

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002年6月20日 (20.06.2002)

PCT

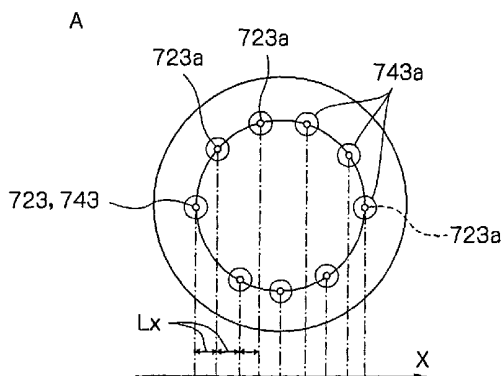
(10) 国際公開番号
WO 02/49065 A1

(51) 国際特許分類:	H01J 37/063,	特願2001-21183	2001年1月30日 (30.01.2001)	JP
	37/29, H01L 21/027, 21/66	特願2001-23804	2001年1月31日 (31.01.2001)	JP
		特願2001-26580	2001年2月2日 (02.02.2001)	JP
(21) 国際出願番号:	PCT/JP01/09630	特願2001-31901	2001年2月8日 (08.02.2001)	JP
		特願2001-31906	2001年2月8日 (08.02.2001)	JP
(22) 国際出願日:	2001年11月2日 (02.11.2001)	特願2001-33599	2001年2月9日 (09.02.2001)	JP
		特願2001-44964	2001年2月21日 (21.02.2001)	JP
(25) 国際出願の言語:	日本語	特願2001-52095	2001年2月27日 (27.02.2001)	JP
		特願2001-73380	2001年3月15日 (15.03.2001)	JP
(26) 国際公開の言語:	日本語	特願2001-131238	2001年4月27日 (27.04.2001)	JP
		特願2001-158571	2001年5月28日 (28.05.2001)	JP
(30) 優先権データ:		(71) 出願人: 株式会社 荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒144-8510 東京都大田区羽田旭町11番1号 Tokyo (JP). 株式会社 ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP).		
	特願2000-378040			
	2000年12月12日 (12.12.2000)	JP		
	特願2000-388385			
	2000年12月21日 (21.12.2000)	JP		
	特願2001-3666	2001年1月11日 (11.01.2001)	JP	
	特願2001-5128	2001年1月12日 (12.01.2001)	JP	
	特願2001-17901	2001年1月26日 (26.01.2001)	JP	
		(72) 発明者: 中筋 譲 (NAKASUJI, Mamoru); 〒233-0006 神奈川県横浜市港南区芹が谷2-15-11 Kanagawa (JP). 野		

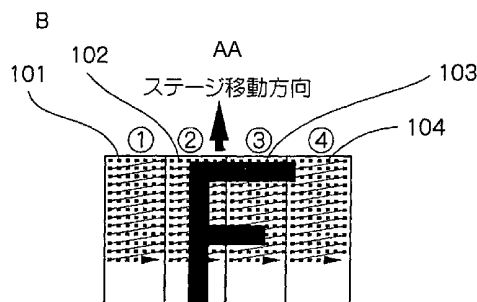
[続葉有]

(54) Title: ELECTRON BEAM DEVICE AND SEMICONDUCTOR DEVICE PRODUCTION METHOD USING THE DEVICE

(54) 発明の名称: 電子線装置及び該装置を用いた半導体デバイス製造方法



(57) Abstract: An electron beam device for applying a primary electron beam onto a sample, and detecting a secondary electron beam produced from a sample surface by the irradiation to evaluate the sample surface, characterized in that the cathode of an electron gun for emitting primary electron beam have a plurality of emitters disposed at intervals on one circle centered on the optical axis of a primary electron optical system and emitting a primary electron beam, and the plurality of emitters are disposed so that points projected on a line parallel to the scanning direction of the primary electron beam are arranged at equal intervals.



AA...STAGE MOVING DIRECTION

[続葉有]

WO 02/49065 A1



路伸治 (NOJI, Nobuharu); 〒249-0001 神奈川県逗子市久木8-2-7 Kanagawa (JP). 佐竹 徹 (SATAKE, Tohru); 〒253-0053 神奈川県茅ヶ崎市東海岸北2丁目14-47 Kanagawa (JP). 浜島宗樹 (HAMASHIMA, Muneki); 〒366-0824 埼玉県深谷市西島5-13-10-106 Saitama (JP). 畠山雅規 (HATAKEYAMA, Masahiro); 〒252-0813 神奈川県藤沢市亀井野2-34-9-B-305 Kanagawa (JP). 渡辺賢治 (WATANABE, Kenji); 〒251-0862 神奈川県藤沢市稲荷1-9-2-2-411 Kanagawa (JP). 加藤隆男 (KATO, Takao); 〒150-0001 東京都渋谷区神宮前3-32-2 Tokyo (JP). 曾布川拓司 (SOBUKAWA, Hiroshi); 〒228-0024 神奈川県座間市入谷5-32-2-307 Kanagawa (JP). 狩俣 努 (KARIMATA, Tsutomu); 〒235-0022 神奈川県横浜市磯子区汐見台3丁目2番地 3-3207-723 Kanagawa (JP). 吉川省二 (YOSHIKAWA, Shoji); 〒192-0914 東京都八王子市片倉町1069-167 Tokyo (JP). 金馬利文 (KIMBA, Toshifumi); 〒251-0027 神奈川県藤沢市鵠沼桜が丘3-12-16 Kanagawa (JP). 大和田伸 (OOWADA, Shin); 〒

222-0012 神奈川県横浜市港北区富士塚1-10-8 Kanagawa (JP). 西藤 睦 (SAITO, Mutsumi); 〒230-0052 神奈川県横浜市鶴見区生麦4-28-14-B206 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 社本一夫, 外 (SHAMOTO, Ichio et al.); 〒100-0004 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 新大手町ビル206区 ユアサハラ法律特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): JP.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB, NL).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明は、一次電子線を試料に照射し、該照射によって試料面から発生する二次電子線を検出して試料面の評価を行うための電子線装置を提供する。該電子線装置において、一次電子線を放出する電子銃のカソードは、一次電子光学系の光軸を中心とする1つの円上に間隔をあけて配置された、一次電子線を放出する複数のエミッタを備え、これら複数のエミッタは、一次電子線の走査方向と平行な直線上に投影した点が等間隔となるよう配置されていることを特徴としている。

明細書

電子線装置及び該装置を用いた半導体デバイス製造方法

発明の技術分野

- 5 本発明は、複数の電子ビームを用いて、ウエハ等の試料の表面の性状を検査する技術に関する。より詳細には、本発明は、半導体製造工程におけるウエハの欠陥検出及び線幅測定等のように、電子ビームを試料に照射し、その表面の性状に応じて変化する二次電子を捕捉して画像データを形成し、該画像データに基づいて試料表面に形成されたパターン等を高スループットで評価するための電子線装置、並びに、該装置を用いた半導体デバイスの評価システム及び半導体デバイス製造方法に関する。なお、本明細書において、試料の「評価」とは、試料の欠陥検出及び線幅測定等の「検査」を含むものとする。
- 10

背景技術

- 15 半導体プロセスにおいて、デザインルールは100nmの時代を迎えようとしており、また生産形態はDRAMに代表される少品種大量生産からSOC (Silicon on chip) のように多品種少量生産へ移行しつつある。それに伴い、製造工程数が増加し、各工程毎の歩留まり向上は必須となり、プロセス起因の欠陥検査が重要になる。
- 20 そして、半導体デバイスの高集積化及びパターンの微細化に伴い、高分解能、高スループットの検査装置が要求されている。100nmデザインルールのウエハの欠陥を調べるためには、100nm以下の分解能が必要であり、デバイスの高集積化による製造工程の増加により、検査量が増大するため、高スループットが要求されている。また、デバイスの多層化が進むにつれて、層間の配線をつなぐビアのコンタクト不良（電氣的欠陥）を検出する機能も、検査装置に要求され
- 25 ている。現在は主に光方式の欠陥検査装置が使用されているが、分解能及び、コンタクト不良検査の点では、光方式の欠陥検査装置に代わって電子ビームを用いた欠陥検査装置が、今後、主流になると予想される。但し、電子ビーム方式の欠

陥検査装置にも弱点があり、それはスループットの点で光方式に劣ることである。このため、高分解能、高スループット、且つ電氣的欠陥検出が可能な電子ビーム方式の検査装置の開発が要求されている。

光方式での分解能は、使用する光の波長の $1/2$ が限界と言われており、実用化されている可視光の例では、 $0.2 \mu\text{m}$ 程度である。一方電子ビームを使用する方式では、通常、走査型電子ビーム方式（SEM方式）が実用化されており、分解能は $0.1 \mu\text{m}$ 、検査時間は8時間/枚（ 20cm ウエハ）である。電子ビーム方式はまた、電氣的欠陥（配線の断線、導通不良、ビアの導通不良等）も検査可能であることが大きな特徴である。しかし、上記したように、検査時間が非常に遅く、検査速度の速い欠陥検査装置の開発が期待されている。また、電子ビーム方式の検査装置は、高価でありまたスループットも他のプロセス装置に比べて低いことから、一般に、現状では重要な工程の後、例えばエッチング、成膜（銅メッキを含む）、又はCMP（化学機械研磨）平坦化処理後等に使用されている。

電子ビームを用いた走査（SEM）方式の検査装置について説明する。SEM方式の検査装置は、電子ビームを細く絞って（このビーム径が分解能に相当する）これを走査してライン状にウエハを照射する。一方、ステージを電子ビームの走査方向に直角の方向に移動させることにより、平面状に観察領域を電子ビームで照射する。電子ビームの走査幅は、一般に数 $100 \mu\text{m}$ である。細く絞られた電子ビーム（一次電子線と呼ぶ）の照射により発生したウエハからの二次電子を検出器（シンチレータ+フォトマルチプライヤ（光電子増倍管）又は半導体方式の検出器（PINダイオード型）等）で検出する。照射位置の座標と二次電子の量（信号強度として得られる）を合成して画像化し、記憶装置に記憶し、あるいはCRT（ブラウン管）等のモニタ上に画像を出力する。以上がSEM（走査型電子顕微鏡）の原理であり、この方式で得られた画像から、工程途中の半導体（通常はSi）ウエハの欠陥を検出する。検査速度（スループットに相当する）は、一次電子線の量（電流値）、ビーム径、検出器の応答速度で決まる。ビーム径 $0.1 \mu\text{m}$ （分解能と同じと考えてよい）、一次電子線の電流値 100nA 、検出器の応答速度 100MHz が、現在の最高値であり、この場合で検査速度は、 20c

m径のウエハ1枚あたり約8時間とされている。このように、検査速度が光に比べてきわめて遅い(1/20以下)ことが、大きな問題点(欠点)となっている。

5 また、高スループットにするためにビーム電流を大きくすると、絶縁膜が表面にあるウエハでは、帯電して良好なSEM画像が得られないという問題があった。

SEM方式の欠点である検査速度を向上する別の方法として、複数の電子線を用いたSEM(マルチビームSEM)方式及び装置が開示されている。この従来例の方式及び装置では、複数の電子線の本数分だけ検査速度を向上できるが、複数の一次電子線を斜め入射し、ウエハからの複数の二次電子線を斜め方向に取り
10 出すため、ウエハから放出される二次電子も、斜めの方向に放出されたもののみを検出器が拾うことになる。また、画像に影ができてしまったり、さらに、複数の電子線からのそれぞれの二次電子を分離することが困難であって、二次電子が互いに混入してしまうという問題が生じている。

さらに、マルチビーム方式の電子線装置を用いた評価システムにおいて、電子
15 線装置と他のサブシステムとの間の相互作用等については、今までほとんど提案されておらず、結局、高スループットの評価システムの完成された全体システムが提案されていない。更に、検査すべきウエハ等の大型化が図られてきており、サブシステムもウエハの大型化に対処できるようにする必要があるが、この点について、提案されていない。

20

発明の開示

本発明は、このような従来例の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、マルチビームを用いたSEM方式の電子線装置を用いた評価システムであって、検査処理のスループットを向上させることができる評価システムを提供する
25 ことである。

本発明の別の目的は、マルチビームを用いたSEM方式の電子線装置であって、検査処理のスループットを向上させるとともに、検出精度を向上させることができる電子線装置を提供することである。

本発明の他の目的は、このような電子線装置又は評価システムを用いて、プロセス途中又はプロセス終了後の半導体ウエハの評価を行うことができる半導体デバイス製造方法を提供することである。

上記した目的を達成するために、本発明は、概略的に述べると、一次電子線を
5 複数すなわちマルチビームとし、複数の電子線を一次元方向（X軸方向）に走査しながら、E×Bフィルタ（ウィーンフィルタ）を通して試料表面に電子線を垂直に入射させ、試料から放出された二次電子をE×Bフィルタにより一次電子線と分離して一次電子線の軸に対して斜め方向に取り出し、更に、レンズ系により
10 検出系に結像あるいは集光させる。そして、一次電子線の走査方向（X軸方向）に対してステージを直角方向（Y軸方向）に移動させ、連続した画像を取得する。

一次電子線がE×Bフィルタを通過するときは、電子線が電界から受ける力と磁界から受ける強さが逆向きで等しくなる条件（ウィーン条件）に設定され、一次電子線は直進する。一方、二次電子は、一次電子線とは方向が逆向きのために二次電子に作用する電界及び磁界の力の方向が同じになるために、一次電子線の
15 軸方向から曲げられる。この結果、一次電子線と二次電子線は分離される。E×Bフィルタを電子線が通過するとき、直進のときよりも曲げられた場合の収差が大きくなるため、高い精度が必要とされる一次電子線を直進させ、比較的高い精度が要求されない二次電子線を曲げるように光学系が設計されている。

検出系としては、複数の一次電子線の一本一本に対応した検出器が備えられて
20 おり、対応する一次電子線からの二次電子は、結像系により必ず対応する検出器に入射するよう設定されている。このため、信号の混入すなわちクロストークを低減することが可能となる。検出器としては、シンチレータ+光電子増倍管（フォトマルチプライヤ）を使用し、又は、PINダイオード（半導体検出器）等を使用することもできる。本発明の一実施例の電子線装置では、例えば、16本の
25 一次電子線でそれぞれビーム径0.1μm、1本当たりのビーム電流20nAが得られており、16本の合計では、現在市販されている装置の3倍の電流値が得られている。

また、本発明に係る電子線装置に用いられる電子銃においては、電子線源とし

て熱電子線源を使用している。電子放出（エミッタ）材は、 $L_a B_6$ である。高融点（高温での蒸気圧が低い）で仕事関数の小さい材料であれば、他の材料を使用することが可能である。複数の電子線を得るために、2通りの方法を用いている。一つは、一本のエミッタ（突起が一つ）から一本の電子線引き出し、複数の穴の
5 あいた薄板（開口板）を通すことにより、複数の電子線を得る方法、もう一つの方法は、一本のエミッタに複数の突起を形成して、これら突起から直に複数の電子線を引き出す方法である。いずれの場合も、電子線が突起の先端から放出されやすい性質を利用している。他の方式の電子線源からの電子線、例えば熱電界放出型の電子線も、使用可能である。なお、熱電子線源は、電子放出材を加熱する
10 ことにより電子を放出する方式であり、熱電界放出電子線源とは、電子放出材に高電界をかけることにより電子を放出させ、更に電子線放出部を加熱することにより、電子放出を安定させた方式である。

図面の簡単な説明

- 15 図1は、本発明に係る評価システムの主要構成要素を示す立面図である。
図2は、図1に示した評価システムの主要構成要素の平面図であって、図1の線B-Bに沿って見た図である。
図3は、ウエハ搬送箱とローダーとの関係を示す図である。
図4は、図1のミニエンバイロメント装置を示す断面図であって、図1の線C-Cに沿って見た図である。
20 図5は、図1のローダハウジングを示す図であって、図2の線D-Dに沿って見た図である。
図6は、ウエハラックの拡大図であって、[A]は側面図であり、[B]は[A]の線E-Eに沿って見た断面図である。
25 図7の[A]及び[B]はそれぞれ、主ハウジングの支持方法の変形例を示す図である。
図8は、図1に示した評価システムに適用可能な本発明に係る電子線装置の一実施形態を示す概略図である。

図 9 の [A] 及び [B] はそれぞれ、図 8 に示した電子線装置の一次光学系及び二次光学系に使用されているマルチ開口板の開口の位置関係、及び一次電子線の走査方式を示す図である。

5 図 10 の [A] 及び [B] はそれぞれ、本発明に係る電子線装置に適用可能な E × B 分離器の実施形態を示す図である。

図 11 は、本発明に係る電子線装置に適用可能な電位印加機構を示す図である。

図 12 は、本発明に係る電子線装置に適用可能な電子ビームキャリブレーション機構を説明する図であって、[A] は側面図であり、[B] は平面図である。

10 図 13 は、本発明に係る電子線装置に適用可能なウエハのアライメント制御装置の概略説明図である。

図 14 は、従来例の電子線装置における X Y ステージと電子光学系の荷電ビーム照射部との関係を表す図である。

図 15 は、図 14 に示した X Y ステージの底部の状態を示す図である。

15 図 16 は、本発明に係る電子線装置に適用可能な一実施形態の X Y ステージと電子光学系の荷電ビーム照射部との関係を表す図である。

図 17 は、本発明に係る電子線装置に適用可能な別の実施形態の X Y ステージと電子光学系の荷電ビーム照射部との関係を表す図である。

図 18 は、本発明に係る電子線装置に適用可能なさらに別の実施形態の X Y ステージと電子光学系の荷電ビーム照射部との関係を表す図である。

20 図 19 は、本発明に係る電子線装置に適用可能な他の実施形態の X Y ステージと電子光学系の荷電ビーム照射部との関係を表す図である。

図 20 は、本発明に係る電子線装置に適用可能なさらに他の実施形態の X Y ステージと電子光学系の荷電ビーム照射部との関係を表す図である。

25 図 21 は、本発明に係る電子線装置に適用可能な別の実施形態の X Y ステージと電子光学系の荷電ビーム照射部との関係を表す図である。

図 22 は、図 21 に示した実施形態に設けられる作動排出機構を示す図である。

図 23 は、図 21 に示した実施形態に設けられるガスの循環配管機構を示す図である。

図 2 4 は、本発明に係る電子線装置に具備される電子光学系の一実施形態を示す概略図である。

図 2 5 は、本発明に係る電子線装置の電子光学系において用いられる電子銃を構成するエミッタチップの配置例を示す図である。

5 図 2 6 は、本発明に係る電子線装置の電子光学系において用いられる電子銃を構成するエミッタチップの他の配置例を示す図である。

図 2 7 は、本発明に係る電子線装置の電子光学系において用いられる電子銃を構成するエミッタチップの他の配置例を示す図である。

10 図 2 8 は、本発明に係る電子線装置に具備される電子光学系の別の実施形態を示す概略図である。

図 2 9 は、本発明に係る電子線装置に具備される電子光学系に適用可能な電子銃のカソード先端部（エミッタ）の平面図である。

図 3 0 は、図 2 9 に示したカソードの側面図である。

15 図 3 1 は、本発明の電子線装置に具備される電子光学系に適用可能な電子銃のカソード先端部の平面図である。

図 3 2 は、図 3 1 に示したカソードのエミッタとウェーネルトとの関係を示した側面図である。

図 3 3 は、図 3 2 に示したカソードのエミッタとウェーネルトの開口との位置合わせ機構を説明する断面図である。

20 図 3 4 の [A] 及び [B] はそれぞれ、本発明に係る電子線装置に具備される電子光学系に適用可能な電子銃のカソード先端部の平面図及びエミッタの側面図である。

図 3 5 は、図 3 4 に示したカソードの側面図である。

25 図 3 6 の [A] 及び [B] はそれぞれ、図 3 4 及び図 3 5 に示したカソードのエミッタを加工する工具の平面図及び側面図である。

図 3 7 は、図 3 4 に示したカソードとともに電子銃を構成するウェーネルトの平面図である。

図 3 8 は、図 3 4 に示したカソードと図 3 7 に示したウェーネルトとを組み合

わせた状態を示す断面図である。

図39の[A] - [C]はそれぞれ、本発明に係る電子線装置に具備される電子光学系に適用可能な電子銃のカソード先端部の平面図及びエミッタの側面図である。

5 図40は、図41に示した複数の突起からなるエミッタをX軸上へ投影した場合に等間隔になることを示す説明図である。

図41は、図39に示したカソードを組み込んだ電子銃の側面図である。

図42の[A]及び[B]はそれぞれ、本発明に係る電子線装置に具備される電子光学系に適用可能な電子銃のカソード先端部の平面図及びエミッタの側面図
10 である。

図43は、本発明に係る電子線装置の他の実施形態を示す概略図である。

図44は、図43に示した電子線装置に具備される電子光学系の電子銃から放出されるマルチビームを、光軸に直交するX-Y平面における断面で示す断面図
15 である。

図45は、本発明に係る、ウエハ等の試料の表面より深い位置の情報を得るための原理を説明するための説明図である。

図46は、一次電子エネルギーとそれにより発生する二次電子エネルギーとの関係を示すグラフである。

図47は、本発明に係る電子線装置のさらに他の実施形態を示す概略図である。

20 図48は、本発明に係る電子線装置の別の実施形態を示す概略図である。

図49は、図48に示した電子線装置のX-Yステージに載置された標準マークのレイアウトを示す説明図である。

図50は、図48に示した電子線装置を用いて標準マークを種々のビーム径で走査した場合の信号コントラストを示す波形図である。

25 図51は、本発明に係る電子線装置のさらに別の実施形態を示す概略図である。

図52は、本発明に係る電子線装置による照射量の測定を説明するための説明図である。

図53は、本発明に係る電子線装置の他の実施形態を示す概略図である。

図 5 4 は、1 枚のウエハ上におけるデバイスの配置を示す平面図である。

図 5 5 は、本発明に係る電子線装置の他の実施形態を示す概略図である。

図 5 6 は、本発明に係る電子線装置のさらに他の実施形態を示す概略図である。

図 5 7 は、図 5 6 に示した電子線装置の欠陥検出部（評価部）の機能ブロック

5 図である。

図 5 8 は、本発明に係る電子線装置において実行される欠陥検出処理のフローチャートである。

図 5 9 の [A] - [C] はそれぞれ、図 5 8 に示した欠陥検出処理における、ダイ対ダイの比較による欠陥検出、線幅測定、及び電位コントラスト測定を説明

10 するための説明図である。

図 6 0 は、本発明に係る電子線装置の別の実施形態を示す概略図である。

図 6 1 は、図 6 0 に示した電子線装置を用いてウエハ検査を行う場合のメインルーチンを示すフローチャートである。

15 図 6 2 は、ウエハ表面上で部分的に重なり合いながら総合に位置がずらされた複数の被検査領域を概念的に示す説明図である。

図 6 3 は、図 6 0 に示した電子線装置により取得される複数の被検査画像及び基準画像を例示する説明図である。

図 6 4 は、図 6 1 に示したメインルーチンのサブルーチンである被検査画像データ取得工程を示すフローチャートである。

20 図 6 5 は、図 6 1 に示したメインルーチンのサブルーチンである比較工程を示すフローチャートである。

図 6 6 は、本発明に係る検査（評価）処理を示すフローチャートである。

図 6 7 は、本発明に係る半導体デバイスの製造方法を示すフローチャートである。

25 図 6 8 は、図 6 7 に示した工程のうちのリソグラフィ工程の詳細を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して、本発明に係る評価システムの実施形態について、検査試料として表面にパターンが形成された半導体基板すなわちウエハを評価する場合について、説明する。なお、ウエハ以外の試料の評価に適用可能であることは、勿論である。

5

図1及び図2は、本発明の一実施形態に係る評価システム1の主要な構成要素を示す立面図及び平面図である。評価システム1は、複数枚のウエハを収納したカセットを保持するカセットホルダ10と、ミニエンバイロメント装置20と、主ハウジング30と、ミニエンバイロメント装置20と主ハウジング30との間に配置されていて、二つのローディングチャンバを画成するローダハウジング40と、ウエハをカセットホルダ10から主ハウジング30内に配置されたステージ装置50上に装填するローダ60と、主ハウジング30内に配置され、ウエハであるウエハWを載置して移動させるステージ装置50と、主ハウジング30に取り付けられた電子光学系70とを備え、それらは、図1及び図2に示したような位置関係で配置されている。評価システム1は、更に、真空の主ハウジング30内に配置されたプレチャージユニット81と、ウエハに電位を印加する電位印加機構83（図11に図示）と、電子ビームキャリブレーション機構85（図12に図示）と、ステージ装置50上でのウエハの位置決めを行うためのアライメント制御装置87を構成する光学顕微鏡871とを備えている。

以下に、評価システム1の主要な要素（サブシステム）それぞれの構成について、詳細に説明する。

カセットホルダ10

カセットホルダ10は、複数枚（例えば25枚）のウエハが上下方向に平行に並べられた状態で収納されたカセットc（例えば、アシスト社製のSMIF、FOUPのようなクローズドカセット）を複数個（この実施形態では2個のカセット）保持するようになっている。このカセットホルダとしては、カセットをロボット等により搬送して自動的にカセットホルダ10に装填する場合には、それに

適した構造のものを、また人手により装填する場合には、それに適したオープン
カセット構造のものを、それぞれ任意に選択して設置できるようになっている。
カセットホルダ 10 は、この実施形態では、自動的にカセット c が装填される形
式であり、例えば昇降テーブル 11 と、その昇降テーブル 11 を上下移動させる昇
降機構 12 とを備えている。カセット c は、昇降テーブル上に図 2 において鎖線
5 示した状態に自動的に装填可能であり、装填後、図 2 において実線で示した状
態に自動的に回転され、ミニエンバイロメント装置 20 内の第 1 の搬送ユニット
の回動軸線に向けられる。また、昇降テーブル 11 は、図 1 において鎖線で示し
た状態に降下される。このように、自動的に装填する場合に使用するカセットホ
10 ルダ、或いは人手により装填する場合に使用するカセットホルダは、いずれも既
知の構造のものを適宜選択して使用すれば良いので、その構造及び機能の詳細な
説明は、ここでは省略する。

別の実施形態では、図 3 に示すように、複数の 300 mm ウエハ W を箱本体 5
01 の内側に固定した溝型ポケット（不図示）に収納した状態で收容し、搬送、
15 保管等を行うものである。この基板搬送箱 24 は、角筒状の箱本体 501 と基板
搬送出入り口ドアの自動開閉装置とに連結されて、箱本体 501 の側面の開口部
を機械により開閉可能な基板搬送出入りドア 502 と、開口部と反対側に位置し、
フィルタ類及びファンモータの着脱を行うための開口部を覆う蓋体 503 と、ウ
エハ W を保持するための溝型ポケット 507 とから構成されている。この実施形
態では、ローダー 60 のロボット式の搬送ユニット 61 により、ウエハを出し入
20 れする。

なお、カセット c 内に収納されるウエハは、半導体製造工程中でウエハを処理
するプロセスの後、若しくはプロセスの途中で行われる。具体的には、成膜工程、
CMP、イオン注入等を受けたウエハ、表面に配線パターンが形成されたウエハ、
25 又は配線パターンが未だに形成されていないウエハが、検査のためにカセット c
内に収納される。カセット c 内に收容されるウエハは、多数枚上下方向に隔てて
かつ平行に並べて配置されており、カセット中の任意の位置のウエハを、後述す
る第 1 の搬送ユニットで保持できるようにするために、第 1 の搬送ユニットのア

ームを上下移動できるようになっている。

ミニエンバイロメント装置 20

図 4 は、ミニエンバイロメント装置 20 を図 1 とは異なる方向から見た立面図
5 である。この図 4 並びに先の図 1 及び図 2 に示したように、ミニエンバイロメン
ト装置 20 は、雰囲気制御されるミニエンバイロメント空間 21 を画成するハウ
ジング 22 と、ミニエンバイロメント空間 21 内で清浄空気等の気体を循環して
雰囲気制御するための気体循環装置 23 と、ミニエンバイロメント空間 21 内に
10 供給された空気の一部を回収して排出する排出装置 24 と、ミニエンバイロメン
ト空間 21 内に配設されていて試料であるウエハの粗位置決めを行うプリアライ
ナ 25 とを備えている。

ハウジング 22 は、頂壁 221、底壁 222 及び四周を囲む周壁 223 を有し、
ミニエンバイロメント空間 21 を外部から遮断する構造になっている。ミニエン
バイロメント空間 21 を雰囲気制御するために、気体循環装置 23 は、図 4 に示
15 されるように、ミニエンバイロメント空間 21 内において、頂壁 221 に下向き
に取り付けられていて、気体（この実施形態では空気）を清浄にして一つ又はそ
れ以上の気体吹き出し口（図示せず）を通して清浄空気を真下に向かって層流状
に流す気体供給ユニット 231 と、底壁 222 の上に配置されていて、底に向か
って流れ下った空気を回収する回収ダクト 232 と、回収ダクト 232 と気体供
20 給ユニット 231 とを接続して回収された空気を気体供給ユニット 231 に戻す
導管 233 とを備えている。

この実施形態では、気体供給ユニット 231 は、供給する空気の約 20% をハ
ウジング 22 の外部から取り入れて、ミニエンバイロメント空間 21 の雰囲気を
清浄にするよう構成されている。しかしながら、この外部から取り入れられる気
25 体の割合は、任意に選択可能である。気体供給ユニット 231 は、清浄空気をつ
くりだすための既知の構造の HEPA 若しくは ULPA フィルタを備えている。
清浄空気の層流状の下方向の流れすなわちダウンフローは、主に、ミニエンバイ
ロメント空間 21 内に配置された後述する第 1 の搬送ユニットによる搬送面を通

して流れるように供給され、これにより、搬送ユニットにより発生する恐れのある塵埃がウエハに付着するのを防止する。したがって、ダウフローの噴出口は、必ずしも図示のように頂壁に近い位置である必要はなく、搬送ユニットによる搬送面より上側にあればよい。また、ミニエンバイロメント空間全面に亘って流す必要もない。なお、場合によっては、清浄空気としてイオン風を使用することによって、清浄度を向上させることができる。また、ミニエンバイロメント空間内には清浄度を観察するためのセンサを設け、清浄度が悪化したときに、装置をシャットダウンすることもできる。ハウジング 2 2 の周壁 2 2 3 のうち、カセットホルダ 1 0 に隣接する部分には、出入り口 2 2 5 が形成されている。出入り口 2 2 5 近傍には公知の構造のシャッタ装置を設けて出入り口 2 2 5 をミニエンバイロメント装置側から閉じるようにしてもよい。ウエハ近傍でつくる層流のダウフローは、例えば 0.3 ~ 0.4 m/sec の流速でよい。気体供給ユニット 2 3 1 は、ミニエンバイロメント空間 2 1 内でなく、その外側に設けてもよい。

