜することができる。傾斜したミラーは、ミラーマトリクスによって反射する放射ビームにパターンを付与する。

10

【0017】

本明細書において使用する「投影システム」という用語は、例えば使用する露光放射、又は液浸液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、反射屈折光学システム、磁気光学システム、電磁気光学システム及び静電気光学システム、又はその任意の組み合わせを含む任意の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「投影レンズ」という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」という用語と同義と見なすことができる。

【0018】

本明細書で示すように、本装置は透過タイプである(例えば透過マスクを使用する)。あるいは、装置は反射タイプでもよい(例えば上記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を使用する、又は反射マスクを使用する)。

20

【0019】

リソグラフィ装置は、2つ(デュアルステージ)又はそれ以上の基板テーブル又は「基板サポート」(及び/又は2つ以上のマスクテーブル又は「マスクサポート」)を有するタイプでよい。このような「マルチステージ」機械においては、追加のテーブル又はサポートを並行して使用するか、1つ以上の他のテーブル又はサポートを露光に使用している間に1つ以上のテーブル又はサポートで予備工程を実行することができる。

【0020】

リソグラフィ装置は、投影システムと基板との間の空間を充填するように、基板の少なくとも一部を水などの比較的高い屈折率を有する液体で覆えるタイプでもよい。液浸液は、例えばマスクと投影システムの間など、リソグラフィ装置の他の空間に適用することもできる。液浸技術は、投影システムの開口数を増加させるために当技術分野で周知である。本明細書で使用する「液浸」という用語は、基板などの構造を液体に沈めなければならないという意味ではなく、露光中に投影システムと基板の間に液体が存在するというほどの意味である。

30

【0021】

図1を参照すると、イルミネータILは放射源SOから放射ビームを受ける。放射源とリソグラフィ装置とは、例えば放射源がエキシマレーザである場合に、別々の構成要素であってもよい。このような場合、放射源はリソグラフィ装置の一部を形成すると見なされず、放射ビームは、例えば適切な誘導ミラー及び/又はビームエキスパンダなどを備えるビームデリバリシステムBDの助けにより、放射源SOからイルミネータILへと渡される。他の事例では、例えば放射源が水銀ランプの場合は、放射源がリソグラフィ装置の一体部分であってもよい。放射源SO及びイルミネータILは、必要に応じてビームデリバリシステムBDとともに放射システムと呼ぶことができる。

40

【0022】

イルミネータILは、放射ビームの角度強度分布を調整するように設定されたアジャスタADを備えていてもよい。通常、イルミネータの瞳面における強度分布の外側及び/又は内側半径範囲(一般にそれぞれ、outer及びinnerと呼ばれる)を調

50

節することができる。また、イルミネータILは、インテグレータIN及びコンデンサC Oなどの他の種々のコンポーネントを備えていてもよい。イルミネータを用いて放射ビームを調節し、その断面にわたって所望の均一性と強度分布とが得られるようにしてもよい。

【0023】

放射ビームBは、マスク支持構造（例えば、マスクテーブルMT）上に保持されたパターンニングデバイス（例えば、マスクMA）に入射し、パターンニングデバイスによってパターン形成される。マスクMAを横断した放射ビームBは、投影システムPSを通過し、投影システムPSは、ビームを基板Wのターゲット部分C上に合焦させる。第2の位置決めデバイスPW及び位置センサIF（例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ又は容量センサ）の助けにより、基板テーブルWTを、例えば様々なターゲット部分Cを放射ビームBの経路に位置決めするように正確に移動できる。同様に、第1の位置決めデバイスPMと別の位置センサ（図1には明示されていない）を用いて、マスクライブラリからの機械的な取り出し後又はスキャン中などに放射ビームBの経路に対してマスクMAを正確に位置決めできる。一般に、マスクテーブルMTの移動は、第1の位置決めデバイスPMの部分形成するロングストロークモジュール（粗動位置決め）及びショートストロークモジュール（微動位置決め）の助けにより実現できる。同様に、基板テーブルWT又は「基板サポート」の移動は、第2のポジションPWの部分形成するロングストロークモジュール及びショートストロークモジュールを用いて実現できる。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をショートストロークアクチュエータのみに接続するか、又は固定してもよい。マスクMA及び基板Wは、マスクアライメントマークM1、M2及び基板アライメントマークP1、P2を使用して位置合わせすることができる。図示のような基板アライメントマークは、専用のターゲット部分を占有するが、ターゲット部分の間の空間に位置してもよい（スクライプラインアライメントマークとして周知である）。同様に、マスクMA上に複数のダイを設ける状況では、マスクアライメントマークをダイ間に配置してもよい。

