

(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2004-517485

(P2004-517485A)

(43) 公表日 平成16年6月10日(2004.6.10)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027	HO 1 L 21/30 5 3 1 A	2 H O 9 7
GO 3 F 7/20	GO 3 F 7/20 5 0 1	5 F O 4 6

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 36 頁)

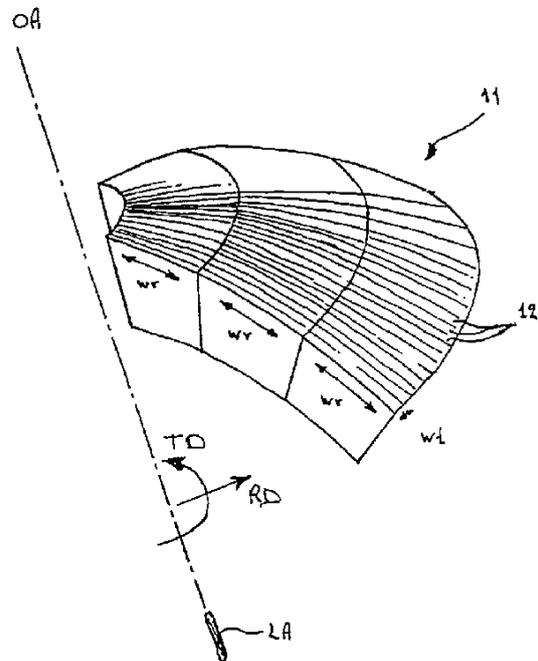
(21) 出願番号	特願2002-554787 (P2002-554787)	(71) 出願人	590000248
(86) (22) 出願日	平成13年12月24日 (2001.12.24)		コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ
(85) 翻訳文提出日	平成14年8月30日 (2002.8.30)		Koninklijke Philips Electronics N. V.
(86) 国際出願番号	PCT/IB2001/002710		オランダ国 5621 ペーアー アインドーフエン フルーネヴァウツウェッハ 1
(87) 国際公開番号	W02002/054153		Groenewoudseweg 1, 5621 BA Eindhoven, The Netherlands
(87) 国際公開日	平成14年7月11日 (2002.7.11)	(74) 代理人	100087789
(31) 優先権主張番号	09/752, 818		弁理士 津軽 進
(32) 優先日	平成13年1月3日 (2001.1.3)	(74) 代理人	100114753
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 宮崎 昭彦
(81) 指定国	EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), JP, KR		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透明構造を持つ真空チャンパー壁を有する照明システム

(57) 【要約】

リソグラフィー投影装置は真空チャンパー(10)に收容された放電プラズマ放射線源(LA)を有する。放射線源はEUV放射線のビーム(PB)を発生させる。真空チャンパーのチャンパー壁は、放射線ビームの伝播方向にほぼ平行になった隣接した狭いチャンネル(11)を有するチャンネル構造が組み込まれると共に、ビームの離接に従ってビーム軸に沿って減少又は増加する幅を持つ。この構造は、ずっとより高い真空レベル(より低圧)に保持された他の隣の真空チャンパー(20)へビームを通過させる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

照明システムであって、

放射線のビームを発生させるように構築された放射線源と、

チャンネル構造が組み込まれたチャンバー壁により分離された 2 つの真空チャンバーであって、前記チャンネル構造は前記真空チャンバーの一方から他方へ前記放射線を通過させるよう前記放射線の伝播方向にほぼ平行になった壁により分離された隣接した狭いチャンネルを有し、前記伝播方向は前記の装置の光学軸にほぼ沿う、当該 2 つの真空チャンバーと、を有する照明システムにおいて、

前記チャンネルの幅が発散又は収束する放射線のビームの通過にそれぞれ従って、前記光学軸に沿って増加又は減少することを特徴とする照明システム。 10

## 【請求項 2】

前記チャンネル構造がハニカム構造を有することを特徴とする請求項 1 に記載の照明システム。

## 【請求項 3】

前記光学軸に垂直な半径方向の前記チャンネルの断面寸法が、前記光学軸の周りの接線方向の前記チャンネルの他の断面寸法よりも大きいことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の照明システム。

## 【請求項 4】

前記接線系方向の前記幅が 0 . 1 ~ 2 mm の範囲にあり、好適には 0 . 2 ~ 0 . 7 mm の範囲にあることを特徴とする請求項 3 に記載の照明システム。 20

## 【請求項 5】

前記半径方向の前記幅が 5 ~ 50 mm の範囲にあり、好適には 10 ~ 30 mm の範囲にあることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の照明システム。

## 【請求項 6】

前記チャンネルの長さが 5 ~ 70 mm の範囲にあり、好適には 10 ~ 40 mm の範囲にあることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の照明システム。

## 【請求項 7】

前記装置が、前記真空チャンバーの 1 つに収容された放射線源を更に有する請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の照明システム。 30

## 【請求項 8】

前記放射線源が極紫外線を発生させるためのプラズマ源である請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の照明システム。

## 【請求項 9】

前記放射線源が放電プラズマ源であることを特徴とする請求項 8 に記載の照明システム。

## 【請求項 10】

前記放射線が、波長が 0 . 5 ~ 50 nm の範囲にあり、好適には 5 ~ 20 nm の範囲にある極紫外線であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の照明システム。

## 【請求項 11】

前記チャンネル壁が前記の投影ビーム放射線に対して反射性であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の照明システム。 40

## 【請求項 12】

前記チャンネル壁がモリブデン層でコーティングされていることを特徴とする請求項 11 に記載の照明システム。

## 【請求項 13】

放射線の投影ビームを供給するように構築され構成された照明システムと、

マスクを保持するよう構築されたマスクテーブルと、

基板を保持するよう構築された基板テーブルと、

マスクの照射された部分を基板のターゲット位置に投影するよう構築され構成された投影 50

システムと、

を有するリソグラフィ投影装置において、

前記照明システムが請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のシステムであることを特徴とするリソグラフィ投影装置。

【請求項 14】

基板の少なくとも 1 つの層にデバイス特徴を有するデバイスを製造する方法であって、当該方法は少なくとも以下の連続ステップ、即ち、

前記基板層に構成されるべきデバイス特徴に対応するパターン特徴を有するマスクパターンを提供するステップと、

照明システムにより前記マスクパターンを照光するステップと、

前記マスクパターンを投影システムにより前記基板にコーティングされたレジスト層に投影するステップと、

前記レジスト層を現像するステップと、

前記レジスト層に構成された前記パターンにより描かれた基板エリアから物質を除去する、又は該基板エリアに物質を加えるステップと、

の少なくとも 1 組を有する当該方法において、請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のシステムが使用されることを特徴とする方法。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の方法により製造されたデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、照明システムであって、

放射線のビームを発生させるように構築された放射線源と、チャンネル構造が組み込まれたチャンパー壁により分離された 2 つの真空チャンパーであって、前記チャンネル構造は前記真空チャンパーの一方から他方へ前記放射線を通過させるよう前記放射線の伝播方向にほぼ平行になった壁により分離された隣接した狭いチャンネルを有し、前記伝播方向は前記照明システムの光学軸にほぼ沿う、当該 2 つの真空チャンパーと、を有する照明システムに関する。

【0002】

本発明は更に、このような照明システムを有するリソグラフィ投影装置及びこのような装置を用いてデバイスを製造する方法に関する。

【0003】

【従来の技術】

簡単のため、本装置の投影システムはこれ以降「レンズ」と呼ばれるかもしれないが、この語句は、例えば屈折光学、反射光学及び反射屈折システムを含む多様な投影システムを包含するように広く解釈されるべきである。加えて、第 1 及び第 2 オブジェクトテーブルは、それぞれ「マスクテーブル」及び「基板テーブル」と呼ばれるかもしれない。更に、リソグラフィ装置は、2 つ以上のマスクテーブル及び/又は 2 つ以上の基板テーブルを有する種類のものであり得る。このような「多段」装置では追加のテーブルが並行して使用されることが可能であり、これは、1 つ以上の段で予備ステップが実行されると同時に 1 つ以上の他の段が露光用に用いられることができることを意味する。2 段 (twinstage) リソグラフィ装置は、例えば国際特許出願公開第 WO 98 / 28665 号及び第 WO 98 / 40791 号で説明されている。

【0004】

リソグラフィ投影装置は、例えば集積回路 (IC) の製造に用いられることができる。このような場合、マスク (レチクル) は IC の個々の層に対応する回路パターンを含むことができる。このパターンは、放射線感受性物質 (レジスト) の層でコーティングされた基板 (シリコンウェーハ) 上の (1 つ以上のダイを有する) ターゲットエリアに投影されることができる。一般的に単一のウェーハは、1 つずつマスクを介して連続的に照射され

10

20

30

40

50

る隣接したターゲットエリアのネットワーク全体を含む。リソグラフィ投影装置の1種では、各ターゲットエリアは、マスクパターン全体に照光することにより1度で露光される。このような装置は一般的にウェーハステッパと呼ばれる。ステップアンドスキャン装置と一般的に呼ばれる他の装置では、各ターゲットエリアは、投影ビームを通じて任意の参照方向(「スキニング」方向)にマスクパターンを進行的にスキャンしつつ、この方向に平行又は逆平行に基板テーブルを同期的にスキャンすることにより露光される。一般的に、投影システムは拡大係数 $M$ (一般的に1より小さい)を持つため、基板テーブルがスキャンされる速度 $V$ は、マスクテーブルがスキャンされる速度の $M$ 倍になる。ここで説明されたリソグラフィ装置に関する更なる情報は、国際特許出願公開第WO 97/33205号から収集することができる。