排出装置 2 4 は、後に説明する搬送ユニットのウエハ搬送面より下側の位置で搬送ユニットの下部に配置された吸入ダクト 2 4 1 と、ハウジング 2 2 の外側に配置されたブロワー 2 4 2 と、吸入ダクト 2 4 1 とブロワー 2 4 2 とを接続する導管 2 4 3 と、を備えている。この排出装置 2 4 は、搬送ユニットの周囲を流れ下り搬送ユニットにより発生する可能性のある塵埃を含んだ気体を、吸入ダクト 2 4 1 により吸引し、導管 2 4 3、2 4 4 及びブロワー 2 4 2 を介してハウジング 2 2 の外側に排出する。この場合、ハウジング 2 2 の近くに引かれた排気管（図示せず）内に排出してもよい。

ミニエンバイロメント空間 2 1 内に配置されたプリアライナー 2 5 は、ウエハに形成されたオリエンテーションフラット（円形のウエハの外周に形成された平坦部分を言い、以下においてオリフラと呼ぶ）や、ウエハの外周縁に形成された一つ又はそれ以上の V 型の切欠きすなわちノッチを光学的に或いは機械的に検出し、それに基づいて、ウエハの軸線 $O_1 - O_1$ の周りの回転方向の位置を、約 ± 1 度の精度で予め位置決めする。プリアライナー 2 5 は、ウエハであるウエハの座標を決める機構の一部を構成し、ウエハの粗位置決めを担当する。このプリアラ

イナー自体は既知の構造のものでよいので、その構造、動作の説明は、ここでは省略する。なお、図示しないが、プリアライナー 25 の下部にも排出装置用の回収ダクトを設けて、プリアライナー 25 から排出された塵埃を含んだ空気を外部に排出するようにしてもよい。

5

主ハウジング 30

図 1 及び図 2 に示したように、ワーキングチャンバ 31 を画成する主ハウジング 30 は、ハウジング本体 32 を備え、そのハウジング本体 32 は、台フレーム 36 上に配置された振動遮断装置すなわち防振装置 37 の上に載せられたハウジング支持装置 33 によって支持されている。ハウジング支持装置 33 は矩形に組まれたフレーム構造体 331 を備えている。ハウジング本体 32 は、フレーム構造体 331 上に配設固定されており、フレーム構造体上に載せられた底壁 321 と、頂壁 322 と、底壁 321 及び頂壁 322 に接続されて四周を囲む周壁 323 とを備え、ワーキングチャンバ 31 を外部から隔離している。底壁 321 は、この実施形態では、上に載置されるステージ装置 50 等の機器による加重で歪みが発生しないように比較的肉厚の厚い鋼板で構成されているが、その他の適宜の構造にしてもよい。この実施形態においては、ハウジング 32 本体及びハウジング支持装置 33 は、剛構造に組み立てられていて、台フレーム 36 が設置されている床からの振動がこの剛構造に伝達されるのを、防振装置 37 で阻止している。ハウジング 32 の周壁 323 の内、ローダハウジング 40 に隣接する周壁には、ウエハ出し入れ用の出入り口 325 が形成されている。

10

15

20

25

防振装置 37 は、空気バネ、磁気軸受け等を有するアクティブ式のものでも、或いはこれらを有するパッシブ式のものでもよい。いずれも汎用の構造のものでよいので、その構造及び機能の説明を省略する。ワーキングチャンバ 31 は、汎用の真空装置（図示せず）により、真空雰囲気中に保たれる。台フレーム 36 の下には、評価システム 1 全体の動作を制御する制御装置 2 が配置されている。

なお、評価システム 1 においては、主ハウジング 30 を含めて、種々のハウジングを真空排気しているが、そのための真空排気系は、真空ポンプ、真空バルブ、

真空ゲージ、真空配管等から構成され、電子光学系、検出器部、ウエハ室、ロードロック室等を、所定のシーケンスに従って真空排気を行う。各部においては、必要な真空度を達成するように、真空バルブが制御される。そして、常時、真空度の監視を行い、異常時には、インターロック機能により隔離バルブ等によるチャンバ間又はチャンバと排気系との間の遮断緊急制御を行い、各部において必要な真空度を確保をする。真空ポンプとしては、主排気にターボ分子ポンプ、粗引き用としてルーツ式のドライポンプを使用する。検査場所(電子線照射部)の圧力は、 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ Pa、好ましくは、その1桁下の $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Paが実用的である。

10

ローダハウジング40

図5は、図1とは別の方向から見たローダハウジング40の立面図を示している。図5並びに図1及び図2に示すように、ローダハウジング40は、第1のローディングチャンバ41と第2のローディングチャンバ42とを画成するハウジング本体43を備えている。ハウジング本体43は、底壁431と、頂壁432と、四周を囲む周壁433と、第1のローディングチャンバ41と第2のローディングチャンバ42とを仕切る仕切壁434とを有しており、2つのローディングチャンバを外部から隔離している。仕切壁434には、2つのローディングチャンバ間でウエハWの受け渡しを行うための開口すなわち出入り口435が形成されている。また、周壁433のミニエンバイロメント装置20及び主ハウジング30に隣接した部分には、出入り口436及び437が形成されている。このローダハウジング40のハウジング本体43は、ハウジング支持装置33のフレーム構造体331上に載置されて支持されている。したがって、このローダハウジング40にも、床の振動が伝達されない。

ローダハウジング40の出入り口436とミニエンバイロメント装置20のハウジング22の出入り口226とは整合されているが、これら出入り口436、226の間には、ミニエンバイロメント空間21とローディングチャンバ41との連通を選択的に阻止するシャッタ装置27が設けられている。シャッタ装置2

7は、出入り口226及び436の周囲を囲んで側壁433と密に接触して固定されたシール材271と、シール材271と協働して出入り口を介しての空気の流通を阻止する扉272と、その扉を動かす駆動装置273とを有している。同様に、ローダハウジング40の出入り口437と主ハウジング30のハウジング5
5 本体32の出入り口325とは整合されているが、これら出入り口436、325の間には、ローディングチャンバ42とワーキングチャンバ31との連通を選択的に密封阻止するシャッタ装置45が設けられている。シャッタ装置45は、出入り口437及び325の周囲を囲んで側壁433及び323と密に接触し、
10 それら側壁に固定されたシール材451、シール材451と協働して、出入り口を介しての空気の流通を阻止する扉452と、その扉を動かす駆動装置453とを有している。更に、仕切壁434に形成された開口には、扉461により開口を閉じて、第1及び第2のローディングチャンバ間の連通を選択的に密封阻止するシャッタ装置46が設けられている。これらのシャッタ装置27、45及び46は、閉じ状態にあるとき、各チャンバを気密シールできるようになっている。
15 これらのシャッタ装置は汎用のものでよいので、その構造及び動作の詳細な説明は省略する。

なお、ミニエンバイロメント装置20のハウジング22の支持方法とローダハウジング40の支持方法が異なり、ミニエンバイロメント装置20を介して床からの振動がローダハウジング40及び主ハウジング30に伝達されるのを防止す
20 るために、ミニエンバイロメント装置20のハウジング22とローダハウジング40との間に、出入り口の周囲を気密に囲む防振用のクッション材を配置しておけば良い。

第1のローディングチャンバ41内には、複数枚（この実施形態では2枚）のウエハWを上下に隔てて水平に支持するウエハラック47が配設されている。ウ
25 エハラック47は、図6に示すように、矩形の基板471の四隅に互いに隔てて直立状態で固定された支柱472を備え、各支柱472には、それぞれ2段の支持部473及び474が形成され、その支持部の上に、ウエハWの周縁を載せて保持する。このようにウエハWを載置下状態で、後述する第1及び第2の搬送ユ

ニットのアームの先端を隣接する支柱間からウエハWに接近させ、該アームによりウエハを把持させ、そしてウエハを搬送させる。

第1及び第2のローディングチャンバ41及び42は、真空ポンプを含む汎用の真空排気装置（図示せず）によって、高真空状態（真空度としては、 10^{-5} ～ 10^{-6} Pa）に雰囲気制御される。この場合、第1のローディングチャンバ41を低真空チャンバとして低真空雰囲気に保ち、第2のローディングチャンバ42を高真空チャンバとして高真空雰囲気に保つことにより、ウエハの汚染防止を効果的に行うこともできる。このような2つのローディングチャンバを備えたローディングハウジング構造を採用することによって、ウエハWをローディングチャンバからワーキングチャンバ内に遅滞なく搬送することができる。このようなローディングチャンバ構造を採用することによって、マルチビーム型の電子光学系と協働して欠陥等の検査のスループットを向上させ、更に、保管状態が高真空状態であることを要求される電子源周辺の真空度を、可能な限り高真空状態にすることができる。

第1及び第2のローディングチャンバ41及び42にはそれぞれ、真空排気配管と不活性ガス（例えば乾燥純窒素）用のベント配管（それぞれ図示せず）が接続されている。これによって、各ローディングチャンバ内の大気圧状態において、不活性ガスベント（不活性ガスを注入して、不活性ガス以外の酸素ガス等が表面に付着するのを防止する）が達成される。このような不活性ガスベントを行う装置自体は汎用の構造のものでよいので、その詳細な説明は省略する。

なお、電子線を使用する本発明の主ハウジング30において、後述する電子光学系70の電子源すなわち電子銃として使用される代表的な六硼化ランタン（LaB₆）等は、一度熱電子を放出する程度まで高温状態に加熱された場合には、酸素等に可能な限り接触させないことがその寿命を縮めないために肝要である。本発明においては、主ハウジング30の電子光学系70が配置されているワーキングチャンバにウエハWを搬入する前段階で、上記のような雰囲気制御を行うことにより、酸素に接触する可能性が低減されるため、電子源の寿命を縮めてしまう可能性が低くなる。

ステージ装置 50

ステージ装置 50 は、主ハウジング 30 の底壁 321 上に配置された固定テーブル 51 と、固定テーブル上で Y 方向（図 1 において紙面に垂直の方向）に移動する Y テーブル 52 と、Y テーブル上で X 方向（図 1 において左右方向）に移動する X テーブル 53 と、X テーブル上で回転可能な回転テーブル 54 と、回転テーブル 54 上に配置されたホルダ 55 とを備えている。該ホルダ 55 のウエハ載置面 551 上にウエハ W を解放可能に保持する。ホルダ 55 は、ウエハ W を機械的に或いは静電チャック方式で解放可能に把持できる汎用の構造のものでよい。

10 ステージ装置 50 は、サーボモータ、エンコーダ及び各種のセンサ（図示せず）を用いて、上記した複数のテーブル 52～54 を動作させることにより、載置面 551 上でホルダ 55 に保持されたウエハ W を電子光学系 70 から照射される電子ビームに対して X 方向、Y 方向及び Z 方向（図 1 において上下方向）に、更には、ウエハの支持面に鉛直な軸線の回り方向（ θ 方向）に、高い精度で位置決め

15 することができる。なお、Z 方向の位置決めは、例えばホルダ 55 上の載置面の位置を Z 方向に微調整可能にしておけばよい。この場合、載置面の基準位置を微細径レーザによる位置測定装置（干渉計の原理を使用したレーザ干渉測距装置）によって検知し、その位置をフィードバック回路（不図示）によって制御したり、それと共に或いはそれに代えて、ウエハのノッチ或いはオリフラの位置を測定し

20 て、ウエハの電子ビームに対する平面位置及び回転位置を検知し、回転テーブル 54 を微小角度制御可能なステッピングモータなどにより回転させて制御する。ホルダ 55 を設けずに、回転テーブル 54 上にウエハ W を直接載置してもよい。ワーキングチャンバ 31 内での塵埃の発生を極力防止するために、ステージ装置

25 50 用のサーボモータ 521、531 及びエンコーダ 522、532 は、主ハウジング 30 の外側に配置されている。なお、ステージ装置 50 は、例えばステッパ等で使用されている汎用構造のもので良いので、その構造及び動作の詳細な説明は省略する。また、上記したレーザ干渉測距装置も汎用構造のものでよいので、その構造、動作の詳細な説明は省略する。

電子ビームに対するウエハWの回転位置やX-Y座標位置を、後述する信号検出系或いは画像処理系に予め入力することによって、信号の基準化を図ることもできる。更に、このホルダ55に設けられたウエハチャック機構は、ウエハをチャックするための電圧を静電チャックの電極に印加するよう構成され、ウエハW
5の外周部の3点（好ましくは、周方向に等隔に隔てられた3点）を押さえて位置決めするようになっている。ウエハチャック機構は、二つの固定位置決めピンと、一つの押圧式クランプピンとを備えている。クランプピンは、自動チャック及び自動リリースを実現できるよう構成され、かつ電圧印加用の導通部を構成している。

10 なお、この実施形態では図2で左右方向に移動するテーブルをXテーブルとし、上下方向に移動するテーブルをYテーブルとしたが、同図で左右方向に移動するテーブルをYテーブルとし、上下方向に移動するテーブルをXテーブルとしてもよい。

15 ロード60

ロード60は、ミニエンバイロメント装置20のハウジング22内に配置されたロボット式の第1の搬送ユニット61と、第2のローディングチャンバ42内に配置されたロボット式の第2の搬送ユニット63とを備えている。

第1の搬送ユニット61は、駆動部611に関して軸線 O_1-O_1 の回りで回転
20可能になっている多節のアーム612を有している。多節のアームとして任意の構造のものを使用できるが、この実施形態では、互いに回動可能に取り付けられた三つの部分を有している。第1の搬送ユニット61のアーム612の一つの部分すなわち最も駆動部611側の第1の部分は、駆動部611内に設けられた汎用構造の駆動機構（図示せず）により、回轉可能な軸613に取り付けられてい
25る。アーム612は、軸613により軸線 O_1-O_1 の回りで回動可能であると共に、部分間の相対回轉により全体として軸線 O_1-O_1 に関して半径方向に伸縮可能である。アーム612の軸613から最も離れた第3の部分の先端には、汎用構造の機械式チャック又は静電チャック等のウエハ把持用の把持装置616が設

けられている。駆動部 6 1 1 は、汎用構造の昇降機構 6 1 5 により上下方向に移動可能である。

この第 1 の搬送ユニット 6 1 において、カセットホルダ 1 0 中に保持された二つのカセット c の内のいずれか一方の方向 M 1 又は M 2 (図 2) に向かって、アーム 6 1 2 が伸び、そして、カセット c 内に収容されたウエハ W をアームの上に載せるか又はアームの先端に取り付けたチャック (図示せず) により把持して取り出す。その後、アームが縮み (図 2 に示した状態)、アームがプリアライナ 2 5 の方向 M 3 に向かって伸長できる位置まで回転して、その位置で停止する。するとアームが再び伸びてアームに保持されたウエハ W をプリアライナ 2 5 に載せる。プリアライナ 2 5 から前記と逆にしてウエハを受け取った後、アームは更に回転し、第 1 のローディングチャンバ 4 1 に向かって伸長できる位置 (向き M 4) で停止し、第 1 のローディングチャンバ 4 1 内のウエハ受け 4 7 に、ウエハを受け渡す。なお、機械的にウエハを把持する場合には、ウエハの周縁部 (周縁から約 5 mm の範囲) を把持する。これは、ウエハには周縁部を除いて全面にデバイス (回路配線) が形成されており、周縁部以外の部分を把持すると、デバイスの破壊、欠陥の発生を生じさせるからである。

第 2 の搬送ユニット 6 3 も、第 1 の搬送ユニット 6 1 と構造が基本的に同じであり、ウエハ W の搬送を、ウエハラック 4 7 とステージ装置 5 0 の載置面上との間で行う点でのみ相違するだけであるから、詳細な説明は省略する。

第 1 及び第 2 の搬送ユニット 6 1 及び 6 3 は、カセットホルダに保持されたカセット c からワーキングチャンバ 3 1 内に配置されたステージ装置 5 0 上への及びその逆のウエハの搬送を、ウエハをほぼ水平状態に保ったままで行う。そして、搬送ユニット 6 1、6 3 のアームが上下動するのは、単に、カセット c からのウエハの取り出し及びそれへの挿入、ウエハラックへのウエハの載置及びそこからの取り出し、並びに、ステージ装置 5 0 へのウエハの載置及びそこからの取り出しのときだけである。したがって、例えば直径 3 0 c m 等の大型のウエハであっても、その移動をスムーズに行うことができる。

ここで、上記構成を有する評価システム 1 において、カセットホルダ 1 0 に支

持されたカセットcからワーキングチャンバ31内に配置されたステージ装置50までへのウエハの搬送を、順を追って説明する。

カセットホルダ10は、前述のように人手によりカセットをセットする場合にはそれに適した構造のものが、また自動的にカセットをセットする場合にはそれに適した構造のものが使用される。この実施形態において、カセットcがカセットホルダ10の昇降テーブル11の上にセットされると、昇降テーブル11は昇降機構12によって降下され、カセットcが出入り口225に整合される。カセットが出入り口225に整合されると、カセットcに設けられたカバー（不図示）が開き、また、カセットcとミニエンバイロメント装置20の出入り口225との間には、筒状の覆いが配置されて、カセット及びミニエンバイロメント空間21を、外部から遮断する。これらの構造は汎用のものであるから、その構造及び動作の詳細な説明は省略する。なお、ミニエンバイロメント装置20側に出入り口225を開閉するシャッタ装置が設けられている場合には、そのシャッタ装置が動作して、出入り口225を開く。

一方、第1の搬送ユニット61のアーム612は、方向M1又はM2ののいずれかに向いた状態（この説明では、M1の方向）で停止しており、出入り口225が開くと、アームが伸びてその先端でカセットcに収容されているウエハのうち1枚を受け取る。なお、アームと、カセットから取り出されるべきウエハとの上下方向の位置調整は、この実施形態では、第1の搬送ユニット61の駆動部611及びアーム612の上下移動で行うが、カセットホルダ10の昇降テーブルの上下動によって行っても、或いはその両者で行ってもよい。

アーム612によるウエハの受け取りが完了すると、該アームは縮み、シャッタ装置が動作して出入り口を閉じ（シャッタ装置がある場合）、次に、アーム612は軸線 O_1-O_1 の回りで回転し、方向M3に向けて伸長できる状態となる。そして、アームが伸びて先端に載せられ或いはチャックで把持されたウエハをプリアライナ25の上に載せ、該プリアライナによって、ウエハの回転方向の向き（ウエハ平面に垂直な中心軸線の回りの向き）を、所定の範囲内に位置決めする。位置決めが完了すると、第1の搬送ユニット61は、アーム612の先端にプリア

ライナ 2 5 からウエハを受け取った後にアームを縮ませ、方向 M 4 に向けてアームを伸長できる姿勢になる。すると、シャッタ装置 2 7 の扉 2 7 2 が動いて出入り口 2 2 6 及び 4 3 6 を開き、アーム 6 1 2 が伸びてウエハを第 1 のローディングチャンバ 4 1 内のウエハラック 4 7 の上段側又は下段側に載せる。なお、シャッタ装置 2 7 が開いてウエハラック 4 7 にウエハが受け渡される前に、仕切壁 4 3 4 に形成された開口 4 3 5 は、シャッタ装置 4 6 の扉 4 6 1 により気密状態に閉じられている。

上記した第 1 の搬送ユニット 6 1 によるウエハの搬送過程において、ミニエンパイロメント装置 2 0 のハウジング本体 2 2 に設けられた気体供給ユニット 2 3 1 からは清浄空気が層流状に流れ (ダウフローとして)、搬送途中で塵埃がウエハの上面に付着するのを防止する。搬送ユニット周辺の空気の一部 (この実施形態では、供給ユニットから供給される空気の約 2 0 % で主に汚れた空気) は、排出装置 2 4 の吸入ダクト 2 4 1 から吸引されて、ハウジング外に排出される。残りの空気は、ハウジング本体 2 2 の底部に設けられた回収ダクト 2 3 2 を介して回収され、再び気体供給ユニット 2 3 1 に戻される。

ローダハウジング 4 0 の第 1 のローディングチャンバ 4 1 内のウエハラック 4 7 に第 1 の搬送ユニット 6 1 によりウエハが載せられると、シャッタ装置 2 7 が閉じて、ローディングチャンバ 4 1 を密閉する。すると、該ローディングチャンバ 4 1 内には空気が追い出されて不活性ガスが充填された後、その不活性ガスも排出されて、ローディングチャンバ 4 1 内は真空雰囲気となる。ローディングチャンバ 4 1 の真空雰囲気は、低真空度でよい。ローディングチャンバ 4 1 の真空度がある程度得られると、シャッタ装置 4 6 が動作して、扉 4 6 1 で密閉していた出入り口 4 3 4 を開き、次いで、第 2 の搬送ユニット 6 3 のアーム 6 3 2 が伸びて先端の把持装置でウエハ受け 4 7 から 1 枚のウエハを受け取る (先端の上に乗せて或いは先端に取り付けられたチャックで把持して)。ウエハの受け取りが完了するとアームが縮み、シャッタ装置 4 6 が再び動作して扉 4 6 1 により出入り口 4 3 5 を閉じる。なお、シャッタ装置 4 6 が開く前に、アーム 6 3 2 は予めウエハラック 4 7 の方向 N 1 に向けて伸長できる姿勢になる。また、前記のように、

シャッタ装置 4 6 が開く前に、シャッタ装置 4 5 の扉 4 5 2 により出入り口 4 3 7、3 2 5 を閉じて、第 2 のローディングチャンバ 4 2 内とワーキングチャンバ 3 1 内との連通を阻止しており、かつ、第 2 のローディングチャンバ 4 2 内は真空排気される。

- 5 シャッタ装置 4 6 が出入り口 4 3 5 を閉じると、第 2 のローディングチャンバ 4 2 は再度真空排気され、第 1 のローディングチャンバ 4 1 よりも高真空度で真空にされる。その間に、第 2 の搬送ユニット 6 1 のアームは、ワーキングチャンバ 3 1 内のステージ装置 5 0 の方向に向いて伸長できる位置に回転される。一方ワーキングチャンバ 3 1 内のステージ装置 5 0 では、Y テーブル 5 2 が、X テーブル 5 3 の中心線 X_0-X_0 が第 2 の搬送ユニット 6 3 の回動軸線 O_2-O_2 を通る X 軸線 X_1-X_1 とほぼ一致する位置まで、図 2 で上方に移動し、また、X テーブル 5 3 が図 2 で最も左側の位置に接近する位置まで移動し、この状態で待機している。第 2 のローディングチャンバ 4 2 がワーキングチャンバ 3 1 の真空状態と略同じになると、シャッタ装置 4 5 の扉 4 5 2 が動いて出入り口 4 3 7、3 2 5 を開き、アームが伸びて、ウエハを保持したアームの先端がワーキングチャンバ 3 1 内のステージ装置 5 0 に接近する。そして、ステージ装置 5 0 の載置面 5 5 1 上にウエハ W を載置する。ウエハの載置が完了するとアームが縮み、シャッタ装置 4 5 が出入り口 4 3 7、3 2 5 を閉じる。

- 15 以上は、カセット c 内のウエハ W をステージ装置 5 0 の載置面 5 5 1 上に搬送 20 載置するまでの動作について説明した。検査処理が完了したウエハ W をステージ装置 5 0 からカセット c に戻すには、前述と逆の動作を行う。また、ウエハラック 4 7 に複数のウエハを載置しているため、第 2 の搬送ユニット 6 3 がウエハラック 4 7 とステージ装置 5 0 との間でウエハの搬送を行っている間に、第 1 の搬送ユニットがカセット c とウエハラック 4 7 との間でウエハの搬送を行うことができる。したがって、検査処理を効率良く行うことができる。

25 具体的には、第 2 の搬送ユニットのウエハラック 4 7 に、既に処理済みのウエハ A と未処理のウエハ B とがある場合、①まず、ステージ装置 5 0 に未処理のウエハ B を移動し、処理を開始する。そして、②この処理中に、処理済みウエハ A

を、アームによりステージ装置 50 からウエハラック 47 に移動し、未処理の別のウエハ C を同じくアームによりウエハラックから抜き出し、プリアライナで位置決めした後、ローディングチャンバ 41 のウエハラック 47 に移動する。このようにすることにより、ウエハラック 47 の中では、ウエハ B の処理中に、処理済みのウエハ A を未処理のウエハ C に置き換えることができる。

また、検査や評価を行うこのような装置の利用の仕方によっては、ステージ装置 50 を複数台並列に置き、各ステージ装置に 1 つのウエハラック 47 からウエハを移動することにより、複数枚のウエハを同じに処理することができる。

図 7 の [A] 及び [B] は、主ハウジング 30 の支持方法の変形例を示している。図 7 [A] に示した変形例では、ハウジング支持装置 33 a を厚肉で矩形の鋼板 331 a で構成し、その鋼板の上にハウジング本体 32 a が載せられている。したがって、ハウジング本体 32 a の底壁 321 a は、図 1 の実施形態の底壁と比較して、薄い構造になっている。図 7 [B] に示した変形例では、ハウジング支持装置 33 b のフレーム構造体 336 b によりハウジング本体 32 b 及びローダハウジング 40 b を吊下状態で支持している。フレーム構造体 336 b に固定された複数の縦フレーム 337 b の下端は、ハウジング本体 32 b の底壁 321 b の四隅に固定され、その底壁により周壁及び頂壁を支持している。そして、防振装置 37 b は、フレーム構造体 336 b と台フレーム 36 b との間に配置されている。また、ローダハウジング 40 も、フレーム構造体 336 に固定された吊り下げ部材 49 b によって吊り下げられている。図 7 [B] に示した変形例では、吊り下げ式に支えているので、主ハウジング 30 b 及びその中に設けられた各種機器全体の低重心化が可能である。主ハウジング及びローダハウジングをつり下げて支持する方法によれば、床からの振動がこれらに伝わらないため、好適である。

図示しない別の変形例では、主ハウジングのハウジング本体のみがハウジング支持装置によって下から支持され、ローダハウジングは隣接するミニエンパイロメント装置と同じ方法で、床上に配置される。また、図示しない更に別の変形例では、主ハウジングのハウジング本体のみがフレーム構造体に吊り下げ式で支持

され、ローダハウジングは隣接するミニエンバイロメント装置と同じ方法で床上に配置される。

電子光学系 7 0

- 5 電子線装置に具備される電子光学系 7 0 は、ハウジング本体 3 2 に固定された鏡筒 7 1 を備え、該鏡筒中には、一次電子光学系（以下、「一次光学系」）及び二次電子光学系（以下、「二次光学系」）と検出系とが配置されている。

- 図 8 は、このような電子光学系 7 0 の実施形態を示した概略図であり、図において、7 2 は一次光学系、7 4 は二次光学系、7 6 は検出系である。なお、図 8
- 10 においては、ウエハ W を載置した状態のステージ装置 5 0、及び制御装置の一部である走査信号発生回路 7 6 4 も示している。一次光学系 7 2 は、電子線を試料であるウエハ W の表面に照射する光学系であり、電子線を放出する電子銃 7 2 1 と、電子銃 7 2 1 から放出された一次電子線を集束する静電レンズすなわちコン
- 15 デンサレンズ 7 2 2 と、該コンデンサレンズ 7 2 2 の下方に配置されかつ複数の開口が形成されていて、一次電子線を複数の一次電子ビームすなわちマルチビー
- 20 ムに形成するマルチ開口板 7 2 3 と、一次電子ビームを縮小する静電レンズである縮小レンズ 7 2 4 と、ウイーンフィルタすなわち E × B 分離器 7 2 5 と、対物レンズ 7 2 6 とを備えている。それらは、図 8 に示すように、電子銃 7 2 1 を最上部にして順に配置され、しかも、電子銃から放出される一次電子線の光軸がウ
- エハ W の表面に直交して照射されるように設定される。

- 縮小レンズ 7 2 4 及び対物レンズ 7 2 6 の像面湾曲収差の影響をなくすため、マルチ開口板 7 2 3 に形成される複数（この実施形態では 9 個）の開口 7 2 3 a
- が、図 9 の [A] に示されるように、光軸を中心とした円の円周上に形成され、しかも、その開口の X 軸上への投影像の X 方向の間隔 L_x が同一となるように配
- 25 置されている。

二次光学系 7 4 は、E × B 分離器 7 2 5 により一次光学系から分離された二次電子を通す 2 段の静電レンズである拡大レンズ 7 4 1 及び 7 4 2 と、マルチ開口検出板 7 4 3 とを備えている。マルチ開口検出板 7 4 3 に形成される開口 7 4 3

aは、図9の[A]に示すように、一次光学系のマルチ開口板723に形成されている開口723aと一対一に対応するように配置されている。

検出系76は、二次光学系74のマルチ開口検出板743の複数の開口743aに対応し、かつこれらに近接して配置された複数（この実施形態では9個）の
5 検出器761と、各検出器761にA/D変換器762を介して電氣的に接続された画像処理部763とを備えている。画像処理部763は、電子光学系70内に物理的に位置する必要がない。

次に、上記構成の電子光学系70の動作を説明する。電子銃721から放出された一次電子線は、一次光学系72のコンデンサレンズ722によって集束され
10 て点P1においてクロスオーバを形成する。コンデンサレンズ722によって集束された一次電子線がマルチ開口板723の複数の開口723aを通過することにより、複数の一次電子線が形成され、これらの一次電子線は、縮小レンズ724によって縮小されて、位置P2に投影される。位置P2で合焦した後、更に対物レンズ726によってウエハWの表面上に合焦される。このとき、一次電子線
15 は、縮小レンズ724と対物レンズ726との間に配置された偏向器727によって、ウエハWの表面上を走査するように偏向される。偏向器727には、走査信号が印加され、該信号に基づいて、一次電子線の偏向走査が実行される。

