

(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2010-141342

(P2010-141342A)

(43) 公開日 平成22年6月24日 (2010.6.24)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
H O 1 L 21/027 (2006.01)		H O 1 L 21/30	5 1 6 E	5 F 0 3 1
G O 3 F 7/20 (2006.01)		H O 1 L 21/30	5 1 5 G	5 F 0 4 6
H O 1 L 21/683 (2006.01)		G O 3 F 7/20	5 2 1	
		H O 1 L 21/68	P	

審査請求 有 請求項の数 22 O L 外国語出願 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2010-3632 (P2010-3632)	(71) 出願人	504151804
(22) 出願日	平成22年1月12日 (2010.1.12)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
(62) 分割の表示	特願2005-136983 (P2005-136983)		ブイ.
原出願日	平成17年5月10日 (2005.5.10)		オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
(31) 優先権主張番号	10/842,636	(74) 代理人	4 ディー アール, デ ラン 6501
(32) 優先日	平成16年5月11日 (2004.5.11)		100105924
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 森下 賢樹
		(72) 発明者	ウィルヘルムス ジョシーファス 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
		F ターム (参考)	5F031 CA02 HA13 HA37 HA38 HA53
			JA04 JA14 JA27 JA38 KA05
			MA27 PA11
			5F046 CC01 CC08 CC10 DA07 DA12
			DA26

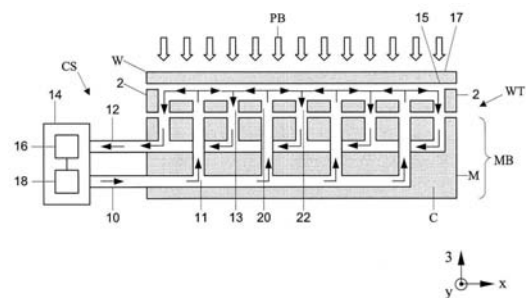
(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】ウェハの熱調節が改善されたリソグラフィ装置の提供。

【解決手段】本発明のリソグラフィ装置は、放射ビームを提供する照明系と、パターン形成装置を支持する構造体であって、パターン形成装置がビームの断面にパターンを与えるように構成された構造体と、基板を保持する基板テーブルと、パターンの形成されたビームを基板のターゲット部分に投影する投影システムと、基板を調節する調節システムとを含む。調節システムは、調節流体を用いて基板の非ターゲット部分を調節する。デバイス製造方法は、基板の非ターゲット部分を調節する段階を含む。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を保持する真空チャックを含む基板テーブルと、
真空チャックの供給口を通じて供給される調節用流体を用いて前記基板の非ターゲット部分を直接的に熱調節するように構成された調節システムとを有し、

前記調節システムが、前記基板を保持するために前記真空チャックに適用される真空を制御しかつ前記基板の表面に調節用流体を運ぶように構成された少なくとも 1 つの調節用流体供給装置を有するリソグラフィ装置。

【請求項 2】

前記調節用流体が、前記基板を冷却することのできる冷却剤である請求項 1 に記載されたリソグラフィ装置。 10

【請求項 3】

前記調節用流体が前記基板に接触するように配置されている請求項 1 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの調節用流体供給装置が、前記基板テーブルの表面に形成された少なくとも 1 つの孔を有し、該少なくとも 1 つの孔が調節用流体の供給部と流体連通している請求項 1 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 5】

前記調節用流体を供給するために設けられた孔の数が、前記基板テーブルについて約 200 孔 / m^2 ~ 113000 孔 / m^2 である請求項 4 に記載されたリソグラフィ装置。 20

【請求項 6】

設けられた孔の数が、前記基板テーブルについて約 420 孔 / m^2 ~ 57000 孔 / m^2 である請求項 5 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 7】

前記調節システムが、前記調節用流体を前記基板の表面から運び去るように構成された少なくとも 1 つの調節用流体除去装置を含む請求項 1 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 8】

前記調節用流体除去装置が、前記基板テーブルの表面に形成された少なくとも 1 つの孔を有し、該少なくとも 1 つの孔が、前記調節用流体を受け入れる調節用流体のリザーバと流体連通している請求項 7 に記載されたリソグラフィ装置。 30

【請求項 9】

前記調節用流体を前記基板から除去するために前記基板テーブルに形成された孔の総面積が、前記調節用流体を前記基板に供給するために前記基板テーブルに形成された孔の総面積と実質的に同じである請求項 8 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 10】

前記流体が気体である請求項 1 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 11】

前記気体が空気である請求項 10 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 12】

前記流体が液体である請求項 1 に記載されたリソグラフィ装置。 40

【請求項 13】

前記液体が水である請求項 12 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 14】

前記気体の流量が、1 時間あたり約 3 ~ 150 m^3 である請求項 10 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 15】

前記液体の流量が、1 分あたり約 0.003 ~ 6 リットルである請求項 12 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 16】

前記孔が、前記調節用流体の流速を高めることによって前記基板に供給される前記調節用流体への熱伝達を高めるように成形されたノズルである請求項４に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項１７】

放射ビームを提供するように構成された照明系と、

パターン形成装置を支持するように構成された支持体であって、該パターン形成装置が前記ビームの断面にパターンを与えるように構成された支持体と、

パターンの形成されたビームを前記基板のターゲット部分に投影するように構成された投影システムと、をさらに備え、

前記基板テーブルが、実質的にビームの伝搬方向に対して傾斜した平面内に延在し、第１及び第２の反対表面を有する前記基板が、前記基板テーブルによって実質的に該平面内に支持され、該第１の表面がビームを受けるように配置され、該第２の表面が前記調節システムによって直接的に調節されるように配置されている請求項１から１６のいずれかに記載されたリソグラフィ装置。

10

【請求項１８】

前記ビームの伝搬方向について見ると、前記第２の表面が前記第１の表面の下流に配置されている請求項１７に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項１９】

前記基板の前記非ターゲット部分が、前記基板のターゲット部分の位置している前記基板の面の反対側に配置された、前記基板の裏面に配置された領域を含み、前記流体が前記基板の該裏面を調節するようになっている請求項１に記載されたリソグラフィ装置。

20

【請求項２０】

前記調節システムが、前記基板の裏面及び前記基板の上面のうちの少なくとも一方を調節するように構成されている請求項１に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項２１】

パターンの形成されたビームの基板のターゲット部分への投影中に基板を保持する基板テーブルと、

前記基板テーブルにより保持されている基板に調節用流体を接触させて前記基板の非ターゲット部分を直接的に熱調節するように構成された調節システムと、を備え、

前記調節用流体は、前記基板の裏面に対応する前記基板テーブルの表面に前記裏面全体に分布するよう設けられている供給口を通じて供給されることを特徴とするリソグラフィ装置。

30

【請求項２２】

パターンの形成されたビームを基板のターゲット部分に投影する段階と、

パターンの形成されたビームの投影中に前記基板を基板テーブルに保持する段階と、

前記基板テーブルにより保持されている基板に調節用流体を接触させて前記基板の非ターゲット部分を直接的に熱調節する段階と、を含み、

前記調節用流体は、前記基板の裏面に対応する前記基板テーブルの表面に前記裏面全体に分布するよう設けられている供給口を通じて供給されることを特徴とするデバイス製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、リソグラフィ装置及びデバイス製造方法に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

リソグラフィ装置は、基板のターゲット部分に所望のパターンを付与する機械である。リソグラフィ装置は、例えば集積回路（ＩＣ）の製造に用いることができる。その場合、マスクなどのパターン形成装置を用いて、ＩＣの個々の層に対応する回路パターンを生成することが可能であり、このパターンを、放射感応材料（レジスト）の層を有する基板（

50

例えばシリコン・ウェハ)上の(例えば1つ又は複数のダイの一部を含む)ターゲット部分に結像させることができる。一般に、単一の基板は連続的に露光される隣接するターゲット部分のネットワークを含む。周知のリソグラフィ装置には、パターン全体をターゲット部分に一度に露光することによって各ターゲット部分を照射する、いわゆるステップと、パターンを投影ビームによって所与の方向(「走査」方向)に走査し、それと同時にこの方向に対して平行又は逆平行に基板を同期して走査することによって各ターゲット部分を照射する、いわゆるスキャナとが含まれる。

【0003】

リソグラフィ装置では、ウェハに結像させることのできるフィーチャのサイズは、投影放射の波長によって制限される。放射のエネルギーはその波長に反比例するため、より小さいフィーチャの結像を可能とするために短い波長が用いられるようになるにつれて、放射線量が増加する。従来のリソグラフィ装置には、局所的な規模でも全体的な規模でも、放射線量によってウェハが加熱される欠点があることが分かっている。一般にリソグラフィ装置は、ウェハ上にパターンを順次重ね合わせるために、一連の処理段階を実施する。ウェハの加熱による1つの結果として、重ね合わせの問題が生じる。すなわち、ウェハ上の異なるパターンの層の間での重ね合わせ誤差によって誤差が生じる。さらに、紫外、遠紫外、極紫外及びより短い波長で動作するリソグラフィ装置で一般的に見られる放射線量のように放射線量が多い場合には、ウェハの加熱による誤差が、全体的な重ね合わせ誤差の一因となりつつあることも分かっている。さらに、例えば米国特許第5220171号に記載されている、ウェハを冷却するための従来技術は、局所的なウェハの加熱の問題には対処していない。

10

20

【0004】

特に、ウェハ・テーブルの熱抵抗、ウェハとウェハ・テーブルとの接触抵抗、並びにウェハ・テーブルと露光チャックとの接触抵抗が比較的大きいため、従来のリソグラフィ装置では局所的な調節が依然として問題であることも分かっている。さらに、一般的なウェハの加熱に関連する主要な問題が、ウェハから熱を十分迅速に取り除くことであることも分かっている。また、ウェハ・テーブルの材料の熱伝導が小さいため、従来の装置ではウェハ・テーブルの部分、例えばミラー・ブロックを適切に熱調節しても、わずかな効果しかもたらさないことも分かっている。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の観点は、従来のリソグラフィ装置の直面する問題に対処することである。本発明の他の観点は、重ね合わせ誤差の問題に対処することである。本発明のさらに他の観点は、ウェハの調節、とりわけその熱調節を改善することである。本発明のさらに他の観点は、局所的なウェハの調節を改善することである。