10

## 【0005】

リソグラフィ装置では、基板に投影されることができる特徴の大きさは投影放射線の波長により制限される。より高いデバイス密度の、従ってより高い動作速度の、集積回路を作るためには、より小さな特徴を投影することができることが望ましい。現在のほとんどのリソグラフィ投影装置は水銀ランプ又はエキシマレーザーにより発生する紫外線光を用いるが、約13nmのより短い波長の放射線を用いることが提案されている。このような放射線は、XUV又はEUV放射線とも呼ばれる極紫外線と呼ばれる。XUVは一般的に10分の数ナノメートルから数10ナノメートルまでの範囲を指し、軟X線及び真空紫外線の範囲を併せ持つ。EUVは通常リソグラフィと組み合わせて用いられ(EUVL)、約5nmから20nmの放射線帯域、つまりXUV範囲の一部をこう呼ぶ。

20

## 【0006】

EUV放射線にとって可能な線源は、例えばレーザーによって生成されたプラズマ源、放電プラズマ源、又は電子蓄積リングからのシンクロトロン放射を含む。シンクロトロン放射を用いたリソグラフィ投影装置の概略のデザインは、1993年の「Applied Optics」Vol. 32, No. 24の6920-6929ページのJ. B. Murphy他による「Synchrotron Radiation Sources and Condensers for Projection X-Ray Lithography」に説明されている。放電プラズマ源を用いた装置は、2000年のProc. SPIE 3997の136-156ページのW. Partlo他による「Development of an EUV (13.5 nm) Light Source Employing a Dense Plasma Focus in Lithium Vapor」に説明されている。

30

## 【0007】

いわゆる「アンジュレータ」及び「ウィグラ」が極紫外線の他の源として提案されている。これらのデバイスでは、例えば蓄積リング中で、高速の、通常相対論的な速度で伝播する電子ビームは、ビーム速度に対して垂直な磁場が生成される一連の領域を横切るようにされる。隣接した領域の磁場の方向は互いに反対であり、このため電子は波状の(undulating)経路をたどる。波状の経路をたどる電子の横加速は、加速の方向に垂直に、つまりずれていない経路の方向に、マックスウェル放射線の放射を生じさせる。

40

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

放射線源は、XUV放射線を放射させるためには、上で言及された放電プラズマ放射線源などのガス又は蒸気のかなり高い分圧の使用を必要とするかもしれない。放電プラズマ源では電極間で放電が作られ、これにより生じる部分的にイオン化されたプラズマがXUV範囲の放射線を発生させる。キセノンプラズマは約13.5nmのEUV範囲で放射するため、極めて高温のプラズマはキセノン(Xe)中で作成されることがかなり多い。効率的なEUV生成のためには、放射線源の電極近くにおいて典型的には0.1mbarの圧力が必要とされる。このような幾分高いXe圧を持つことの欠点は、XeガスがEUV放射線を吸収することである。例えば、0.1mbarのXeは、13.5nmの波長を持つEUV放射線を1mで0.3%しか伝導しない。従って、この幾分高いXe圧を、放射

50

線源の周りの限定された領域に封入することが必要である。これを達するため放射線源は、コレクタミラー及び照明光学部品が収容されていることのできる次の真空チャンバーからチャンパー壁により分離された、自身の真空チャンパー中に収容されることができる。しかし、線源によって放射されたEUV放射線を次の真空チャンパーに通過させるためにはEUV放射線に対して透明な開口が必要である。十分なEUV放射線を収集するために必要な壁の大きな開口は、隣の真空チャンパー中に上昇した圧力を生じさせるため、開口はEUV放射線に対して(部分的に)透明な例えば数ミクロン以下の厚さの薄い窓を用いて閉じられるかもしれない。しかし、このような薄い窓は、EUVリソグラフィーに必要な高出力のEUV放射線源からの熱負荷に耐えられない。

【0009】

10

【課題を解決するための手段】

本発明の目的は、リソグラフィー投影装置に特に適した、しかしこれに限らない、上述の問題のない照明システムを提供することである。冒頭段落で規定された照明システムは、前記チャンネルの幅が発散又は収束する放射線のビームの通過にそれぞれ従って、前記光学軸に沿って増加又は減少するということを特徴とする。

【0010】

チャンネル構造はEUV放射線に対して透明な真空チャンパー壁を構成し、更に、真空チャンパー壁の両側で異なった真空レベルを保つことができるようガス障壁を提示する。

【0011】

照明システムは、前記チャンネル構造がハニカム構造を有することを更に特徴とすることができる。 20

【0012】

好適には本照明システムは、前記光学軸に垂直な半径方向の前記チャンネルの断面寸法が、前記光学軸の周りの接線方向の前記チャンネルの他の断面寸法よりも大きいことを特徴とする。

【0013】

本発明の他の側面によれば、チャンネル壁は投影ビームに対して反射性である。

【0014】

この手法は、これらの壁へ入射する線源からの放射線が失われることを防止する。EUV放射線のためのチャンネル構造では、壁はモリブデン層により覆われていてよい。 30

【0015】

本発明は更に、

- 放射線の投影ビームを供給するように構築され構成された照明システムと、
- マスクを保持するよう構築されたマスクテーブルと、
- 基板を保持するよう構築された基板テーブルと、
- マスクの照射された部分を基板のターゲット位置に投影するよう構築され構成された投影システムと、

を有するリソグラフィー投影装置に関する。本装置は前記照明システムがここで前に説明されたシステムであることを特徴とする。

【0016】

40

本発明は更に、基板の少なくとも1つの層にデバイス特徴を有するICなどのデバイスを製造する方法に関し、本方法は少なくとも以下の連続ステップ、即ち：

- 前記基板層に構成されるべきデバイス特徴に対応するパターン特徴を有するマスクパターンを提供するステップと、
- 照明システムにより前記マスクパターンを照光するステップと、
- 前記マスクパターンを投影システムにより前記基板にコーティングされたレジスト層に投影するステップと、
- 前記レジスト層を現像するステップと、
- 前記レジスト層に構成された前記パターンにより描かれた基板エリアから物質を除去する、又は該基板エリアに物質を加えるステップと、

50

の少なくとも1組を有する。この方法は、前にここで説明された照明システムの使用を特徴とする。

【0017】

本発明を用いることにより、投影されるビームの強度は増加して投影システムの品質は向上し、この結果改良された方法が得られる。

【0018】

リソグラフィ投影を用いる製造プロセスでは、マスクのパターンは、放射線感受性物質（レジスト）により少なくとも部分的に被覆された基板に投影される。この投影ステップの前に基板はプライミング、レジストコーティング及びソフトベイクなどの種々の工程を経ることができる。露光後に基板は、露光後ベイク（PEB）、現像、ハードベイク及び投影された特徴の測定/検査などの他の工程に供することができる。この工程のアレーは、デバイス、例えばICの個々の層をパターン形成する基本として用いられる。このようなパターン形成された層は、次に、エッチング、イオン打ち込み（ドーピング）、金属化、酸化、化学的機械的研磨等、種々の工程（全て個々の層を仕上げるために行われる）を経ることができる。幾つかの層が必要とされれば、工程全体又は該工程の変形例が新しい層のそれぞれに対して反復される必要がある。最終的に、デバイスのアレーは基板（ウェーハ）上に存在するようになる。次にこれらのデバイスは、ダイシング又はソーイングなどの技術により互いに分離され、個々の装置はキャリアに搭載されたり、ピンに接続されたりすること等ができるようになる。このようなプロセスに関する更なる情報は、例えばISBN 0-07-067250-4の、1997年の、McGraw Hill Publishing Co.のPeter van Zantによる“Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing”第3版から得ることができる。

10

20

20

【0019】

以上では本発明による装置の使用についてはICの製造に対して特定の参照がなされたが、このような装置には多くの他の可能なアプリケーションがあるということが明確に理解されるべきである。例えばこれは、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用の誘導及び検知パターン、液晶ディスプレイパネル、薄膜磁気ヘッド等の製造に採用されることができる。当業者はこのような他のアプリケーションとの関連では、本文中の「レチクル」、「ウェーハ」又は「ダイ」という語句の使用はそれぞれ、より一般的な「マスク」、「基板」及び「ターゲットエリア」という語句と交換されるとみなされるべきであることを理解するであろう。

30

【0020】

更に、この説明は投影システムに入る放射線のビームをパターン形成するマスクを採用するリソグラフィ装置及び方法に集中しており、「マスク」という語句はリソグラフィ装置及び方法の広い文脈で理解されるべきであるということに気を付けるべきである。「マスク」は、前記放射線のビームをパターン形成する総称的な「パターン形成手段」を一般的に呼んでいると理解されるべきである。ここで採用された「マスク」及び「パターン形成手段」という語句は、入ってくる放射線ビームに、基板のターゲット位置に作成されるべきパターンに対応するパターンを持つ断面を与えるのに用いられることができる手段を広く呼ぶ。「ライトバルブ」という語句もこの文脈で用いられた。一般的に、前記パターンはターゲット位置で作製されたデバイス、例えば集積回路又は他のデバイスの特定の機能層に対応する。「マスクテーブル」という語句は、「パターン形成手段」を保持するためのあらゆる手段と広く理解されるべきである。マスクテーブル上のマスクプレート又はレチクルの他に、このようなパターン形成手段はプログラマブルミラーアレーを含む。このようなデバイスの例は、制御層及び反射界面を有するアドレス可能表面である。このような装置の背景の基本原理は、（例えば）反射表面のアドレスされたエリアは入射光を散乱光として反射し、アドレスされていないエリアは入射光を非散乱光として反射するというものである。適切なフィルタを用いることにより、前記非散乱光は反射ビームからフィルタ除去され、散乱光のみを残すことができる。このように、ビームはアドレス可能な