一次光学系72による一次電子線の照射方法を、図9の[B]を用いて説明する。なお、この図の例では、説明を簡単にするために、4本の一次電子線101、
20 102、103、104を用いる例について説明する。それぞれの電子線は、50 μ m幅をスキャンするものとする。電子線101を例にとると、まず、電子線101は左端から右方向にスキャンし、右端に到着後、すみやかに左端にもどり、改めて、右方向にスキャンする。このように、4つの電子線により、同時にウエハ表面を走査しているので、スループットが向上する。

25 合焦された複数（図8の実施形態では9本）の一次電子線によってウエハW上の複数の点が照射され、照射されたこれらの複数の点から二次電子が放出される。この二次電子は、対物レンズ726の電界に引かれて細く集束され、E×B分離器725によって偏向されて、二次光学系74に投入される。二次電子による像

は、E×B分離器725からみて、位置P2より近い位置P3において焦点を結ぶ。これは、一次電子ビームがウエハ面上で500 eV程度のエネルギーを有しているのに対して、二次電子が数eV程度のエネルギーしか有していないためである。

ここで、図10を参照してE×B分離器725について説明する。図10[A]
5 は、本発明の電子光学系70に使用可能なE×B分離器の一例を示している。この分離器は、静電偏向器と電磁偏向器とにより構成されており、図10においては、光軸OA₁（図面に垂直な軸）に直交するX-Y平面上の断面として示されている。X軸方向及びY軸方向は互いに直交している。

静電偏向器は、真空容器中に設けられた一对の電極（静電偏向電極）7251
10 を備え、X軸方向に電界を生成する。これら静電偏向電極7251は、絶縁スペーサ7252を介して真空容器の真空壁7253に取り付けられており、これらの電極間距離D_pは、静電偏向電極7251のY軸方向の長さ2L_pよりも小さく設定されている。このような設定により、Z軸すなわち光軸OA₁の回りの形成される電界強度が一様な範囲を比較的大きくすることができるが、理想的には、
15 D_p<L_pであれば、電界強度が一様な範囲をより大きくすることができる。

すなわち、電極の端部からD_p/2の範囲は、電界強度が一様でないため、電界強度がほぼ一様な領域は、一様でない端部領域を除いた中心部の2L_p-D_pの領域となる。このため、電界強度が一様な領域が存在するためには、2L_p>D_pとする必要があり、更に、L_p>D_pと設定することにより、電界強度が一
20 様な領域がより大きくなる。

真空壁7253の外側には、Y軸方向に磁界を生成するための電磁偏向器が設けられている。この電磁偏向器は、電磁コイル7254及び電磁コイル7255を備え、これらコイルはそれぞれ、X軸方向及びY軸方向に磁界を生成する。なお、コイル7255だけでもY軸方向の磁界を生成できるが、電界と磁界との直
25 交度を向上させるために、X軸方向に磁界を生成するコイル7254を設けている。すなわち、コイル7254によって生成された-X軸方向の磁界成分によって、コイル7255によって生成された+X軸方向を打ち消すことによって、電界と磁界との直交度を良好にすることができる。

これら磁界生成用のコイル 7 2 5 4 及び 7 2 5 5 は、真空容器の外に設けるため、それぞれを二分割して構成し、真空壁 7 2 5 3 の両側から取り付け、部分 7 2 5 7 においてねじ止め等によって締め付けて一体化すればよい。

5 E×B分離器の最外層 7 2 5 6 は、パーマロイ或いはフェライト製のヨークとして構成する。この最外層 7 2 5 6 は、コイル 7 2 5 4 及び 7 2 5 5 と同様に、2分割して両側からコイル 7 2 5 5 の外周に取り付けて、部分 7 2 5 7 においてねじ止め等により一体化してもよい。

10 図 10 の [B] は、本発明の電子光学系 7 0 に適用可能な E×B分離器の他の例を、光軸に直交する断面図として示している。この E×B分離器においては、静電偏向電極 7 2 5 1 は 6 極設けられている点が、図 10 の [A] に示した形態と異なっている。図 10 の [B] において、図 10 [A] に示された E×B分離器の構成要素に対応する構成要素は同じ参照番号に「'」(ダッシュ)を付して示し、それらの説明は省略する。これらの静電偏向電極 7 2 5 1' には、それぞれの電極の中央と光軸とを結んだ線と、電界の方向 (X 軸方向) との角度 θ_i ($i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$) としたときに、 $\cos \theta_i$ に比例する電圧 $k \cdot \cos \theta_i$ (k は定数) が供給される。ただし、 θ_i は、任意の角度である。

図 10 の [B] に示した E×B分離器においても、[A] の E×B分離器と同様に、X 軸方向の電界しか作れないので、X 軸及び Y 軸方向の磁界を生成するコイル 7 2 5 4' 及び 7 2 5 5' を設け、直交度の修正を行う。

20 図 10 の [B] に示した E×B分離器によれば、図 10 の [A] に示した E×B分離器に比べて、電界強度が一様な領域を更に大きくすることができる。

なお、図 10 の [A] 及び [B] に示した E×B分離器において、磁界を生成するためのコイルはサドル型に形成しているが、トロイダル型のコイルを用いてもよい。また、図 10 に示した E×B分離器の構成は、図 8 に示した電子線装置の電子光学系 7 0 だけでなく、以降で説明する他の実施形態の電子線装置の電子光学系に適用可能である。

位置 P 3 で合焦された二次電子の像は、2 段の拡大レンズ 7 4 1、7 4 2 でマルチ開口検出板 7 4 3 の対応する開口 7 4 3 a に合焦され、各開口 7 4 3 a に対

5 応して配置された検出器 7 6 1 で検出する。検出器 7 6 1 は、検出した電子線を、その強度を表す電気信号に変換する。各検出器 7 6 1 から出力された電気信号は、A/D変換器 7 6 2 でデジタル信号に変換された後、画像処理部 7 6 3 に入力される。検出器 7 6 1 として、例えば電子線強度を直接検出するPN接合ダイオード、或いは、電子により発光する蛍光板を介して発光強度を検出するPMT（光電子増倍管）などを用いることができる。

10 画像処理部 7 6 3 は、入力されたデジタル信号を画像データに変換する。画像処理部 7 6 3 には、一次電子線を偏向させるための走査信号が制御装置 2（図 1）から供給されており、したがって、画像処理部は、ウエハ表面上を走査される一次電子ビームの照射点の画像に対応する電気信号を受け取ることになり、よって、ウエハ表面を表す画像を得ることができる。このようにして得られた画像を、予め設定された標準パターンと比較することによって、ウエハWの被評価パターンの良否を判定することができる。

15 更に、レジストレーションによりウエハWの被評価パターンを一次光学系の光軸の近くへ移動させ、ラインスキャンすることによって線幅評価信号を取り出し、これを適宜校正することによって、ウエハの表面に形成されたパターンの線幅を測定することができる。

20 なお、従来の電子線装置では、一次電子線をウエハに照射した時発生する二次電子を一次電子と共通の二段のレンズで集束させ、この集束位置にE×B分離器を設けて二次電子を一次電子より分離し、その後はレンズ無しでマルチ検出器に結像させる方式が用いられている。このため、一次及び二次光学系に共通の二段のレンズは、一次光学系のレンズ条件を優先して調節される必要があるので、二次光学系の合焦条件や拡大率の調整を行うことができないことから、これらの合焦条件や拡大率が設計値からズレた場合に、調整できないという欠点があった。

25 しかしながら、二次電子をE×B分離器 7 2 5 で分離後、これを二次光学系のレンズで拡大するようにしたので、一次光学系のレンズ条件とは独立して、二次光学系の合焦条件や拡大率を調整することができる。

また、一次光学系のマルチ開口板 7 2 3 の開口を通過した一次電子ビームをウ

エハWの表面に合焦させ、ウエハから放出される二次電子を検出器761に結像させる際に、一次光学系で生じる歪み、軸上色収差及び視野非点という3つの収差による影響を最小にするよう特に配慮する必要がある。

特に、一次電子線と二次電子線が光路を共有する場合、共通の光路に一次電子流と二次電子流が流れるので、ほぼ2倍のビーム電流が流れ、その結果、空間電荷効果による一次電子線のボケや合焦条件の狂いがほぼ2倍になる。また、共通の光路では、一次電子線と二次電子線の軸合わせが困難である。一次電子線の軸合わせを行うと、二次電子線の軸が狂い易く、逆に二次電子線の軸合わせを行うと、一次電子線の軸が狂い易い。また、共通の光路では、レンズを一次電子線の合焦条件に合わせると、二次電子線の合焦条件が外れ易く、逆に二次電子線の合焦条件に合わせると、一次電子線の合焦条件が外れ易い。

したがって、共通の光路はできるだけ短くする必要があるが、そのために対物レンズ726の下方にE×B分離器725を設けると、対物レンズの像面距離が長くなり、収差が大きくなる問題を生ずる。そこで、本発明においては、対物レンズ726から見て電子銃721側にE×B分離器725を設けており、その結果、一次光学系と二次光学系とは、一つのレンズのみを共有する構成となっている。

また、複数の一次電子ビーム間の間隔と、二次光学系との関係については、一次電子ビーム間の間隔を二次光学系の収差（この場合は、対物レンズの二次電子に対する収差）よりも大きい距離だけ離すことにより、複数のビーム間のクロストークを無くすることができる。

さらに、静電偏向器727の偏向角度を、E×B分離器725のうち電磁偏向器による電磁偏向角度の $-1/2$ 倍に近い値にすることが好ましく、これによって、偏向の色収差を小さくできるので、E×B分離器を通してビーム径があまり大きくならないようにすることができる。

プレチャージユニット81

プレチャージユニット81は、図1に示したように、ワーキングチャンバ31

内で電子光学系70の鏡筒71に隣接して配設されている。本発明の評価システム1では、ウエハに電子線を走査して照射することによってウエハ表面に形成されたデバイスパターン等を検査する形式の装置であるため、ウエハ材料、照射電子のエネルギー等の条件によって、ウエハ表面が帯電（チャージアップ）することがある。更に、ウエハ表面でも強く帯電する箇所、弱い帯電箇所が生じる可能性がある。そして、電子線の照射により生じる二次電子等の情報をウエハ表面の情報としているが、ウエハ表面の帯電量にむらがあると、二次電子の情報もむらを含み、正確な画像を得ることができない。そこで、この実施形態では、帯電むら

5 防止するために、プレチャージユニット81が設けられている。該プレチャージユニット81は荷電粒子照射部811を含み、ウエハ上に検査のために一次電子を照射する前に、荷電粒子照射部811から荷電粒子を照射することにより、帯電むら無くす。なお、ウエハ表面の帯電状態は、電子光学系70を用いて予めウエハ面の画像を形成し、その画像を評価することで検出することができ、そして、検出された帯電状態に基づいて、荷電粒子照射部811からの荷電粒子の

10 照射を制御する。プレチャージユニット81では、一次電子線をばかして照射してもよい。

また、ウエハの電氣的欠陥を検査する方法としては、本来電氣的に絶縁されている部分とその部分が通電状態にある場合では、その部分の電圧が異なることを利用することもできる。それは、まず、ウエハに事前に電荷を付与することで、

20 本来電氣的に絶縁されている部分の電圧と、本来電氣的に絶縁されている部分ではあるが、何らかの原因で通電状態にある部分の電圧とに電圧差を生じさせ、その後、電子ビームを照射することにより、電圧差のデータを取得し、この取得データを解析して、通電状態となっていることを検出することができる。

このような電氣的欠陥の検出方法において、予めウエハに事前に電荷をチャージさせるために、プレチャージユニット81を用いることもできる。

25

電圧印加機構83

図11は、電圧印加機構83の構成を示すブロック図である。電位印加機構8

3は、ウエハから放出される二次電子発生率が、ウエハの電位に依存すると言う
事実に基づいて、ウエハを載置するステージの設置台に±数Vの電位を印加する
ことにより、二次電子の発生が最適化するように制御するものである。また、この
電位印加機構83は、照射される一次電子が当初有しているエネルギーを減速し、
5 ウエハ上の電子エネルギーを100～500 eV程度に制御するためにも用いられ
る。

電位印加機構83は、図11に示されるように、ステージ装置50の載置面5
51と電氣的に接続された電圧印加装置831と、チャージアップ調査及び電圧
決定システム（以下、「調査及び決定システム」）832とを備えている。調査及
10 び決定システム832は、電子光学系70の検出系76の画像処理部763に電
氣的に接続されたモニタ833と、モニタ833に接続されたオペレーション入
力部834と、該オペレーション入力部834に接続されたCPU835とを備
えている。CPU835は、制御装置2（図1）に含まれ、電圧印加装置831
に電圧調整信号を供給する。なお、CPU835はさらに、電子光学系70の偏
15 向器727（図8）に走査信号を供給する等、種々構成要素に制御信号を供給す
る。電位印加機構83は、画像処理部763によって形成された画像をモニタ8
33に表示し、オペレーション入力部834及びCPU835によって、ウエハ
が帯電し難い電位を探し、得られた電位を、電圧印加装置831からステージ装
置50のホルダ55に印加する。

20

電子ビームキャリブレーション機構85

電子ビームキャリブレーション機構85は、図12の[A]及び[B]に示す
ように、回転テーブル54上でウエハ載置面541の側部の複数箇所に設置され
た、ビーム電流測定用の複数のファラデーカップ851及び852を備えている。
25 ファラデーカップ851は細いビーム用（ ϕ ＝約2 μ m）で、ファラデーカップ
852は太いビーム用（ ϕ ＝約30 μ m）である。細いビーム用のファラデーカ
ップ851では、回転テーブル54をステップS送りすることにより、ビームプ
ロファイルを測定し。太いビーム用のファラデーカップ852では、ビームの総電

流量を計測する。ファラデーカップ 8 5 1 及び 8 5 2 は、上表面が載置面 5 4 1 上に載せられたウエハ W の上表面と同じレベルになるように配置される。このようにして、電子銃から放出される一次電子線を常時監視し、ウエハ表面に照射される電子線の強度がほぼ一定となるように、電子銃への電力供給を制御する。電子銃が常時一定の電子線を放出できるわけではなく、経年変化等によりその放出量が変化するため、このような機構により、電子線強度を較正する。

アライメント制御装置 8 7

アライメント制御装置 8 7 は、ステージ装置 5 0 を用いてウエハ W を電子光学系 7 0 に対して位置決めさせる装置である。アライメント制御装置 8 7 は、光学顕微鏡 8 7 1 (図 1) を用いた広視野観察によるウエハの概略位置合わせである低倍率合わせ(電子光学系によるよりも倍率が低い位置合わせ)、電子光学系 7 0 の電子光学系を用いたウエハの高倍率合わせ、焦点調整、検査領域設定、パターンアライメント等の制御を行うようになっている。なお、このように低倍率でウエハを検査するのは、ウエハのパターンの検査を自動的に行うためには、電子線を用いた狭視野でウエハのパターンを観察してウエハアライメントを行うときに、電子線によるアライメントマークを容易に検出する必要があるからである。

光学顕微鏡 8 7 1 は、主ハウジング 3 0 内に設けられているが、主ハウジング 3 0 内で移動可能に設けられていてもよい。光学顕微鏡 8 7 1 を動作させるための光源(不図示)も主ハウジング 3 0 内に設けられている。また高倍率の観察を行う電子光学系は、電子光学系 7 0 の電子光学系(一次光学系 7 2 及び二次光学系 7 4)を共用するものである。

アライメント制御装置 8 7 の構成を概略図示すれば、図 1 3 に示すようになる。ウエハ W 上の被観察点を低倍率で観察するには、ステージ装置 5 0 の X ステージ又は Y ステージを動かすことによって、ウエハの被観察点を光学顕微鏡の視野内に移動させる。光学顕微鏡 8 7 1 を用いて広視野でウエハを視認し、そのウエハ上の観察すべき位置を CCD 8 7 2 を介してモニタ 8 7 3 に表示させ、観察位置すなわち被観察点の位置を、おおよそ決定する。この場合、光学顕微鏡 8 7 1 の

倍率を低倍率から高倍率に徐々に変化させていってもよい。

次に、ステージ装置 50 を電子光学系 70 の光軸と光学顕微鏡 871 の光軸との間隔 δx に相当する距離だけ移動させることにより、光学顕微鏡 871 を用いて予め決めたウエハ上の被観察点を電子光学系 70 の視野位置に移動させる。この場合、電子光学系 70 の軸線 O_3-O_3 と光学顕微鏡 871 の光軸 O_4-O_4 との間
5 の距離（この実施形態では、X 軸方向にのみ両者は位置ずれしているものとするが、Y 軸方向に位置ずれしていてもよい） δx は予めわかっているので、その値 δx だけ移動させれば、被観察点を視認位置に移動させることができる。電子光学系 70 の視認位置への被観察点の移動が完了した後、電子光学系により高倍
10 率で被観察点を SEM 撮像して画像を記憶したり、モニタ 765 に表示させる。

このようにして、電子光学系によって高倍率でウエハの観察点をモニタに表示させた後、公知の方法により、ステージ装置 50 の回転テーブル 54 の回転中心に関するウエハの回転方向の位置ずれ、すなわち電子光学系の光軸 O_3-O_3 に対するウエハの回転方向のずれ $\delta \theta$ を検出し、また電子光学系 70 に関する所定の
15 パターンの X 軸及び Y 軸方向の位置ずれを検出する。そして、その検出値並びに別途得られたウエハに設けられた検査マークのデータ、或いはウエハのパターンの形状等に関するデータに基づいて、ステージ装置 50 の動作を制御してウエハのアライメントを行う。

20 制御装置 2

制御装置 2 の制御系は、主にメインコントローラ、制御コントローラ、ステージコントローラから構成されている。

メインコントローラには、マンマシンインターフェースが備えられており、オペレータの操作は、ここを通して行われる（種々の指示/命令、レシピなどの
25 入力、検査スタートの指示、自動と手動検査モードの切り替え、手動検査モード時等の必要な全てのコマンドの入力等）。その他、工場のホストコンピュータとのコミュニケーション、真空排気系の制御、ウエハの搬送、位置合わせの制御、制御コントローラやステージコントローラへのコマンドの伝達や情報の受け取り等

も、メインコントローラで行われる。また、光学顕微鏡からの画像信号の取得、ステージの変動信号を電子光学系にフィードバックさせて像の悪化を補正するステージ振動補正機能、ウエハ観察位置のZ軸方向（二次光学系の軸方向）の変位を検出して、電子光学系へフィードバックし、自動的に焦点を補正する自動焦点補正機能を備えている。電子光学系へのフィードバック信号等の授受、及びステージ装置からの信号の授受は、それぞれ制御コントローラ及びステージコントローラを介して行われる。

制御コントローラは、主に電子光学系の制御、すなわち、電子銃、レンズ、アライナー、ウィーンフィルタ用等の高精度電源の制御等を担う。具体的には、照射領域に、倍率が変わったときにも常に一定の電子電流が照射されるように電源を制御すること、各倍率に対応した各レンズ系やアライナーへ自動的に電圧を設定すること等の、各オペレーションモードに対応した各レンズ系やアライナーへの自動電圧設定等の制御（連動制御）が行われる。

ステージコントローラは、主にステージの移動に関する制御を行い、精密なX軸方向およびY軸方向の μm オーダーの移動（ $\pm 0.5\mu\text{m}$ 程度の許容誤差）を可能にしている。また、ステージの移動制御では、誤差精度 ± 0.3 秒程度以内で、回転方向の制御（ θ 制御）も行われる。

上記した本発明に係るこのような評価システムによれば、マルチビームを用いた電子線装置を評価システムの各構成機器を機能的に組み合わせることができたため、高いスループットで検査対象を処理することができる。また、エンバイロメント空間内に清浄度を観察するセンサを設けることにより、その空間内の塵埃を監視しながら検査対象の検査を行うことができる。さらに、プレチャージユニットを設けているので、絶縁物でできたウエハも帯電による影響を受けがたい。

次に、本発明に係る評価システム1に具備される電子線装置のステージ装置50と電子光学系70の荷電ビーム照射部との組合せについて、種々の実施形態を説明する。

半導体ウエハ等のように、超精密加工が施された試料を検査する場合には、ウエハを真空のワーキングチャンバ 31 中で精度良く位置決め可能なステージ装置 50 を使用する必要がある。このように非常に高精度な位置決めが要求される場合のステージ装置として、XYステージを静圧軸受けによって非接触支持する構造が採用されている。この場合、静圧軸受けから供給される高圧ガスが直接真空チャンバすなわちワーキングチャンバ 31 に排出されないように、高圧ガスを排気する差動排気機構を静圧軸受けの範囲に形成することによって、ワーキングチャンバ 31 の真空度を維持している。なお、本明細書において、「真空」とは、等技術分野において呼ばれる真空状態であって、必ずしも絶対真空を指すものではない。

このようなステージ装置 50 と電子光学系 70 との組合せの従来例を、図 14 に示している。図 14 において、[A] は正面図、[B] は側面図である。この従来例において、真空チャンバ 31 を構成する主ハウジング 30 に、荷電ビームを発生しウエハ W に照射する電子光学系装置の鏡筒 71 の先端部すなわち荷電ビーム照射部 72 が取り付けられている。鏡筒 71 の内部は、真空配管 10-1 によって真空排気されており、真空チャンバ 31 は真空配管 11-1a によって真空排気されている。そして、荷電ビームは、鏡筒 71 の先端部 7 から、その下に置かれたウエハ W 等のウエハに対して照射される。

ウエハ W は、ウエハ載置台すなわちホルダ 55 に公知の方法により取り外し可能に保持されており、ホルダ 55 は、XYステージを構成する Y テーブル 52 の上面に取り付けられている。Y テーブル 52 には、X テーブル 53 のガイド面 53a-1 と向かい合う面（図 14 の [A] において、左右両面及び下面）に、静圧軸受け 9-1 が複数取り付けられており、この静圧軸受け 9-1 の作用により、ガイド面との間に微小隙間を維持しながら、Y 方向（図 12 の [B] において、左右方向）に移動できる。さらに静圧軸受け 9-1 の周りには、静圧軸受け 9-1 に供給される高圧ガスが真空チャンバ 31 の内部にリークしないように、差動排気機構が設けられている。この様子を図 15 に示す。

図 15 に示すように、静圧軸受け 9-1 の周囲には、二重に溝 18-1 と 17

ー 1 とが構成されており、これらの溝は、図示していない真空配管と真空ポンプにより、常時真空排気されている。このような構造により、Yテーブル52は、真空中を非接触状態で支持され、Y方向に自在に移動することが可能である。二重の溝18-1と17-1は、Yテーブル52の静圧軸受け9-1が設けられている面に、その静圧軸受けを囲むように形成される。なお、静圧軸受け9-1の構造は公知のもので良いので、その詳細な説明は省略する。

Yテーブル52を搭載しているXテーブル53は、図14に示すように、上方に開口している凹形の形状を有し、そして、Xテーブル53にも、上記と同様の静圧軸受け及び溝が設けられている。これにより、ステージ台すなわち固定テーブル51に対して、非接触で支持されており、X方向に自在に移動することができる。

これらのYテーブル52及びYテーブル53の移動を組み合わせることによって、ウエハWを鏡筒71の先端部72すなわち荷電ビーム照射部に関して水平方向任意の位置に移動させ、ウエハWの所望の位置に荷電ビームを照射することができる。

図14に示したステージ装置50及び電子光学系70の荷電ビーム照射部72の組合せも、本発明の評価システム1に用いることができるものの、以下の問題点がある。

上記した静圧軸受け9-1と差動排気機構を組み合わせた従来例では、XYステージが移動する際に、静圧軸受け9-1に対向するガイド面53a及び51aは、静圧軸受け部の高圧ガス雰囲気とワーキングチャンバ31内の真空環境の間を往復運動することになる。この時、これらガイド面には、高圧ガス雰囲気に曝されている間にガスが吸着し、その後真空環境に露出されると吸着していたガスが放出される、という状態が繰り返される。このため、XYステージが移動する度に、ワーキングチャンバ31内の真空度が悪化するという現象が起こり、上述した荷電ビームによる露光や検査や加工等の処理を安定して行うことができなかつたり、ウエハが汚染されてしまうという問題がある。

したがって、真空度の低下を防止し、かつ荷電ビームによる検査や加工の処理

を安定して行うことができる装置が必要となる。図16は、このような作用効果を奏することができるステージ装置50及び電子光学系70の荷電ビーム照射部72の実施形態を示している。なお、図16において、[A]は正面図、[B]は側面図である。

- 5 図16に示すように、この実施形態でのステージ装置50は、Yテーブル52の上面に、±Y軸方向（図16の[B]で左右方向）に大きくほぼ水平に張り出した仕切り板14-1が取り付けられ、Xテーブル53の上面との間に、コンダクタンスが常時小さい絞り部50-1が生じるよう構成されている。また、Xテーブル53の上面にも、同様の仕切り板12-1が±X軸方向（図14の[A]で左右方向）に張り出すよう取り付けられており、固定テーブル51の上面との間に常に絞り部51-1が形成されるよう構成されている。固定テーブル51は、主ハウジング30内において、底壁の上に公知の方法で固定されている。
- 10

これにより、ウエハ台すなわちホルダ55がどの位置に移動しても、常に絞り部50-1及び51-1が形成されるので、Yテーブル52及びXテーブル53の移動時にガイド面53a及び51aからガスが放出されても、絞り部50-1及び51-1によって放出ガスの移動が妨げられる。したがって、荷電ビームが照射されるウエハ近傍の空間24-1の圧力上昇も、極めて低く押さえることができる。

15

- ステージ装置50の可動部であるYテーブル52の側面及び下面、並びにXテーブル53の下面には、静圧軸受け9-1の周囲に、図15に示した差動排気用の溝が形成され、この溝によって真空排気されるため、絞り部50-1、51-1が形成されている場合は、ガイド面からの放出ガスはこれらの差動排気部によって主に排気されることになる。このため、ステージ装置50内部の空間13-1及び15-1の圧力は、ワーキングチャンバ31内の圧力よりも高い状態になっている。したがって、空間13-1及び15-1を差動排気溝17-1や18-1で排気するだけでなく、真空排気する箇所を別に設けることにより、これら空間の圧力を下げることができ、ウエハWの近傍24-1の圧力上昇を、更に小さくすることができる。このための排気通路11-1b及び11-1cが設けら
- 20
- 25

れている。排気通路 11-1b は、固定テーブル 51 及び主ハウジング 30 を貫通し、主ハウジング 30 の外部に通じている。また、排気通路 11-1c は、X テーブル 53 に形成され、該 X テーブルの下面に開口している。

また、仕切り板 12-1 及び 14-1 を設置すると、ワーキングチャンバ 31 とこれら仕切り板が干渉しないように、ワーキングチャンバ 31 を大きくする必要が生じるが、仕切り板を伸縮可能な材料や構造にすることによって、この点を改善することが可能である。この改善例として、仕切り板をゴムで構成したり蛇腹状に構成し、その移動方向の端部を、仕切り板 14-1 の場合は X テーブル 53 に固定し、仕切り板 12-1 の場合はハウジング 8 の内壁に固定することが好適である。

図 17 は、ステージ装置 50 及び電子光学系 70 の荷電ビーム照射部 72 の別の実施形態を示している。この実施態様では、鏡筒 71 の先端部すなわち荷電ビーム照射部 72 の周囲に、試料であるウエハ W の上面との間に絞り部ができるように、円筒状の仕切り 16-1 が構成されている。この構成によれば、XY ステージからガスが放出されてワーキングチャンバ 31 内の圧力が上昇しても、仕切りの内部 24-1 は仕切り 16-1 で仕切られておりかつ真空配管 10-1 により排気されているので、ワーキングチャンバ 31 内と仕切りの内部 24-1 との間に圧力差が生じ、仕切り内部 24-1 の圧力上昇を低く抑えることができる。仕切り 16-1 とウエハ W 面との隙間は、ワーキングチャンバ 31 内とビーム照射部 72 周辺の圧力をどの程度に維持するかによって調整すべきであるが、数十 μm ~ 数 mm 程度が適当である。なお、仕切り 16-1 内と真空配管 10-1 とは公知の方法により連通されている。

また、電子光学系 70 においては、ウエハ W に数 kV 程度の高電圧を印加することがあり、導電性の材料をウエハの近傍に設置すると、放電を起こす恐れがある。この場合には、仕切り 16-1 の材質をセラミックス等の絶縁物で構成すれば、ウエハ W と仕切り 16-1 との間で放電を起こすことがない。

なお、ウエハ W の周囲に配置したリング部材 4-1 は、ウエハ台すなわちホルダ 55 に固定された板状の調整部品である。このリング部材 4-1 は、仕切り 1

6-1の先端部全周に亘って微小隙間52-1が形成されるように、ウエハWと同一の高さに設定されている。これによって、ウエハの端部を含む任意の位置に荷電ビームを照射しても、仕切り16-1の先端部には常に一定の微小隙間52-1が形成され、鏡筒71の先端部周囲の仕切り内部空間24-1の圧力を、安定に保つことができる。

図18は、ステージ装置50及び電子線装置の荷電ビーム照射部72の組合せの他の実施態様を示している。この実施形態においては、鏡筒71の荷電ビーム照射部2の周囲に、差動排気構造を内蔵した仕切り19-1が設けられている。仕切り19-1は円筒形状をしており、その内部に円周溝20-1が形成され、その円周溝から上方に排気通路21-1が延びている。該排気通路は、内部空間22-1を経由して、真空配管23-1に繋がれている。仕切り19-1は、その下端とウエハWの上面との間に数10 μ m～数mm程度の微小隙間を形成するように配置される。

図18の構成によれば、XYステージの移動に伴ってステージ装置50からガスが放出され、ワーキングチャンバ31内の圧力が上昇して荷電ビーム照射部72にガスが流入しようとしても、仕切り19-1がウエハWとの隙間を絞ってコンダクタンスを極めて小さくしているため、ガスは流入を邪魔され流入量は減少する。更に、流入したガスは、円周溝20-1から真空配管23-1へ排気されるため、荷電ビーム照射部72の周囲の空間24-1へ流入するガスはほとんどなくなり、荷電ビーム照射部72の圧力を、所望の高真空のまま維持することができる。

図19は、ステージ装置50及び電子光学系70の荷電ビーム照射部72のさらに別の実施態様を示している。この実施形態においては、ワーキングチャンバ31内の荷電ビーム照射部72の周囲には仕切り26-1が設けられ、これにより、荷電ビーム照射部72をワーキングチャンバ31から隔てている。仕切り26-1は、銅やアルミニウム等の熱伝導性の良い材料からなる支持部材29-1を介して冷凍機30-1に連結されており、-100 $^{\circ}$ C～-200 $^{\circ}$ C程度に冷却される。部材27-1は、冷却されている仕切り26-1と鏡筒71との間の