10

20

【0024】

図示のリソグラフィ装置は、以下のモードのうち少なくとも1つにて使用可能である。

【0025】

1. ステップモードでは、マスクテーブルMT又は「マスクサポート」及び基板テーブルWT又は「基板サポート」は基本的に静止状態に維持される一方、放射ビームに付与されたパターン全体が1回でターゲット部分Cに投影される（すなわち単一静的露光）。次に、別のターゲット部分Cを露光できるように、基板テーブルWT又は「基板サポート」がX方向及び/又はY方向に移動される。ステップモードでは、露光フィールドの最大サイズによって、単一静的露光で結像されるターゲット部分Cのサイズが制限される。

30

【0026】

2. スキャンモードでは、マスクテーブルMT又は「マスクサポート」及び基板テーブルWT又は「基板サポート」は同期的にスキャンされる一方、放射ビームに付与されるパターンがターゲット部分Cに投影される（すなわち単一動的露光）。マスクテーブルMT又は「マスクサポート」に対する基板テーブルWT又は「基板サポート」の速度及び方向は、投影システムPSの拡大（縮小）及び像反転特性によって求めることができる。スキャンモードでは、露光フィールドの最大サイズによって、単一動的露光におけるターゲット部分の（非スキャン方向における）幅が制限され、スキャン動作の長さによってターゲット部分の（スキャン方向における）高さが決まる。

40

【0027】

3. 別のモードでは、マスクテーブルMT又は「マスクサポート」はプログラマブルパターンニングデバイスを保持して基本的に静止状態に維持され、基板テーブルWT又は「基板サポート」を移動又はスキャンさせながら、放射ビームに与えられたパターンをターゲット部分Cに投影する。このモードでは、一般にパルス状放射源を使用して、基板テーブルWT又は「基板サポート」を移動させる毎に、又はスキャン中に連続する放射パルスの

50

間で、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レスリソグラフィに容易に利用できる。

【0028】

上述した使用モードの組み合わせ及び/又は変形、又は全く異なる使用モードも利用できる。

【0029】

前述のように、アクチュエータはバランスマスに対してサポート（基板サポート又はパターンングデバイスサポート）を移動させる。サポートの重心がバランスマスの重心からZ方向に離間するため、結果としてバランスマスにかかる対抗力はバランスマスにトルクを与える可能性がある。特に、アクチュエータによる水平力、例えばX又はY方向の力は、反対方向の対抗力と、Y及びXの各方向周りのトルクをバランスマスに与える。

10

【0030】

バランスマスにかかる力を少なくとも部分的に補償することの解決策が、アクティブベースフレームサポートの形態で考案されている。これによって、ベースフレームをグラウンドフロアに対して支持するサポートは、 piezoelectric アクチュエータや、モータなどの任意の他のアクチュエータのようなベースフレームサポートアクチュエータを備える。サポートアクチュエータは、垂直（Z）方向の力を及ぼすように構成される。したがって、サポートが水平方向に移動した結果として生じるベースフレームにかかるトルクを補償することができる。すなわち、ベースフレームサポートアクチュエータが力をX方向にサポートに及ぼすとき、R_yトルクがバランスマスに生じる。ベースフレームサポートアクチュエータが力をy方向にサポートに及ぼすとき、R_xトルクがバランスマスに生じる。バランスマスにかかるこのようなトルクは、ベースフレームサポートアクチュエータの作動によって少なくとも部分的に補償することができ、ベースフレームの一方の側に上向きの垂直力が作用し、ベースフレームの他方の側に下向きの垂直力が作用することによって、少なくとも部分的な補償トルクが発生し得る。ベースフレームサポートアクチュエータは、適切な制御デバイスによって駆動することができる。垂直力を感知するように構成された力センサを、例えば piezoelectric センサや任意の他の力センサの形態でベースフレームサポート内に含めることができる。制御デバイスに力センサの出力信号を供給することができ、したがって、制御デバイスは、（特に）ベースフレームサポート内の力センサの出力信号にตอบสนองしてベースフレームサポートアクチュエータを駆動するように構成することができる。