40

50

表面のアドレスパターンに基づいてパターン形成される。必要とされるマトリックスアドレス指定は適切な電子的手段を用いて実行されることが出来る。このようなミラーアレーに関して、例えば米国特許第US 5, 296, 891号及び米国特許第US 5, 523, 193号から更なる情報が収集されることが出来る。他のパターン形成手段はプログラマブルLCDアレーであり、これは米国特許第US 5, 229, 872号に説明された実施例である。

【0021】

本発明及び付随の利点は、例示的实施例及び添付の概略図面の助けと共に更に説明され、該図面中では同様の参照番号は同様の部分を示す。

【0022】

【発明の実施の形態】

図1は本発明によるリソグラフィ投影装置を概略的に描く。本装置は、EUV放射線の投影ビームPBを供給する放射システムLA及びILと、マスクMA(例えばレクチル)を保持するための第1オブジェクト(マスク)ホルダを備え、要素PLに関して前記マスクを正確に位置決めするための第1位置決め手段PMと接続された、第1オブジェクトテーブル(マスクテーブル)MTと、基板W(例えばレジストコートシリコンウェーハ)を保持するための第2オブジェクト(基板)ホルダを備え、要素PLに関して前記基板を正確に位置決めするための第2位置決め手段PWと接続された、第2オブジェクトテーブル(基板テーブル)WTと、前記基板Wのターゲット位置C(ダイ)に前記マスクMAの照射された位置を投影するための投影システム(「レンズ」)PL(例えば屈折、反射屈折又は反射システム)と、を有する。

10

20

【0023】

図1に示される装置は、反射型である(つまり、反射マスクを有する)。しかし、一般的には例えば透過型であってもよい。

【0024】

放射システムは、放射線のビームを生じる放電プラズマソースLAを有する。このビームは、得られるビームPBが投影システム及びマスクの入口瞳孔において所望の形状及び強度分布の照明を与えるような手法で収集されるように、照明システム(「レンズ」)ILに含まれる種々の光学部品に通過させられる。

30

【0025】

引き続いてビームPBはマスクMAに衝突する。このマスクはマスクテーブルMTに備えられるマスクホルダにより保持される。マスクMAにより選択的に反射された結果、ビームPBはレンズPLを通過する。このレンズは基板WのターゲットエリアCにビームPBの焦点を合わせる。干渉変位測定手段IF及び位置決め手段PWの助けを借りて、基板テーブルWTは正確に移動されることが出来る、つまり、ビームPBの経路の異なったターゲットエリアを位置決めする。同様に、位置決め手段PM及び干渉変位測定手段IFは、ビームPBの経路に関してマスクMAを正確に位置決めするのに使用されることが出来る。一般的に、オブジェクトテーブルMT及びWTの移動はロングストロークモジュール(粗い位置決め)及びショートストロークモジュール(精密な位置決め)の助けにより実現されるが、これらは図1には明記されてはいない。

40

【0026】

描かれた装置は2つの異なったモードで使用されることが出来る。

【0027】

ステップモードでは、マスクテーブルMTは基本的には固定されており、マスクイメージ全体が1回(単一の「フラッシュ」)でターゲットエリアCに投影される。次に、異なったターゲットエリアCがビームPBにより照射されることが出来るように基板テーブルWTはX及び/又はY方向に移動される。

【0028】

スキャンモードでは、任意のターゲットエリアCが単一の「フラッシュ」で露光されない

50

以外は基本的には同一のシナリオが当てはまる。代わりに、マスクテーブルMTは、投影ビームPBがマスクパターンをスキャンするように速度Vで任意の方向（いわゆる「スキャン方向」つまりY方向）に移動可能である。平行して、基板テーブルWTは同一又は反対の方向に速度 $V = Mv$ で同時に移動され、ここでMはレンズPLの拡大率（典型的には $M = 1/4$ 又は $1/5$ ）である。この手法で、解像度で妥協する必要なく比較的大きなターゲットエリアCが露光されることが出来る。

#### 【0029】

図2は図1のリソグラフィ装置の種々の真空チャンバーを描写し、図1に示される種々の部分は図2に示される種々のチャンバーに位置する。これら真空チャンバーは、1つの真空チャンバーから次の真空チャンバーへ放射線PBの投影ビームを通過させるための開口が存在する壁により分離されている。図2では線源LAを収容する線源チャンバー10と、コレクタミラー及び照明光学部品を収容する照明光学部品ボックス20と、マスクテーブル及びマスクMAを収容するチャンバー30と、投影システムを収容する投影光学部品ボックス40と、基板テーブル及び基板Wを収容するチャンバー50と、を識別することができる。種々の真空チャンバーで異なった真空レベルが保たれる。反射光学部品を清潔に保つために光学部品ボックスは最高の真空レベルを必要とする。

10

#### 【0030】

本装置は放電プラズマEUV放射線源を備え、これは、Xeガス又はリチウム(Li)蒸気などのガス又は蒸気を採用し、この中で電磁スペクトルのEUV範囲の放射線を放射するために非常に熱いプラズマが作製される。この非常に熱いプラズマは、放電の部分的にイオン化されたプラズマをシステムの光学軸上に崩壊させることにより作製され、プラズマが崩壊する領域は、一般的に光学軸に沿って有限の長さを持つ。プラズマが崩壊する伸張された領域は、図2、3及び4中でLAと示される。EUV放射線の効率的な生成のために、分圧0.1mbarのXe若しくはLi蒸気又はあらゆる他の適切なガス若しくは蒸気が必要かもしれない。

20

#### 【0031】

放射線源LAは、これらの幾分高い分圧を線源の領域に封入するために、図3により詳細に示されるように自身の線源チャンバー10に収容される。線源により放射された放射線は、次に、線源チャンバー10から照明光学部品ボックス20に伝えられる。チャンネル構造11を持つフィルタは、線源チャンバーを照明光学部品ボックスから分離する真空チャンバー壁15の光学軸OAに組み込まれる。チャンネル構造11は、放射線源LAから放射される放射線の伝播方向にほぼ平行になった壁により分離された隣接した狭いチャンネル12を有し、この伝播方向は光学軸OAにほぼ沿って向いている。チャンネル構造は線源から放射されるEUV放射線を通過させる。同時にこれは、線源チャンバーと照明光学部品ボックスとの間の流れ抵抗又は障壁として機能し、照明光学部品ボックス又は照明ボックスを線源チャンバーよりもずっと高い真空レベル（より低い圧力）に保持することができるようにする。チャンネル構造のチャンネルの形状と長さは、高いEUV透過性及び十分に高い流れ抵抗を提供するよう選択されるべきである。

30

#### 【0032】

図3は、放射線は伸張された領域LAからやや放射状に放射されることも示す。本発明によれば、チャンネル構造の透過性は増加される。この目的のため、この構造は、図3の図平面及び図平面に垂直な方向の両方で、構造中のチャンネルの幅が放射線の伝播方向の光学軸OAに沿って増加するよう構成される。このような構成では、チャンネルの壁は線源から放射される放射線の伝播方向に、より平行に向けられる。図4に更に示されるように、チャンネル構造は光学軸OAの周りに回転対称である。図4はチャンネル構造11の約4分の1しか示さない。

40

#### 【0033】

図3及び4は更に、EUV放射線を放射する領域LAが光学軸に沿って伸張される、つまり、これが光学軸に沿って有限の長さを持つということを示す。放射線を放射する伸張された領域全体に対しての、チャンネル構造を通じた放射線の伝播を更に増加させるため、

50

光学軸に垂直な方向、つまり、光学軸 O A に関する半径方向 R D のチャンネルの幅  $w_r$  は、光学軸 O A の周りの接線方向 T D のチャンネル幅  $w_t$  より大幅に大きくなるよう選択される。図 4 はこれらの幅の寸法をより良く示す。チャンネルが半径方向 R D に狭い幅を持つ場合、伸張された放射領域 L A からのとても小さい部分からの放射線しかチャンネルを通じて伝播されず、他の部分からの放射線はチャンネル壁にぶつかる。このとき小さい割合の放射線エネルギーしかチャンネル構造 1 1 を通過しない。図 3 は 2 つの放射線 1 7 を破線で示し、これらは伸張された領域 L A の反対の端から放射されており、平行にはなっておらず、1 つのチャンネルに入る。半径方向 R D に狭すぎるチャンネルは両方の放射線を通過させない。