熱伝導を遮断するためのものであり、セラミックスや樹脂材等の熱伝導性の悪い材料で形成されている。また、部材28-1は、セラミックス等の非絶縁体からなり、仕切り26-1の下端に形成され、ウエハWと仕切り26-1との間で放電が生じることを防止するためのものである。

5 図19の構成によれば、ワーキングチャンバ31内から荷電ビーム照射部72に流入しようとするガス分子は、仕切り26-1で流入を阻害されるとともに、流入しても仕切り26-1の表面に凍結捕集されてしまうため、荷電ビーム照射部72の圧力を低く保つことができる。

10 なお、冷凍機30-1として、液体窒素による冷却や、He冷凍機、パルスチューブ式冷凍機等の様々な冷凍機を使用することができる。

図20は、ステージ装置50及び電子光学系70の荷電ビーム照射部72の組合せのさらに他の実施態様を示している。XYステージの両可動部すなわちYテーブル52及びXテーブル53には、図16の構成と同様に、仕切り板12-1、14-1が設けられており、ウエハ台すなわちホルダ55が任意の位置に移動し
15 ても、これらの仕切りによって、ステージ装置内の空間13-1とワーキングチャンバ31内とが絞り50-1、51-1を介して仕切られる。更に、荷電ビーム照射部72の周りには、図17の構成と同様に仕切り16-1が形成されており、ワーキングチャンバ31内と荷電ビーム照射部72のある空間24-1とが
20 絞り52-1を介して仕切られている。このため、XYステージの移動時に、該ステージに吸着しているガスが空間13-1に放出されて該空間の圧力を上昇させたとしても、ワーキングチャンバ31の圧力上昇は低く抑えられ、空間24-1の圧力上昇は更に低く抑えられる。これにより、荷電ビーム照射部72の空間24-1の圧力を低い状態に保つことができる。また、仕切り16-1を、差動排気機構を内蔵した仕切り19-1としたり、図18に示したように冷凍機で冷
25 却された仕切り26-1とすることによって、空間24-1を更に低い圧力で安定に維持することができる。

上記した荷電ビーム照射部の構造によれば、ステージ装置を真空のワーキングチャンバ内で高精度に位置決めすることができ、また、照射部の圧力が上昇しに

くいため、高精度の画像データを得ることができる。

図 2 1 は、ステージ装置 5 0 及び電子光学系 7 0 の荷電ビーム照射部 7 2 の組合せの他の実施形態を示している。この実施形態においては、電子光学系 7 0 の先端部すなわち荷電ビーム照射部 7 2 がワーキングチャンバ 3 1 を画成する主ハウジング 3 0 に取り付けられている。ステージ装置 5 0 における X Y ステージの台座すなわち固定テーブル 5 1 は、主ハウジング 3 0 の底壁に固定され、Y テーブル 5 2 が固定テーブル 5 1 の上に載っている。Y テーブル 5 2 の両側面（図 1 9 において左右側面）には、固定テーブル 5 1 に載置された一对の Y 方向ガイド 7 a - 2 及び 7 b - 2 の Y テーブル 5 2 に面した側に形成された凹溝内に突出する突部が形成されている。その凹溝は、Y 方向ガイドのほぼ全長に亘って Y 方向（図面と直交する方向）に伸びている。凹溝内に突出する突部の上、下面及び側面には、公知の構造の静圧軸受け 1 1 a - 2、9 a - 2、1 1 b - 2、9 b - 2 がそれぞれ設けられ、これらの静圧軸受けを介して高圧ガスを吹き出すことにより、Y テーブル 5 2 は、Y 方向ガイド 7 a - 2、7 b - 2 に対して非接触で支持され、Y 方向に円滑に往復運動できるようになっている。また、固定テーブル 5 1 と Y テーブル 5 2 との間には、Y 方向の駆動を行うための公知の構造のリニアモータ 1 2 - 2 が配置されている。Y テーブル 5 2 には、高圧ガス供給用のフレキシブル配管 2 2 - 2 によって高圧ガスが供給され、Y テーブル内に形成されたガス通路（図示せず）を通じて、静圧軸受け 9 a - 2 ~ 1 1 a - 2 及び 9 b - 2 ~ 1 1 b - 2 に対して高圧ガスが供給される。静圧軸受けに供給された高圧ガスは、Y 方向ガイドの対向する案内面との間に形成された数ミクロンから数十ミクロンの隙間に噴出して、Y テーブル 5 2 を案内面に対して X 方向及び Z 方向（図 2 1 において、図面の上下方向）に正確に位置決めする役割を果たす。

Y テーブル 5 2 上には X テーブル 5 3 が X 方向（図 2 1 において、図面の左右方向）に移動可能に載置されている。Y テーブル 5 2 上には、Y テーブル用の Y 方向ガイド 7 a - 2、7 b - 2 と同じ構造の一对の X 方向ガイド 8 a - 2、8 b - 2（8 a - 2 のみ図示）が、X テーブル 5 3 を間に挟んで設けられている。X

方向ガイドのXテーブル53に面した側にも凹溝が形成され、Xテーブルの側部（X方向ガイドに面した側部）には、該凹溝内に突出する突部が形成されている。その凹溝は、X方向ガイドのほぼ全長に亘って伸びている。凹溝内に突出するX方向テーブル53の突部の上、下面及び側面には、先に説明した静圧軸受け11a-2、9a-2、10a-2、11b-2、9b-2、10b-2と同様の静圧軸受け（図示せず）が、同様の配置で設けられている。Yテーブル52とXテーブル53との間には、Xテーブル53の駆動を行うための公知の構造のリニアモータ13-2が配置されている。Xテーブル53にはフレキシブル配管21-2によって高圧ガスが供給され、静圧軸受けに高圧ガスを供給する。この高圧ガスが静圧軸受けからX方向ガイドの案内面に対して噴出されることによって、Xテーブル53がY方向ガイドに対して高精度に非接触で支持されている。真空のワーキングチャンバ31は、公知の構造の真空ポンプ等に接続された真空配管19-2、20a-2、20b-2によって排気される。配管20a-2、20b-2の入口側（ワーキングチャンバ内側）は、固定テーブル51を貫通してその上面において、XYステージから高圧ガスが排出される位置の近くで開口しており、ワーキングチャンバ31内の圧力が静圧軸受けから噴出される高圧ガスにより上昇するのを極力防止している。

荷電ビーム照射部72の周囲には、差動排気機構25-2が設けられ、ワーキングチャンバ31内の圧力が高くても、荷電ビーム照射空間30-2の圧力が十分低くなるように構成されている。すなわち、荷電ビーム照射部72の周囲に取り付けられた差動排気機構25-2の環状部材26-2は、その下面（ウエハW側の面）とウエハとの間で微小隙間（数ミクロン～数百ミクロン）40-2が形成されるように、主ハウジング30に対して位置決めされており、その下面には、環状溝27-2が形成されている。環状溝27-2は排気管28-2により図示しない真空ポンプ等に接続されている。したがって、微小隙間40-2は、環状溝27-2及び排気口28-2を介して排気され、ワーキングチャンバ31から環状部材26-2によって囲まれた荷電ビーム照射空間30-2内にガス分子が侵入しようとしても、排気されてしまう。これにより、空間30内の圧力を低く

保つことができ、荷電ビームを問題なく照射することができる。

環状溝 27-2 は、チャンバ内の圧力、荷電ビーム照射空間 30 内の圧力によっては、二重構造或いは三重構造にしてもよい。

5 静圧軸受けに供給する高圧ガスは、一般に、ドライ窒素が使用される。しかしながら、可能ならば、更に高純度の不活性ガスにすることが好ましい。これは、水分や油分等の不純物がガス中に含まれると、これらの不純物分子が主ハウジング 30 の内面やステージ装置 50 の構成部品の表面に付着して真空度を悪化させたり、ウエハ表面に付着して荷電ビーム照射空間の真空度を悪化させてしまうからである。

10 なお、試料であるウエハ W は、通常、X テーブル 53 上に直接載置されるのではなく、ウエハを取り外し可能に保持したり X Y ステージに対して微少な位置変更を行うなどの機能を持たせたウエハ台すなわちホルダの上に載置されているが、ホルダの有無及びその構造は本願発明の要旨には関係ないので、上記説明においては、説明を簡素化するために省略している。

15 以上に説明した荷電ビーム装置では、大気中で用いられる静圧軸受けのステージ機構をほぼそのまま使用できるので、露光装置等で用いられる大気用の高精度ステージと同等の高精度の X Y ステージを、ほぼ同等のコスト及び大きさで荷電ビーム装置用の X Y ステージとして実現できる。

20 以上説明した静圧ガイドの構造や配置及びアクチュエータ（リニアモータ）はあくまでも一実施例であり、大気中で使用可能な静圧ガイドやアクチュエータであるならば、任意のものを適用可能である。

25 図 22 は、差動排気機構の環状部材 26-2 及び該部材に形成される環状溝 27-2 の大きさの数値例を示している。この例では、環状溝は、2つの環状溝 27-2 a 及び 27-2 b の二重構造を有しており、それらは半径方向に隔てられている。

静圧軸受けに供給される高圧ガスの流量は、通常、約 20 L/min（大気圧換算）程度である。ワーキングチャンバ 31 を、内径 50 mm で長さ 2 m の真空配管を介して 20000 L/min の排気速度を有するドライポンプで排気する

と仮定すると、該チャンバ31内の圧力は、約160Pa（約1.2 Torr）となる。この時、差動排気機構の環状部材26-2及び環状溝等の寸法を、図22に示したように設定することにより、荷電ビーム照射空間30-2内の圧力を 10^{-4} Pa（ 10^{-6} Torr）にすることができる。

- 5 図23は、図21に示した実施形態におけるワーキングチャンバ31に対する排気機構を示している。ワーキングチャンバ31には、真空配管74-2、75-2を介して、ドライ真空ポンプ53-2が接続されている。また、差動排気機構25-2の環状溝27-2は、排気口28-2に接続された真空配管70-2を介して、超高真空ポンプであるターボ分子ポンプ51-2に接続されている。
- 10 更に、鏡筒71の内部は、排気口18-2に接続された真空配管71-2を介して、ターボ分子ポンプ52-2に接続されている。これらのターボ分子ポンプ51-2、52-2は、真空配管72-2、73-2によって、ドライ真空ポンプ53-2に接続されている。（図23では、ターボ分子ポンプの粗引きポンプと真空チャンバの真空排気用ポンプを1台のドライ真空ポンプで兼用したが、XYス
- 15 テージの静圧軸受けに供給する高圧ガスの流量、真空チャンバの容積や内表面積、真空配管の内径や長さに応じて、それらを別系統のドライ真空ポンプで排気する場合もある。）

XYステージの静圧軸受けには、フレキシブル配管21-2、22-2を通して、高純度の不活性ガス（N₂ガス、Arガス等）が供給される。静圧軸受けか

20 ら噴出したこれらのガス分子は、ワーキングチャンバ31内に拡散し、排気口19-2、20a-2、20b-2を通して、ドライ真空ポンプ53-2によって排気される。また、差動排気機構や荷電ビーム照射空間に侵入したこれらのガス分子は、環状溝27-2或いは鏡筒71の先端部から吸引され、排気口28-2、18-2を

25 通って、ターボ分子ポンプ51-2、52-2によって排気され、そしてその後、ドライ真空ポンプ53-2によって排気される。このようにして、静圧軸受けに供給された高純度不活性ガスは、ドライ真空ポンプに集められて排出される。

一方、ドライ真空ポンプ53-2の排気口は、配管76-2を介して圧縮機5

4-2に接続され、圧縮機54-2の排気口は、配管77-2、78-2、79-2及びレギュレータ61-2、62-2を介して、フレキシブル配管21-2、22-2に接続されている。このため、ドライ真空ポンプ53-2から排出された高純度不活性ガスは、圧縮機54-2によって再び加圧され、レギュレータ61-2、62-2で適正な圧力に調整された後、再びXYテーブルの静圧軸受けに供給される。

なお、静圧軸受けに供給されるガスは、上述したように、できるだけ高純度でかつ水分や油分が極力含まれないようにする必要があるため、ターボ分子ポンプ、ドライポンプ及び圧縮機は、ガス流路に水分や油分が混入しないような構造であることが求められる。また、圧縮機の排出側配管77-2の途中にコールドトラップやフィルタ等(60-2)を設け、循環するガス中に混入した水分や油分等の不純物質をトラップして、静圧軸受けに供給されないようにすることも有効である。

こうすることによって、高純度不活性ガスを循環させて再利用できるので、高純度不活性ガスを節約でき、また、本装置が設置された部屋に不活性ガスをたれ流さないので、不活性ガスによる窒息等の事故が発生する恐れもなくすることができる。

循環配管系には高純度不活性ガス供給系63-2が接続されており、該不活性ガス供給系は、ガスの循環を始める際に、ワーキングチャンバ31や真空配管70-2~75-2及び加圧側配管76-2~80-2を含む全ての循環系に高純度不活性ガスを満たす役割と、何らかの原因で循環するガスの流量が減少した際に不足分を供給する役割とを担っている。

また、ドライ真空ポンプ53-2に大気圧以上まで圧縮する機能を持たせることによって、ドライ真空ポンプ53-2と圧縮機54-2を1台のポンプで兼ねさせることも可能である。更に、鏡筒72の排気に用いる超高真空ポンプには、ターボ分子ポンプの代わりにイオンポンプやゲッタポンプ等のポンプを使用することも可能である。ただし、これらの溜込み式ポンプを用いた場合は、この部分には循環配管系を構築することはできないことになる。また、ドライ真空ポンプ

の代わりに、ダイヤフラム式ドライポンプ等、他方式のドライポンプを使用することももちろん可能である。

上記した荷電ビーム照射部の構造及び排気機構によれば、ステージ装置を真空のワーキングチャンバ内で高精度に位置決めすることができ、また、照射部の圧力が上昇しにくいいため、高精度の画像データを得ることができる。また、これらの構造は、図 8 に示した電子線装置の実施形態だけではなく、以下に説明する実施形態及びそれらの変形にも適用できることは勿論である。

次に、本発明に係る電子線装置の、図 8 に示した実施形態以外の種々の実施形態について説明する。

図 2 4 は、本発明に係る電子線装置に提要可能な電子光学系 7 0 の実施形態を示している。この実施形態においては、電子銃がマルチビームを発生するために複数のエミッタ 1-3、2-3、3-3、すなわちマルチエミッタを備えた構造であり、しかも、これらエミッタの 1 つが故障した場合でも、所望の検査を行うことができるようにしたものである。各エミッタから放出された電子線は、コンデンサレンズ 4-3、6-3 で集束され、クロスオーバを開口 9-3 に形成する。そして、マルチビームである一次電子線の像は、さらに対物レンズ 8-3 を介してウエハ W の面上に結像される。

ウエハ W から放出された二次電子線は、対物レンズ 8-3 が作る加速電界でそれぞれが細く集束され、E×B分離器 10-3 で偏向されて一次光学系から分離される。そして、拡大レンズ 11-3、12-3 によって拡大されて、同一円上に開口が設けられたマルチ開口板 13-3 を通過し、検出器 14-3、15-3、16-3 で検出され、電気信号が生成される。生成された電気信号は、画像処理部（不図示）において処理される。

図 2 5 ~ 図 2 7 を参照して、電子銃のエミッタチップすなわち電子線放出源 3 2-3 の配列を説明する。

図 2 5 に示す例では、これらエミッタチップ 3 2-3 は、Y 軸方向に直線的に

並べられて複数のエミッタチップ群 3 3 - 3 を形成している。該エミッタチップ群 3 3 - 3 は、光軸 C - 3 を中心とした同一円 3 1 - 3 上に配置されており、光軸 C - 3 と直交する X 軸方向（一次電子線がウエハ W 上で走査される方向）の線に投影したときに、その投影されたエミッタチップ群の X 方向間隔がほぼ等間隔をなすように設定されている。この配置関係は、図 9 の [A] を参照して説明した場合と同様である。図示しないが、これらエミッタチップ群 3 3 - 3 のエミッタチップ 3 2 - 3 は、それぞれ電源に並列に接続されており、1 つのエミッタチップを任意に選択して該チップのみに電圧を印加することにより、選択されたエミッタチップのみから電子線を放出できる。エミッタチップ群 3 3 - 3 は、相互の間隔が上記の通りであるので、各エミッタチップ群の上記選択されたエミッタチップから放出される電子線の X 軸方向での間隔は等しくなり、従って、これら電子線を X 軸方向に、当該電子線のウエハ面上での照射スポット間の間隔だけ走査することにより、（スポット間の間隔）×（エミッタチップの数）だけの幅の走査が行われることになる。各エミッタチップは、好ましくは、円錐、四角錐等の形状である。

図 2 6 の例では、エミッタチップ群 3 3 - 3 は、同一円周 3 1 - 3 上に配置された複数エミッタチップチップ 3 2 - 3 から構成されており、図 2 6 の場合と同様に、各エミッタチップ群の任意の 1 つのエミッタチップに電圧を印加することができるようになっている。エミッタチップの選択によっては、電圧が印加されるエミッタチップの X 軸方向での間隔が少々ばらつくので、走査幅は、図 2 5 に関して述べたスポット間の間隔よりも余裕を持たせて大きくする必要がある。

図 2 7 に示す別の例では、エミッタチップチップ群 3 3 - 3 は 3 × 3 のマトリックス状に配置されたエミッタチップで構成されている。このようにすると、図 2 6 のエミッタチップの配列に比べて、走査幅の余裕はあまり必要ではなく、像面湾曲も最小限にできる。

図 2 4 ~ 図 2 7 を参照して説明した電子光学系 7 0 においては、電子銃が複数のエミッタチップ群を備え、かつ各エミッタチップ群から任意に選択された 1 つのエミッタチップに電圧を印加して電子線を発生するよう構成されているので、

のいずれかのエミッタチップに故障が生じてても、同一群の他のエミッタチップを用いて電子線を発生させることができる。したがって、エミッタチップの故障によるトラブルを回避することができる。

5 図28は、本発明に係る電子線装置に具備される電子光学系70のさらに別の実施形態を示している。この実施形態においては、一次電子ビームをマルチビーム化し、かつ、一次電子ビームの収差の内、最も大きい収差である像面湾曲収差を抑圧できるようにしたものである。該電子光学系70においては、電子銃1-4の中心にはLaB₆単結晶がマルチビームエミッタとなるよう加工されたカソード2-4が配置されている。カソードから放出された電子線はコンデンサレンズ3-4で集束され、クロスオーバを形成する。レンズ3-4とクロスオーバの間に第1のマルチ開口板4-4が設けられ、カソード2-4からの各ビームの強度が強い場所に、開口がほぼ一致するように配置されている。マルチ開口板を通過したビームは、2段の縮小レンズ5-4、7-4で縮小され、さらに対物レンズ10-4で縮小されて、ウエハWに結像される。図28において、6-4及び15 8-4は、第1及び第2の縮小像を示している。

ウエハWから放出された電子線は、対物レンズ10-4が作る加速電界で細く集束され、E×B分離器9-4で偏向されて一次光学系から分離され、拡大レンズ12-4、13-4で拡大されて、同一円上に開口が設けられた第2のマルチ開口板14-4を通過して検出器15-4で検出され、電気信号に変換される。20 得られた電気信号は、画像処理部（不図示）において信号処理される。

電子銃1-4は、熱電子放出型のLaB₆単結晶カソードで構成され、該カソード2-4の詳細な先端形状を、図29(正面図)、及び、図30(側面図)に示している。該カソードは、全体的には2mmφの円柱形のLaB₆単結晶から作られており、図示のように、その先端を45°の角度22-4に削り、さらに先端面24-4にその周縁に沿った三角形状断面の環状突起23-4を残し、そして、該環状突起を切削して45°の斜面26-4を有する四角錐をなす突起すなわちエミッタ領域25-4を複数形成している。これらエミッタ領域は、先端面24-4

の中心線（一次電子光学系の光軸に一致する）と直交するX軸方向（一次電子線がウエハ上で走査される方向）の線に投影したときに、その投影されたエミッタ領域のX軸方向間隔がほぼ等間隔をなすように設定されている。この配置関係は、
5 図9の[A]を参照して説明した場合と同様である。各エミッタ領域間の領域及びエミッタ領域より内側の先端面24-4から電子が放出されないように、エミッタ領域先端とこれら領域との間の高さの差を十分にとってある。

図29及び30に示したカソード構造を有する電子銃は、図28に示した第3の実施形態の電子光学系の電子銃として用いることができるだけでなく、図8に示した第1の実施形態の電子光学系の電子銃として用いることができ、さらには、
10 以下に説明する電子光学系70の他の実施形態の電子銃として用いることができる。

図28～図30を参照して説明した電子線装置の電子光学系においては、単一の電子銃によってマルチビームを適正に発生させることができる。また、像面湾曲をほぼ補正することができるので同一収差で多くのビームを発生でき、検査装置のスループットを大幅に向上させることができる。
15

図31～図33は、本発明に係る電子線装置の電子光学系70に適用可能な電子銃の別の実施形態を示した平面図及び側面図（一部断面図）であり、これら図においては、電子銃の電子線放出領域を構成するカソード及びウェーネルト近傍を拡大して示している。この実施形態の電子銃もまた、本発明に係る電子線装置の実施形態の電子銃として使用することができる。この実施形態の電子銃は、高性能のマルチビームを生成することができ、しかも、電子銃のカソードと制御電極との位置合わせを容易に行うことができるものである。
20

図31及び図32に示すように、この実施形態の電子銃1-5は、円柱形のカソード本体2-5と、そのカソード本体2-5の先端部を囲むように配置された制御電極すなわちウェーネルト5-5とを備えている。円柱状カソード2-5の先端には複数（本実施形態では6個）の電子線放出領域を形成するエミッタ3-5が形成されている。これらのエミッタ3-5は、カソード2-5の先端をテー
25

パー状（角錐状）に加工して尖らせた尖端4-5を有し、該先端から電子線を放出する。エミッタ3-5のカソード先端上の位置は、各エミッタの尖端4-5をX軸上に投影した位置の、互いに隣接する位置間の距離 L_x が全て等しくなるように予め決められている。この関係は、図9の[A]を参照して説明した場合と同様である。また、全てのエミッタ3-5の尖端は、図32に示すように、同一平面P1-P1上に位置するように形成されている。二次元的なビーム間距離、すなわちエミッタ3-5の尖端間の二次元的な距離を互いに等しくすることはできないが、図31に示すように、一つのエミッタ3a-5の尖端と電子銃1-5の光軸を成すカソード2-5の軸線0-0とを結ぶ線とX軸との成す角度 θ を最適に選ぶことによって、エミッタ3a-5の尖端と隣接するエミッタ3b-5及び3f-5の尖端との間の周方向の距離 d_1 及び d_2 を互いに等しくすることができる。制御電極すなわちウェーネルト電極5-5は、図32から明らかなように、一端が端壁6-5により閉鎖された筒状になっており、その端壁6-5には、貫通する穴すなわち開口7-5が各エミッタ3に対応して形成されている。ウェーネルト電極の開口は、全てのエミッタを囲むような寸法の1個の開口であってもよい。

カソードの先端に形成する電子線放出領域すなわちエミッタの数は、2個以上の任意の複数にすることができる。また、エミッタの形状は、図31及び図32に示された角錐形状に限られず、尖端から電子線を放出できる形状であれば、例えば円錐形等の任意形状でよい。カソード及びウェーネルトは、従来の電子銃のそれらと同じ材料で形成することができる。更に、ウェーネルトに形成される開口7の大きさは、適宜決定可能である。

エミッタ3-5に関して穴7-5を正確に位置決めする必要があるが、該位置決めは、図33に示した位置合わせ機構により実行される。図33において、ウェーネルト電極5-5は、円筒状の支持体8-5の先端に取り付けられている。この支持体8-5内には、位置合わせ機構を構成するベースプレート11-5が配置されている。ベースプレート11-5は、絶縁材料でつくられていて、支持体8-5の底板9-5に螺合された複数（この実施形態では、X、Y軸線上にそ

れぞれ2個ずつ配置されて4個であるが、X軸線上の2個のみ図示)の調整ねじ12a-5、12b-5の上に載せられている。ベースプレート11-5と支持体8-5に固定されたばね受け15-5との間には、ばね(この実施形態では、板ばね)14-5が配置され、ベースプレート11-5は、そのばねにより、常
5 時調整ねじ12a-5、12b-5側に押圧されている。このばね及びばね受けは、調整ねじ12a-5、12b-5に対応した位置に配置されていることが好ましい。支持体8-5には、複数個(この実施形態では、X、Y軸線上にそれぞれ2個ずつ配置され4個であるが、X軸線上の2個のみを図示)の調整ねじ13a-5-8b-5が螺合されている。調整ねじ12a-5、12b-5はベース
10 プレート11-5の上下方向の位置を調整し、調整ねじ13a-5、13b-5はベースプレート11-5のX、Y軸方向位置を調整する。カソード2-5は、ベースプレート11-5の上に複数の取り付け部材17-5を介して固定されている。18-5は、カソードを加熱するための加熱用のパイロリックグラファイトである。

15 なお、この実施形態では、ばねとして板ばねを採用しているが、コイルばねでも或いは弾性変形可能なその他の任意の弾性体でもよい。

図33に示した位置合わせ機構において、全てのエミッタ3-5とウェーネルト電極5-5の全ての穴すなわち開口7-5とは、ウェーネルト電極5-5に関するカソード2-5の回転方向(図33の軸線0-0を中心とする回転方向)、X
20 軸方向(図33で紙面の左右方向)、Y軸方向(図33で紙面の垂直方向)、及び傾きを合わせることにより、同時に位置合わせがされるように、予めウェーネルト及びカソードの加工が行われている。回転方向の位置合わせについて考えると、ウェーネルト電極5-5に関するカソード2-5の相対回転ができないように製造すれば、加工時の精度で決まる範囲内に誤差を押さえることができる。

25 X軸方向の調整は、X軸線上に配置された一対の調整ねじ12a-5及び12b-5で行い、Y軸方向の調整は、Y軸線(図33では、軸線0-0に交差し、かつ紙面に直交する軸線)上に配置された一対の調整ねじ(図示せず)で行う。平面P1-P1(図32)と、開口のある平面(ここでは、端壁の上面が位置す

る面) 平面 P 2 - P 2 (図 3 2) との傾きが狂うと、カソードとウェーネルトとの Z 軸方向 (図 3 3 の紙面で上下方向) 距離が変わるので、調整ねじ 1 2 a - 5、1 2 b - 5、及び図示しない二つの調整ねじ (紙面に垂直方向に配置された二つの調整ねじ) によって、調整される。

- 5 このような電子銃によれば、マルチエミッタの各エミッタとウェーネルトの開口との相対位置をシングルビームの場合と同じにできるので、マルチビームの各ビームの強度をシングルビームの場合とほぼ同様にすることができる。

10 図 3 4 ~ 図 3 8 は、本発明に係る電子線装置の電子光学系 7 0 に適用可能な電子銃のさらに別の実施形態を説明するための図である。この実施形態の電子銃もまた、先に説明した電子光学系 7 0 の実施形態の他、以下に説明する電子光学系の実施形態の電子銃として適用可能である。この実施形態の電子銃は、時間的変動が小さい比較的大きいビーム電流のマルチビームを放出できる。

15 図 3 4 の [A] 及び図 3 5 は、電子銃に使用するカソード 1 - 6 の前端部の平面図及び側面図を示している。カソード 1 - 6 は、単結晶 LaB_6 の (1 0 0) 面を端面とする外径 d_1 の LaB_6 の円柱体 1 0 - 6 を加工して形成される。この円柱体の端面を鏡面状に研磨すると共に、該端面と直角な面であってカーボンで押さえる二つの面も平行平面に研磨する。この LaB_6 の円柱体 1 0 - 6 をカソードとして加工する場合、ジグボアを使用するが、そのジグボアにドリルの代わ

20 りに図 3 6 に示す構造を有する砥石で作った工具 a - 6 を取り付け、この工具 a - 6 により、所定数 (この実施形態では、6 個) の円錐形の突起すなわちエミッタ 1 2 - 6 が光軸を中心とした円 1 5 - 6 上に形成されるように、削り取る。このエミッタ 1 2 - 6 の先端 1 3 - 6 は、図 3 4 の [B] に示すように、強い電子ビームを放出できる放出領域を形成している。また、この先端 1 3 - 6 には、図

25 3 6 に示しかつ後述する工具 a - 6 の構造からわかるように、工具で切削されずに円筒体の研磨した端面で構成される極小さな平坦面 ($10 \sim 50 \mu m \phi$) が残されていて、ここから電子ビームが放出される。エミッタ 1 2 - 6 の数は、この実施形態では 6 本の電子ビームを発生できるように 6 個であり、また、エミッタ

1 2-6 の位置は、各エミッタ 1 2-6 の中心すなわち先端 1 3-6 の位置を X 軸上に投影した点の、隣接する点間の間隔 L_x が全て等しくなるように決められている。これは、図 9 の [A] に関連して説明した場合と同様である。このエミッタの位置は、ジグボアラの精度を上限として正確に決めることができる。X 軸と一つのエミッタ 1 2-6 a の先端 1 3-6 及びカソードの軸線 0-0 (図 3 5) を通る線の成す角度 θ を最適化することにより、電子ビーム間の間隔の最大値 L_1 と最良値 L_2 との比を 1.0 に近づけるようにした。これは、光軸を中心とする円の直径を種々に変え、間隔 L_x の値を固定して作図を行うことにより、最適化することができる。

- 10 図 3 6 に示した工具 a-6 は、円柱状の砥石の一端側 (図 3 6 の [B] において下端側) にジグボアラに取り付けるための小径の取り付け部 d-6 を形成すると共に、他端側の端面 b-6 には円錐形の穴 c-6 が形成されている。端面 b-6 及び円錐形の穴 c-6 を形成する円錐面は、 $L a B_0$ の円柱体 1 0-6 の端面を切削する切削面を構成している。工具 a-6 には、更に、円錐形の穴 c-6 の先端から工具の軸方向に貫通する軸方向孔 e-6 が形成されている。この孔は、光を通して正しい位置にエミッタを構成する円錐状の突起が形成されているかを確認するためのものである。また、この孔から冷却剤や研磨剤を流入してもよい。この工具 a-6 で切削した場合、前述のように、円錐の先端は軸方向孔の存在により切削されずに小さな研磨された平面が残る。また、砥石の代わりに、金属に
- 15
- 20 ダイヤモンド粒子を埋め込んだ切削工具でもよい