20

30

【0031】

図2は、垂直ベースフレームサポートアクチュエータVBSAと水平ベースフレームサポートアクチュエータHBSAをともに含むアクティブベースフレームサポートアクチュエータABSAを示す。本実施形態では、ベースフレームサポートアクチュエータは、下から上へ、垂直 piezoelectric センサVBS、垂直 piezoelectric アクチュエータVBSA、水平 piezoelectric アクチュエータHBSA、及び水平 piezoelectric センサHBSを含む垂直に積層された piezoelectric スタックを備える。水平 piezoelectric アクチュエータは、例えばシア piezoelectric アクチュエータとすることができる。したがって、垂直センシング及び作動と水平センシング及び作動をともに可能にする piezoelectric スタックが提供される。水平センシング及び作動は、X方向又はY方向などの単一の水平方向とすることができる。また、X及びY両方向の作動及びセンシングは、例えばデュアル水平 piezoelectric アクチュエータ及びセンサを設けることによって行うことができる。水平アクチュエータと垂直アクチュエータは交換することができる、すなわち水平アクチュエータの上に垂直アクチュエータを配置できることに留意されたい。アクチュエータからセンサへのクロストークを低減するために、水平アクチュエータと水平センサの間に機械的デカップリングを設けることができる。同様に、垂直アクチュエータと垂直センサの間に機械的デカップリングを設けることができる。アクチュエータ piezoelectric 素子にかかる力が最大値を超える結果生じる過負荷から piezoelectric アクチュエータを確実に保護するように、保護機構を設けることができる。

40

【0032】

50

図3は、図2を参照して説明したアクティブベースフレームサポートを適用し得る実施形態を示す。図3は、この例では各々が平面モータなどのモータによって形成されるショートストロークアクチュエータSSA及びロングストロークアクチュエータLSAによって位置決めされる基板ステージ(すなわち基板テーブル)などのステージを示す。図3は、ロングストロークアクチュエータの可動部にあるコイルと、固定部にある磁石を概略的に示す。コイルと磁石を入れ替えた実施形態も適用可能であることに留意されたい。ロングストロークアクチュエータの固定部はベースフレームBFによって支持される。ベースフレームはリソグラフィ装置の支持構造を形成する。次にベースフレームは、各々が図2に示され、図2を参照して説明された4つのアクティブベースフレームサポートなどのアクティブベースフレームサポートABSを用いて、(例えば台又はグラウンドフロアGFによって形成される)接地面によって支持される。本例は基板ステージに基づいているが、同様の原理は、パターンングデバイスを支持するサポート(マスクテーブルなど)やレチクルマスクを支持するサポートなどのリソグラフィ装置の任意の他の可動部に適用することができる。したがって、この例においてステージ、基板テーブル又はウェーハテーブルに言及する場合、任意の他のサポートも同様に意図され得ることを理解すべきである。

10

20

30

40

50

【0033】

「水平な」又は「水平方向」という語は、水平面、一般には接地面に平行な平面の方向を指す。これに対応して、「垂直な」又は「垂直方向」という語は、水平面と垂直な、したがって水平方向に垂直な方向を指す。ある実施形態では、アクティブベースフレームアクチュエータがそれぞれ作動し、力センサが測定を行う水平方向は、リソグラフィ装置のスキャン方向であり、この方向はY方向と定義することができる。

【0034】

図3はさらに、制御デバイスCを高度に概略的に示す。制御デバイスには、ベースフレームにかかる外乱力を表す信号が供給される。制御デバイスの駆動出力が、外乱力を表す信号に応答してアクティブベースフレームサポートアクチュエータを駆動する。ベースフレームにかかる力を表す信号は、水平外乱力などの外乱力を表すことができる。外乱力を表す信号の多くの実施形態が、以下により詳細に説明するように提供される。例えば以下により詳細に説明するように、信号は、サポートのセットポイントシグナル、ベースフレーム上又はアクティブベースフレームサポート上の力センサの力センサ信号、ベースフレーム上の加速度計、グラウンドフロア若しくは台上に設けられる加速度計によって供給される加速度信号などによって形成することができる。説明した信号のいかなる組み合わせも、制御デバイスに供給することができ、信号の組み合わせに基づいて制御デバイスはアクチュエータを駆動する。