【0006】

本発明のさらに他の観点は、ウェハが冷却される速度を改善することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一観点によれば、放射の投影ビームを提供するように構成された照明系と、パターン形成装置を支持するように構成された支持構造体であって、パターン形成装置が投影ビームの断面にパターンを与えてパターンの形成されたビームを形成するように働く支持構造体と、基板を保持するように構成された基板テーブルと、パターンの形成されたビームを基板のターゲット部分に投影する投影システムと、調節用流体を用いて基板の非ターゲット部分を直接的に調節するように構成された調節システムとを含むリソグラフィ投影装置が提供される。

40

【0008】

このようにして、ウェハの局所的な加熱が低減され、その結果、重ね合わせの性能が改善される。

50

【0009】

本発明の代表的な具体例では、調節用流体は、基板を冷却することのできる冷却剤である。このようにして、効率的な形で基板の冷却が実施される。

【0010】

本発明の代表的な具体例では、調節用流体は基板に接触するように配置される。

【0011】

代表的な具体例では、調節システムは、調節用流体を基板の表面に運ぶように構成された少なくとも1つの調節用流体供給要素を含む。とりわけ、この少なくとも1つの調節用流体供給要素は、基板テーブルの表面に形成された少なくとも1つの孔を含み、この少なくとも1つの孔は調節用流体の供給部と流体連通している。調節用流体を供給するために基板テーブルに孔を設けることにより、調節用流体は、最も調節を必要とする構成要素である基板に対して最も効率的に供給されるため、より効率的に供給される。

10

【0012】

代表的な具体例では、調節用流体を供給するために設けられる孔の数は、基板テーブルについて約200孔/m²～約113000孔/m²の範囲にある。好ましい範囲の孔密度を与えることにより、基板テーブルの性能を損なうことなく、且つリソグラフィ装置に振動を生じさせることなく、改善された調節が実施される。

【0013】

他の代表的な具体例では、設けられる孔の数は、約14000孔/m²～約57000孔/m²の範囲にある。このようにして、リソグラフィ装置の性能に対する影響を最小限に抑えながら、調節に関するさらに改善された結果が得られる。

20

【0014】

代表的な具体例では、冷却システムは、調節用流体を基板の表面から運び去るように構成された少なくとも1つの調節用流体除去要素を含む。とりわけ、この調節用流体除去要素は基板テーブルの表面に形成された少なくとも1つの孔を含み、この少なくとも1つの孔は、調節用流体を受け入れる調節用流体のリザーバ（貯蔵器）と流体連通している。さらに、調節用流体を基板から除去するために基板テーブルに形成される孔の総面積を、調節用流体を基板に供給するために基板テーブルに形成される孔の総面積と実質的に同じにできる。このようにして、流れによって引き起こされる振動をリソグラフィ装置に生じさせることなく、調節用流体が効率的に基板に供給され、また基板から除去される。

30

【0015】

代表的な具体例では、調節用流体は基板を冷却することのできる冷却剤である。とりわけ、流体は空気などの気体、又は水などの液体である。とりわけ、リソグラフィ装置の他の構成要素を冷却するために空気及び水の冷却システムが設けられるので、リソグラフィ装置を実質的に複雑にすることなく、調節システムを設けることができる。

【0016】

代表的な具体例では、気体の流量は1時間あたり約3～150m³の範囲にある。このようにして、リソグラフィ装置、とりわけ、基板又はチャック（或いはミラー・ブロックとも呼ばれ、基板テーブルの位置を決めるための干渉測定装置の一部を形成する）を含む基板テーブルに対して力学的外乱を生じさせることなく、効率的な調節が実施される。

40

【0017】

代表的な具体例では、液体の流量は1分あたり約0.003～6リットルの範囲にある。このようにして、液体によって調節される基板に力学的外乱を生じさせることなく、効率的な調節が実施される。

【0018】

代表的な具体例では、気体によって調節されるシステムにおいて基板に気体を供給するための孔は、基板に供給される調節用流体の熱伝達を高めるように成形されたノズルである。このようにして、調節の効率がさらに高められる。

【0019】

代表的な具体例では、基板の非ターゲット部分には基板の裏面に配置された領域が含ま

50

れ、基板の裏面は、ターゲット部分が位置している基板の面の反対側に位置し、流体はこの基板の裏面を調節する。このようにして、露光に影響を及ぼすことなく効率的な調節が実施される。

【0020】

本発明の他の観点によれば、基板を提供する段階と、パターンの形成された放射ビームを基板のターゲット部分に投影する段階と、調節用流体を用いて基板の非ターゲット部分を調節する段階とを含むデバイス製造方法が提供される。

【0021】

本明細書では、リソグラフィ装置をICの製造に用いることについて特に言及することがあるが、本明細書で記載するリソグラフィ装置は、一体型光学システム、磁気ドメイン・メモリ用の誘導及び検出パターン、液晶ディスプレイ(LCD)、薄膜磁気ヘッドその他の製造など、他の用途にも使用可能であることを理解すべきである。こうした別の用途についての文脈では、本明細書中の「ウェハ」又は「ダイ」という用語の使用はいずれも、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であると考えられることを理解すべきである。本明細書で言及する基板は、露光前又は露光後に、例えばトラック(一般に基板にレジスト層を施し、露光されたレジストを現像するツール)や計測又は検査ツールで処理することができる。該当する場合には、本明細書の開示をこうしたツールや他の基板処理ツールに適用してもよい。さらに、例えば多層ICを作製するために、基板を2回以上処理することも可能であり、したがって本明細書で使用する基板という用語は、処理が施された複数の層を既に含む基板を指すこともある。

【0022】

本明細書で使用する「放射」及び「ビーム」という用語は、(例えば365、248、193、157又は126nmの波長を有する)紫外(UV)放射、及び(例えば5~20nmの範囲の波長を有する)極紫外(EUV)放射を含むあらゆるタイプの電磁放射、並びにイオン・ビームや電子ビームなどの粒子ビームを包含している。

【0023】

本明細書で使用する「パターン形成装置」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ためなど、放射ビームの断面にパターンを与えるために用いることのできる装置を指すものとして広く解釈すべきである。ビームに与えられるパターンは、基板のターゲット部分における所望のパターンと厳密に一致しない可能性があることに留意すべきである。一般に、ビームに与えられるパターンは、集積回路などターゲット部分に作製されるデバイスの特定の機能層に対応している。

【0024】

パターン形成装置は、透過式でも反射式でもよい。パターン形成装置の例には、マスク、プログラム可能ミラー・アレイ(配列)及びプログラム可能LCDパネルが含まれる。マスクはリソグラフィの分野では周知であり、それにはバイナリ・マスク、交互位相シフト・マスク(alternating PSM)及び減衰位相シフト・マスク(attenuated PSM)などのマスク・タイプ、並びに様々なハイブリッド型のマスク・タイプが含まれる。プログラム可能ミラー・アレイの一例は、小さいミラーのマトリクス(行列)状の配列を使用するものであり、入射する放射ビームを異なる方向に反射するように、それぞれのミラーを別々に傾斜させることができる。このようにして、反射ビームにパターンが形成される。パターン形成装置の各例では、支持構造体を、例えばフレーム又はテーブルとすることが可能であり、これらは必要に応じて固定することも移動させることもでき、またパターン形成装置が、例えば投影システムに対して、所望の位置にあることを保証することができる。本明細書中の「レチクル」又は「マスク」という用語の使用はいずれも、「パターン形成装置」という、より一般的な用語と同義であると考えられる。

【0025】

本明細書で使用する「投影システム」という用語は、適宜、例えば使用される露光放射向け、又は浸漬液の使用や真空の使用など他の要素向けの屈折光学系、反射光学系及び反

射屈折光学系を含めて様々なタイプの投影システムを包含するものとして広く解釈すべきである。本明細書中の「レンズ」という用語の使用はいずれも、「投影システム」というより一般的な用語と同義であると考えられる。

【0026】

照明系も、放射の投影ビームの方向付け、成形又は制御のための屈折式、反射式及び反射屈折式の光学要素を含めて様々なタイプの光学要素を包含することが可能であり、こうした構成要素も以下では一括して、又は単独で「レンズ」と呼ぶことがある。

【0027】

リソグラフィ装置は、2（デュアル・ステージ）又は3以上の基板テーブル（及び／又は2以上のマスク・テーブル）を有するタイプのものでもよい。こうした「マルチ・ステージ」装置では、追加のテーブルを並行して用いてもよく、或いは1つ又は複数のテーブル上で予備段階処理を実施し、それと同時に1つ又は複数の他のテーブルを露光に用いてもよい。

10

【0028】

リソグラフィ装置は、投影システムの最後の要素と基板との間の空間を満たすように、例えば水など比較的高い屈折率を有する液体に基板を浸すタイプのものでもよい。浸漬液を、例えばマスクと投影システムの第1の要素との間など、リソグラフィ装置の他の空間に適用することもできる。投影システムの開口数を高めるための浸漬技術は、当技術分野では周知である。

【0029】

次に本発明の代表的な実施例を、添付の概略図を参照して例示のみの目的で説明するが、図中において同じ参照記号は同じ部品を指すものであることに留意されたい。

20

【0030】

また、様々な図中の類似の参照記号は、類似の要素を指すものであることに留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の代表的な実施例によるリソグラフィ装置を示す図。

【図2】本発明の代表的な実施例によるリソグラフィ装置の詳細を示す図。

【図3】ウェハの調節を計算するためのコンピュータ・シミュレーションに用いた3次元モデルについての2次元図。

30

【図4】ウェハの直接冷却でのウェハの平均温度に対する空気流の影響を示す図。

【図5】ウェハの直接冷却でのウェハの最高温度に対する空気流の影響を示す図。

【図6】ウェハの直接冷却でのウェハの平均温度に対する水流の影響を示す図。

【図7】ウェハの直接冷却でのウェハの最高温度に対する水流の影響を示す図。

【図8】ウェハ上の異なる位置、特に最初に露光されるダイ、中心で露光されるダイ及び最後に露光されるダイにおけるウェハの温度挙動を示す図。

【図9】1分あたり0.006リットルの水流での、ウェハの中心、ウェハ・テーブル上部、ウェハ・テーブル底部、ミラー・ブロック上部及びミラー・ブロック中央部における温度挙動を示す図。

40

【図10】1分あたり0.3リットルの水流での、最初に露光されるダイ、中心で露光されるダイ及び最後に露光されるダイにおけるウェハの温度挙動を示す図。

【図11】1分あたり0.3リットルの水流での、ウェハの中心、ウェハ・テーブル上部、ウェハ・テーブル底部、ミラー・ブロック上部及びミラー・ブロック中央部における温度挙動を示す図。