- 図 3 7 及び図 3 8 は、図 3 4 及び図 3 5 に示したカソード 1-6 とウェーネルト 2-6 とを組み合わせた構造を示している。ウェーネルト 2-6 は、カソード 1-6 の円周を囲む円筒部 2 1-6 と端面を囲む端壁 2 2-6 とを備えている。端壁 2 2-6 には、カソードのエミッタの先端 1 3-6 の位置に整合された複数 (この実施形態では 6 個) の貫通する穴 2 3-6 が形成されている。ウェーネルト 2-6 の穴 2 3-6 近傍の等電位面は、点線 E v で示したように、穴 2 3-6 の位置でエミッタ側に凹んでいるので、エミッタから放出された電子ビームが引き出される。カソード 1-6 の端部 (エミッタの先端領域を除いて) をウェーネ
- 25

ルト 2-6 の端壁 22-6 で囲んでいるので、円筒体 10-6 の端面に削り残し部分 16-6 が存在していても、その位置に対応するウェーネルトの端壁に穴がないので、電子ビームが外に放出されることはなく、したがって、穴 23-6 に面する以外の位置におけるカソードの形状は、どのようになってもかまわな

5

要するに、エミッタとして円錐形の LaB₆ が精度良く残り、そして、エミッタの先端に前述の極小さな研磨された平坦面（10～50 μmφ）が残されていればよい。また、エミッタの円錐の斜面には、切削跡が残っていてもよい。さらに、各エミッタの先端の平坦面の面積にはバラツキがあってもよく、全て（この実施

10

形態では 6 個）の平坦面の総面積が、100 μm² 以下であればよい。

なお、電子銃の上記実施形態では、エミッタの形状を円錐形にした場合について説明したが、円錐形に限られず角錐（例えば四角錐）形にしてもよい。

上記した電子銃においては、目が細かい砥石で研磨して加工するので、LaB₆ のような硬くてもろい結晶体であっても、加工が可能である。また、エミッタ

15

の位置精度はジグボラの精度で決定されるので、50 μm 程度の精度を得ることができる。さらに、エミッタ先端の平坦面は、最初の鏡面加工時に加工されるのみであるから、光軸方向の位置及び面粗度が高精度に保たれる。さらにまた、ウェーネルトの開口に面する部分以外のカソード部分は、どのような形状でもよいので、カソードを製造しやすい。

20

図 39～図 42 は、本発明に具備される電子光学系 70 に適用可能な電子銃のさらに別の実施形態を示している。この実施形態の電子銃もまた、本発明に係る電子線装置の電子光学系 70 の電子銃として用いることができる。また、この電子銃の実施形態は、マルチビームを放出するカソードの製造が容易となり、かつ、

25

強度バラツキがないマルチビームを放出できるものである。

図 39 は、この実施形態の電子銃のカソードの先端形状を示したものであり、[A] はその上面図、[B] は [A] における線 B-B の断面図、[C] は [A] における線 C-C の断面図である。図 39 に示したカソードの製造方法について

説明する。まず、端面の結晶方位が $\langle 310 \rangle$ のTa（タンタル）単結晶を用い、その一面を鏡面研磨して鏡面2-7（図39の[B]及び[C]）を形成する。そして、鏡面2-7と直交度のよい2つの面1-7（図40）を形成し、該面1-7をグラファイトで挟んで加熱する。その後、鏡面2-7に、カソード用の突起を形成する位置に、放射方向（半径方向）に $10\mu\text{m}$ の巾を有する円周を残して、
5 鏡面2-7に対して約 45° の角度で両側を削り取る。これにより、図39の[B]に示すように、半径方向幅が $10\mu\text{m}$ の鏡面円周を有し、相対角度すなわち頂角が約 90° の対抗する2つの傾斜面3-7を有する畝状体が形成される。

次に、直交するX軸及びY軸を決め、これら2つの軸と角度 ϕ をなす方向X'及びY'を定める。X軸は電子ビームの走査方向であり、Y軸はそれと直交する方向である。 ϕ は、例えば約 5° である。そして、畝状体の円周上に、X'及びY'方向と交わる4つの点P1~P4をマーキングし、かつ、さらに別の4つの点P5~P8をマーキングする。このとき、これら8つの点P1~P8をX軸上への投影した場合に等間隔となるように（図9の[A]に示した場合と同様）、
10 角度 ϕ の値及び点P5~P8を位置決めする。そして、点P1~P8を頂点とし、底面がほぼ矩形の4角錐台形状の突起を8個、畝状体（図39の[A]）を研削することにより形成する。このとき、形成される突起は、図39の[C]に示すように、頂面は方位方向（円周方向）の幅が $50\mu\text{m}$ であり、新たな研削により形成される2つの傾斜面4-7は、鏡面2-7に対して約 45° の角度を有し、したがって、2つの傾斜面の相対角度すなわち頂角は約 90° に設定されている。
15 20

以上のようにして、頂面が $10\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ の矩形形状を有する4角錐台形状の8個の突起であって、X軸上に投影した場合に、図40に示すように、等間隔に配列された8個の突起が形成される。

Taは、単結晶が比較的安価に入手できしかも加工が容易であるので、カソードの製造が容易である。また、仕事関数が 4.1eV と比較的高いが、カソード
25 温度を高くすれば、使用可能である。

図41は、図39及び図40に示したカソードを備えた電子銃の主要部を示しており、24-7はグラファイト、25-7は支持電極、26-7はウエーネル

ト電極である。カソードは、グラファイト 24-7 で挟み込まれ、支持電極 25-7 で支持されている。カソード全面をカバーするウエーネルト電極 26-7 には、カソードの突起に対応して 8 個の穴 26a-7 ~ 26h-7 が開けられ、支持電極 25-7 を X 及び Y 軸方向に調整することにより、各穴の中心に突起の中心が来るように位置合わせされる。

さらに、ウエーネルト電極 26-7 の面とカソード先端を結んだ面との平行度は精度が必要であり、すなわち、ウエーネルト電極 26-7 の穴の面とカソードの光軸方向の距離が 8 個の突起すべてについてほぼ同一である必要があるので、支持電極 25-7 には、カソードの傾斜を調整する装置（不図示）を設けている。

10 また、光軸方向の距離の絶対値を合わせるために、ウエーネルト電極 26-7 を光軸方向に移動させる装置（不図示）を設けている。

図 4 2 は、本発明に係る電子線装置の電子光学系 70 に適用可能な電子銃のさらに別の実施形態を説明するための図である。この実施形態の電子銃もまた、本発明に係る電子線装置の電子光学系 70 の電子銃として用いることができる。

15 また、この実施形態は、マルチビームを放出するカソードの製造が容易となり、かつ、強度バラツキがないマルチビームを放出できるものである。図 4 2 は、この実施形態の電子銃のカソードのみを示しており、図 4 2 において、[A] はカソードの平面図、[B] は [A] の線 B-B の断面図である。図 4 2 の [A] において、

20 21-7 は単結晶 Hf（ハフニウム）の円柱であり、端面の結晶方位が $\langle 100 \rangle$ のものを用意し、4 mm 直径の円周上に、図 3 9 の場合と同様に、8 個の突起 22-7 を残すように表面を加工した。ただし、この場合、各突起 22-7 は、その頂上に図 4 2 の [B] に示すように、約 30 μ m 直径の平坦部を残し、また、約 90° の頂角の円錐台形とした。平坦部は、突起の加工を行う前に端を鏡面研磨しておき、これにより、8 個の平坦部はすべて同一平面形状に保たれている。

25 なお、Hf の仕事関数は 3.4 eV と低いので、Ta より低い温度で電子放出が可能である。

図 4 2 に示した構造のカソードを、図 4 1 に示した電子銃に組み入れ、支持電極 25-7 を X 及び Y 軸方向に調整することにより、各穴の中心に突起の中心が

来るように位置合わせされる。また、図41に関連して説明したように、支持電極25-7によりカソードの傾斜を調整し、また、光軸方向の距離の絶対値を合わせるために、ウエーネルト電極26-7を光軸方向に移動調整させる。

図39~図42を参照して説明した2つの電子銃の実施形態においては、カソードに8個の突起を設けて8個の電子ビームを放出できるように構成されているが、8個に限らず任意数の突起を設けることが可能であることは言うまでもない。また、突起の先端の平面の大きさを上記した例に限定することなく、適宜の大きさに設定することができるが、直径が50 μ m以下、又は放射方向の幅が10 μ m以下で方位方向の幅が100 μ m以下に設定することが好ましい。

10 上記した電子銃においては、マルチビーム放出用カソードを加工が容易な単結晶のTaで形成した場合は、カソードの製造が容易となり、また単結晶のHfで形成した場合は、カソードの仕事関数を低くすることができ、単結晶を用いているので、材質のバラツキがなく、よってマルチビームの強度にバラツキが少ない。

15 これまで記載したマルチビーム放出用カソードの材料とその先端形状は、単一ビーム放出用のカソードにも適用可能である。

図43は、本発明に係る電子線装置に具備される電子光学系70の他の実施形態を、その制御装置であるCPU15-8とともに示している。この実施例においては、電子銃1-8のショットキーシールド1a-8内に、Zr-Wの熱電界放出カソード2-8が配置される。このカソード2-8は、先端をショットキーシールド1a-8から少し突出させることにより、先端から光軸に平行の電子線を放出する。本発明においては、カソード2-8をショットキーシールド1a-8からより多く下方へ出すことにより、カソード上部の<100>の4つの面からの電子線が放出されやすいようにする。

25 カソード上部の4つの面から放出される電子線は、加熱部に近いため、その輝度は、カソード先端から放出される電子線より大きい(強い)特徴を有する。カソード上部の4つの面びカソード先端から放出される5本の電子線をコンデンサレンズ3-8で集束させ、開口板5-8の開口5a-8においてクロスオーバー

を結ばせる。コンデンサレンズ 3-8 の下方に隣接して、第 1 のマルチ開口板 4-8 を配置する。第 1 のマルチ開口板 4-8 は、図 4 4 に示すように、光軸を中心とする円周を 4 等分した位置に $5 \mu\text{m}$ の小穴 4 a-8 を有する。小穴 4 a-8 は、カソード上部の 4 つの面から放出される 4 つの強い電子線をそれぞれ通過
5 させる。第 1 のマルチ開口板 4-8 は、光軸上を進む電子線を遮断する。

第 1 のマルチ開口板 4-8 上の 4 個の小穴 4 a-8 は、図 4 4 に示すように、隣接する小穴 4 a-8 の間隔 D が等しく、 X 軸方向へ投影すると隣接する小穴 4 a-8 の 3 つの間隔 L_x は、同一であるように設定されている（図 9 の [A] の場合と同様）。4 個の小穴 4 a-8 を通過した電子線は、縮小レンズ 6-8 及び対
10 物レンズ 8-8 で縮小される。それにより、例えば $1/50$ の縮小率の場合は、 100 nm の電子線がウエハ W の表面で得られる。またウエハの表面上で $100 \mu\text{m}$ の間隔の電子線にしたい場合は、開口 4-8 の小穴 4 a-8 の X 軸方向への投影した小穴間隔 L_x を 5 mm にすればよい。

この $1/50$ の縮小率は、縮小レンズ 6-8 及び対物レンズ 8-8 の励起を僅
15 かに変化させることにより、大きく変えることが可能である。一次電子線の照射によって発生した二次電子は、対物レンズ 8-8 で加速され、拡大レンズ 10-8 及び 11-8 により、検出用の第 2 マルチ開口板 12-8 の小穴に拡大結像される。

第 2 マルチ開口板 12-8 の近くへ来た二次電子は、検出器 13-8 に印加さ
20 れた高電圧が小穴から漏れることによる凸レンズ作用により、ほとんど全て小穴を通過し、4 個の検出器 13-8 で検出され、画像形成装置 14-8 で画像化される。異なるチップの対応する場所の画像を比較することにより、欠陥検出等を行うことができる。

図 4 3 に示した電子線装置において、4 つの一次電子の照射により発生される
25 二次電子がクロストークしないためには、一次電子線の間隔 D （図 4 4）を、二次光学系のウエハ位置換算でのビームボケ P と一次電子線の後方散乱電子の拡がり Q の和 $(P+Q)$ より大きく取れば良い。和 $(P+Q)$ は、一次電子線のエネルギーに依存して変化するから、高エネルギーの一次電子線を入射させる場合は、一

次電子線の間隔Dを大きくすることが必要である。このための調整は、CPU 15-8の指令により、縮小レンズ6-8の励起を焦点距離が長くなる方へ調整して、縮小率を1に近づける方向へ調整すればよい。これらの調整パラメーターは、CPU 15-8に付属するメモリに記憶させ、指示のため必要に応じて取出して

5 使用される。

なお、縮小レンズの調整によりクロストークを防止することは、図43に示した電子線装置にかぎらず、本明細書において開示した他の実施形態の電子線装置の電子光学系及びそれらの変形例においても、適用可能である。

図45及び図46は、本発明に係る電子線装置を用いてウエハの画像情報を得る場合に、ウエハWの表面23-8より深い場所の情報が得られる原理を説明する図である。図45の右方部分に示すように、一次電子線24-8は、ウエハWの表面23-8の下方にタングステン等の異なる材質のパターン25-8がある場所を走査するときは、表面23-8への入射点から二次電子27-8を放出させると共に、パターン25-8により後方散乱された一次電子の反射電子27-8

10 8がウエハの表面へ出るときに二次電子26-8を発生させる。図45の左方部分に示すように、一次電子線21-8は、表面23-8の下方にパターン等のない位置を走査するときは、表面23-8から二次電子22-8を放出させる。

図46は、横軸に一次電子のエネルギーを取り、縦軸に二次電子の発生量を示すグラフである。二次電子22-8又は27-8は、図46のグラフの左方部分にピーク値を有する強度分布を示し、一方、二次電子26-8は、右方部分にピーク値を有する強度分布を示す。したがって、二次電子22-8、27-8をオフセットとして除去すると、二次電子26-8、即ちウエハWの表面より下層の情報のみが得られる。

20

なお、ウエハの深部から放出される二次電子26-8は、一次電子線のエネルギーがある程度以上でないと発生しないため、一次電子線のエネルギーは、100kV程度に大きくすることが必要である。100kV程度のエネルギーは、一次電子線がウエハの深部のパターンで反射し表面に戻ったときにまだエネルギーを持っている値に相当する。深くない位置のパターン情報を得たい場合は、一次電子線の

25

エネルギーは、より小さいもので良い。またウエハの表面の評価を行う場合は、0.5 keV程度が良い。即ち、表面からの深さに依存して一次電子のエネルギーを0.5 keVから100 keVの範囲で適宜変えればよい。

5 図43～図46を参照して説明した電子線装置においては、高スループットを実現することができるとともに、一次電子線のエネルギーを目的に応じて設定することができるので、試料すなわちウエハの損傷を最小限とすることができる。

ところで、マルチビームを使用した従来の電子線装置の電子光学系では、マルチビームは、ウエハWに対して斜め方向から入射されてしまうため、各ビームにより生成されるビーム・スポットは、ビームの入射方向すなわちビームをウエハ上に投影した方向に長い楕円形状となり、したがって、長手方向の分解能が劣化してしまふという問題があった。また、ステージを連続移動させる電子線装置においては、ステージを定速度で移動しようとしても、速度にムラが生じてしまふ。ステージ速度にムラが生じると、ウエハ面の位置に適切に対応する画素データを
10 得ることができないため、適切な評価を行うことができなかった。さらに、ステージは金属部品等を通常含んでいるが、このようなステージが移動する際、電子光学系の偏向器が作る磁場との相互作用により、金属部品内に渦電流が生成され、その渦電流が磁場を発生するため、電子ビームの偏向方向を変化させてしまふという問題があった。

20 図47は、上記した従来例の問題点を解決することができる、本発明に係る電子線装置の実施形態を示している。この実施形態は、図8に示した電子線装置の電子光学系70に、レーザミラー20-9、レーザ干渉系21-9、偏向量補正回路22-9、及び二次電子偏向器23-9を付加し、二次光学系の拡大レンズ742を取り除いたものである。したがって、図8の電子線装置と同一の構成要素及び動作については説明を省略し、新たに追加された構成要素に関連する動作
25 について説明する。

図47において、ウエハWを載置したステージ装置50のYテーブルがY軸方向に連続移動されると、該移動速度及び現在位置は、レーザミラー20-9及び

レーザ干渉計 21-9 によって検出される。ステージ装置 50 は、その大部分がセラミックス等の絶縁材料で形成されるが、ベアリング等の金属部品や表面のコーティング等には金属材料が使われている。

一方、電磁偏向器を含む E×B 偏向器 725 は、比較的大きい静磁場を発生させる。この静磁場はステージ装置 50 上まで広がっているので、Y テーブルが高速で移動すると渦電流が発生する。そして、その渦電流により磁場が生成され、その結果、一次電子線及び二次電子線が不所望に偏向されてしまう。一次電子線が不所望に偏向されると、該電子線が目的とした位置から外れた位置に照射されてしまい、また、二次電子線が不所望に偏向されると、二次電子線が第 2 のマルチ開口板 743 の小開口から効率的に引き抜かれなくなってしまうか、あるいは、隣の開口へ混入してしまう。

上記した渦電流によって生じる磁場による一次電子ビーム及び二次電子ビームの偏向を補正するために、ステージの移動速度と一次電子ビーム及び二次電子ビームそれぞれの偏向量との関係を、実機テストにより予め測定し、それらの関係を偏向量補正回路 22-9 中の補正偏向量テーブルに予め記憶している。偏向量補正回路 22-9 は、制御装置 2 (図 1) の一部として設けられ、レーザ干渉計 21-9 で得られた Y テーブルの移動速度に基づいて、補正偏向量テーブルから一次電子線及び二次電子線の補正すべき偏向量を検索し、これに対応して、静電偏向器 725 及び 23-9 を制御して、一次電子線及び二次電子線の偏向量を補正する。これにより、一次電子線及び二次電子線が本来の偏向値となるので、目的の照射位置及び検出位置に到達可能となる。

また、ステージ装置 50 の Y テーブルが連続移動中で画像データを作成中に、偏向量補正回路 22-9 がステージ速度にムラがあることを検出すると、該回路は、それを位置変動に換算し、かつ位置変動を補正する。位置変動は、速度ムラを時間で積分することによって得られる。また、位置変動の補正は、位置変動量を偏向感度で割り算することによって得られた電圧を、その符号を反転させて、一次光学系中の静電偏向器 (E×B 偏向器 725 中及び 727)、及び静電偏向器 23-9 に供給することによって、実行される。

なお、一次電子線の偏向量の補正のための静電偏向器は、縮小レンズ724より後方に位置するため、偏向量を変化させても縮小レンズ724迄の光路は変化せず、したがって、補正によって一次電子線の強度が変化することはない。同様に、二次電子線の偏向量の補正のための静電偏向器23-9は、二次光学系の拡大レンズ741より後方に位置するので、補正を行っても、二次電子線のボケが
5 増加することはない。

図47に示した電子線装置においては、ステージの移動に伴う過電流による一次及び二次電子線の不所望の偏向を補正することができ、よって、試料の適切な位置に対応した画像データを得ることができる。また、ステージ速度にムラが生
10 じて、補正を行うことができる。さらに、試料上に照射された一次電子線の間隔を、二次光学系の分解能よりも大きくなるように設定することにより、マルチビームを用いても、クロストークの発生を低減することができる。

図48は、本発明に係る電子線装置の他の実施形態を示している。この実施形
15 態は、図8に示した電子光学系70に、標準マーク49-10を用いてビーム径の調整を行う装置を追加したものである。したがって、図8の実施形態と同様な構成要素及び動作については、詳細な説明を省略する。

すなわち、従来例の電子線装置は、細かいパターンを検査したり、粗いパターンを検査したり、検査対象のパターン寸法が変化してもピクセル寸法を変えるこ
20 とがないため、検査対象によってはピクセル寸法が小さ過ぎて検査に長時間を要したり、逆にピクセル寸法が大き過ぎて解像度が十分得られないという欠点があった。さらに、従来例の電子線装置は、ビーム径を大きくする場合、ビームをわざとぼかしてビーム径を拡大していたため、ビーム径を大きくした際のビーム電流が大きくなる利点を全く利用しておらず、ビーム径を大きくした時のS/N比
25 の損失が大きいという欠点があった。図48に示した電子線装置は、これらの問題点を解決することができるものである。

図48に示した電子線装置においては、検出器761で検出された信号は、画像処理部763で処理され、制御装置2(図1)内のCPU41-10の制御の

下で画像記憶装置 43-10 に記憶される。そして、モニタ 45-10 に表示され、標準パターンあるいは異なるウエハの同じダイの画像データと比較することによって、欠陥検出等の評価がおこなわれる。

図 8 に示した電子線装置の電子光学系 70 に関連して述べたように、第 1 のマルチ開口板 723 の開口を通過した一次電子線をウエハ W の面上に合焦させ、該ウエハから放出された二次電子線を検出器 761 に結像させる際、一次光学系および二次光学系で生じる歪みや像面湾曲による影響を最小にするよう特に配慮する必要がある。また、複数の一次電子線の間隔と二次光学系との関係については、上記したように、一次電子線の間隔を、二次光学系の収差よりも大きい距離だけ
10 離せば複数のビーム間のクロストークを無くすることができる。

図 49 は、ステージ装置 50 上に搭載された複数のパターンサイズの標準マーク 49-10 のレイアウトを示している。図において 49-10 a は $0.05 \mu\text{m}$ の L & S パターン (line and space パターン) であり、49-10 b は $0.1 \mu\text{m}$ の L & S パターンである。このように被評価パターンの線幅に対応する標準マークが X Y ステージ上に何種類か設置されている。図 49 では、代表的に二種類の標準マークのみを示している。
15

検査等を行う前に、ステージ装置 50 の X Y ステージを移動させて、ウエハ W の被検出パターンのサイズに合致する標準マーク 49-10 を選択して一次光学系の光軸に合わせ、そして、以下の手法によりビーム径を変更して、被検出パターンの寸法に応じた最適のビーム径またはビーム電流を選択する。
20

すなわち、電子銃 721 のウェーネルトに与えるバイアス電圧を変えることにより電子銃からのビーム輝度を変えることによって、ビーム径を変えることができる。ウェーネルトのバイアスを浅くすれば、電子銃の電流が増えて輝度が大きくなり、マルチビームの電流が大きくなる。マルチビームのビーム電流が大きくなると、空間電荷効果のためにビーム径は大きくなる。
25

また、ビーム径を変える他の方法として、ビーム縮小率を縮小レンズ 724 と対物レンズ 726 とをズームレンズとして動作させ、ビーム寸法を変化させることができる。この場合にも、ビーム電流を大きくするには縮小率を 1 に近づける

方向に調整するため、ビーム径も大きくなる。しかし、この場合は、マルチビームのビーム間隔も同じ割合で変化するので、ビーム間隔を変えたくない場合は、ウェーネルトのバイアスを変える方法を採用するのが良い。

図50は、標準マーク49-10a、49-10bをマルチビームで走査した
5 時の一つの検出器で検出される信号をモニタ45-10で観測した波形を示す。

[a-1] ~ [a-3] は、標準マーク49-10aをビーム寸法を種々変えて走査した時の信号を示し、[b-1] ~ [b-3] は、標準マーク49-10bをビーム寸法を変えて走査した時の信号を示す。

[a-1] は、ビーム径を線幅よりも大きくした場合の信号であり、この場合
10 はビーム電流が大きいにも拘わらず、線幅よりも大きい寸法のビームで走査しているため、信号のコントラストSはあまり大きくなく、しかも、ビーム電流が大きいために雑音Nは大きい値になっており、S/N比はほぼ3.4である。

[a-3] は、ビーム径が小さ過ぎる場合の信号であり、この場合は忠実な波形（矩形波に近い）が出ているが、ビーム電流が小さいため信号のコントラスト
15 Sは大きくない。また、雑音Nはビーム電流が小さいことに対応して小さく、S/N比はほぼ6.25である。

[a-2] は、ビーム径が丁度良い場合で、この場合はビームのボケが妥当な値でありビーム電流も比較的大きく、また、大きいコントラストSの信号が得られおり、S/N比はほぼ12.3である。

[a-2] と [a-3] のどちらが良いかは、(コントラスト/雑音) 比の大きい方を選べばよい。図示の例では、49-10aのマークの場合は、[a-2] のパターンが得られたビーム径を選択すればよい。

49-10bのマークでも同様の校正をおこない、この線幅に適したビーム寸法またはビーム径を選択する。図示の例では、[b-2] のパターンが得られたビ
25 ーム径を選択すればよい。

このようにして、評価すべきパターン寸法に応じて、検出器で検出した二次電子信号のS/N比が最大となるようにビーム径またはビーム電流を選択すればよい。より具体的には、ピッチが異なる規則的な標準パターンがXYステージ上に

配置されており、その規則的な標準パターンを走査した時の信号波形を記憶する装置を有し、その信号波形から信号の振幅（S）を算出する装置と、雑音の振幅（N）を算出する装置と、S/N比を算出する装置とを有し、ビーム径を複数種類設定し、それらのビーム径で評価すべきパターンの最小線幅の2倍のピッチを有する規則的なパターンを走査し、S/N比を算出してS/N比が最大となるビーム径を選択すれば、評価すべきパターンの全てに対して高S/N比の評価をおこなうことができる。

なお、規則的な標準パターンとして、XYステージ上のものを用いる代わりに、検査すべきウエハから標準的なパターンを探して用い、それについて同様に（信号/雑音）比を調べてもよい。なお、上記本発明による方法はビームが必ずしもマルチビームである必要はなく、単一ビームを使用して走査する場合のパターン評価にも適用可能である。

図48～図50を参照して説明した電子線装置においては、走査速度を大きくしても必要なS/N比を得ることができ、また、平均化処理を行わなくても、高いS/N比を得ることができる。また、被評価パターンに応じてS/N比が最大となるようにビーム径又はビーム電流を選択することができるので、被評価パターンの大きさに拘わらず、高分解能で高スループットを実現することができる。

図51は、本発明に係る電子線装置のさらに別の実施形態を示している。この電子線装置は、図8に示した実施形態の電子光学系を用い、そして、過多の電子線照射を防止するための装置を付加したものである。したがって、図8の実施形態と同一の構成要素及び動作については説明を省略し、新たに付加した装置についてのみ詳細に説明する。

図51において、26-11は、円周上の一次電子線の照射点から放出された二次電子のうち、直径上の2点のもので、ウエハW面に垂直方向に放出された二次電子の軌道を示す。これらの軌道が光軸と交わる位置に絞り28-11を設け、収差がウエハ面換算で一次電子線のビーム間隔の最小値より小さくなるようにした。また、図51において、730は、ウエハW上のパターンの電位を測定すた

めの軸対称電極である。

一次電子線の照射量の制御について説明する。走査のフライバック時に偏向器 35-11 でマルチビームを偏向し、ブランキング用のナイフエッジ 37-11 でビームを遮断すると同時に、このナイフエッジに吸収される電流を電流計 39-11 で測定し、照射量算出回路 41-11 で単位面積当りの照射量を算出する。この値は、CPU 43-11 を通じて記憶装置 45-11 に記憶される。照射量算出回路 41-11、CPU 43-11、及び記憶装置 45-11 は、制御装置 2 (図 1) に含まれている。

さらに、得られた単位面積当りの照射量があらかじめ決められた値、例えば 2 $\mu\text{c}/\text{cm}^2$ 以上になった場合、CPU 43-11 からの指令により、電子銃制御電源 47-11 を制御して、ウェーネルト電極 721b に印加する電圧を下げ、これにより、ビーム電流を小さくして照射量を低下させる。また、制御が追いつかず、単位面積当りの照射量が、例えば 3 $\mu\text{c}/\text{cm}^2$ を超えてしまった場合には、該当する照射領域に関する照射量データを出力装置 49-11 から出力するのみで、評価は続行する。この場合、図 52 の上方に示すように、ウエハ全面を CRT に表示し、照射量が過多の領域を色付けし、オペレータに対して表示する。さらに、単位面積当りの照射量がより大きい値、例えば 5 $\mu\text{c}/\text{cm}^2$ を超えた場合は、評価を一旦停止する。

図 52 は、ウエハ W への照射量の測定を説明した図である。ウエハ W は多数のチップ 53-11 に分割され、各チップは、ステージ連続移動方向 (図示例では Y 軸方向) に平行なストライプと呼ばれる領域 55-11 に分割され、ストライプ幅で移動しながら画像データを得る。ストライプの拡大図が図 52 の下方に示されている。ストライプ 55-11 内には、一次光学系で形成された 9 個のマルチビーム 56-11 が X 軸方向に、例えば 100 μm で等間隔で配置されており、これらのビームを X 軸方向に 102 μm 幅の走査を行う (図中、58-11 で示した範囲)。100 μm 両側の各 1 μm 幅は、隣のビームあるいは隣のストライプとの重複する走査領域である。

画像データの取得中のある時間でみると、9 本のマルチビーム 56-11 は、

5 7-11で示された900 μm \times 900 μm 角の領域にすべて入っている。この領域を単位面積とし、画像データの取得中に、単位面積当りのビーム電流が異常に大きくなったとき、5 7-11で示した900 μm \times 900 μm の単位面積当りのビーム電流が通常の大さの何倍に大きくなったかを、出力装置4 9-1

5 1で出力する。

ビーム電流は、上述したように、走査のフライバック時にナイフエッジ3 7-11に吸収される電流を測定することによって実行される。該測定は、例えば、10 μs の間ビームを走査して画像データを得た後、1 μs の間電流を測定し、再び10 μs の間画像データを得た後、1 μs の間電流を測定するという具合に、

10 周期的に画像データ取得と電流測定とを繰り返す。そして、測定した電流があらかじめ決めた値より高くなった時間のみ、これを異常電流として出力する。例えば、図5 2中、5 9-11で示したチップの黒く塗りつぶした領域の画像データを取得中に、ビーム電流が規定値を超えていれば、該当領域を色付けしてモニタに表示する。