【0035】

ある実施形態では、制御デバイスは、力信号入力FSIにおいてアクティブベースフレームサポートの力センサからの出力信号が供給される。アクティブベースフレームサポートの力センサは、アクティブベースフレームサポートで感知した外乱についての情報を制御デバイスに提供する。制御デバイスの駆動出力は、Z方向アクチュエータ及び/又は水平アクチュエータなどのアクティブベースフレームサポートアクチュエータを駆動する。アクティブベースフレームサポートにおける水平力センシングと、水平アクチュエータを介したアクティブベースフレームサポートの水平作動を組み合わせることによって、水平方向の共振を減衰させることができる。このような複数のアクティブベースフレームサポート、例えば4つのアクティブベースフレームサポートの各々をベースフレームのコーナ又はエッジで使用して、垂直方向周りの回転を同じように妨げることができる。力センサは、アクティブベースフレームサポート、ベースフレーム、又は他の場所に設けることができることに留意されたい。

【0036】

ある実施形態では、図2を参照して説明したアクティブベースフレームサポートの実施形態を参照すると、垂直力センサからの出力信号と水平力センサからの出力信号はともに制御デバイスに供給される。これに対応して、アクティブベースフレームサポートの水平

力センシングと垂直力センシングの組み合わせと、水平アクチュエータ及び垂直アクチュエータを介したアクティブベースフレームサポートの水平作動及び垂直作動を組み合わせることによって、水平方向及び垂直方向の共振並びにこれらの方向周りの回転を減衰させることができる。アクティブベースフレームサポートが複数の場合、4つのアクティブベースフレームサポートシステムの全てのために1つのコントローラを設けることができる。このコントローラは、全てのABSからの力センサ入力、1つ以上の加速度計からの加速後信号、及びステージセットポイント情報を受け取り、複数のアクティブベースフレームサポートのアクチュエータに向けて出力信号を分配する。

【0037】

また、セットポイント入力SPIにおいて、制御デバイスがサポートの所望の位置、速度及び加速度に関する情報を得られるようにするサポートのセットポイントを制御デバイスに提供することができる。したがって、サポートのセットポイントは、サポートのセットポイントがサポートの移動や加速度によるベースフレームの外乱に関する情報を提供するフィードフォワード信号として使用される。

10

【0038】

制御デバイスへの別の入力信号を、ベースフレーム上の加速度センサによって供給することができる。加速度センサによって加速度センサ入力ASIにおいて供給される加速度信号は、ベースフレームの振動に関する情報を提供することができる。例えばベースフレーム上の、アクティブベースフレームサポートのそれぞれの近くに加速度計をそれぞれ設けることができる。ベースフレームの各エッジ又はコーナの4つのアクティブベースフレームサポートを使用して、各エッジ又はコーナに1つずつ、4つの加速度計を設けることができる。複数の加速度計を使用して、ベースフレームの共振モード、屈曲モード、ねじれモードなどの励起に関する情報を、制御デバイスは考慮に入れることができる。加速度計は、ベースフレーム上のアクティブベースフレームサポートそれぞれの近くに配置することができるため、ベースフレームサポートの近くでベースフレームが受けた加速度に可能な限り密接に関係する加速度信号を制御デバイスに供給することによって、より正確な制御が可能になる。加速度計の数は、特に水平方向、又は様々な共振モード若しくはねじれモードをも測定する必要がある場合、4よりも大きくすることができる。

20

【0039】

上記の入力を使用して、サポートセットポイントがフィードフォワード入力信号を形成する一方、加速度信号及び力センサ信号がフィードバック入力信号を供給するフィードフォワードとフィードバックを組み合わせることができ、フィードフォワードとフィードバックの組み合わせは、フィードフォワードとフィードバックによる正確性を組み合わせることによって、サポートの移動に対して素早く応答する。

30

【0040】

図4は、上記のシステムに追加センサを追加した別の実施形態を示す。ベースフレームにかかる(外乱)力を表す信号を供給する、いくつかの考えられる追加センサを以下で説明する。