【図12】従来のリソグラフィ装置について、ウェハの異なる位置、特に最初の露光位置、ウェハの中心位置及び最後の露光時のウェハの位置における温度を時間に対して示す図。

【発明を実施するための形態】

【0032】

50

図 1 は、本発明の代表的な実施例によるリソグラフィ装置を概略的に示している。この装置は、放射（例えば UV 放射、遠紫外（D UV）放射又は極紫外（E UV）放射）ビーム P B を提供するように構成された照明系（照明器）I L を含んでいる。第 1 の支持体（例えばマスク・テーブル）M T は、パターン形成装置（例えばマスク）M A を支持するように構成され、投影システム（「レンズ」）P L に対してパターン形成装置を正確に位置決めする第 1 の位置決め装置 P M に接続されている。基板テーブル（例えばウェハ・テーブル）W T は、基板（例えばレジストを塗布されたウェハ）W を保持するように構成され、投影システム P L に対して基板を正確に位置決めする第 2 の位置決め装置 P W に接続されている。投影システム（例えば屈折投影レンズ）P L は、パターン形成装置 M A によってビーム P B に与えられたパターンを、基板 W の（例えば 1 つ又は複数のダイを含む）ターゲット部分 C に結像させる。基板はさらに、投影ビームが入射しない非ターゲット部分を含んでいる。基板は、一般に、ターゲット部分の位置する面、及びターゲット部分の位置する面の反対側に配置された裏面を含む。基板の非ターゲット部分には、基板の裏面に配置された領域が含まれる。しかし、その他にも、ターゲット部分の配置された面の領域を非ターゲット部分に含めることもできる。例えば、基板は、ターゲット部分がターゲット部分の範囲を越えて配置された区域に延在している。ターゲット部分を越えて延在するこうした領域も、非ターゲット部分に含まれる。

10

【0033】

本明細書で図示する装置は、（例えば透過性マスクを使用する）透過式のものである。或いは、装置は（例えば、先に言及した種類のプログラム可能ミラー・アレイを使用する）反射式のものでよい。

20

【0034】

照明器 I L は放射源 S O から放射を受け取る。例えば放射源がエキシマ・レーザーの場合、放射源とリソグラフィ装置とを別々の構成要素にすることができる。その場合には、放射源がリソグラフィ装置の一部を形成するとは考えられず、放射ビームは、例えば適切な指向性ミラー（directing mirror）及び/又はビーム・エクスパンダー（拡大器）を含むビーム送出システム B D を用いて、放射源 S O から照明器 I L へ送られる。他の場合、例えば放射源が水銀ランプの場合には、放射源を装置の一部とすることができる。放射源 S O 及び照明器 I L を、必要であればビーム送出システム B D と共に、放射システムと呼ぶことがある。

30

【0035】

照明器 I L は、ビームの角強度分布を調整する調整装置 A M を含むことができる。一般に、照明器の瞳面内における強度分布の少なくとも外側及び/又は内側の半径方向範囲（それぞれ一般に σ -アウト（ σ -outer）、 σ -インナ（ σ -inner）と呼ばれる）を調整することができる。さらに、照明器 I L は、一般には積算器 I N やコンデンサ C O など他の様々な構成要素を含む。照明器は、その断面が所望の均一性及び強度分布を有する調節された放射ビーム P B を提供する。

【0036】

ビーム P B は、マスク・テーブル M T に保持されたマスク M A の形で示されているパターン形成装置に入射する。マスク M A を通過した投影ビーム P B は、ビームを基板 W のターゲット部分 C に集束させる投影システム P L を通過する。第 2 の位置決め装置 P W 及び位置センサ I F（例えば干渉測定装置）を用いて、基板テーブル W T を、例えば異なるターゲット部分 C をビーム P B の経路内に位置決めするように、正確に移動させることができる。さらに、基板テーブル W T は、干渉測定装置の一部を形成する鏡面 M を備えることができる。この鏡面 M については、図 2 を参照してより詳細に記載する。同様に、第 1 の位置決め装置 P M 及び他の位置センサ（例えば、図 1 には明示されていない干渉測定装置）を用いて、例えばマスク・ライブラリから機械的に取り出した後、又は走査中に、マスク M A をビーム P B の経路に対して正確に位置決めすることができる。一般に、オブジェクト・テーブル M T 及び W T の移動は、位置決め装置 P M 及び P W の一部を形成する長ストローク・モジュール（粗い位置決め）及び短ストローク・モジュール（細かい位置決め

40

50

）を用いて実現される。しかし（スキャナではなく）ステッパの場合には、マスク・テーブルMTを短ストローク・アクチュエータに接続するだけでもよく、又は固定してもよい。マスクMA及び基板Wは、マスク位置調整用マークM1、M2、及び基板位置調整用マークP1、P2を用いて位置を調整することができる。

【0037】

図示した装置は、以下の好ましいモードで使用することができる。

（１）ステップ・モードでは、投影ビームに与えられたパターン全体を１回でターゲット部分Cに投影する間、マスク・テーブルMT及び基板テーブルWTを本質的に静止した状態に保つ（すなわち、ただ１回の静止露光）。次に、異なるターゲット部分Cを露光できるように、基板テーブルWTをX及び/又はY方向に移動させる。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１回の静止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。

10

（２）走査モードでは、投影ビームに与えられたパターンをターゲット部分Cに投影する間、マスク・テーブルMT及び基板テーブルWTを同期して走査する（すなわち、ただ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の速さ及び方向は、投影システムPLの拡大（縮小）率、及び像の反転特性によって決まる。走査モードでは、露光フィールドの最大サイズによって１回の動的露光におけるターゲット部分の（非走査方向の）幅が制限され、走査移動の長さによってターゲット部分の（走査方向の）高さが決定される。

20

（３）他のモードでは、投影ビームに与えられたパターンをターゲット部分Cに投影する間、プログラム可能なパターン形成装置を保持しながらマスク・テーブルMTを本質的に静止した状態に保ち、基板テーブルWTを移動又は走査させる。このモードでは、一般にパルス式の放射源が使用され、基板テーブルWTが移動するたびに、又は走査中の連続する放射パルスの際に、プログラム可能なパターン形成装置が必要に応じて更新される。この動作モードは、先に言及したタイプのプログラム可能ミラー・アレイなど、プログラム可能なパターン形成装置を利用するマスクレス・リソグラフィに簡単に適用することができる。

【0038】

前記の使用モードの組み合わせ及び/又は変形形態、或いは全く異なる使用モードを採用することもできる。

30

【0039】

さらに図１には、調節用流体を用いて基板の非ターゲット部分を調節するように構成された調節システムCSが示されている。本発明の代表的な実施例によれば、例えば空気や水などの流体を、基板の下面又は裏面、すなわち投影ビームPBを受けるように配置された表面の反対側の基板表面に流す。この流体を熱調節することにより基板の冷却が可能になる。特に、基板の裏面は熱調節された流体によって調節される。この流体を基板に供給して、基板の表面に接触するようにできる。

【0040】

図２は、本発明の代表的な実施例によるリソグラフィ装置の詳細を示している。図２は、基板テーブルWT、及び基板Wを調節するように構成された調節システムCSを示している。この調節システムCSは熱調節システムである。代表的な実施例では、基板テーブルWTは、実質的にビームPBの伝搬方向に対して傾斜した平面内に延在し、基板Wは基板テーブルWTによって実質的にその平面内に支持される。基板は、それぞれ基板の上面17及び裏面15とも呼ばれる、第１及び第２の反対表面17、15を有している。第１の表面17はビームPBを受けるように配置され、第２の表面15及び第１の表面17のうちの少なくとも一方は、例えば調節システムCSによって冷却されるなど、直接調節されるように配置されている。調節システムは、調節用流体を用いて基板の非ターゲット部分15、17を調節するように構成されている。さらに、ビームPBの伝搬方向について見ると、第２の表面15は第１の表面17の下流に配置されている。調節システムCSは、基板の裏面15及び基板の上面17のうちの少なくとも一方を直接調節するように構成

40

50

されている。

【 0 0 4 1 】

基板テーブル W T は、基板 W を受け止める表面 2 を含むことができる。基板テーブル W T はさらに、処理中に基板を保持する基板ホルダ C を含むこともできる。この基板ホルダ C は、例えば真空を用いて基板を保持する真空チャックなどのチャックとすることができる。或いは、基板を静電的に保持するチャックにすることもできる。図 2 には真空チャックが示されている。チャックの位置を決定するために、チャックの外表面 M は、例えばミラーなどの反射領域 M を備えている。このミラー M は、チャック C の位置を決定する干渉測定装置 I F の一部を形成している。例えば図 3 を参照して図示及び記載するように、チャックはミラー・ブロック M B と呼ばれることもある。