15 上記したビーム電流の規定値は、実際の集積回路あるいはTEG(Test Element Group)において、照射量とゲート酸化膜の破壊との実験データに基づき、かつ十分な安全係数をかけた値として決定することができる。

また、単位面積当りのビーム電流が、規定値よりは低く設定される通常値から増加し始めた場合、図5 1の電子銃ウェーネルト電極7 2 1 bに印加する電圧を

20 増大し電子銃電流を小さくして、ビーム電流を下げるようにする。

上記した第7の実施形態の電子線装置においては、一次光学系のレンズ条件とは独立して二次光学系の合焦条件や拡大率を調整することができる。また、試料目への単位面積当たりの照射量に上限を設けているので、試料の性能や信頼性に影響を及ぼすことがない。さらに、簡単な操作でビーム電流を調整することが

25 できる。

図5 3は、本発明に係る電子線装置の他の実施形態を示している。この電子線装置においては、図8に示した電子線装置において、対物レンズとウエハとの間

に減速電界を印加する装置を付加するとともに、ウエハの放電を防止する装置を付加したものである。したがって、図 8 の電子線装置と同様な構成要素及び動作についてはその説明は省略し、追加した装置について、詳細に説明する。

5 なお、一般に、対物レンズとウエハとの間に減速電界を印加して一次電子線の色収差、球面収差を小さくすることを利用し、また二次電子を加速することにより、二次電子の検出効率を上げることが知られている。しかしながら、試料がウエハであり、かつ、ウエハにビアが形成されている場合には、注意を要する。すなわち、対物レンズとウエハとの間に大きな減速電界を印加し、且つ、一次電子線
10 線をある一定値以上流すと、ビアと対物レンズの間で放電が生じてしまい、ウエハに形成されたデバイスパターンを破損してしまう恐れがある。このような放電を起こしやすいウエハと起こしにくいウエハとがあり、それぞれのウエハにおける放電が生じる条件（減速電界電圧値および一次電子線量）は異なっている。

図 5 3 に示した電子線装置の電子光学系 7 0 においては、対物レンズ 7 2 6 は静電レンズとして構成され、該レンズののいずれかの電極には正の高電圧が印加
15 されている。一方、ウエハ W には負の高電圧が電圧源 2 0 - 1 2 によって印加されている。これにより、対物レンズ 7 2 6 とウエハ W との間には、減速電界が形成される。

ウエハ W がビア付きである場合、ビアに一次電子線が入射すると、ビアはタン
グステン等の高原子番号金属でできているので、多量の二次電子を放出すること
20 になる。また、ビアの近傍は、サブミクロン径の尖った金属パターンであるため、減速電界により局部的にさらに大きい電界が生じている。これらの理由で、ビア付きのウエハは放電が非常に起こりやすい状況にある。

しかしながら、このような条件がそろっても、直ちに放電が起こるわけではない。まず、電界の大きい部分の残留気体が局所的に発光する、コロナ放電が起こ
25 り、次いで火花放電という過渡状態を経て、アーク放電に移行する。本明細書では、このコロナ放電の時期から火花放電の始めにかけてを「放電の前駆現象」と呼ぶ。この放電の前駆現象の時期で、ビーム電流を下げても一次電子線を一定量以下にするか、または、対物レンズ 7 2 6 とウエハ W との間の減速電界電圧を下げ

ることにより、あるいは、これら双方の処置を行うことにより、アーク放電に至ることは避けられ、ウエハの破壊も防止できることが判明した。

また、放電を起こしやすいウエハと起こしにくいウエハとでは、どの程度の減速電界電圧および一次電子線量の場合に放電を起こさないかが異なるため、これらの値を低レベルに固定することなく、ウエハそれぞれについて、放電を起こさないための限界値を知ることが望ましい。

図53に示した電子線装置においては、ウエハWと対物レンズ726との間の放電あるいは放電の前駆現象を検出して信号を発生するための検出器として、光電子増倍管(PMT)19-12およびウエハ電流計21-12が設けられている。PMT19-12はコロナ放電およびアーク放電の発光を検出し、ウエハ電流計21-12はコロナ放電時およびアーク放電時の異常な電流を検出することができる。

放電前駆現象時に、PMT19-12がコロナ放電の発光を検出するか、ウエハ電流計21-12が異常な電流を検出すると、これらの情報は、制御装置2(図1)中のCPU22-12に入力される。このときの減速電界の電圧および電子銃1のビーム電流値(一次電子線量に対応)が、放電を起こさない条件を判断する基礎データとなる。CPU22-12は、発光または異常電流あるいはこれらの双方を示す入力に応答して、放電が生じないように、減速電界の電圧20-12を下げるか、電子銃721にフィードバック信号を送ることにより、ビーム電流を下げ、一次電子線を一定量以下にするなどの制御を行う。CPU22-21は、これらの制御の双方を行ってもよい。

PMT19-12およびウエハ電流計21-12は、双方が使用されることが好ましいが、その一方を省略することもできる。

図54は、一枚のウエハW上におけるデバイスの配置を示す。円形のウエハWから複数の長方形チップ31-12を取るのであるが、符号32-12、33-12で示すように、完全な1チップ分に満たない欠損チップが周辺の領域に存在する。これらの欠損チップ領域についてもまた、通常のリソグラフィを行い、各種プロセスも完全チップ31-12の領域と同様の処理が行われる。一方、これ

らの欠損チップは、製品として用いられることはないので、この領域が破壊されても問題はない。そこで、これらの欠損チップ 32-12、33-12 の領域を用いて、放電の前駆現象を検出するだけにとどまらず、破壊をおそれずに放電現象の検出まで行うようにすれば、放電を起さない条件をより正確に判断することができる。この場合、PMT 19-12 はアーク放電の発光を検出し、ウエハ電流計 21-12 はアーク放電時の異常電流を検出して CPU 22-12 に信号を送ることになる。これにより、CPU 22-12 は、放電を生じない限界値としての減速電界の電圧値およびビーム電流値（一次電子線量に対応）を正確に指示することができる。

10 図 5 3 及び図 5 4 を参照して説明した電子線装置においては、試料の放電特性に応じて放電を起こさない限界条件を設定することができるので、試料を破損から防止することができる。

15 図 5 5 は、本発明に係る電子線装置のさらに他の実施形態を示している。この実施形態においては、図 4 3 に示した電子線装置に、エネルギーフィルタ装置を付加したものである。したがって、図 4 3 の装置と同様の構成要素及び動作については、その説明を省略し、追加の装置に関連する事項についてのみ、詳細に説明する。

20 図 5 5 に示した電子線装置の電子光学系 70 において、4 本の一次電子線で照射されたウエハ W の表面の 4 箇所から放出された二次電子は、対物レンズ 8-8 を構成する 1 つの電極 17-8 に印加される正電圧によって引き出される。電極 17-8 のウエハ W 側に軸対称に配置された電極 18-8 にはウエハ W より低い電圧が印加され、引き出される二次電子にフィルタがかけられる。即ち、二次電子は、エネルギーフィルタとして動作する電極 18-8 が作る軸上のポテンシャルの障壁を越えられるか否かにより、対物レンズ 8-8 を通過するかウエハ W 側へ
25 戻されるかが決まる。

ウエハ W の表面から放出される二次電子は、低電圧を持つパターンから放出されるものは、電極 18-8 の作る障壁を通過するが、高電圧を持つパターンから

放出されるものは、電極 18-8 を通過できない。この違いにより、一次電子ビームが照射するウエハ上のパターンの電位が測定できる。

また、電子線照射によって電荷を付与する代わりに、電源 19-8 によってコネクタ 20-8 を通じてウエハ W に所定の電圧を印加し、ウエハ W の配線パターンの電圧又は電流を測定することにより、配線パターンの断線、短絡を判定することができる。この場合は、電荷を付与する時間を省略することができるので、高スループットを得ることができる。

図 55 に示した電子線装置においては、試料であるウエハの配線パターンに対する電位を、コネクタから与えるか電子線から与えるかを選択することができるので、測定の自由度が増大する。また、エネルギーフィルタ（すなわち電極 18-8）が軸対称電極であり、光軸付近に大きい穴があるので、一次電子ビームを走査したとき、メッシュ電極を用いた場合の如き歪やボケの収差が生じない。

図 56 は、本発明に係る電子線装置の他の実施形態を示している。この実施形態においては、図 8 に示した電子線装置に、二次光学系の 2 つの拡大レンズ 741、742 の間に、静電偏向器 21-14 を設け、かつ該静電偏向器 21-14 により、該拡大レンズ 742 での軸合わせを行うことができるようにしたものである。

この図 56 に示した電子線装置に関連して、ウエハ W の欠陥検査の処理について説明する。なお、以下に説明する本発明に係る欠陥検査処理は、本発明に係る任意の実施形態の電子光学系を用いた電子線装置においても適用可能であることは、言うまでもない。

まず、本発明にかかる欠陥検査処理を説明する前に、従来の欠陥検査処理を説明する。従来は、以下の方法が主流であった。

設計上同じダイが多数形成されたウエハにおいて、ダイ同士の二次電子画像を比較する。例えば、1 番目に検出されたダイの二次電子画像及び 2 番目に検出された他のダイの二次電子画像が類似していない場合（即ち、二次電子画像同士の差分が基準値より大きい）、3 番目に検出された別のダイの画像が 1 番目の画像と

同じか又は類似（即ち、二次電子画像同士の差分が基準値より小さい）と判断されれば、2番目のダイが欠陥を有すると判定される。

同様の方法を、2以上のチップが形成されたマスク又はウエハにも適用することができる。この場合、これらチップで対応する同一箇所同士の二次電子画像を比較する。一方のチップと他方のチップとを比較して、同一箇所同士に差があれば、のいずれか一方に欠陥があると判定できる。また、残りのチップの同一箇所との比較で、最終的に、いずれのチップに欠陥があるかを高い確率で判定できる。

しかしながら、上記従来の欠陥検査装置では対応できない被検査対象が以下の通りに幾つか存在する。

10 (i) マスクを検査対象とする場合、同一基板に2以上のチップが形成されたマスクでないと、欠陥の検査ができない。その一方で、そのような2個取りマスクは今後減少する傾向にある。

(i i) マスクからウエハへの転写時の近接効果の補正状況が適切であったか否かを検査したいとき、欠陥を検出することが困難となる。近接するダイ同士では、不適切な補正効果の場合でも同様な歪が再現性良く出てしまい、ダイ対ダイの相対比較では、欠陥の有無を判定できないからである。

(i i i) マスクからウエハへの転写装置に固有の問題点の有無、例えば、ストライプつなぎが常にオーバーラップするとか、主視野間のつなぎに回転誤差が残っているとかの再現性のある問題点の有無を除去したいとき、このような欠陥を20 検出することが困難となる。(i i)の問題点と同様の理由からである。

本発明に係る欠陥検査所においては、以下に説明するように、理論上同一形態の異なる箇所同士の相対比較による欠陥検査を実行可能な欠陥検査方法及び装置において、このような相対比較では欠陥検査が不可能若しくは困難となるような被検査領域対象も欠陥検査できる。

25 図56において、画像処理部763は、先に説明したように、検出器761からの電気信号に基づいて、ウエハW表面のパターン画像を生成するが、生成されたパターン画像は、欠陥検出部50-14に供給される。欠陥検出部50-14の機能ブロックを図57に示す。図57に示すように、欠陥検出部50-14は、

各構成要素を制御・管理して、ウエハWの欠陥を判定する制御回路51-14と、二次電子パターン画像に基づく比較処理を実行するパターン画像比較回路52-14と、二次電子パターン画像を記憶するパターン画像メモリ53-14と、ウエハWに形成されたパターンの理論的データであるパターンデータを記憶するパターンデータメモリ54-14と、このパターンデータに基づいて、実際の二次電子パターン画像と比較されるべき理論的パターン画像を形成する理論的パターン画像形成回路55-14とを含む。

パターン画像比較回路52-14は、ウエハWにおいて設計上同一である箇所（例えば、ウエハの場合のダイ）の二次電子パターン画像同士を比較する第1のモード、並びに、ウエハWの特定箇所の実際の二次電子パターン画像と、当該箇所に相当する理論的パターン画像とを比較する第2のモードを有する。パターン画像比較回路52-14は、比較した両画像の差異を表す差分データ59-14を制御回路51-14に出力する。この差分データ59-14の値が小さいほど、比較した両画像が類似していることになるので、制御回路51-14は、この差分データ59-14によって両画像の一致、不一致を判定することができる。なお、パターン画像比較回路52-14が用いる二次電子パターン画像は、画像処理部14-14から直接送られてきたものでも、パターン画像メモリ53-14に記憶されているもののいずれでもよく、任意好適に切り替えることができる。

制御回路51-14には、比較判定結果等を表示するための表示部57-14が接続されている。表示部57-14は、CRTや液晶ディスプレイ等で構成することができ、欠陥パターン58-14、二次電子パターン画像、欠陥箇所の数などを表示することができる。

パターンデータメモリ54-14に記憶されたパターンデータは、例えばマスクパターン情報等であり、外部に設置された入力部56-14から得られる。この入力部56-14は、オペレータの指令を欠陥検出部50-14に入力したり、パターンデータを作成可能なソフトがインストールされたコンピュータ等で実現することができる。

次に、欠陥検出の処理の流れを図58のフローチャートに従って説明する。最

初に、ウエハWのある被検査箇所二次電子画像パターンが取得される（ステップS300）。この工程の詳細は後述する。次に、ウエハWがウエハ及びマスクのいずれであるかが判定される（ステップS302）。ウエハである場合、当該被検査箇所が、マスクからウエハへの転写時に転写光学系の歪、或いは、パターン形成時のチャージアップに起因して（第1の要因）パターン形成の歪が発生する可能性の高い箇所であるか否かが判定される（ステップS304）。このような箇所は、制御回路51-14のメモリに予めマップされているか、或いは入力部56-14からの情報から得られる。

当該被検査箇所が、上記第1の要因でパターン形成の歪が発生する可能性の高い箇所である場合（ステップS304の肯定判定）、パターン画像比較回路52において、当該被検査箇所二次電子画像パターンと、当該箇所に相当する理論的パターンとの比較演算（第2モード）が実行される（ステップS310）。比較演算後、両パターンの差分データ59-14が制御回路51-14に出力される。

当該被検査箇所が、上記第1の要因でパターン形成の歪が発生する可能性の高い箇所でない場合（ステップS304否定判定）、次の判定ステップS306に移行する。この工程では、当該被検査箇所が、マスクからウエハへの転写時の近接効果若しくは近接効果の補正が正しくないことに因るパターン形成の歪、或いは、ストライプつなぎ不良若しくは視野つなぎ不良（第2の要因）が発生する可能性の高い箇所であるか否かが判定される（ステップS306）。

当該被検査箇所が、上記第2の要因でパターン形成の歪が発生する可能性の高い箇所である場合（ステップS306肯定判定）、同様にして、パターン画像比較回路52-14において、当該被検査箇所二次電子画像パターンと、当該箇所に相当する理論的パターンとの比較演算（第2モード）が実行される（ステップS310）。

当該被検査箇所が、上記第1及び第2の要因のいずれによるパターン形成の歪も発生する可能性が高くない箇所である場合（ステップS306否定判定）、理論上同一箇所同士の比較演算（第1モード）が実行される（ステップS312）。これは、前述したように、当該被検査箇所二次電子画像パターンと、該箇所とは

異なる領域であるが、理論上同じパターンが形成された箇所二次電子画像パターンとを比較し、両者の差分データを出力する工程である。ウエハの場合、主としてダイ対ダイの比較となる場合が多い。

一方、ステップS302でウエハWがマスクであると判定された場合、このマスクが、2個以上の同一チップが形成された2個取りマスクであるか否かが判定される(ステップS308)。2個取りマスクの場合(ステップS308での肯定判定)、2個以上の同形式チップに亘って理論上同一箇所同士の比較が行われる(ステップS312)。2個取りマスクでない場合(ステップS308での否定判定)、理論的パターン画像との比較が実行される(ステップS310)。

10 以上のような比較演算の後、制御回路51-14が、演算された差分データ59-14に基づいて欠陥の有無を判定する(ステップS314)。理論的パターン画像との比較の場合、差分データ59-14の値が所定の閾値以内に収まっている場合、「欠陥無し」と判定し、閾値を超えている場合、「欠陥有り」と判定する。

理論上同一箇所同士の比較の場合の判定方法は、以下の通りとなる。例えば、
15 図59も[A]には、1番目に検出されたダイの画像31-14及び2番目に検出された他のダイの画像32-14が示されている。ダイ画像31-14とダイ画像32-14と非類似であり(即ち差分データ値が閾値を超える)、3番目に検出された別のダイの画像が1番目の画像31-14と同じか又は類似と判断されれば(即ち差分データ値が閾値以下)、2番目のダイ画像32-14が欠陥を有すると判定される。更に詳細な比較照合アルゴリズムを用いれば、2番目のダイ画像32-14の欠陥部分33-14を検出することも可能である。

欠陥判定の結果、欠陥有りとして判定された場合(ステップS316肯定判定)、表示部57-14に、欠陥に関する情報を表示する(ステップS318)。例えば、欠陥の有無、欠陥数及び欠陥箇所に関する情報(位置)などがある。また、例えば図59の[A]の2番目のダイ画像32-14などの欠陥パターン画像を表示してもよい。この場合、欠陥部分をマーキング表示してもよい。

次に、ウエハWの全被検査領域について検査終了したか否かが判定される(ステップS320)。検査が終了していない場合(ステップS320否定判定)、ス

トップS 3 0 0に戻り、残りの被検査領域について同様の処理を繰り返す。検査が終了した場合（ステップS 3 2 0肯定判定）、本欠陥検査処理を終了する。

5 以上のように、本実施形態では、ウエハの欠陥検査を行う場合、先ず、ダイ対ダイで比較検査を行い（ステップS 3 1 2）、このような比較検査ではダイ間で同様に欠陥が発生することに起因して欠陥が検出できないような箇所を、理論的パターン画像と比較する（ステップS 3 1 0）。このような欠陥は、当該歪領域における全てのダイで再現性良く発生するので、ステップS 3 1 0において、当該歪領域について1ダイ分、欠陥検出するだけで十分である。図5 8のフローチャートでは、このように再現性のある欠陥が発生する箇所をステップS 3 0 4及び3
10 0 6で判定している。

更に、本実施形態では、マスクに関しても、2個取りマスクであるか否かに関わりなく欠陥検出を実現することができる。

図5 8のステップS 3 0 0の二次電子取得プロセスは、図8の第1の実施形態に関連して説明した通りであるので、説明を省略する。

15 欠陥検出部5 0 - 1 4は、以下のような欠陥検査を行うこともできる。

図5 9の[B]には、ウエハ上に形成されたパターンの線幅を測定する例が示されている。ウエハ上の実際のパターン3 4 - 1 4を3 5 - 1 4の方向に走査したときの実際の二次電子の強度信号が3 6 - 1 4であり、この信号が予め較正して定められたスレッシュホールドレベル（しきい値）3 7 - 1 4を連続的に超える
20 部分の幅3 8 - 1 4をパターン3 4 - 1 4の線幅として測定することができる。このように測定された線幅が所定の範囲内にない場合、当該パターンが欠陥を有すると判定することができる。

図5 9の[C]の線幅測定法は、ウエハWが複数の層から形成されているときの各層間の合わせ精度の測定にも応用することができる。例えば、一層目のリソ
25 グラフィで形成される第1のアライメント用パターンの近傍に、2層目のリソグラフィで形成される第2のアライメント用パターンを予め形成しておく。これらの2本のパターン間隔を図5 9の[B]の方法を応用して測定し、その測定値を設計値と比較することにより、2層間の合わせ精度を決定することができる。勿

論、3層以上の場合にも適用することができる。この場合、第1及び第2のアライメント用パターンの間隔を、電子光学系70の複数の一次電子線の隣接するビーム間隔とほぼ等しい間隔に取っておけば、最小の走査量で合わせ精度を測定できる。

- 5 図59の[C]には、ウエハ上に形成されたパターンの電位コントラストを測定する例が示されている。図56に示した電子光学系70において、対物レンズ726とウエハWとの間に軸対称の電極730を設け、例えばウエハの電位0Vに対して電極730に-10Vの電位を印加しておく。このときの-2Vの等電位面は、図59の(c)の40-14で示されるような形状とする。ここで、ウエハに形成されたパターン41-14及び42-14は、夫々-4Vと0Vの電位であるとする。この場合、パターン41-14から放出された二次電子は-2V等電位面40-14で2eVの運動エネルギーに相当する上向き速度を持っているので、このポテンシャル障壁40-14を越え、軌道43-14に示すように電極730から脱出し、検出器761で検出される。一方、パターン42-14から放出された二次電子は-2Vの電位障壁を越えられず、軌道44-14に示すようにウエハ面に追い戻されるので、検出されない。従って、パターン41-14の検出画像は明るく、パターン42-14の検出画像は暗くなる。かくして、ウエハWの被検査領域の電位コントラストが得られる。検出画像の明るさと電位とを予め較正しておけば、検出画像からパターンの電位を測定することができる。そして、この電位分布を評価することにより、パターンの欠陥部分を検出することができる。
- 10
- 15
- 20

- 図56において、ブランキング偏向器17-14を設け、この偏向器によって一次電子線をクロスオーバーP1近傍に設けられたナイフエッジ状ビームストッパー（図示せず）に所定周期で偏向させ、当該ビームを短時間のみ通して他の時間は遮断することを繰り返すことによって、短いパルス幅のビーム束を作ることが可能となる。このような短パルス幅ビームを用いて上記したようなウエハ上の電位測定等を行えば、高時間分解能でデバイス動作を解析可能となる。即ち、本欠陥検査を、いわゆるEBテストとして使用することができる。
- 25

上記したように、試料における理論上同一形態の異なる箇所同士の画像を交互に比較するか、または、論理的な標準の画像と実施に得られた画像とを比較するかのいずれかを実行することができるので、再現性のある欠陥か否かに拘わらず、高精度及び高スループットで検査することができる。また、再現性のある欠陥と無い欠陥とを同一の装置で検査することができるので、クリーンルームのフットプリントを小さくすることができる。

図60～図66を参照して、欠陥検査処理時に、一次電子線をウエハ表面の被検査領域を走査して取得した二次電子線の画像と、予め用意された基準画像との間に位置ずれが発生した場合でも、欠陥検出の精度の低下を防止するための処理について説明する。なお、このような位置ずれは、一次電子線の照射領域がウエハWに対してずれ、検査パターンの一部が二次電子線の検出画像内から欠落するとき、特に大きな問題となり、単にマッチング領域を検出画像内で最適化する技術だけでは、対処できない。そして、これは、特に、高精細パターンの検査では致命的欠点となる。

図60において、図8に示した電子線装置におけるマルチビーム型の電子光学系70を用いた場合の欠陥検出装置について示している。この欠陥検査装置は、一次電子線を放出する電子銃1-15、放出された一次電子線を偏向、成形させる静電レンズ2-15、成形された一次電子線を電場E及び磁場Bの直交する場を通しウエハWに略垂直に当たるようさせるE×B偏向器3-15、一次電子線をウエハW上に結像させる対物レンズ10-15、ウエハWを載置した状態で水平面内を移動可能なステージ装置50、一次電子線の照射によりウエハWから放出された二次電子線を拡大する静電レンズ6-15、拡大された像をウエハWの二次電子画像として検出する検出器7-15、及び、装置全体を制御すると共に、検出器7により検出された二次電子信号から画像を形成し、該画像に基づいてウエハWの欠陥を検出する処理を実行する制御部16-15を含んで構成される。制御部16-15は、制御装置2(図1)に含まれている。上記電子画像には、二次電子だけでなく散乱電子や反射電子による画像も取得できるが、ここでは二

次電子画像を選択した場合を述べている。

また、対物レンズ10-15とウエハWとの間には、軸対象電極12-15が介在されている。この軸対象電極12-15には、二次電子のフィルタ作用を制御する制御電源が接続されている。

5 検出器7-15は、静電レンズ6-15によって拡大された二次電子線を後処理可能な信号に変換することができる限り、任意の構成とすることができる。

制御部6-15は、図60に示したように、汎用的なパーソナルコンピュータ等から構成することができる。このコンピュータは、所定のプログラムに従って各種制御、演算処理を実行する制御部本体14-15と、本体14-15の処理
10 結果を表示するモニタ15-15と、オペレータが命令を入力するためのキーボードやマウス等の入力部18-15とを備える、勿論、欠陥検査装置専用のハードウェア、或いは、ワークステーションなどによって制御部16-15を構成してもよい。

制御部本体14-15は、図示しないCPU、RAM、ROM、ハードディスク、ビデオ基板等の各種制御基板等から構成される。RAM若しくはハードディスクなどのメモリ上には、検出器7-15から受信した電気信号即ちウエハWの二次電子画像のデジタル画像データを記憶するための二次電子画像記憶領域8-15が割り当てられている。また、ハードディスク上には、予め欠陥の存在しないウエハWの基準画像データを記憶しておく基準画像記憶部13-15が存在す
20 る。更に、ハードディスク上には、欠陥検査装置全体を制御する制御プログラムの他、記憶領域8-15から二次電子画像データを読み出し、該画像データに基づき所定のアルゴリズムに従ってウエハWの欠陥を自動的に検出する欠陥検出プログラム9-15が格納されている。この欠陥検出プログラム9-15は、詳細を更に後述するように、基準画像記憶部13-15から読み出した基準画像と、
25 実際に検出された二次電子線画像とをマッチングして、欠陥部分を自動的に検出し、欠陥有りと判定した場合、オペレータに警告表示する機能を有する。このとき、モニタ15-15に二次電子画像17-15を表示することにより警報してもよい。

欠陥検査処理において、先ず、図61のメインルーチンの流れに示すように、検査対象となるウエハWをステージ装置50の上にセットする（ステップS400）。これは、図1に示したように、ローダに多数格納されたウエハWを、一枚毎に自動的にステージ装置50にセットする形態であってもよい。

5 次に、ウエハW表面のXY平面上で部分的に重なり合いながら互いから変位された複数の被検査領域の画像を各々取得する（ステップS404）。これら画像取得すべき複数の被検査領域とは、図62に示すように、例えばウエハWの検査表面34-15上に、参照番号32-15a、32-15b、... 32-15k、...
10 りで、部分的に重なり合いながら位置がずらされていることがわかる。例えば、図63に示されたように、25個の被検査領域の画像32-15（被検査画像）が取得されたとする。図63に示す画像は、矩形の罫目が1画素（或いは、画素より大きいブロック単位でもよい）に相当し、このうち黒塗りの罫目がウエハ上のパターンの画像部分に相当する。このステップS404の詳細は、図64のフ
15 ローチャートで後述する。

次に、ステップS404で取得した複数の被検査領域の画像データを記憶部13-15に記憶された基準画像データと、各々比較照合し（図61のステップS408）、上記複数の被検査領域により網羅されるウエハWの検査面に欠陥が有るか否かが判定される。この工程では、いわゆる画像データ同士のマッチング処理
20 を実行するが、その詳細については図65のフローチャートで後述する。

ステップS408の比較結果より、上記複数の被検査領域により網羅されるウエハの検査面に欠陥が有ると判定された場合（ステップS412の肯定判定）、オペレータに欠陥の存在を警告する（ステップS418）。警告の方法として、例えば、モニタ15-15に欠陥の存在を知らせるメッセージを表示したり、これと
25 同時に欠陥の存在するパターンの拡大画像17-15を表示してもよい。このような欠陥ウエハを直ちにウエハ室から取り出し、欠陥の無いウエハWとは別の保管場所に格納してもよい（ステップS419）。

ステップS408の比較処理の結果、ウエハWに欠陥が無いと判定された場合

(ステップS 4 1 2での否定判定)、現在検査対象となっているウエハWについて、検査すべき領域が未だ残っているか否かが判定される(ステップS 4 1 4)。検査すべき領域が残っている場合(ステップS 4 1 4肯定判定)、ステージ5 0 駆動し、これから検査すべき他の領域が一次電子線の照射領域内に入るようにウエハWを
5 移動させる(ステップS 4 1 6)。その後、ステップS 4 0 4に戻って当該他の検査領域に関して同様の処理を繰り返す。

検査すべき領域が残っていない場合(ステップS 4 1 4での否定判定)、或いは、欠陥ウエハの抜き取り工程(ステップS 4 1 9)の後、現在検査対象となっているウエハWが、最終のウエハであるか否か、即ちロードに未検査のウエハが残っ
10 ていないか否かが判定される(ステップS 4 2 0)。最終のウエハでない場合(ステップS 4 2 0での否定判定)、検査済みウエハを所定の格納箇所に保管し、その代わりに新しい未検査のウエハをステージ装置5 0 にセットする(ステップS 4 2 2)。その後、ステップS 4 0 4に戻って当該ウエハに関して同様の処理を繰り返す。最終のウエハであった場合(ステップS 4 2 0肯定判定)、検査済みウエハ
15 を所定の格納箇所に保管し、全工程を終了する。

次に、ステップS 4 0 4の処理の流れを、図6 4のフローチャートに従って説明する。図6 4では、先ず、画像番号 i を初期値1にセットする(ステップS 4 3 0)。この画像番号は、複数の被検査領域画像の各々に順次付与された識別番号である。次に、セットされた画像番号 i の被検査領域について画像位置(X_i, Y_i)
20 を決定する(ステップS 4 3 2)。この画像位置は、被検査領域を画定させるための該領域内の特定位置、例えば該領域内の中心位置として定義される。現時点では、 $i = 1$ であるから画像位置(X_1, Y_1)となり、これは例えば図6 2に示された被検査領域3 2 aの中心位置に該当する。全ての被検査画像領域の画像位置は予め定められており、例えば制御部1 6 - 1 5のハードディスク上に記憶
25 され、ステップS 4 3 2で読み出される。

次に、図6 0の偏向電極1 3 - 1 5を通過する一次電子線がステップS 4 3 2で決定された画像位置(X_i, Y_i)の被検査画像領域に照射されるように、制御器1 6 - 1 5が偏向電極1 9 - 1 5及び3 - 1 5に電位を加える(図6 4のステッ