【0041】

第1の考えられる追加センサが、別の加速度計(別の加速度センサFAS)、例えば共振傾向を示すリソグラフィ装置の構造RESに又はその近くに設けられた別の加速度計によって提供される。例えば基板ステージバランスマスなどのサポートバランスマスは、共振しやすい可能性がある。そのような構造に、又はそのような構造の共振を検出し得る場所に1つ以上の加速度センサを位置決めして、制御デバイスに提供される加速度センサ信号によって、制御デバイスは、制御デバイスがアクティブベースフレームサポートアクチュエータを作動させるように構成されることによって、ベースフレームに及ぶそのような共振の影響を減衰させることができる。

40

【0042】

第2の考えられる追加センサが、別の力センサFFS、例えばベースフレームと接続されるサポート(例えばウェーハステージ又はレチクルステージ)内の力センサの形態で提

50

供されるだろう。力センサは、ベースフレームに向かう力経路に配置することができる。力センサ信号が力センサ入力において制御デバイスに供給される。制御デバイスは、アクティブベースフレームサポートアクチュエータを駆動して、ベースフレームにかかる力の影響を少なくとも部分的に補償する。これらのセンサは、例えばサポート（例えばステージモジュール）のベースフレームへの取り付け時に設けることができる。

【0043】

さらに別の追加センサを、アクティブベースフレームサポートを支持するグラウンドフロア又は台に取り付けられたグラウンドフロア加速度計GFAの形態で設けることができる。このようなセンサによって、リソグラフィ装置の環境にある他のデバイスからの振動などの、グラウンドフロアを介して伝播する振動を検出することができ、ベースフレーム上に伝わるこのような振動の影響は、制御デバイスがグラウンドフロア加速度計入力におけるグラウンドフロア加速度計信号を受け取り、アクティブベースフレームサポートを駆動して、検出された振動を少なくとも部分的に補償することによって、少なくとも部分的に弱めることができる。これによって、このようなグラウンドフロア振動のベースフレームへの伝播を大幅に抑制することができる。

10

【0044】

図5A～図5Cは、アクティブベースフレームサポートが水平方向と垂直方向にともに作動する、アクティブベースフレームサポートの減衰の結果を示す。図5Aは、X方向のベースフレーム位置の周波数スペクトルを周波数の関数として示し、図5Bは、Y方向のベースフレーム位置の周波数スペクトルを周波数の関数として示し、図5Cは、Z方向のベースフレーム位置の周波数スペクトルを周波数の関数として示す。図5A、図5B、及び図5Cはそれぞれ、アクティブベースフレームサポートがない構成（1と特定される）、垂直（Z）方向の作動及びセンシングを伴うアクティブベースフレームサポートを備えた構成（2と特定される）、及び垂直（Z）方向及び水平（この例ではY）方向の作動及びセンシングを伴うアクティブベースフレームサポートを備えた構成（3と特定される）を示す。この例では、アクティブベースフレームサポートは、サポートセットポイントからのフィードフォワードと、ベースフレーム加速度センサ及びアクティブベースフレームサポート力センサからのフィードバックの組み合わせによって制御される。本例では、共振を生じさせる励起としてステージ運動プロファイルが適用される。

20

【0045】

図5A、図5B及び図5Cから分かるように、パッシブベースフレームサポートを備えた構成は、X、Y、及びZ方向のある程度の共振を示す。垂直方向に作用するベースフレームサポート内のアクチュエータを垂直方向に作用する力センサと組み合わせる有するアクティブベースフレームサポートを備えた構成は、X方向及びZ方向の共振が減少する一方、Y方向の共振は残ることを示す。ベースフレームサポートに追加することによって、Y方向の作動及び対応するY方向のベースフレームサポート内の力の測定によって、図5Bから分かるようにY方向の共振が減少する。

30

【0046】

垂直方向及び水平（例えばY）方向の作動及びセンシングを伴うアクティブベースフレームサポートを備えた構成によって、ベースフレームの共振を低減することができるため、ベースフレームをより安定的に位置決めすることができ、その結果、動作中にサポート上に生じる外乱が減少し、ひいてはサポートの位置決めがより正確になる。サポートの位置決めがより正確になると、リソグラフィプロセスにおけるオーバーレイエラーが低減する可能性がある。