10

【 0 0 4 2 】

図 2 では、直接的な基板又はウェハの調節は、好ましくはウェハの第 2 の表面、すなわち裏面 1 5 で行われる。ビーム P B を受けるように構成されたウェハの第 1 の表面 1 7 とは反対側の、ウェハの第 2 の表面 1 5 が調節される。この調節は、熱調節された流体、例えば空気などの気体、水などの液体、又は気体 / 液体混合物を、ウェハ W の表面 1 5 に接触させることによって実施される。代表的な実施例では、熱調節された空気をウェハ・チャックの方へ供給することができる。他の実施例では、環境空気が吸入され、ウェハの裏面を経由して、ウェハの裏面に、ウェハ・テーブルおよびチャックの方へ、そして真空ポンプの方へ流れるようにすることができる。吸気口はウェハ・テーブル又はウェハ・チャックに設けられ、そこを通して調節用空気が導入される。リソグラフィ装置では、特定の構成要素を調節するために空気シャワーを設けることができる。一実施例では、吸入される環境空気を空気シャワーから吸入することが可能であり、その場合、それは適切に熱調節される。別法として、或いは追加として、少なくとも 1 つのチャック及びウェハ・テーブルを熱調節することが可能であり、その結果、空気はそこを横切って流れることによって熱調節される。図 2 に示した実施例では、ウェハ W を適切な位置に保持するために真空が提供される。ウェハを保持するために用いられる真空はウェハ W への空気の供給 1 0、1 1 によって差し引かれるため、従来のリソグラフィ装置と比べて必要な吸引量は増加する。冷却剤は、流体供給部 1 0 を経由して少なくとも 1 つの供給流路 1 1 によってウェハ W へ供給される。冷却剤は、少なくとも 1 つの除去流路 1 3 及び流体出口 1 2 を経由してウェハ W の裏面から除去される。ウェハ W へ供給される流体の特定の特性は、制御ユニット 1 4 によって制御される。制御ユニットは、ウェハ W に供給される流体を熱調節する熱調節ユニット 1 6 を含むことができる。特に、この熱調節ユニットは、供給される流体をウェハ W の熱調節にとって望ましい温度になるように熱調節するためのシステムを含む。露光の局面によっては、流体の加熱が必要になることがある。例えば、最初、露光を開始する前にウェハをウェハ・テーブルに置いたとき、ウェハが冷たくなり過ぎることがある。しかし、露光中にウェハは放射によって加熱され、その場合、露光が進むと、流体を熱調節して流体によってウェハを冷却することが必要になる可能性がある。流体供給部 1 0 及び流体出口 1 2 は、熱調節ユニット 1 6 に適切に熱接触するように設けられる。制御ユニット 1 4 はさらに、例えば流量や圧力など、流体の他の特定の特性を制御するための供給制御装置 1 8 を含むことができる。この供給制御装置 1 8 はさらに、ウェハ W の処理中及び調節中にウェハ W を適切な位置に保持するために、チャックに適用される真空を制御することができる。一般に、ウェハを適切な位置に保持するために必要な真空度 P_{vac} は、約 0.5 パールである。ウェハ W の下における必要な真空を得るために、追加の空気を低圧で供給してもよい。実施例に応じたウェハ W の裏面への空気、又は他の流体の供給はさらに、供給孔 2 0 及び除去孔 2 2 の数及び寸法を変えることによって制御することができる。一般には、孔 2 0、2 2 が基板 W の表面積に比べて小さくなるようにする。このようにして、ウェハに供給される流体の圧力が制御される。特に、流体が気体である実施例では、孔がノズルの形で設けられる。すなわち流出面積を小さくすることによって流出速度を増加させれば、基板 W の調節が改善されることが分かっている。特に、制御ユニット 1 4 は、チャック C 及びウェハ W の力学的外乱を抑制するように、流体の供給及び除去

20

30

40

50

を制御する。以下でより詳細に記載するように、このことは、流量など流れのパラメータを制御することによって実施される。

【0043】

基板Wを調節するために必要な孔20、22の数を決定するには、以下の仮定条件に基づいて以下の計算を行う。すなわち、高露光線量は一般に 235 mJ/cm^2 であり、基板Wが 26×32 ミリメートルのダイ50個を含み、処理量が1時間あたりウェハ84枚であり、レチクルの透過率が63%であると仮定する。したがって、 $A_{\text{wafer exp}} = 50 \times 2.6 \times 3.2 = 416 \text{ cm}^2$ （ここで、 $A_{\text{wafer exp}}$ は露光されるウェハの面積）、 $Q_{\text{wafer exp}} = A_{\text{wafer exp}} \times \text{線量} \times \text{レチクルの透過率} = 416 \times 235 \times 0.63 = 62 \times 10^3 \text{ mJ}$ （ここで、 $Q_{\text{wafer exp}}$ は露光されるウェハの領域が受けるエネルギー）である。

10

【0044】

さらに、ウェハが露光される時間は、 $T_{\text{wafer}} = 3600 / 84 = 43$ 秒（ここで、3600は1時間の秒数である）であり、したがって、 $dQ/dt_{\text{wafer}} = 62 / 43 = 1.44$ ワット（ここで、 dQ/dt は露光されるウェハの領域が受ける出力）である。

【0045】

本発明の代表的な実施例によれば、露光中にウェハに供給される出力は空気によって冷却される。冷却されない従来のリソグラフィ装置では、ウェハは2.4 K（ケルビン）だけ加熱されるが、冷却される装置では、最大の空気の加熱による上昇が0.1 Kであることが望ましい。

20

【0046】

ウェハを冷却して空気の温度を最大0.1 Kだけ上昇させるために流す必要のある1秒あたりの空気量 dm/dt_{air} を決定するには、以下の計算を行う。すなわち、 $dQ/dt_{\text{air}} = dQ/dt_{\text{wafer}} = dm/dt_{\text{air}} \times C_{p\text{air}} \times dT_{\text{air}}$ 、すなわち $1.44 = dm/dt_{\text{air}} \times 1012 \times 0.1$ （ここで、 dQ/dt_{air} は空気によって吸収される出力量であり、 $C_{p\text{air}}$ は一定圧力における空気の比熱で 1012 J/kgK に等しく、 dT_{air} は空気の温度の最大変化である）となる。

【0047】

30

前記の式を並べ変えると、 $dm/dt_{\text{air}} = 14 \times 10^{-3} \text{ kg/秒}$ が得られる。

【0048】

空気の圧力 P_{air} は0.5バールに等しく、空気の密度 ρ_{air} は約 0.6 kg/m^3 に等しいため、必要な体積流量又は空気の速度 dV/dt_{air} は、 $dV/dt_{\text{air}} = 14 \times 10^{-3} / 0.6 = 23 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{秒}$ である。

【0049】

ウェハ・テーブルWTに必要な孔の総面積 A_{req} を決定するため、空気の流れによって装置内部に振動を生じさせることなく前記で計算された1秒あたりの体積の空気を送り込むように、最大空気速度 v_{max} を10メートル/秒に設定する。したがって、 $A_{\text{req}} = dV/dt_{\text{air}} / v_{\text{max}} = 23 \times 10^{-3} / 10 = 2.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ である。

40

【0050】

代表的な実施例では、孔の直径は1.2 mmである。したがって、単一の孔の面積 A_{hole} は以下のように計算される。 $A_{\text{hole}} = (\pi/4) \times (1.2 \times 10^{-3})^2 = 1.13 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ 。したがって、所望の空気流を与えるのに必要な孔の数 n_{holes} は、 $n_{\text{holes}} = A_{\text{req}} / A_{\text{hole}} = 2.3 \times 10^{-3} / 1.13 \times 10^{-6} = 2035$ によって決まる。

【0051】

幾何学的条件によれば、基板の位置決め及び剛性に関係する機能の低下などの悪影響を生じさせることなく、基板テーブルに最大約8000個までの孔を形成できることが分か

50

っている。他の代表的な実施例では、基板への冷却流体の供給を容易にするために、基板に最大約 4 0 0 0 個までの孔を形成できる。例えば水や他の液体など空気より優れた熱伝達特性を有する流体では、必要な孔の数を減らすことができることが分かっている。

【 0 0 5 2 】

前記の代表的な実施例では、ウェハの直径 D_{wafer} は 0 . 3 メートルである。したがって、ウェハ・テーブルの面積 A_{table} は、 $\pi / 4 (0 . 3)^2$ 、すなわち 0 . 0 7 1 m^2 である。

【 0 0 5 3 】

したがって、例えば直接的な気体の調節では、ウェハ・テーブルの孔の密度は約 1 4 0 0 0 孔 / m^2 から約 1 1 3 0 0 0 孔 / m^2 まで様々でよい。他の実施例では、孔の密度は約 1 4 0 0 0 孔 / m^2 ~ 約 5 7 0 0 0 孔 / m^2 である。

10

【 0 0 5 4 】

既に言及したように、水など液体の直接的な調節では、必要な孔の密度はより小さくなる。低水流を用いると、孔の最小数を 1 にする著しい低減が既に達成されていることが分かっている。したがって、先に計算した孔のサイズでは、1 平方メートルあたり 1 4 孔という最小の孔の配置が可能である。ただし、この値は、使用される孔の面積によって変化するが、孔の面積も変わる可能性がある。代表的な実施例では、孔の数を約 3 0 個とすることが可能であり、これは 1 平方メートルあたり約 4 2 0 孔という孔の密度に相当する。代表的な実施例では、水によって調節される冷却システムの場合、ウェハ・テーブルの孔の密度は 1 平方メートルあたり約 2 0 0 孔以上で変化する。

20

【 0 0 5 5 】

前記の実施例では、特定のパラメータには予め決定された値が割り当てられているが、こうした予め決定された値は変化する可能性のあることを理解すべきである。そのような場合には、それに応じて予め決定されたパラメータに依存する他のパラメータも変化する。

【 0 0 5 6 】

シミュレーションによれば、空気を用いてウェハを直接調節すると、全体的なウェハの温度が 2 分の 1 ~ 3 分の 1 に低下することが分かっている。さらに、ウェハの最大加熱は約 2 0 % 減少する。こうした結果を得るには、1 2 ~ 6 0 m^3 / 時の範囲の比較的高流速の空気流、及びノズル流出が必要であることが分かっている。

30

【 0 0 5 7 】

シミュレーションによれば、さらに、水流を用いてウェハを直接調節すると、0 . 0 0 3 ~ 0 . 3 リットル / 分の範囲の比較的小さい水流の場合には、全体的なウェハの温度は、4 分の 1 ~ 1 0 分の 1 に低下し、ウェハの最高温度については 2 分の 1 ~ 3 分の 1 になることが分かっている。

【 0 0 5 8 】

水流によってウェハの加熱現象が低減されることが分かっている。

【 0 0 5 9 】

図 3 は、本発明の実施例によるウェハ調節を計算するためのシミュレーションで用いた、3 次元モデルについての 2 次元図を示している。

40

【 0 0 6 0 】

計算は、熱ネットワーク解析プログラム T A K 3 を用いて行った。そのモデルを図 3 に概略的に示す。モデル化を簡単にするため、計算ではウェハを正方形として、 $7 \times 7 = 49$ のウェハ・ノードを使用している。すべてのウェハ・ノード 3 1 を 1 つのダイとみなす。ウェハ・ノード 3 1 の下には、同様のノードの配置を、水又は空気ノード 3 3、(z 方向における温度の不均一性を説明するために、2 つの垂直部分に分割された) ウェハ・テーブル・ノード 3 4、ミラー・ブロック・ノード 3 5 (2 つの垂直部分、次には境界ノード) に対して用いている。