## 【0034】

チャンネル構造のガス流れ伝導性又はガス流れ抵抗は以下のように導出される。これは、多くの隣接したチャンネルでの真空チャンバ壁の開口の分割の結果は、開口の伝導性を激減させることを示す。約 10% 以内で正確な簡略化された計算では、チャンネル構造の伝導性  $C_T$  は  $C_T = C_M + C_V$  のように書くことができ、ここで  $C_M$  は分子伝導性を、 $C_V$  はラミナ伝導性を示す。このような計算の他の背景は、ISBN 0 - 471 - 17593 - 5 の 1998 年の Wiley & Sons Inc. の J. M. Lafferty 編、「Foundations of Vacuum Science and Technology」に記載されている。高い Knudsen 数 ( $> 0.5$ ) では  $C_M$  が支配的で、低い Knudsen 数では  $C_V$  が支配的である。今考えている状況であるいわゆる遷移制度 (transition regime) では、両方の寄与が考慮

10

20

## 【0035】

図 4 の構造を考え、この構造は線源から 7 cm の距離の場所で 2.4 ステラジアンをカバーすると仮定すると、この構造は約  $114 \text{ cm}^2$  の表面積を持つ。チャンネルが、長さは約 20 mm、接線方向の幅は 0.5 mm、そして光学軸に関する半径方向の幅は 20 mm の構造で、線源における Xe の圧力が 0.1 mbar のとき、 $C_M = 50 \text{ l/s}$ 、 $C_V = 4 \text{ l/s}$ 、そして  $C_T = 54 \text{ l/s}$  となる。

## 【0036】

平衡状態では、チャンネル構造を通るガス流れは照明ボックス 20 に接続された真空ポンプ VPI への流れと等しい。

30

## 【数 1】

$$(P_{\text{source}} - P_{\text{illuminator}}) \times C_T = P_{\text{illuminator}} \times S_{\text{eff}}$$

ここで、 $P_{\text{source}}$  は線源チャンバにおける圧力、 $P_{\text{illuminator}}$  は照明ボックス中の圧力、そして  $S_{\text{eff}}$  は照明ボックスに接続された真空ポンプ VPI の実効ポンプ速度である。他の真空ポンプ VPS は一般的に線源チャンバ 10 に接続されている。 $P_{\text{illuminator}} \ll P_{\text{source}}$  となることを目指すと、実効ポンプ速度  $S_{\text{eff}} = 6000 \text{ l/s}$  を持つターボ分子ポンプなどの真空ポンプ VPI を持っているとき、

40

## 【数 2】

$$P_{\text{illuminator}} / P_{\text{source}} = C_T / S_{\text{eff}} = 54 / 6000 = 1/111 = 0.009$$

となる。

## 【0037】

上の計算は、このチャンネル構造が原因で、Xe 圧の 100 倍以上の低減を得るのに十分な流れ抵抗が達成されることを示す。上の場合、分子制度 (molecular regime) が支配的になる程に線源圧は低いレベルにある。一般的に、 $C_M$  は考慮されているガスの分子量の逆平方根に対応し、 $C_V$  は線源圧に対応する。より高い線源圧及びよ

50

り低い分子量ではチャンネル構造はより低効率になる。チャンネルのアスペクト比（最小のチャンネル幅に対するチャンネル長さの比）を増加させることにより、抵抗は、効率を回復させるために必要に応じて増加させることができる。アスペクト比を一定に保つとき、 $C_T$ を一定に保ちつつチャンネル長さを減少させることができる。

#### 【0038】

チャンネル構造が線源により近く位置しているとき、この表面積はより小さくなり、これに従って伝導性は低下する。欠点は、線源の有限の寸法によるビネッティング及びチャンネル構造上の線源のより高い熱負荷である。チャンネル構造は、放射線源の熱負荷に耐えられるよう適切な物質で作製されるべきである。線源LAからの放射線に非常に低い不明瞭さを与えるため、チャンネルの壁は好適には非常に薄い（フォイル）。

10

#### 【0039】

光学軸OAの周りのチャンネル構造11の中心にあるチャンネルは図4には示されない。この部分のチャンネルは多少は点源を「見る」、従って、半径方向RDに大きな幅を持つことは重要性がより低い。示される実施例は、図5でチャンネル構造11の中心部に描かれるように八ニカム構造を持つチャンネルを有する。八ニカムのチャンネルは、直径は約0.3mmで長さは約20mmである。特定の線源構成では八ニカム構造はチャンネル構造11全体にも用いられ得る。

#### 【0040】

使用される放射線源は、光学軸に沿って配置されるいずれかの光学部品に対して有害な粒子を放射するかもしれない。これらの粒子は帯電していることができ、更にノ又は高速で動くことができる。上で説明されたチャンネル構造はこれらの粒子が光学部品に達することを防止するフィルタとしても働き、このようなフィルタリングを実行するために真空壁に組み込まれている必要はない。線源により放射される粒子はチャンネル構造中に捕らえられる。述べられたようなチャンネル構造を有するこのようなフィルタは、これらの粒子が放射される粒子により損傷されるかもしれない部品に達することを防止することができるようにいかなる方法によっても取り付けられることができる。

20

#### 【0041】

図4に示されるチャンネル構造は焦点を持つ光学素子として挙動する。これは、このような点から放射された全放射線は、チャンネル壁の厚さ又はフォイルによって妨げられる放射線を例外として、構造によって伝達されることを意味する。しかし、ここで議論される放射線源は点線源ではなく、多少の広がりをもつ。例えば、線源の直径は1.3mmである。これは、線源からの放射線の一部はチャンネル壁に入射するという意味を意味する。他の手段がないと、この放射線は壁により遮られ、従って失われてしまう。本発明の他の側面によれば、この放射線損失は、用いられる放射線に対して壁を反射性にするにより大幅に低減することができる。一般的に、表面におけるEUV放射線などの小さな波長の放射線の反射は、非常に小さな表面荒さを必要とするため簡単な問題ではない。本発明は、線源及びチャンネル構造の本構成では、構成の壁に達する放射線は、これらの壁が十分に反射的であり得る程にこれらの壁に小さな角度で入射するという見識を用いている。

30

#### 【0042】

図6は、チャンネル構造に関して対称的に構成された対称放射線源LAを示す。チャンネル構造は水平壁60及び垂直壁62により表される。線源の点Aからの放射線64は、壁62により壁から角度 $\theta$ で放射線66として反射される。放射線66の方向は、放射線66が点Bから発生するよう見えるようなものである。点Bも、放射線66が線源点Bからの放射線68と重なるように線源の体積の一部を形成する。これは、チャンネル構造の壁により反射される放射線は線源体積から発生しており、よって、投影ビームの一部として用いられることができるということを明らかにする。

40

#### 【0043】

壁62における放射線64の入射角は、この壁が十分反射的であるような角度である。例えば、チャンネル構造が線源から70mmのところ位置する場合、壁（フォイル）の厚さは0.1mm、線源直径は1.3mmであり、最大入射角 $\theta_{max}$ は、

50

【数 3】

$$\theta_{\max} = \arctan [(1,3 - 0,1) / 2 \times 70] = 0,5^{\circ}$$

により与えられる。このような小さな入射角はかすめるような ( g r a z i n g ) 角度である。

【0044】

EUV放射線用に壁の十分な反射を達成するため、これらの壁はモリブデンの層でコーティングされる。この物質は、波長13.5nmのEUV放射線用の鏡にも用いられる。図7は、モリブデン、ルテニウム、タングステン及び鉄の各物質の13.5nm放射線のかすめ角0.5°における反射係数Rを、壁表面のrms表面荒さの関数として示す。50nmまでの表面荒さに対しては、モリブデン及びルテニウムに対する反射係数はかなり高く、チャンネル構造の壁をコーティングすることは大きな影響をもたらす。

10

【0045】

ステンレス鉄でできた壁板に対しては、粒度500の紙やすりを用いた単純研磨で50nmの表面荒さが容易に得られる。

【0046】

線源からの残骸は主にスパッタされたモリブデン粒子から構成されるかもしれない。これらの残骸粒子はチャンネル壁に堆積されることになる。モリブデンは良好なEUV反射体であるため、これらの粒子が小さいままであればモリブデン粒子の堆積は反射に影響しない。

20

【0047】

本発明の特定の実施例が上で開示されたが、当然本発明は説明された以外でも実行されることができる。説明は本発明を制限するよう意図したものではない。例えば、チャンネル構造において、流れ抵抗及びこれに従って減少した流れ伝導率を与えるように他のガスを用いることができる。更に、チャンネル構造は、露光の際に基板上の放射線感受性レジスト層から逃れるかもしれない汚染物質に対する障壁を与えるために投影光学部品ボックスと基板チャンバーを分離する真空壁のように、他の真空チャンバーを分離する真空壁に組み込まれることができる。発散する放射線のビームのための光学軸に沿ったチャンネル幅に関する考察は、他の場所においても当てはまることができる。収束する放射線のビーム

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が用いられることができるリソグラフィ投影装置の実施例の図。

【図2】図1の装置のチャンバー壁により分離される種々の真空チャンバー又は区分室の図。

【図3】図2の構成の一部のより詳細な図。

【図4】図3に示されるチャンバー壁に組み込まれるチャンネル構造の一部の斜視図。

【図5】図3に示されるチャンバー壁に組み込まれる極紫外放射線に対して透明な構造の更なる斜視図。

40

【図6】チャンネル構造に関して対称的に構成された対称放射線源LAの図。

【図7】壁表面のrms表面荒さに対するモリブデン、ルテニウム、タングステン及び鉄の各物質の13.5nm放射線のかすめ角0.5°における反射係数Rのグラフ。

## 【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
11 July 2002 (11.07.2002)

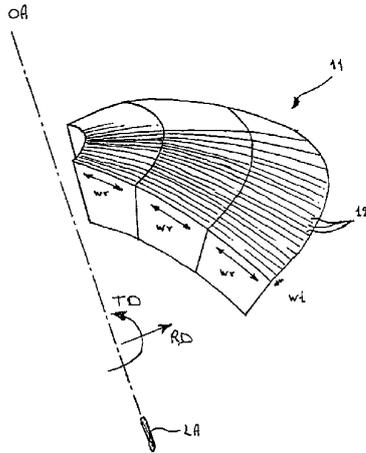
PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/054153 A1**