40

【0047】

上記の原理はどんなサポートにも適用することができる。例えば、サポートは基板テーブルによって形成することができる。サポートは、マスクテーブルなどのパターンニングデバイスのサポートによって形成することもできる。さらに、サポートはレチクルマスクによって形成することができる。一般に本文書に記載した技術を使用して、ベースフレームに作用する外乱力を大幅に補償することができる。外乱力は、例えばベースフレームにト

50

ルクを発生させるリソグラフィ装置の可動部から生じる可能性がある。さらに、グラウンドフロアを伝播する外乱や、リソグラフィ装置の他の構造における共振によって引き起こされる外乱などの他のソースに由来する外乱は、追加のセンサを使用して補償することができる。

【 0 0 4 8 】

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には他の用途もあることを理解されたい。例えば、これは、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用ガイダンス及び検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ(LCD)、薄膜磁気ヘッドなどの製造である。こうした代替的な用途に照らして、本明細書で「ウェーハ」又は「ダイ」という用語を使用している場合、それぞれ、「基板」又は「ターゲット部分」という、より一般的な用語と同義と見なしてよいことが、当業者には認識される。本明細書に述べている基板は、露光前又は露光後に、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)、メトロロジーツール及び/又はインスペクションツールで処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上及びその他の基板プロセス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ことができる。

10

【 0 0 4 9 】

光リソグラフィの分野での本発明の実施形態の使用に特に言及してきたが、本発明は文脈によってはその他の分野、例えばインプリントリソグラフィでも使用することができ、光リソグラフィに限定されないことを理解されたい。インプリントリソグラフィでは、パターンングデバイス内のトポグラフィが基板上に作成されたパターンを画定する。パターンングデバイスのトポグラフィは基板に供給されたレジスト層内に刻印され、電磁放射、熱、圧力又はそれらの組み合わせを印加することでレジストは硬化する。パターンングデバイスはレジストから取り除かれ、レジストが硬化すると、内部にパターンが残される。

20

【 0 0 5 0 】

本明細書で使用する「放射」及び「ビーム」という用語は、イオンビーム又は電子ビームなどの粒子ビームのみならず、紫外線(UV)放射(例えば、365nm、248nm、193nm、157nm若しくは126nm、又はこれら辺りの波長を有する)及び極端紫外光(EUV)放射(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を網羅する。

30

【 0 0 5 1 】

「レンズ」という用語は、状況が許せば、屈折、反射、磁気、電磁気及び静電気光学コンポーネントを含む様々なタイプの光学コンポーネントのいずれか一つ、又はその組み合わせを指すことができる。

【 0 0 5 2 】

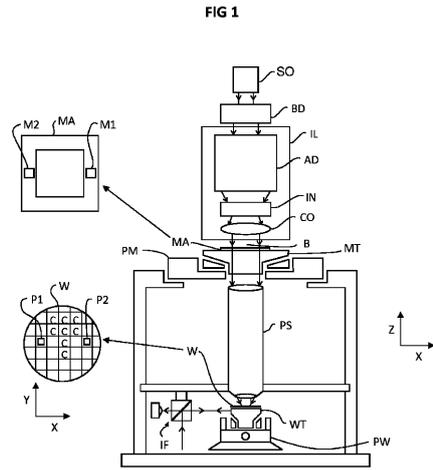
以上、本発明の特定の実施形態を説明したが、説明とは異なる方法でも本発明を実践できることが理解される。例えば、本発明は、上記で開示したような方法を述べる機械読み取り式命令の1つ以上のシーケンスを含むコンピュータプログラム、又はこのようなコンピュータプログラムを内部に記憶したデータ記憶媒体(例えば半導体メモリ、磁気又は光ディスク)の形態をとることができる。