【 0 0 6 1 】

さらに、環境空気の境界ノード 3 0、空気 / 水供給の境界ノード 3 2、及びミラー・ブ

50

ロックの境界ノード３６が設けられている。

【００６２】

モデル中のノード３０～３６は、一般的にはシリコンで作製されるウェハＷ、ウェハ・テーブルＷＴ及びミラー・ブロックＭＢの各材料からなる面内および垂直方向の導体４０～４７によって接続されている。ウェハ・テーブルＷＴ及びミラー・ブロックＭＢ／Ｃは、小さい熱膨張係数を有する材料で作製することができる。材料には、きわめて低い熱膨張係数を有するＺＥＲＯＤＵＲ（商標登録）などのガラス材料や、Ｃｏｒｄｕｒｉｔｅなど他の材料が含まれる。特にこのモデルでは、ノード３０～３６は、環境空気との自由な熱伝達４０、ウェハ材料による熱伝導４１、空気／水による強制的熱伝達４２、空気／水による熱伝導４３、ウェハ・テーブル材料による熱伝導４４、空気による熱伝導４５、ミラー・ブロック材料による熱伝導４６、及び水流による熱伝導４７の各導体に接続されている。すなわち、図２に示すように、モデルにおける水又は空気の冷却流は、まずウェハ・テーブルＷＴ内の孔２０を通過し、次にウェハＷとウェハ・テーブルＷＴとの間を流れ、次に孔２２を通過して流出する。ウェハ・テーブルＷＴの孔２０を通る媒体による強制的熱伝達は空気による冷却の計算には組み込まず、水の計算にのみ組み込む。強制的熱伝達を組み込み、それがウェハ・テーブルＷＴの加熱に影響を与えるかどうかを調べたが、シミュレーションによれば、その影響は無視できるものであることが分かった。したがって、このモデルを、空気に対する媒体の強制的熱伝達を説明するように適合させなかった。さらに実際には、流体はミラー・ブロックＭＢ／Ｃを通り、ウェハを直接冷却した後、ウェハ・テーブルＷＴ及びミラー・ブロックＭＢ／Ｃを通過して戻ることができる。この場合も、このモデルの単純化が、結果に対して無視できる程度の影響しか及ぼさないものと考えられる。

10

20

【００６３】

図３では、モデルを２次元モデル（例えば、ウェハに対して１×７のノード）として示しているが、シミュレーションに用いた実際のモデルは、Ｘ方向にもＹ方向にも７×７のノード及び導体を有している。

【００６４】

ウェハでの照射線量として 249 mJ/cm^2 という値を用いているが、これはリソグラフィ装置にとって一般的な大きな照射線量である。

【００６５】

冷却媒体として空気を用いるとき、空気の速度を制限するために孔の最小量が必要である。そうでないと、流れによって振動が引き起こされる可能性があるためである。さらに、圧力損失が制限されるようにすることが好ましい。媒体の供給に必要な孔２０の直径及び数（戻り孔２２は含まず）を、空気と水の両方について表１に一覧表にして示す。

30

【００６６】

【表１】

表１：供給孔の直径及び数（表１には戻り孔２２は示さず）

媒体	孔の直径 [mm]	供給に必要な孔の 最小数	解析における供給孔の数
空気	1.2	2100	適用なし
水	1.2	31	49

40

【００６７】

図２に示すように、ウェハ・テーブルＷＴからウェハＷに向かう空気の流出は、単に孔２０から出るだけでもよい。しかし、他の実施例では、ウェハＷに対する空気の熱伝達を高めるために、例えばノズルの形で、局所的により小さい流出開口が基板テーブルＷＴに設けられる。このノズルの効果により、はるかに高い熱伝達係数を与える小さい空気ジェットが得られる。ノズルありの状態とノズルなしの状態の両方について、空気流の設定、空気の速度及びその結果得られる強制的熱伝達の熱伝達係数をすべて表２にリストとして

50

示す。空気流が高速になると、空気流が音速でノズルを通過することを防ぐために、ノズルの直径を大きくしなければならない。水に対する流れの設定、並びにその結果得られる水の速度及び熱伝達係数を表3に示す。

【0068】

最も正確なモデルを提供するために、残りのモデルのパラメータは、リソグラフィ装置における一般的な値を示すように設定した。

【0069】

【表2】

表2: 空気流の設定

ϕ_m [kg/秒]	ϕ_v [m ³ /時]	v 孔を通過する空気 [m/秒]	通常の流出		ノズルの流れ		
			v ウェハ下の空気 [m/秒]	hc ウェハ下の空気 [W/m ² ·K]	D ノズル [mm]	v ノズルを通過する空気 [m/秒]	hc ウェハ下の空気 [W/m ² ·K]
0.005	30	3.5	0.9	449	0.2	126	1.9e3
0.010	60	7	1.8	449	0.2	253	2.5e3
0.015	90	10.5	2.7	449	0.22	314	2.7e3
0.020	120	14	3.6	449	0.25	323	2.5e3
0.025	150	18	4.6	449	0.3	281	2.1e3

【0070】

【表3】

表3: 水流の設定

ϕ_m [kg/秒]	ϕ_v [l/分]	v 孔を通過する空気 [m/秒]	v ウェハ下の空気 [m/秒]	hc ウェハ下の空気 [W/m ² ·K]
0.00005	0.003	8.9e-4	3.5e-5	1e4
0.0001	0.006	1.8e-3	7.1e-5	1e4
0.001	0.06	0.18	7.1e-4	1e4
0.005	0.3	0.089	3.5e-3	1e4
0.01	0.6	0.18	7.1e-3	1e4
0.05	3.0	0.89	0.035	1e4
0.1	6.0	1.8	0.071	1e4

【0071】

各表に示した $X \times 10^Y$ (ここで、 X は正の数値であり、 Y は正の整数でも負の整数でもよい) という表記は、 $X \times 10^Y$ という表記と同義であることに留意されたい。

【0072】

シミュレーションの結果を図4～図11に示す。特にこの結果は、ウェハを直接冷却すると、特にウェハの全体的な加熱及び露光位置での局所的な加熱が低減されることを示している。以下の結果は前記のモデルについて言及したものであるが、このモデルから得られるパラメータは実際のリソグラフィ装置に適用できる。このように、モデル化された結果から本発明の実施例が得られる。

【0073】

図12は、従来のリソグラフィ装置について、ウェハの異なる位置、とりわけ、最初の露光位置(111)、ウェハの中心位置(144)、及び最後の露光時のウェハ上の位置(177)における温度を時間に対して示している。図12は、本発明の実施例に従って冷却された装置について、従来のリソグラフィ装置との比較を示すために記載したものである。

【0074】

図12は、調節がない場合のウェハの平均温度に対する空気流の影響を示している。図12では、3つの位置111、144、177について、ウェハWにおける温度を時間に対して示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 5 】

図 4 ~ 図 1 2 に関して、- Z X Y という表記を有する各位置に対する識別名は、モデルにおける座標を表している。したがって、座標 1 X Y を有する位置はウェハ上の位置を指し、座標 2 X Y を有する位置はウェハの下面の位置を指し、座標 3 X Y を有する位置はウェハ・テーブル W T の上面の位置を指し、座標 4 X Y を有する位置はウェハ・テーブル W T の底面の位置を指し、座標 5 X Y を有する位置はミラー・ブロック M B の上面の位置を指し、座標 6 X Y を有する位置はミラー・ブロック M B の中央領域の位置を指す。X 方向及び Y 方向の位置は、それぞれ 1 ~ 7 の値をとることが可能であり、X - Y 平面内での位置を通常の方法で指す。図 3 では、位置 1 1 1 は最初の露光位置であり、1 4 4 はウェハの中心にあり、位置 1 7 7 は最後の露光が行われる位置である。

10

【 0 0 7 6 】

【 表 4 】

表 4 : 調節されていないウェハと比較したウェハの直接冷却による効果

		T-global [mK]	T-global 比 [-]	T-max [mK]	T-max 比
調節なし		494	1.00	2046	1.00
空気流 [m³/時]	タイプ				
3	通常	334	0.68	1791	0.88
6		324	0.66	1778	0.87
12		306	0.62	1755	0.86
30		264	0.53	1702	0.83
60		221	0.45	1644	0.80
90		194	0.39	1608	0.78
120		176	0.36	1580	0.77
150		163	0.33	1560	0.76
3	ノズル	320	0.65	1761	0.86
6		300	0.61	1726	0.84
12		272	0.55	1680	0.82
30		212	0.43	1582	0.77
60		152	0.31	1477	0.72
90		118	0.24	1408	0.69
120		98	0.20	1365	0.67
150		86	0.17	1342	0.66
水流 [l/分]					
0.003	適用なし	161	0.33	947	0.46
0.006		159	0.32	944	0.46
0.06		130	0.26	904	0.44
0.3		64	0.13	797	0.39
0.6		34	0.07	729	0.36
3		8.3	0.02	515	0.25
6		5.6	0.01	408	0.20

20

30

【 0 0 7 7 】

図 3 からは、特に、最後に露光されるダイでの露光直前のウェハの温度（以下、T - g l o b a l と呼ぶ）、及び最後のダイでの露光終了後ウェハの最高温度（以下、T - m a x と呼ぶ）の各パラメータが注目される。調節されたウェハについて、モデル化された設定、すなわち通常の空気流、ノズルの空気流、水流の様々な流量における T - g l o b a l 及び T - m a x の値、並びにそれらの比を表 4 に示す。比較のため、表 4 には調節されていないウェハについての T - g l o b a l 及び T - m a x も示している。これらの結果は、図 4 ~ 図 7 にもグラフを用いて示す。

40

【 0 0 7 8 】

これらの結果から、空気を用いてウェハを直接冷却すると、全体的な加熱を 2 分の 1 ~ 3 分の 1 に減少させることができることが分かる。最高温度 T - m a x の低下量は約 2 0 % である。

【 0 0 7 9 】

水を用いてウェハを直接冷却すると、その結果は空冷に対してさらに改善される。低速の水流でもその改善は著しいものである。小さい水流では、全体的な加熱 T - g l o b a

50

1を4分の1～10分の1に減少させることができる。ウェハの最高温度 $T - max$ も小さくなり、2分の1～3分の1になる。特に、図4はウェハの直接冷却でのウェハの平均温度に対する空気流の影響を示し、図5はウェハの直接冷却でのウェハの最高温度に対する空気流の影響を示し、図6はウェハの直接冷却でのウェハの平均温度に対する水流の影響を示し、図7はウェハの直接冷却でのウェハの最高温度に対する水流の影響を示している。表4に示し、且つ図4～図7に図示した結果から、空気など気体の場合には、約3リットル/分～150リットル/分の空気流によってウェハの調節が改善されることが分かる。さらに、水などの液体の場合には、約0.003リットル/分～約6リットル/分の流れによってウェハの調節が改善される。これらの範囲内では、それぞれの特定の状況に応じて任意の特定の流れを提供することができる。特に、約0.06リットル/分以上の水流により、特に有利なウェハの調節結果がもたらされることが分かっている。