- (51) International Patent Classification: **G03F 7/20**, G21K 1/02, H05G 2/00
- (21) International Application Number: PCT/IB01/02710
- (22) International Filing Date: 24 December 2001 (24.12.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 09/752,818 3 January 2001 (03.01.2001) US
- (71) Applicant: **KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.** (NL/NL); Groenewoudseweg 1, NL-5621 BA Eindhoven (NL).
- (72) Inventors: **VISSER, Hugo, M.**; Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL). **BAKKER, Levinus, P.**; Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL). **JONKERS, Jeroen**; Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL).
- (74) Agent: **COBBEN, Louis, M., H.**; Internationaal Octrooibureau B.V., Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL).
- (81) Designated States (national): JP, KR.
- (84) Designated States (regional): European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- Published: with international search report

[Continued on next page]

(54) Title: ILLUMINATION SYSTEM WITH VACUUM CHAMBER WALL HAVING TRANSPARENT STRUCTURE



(57) Abstract: A lithographic projection apparatus has a discharge plasma radiation source (LA) that is contained in a vacuum chamber (10). The radiation source is to generate a beam (PB) of EUV radiation. A chamber wall of the vacuum chamber incorporates a channel structure comprising adjacent narrow channels (11) that are substantially parallel to a propagation direction of the radiation beam and have a width that decreases or increases along the beam axis in accordance with the beam vergence. This structure passes the beam to another subsequent vacuum chamber (20) maintained at a much higher vacuum level (lower pressure).

WO 02/054153 A1

**WO 02/054153 A1** 

*before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments*

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

1

## ILLUMINATION SYSTEM WITH VACUUM CHAMBER WALL HAVING TRANSPARENT STRUCTURE

The invention relates an illumination system comprising:

a radiation source constructed to generate a beam of radiation; and two vacuum chambers separated by a chamber wall incorporating a channel structure comprising adjacent narrow channels separated by walls that are substantially parallel to a propagation direction of said radiation so as to pass said radiation from one of said vacuum chambers to the other one, said propagation direction being substantially along an optical axis of the illumination system.

The invention also relates to a lithographic projection apparatus comprising such an illumination system and to a method of manufacturing devices using such an apparatus.

For the sake of simplicity, the projection system of the apparatus may hereinafter be referred to as the "lens"; however, this term should be broadly interpreted as encompassing various types of projection systems, including refractive optics, reflective optics and catadioptric systems, for example. In addition, the first and second object tables may be referred to as the "mask table" and the "substrate table", respectively. Further, the lithographic apparatus may be of a type having two or more mask tables and/or two or more substrate tables. In such "multiple stage" devices the additional tables may be used in parallel, which means that preparatory steps may be carried out on one or more stages while one or more other stages are being used for exposures. Twin stage lithographic apparatus are described in International Patent Applications WO 98/28665 and WO 98/40791, for example.

Lithographic projection apparatus can be used, for example, in the manufacture of integrated circuits (ICs). In such a case, the mask (reticle) may contain a circuit pattern corresponding to an individual layer of the IC. This pattern can be imaged onto a target area (comprising one or more dies) on a substrate (silicon wafer) which has been coated with a layer of radiation-sensitive material (resist). In general, a single wafer will contain a whole network of adjacent target areas, which are successively irradiated via the mask, one at a time. In one type of lithographic projection apparatus, each target area is exposed at one go by illuminating the entire mask pattern. Such an apparatus is commonly

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

2

referred to as a wafer stepper. In an alternative apparatus, which is commonly referred to as a step-and-scan apparatus, each target area is exposed by progressively scanning the mask pattern through the projection beam in a given reference direction (the "scanning" direction) while synchronously scanning the substrate table parallel or anti-parallel to this direction.

- 5 Since, in general, the projection system will have a magnification factor  $M$  (generally  $< 1$ ), the speed  $V$  at which the substrate table is scanned will be a factor  $M$  times that at which the mask table is scanned. More information with regard to lithographic devices as here described can be gleaned from International Patent Application WO 97/33205.

- 10 In a lithographic apparatus the size of features that can be imaged onto the substrate is limited by the wavelength of the projection radiation. To produce integrated circuits with a higher density of devices, and hence higher operating speeds, it is desirable to be able to image smaller features. Whilst most current lithographic projection apparatus employ ultraviolet light generated by mercury lamps or excimer lasers, it has been proposed to use shorter wavelength radiation of around 13 nm. Such radiation is termed extreme  
15 ultraviolet radiation, also referred to as XUV or EUV radiation. XUV generally refers to the wavelength range from several tenths of nanometer to several tens of nanometers, combining the soft x-ray and vacuum UV range. EUV is normally used in conjunction with lithography (EUVL) and refers to a radiation band from approximately 5 to 20 nm, i.e. part of the XUV range.

- 20 Possible sources for EUV radiation include, for instance, laser-produced plasma sources, discharge plasma sources, or synchrotron radiation from electron storage rings. An outline design of a lithographic projection apparatus using synchrotron radiation is described in "Synchrotron Radiation Sources and Condensers for Projection X-Ray Lithography", J.B. Murphy et al, Applied Optics, Vol. 32, No. 24, pp. 6920-6929 (1993).  
25 Apparatus using discharge plasma sources are described in: "Development of an EUV (13.5 nm) Light Source Employing a Dense Plasma Focus in Lithium Vapor", W. Partlo et al, Proc. SPIE 3997, pp. 136-156 (2000).

- 30 So-called "undulators" and "wigglers" have been proposed as an alternative source of extreme ultraviolet radiation. In these devices, a beam of electrons traveling at high, usually relativistic, speeds, e.g. in a storage ring, is caused to traverse a series of regions in which magnetic fields perpendicular to the beam velocity are established. The directions of the magnetic field in adjacent regions are mutually opposite, so that the electrons follow an undulating path. The transverse accelerations of the electrons following the undulating path

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

3

cause the emission of Maxwell radiation perpendicular to the direction of the accelerations, i.e. in the direction of the non-deviated path.

Radiation sources may require the use of a rather high partial pressure of a gas or vapor to emit XUV radiation, such as discharge plasma radiation sources referred to above. In a discharge plasma source a discharge is created in between electrodes, and resulting partially ionized plasma generates radiation in the XUV range. The very hot plasma is quite often created in xenon (Xe), since xenon plasma radiates in the EUV range around 13.5 nm. For an efficient EUV production, a typical pressure of 0.1 mbar is required near the electrodes of the radiation source. A drawback of having such a rather high Xe pressure is that Xe gas absorbs EUV radiation. For example, 0.1 mbar Xe transmits over 1 m only 0.3% EUV radiation having a wavelength of 13.5 nm. It is therefore required to confine the rather high Xe pressure to a limited region around the source. To reach this the source can be contained in its own vacuum chamber that is separated by a chamber wall from a subsequent vacuum chamber in which the collector mirror and illumination optics may be contained. However, an EUV radiation transparent opening is needed to pass the EUV radiation emitted by the source to the next vacuum chamber. Since a large opening in the wall, required to collect sufficient EUV radiation, would cause an elevated pressure in the next vacuum chamber, the opening might be closed off using a thin window, e.g. having a thickness of a few micron or less, which is (partially) transparent for EUV radiation. Such a thin window will, however, not survive the heat load from the high-power EUV radiation source that is needed for EUV lithography.

It is an object of the present invention is to provide an illumination system, especially but not exclusively suited for a lithographic projection apparatus, which system does not suffer from the above mentioned problems. The illumination system as defined in the opening paragraph is characterized in that that a width of said channels increases or decreases along said optical axis in accordance with passing of a diverging or converging beam of radiation, respectively.

The channel structure constitutes a vacuum chamber wall that is transparent for EUV radiation and further presents a gas barrier so as to be able to maintain different vacuum levels in vacuum chambers on both sides of the vacuum chamber wall.

The illumination system may be further characterized in that said channel structure comprises a honeycomb structure.

Preferably the illumination system is characterized in that a cross-sectional

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

4

dimension of said channels in a radial direction perpendicular to said optical axis is larger than another cross-sectional dimension of said channels in a tangential direction around said optical axis.

5 According to a further aspect of the invention, the channel walls are reflective for the projection beam.

This measure prevents that source radiation incident on these walls will be lost. In a channel structure for EUV radiation the walls may be covered by a molybdenum layer.

The invention also relates to a lithographic projection apparatus comprising:  
10 - an illumination system constructed and arranged to supply a projection beam of radiation;  
- a mask table constructed to hold a mask;  
- a substrate table constructed to hold a substrate; and  
- a projection system constructed and arranged to image an irradiated portion of  
15 the mask onto a target portion of the substrate. This apparatus is characterized in that the illumination system is a system as described herein before.