40

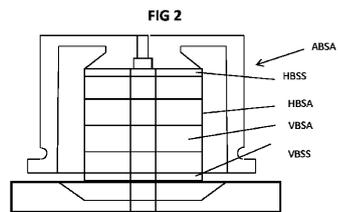
【 0 0 5 3 】

上記の説明は例示的であり、限定的ではない。したがって、請求の範囲から逸脱することなく、記載されたような本発明を変更できることが当業者には明白である。

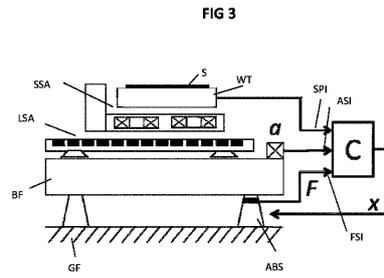
【 図 1 】



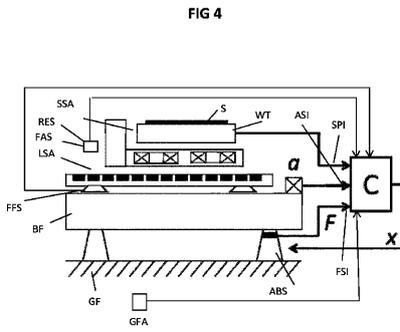
【 図 2 】



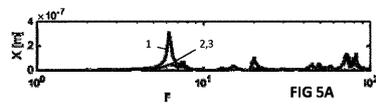
【 図 3 】



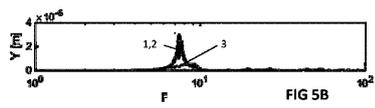
【 図 4 】



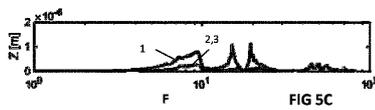
【 図 5 A 】



【 図 5 B 】



【 図 5 C 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/077954

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G03F7/20 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G03F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 124 078 A2 (CANON KK [JP]) 16 August 2001 (2001-08-16)	1-13
Y	paragraph [0009]; figure 2 paragraph [0040]; figure 1 paragraph [0042]; figure 5 paragraphs [0031], [0033], [0039], [0041]	14
X	----- US 2001/040324 A1 (MAYAMA TAKEHIKO [JP] ET AL) 15 November 2001 (2001-11-15) paragraph [0012]; figure 4 paragraphs [0126], [0134] - [0136], [0150], [0197], [0201] figure 11 ----- -/--	1-13
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents :		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
E earlier application or patent but published on or after the international filing date		*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		*Z* document member of the same patent family
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 7 February 2017		Date of mailing of the international search report 17/02/2017
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Pérennès, Frédéric

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/077954

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/041233 A1 (VAN SCHOTHORST GERARD [NL] ET AL) 24 February 2005 (2005-02-24)	1
Y	paragraphs [0026], [0080], [0084]; figure 3 paragraph [0078] -----	14

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/077954

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1124078	A2	16-08-2001	DE 60114260 D1	01-12-2005
			DE 60114260 T2	13-07-2006
			EP 1124078 A2	16-08-2001
			JP 4416250 B2	17-02-2010
			JP 2001221278 A	17-08-2001
			KR 20010078795 A	21-08-2001
			TW 535227 B	01-06-2003
			US 2001011697 A1	09-08-2001
			-----	-----
US 2001040324	A1	15-11-2001	JP H11294520 A	29-10-1999
			US 2001040324 A1	15-11-2001
-----	-----	-----	-----	
US 2005041233	A1	24-02-2005	JP 2005109441 A	21-04-2005
			US 2005041233 A1	24-02-2005
-----	-----	-----	-----	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA

(72)発明者 パトラー, ハンズ

オランダ国, ヴェルトホーフエン 5 5 0 0 エーエイチ, ピー . オー . ボックス 3 2 4

(72)発明者 ブッケムス, ビヨルン, フーベルトゥス, マリア

オランダ国, ヴェルトホーフエン 5 5 0 0 エーエイチ, ピー . オー . ボックス 3 2 4

(72)発明者 デ ホーン, コルネリウス, アドリアヌス, ランベルトゥス

オランダ国, ヴェルトホーフエン 5 5 0 0 エーエイチ, ピー . オー . ボックス 3 2 4

(72)発明者 ウィクマンス, モーリス, ウィレム, ヨゼフ, エティエンネ

オランダ国, ヴェルトホーフエン 5 5 0 0 エーエイチ, ピー . オー . ボックス 3 2 4

Fターム(参考) 2H197 AA05 CA03 CA05 CA06 CA08 CD12 CD13 CD15 CD41 DC01

DC11 HA03 HA04 HA05 HA10 JA09

3J048 AB11 AB13 AD02 CB21 CB23 DA01 EA07