5 プS 4 3 4)。そして、電子銃1-15から一次電子線を放出し、静電レンズ2-15、E×B偏向器3-15、対物レンズ10-15を通して、セットされたウエハWの表面に照射する(ステップS 4 3 6)。このとき、一次電子線は、偏向電極19-15及び3-15の作り出す電場によって偏向され、ウエハWの検査表面34-15(図62)上の画像位置(X_i , Y_i)の被検査画像領域全体に亘って照射される。画像番号 $i=1$ の場合、被検査領域は32a-15となる。

10 一次電子線が照射された被検査領域からは二次電子及び/又は反射電子(以下、「二次電子」のみ称する)が放出される。そこで、発生した二次電子線を拡大投影系の静電レンズ6-15により所定の倍率で検出器7-15に結像させる。検出器7-15は、結像された二次電子線を検出し、検出素子毎の電気信号即ちデジタル画像データに変換出力する(ステップS 4 3 8)。そして、検出した画像番号 i のデジタル画像データを二次電子画像記憶領域8-15に転送する(ステップS 4 4 0)。

15 次に、画像番号 i を1だけインクリメントし(ステップS 4 4 2)、インクリメントした画像番号($i+1$)が一定値 i_{MAX} を越えているか否かを判定する(ステップS 4 4 4)。この i_{MAX} は、取得すべき被検査画像の数であり、図63の上述した例では、「25」である。

20 画像番号 i が一定値 i_{MAX} を越えていない場合(ステップS 4 4 4での否定判定)、再びステップS 3 3 2に戻り、インクリメントした画像番号($i+1$)について画像位置(X_{i+1} , Y_{i+1})を再び決定する。この画像位置は、前のルーチンで決定した画像位置(X_i , Y_i)からX方向及び/又はY方向に所定距離(ΔX_i , ΔY_i)だけ移動させた位置である。図62の例では、被検査領域は、(X_1 , Y_1)からY方向にのみ移動した位置(X_2 , Y_2)となり、破線で示した矩形領域32b-15となる。なお、(ΔX_i , ΔY_i)($i=1, 2, \dots, i_{MAX}$)の値は、ウエハ
25 Wの検査面34-15のパターン30-15が検出器7-15の視野から実際に経験的にどれだけずれるかというデータと、被検査領域の数及び面積から適宜定めておくことができる。

そして、ステップS 4 3 2~4 4 2の処理を i_{MAX} 個の被検査領域について順

次繰り返し実行する。これらの被検査領域は、図62に示すように、 k 回移動した画像位置 (X_k, Y_k) では被検査画像領域 $32k-15$ となるように、検査面 $34-15$ 上で、部分的に重なり合いながら位置がずらされていく。このようにして、図63に例示した25個の被検査画像データが画像記憶領域 $8-15$ に取得される。取得した複数の被検査領域の画像 $32-15$ (被検査画像) は、図63に例示したように、ウエハWの検査面 $34-15$ 上のパターン $30-15$ の画像 $30a-15$ を部分的若しくは完全に取り込んでいることがわかる。

インクリメントした画像番号 i が i_{MAX} を越えた場合 (ステップS444の肯定判定)、このサブルーチンからリターンして図61のメインルーチンの比較工程 (ステップS408) に移行する。

なお、ステップS440でメモリ転送された画像データは、検出器 $7-15$ により検出された各画素毎の二次電子の強度値 (いわゆるベタデータ) からなるが、後段の比較工程 (図61のステップS408) で基準画像とマッチング演算を行うため、様々な演算処理を施した状態で記憶領域 $8-15$ に格納しておくことができる。このような演算処理には、例えば、画像データのサイズ及び/又は濃度を基準画像データのサイズ及び/又は濃度に一致させるための正規化処理や、所定画素数以下の孤立した画素群をノイズとして除去する処理などがある。更には、単純なベタデータではなく、高精細パターンの検出精度を低下させない範囲で検出パターンの特徴を抽出した特徴マトリクスにデータ圧縮変換しておいてもよい。

このような特徴マトリクスとして、例えば、 $M \times N$ 画素からなる二次元の被検査領域を、 $m \times n$ ($m < M, n < N$) ブロックに分割し、各ブロックに含まれる画素の二次電子強度値の総和 (若しくはこの総和値を被検査領域全体の総画素数で割った正規化値) を、各マトリクス成分としてなる、 $m \times n$ 特徴マトリクスなどがある。この場合、基準画像データもこれと同じ表現で記憶しておく。本発明の実施形態でいう画像データとは、単なるベタデータは勿論のこと、このように任意のアルゴリズムで特徴抽出された画像データを包含する。

次に、ステップS408の処理の流れを、図65のフローチャートに従って説明する。まず、制御部 $16-15$ のCPUは、基準画像記憶部 $13-15$ から基

準画像データをRAM等のワーキングメモリ上に読み出す(ステップS450)。この基準画像は、図63では参照番号36-15で表される。そして、画像番号*i*を1にリセットし(ステップS452)、記憶領域8-15から画像番号*i*の被検査画像データをワーキングメモリ上に読み出す(ステップS454)。

- 5 次に、読み出した基準画像データと、画像*i*のデータとをマッチングして、両者間の距離値 D_i を算出する(ステップS456)。この距離値 D_i は、基準画像と、被検査画像*i*との間の類似度を表し、距離値が大きいほど基準画像と被検査画像との差異が大きいことを表している。この距離値 D_i として類似度を表す量であれば任意のものを採用することができる。例えば、画像データが $M \times N$ 画素からなる場合、各画素の二次電子強度(又は特徴量)を $M \times N$ 次元空間の各位置ベクトル成分とみなし、この $M \times N$ 次元空間上における基準画像ベクトル及び画像*i*ベクトル間のユークリッド距離又は相関係数を演算してもよい。勿論、ユークリッド距離以外の距離、例えばいわゆる市街地距離等を演算することもできる。更には、画素数が大きい場合、演算量が膨大になるので、上記したように $m \times n$ 特徴
- 10 ベクトルで表した画像データ同士の距離値を演算してもよい。

- 15 次に、算出した距離値 D_i が所定の閾値 T_h より小さいか否かを判定する(ステップS458)。この閾値 T_h は、基準画像と被検査画像との間の十分な一致を判定する際の基準として実験的に求められる。距離値 D_i が所定の閾値 T_h より小さい場合(ステップS458での肯定判定)、当該ウエハWの当該検査面34-15
- 20 には「欠陥無し」と判定し(ステップS460)、本サブルーチンからリターンする。即ち、被検査画像のうち1つでも基準画像と略一致したものがあれば、「欠陥無し」と判定する。このように全ての被検査画像とのマッチングを行う必要が無いので、高速判定が可能となる。図63の例の場合、3行3列目の被検査画像が、基準画像に対して位置ずれが無く略一致していることがわかる。

- 25 距離値 D_i が所定の閾値 T_h 以上の場合(ステップS458での否定判定)、画像番号*i*を1だけインクリメントし(ステップS462)、インクリメントした画像番号($i+1$)が一定値 i_{MAX} を越えているか否かを判定する(ステップS464)。

画像番号 i が一定値 i_{MAX} を越えていない場合（ステップ S 4 6 4 否定判定）、再びステップ S 3 5 4 に戻り、インクリメントした画像番号 ($i + 1$) について画像データを読み出し、同様の処理を繰り返す。一方、画像番号 i が一定値 i_{MAX} を越えた場合（ステップ S 4 6 4 肯定判定）、当該ウエハ W の当該検査面 3 4 - 1 5 5 には「欠陥有り」と判定し（ステップ S 4 6 6）、本サブルーチンからリターンする。即ち、被検査画像の全てが基準画像と略一致していなければ、「欠陥有り」と判定する。

図 6 0 においては、第 1 の実施形態の電子光学系を用いて欠陥検査を行う例を示しているが、走査型の第 1 の実施形態のみならず、写像型の他の実施形態の電子線装置も利用可能であることは言うまでもない。この場合、図 6 4 のステップ S 4 3 2 の画像位置 (X_i, Y_i) は、マルチビームを走査して得られる複数のライン画像を合成した二次元画像の中心位置に対応する。この画像位置 (X_i, Y_i) は、後の工程で順次変更されるが、これは、例えば偏向器 7 2 7（図 8）のオフセット電圧を変更することによって行う。偏向器 7 2 7 は、設定されたオフセット電圧の回りに電圧を変化させることによって、通常のライン走査を行う。勿論、偏向器 7 2 7 とは別体の偏向装置を設け、これにより画像位置 (X_i, Y_i) の変更を行ってもよい。

上記したように、試料上で部分的に重なり合いながら相互に変位された複数の検査領域の画像を取得し、これらの画像を基準の画像と比較することによって欠陥を検出するので、被検査画像と基準画像との位置による検査精度の低下を防止することができる。

検査されるウエハは、図 1 に関連して説明したように、大気搬送系及び真空搬送系を通して、超精密の XY ステージ上に位置合わせ後、静電チャック機構等により固定され、以後、図 6 6 の手順に従って欠陥検査等が行われる。図 6 6 に示すように、まず、光学顕微鏡により、必要に応じて各ダイの位置確認や各場所の高さ検出が行われ、データが記憶される。光学顕微鏡は、この他に欠陥等を監視したい所の光学顕微鏡像を取得し、電子線像との比較等にも使用される。次にウ

エハの種類（どの工程後か、ウエハのサイズは20cmか30cmか等）に応じたレシピの情報を装置に入力し、以下、検査場所の指定、電子光学系の設定、検査条件の設定等を行なった後、画像取得を行ないながら、リアルタイムで欠陥検査を行なう。セル同士の比較、ダイ比較等が、アルゴリズムを備えた高速の情報処理システムにより検査が行なわれ、必要に応じて、検査結果をCRT等に出力したり、又は記憶装置に格納する。欠陥には、パーティクル欠陥、形状異常（パターン欠陥）、及び電氣的（配線又はビア等の断線及び導通不良等）欠陥等があり、これらを区別したり欠陥の大きさや、キラー欠陥（チップの使用が不可能になる重大な欠陥等）の分類を、自動的にリアルタイムで行うこともできる。電氣的欠陥の検出は、コントラスト異常を検出することで達成される。例えば、導通不良の場所に電子線照射（500eV程度）すると、通常正に帯電し、コントラストが低下するので、正常な場所と区別ができる。この場合の電子照射装置とは、通常、検査用の電子線照射装置以外に、電位差によるコントラストを際立たせるために別途設けた、低電位のエネルギーの電子線発生装置（熱電子発生、UV/光電子）をいう。検査対象領域に検査用の電子線を照射する前に、この低電位エネルギーの電子線を発生し照射している。検査用の電子線を照射すること自体で正に帯電させることができる写像投影方式の場合は、使用によっては、低電位の電子線発生装置を別途設ける必要はない場合もある。また、ウエハに、基準電位に対して正又は負の電位を印加すること等による（素子の順方向又は逆方向により流れ易さが異なるために生じる）コントラストの違いから、欠陥検出ができる。線幅測定装置及び合わせ制度装置にも利用できる。

なお、電子光学系70が作動すると、近接相互作用（表面近くでの粒子の帯電）により、標的物質が浮遊して高圧領域に引きつけられるので、電子ビームの形成や偏向に使用される様々幅極には有機物質が堆積する。このように表面の帯電により徐々に堆積していく絶縁体は、電子ビームの形成や偏向機構に悪影響を及ぼすので、堆積した絶縁体は周期的に除去しなければならない。絶縁体の周期的な除去は、絶縁体の堆積する領域の近傍の電極を利用して、真空中で水素や酸素あるいはフッ素、及びそれらを含む化合物HF、O₂、H₂O、C_MF_Nなどのプラズ

マを作り出し、空間内のプラズマ電位を電極面にスパッタが生じる電位（数 k V、例えば 20 V ~ 5 k V）に維持することにより、有機物質のみを酸化、水素化、フッ素化により除去することができる。

5 次に、本発明の電子線装置を用いてプロセス途中又はプロセス後に半導体ウエハを評価する工程を含んだ半導体デバイスの製造方法について説明する。

図 67 に示すように、半導体デバイス製造方法は、概略的に分けると、ウエハを製造するウエハ製造工程 S 5 0 1、ウエハに必要な加工処理を行うウエハ・プロセッシング工程 S 5 0 2、露光に必要なマスクを製造するマスク製造工程 S 5
10 0 3、ウエハ上に形成されたチップを 1 個ずつに切り出し、動作可能な状態にするチップ組立工程 S 5 0 4、及び完成したチップを検査するチップ検査工程 S 5 0 5 によって構成されている。各工程はそれぞれ、幾つかのサブ工程を含んでいる。

上記各工程の中で、半導体デバイスの製造に決定的な影響を及ぼす工程は、ウ
15 エハ・プロセッシング工程 S 5 0 2 である。なぜなら、この工程において、ウエハ上に設計された回路パターンが形成され、かつ、メモリや MPU として動作するチップが多数形成されるからである。

このように半導体デバイスの製造に影響を及ぼすウエハ・プロセッシング工程のサブ工程において実行されたウエハの加工状態を評価することが重要であり、
20 該サブ工程について、以下に説明する。

まず、絶縁層となる誘電体薄膜を形成するとともに、配線部及び電極部を形成する金属薄膜を形成する。薄膜は、CVD やスパッタリング等により形成される。次いで、形成された誘電体薄膜及び金属薄膜、並びにウエハ基板を酸化し、かつ、マスク製造工程 S 5 0 3 によって作成されたマスク又はレチクルを用いて、リソ
25 グラフィ工程において、レジスト・パターンを形成する。そして、ドライ・エッチング技術等により、レジスト・パターンに従って基板を加工し、イオン及び不純物を注入する。その後、レジスト層を剥離し、ウエハを検査する。

このようなウエハ・プロセッシング工程は、必要な層数だけ繰り返し行われ、

チップ組立工程 S 5 0 4 においてチップ毎に分離される前のウエハが形成される。

図 6 8 は、図 6 7 のウエハ・プロセッシング工程のサブ工程であるリソグラフィ工程を示すフローチャートである。図 6 9 に示したように、リソグラフィ工程は、レジスト塗布工程 S 5 2 1、露光工程 S 5 2 2、現像工程 S 5 2 3、及びアニール工程 S 5 2 4 を含んでいる。

レジスト塗布工程 S 5 2 1 において、CVD やスパッタリングを用いて回路パターンが形成されたウエハ上にレジストを塗布し、露光工程 S 5 2 2 において、塗布されたレジストを露光する。そして、現像工程 S 5 2 3 において、露光されたレジストを現像してレジスト・パターンを得、アニール工程 S 5 2 4 において、
10 現像されたレジスト・パターンをアニールして安定化させる。これら工程 S 5 2 1 ~ S 5 2 4 は、必要な層数だけ繰り返し実行される。

このような半導体デバイスの製造工程において、検査が必要な処理工程後に欠陥等の検査を行うが、一般に、電子線を用いた欠陥検査装置は高価であり、またスループットも他のプロセス装置に比べて低いために、最も検査が必要と考えら
15 れている重要な工程（例えば、エッチング、成膜（銅メッキを含む）、又は CMP（化学機械研磨）平坦化処理等）の後に使用することが好適である。

このように、本発明による処理が高スループットであるマルチビームの電子線装置を用いて、検査が必要な各工程が終了後に欠陥等の検査を行いつつ半導体デバイスを製造するので、半導体デバイスそのものの製造も、高スループットで行
20 うことができる。したがって、製品の歩留まりの向上及び欠陥製品の出荷の防止を図ることができる。

請求の範囲

1. 一次電子線を試料に照射し、該照射によって試料面から発生する二次電子線を検出して試料面の評価を行うための電子線装置において、

- 5 一次電子線を放出する電子銃のカソードは、一次電子光学系の光軸を中心とする1つの円上に間隔をあけて配置された、一次電子線を放出する複数のエミッタを備え、

これら複数のエミッタは、一次電子線の走査方向と平行な直線上に投影した点が等間隔となるよう配置されている

- 10 ことを特徴とする電子線装置。

2. 請求項1記載の電子線装置において、各エミッタは、複数のエミッタチップを備え、その中の1つのエミッタチップから選択的に一次電子線を放出するよう構成されていることを特徴とする電子線装置。

- 15 3. 請求項1又は2記載の電子線装置において、該装置はさらに、E×B分離器を備え、試料面から放出された二次電子を対物レンズで加速し、かつE×B分離器によって一次電子光学系から分離して二次電子光学系に入射させるよう構成されていることを特徴とする電子線装置。

- 20 4. 請求項3記載の電子線装置において、E×B分離器は、6極以上の電極を有する静電偏向器の外側にトロイダル又はサドル型の偏向器を設けたものであることを特徴とする電子線装置。

5. 請求項1～4のいずれかに記載の電子線装置において、

電子銃のカソードは、その一次電子光学系に面する端面に、複数のエミッタが形成されており、

電子銃はさらに、複数の開口を有する制御電極を備えている

- 25 ことを特徴とする電子線装置。

6. 請求項5記載の電子線装置において、

複数のエミッタの先端は同一平面に形成され、制御電極の複数の開口は同一平面に形成されており、

電子銃はさらに、これら2つの平面の相対的な傾き、間隔、及び、カソードの複数のエミッタと制御電極の複数の開口との水平方向の位置合わせののいずれかを実行する機構を備えている

ことを特徴とする電子線装置。

5 7 請求項1～6のいずれかに記載の電子線装置において、各エミッタの先端近傍は、円錐状に形成されていることを特徴とする電子線装置。

8. 請求項1～7のいずれかに記載の電子線装置において、カソードの材料がLaB₆、Ta、又はHfであることを特徴とする電子線装置。

10 9. 請求項1～7のいずれかに記載の電子線装置において、カソードは、表面の結晶方位が<310>の単結晶タンタルの表面を削って複数のエミッタを形成したことを特徴とする電子線装置。

10. 請求項1～7のいずれかに記載の電子線装置において、カソードは、表面の結晶方位が<100>の単結晶ハフニウムの表面を削って複数のエミッタを形成したことを特徴とする電子線装置。

15 11. 請求項9又は10記載の電子線装置において、各エミッタの先端部には、直径50μm以下の平面、あるいは、光軸を中心とする円の半径方向の幅が10μm以下で、半径方向と直交する方向の幅が100μm以下の平面が残されていることを特徴とする電子線装置。

20 12. 請求項1～11のいずれかに記載の電子線装置において、該装置はさらに、

試料を載置するステージの移動速度を検出する速度検出器と、

一次電子光学系及び二次電子光学系の少なくとも一方に含まれ、速度検出器からのステージの移動速度に応じて、一次電子線及び二次電子線の少なくとも一方の偏向量を補正する偏向量補正装置と

25 を備えていることを特徴とする電子線装置。

13. 請求項1～12記載の電子線装置において、該装置は、電子線のエネルギーを0.5eV以上の範囲で任意に設定する装置を備えていることを特徴とする電子線装置。

1 4. 請求項 1 ~ 1 3 のいずれかに記載の電子線装置において、該装置は、
試料表面から放出される低エネルギーの電子を加速する対物レンズと、
対物レンズを通過した電子を二次電子光学系の方向に偏向する E × B 分離器と、
二次電子光学系を介して収集された電子の強度を検出して、電気信号に変換す

5 る複数の検出器と

を含み、

複数の一次電子線の照射点の間隔は、試料上における後方錯乱電子の拡がり直径と二次電子光学系の試料における等価ボケ量の和より大きく設定されていることを特徴とする電子線装置。

10 1 5. 請求項 1 ~ 1 4 のいずれかに記載の電子線装置において、一次電子線の間隔は、複数の電子線の発生部から試料までの電子光学系の倍率を変化させることにより、調整されるよう構成されていることを特徴とする電子線装置。

1 6. 請求項 1 ~ 1 5 のいずれかに記載の電子線装置において、該装置はさらに、対物レンズと該対物レンズよりも電子銃側にある次のレンズとの間に配置された E × B 分離器を備え、これにより、一次電子光学系と二次電子光学系とは、
15 1 つのみのレンズを共有していることを特徴とする電子線装置。

1 7. 請求項 1 ~ 1 6 のいずれかに記載の電子線装置において、該装置はさらに、複数の検出器で得られた二次電子線の電気信号のうち、特定のパターンでのコントラスト又は S / N 比が最大になるように、一次電子線のビーム寸法又はビーム電流を調整する機構を備えていることを特徴とする電子線装置。
20

1 8. 請求項 1 7 記載の電子線装置において、特定のパターンは、評価すべき試料上のパターンの最小線幅の 2 倍のピッチを有する規則的なパターンであることを特徴とする電子線装置。

1 9. 請求項 1 ~ 1 8 のいずれかに記載の電子線装置において、該装置はさら
25 に、

一次電子線の試料表面への照射量を検出する照射量検出装置と、

照射量検出装置からの照射量に基づき、一次電子線の単位面積当たりの照射量が予め設定した所定値以上にならないように制御する照射量制御装置と

を備えていることを特徴とする電子線装置。

20. 請求項19記載の電子線装置において、

試料は半導体ウエハであって、該半導体ウエハ表面での評価は、ステージを連続移動させつつ一定のストライプ幅単位で行うよう制御する装置を備え、

- 5 照射量制御装置は、(ストライプ幅×チップのストライプ方向の長さ)より小さい面積毎に行うよう構成されていることを特徴とする電子線装置。

21. 請求項1～20のいずれかに記載の電子線装置において、試料は半導体ウエハであり、電子線装置はさらに、

- 10 半導体ウエハの配線パターンから放出される二次電子のうち、特定のエネルギーを超える電子のみを選択的に通過させる電極で構成され、特定のエネルギー以上の電子のみを二次電子光学系に導くエネルギーフィルタと、

複数の検出器からの電気信号の変動状態を、正規の配線パターンの接続関係から期待される電気信号の変動状態と対比して、配線パターンの断線及び短絡等の

15 欠陥を判定する判定装置と

を備えていることを特徴とする電子線装置。

22. 請求項21記載の電子線装置において、該装置はさらに、半導体ウエハの外部電極と接続されたコネクタに接地電圧と所定の電圧とを切り替えて印加する装置を備えていることを特徴とする電子線装置。

- 20 23. 請求項21又は22記載の電子線装置において、エネルギーフィルタは、軸対称電極であり、半導体ウエハよりも低い電圧を該軸対称電極に対して印加する電源を備えていることを特徴とする電子線装置。

24. 請求項1～23のいずれかに記載の電子線装置において、該装置はさらに、

- 25 試料と対物レンズとの間における放電又はその前駆現象を検出する放電現象検出装置と、

放電現象検出装置からの出力に基づいて、放電が生じないように条件設定を行う条件設定装置と

を備えていることを特徴とする電子線装置。

25. 請求項24記載の電子線装置において、放電現象検出装置は、放電又は前駆現象時に発生する光を検出するPMT、又は放電又は前駆現象時に試料に発生する異常電流を検出する試料電流計であることを特徴とする電子線装置。

5 26. 請求項24又は25記載の電子線装置において、条件設定装置は、放電が生じないように、試料と対物レンズとの間の減速電界の電圧、又は一次電子線の量を調整するよう構成されていることを特徴とする電子線装置。

27. 請求項24記載の電子線装置において、放電現象検出装置は、製品として使用されない試料の一部領域について放電又はその前駆現象を検出するよう構成されていることを特徴とする電子線装置。

10

28. 請求項1～27のいずれかに記載の電子線装置において、該装置はさらに、

二次電子光学系を介して収集された電子の強度を検出して電気信号に変換する複数の検出器と、

15 複数の検出器からの電気信号を画像データに処理する画像処理部とを備えていることを特徴とする電子線装置。

29. 請求項請求項28記載の電子線装置において、該装置はさらに、

画像処理部によって得られた、試料における異なるチップの同一箇所同士の画像を比較する第1の比較装置と、

20 試料の標準パターンの画像と、画像処理部によって得られた試料の実際の画像とを比較する第2の比較装置と、

第1の比較装置と第2の比較装置の少なくともものいずれかを実行させる装置と、

第1及び第2の比較装置の少なくとも一方の比較結果に基づいて、試料の欠陥を判定する装置と

25 を備えていることを特徴とする電子線装置。

30. 請求項29記載の電子線装置において、第2の比較装置は、試料に被検査パターンを形成するときの欠陥の発生が予測される試料上の特定箇所の画像を、対応する標準パターン画像と比較するか、又は、欠陥の発生が少ないと予測され

る試料のパターン画像と比較するよう構成されていることを特徴とする電子線装置。

3 1. 請求項 2 9 記載の電子線装置において、第 2 の比較装置は、試料に被検査パターンを形成する時の近接効果の状況、ストライプつなぎ不良、あるいは、
5 視野つなぎ不良ののいずれかが予測される試料上の特定箇所の画像を、対応する標準パターン画像と比較するよう構成されていることを特徴とする電子線装置。

3 2. 請求項 1 ~ 3 1 のいずれかに記載の電子線装置において、該装置はさらに、

10 試料上で部分的に互いに重なりあいながら変位された複数の被検査領域の画像をそれぞれ取得する画像取得装置と、

基準の画像を記憶する記憶装置と、

画像取得装置により取得された複数の被検査領域の画像と、記憶装置に記憶された基準の画像とを比較することによって、試料の欠陥を判定する欠陥判定装置と

15 を備えていることを特徴とする電子線装置。

3 3. 請求項 1 ~ 3 2 のいずれかに記載の電子線装置において、

試料を載置するステージ装置は、静圧軸受けによる非接触支持機構と差動排気による真空シール機構とを備え、

20 該試料面上の一次電子線が照射される箇所と、ステージ装置の静圧軸受け支持部との間にコンダクタンスが小さくなる仕切りを設け、

電子線照射領域と静圧軸受け支持部との間に圧力差が生じるようにしたことを特徴とする電子線装置。

3 4. 請求項 3 3 記載の電子線装置において、仕切りが差動排気構造を内蔵していることを特徴とする電子線装置。

25 3 5. 請求項 3 3 又は 3 4 記載の電子線装置において、仕切りがコールドトラップ機能を有していることを特徴とする電子線装置。

3 6. 請求項 3 3 ~ 3 5 のいずれかに記載の電子線装置において、仕切りが、電子線照射位置の近傍と、静圧軸受け近傍の 2 カ所に設けられていることを特徴

とする電子線装置。

37. 請求項33～36のいずれかに記載の電子線装置において、ステージ装置の静圧軸受けに供給されるガスが、ドライ窒素もしくは高純度の不活性ガスであることを特徴とする電子線装置。

5 38. 請求項33～37のいずれかに記載の電子線装置において、ステージ装置の、少なくとも静圧軸受けに面する部品表面に放出ガスを低減するための表面処理を施したことを特徴とする電子線装置。

39. 請求項1～38のいずれかに記載の電子線装置において、
試料を載置するステージ装置は、ハウジング内に收容されかつ静圧軸受けによりハウジングに対して非接触で支持されており、
10 ステージ装置が收容されたハウジングは、真空排気され、
電子線装置の試料面上に一次電子線を照射する部分の周囲には、試料面上の該照射領域を排気する差動排気機構が設けられている
ことを特徴とする電子線装置。

15 40. 請求項39記載の電子線装置において、ステージ装置の静圧軸受けに供給されるガスはドライ窒素もしくは高純度の不活性ガスであり、該ドライ窒素もしくは高純度不活性ガスは、該ステージ装置を収納するハウジングから排気された後加圧され、再び静圧軸受けに供給されることを特徴とする電子線装置。

41. 試料を評価するための評価システムにおいて、
20 請求項1～40のいずれかに記載の電子線装置と、
電子線装置のステージ装置と一次電子線の照射部とを收容しておりかつ真空雰囲気中に制御可能になっているワーキングチャンバと、
ワーキングチャンバ内のステージ装置上に試料を供給するローダーと、
ワーキングチャンバ内に配置され、試料に電位を印加する電位印加機構と、
25 電子線装置の電子光学系に対する試料の位置決めのために、試料の表面を観察してアライメントを制御するアライメント制御装置と
を備え、

真空のワーキングチャンバは、床からの振動を遮断する振動遮断装置を介して

支持されている

ことを特徴とする評価システム。

4 2. 請求項 4 1 記載の評価システムにおいて、

5 ロードーが、それぞれが独立して雰囲気制御可能になっている第 1 のローディングチャンバ及び第 2 のローディングチャンバと、試料を第 1 のローディングチャンバ内とその外部との間で搬送する第 1 の搬送ユニットと、第 2 のローディングチャンバに設けられていて試料を第 1 のローディングチャンバ内とステージ装置上との間で搬送する第 2 の搬送ユニットとを備え、

10 評価システムはさらに、ロードーに試料を供給するための仕切られたミニエンバイロメント空間を備えている

ことを特徴とする評価システム。

4 3. 請求項 4 1 又は 4 2 記載の評価システムにおいて、該システムはさらに、ステージ装置上の検査対象の座標を検出するレーザ干渉測距装置を備え、アライメント制御装置により、試料に存在するパターンを利用して検査対象の座標を決めることを特徴とする評価システム。

15

4 4. 請求項 4 2 記載の評価システムにおいて、試料の位置合わせは、ミニエンバイロメント空間内で行われる粗位置合わせと、ステージ装置上で行われる X-Y 軸方向の位置合わせ及び回転方向の位置合わせとを含むことを特徴とする評価システム。

20

4 5. 半導体デバイスの製造方法において、製造プロセス途中又は終了後の半導体デバイスの欠陥検査等の評価のために請求項 1 ~ 4 0 ののいずれかに記載の電子線装置を用いたことを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

4 6. 半導体デバイスの製造方法において、製造プロセス途中又は終了後の半導体デバイスの欠陥検査等の評価のために請求項 4 1 ~ 4 5 ののいずれかに記載の評価システムを用いたことを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

25

4 7. 試料の評価を行う方法において、一次電子線を試料に照射する一次電子光学系と、電子の強度を検出して電気信号に変換する検出系と、一次電子線の照射によって試料面から放出される二次電子線を検出系に指向させる二次電子光学

系とを備えた電子線装置であって、一次電子光学系に具備される電子銃のカソードが、一次電子線を放出する複数のエミッタを備え、これらエミッタが、一次電子光学系の光軸を中心とする1つの円上に間隔をあけて配置され、かつ、一次電子線の走査方向と平行な直線上に投影した点が等間隔となるよう配置されている