The invention also relates to a method of manufacturing a device, such as an IC, comprising device features in at least one layer of a substrate, which method comprises at least one set of at least the following successive steps:

20 - providing a mask pattern comprising pattern features corresponding to device feature to be configured in said substrate layer;  
- illuminating the mask pattern by means of an illumination system;  
- imaging the mask pattern by means of a projection system in a resist layer coated on the substrate;  
25 - developing the resist layer, and  
- removing material from or adding material to substrate areas, which areas are delineated by the pattern configured in the resist layer. This method is characterized in that use is made of an illumination system as described herein before.

By using the invention the intensity of the projected beam is increased and the  
30 quality of the projection system is enhanced, which results in an improved method.

In a manufacturing process using a lithographic projection, a pattern in a mask is imaged onto a substrate, which is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material (resist). Prior to this imaging step, the substrate may undergo various procedures, such as priming, resist coating and a soft bake. After exposure, the substrate may be

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

5

subjected to other procedures, such as a post-exposure bake (PEB), development, a hard bake and measurement/inspection of the imaged features. This array of procedures is used as a basis to pattern an individual layer of a device, e.g. an IC. Such a patterned layer may then undergo various processes such as etching, ion-implantation (doping), metallization, oxidation, chemically-mechanical polishing, etc., all intended to finish off an individual layer. If several layers are required, then the whole procedure or a variant thereof, will have to be repeated for each new layer. Eventually, an array of devices will be present on the substrate (wafer). These devices are then separated from one another by a technique such as dicing or sawing, whence the individual devices can be mounted on a carrier, connected to pins, etc. Further information regarding such processes can be obtained, for example, from the book "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing", Third Edition, by Peter van Zant, McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4.

Although specific reference has been made herein above to the use of the apparatus according to the invention in the manufacture of ICs, it should be explicitly understood that such an apparatus has many other possible applications. For example, it may be employed in the manufacture of integrated optical systems, guidance and detection patterns for magnetic domain memories, liquid-crystal display panels, thin-film magnetic heads, etc. The skilled artisan will appreciate that, in the context of such alternative applications, any use of the terms "reticle", "wafer" or "die" in this text should be considered as being replaced by the more general terms "mask", "substrate" and "target area", respectively.

Further, this description concentrates on lithographic apparatus and methods employing a mask to pattern the radiation beam entering the projection system and it should be noted that the term "mask" should be taken in a broad context of lithographic apparatus and methods. "Mask" should be interpreted as generally referring to generic "patterning means" to pattern the said radiation beam. The terms "mask" and "patterning means" as here employed refer broadly to means that can be used to endow an incoming radiation beam with a patterned cross-section, corresponding to a pattern that is to be created in a target portion of the substrate. The term "light valve" has also been used in this context. Generally, the said pattern will correspond to a particular functional layer in a device being created in the target portion, such as an integrated circuit or other device. The term "mask table" should be broadly interpreted as any means for holding the "patterning means". Besides a mask plate or reticle on a mask table, such patterning means include a programmable mirror array. An example of such a device is an addressable surface having a control layer and a reflective

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

6

surface. The basic principle behind such an apparatus is that (for example) addressed areas of the reflective surface reflect incident light as diffracted light, whereas not addressed areas reflect incident light as non-diffracted light. Using an appropriate filter, the said non-diffracted light can be filtered out of the reflected beam, leaving only the diffracted light

5 behind. In this way, the beam becomes patterned according to the addressing pattern of the addressable surface. The required matrix addressing can be performed using suitable electronic means. More information on such mirror arrays can be gleaned, for example, from United States Patents US 5,296,891 and US 5,523,193. Another patterning means is a programmable LCD array, an embodiment of which is described in United States Patent US

10 5,229,872.

The invention and its attendant advantages will be further elucidated with the aid of an exemplary embodiment and the accompanying schematic drawings, in which like reference symbols indicate like parts and in which:

15 Figure 1 shows an embodiment of a lithographic projection apparatus wherein the invention can be used;

Figure 2 shows the various vacuum chambers or compartments, separated by chamber walls of the apparatus of Figure 1;

Figure 3 shows a part of the Figure 2 arrangement in more detail;

20 Figure 4 shows a perspective view of a part of a channel structure incorporated in a chamber wall shown in Figure 3; and

Figure 5 depicts a further perspective of the extreme ultraviolet radiation transparent structure incorporated in the chamber wall shown in Figure 3.

25 Figure 1 schematically depicts a lithographic projection apparatus 1 according to the invention. The apparatus comprises:

a radiation system LA, IL for supplying a projection beam PB of EUV radiation;

30 a first object table (mask table) MT provided with a first object (mask) holder for holding a mask MA (e.g. a reticle), and connected to first positioning means PM for accurately positioning the mask with respect to item PL;

a second object table (substrate table) WT provided with a second object (substrate) holder for holding a substrate W (e.g. a resist-coated silicon wafer), and connected

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

7

to second positioning means PW for accurately positioning the substrate with respect to item PL; and

5 a projection system ("lens") PL (e.g. a refractive, catadioptric or reflective system) for imaging an irradiated portion of the mask MA onto a target portion C (die) of the substrate W.

The apparatus shown in Figure 1 is of a reflective type (i.e. has a reflective mask). However, in general, it may also be of a transmission type, for example.

10 The radiation system comprises a discharge plasma source LA that produces a beam of radiation. This beam is passed along various optical components included in illumination system ("lens") IL so that the resultant beam PB is collected in such a way as to give illumination of the desired shape and intensity distribution at the entrance pupil of the projection system and the mask.

15 The beam PB subsequently impinges upon the mask MA. This mask is held by the mask holder provided on the mask table MT. Having been selectively reflected by the mask MA, the beam PB passes through the lens PL. This lens focuses the beam PB onto a target area C of the substrate W. With the aid of the interferometric displacement measuring means IF and positioning means PW, the substrate table WT can be moved accurately, e.g. so as to position different target areas C in the path of the beam PB. Similarly, the positioning means PM and interferometric displacement measuring means IF can be used to accurately  
20 position the mask MA with respect to the path of the beam PB. In general, movement of the object tables MT, WT will be realized with the aid of a long-stroke module (course positioning) and a short-stroke module (fine positioning), which are not explicitly depicted in Figure 1.

The depicted apparatus can be used in two different modes:

25 In step mode, the mask table MT is kept essentially stationary, and an entire mask image is projected in one go (i.e. a single "flash") onto a target area C. The substrate table WT is then shifted in the X and/or Y directions so that a different target area C can be irradiated by the beam PB; and

30 In scan mode, essentially the same scenario applies, except that a given target area C is not exposed in a single "flash". Instead, the mask table MT is movable in a given direction (the so-called "scan direction", e.g. the Y direction) with a speed v, so that the projection beam PB is caused to scan over a mask pattern. Concurrently, the substrate table WT is simultaneously moved in the same or opposite direction at a speed  $V = Mv$ , in which

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

8

M is the magnification of the lens PL (typically,  $M = 1/4$  or  $1/5$ ). In this manner, a relatively large target area C can be exposed, without having to compromise on resolution.

Figure 2 depicts the various vacuum chambers of the lithographic apparatus of Figure 1, the various parts shown in Figure 1 being located in the various chambers shown in Figure 2. The vacuum chambers are separated by walls in which openings are present for passing the projection beam of radiation PB from one vacuum chamber to the next one. In Figure 2 one can distinguish a source chamber 10 containing the source LA, an illumination optics box 20 containing a collector mirror and the illumination optics, a chamber 30 containing the mask table and mask MA, a projection optics box 40 containing the projection system, and a chamber 50 containing the substrate table and substrate W. In the various vacuum chambers a different vacuum level is maintained. The optics boxes requiring the highest vacuum level to keep the reflective optics clean.

The apparatus is provided with a discharge plasma EUV radiation source, which employs a gas or vapor, such as Xe gas or lithium (Li) vapor, in which a very hot plasma is created to emit radiation in the EUV range of the electromagnetic spectrum. The very hot plasma is created by causing partially ionized plasma of an electrical discharge to collapse onto an optical axis of the system, and the region in which the plasma collapses will, in general, have a finite length along the optical axis. The elongated region into which the plasma collapses is designated LA in Figures 2, 3 and 4. Partial pressures of 0.1 mbar Xe, Li vapor or any other suitable gas or vapor may be required for efficient generation of EUV radiation.

The radiation source LA is contained in its own source chamber 10, shown in more detail in Figure 3, to confine those rather high partial pressures to the region of the source. Radiation emitted by the source is subsequently passed from the source chamber 10 to the illumination optics box 20. A filter having a channel structure 11 is incorporated on the optical axis OA in the vacuum chamber wall 15 that separates the source chamber from the illumination optics box. The channel structure 11 comprises adjacent narrow channels 12 separated by walls that are substantially parallel to a propagation direction of radiation emitted by the radiation source LA, the propagation direction being substantially directed along the optical axis OA. The channel structure passes the EUV radiation emitted by the source. At the same time it functions as a flow resistance, or barrier, in between the source chamber and the illumination optics box so as to be able to maintain the illumination optics box, or illuminator box, at a much higher vacuum level (lower pressure) than the source

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

9

chamber. The form and length of the channels in the channel structure should be chosen so as to provide a high EUV transparency and a high enough flow resistance.