【0080】

2つの異なる水流について、ウェハの異なる位置、並びにウェハ・テーブルWT及びミラー・ブロックMBの中心位置における温度の挙動のグラフを、図8～図11に示している。特に図8は、ウェハの異なる位置、特に最初のダイ111、中心のダイ144及び最後のダイ177におけるウェハの温度挙動を示している。特に図8は、3つの位置について時間に対する温度変化を示している。調節されていないウェハを示す図12に示された結果に対して、 $T - max$ 及び $T - global$ が著しく改善されていることが分かる。露光される各位置について、時間に対する温度の上昇は調節されていないウェハの場合より少なくなる。図8に示すように温度の上昇、特に $T - max$ 及び $T - global$ を減少させることができれば、重ね合わせなどウェハの加熱に関連する問題を緩和できることが分かっている。

【0081】

図9は、1分あたり0.006リットルの水流でのウェハの中心144、ウェハ・テーブル上部の中心344、ウェハ・テーブル底部の中心444、ミラー・ブロック上部の中心544及びミラー・ブロック中央部の中心644における温度の挙動を示している。ウェハの中心、すなわちウェハ全体の露光を通じて概ね半分の距離での露光中の温度上昇が示されている。図9を図12の中心のピークと比較すると、調節されていないウェハでウェハの中心位置144が到達する最高温度 $T - center$ は、図9に示した調節されたウェハの場合より著しく高いことが分かる。さらに図9は、ウェハの直接冷却による著しい効果を示している。さらに図9は、ウェハ及びウェハ・テーブル、特にウェハでは、露光中の温度上昇がミラー・ブロックMBよりはるかに高いことを示している。したがって、チャック又はミラー・ブロックのみを調節する従来の冷却システムでは、最も調節を必要とする位置が間接的にしか調節されず、効率的な調節が行われなため、調節の効率が最適化されていないことが分かる。このことはさらに、異なる流量について同様のグラフを示した図11にも示されている。

【0082】

図10は、1分あたり0.3リットル/分の水流での最初のダイ111、中心のダイ144及び最後のダイ177におけるウェハの温度挙動を示している。特に図10は、図12と比べると、ウェハの直接調節が、調節されていないウェハに対して大幅に改善されることを示している。特に $T - max$ 及び $T - global$ は著しく低下している。水など液体の流れによる実施例では、約3リットル/分の速度で、特に $T - max$ 及び $T - global$ について、ウェハの調節が大幅に改善されることが分かる。

【0083】

図11は、1分あたり0.3リットル/分の水流でのウェハの中心144、ウェハ・テーブル上部の中心344、ウェハ・テーブル底部の中心444、ミラー・ブロック上部の中心544及びミラー・ブロック中央部の中心644における温度挙動を示している。図11は、1分当たり0.3リットル/分の水流量について示されていることを除いて、図9と同じである。図9に関して得られた所見は、図11にも同様にあてはまる。

【0084】

10

20

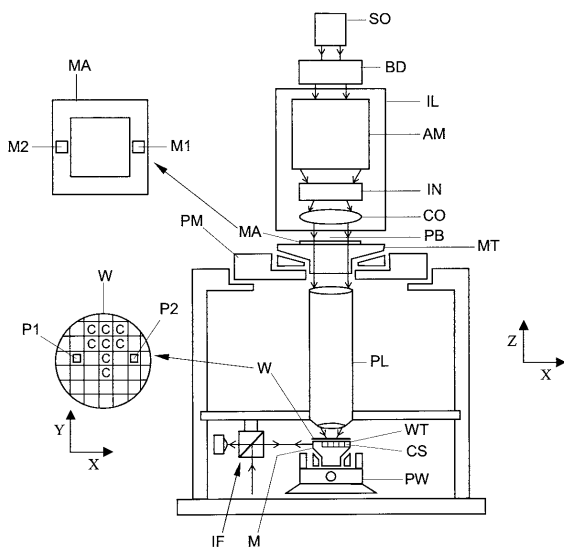
30

40

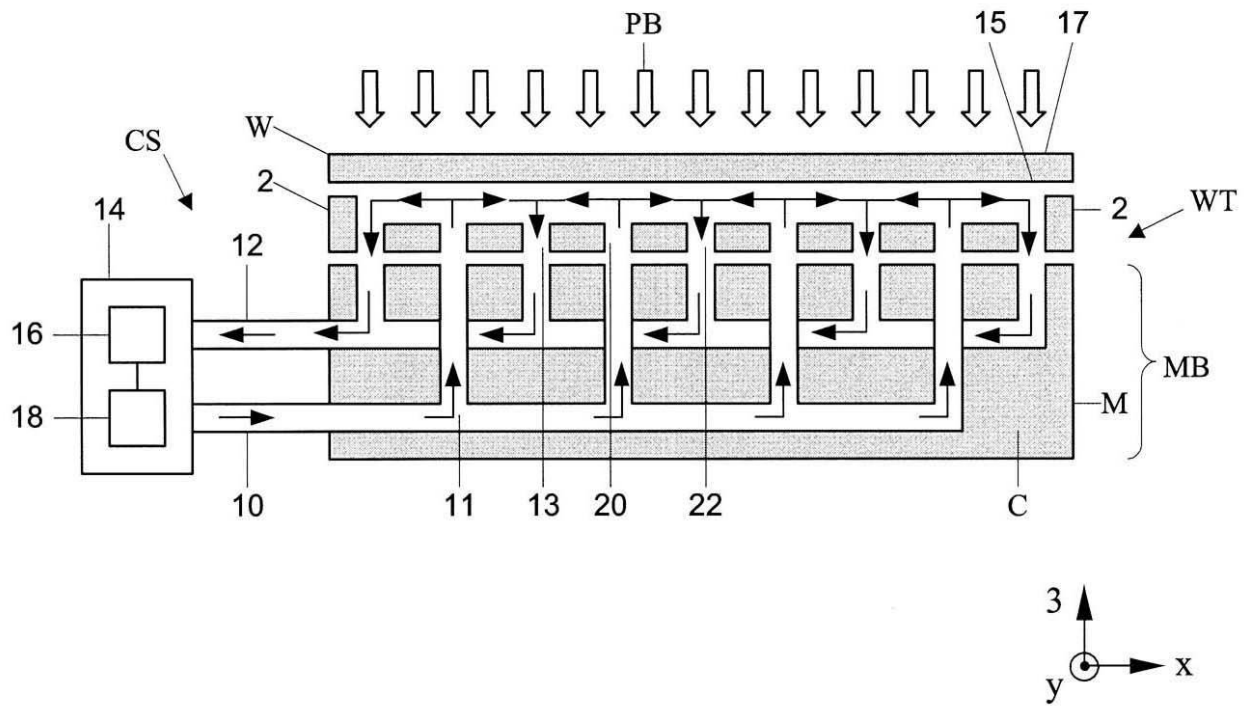
50

ここまで本発明の特定の実施例について説明してきたが、本発明は記載したものとは別の方法で実施することができることが理解されよう。上記説明は本発明を限定するものではない。

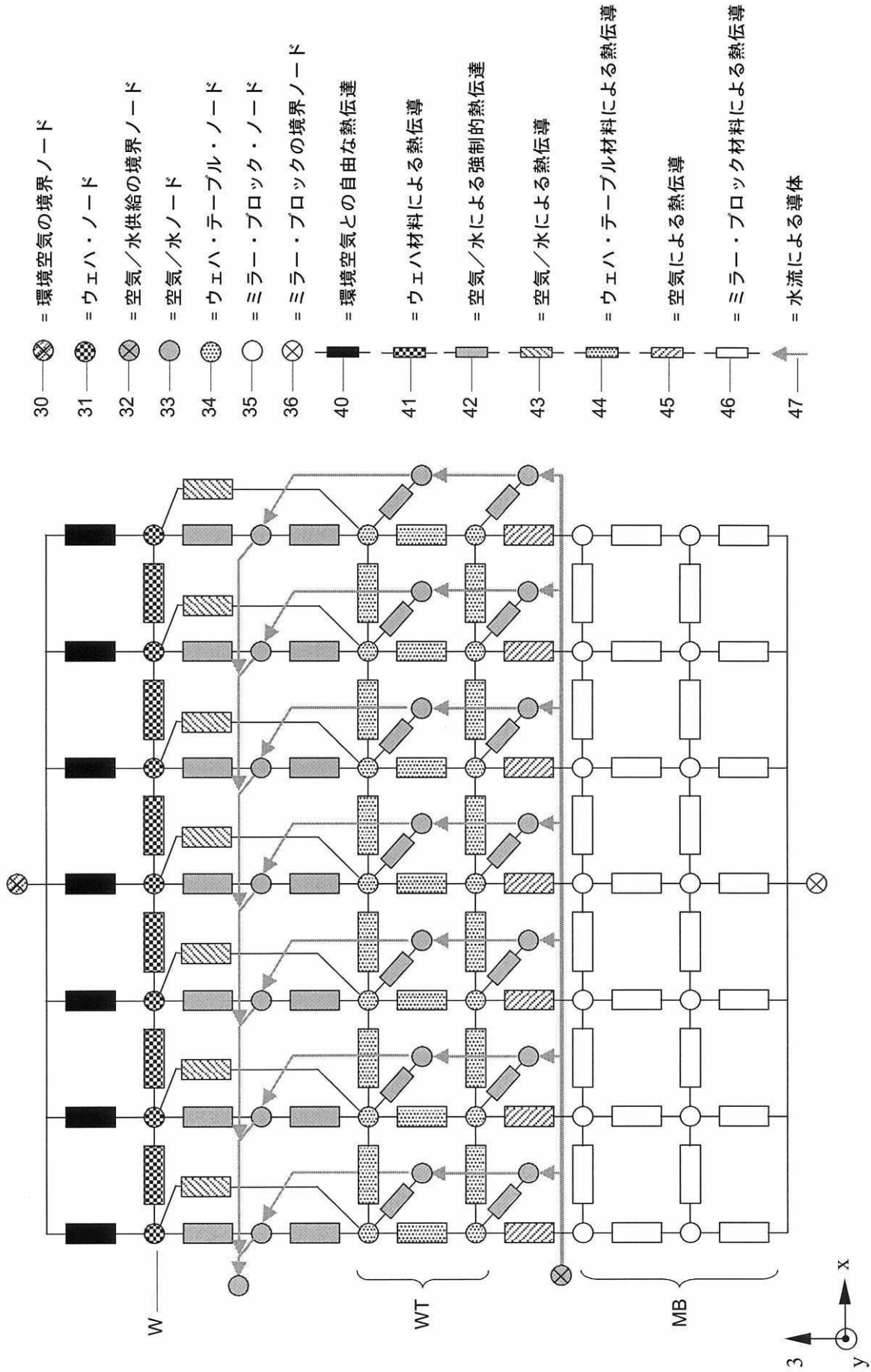
【 図 1 】



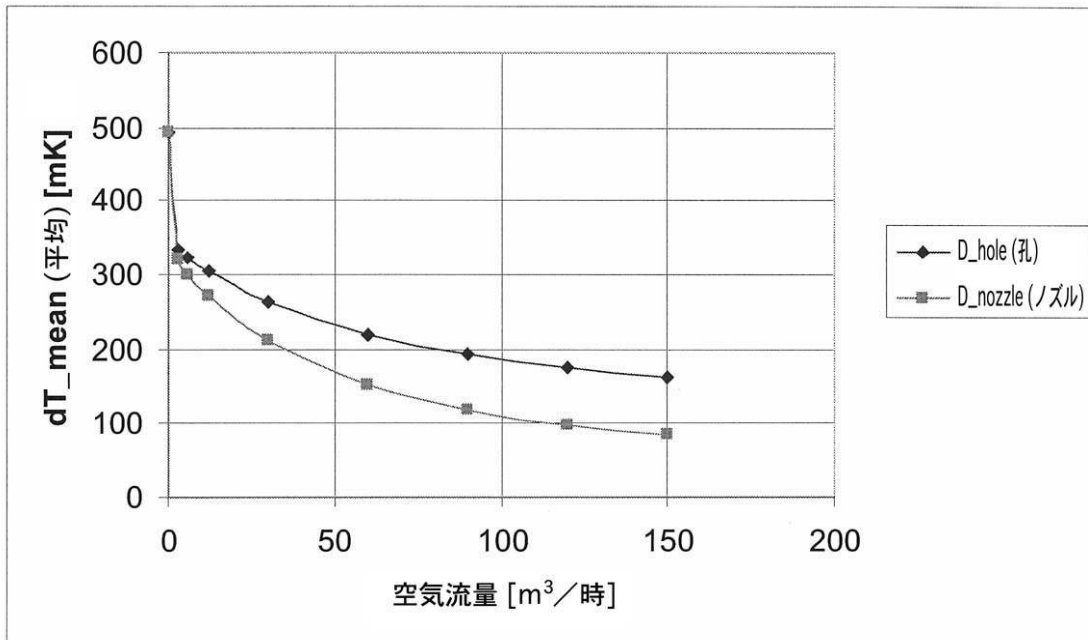
【 図 2 】



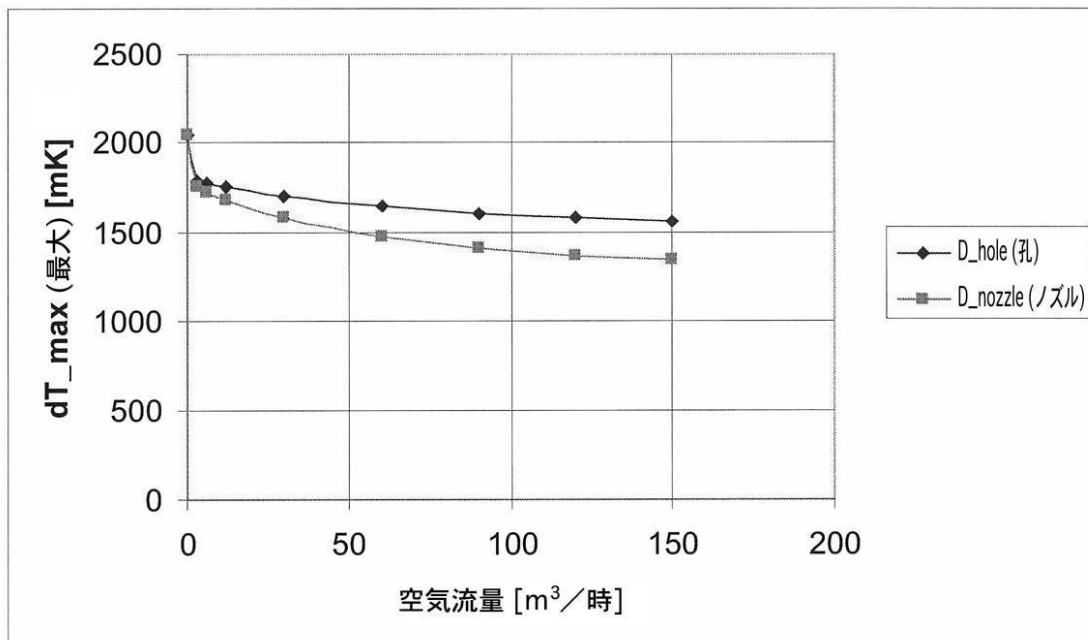
【図 3】



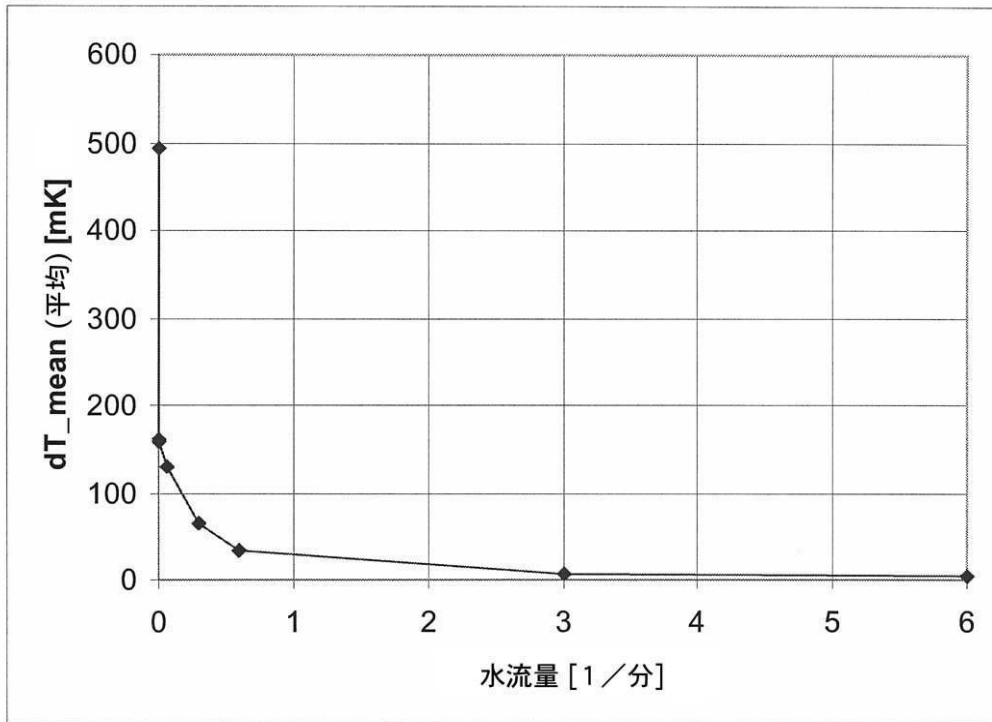
【 図 4 】



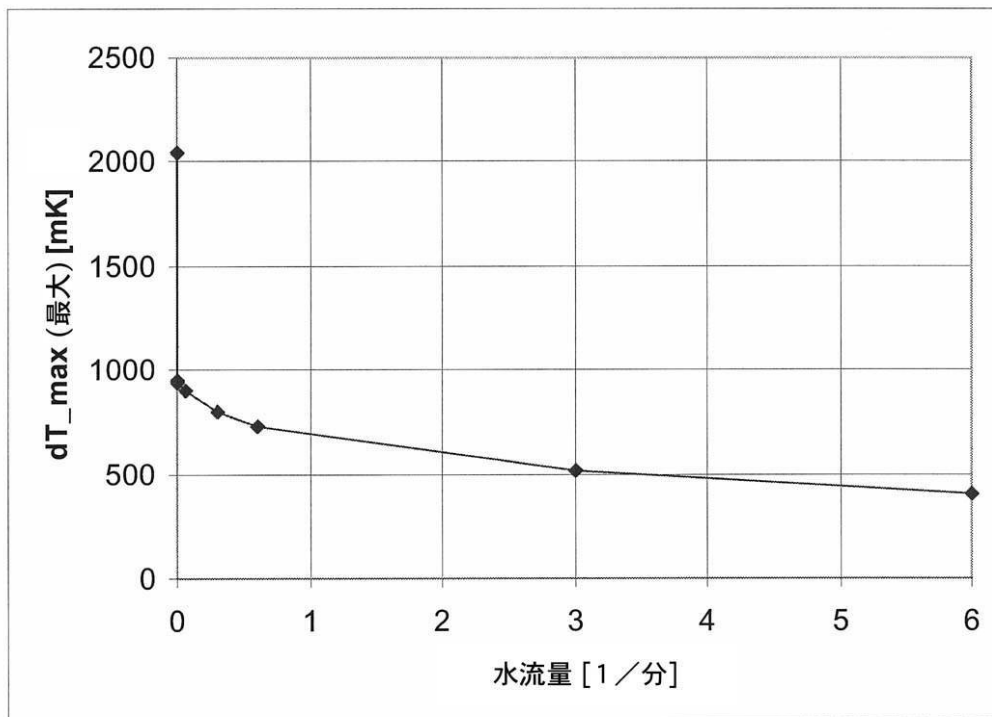
【 図 5 】



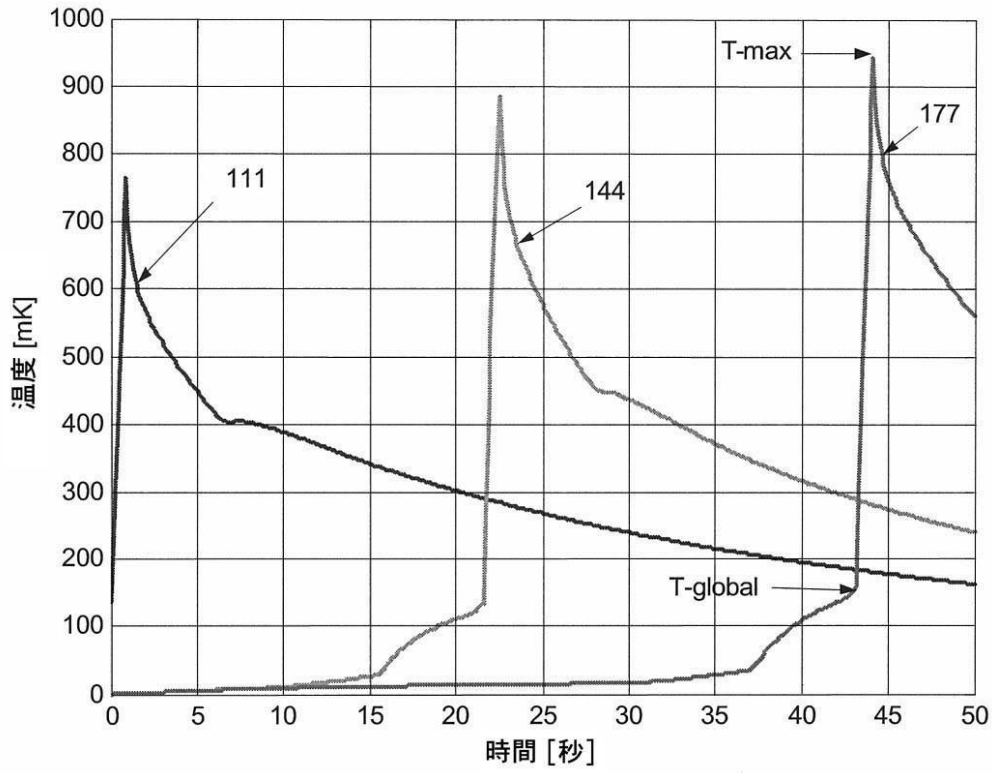