Figure 3 also shows that the radiation is sort of radial emitted from the elongated region LA. According to the invention, the transparency of the channel structure is increased. To that end the structure is arranged such that the width of the channels in the structure increases along the optical axis OA in the propagation direction of the radiation, both in the plane of the drawing and in a plane perpendicular to the plane of the drawing of Figure 3. In such a configuration the walls of the channels are directed more parallel to the propagation direction of the radiation emitted from the source. The channel structure is rotationally symmetric around the optical axis OA, as is further shown in Figure 4. Figure 4 only depicts about a quarter of the channel structure 11.

Figure 3 and 4 further show that the region LA from which EUV radiation is emitted, is elongated along the optical axis, i.e. it has a finite length along the optical axis. To further increase the transmission of radiation through the channel structure for the whole elongated region that emits radiation, the width  $w_r$  of the of the channels in a direction perpendicular to the optical axis, i.e. the radial direction RD with respect to the optical axis OA, is chosen considerably larger than the width  $w_t$  of the channels in a tangential direction TD around the optical axis OA. Figure 4 better shows those width dimensions. In case the channels would have a narrow width in the radial direction RD, only radiation from a very small part from the elongated emitting region LA would be transmitted through the channels, while radiation from other parts would hit the channel walls. Only a small fraction of the radiation energy of the source would then pass the channel structure 11. Figure 3 shows two rays 17 in dotted lines, which are emitted from opposite ends of the elongated region LA, the rays not being parallel and entering one channel. A channel that is too narrow in the radial direction RD would not pass both rays.

The gas flow conductance of the channel structure, or its resistance to gas flow, can be derived as follows. It shows that the result of the division of an opening in a vacuum chamber wall in a number of adjacent channels drastically reduces the conductance of the opening. In a simplified calculation, which is accurate within approximately 10%, the conductance  $C_T$  of the channel structure can be written as  $C_T = C_M + C_V$ , where  $C_M$  represents the molecular conductance and  $C_V$  the laminar conductance. A further background for such calculations can be found in "Foundations of Vacuum Science and Technology", edited by J.M. Lafferty, Wiley & Sons Inc., 1998, ISBN 0-471-17593-5. For high Knudsen numbers ( $> 0.5$ )  $C_M$  dominates, whereas  $C_V$  dominates for low Knudsen numbers. In the

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

10

so-called transition regime, which is the case for the situation considered, both contributions have to be taken into account.

Taking the structure of Figure 4 and assuming that it covers 2.4 steradians at 7 cm distance from the source, it has a surface area of approximately 114 cm<sup>2</sup>. For a structure wherein the channels are approximately 20 mm long, 0.5 mm wide in the tangential direction and 20 mm wide in the radial direction with respect to the optical axis and for Xe at a source pressure of 0.1 mbar, holds that  $C_M = 50$  l/s,  $C_V = 4$  l/s and  $C_T = 54$  l/s.

In an equilibrium situation the gas flow through the channel structure equals the flow into a vacuum pump VPI connected to the illuminator box 20:

10

$$(P_{\text{source}} - P_{\text{illuminator}}) \times C_T = P_{\text{illuminator}} \times S_{\text{eff}} ,$$

wherein  $P_{\text{source}}$  represents the pressure in the source chamber,  $P_{\text{illuminator}}$  the pressure in the illuminator box and  $S_{\text{eff}}$  the effective pumping speed of the vacuum pump VPI connected to the illuminator box. Another vacuum pump VPS will generally be connected to the source chamber 10. Aiming at  $P_{\text{illuminator}} \ll P_{\text{source}}$  one obtains:

15

$$P_{\text{illuminator}} / P_{\text{source}} = C_T / S_{\text{eff}} = 54 / 6000 = 1/111 = 0.009 ,$$

20 when having a vacuum pump VPI, such as a turbo molecular pump having an effective pumping speed :  $S_{\text{eff}} = 6000$  l/s.

The above calculation shows that due to the channel structure a sufficient flow resistance can be reached to have more than a factor 100 reduction in Xe pressure. For the case above the source pressure is at such a low level that the molecular regime dominates. In general,  $C_M$  scales with the inverse square root of the molecular mass of the gas considered, and  $C_V$  scales with source pressure. For higher source pressures and lower molecular masses the channel structure would be less efficient. By increasing the aspect ratio (ratio of channel length over smallest channel width) of the channels, the resistance can be increased, as required, to regain efficiency. When keeping the aspect ratio constant, the length of the channels can be decreased while keeping  $C_T$  constant.

30

In case the channel structure is positioned closer to the source, its surface area is smaller and its conductance decreases accordingly. A drawback would be vignetting due to the finite dimension of the source and a higher heat load of the source on the channel structure. The channel structure should be made of a suitable material to withstand the heat

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

11

load of the radiation source. The walls of the channels are preferably very thin (foils) to present a very low obscuration to the radiation from source LA.

Channels in the middle of channel structure 11 around optical axis OA are not shown in Figure 4. The channels in this part will more or less "see" a point source and it is therefore less important to have a large width in the radial direction RD. The embodiment shown comprises channels having a honeycomb structure as is depicted in Figure 5 in the middle part of the channel structure 11. The diameter of the channels in the honeycomb structure is approximately 0.3 mm and their length approximately 20 mm. For certain source configurations the honeycomb structure might also be employed for the whole channel structure 11.

The radiation source used may emit particles that are detrimental to any optics arranged along the optical axis. Those particles can be charged and/or move with a high velocity. The channel structure as described above will also act as a filter to prevent those particles from reaching the optics, and it need not be incorporated in a vacuum wall to perform such filtering. Particles emitted by the source will become trapped in the channel structure. Such a filter comprising a channel structure as described may be mounted in any manner so as to be able to prevent those particles from reaching components that may be damaged by the emitted particles.

The channel structure shown in Figure 4 behaves as an optical element having a focus point. This means that all radiation emitted from such a point will be transmitted by the structure, with exception of radiation that is hindered by the thickness of the channel walls, or foils. However, the radiation source discussed here is not a point source, but has some extension. For example, the diameter of the source is 1,3 mm. This means that part of the source radiation will be incident on the channel walls. Without further measures, this radiation will be blocked by the walls and thus will be lost. According to another aspect of the invention this radiation loss can be reduced considerably by making the walls reflective for the radiation used. In general, reflection of small wavelength radiation, such as EUV radiation, at a surface is not an easy matter because this requires a very small surface roughness. The invention uses the insight that in the present arrangement of source and channel structure, radiation reaching the walls of the structure is incident on these walls at such small angles that these walls can be made sufficient reflective.

Fig.6 shows a symmetric radiation source LA, which is arranged symmetrically with respect to the channel structure. The channel structure is represented by a horizontal wall 60 and a vertical wall 62. Radiation 64 from a point A of the source is

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

12

reflected by a wall 62 as radiation 66 at an angle  $\theta$  with the wall. The direction of radiation 66 is such that it seems to originate from point B. Point B forms also part of the source volume so that radiation 66 coincides with radiation 68 from source point B. This demonstrates that radiation reflected by a wall of the channel structure can be regarded as

5 originating from the source volume and thus can be used as part of the projection beam.

The angle of incidence of radiation 64 on the wall 62 is such that this wall is sufficient reflective. For example, for the case that the channel structure is positioned 70 mm from the source, the thickness of the walls (foils) is 0,1 mm and the source diameter is 1,3 mm, the maximum angle of incidence  $\theta_{\max}$  is given by:

10

$$\theta_{\max} = \arctan [(1,3 - 0,1) / 2 \times 70] = 0,5^\circ.$$

Such a small angle of incidence is a grazing angle.

To achieve sufficient reflection of the walls for EUV radiation, these walls are

15 coated with a layer of molybdenum. This material is also used in mirrors for EUV radiation having a wavelength of 13,5 nm. Fig.7 shows the reflection coefficient R for 13,5 nm radiation of the materials molybdenum, ruthenium, tungsten and iron at a grazing angle of  $0,5^\circ$  as a function of the rms surface roughness  $\sigma$  of the wall surface. For a surface roughness up to 50 nm the reflection coefficient for molybdenum and ruthenium is rather high, so that

20 coating the walls of channel structure will produce a significant effect.

For wall plates made of stainless steel the surface roughness of 50 nm can easily be obtained by simple polishing with sandpaper having grain 500.

The debris from the source may consist mainly of sputtered molybdenum particles. These debris particles will be deposited on the channel walls. Since molybdenum is

25 a good EUV reflector deposition of molybdenum particles will not influence the reflection, provided that these particles remain small.

Whilst a specific embodiment of the invention is disclosed above it will be appreciated that the invention may be practiced other than described. The description is not intended to limit the invention. For instance, the channel structure may be employed with

30 other gases to present a flow resistance and a decreased flow conductance accordingly. Further, the channel structure may be incorporated in a vacuum wall separating other vacuum chambers, such as in the vacuum wall separating the projection optics box and the substrate chamber to present a barrier to contaminants that may escape from the radiation-sensitive resist layer on the substrate upon exposure. Also the considerations with regard to the

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

13

channel width along the optical axis for a diverging beam of radiation may hold at other locations. For a converging beam of radiation the width of the channels should decrease along the optical axis in the propagation direction of the radiation. Since elongated images of the elongated source may be formed at locations on the optical axis, the considerations with  
5 regard the widths of the channels in the radial and tangential directions with respect to the optical axis will also hold at those locations.