【図 6】



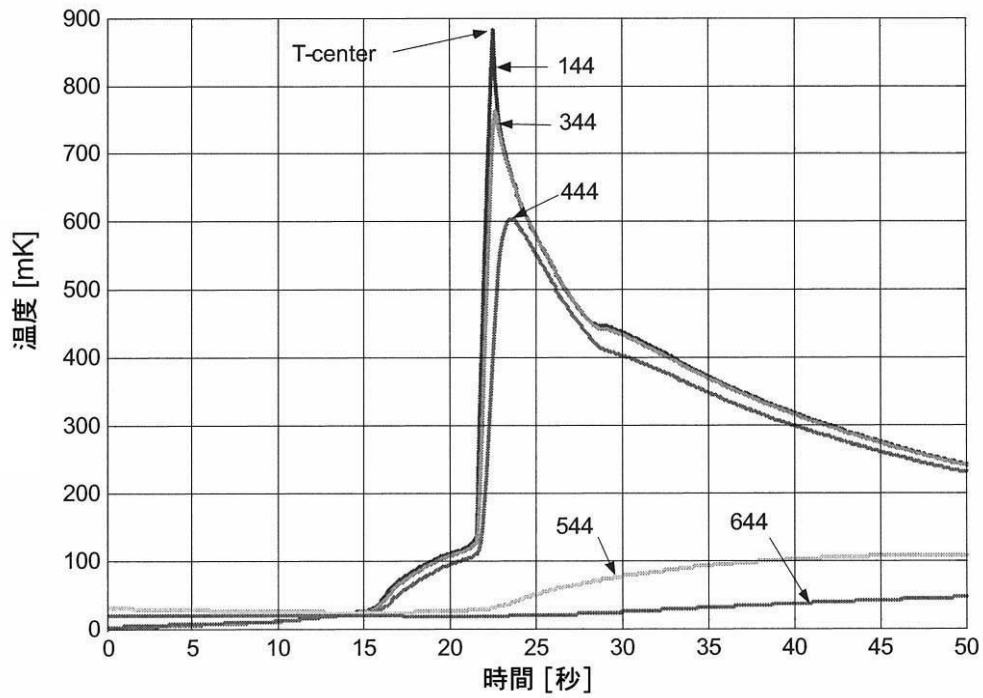
【図 7】



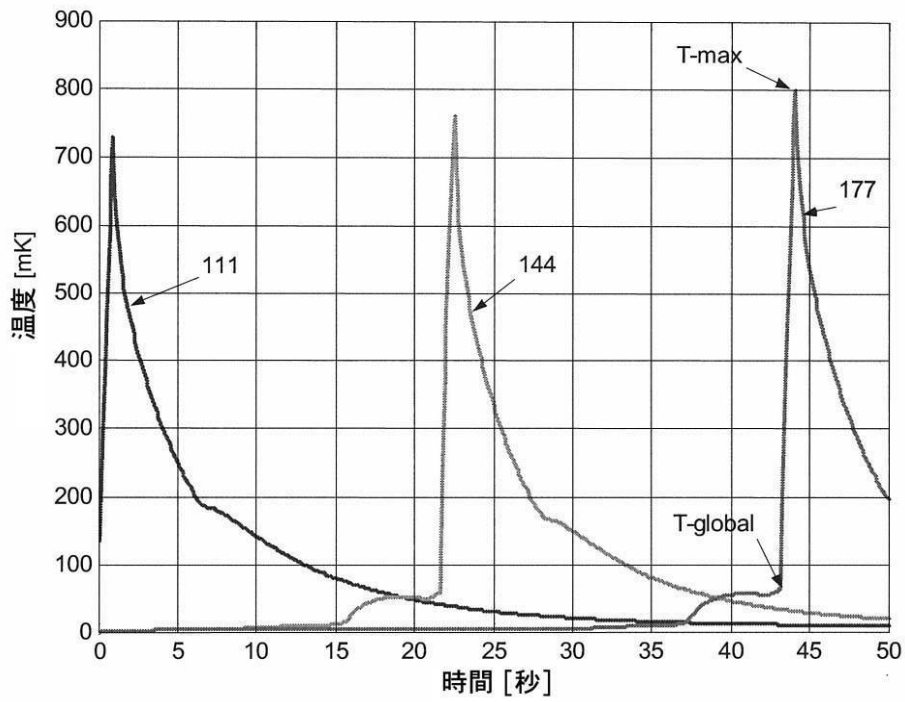
【 図 8 】



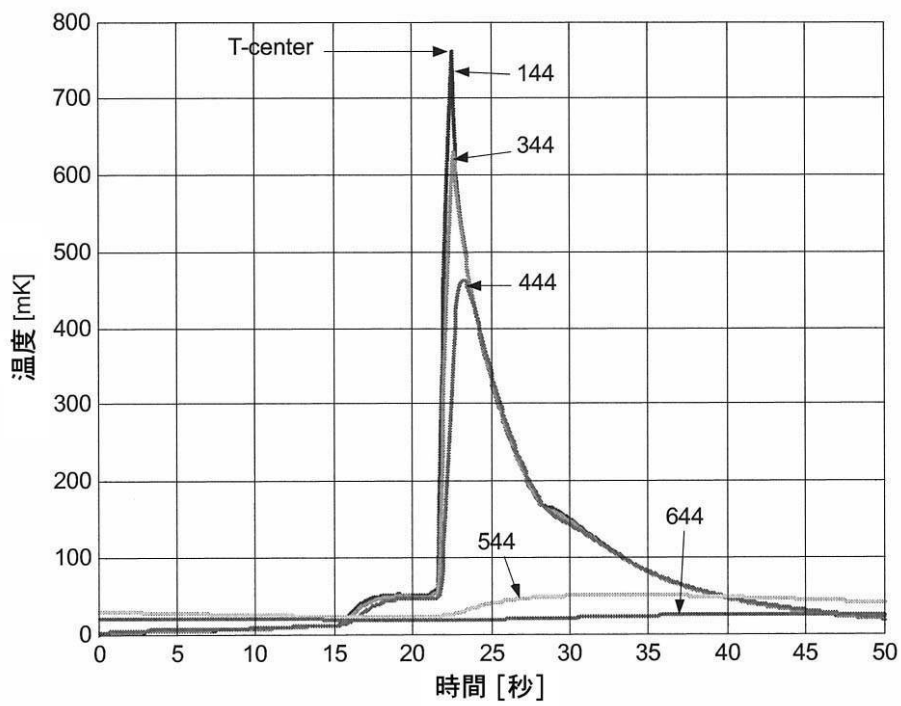
【 図 9 】



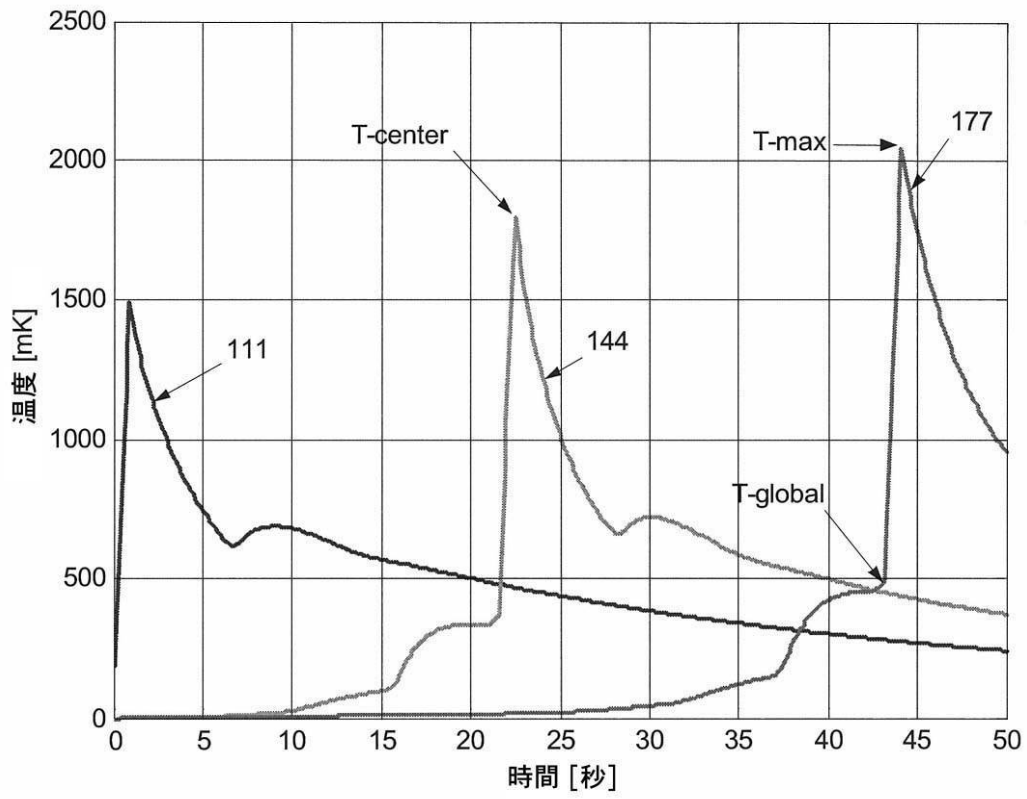
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



(従来技術)

【外国語明細書】
2010141342000001.pdf