WO 02/054153

14

PCT/IB01/02710

## CLAIMS:

1. An illumination system comprising:  
a radiation source constructed to generate a beam of radiation, and  
two vacuum chambers separated by a chamber wall incorporating a channel  
structure comprising adjacent narrow channels separated by walls that are substantially  
5 parallel to a propagation direction of said radiation so as to pass said radiation from one of  
said vacuum chambers to the other one, said propagation direction being substantially along  
an optical axis of said apparatus, characterized in that a width of said channels increases or  
decreases along said optical axis in accordance with passing of a diverging or converging  
beam of radiation, respectively.  
10
2. An illumination system as claimed in claim 1, characterized in that said  
channel structure comprises a honeycomb structure.
3. An illumination system as claimed in claim 1 or 2, characterized in that a  
15 cross-sectional dimension of said channels in a radial direction perpendicular to said optical  
axis is larger than another cross-sectional dimension of said channels in a tangential direction  
around said optical axis.
4. An illumination system as claimed in claim 3, characterized in that said width  
20 in the tangential system direction is in the range from 0.1 to 2 mm, preferably 0.2 to 0.7 mm.
5. An illumination system as claimed in claim 3 or 4, characterized in that said  
width in the radial direction is in the range from 5 to 50 mm, preferably 10 to 30 mm.
- 25 6. An illumination system as claimed in any one of the claims 1 to 5,  
characterized in that a length of said channel is in the range from 5 to 70 mm, preferably 10  
to 40 mm.

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

15

7. An illumination system as claimed in any one of the claims 1 to 6, wherein said apparatus further comprises a radiation source contained in one of said vacuum chambers.
- 5 8. An illumination system as claimed in any one of the claims 1 to 7, wherein said radiation source is a plasma source for generating extreme ultraviolet radiation.
9. An illumination system as claimed in claim 8, characterized in that said radiation source is a discharge plasma source.
- 10 10. An illumination system as claimed in any one of the claims 1 to 9, characterized in that the radiation is extreme ultraviolet radiation having a wavelength in the range from 0.5 to 50 nm, preferably 5 to 20 nm.
- 15 11. An illumination system as claimed in any of claims 1-10, characterized in that the channel walls are reflective for the projection beam radiation.
12. An illumination system as claimed in claim 11, characterized in that the channel walls are coated with a molybdenum layer.
- 20 13. A lithographic projection apparatus comprising:  
- an illumination system constructed and arranged to supply a projection beam of radiation;  
- a mask table constructed to hold a mask;  
25 - a substrate table constructed to hold a substrate; and  
- a projection system constructed and arranged to image an irradiated portion of the mask onto a target portion of the substrate; characterized in that the illumination system is a system as claimed in any one of claims 1-12.
- 30 14. A method of manufacturing a device comprising device features in at least one layer of a substrate, which method comprises at least one set of at least the following successive steps:  
- providing a mask pattern comprising pattern features corresponding to device feature to be configured in said substrate layer;

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

16

- illuminating the mask pattern by means of an illumination system;
  - imaging the mask pattern by means of a projection system in a resist layer coated on the substrate;
  - developing the resist layer, and
  - 5 - removing material from or adding material to substrate areas, which areas are delineated by the pattern configured in the resist layer, characterized in that use is made of an illumination system as claimed in any one of claims 1-12..
15. A device manufactured by means of the method of claim 14.

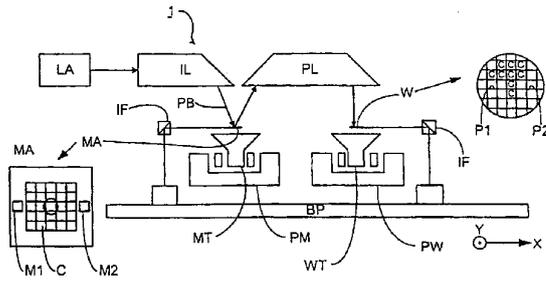


FIG. 1

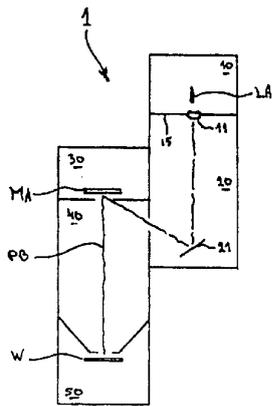
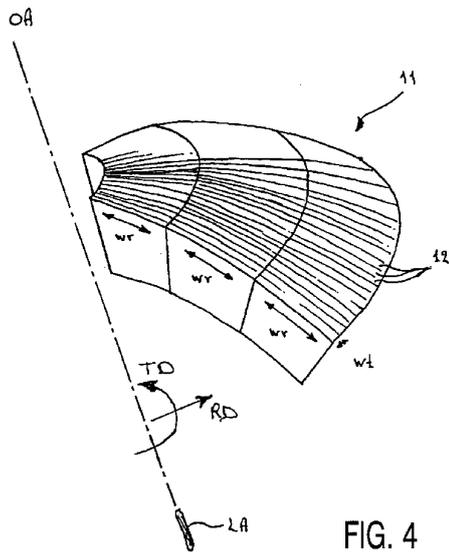
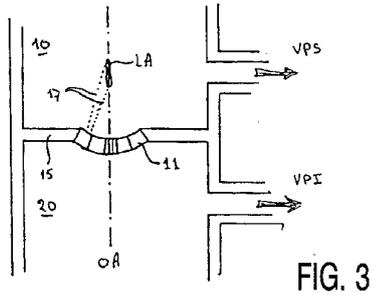


FIG. 2

WO 02/054153

PCT/IB01/02710

2/3



WO 02/054153

PCT/IB01/02710

3/3

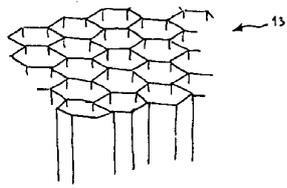


FIG. 5

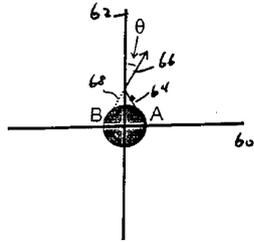


FIG. 6

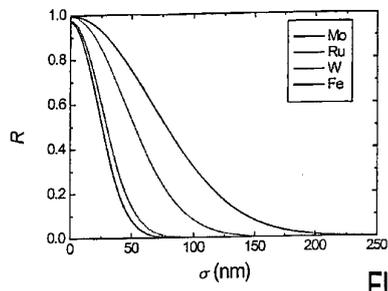


FIG. 7

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Intern Application No PCT/IB 01/02710
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 603F/20 621K1/02 H05G2/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 603F 621K H01J H05G H01L		
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 practical, search terms used)		
EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 220 (E-524), 16 July 1987 (1987-07-16) - & JP 62 040145 A (FUJITSU LTD), 21 February 1987 (1987-02-21) abstract; figures	1,6-15
X	US 4 825 453 A (INAGAKI AKIRA ET AL) 25 April 1989 (1989-04-25) column 2, line 48 - line 59 column 4, line 15 - line 17 figure 1	15
Y	---	1-14
	---	-/--
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claims or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *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 *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 *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. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
24 May 2002		05/06/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P. B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2206 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Heryet, C

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Interns Application No PCT/IB 01/02710
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 42904 A (SHMAENOK LEONID ;STICHTING TECH WETENSCHAPP (NL)) 26 August 1999 (1999-08-26)	15
Y	page 1 -page 6; figures ---	1-14
X	EP 0 295 616 A (PERKIN ELMER CORP) 21 December 1988 (1988-12-21) column 3, line 21 -column 4, line 32 figures 1-7	15
A	---	1,14
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 187 (E-516), 16 June 1987 (1987-06-16) -& JP 62 016525 A (CANON INC), 24 January 1987 (1987-01-24) abstract; figures	15
A	-----	1,14

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern: Application No  
PCT/IB 01/02710

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 62040145	A	21-02-1987	NONE
US 4825453	A	25-04-1989	JP 1861821 C 08-08-1994 JP 5064453 B 14-09-1993 JP 61097918 A 16-05-1986 DE 3579664 D1 18-10-1990 EP 0178660 A2 23-04-1986 KR 9000437 B1 30-01-1990
WO 9942904	A	26-08-1999	NL 1008352 C2 20-08-1999 AU 3278899 A 06-09-1999 EP 1057079 A1 06-12-2000 JP 2002504746 T 12-02-2002 WO 9942904 A1 26-08-1999 US 6359969 B1 19-03-2002
EP 0295616	A	21-12-1988	US 4792688 A 20-12-1988 CA 1279130 A1 15-01-1991 DE 3851471 D1 20-10-1994 DE 3851471 T2 09-02-1995 EP 0295616 A2 21-12-1988 JP 1019662 A 23-01-1989 JP 2815365 B2 27-10-1998
JP 62016525	A	24-01-1987	NONE

---

フロントページの続き

(74)代理人 100121083

弁理士 青木 宏義

(72)発明者 ヴィッサー ヒューゴ エム

オランダ国 5 6 5 6 アーアー アインドーフエン プロフ ホルストラーン 6

(72)発明者 バッカー レヴィヌス ピー

オランダ国 5 6 5 6 アーアー アインドーフエン プロフ ホルストラーン 6

(72)発明者 ジョンカース ジェロエン

オランダ国 5 6 5 6 アーアー アインドーフエン プロフ ホルストラーン 6

Fターム(参考) 2H097 CA01 CA03 CA06 CA12

5F046 GA07 GC03