5 電子線装置を用いて、試料の評価を行うことを特徴とする試料評価方法。

48. 請求項47記載の試料評価方法において、電子銃のカソードの複数のエミッタは、一次電子光学系に面する端面に形成されており、電子銃はさらに、複数の開口を有する制御電極を備えていることを特徴とする試料評価方法。

49. 請求項47又は48記載の試料評価方法において、該方法はさらに、

10 試料面から放出された二次電子を対物レンズで加速するステップと、

6極以上の電極を有する静電偏向器の外側にトロイダル又はサドル型の偏向器を設けたE×B分離器によって、二次電子を二次電子光学系に入射させるステップと

を備えていることを特徴とする試料評価方法。

50. 請求項47～49のいずれかに記載の試料評価方法において、該方法はさらに、

試料を載置するステージの移動速度を検出する速度検出ステップと、

速度検出ステップにおいて検出されたステージの移動速度に応じて、一次電子線及び二次電子線の少なくとも一方の偏向量を補正する偏向量補正ステップと

20 を備えていることを特徴とする試料評価方法。

51. 請求項47～50のいずれかに記載の試料評価方法において、該方法はさらに、

検出系で得られた二次電子線の電気信号のうち、特定のパターンでのコントラスト又はS/N比が最大になるように、一次電子線のビーム寸法又はビーム電流

25 を調整するステップ

を備えていることを特徴とする試料評価方法。

52. 請求項47～51のいずれかに記載の試料評価方法において、該方法はさらに、

一次電子線の試料表面への照射量を検出する照射量検出ステップと、

照射量検出ステップにおいて得られた照射量に基づき、一次電子線の単位面積当たりの照射量が予め設定した所定値以上にならないように制御するステップとを備えていることを特徴とする試料評価方法。

- 5 5 3. 請求項 4 7 ~ 5 2 のいずれかに記載の試料評価方法において、該方法はさらに、

試料と対物レンズとの間における放電又はその前駆現象を検出する放電現象検出ステップと、

- 10 放電現象検出ステップにおいて得られた出力に基づいて、放電が生じないように条件設定を行うステップとを備えていることを特徴とする試料評価方法。

5 4. 請求項 4 7 ~ 5 3 のいずれかに記載の試料評価方法において、該方法はさらに、

- 15 試料の標準パターンの画像と、電子線装置によって得られた試料の実際の画像とを比較するステップであって、試料に被検査パターンを形成するときの欠陥の発生が予測される試料上の特定箇所の画像を、対応する標準パターン画像と比較するか、又は、欠陥の発生が少ないと予測される試料のパターン画像を標準パターン画像として該標準パターン画像と比較する比較ステップとを備えていることを特徴とする試料評価方法。

- 20 5 5. 請求項 4 7 ~ 5 4 のいずれかに記載の試料評価方法において、該方法はさらに、

試料上で部分的に互いに重なりあいながら変位された複数の被検査領域の画像をそれぞれ取得する画像取得ステップと、

基準の画像を記憶する記憶ステップと、

- 25 画像取得ステップにおいて取得された複数の被検査領域の画像と、記憶ステップにおいて記憶された基準の画像とを比較することによって、試料の欠陥を判定するステップと

を備えていることを特徴とする試料評価方法。

56. 請求項47～55のいずれかに記載の試料評価方法において、該方法はさらに、

試料を載置するステージ装置を、静圧軸受けにより非接触支持するステップと、
ステージ装置を差動排気により真空シールするステップと、

- 5 試料面上の一次電子線が照射される箇所と、ステージ装置の静圧軸受け支持部との間にコンダクタンスが小さくなる仕切りを設けて、電子線照射領域と静圧軸受け支持部との間に圧力差が生じるようにするステップと
を備えていることを特徴とする試料評価方法。

57. 請求項47～56のいずれかに記載の試料評価方法において、

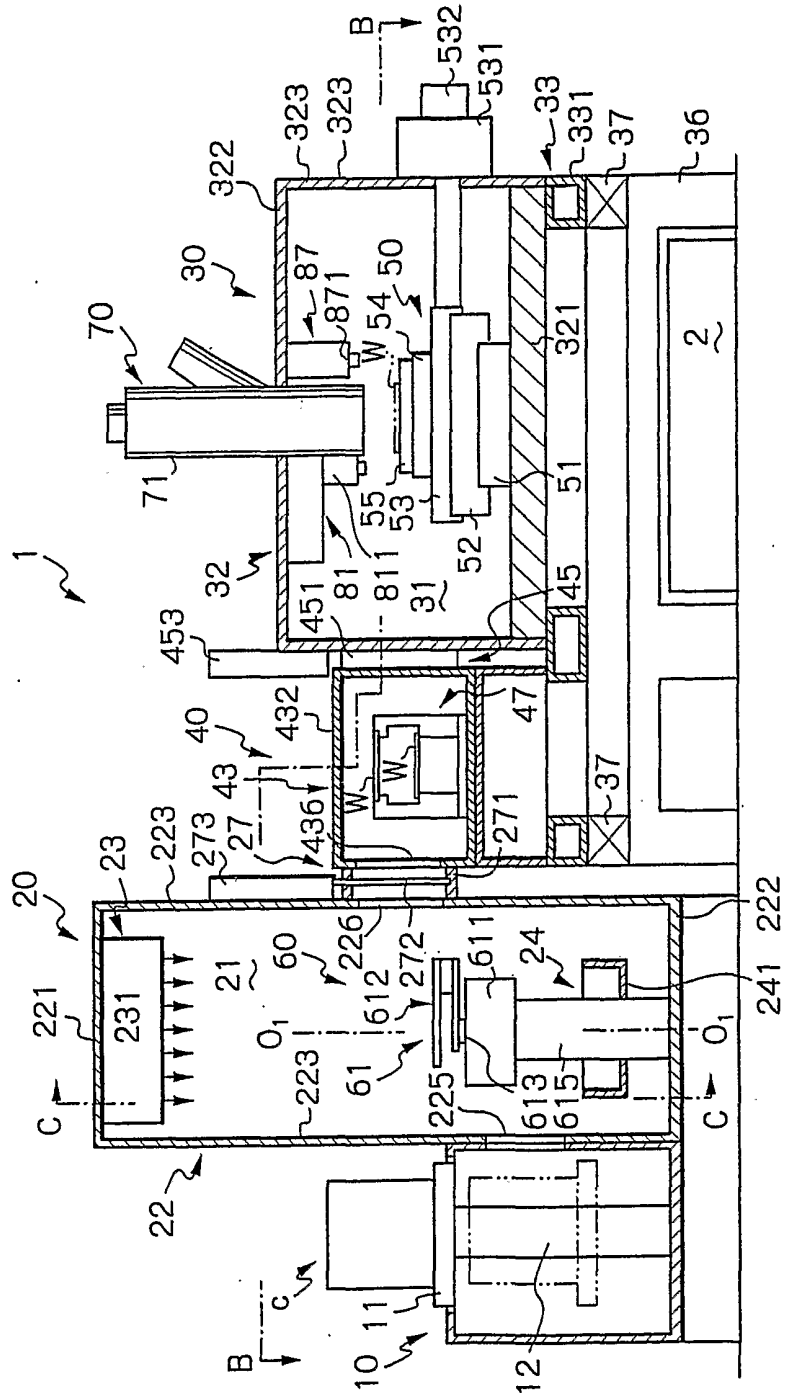
- 10 試料を載置するステージ装置を、静圧軸受けによりハウジングに対して非接触で支持するステップと、

ステージ装置が収容されたハウジングを、真空排気するステップと、

電子線装置の試料面上に一次電子線を照射する照射領域を差動排気するステップと

- 15 を備えていることを特徴とする試料評価方法。

図 1



2

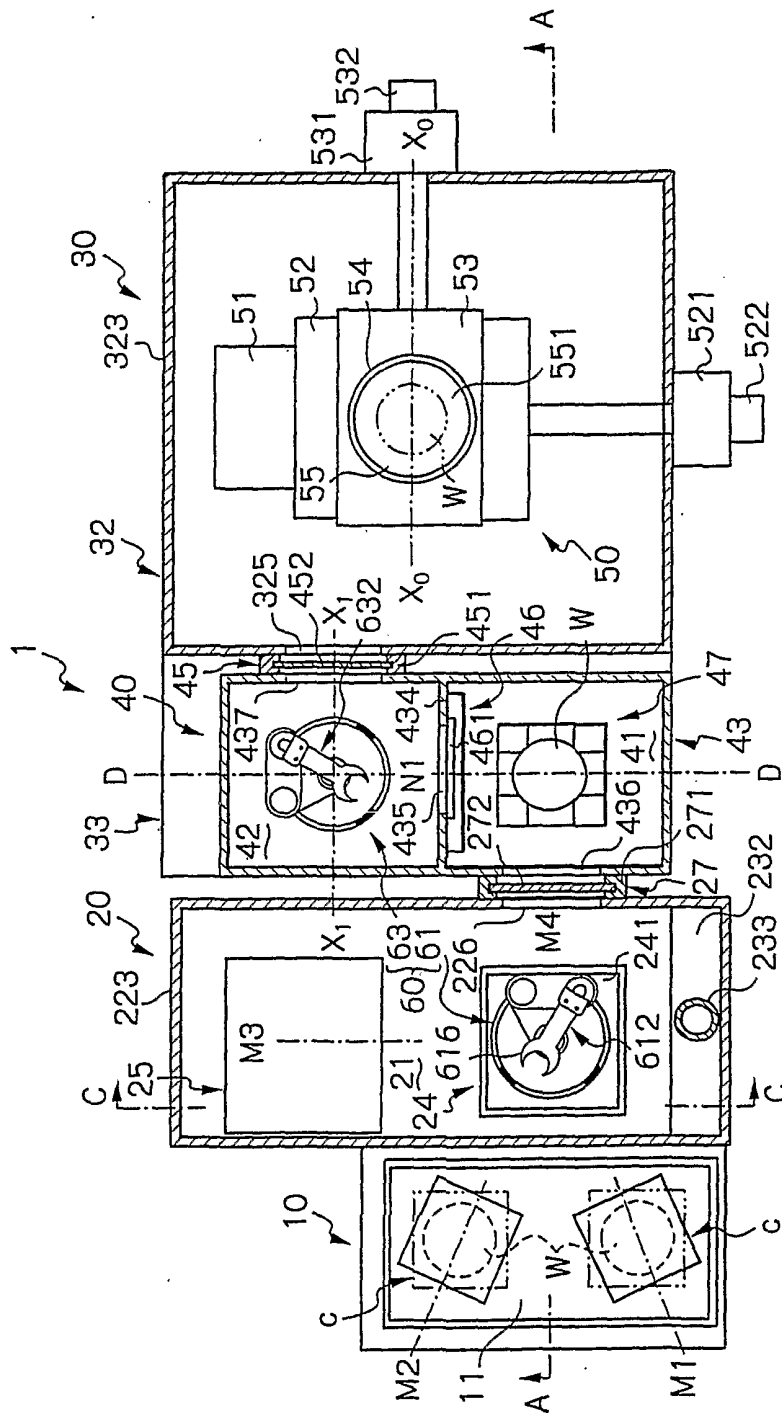


図 3

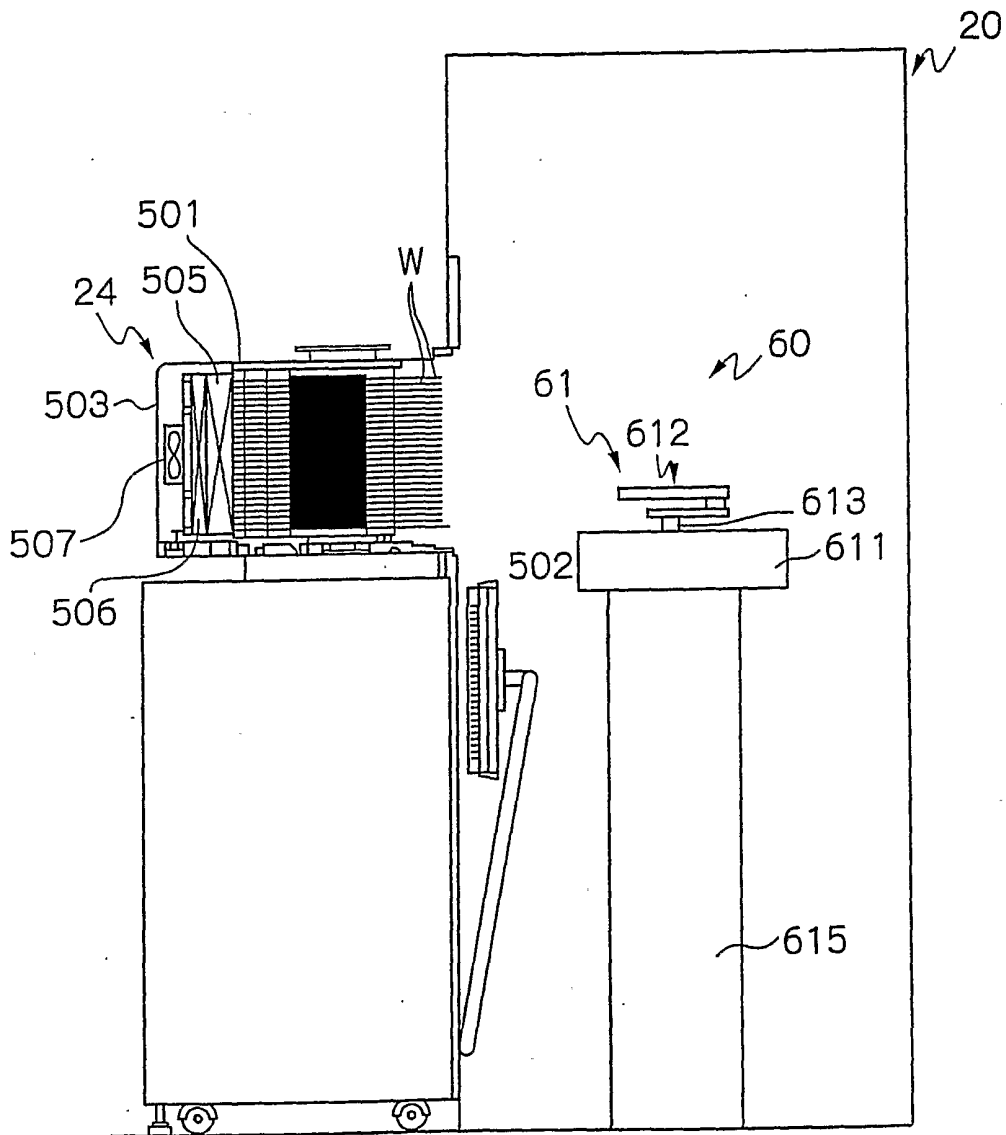


図 4

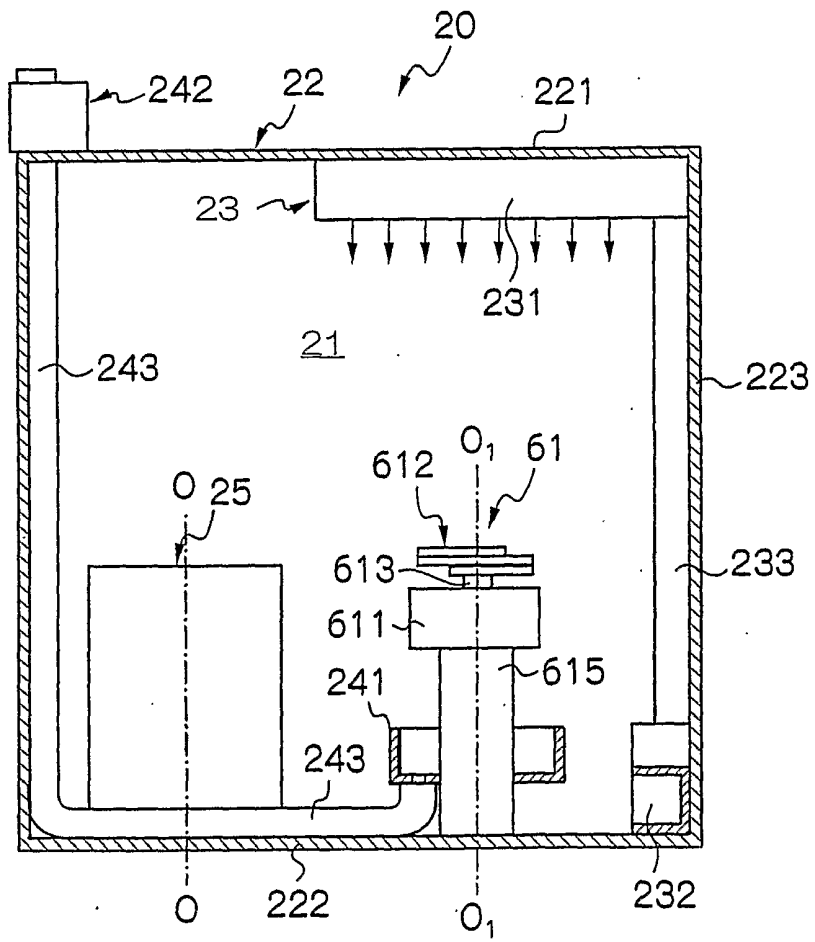


図 5

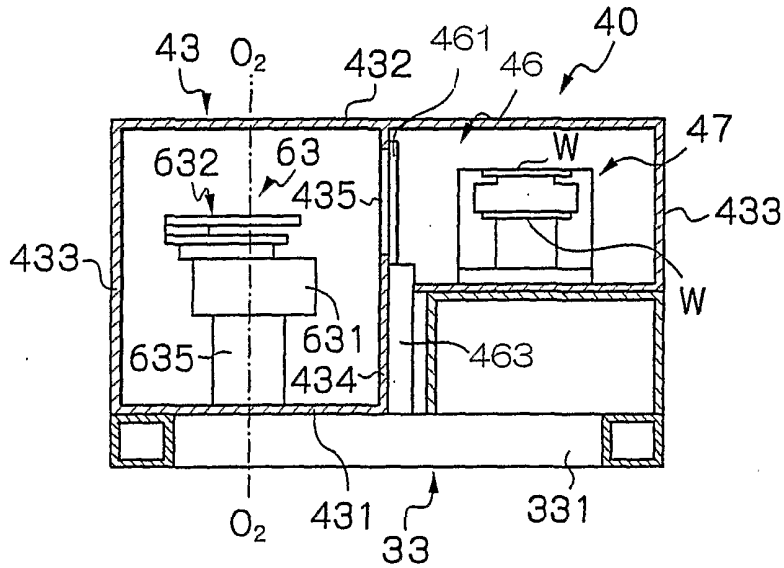


図 6

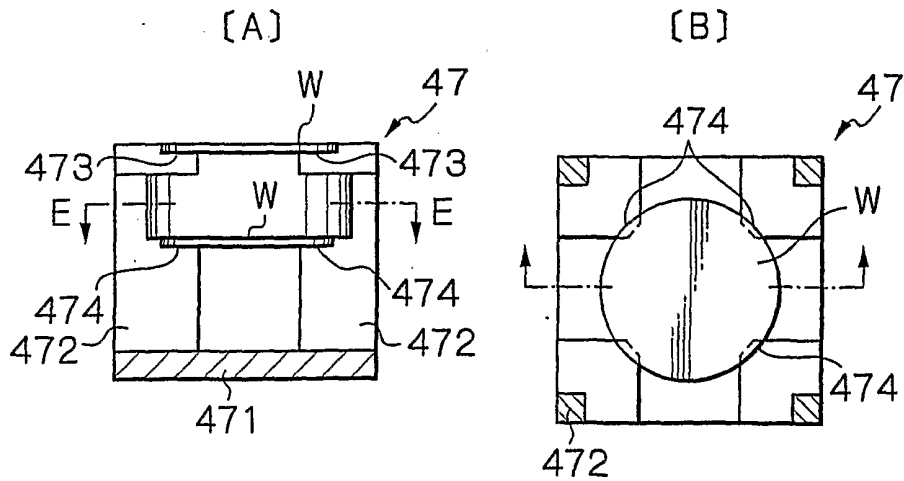


図 7

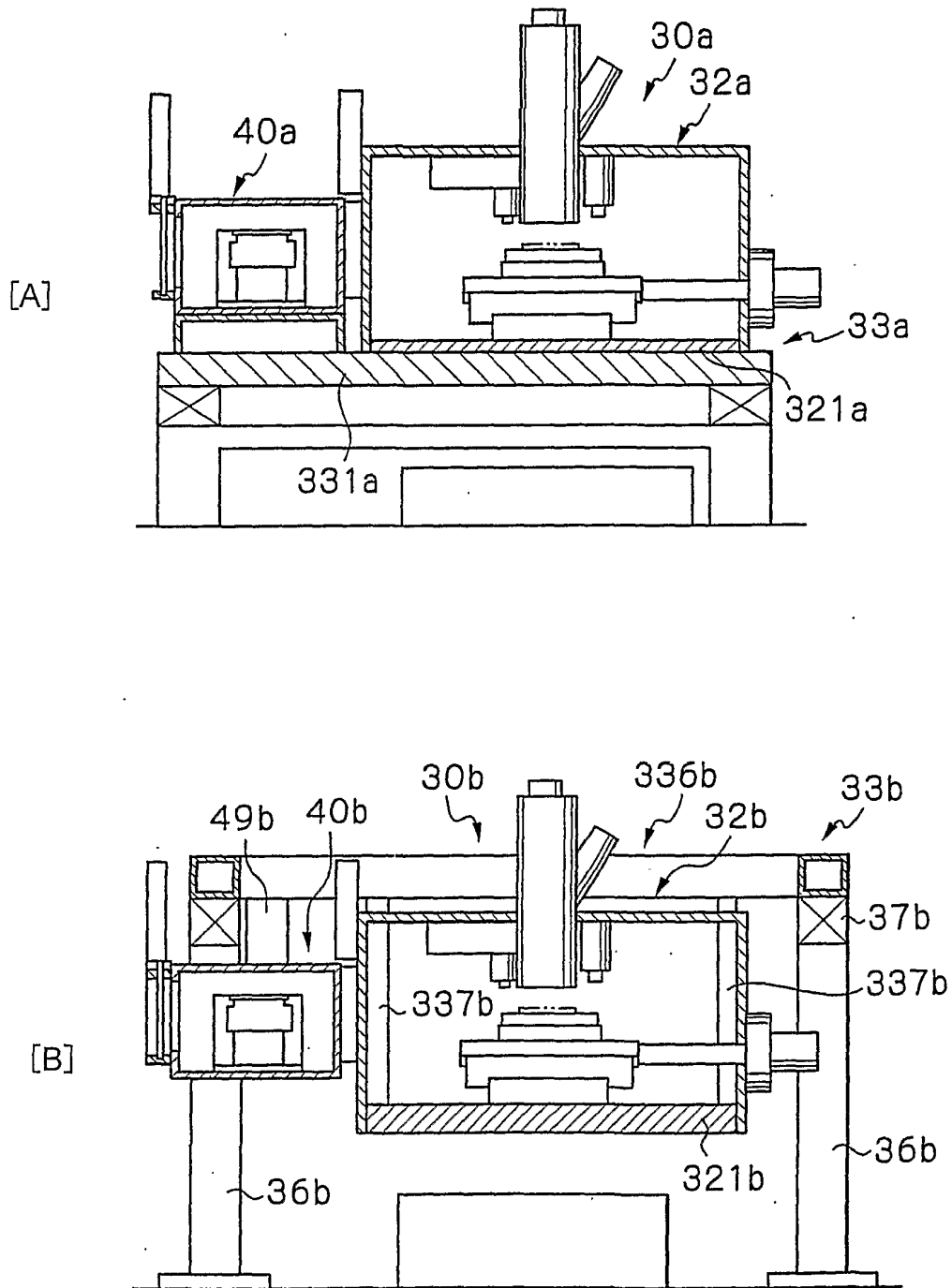


図 8

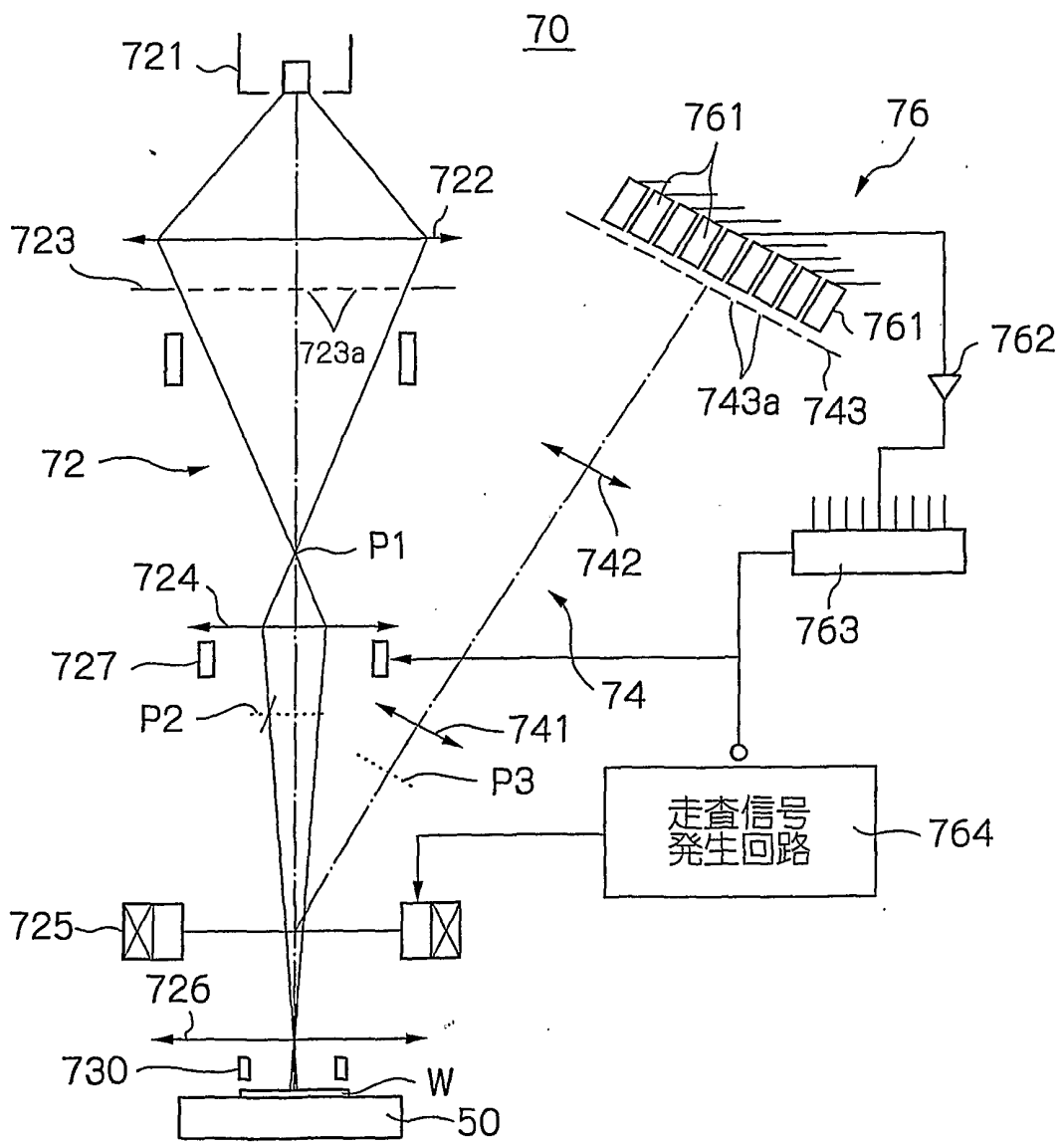
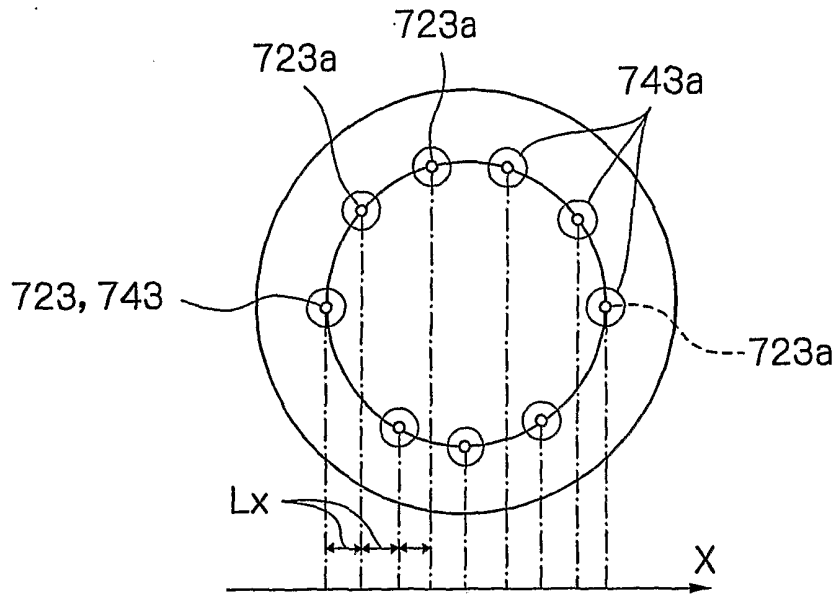


図 9

[A]



[B]

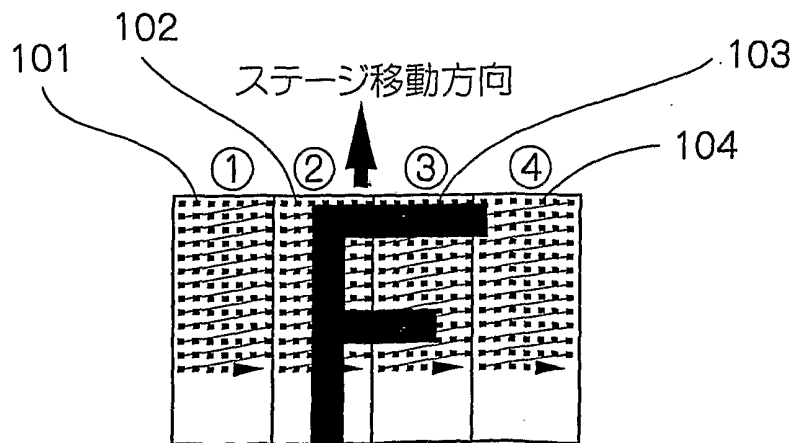


図 10

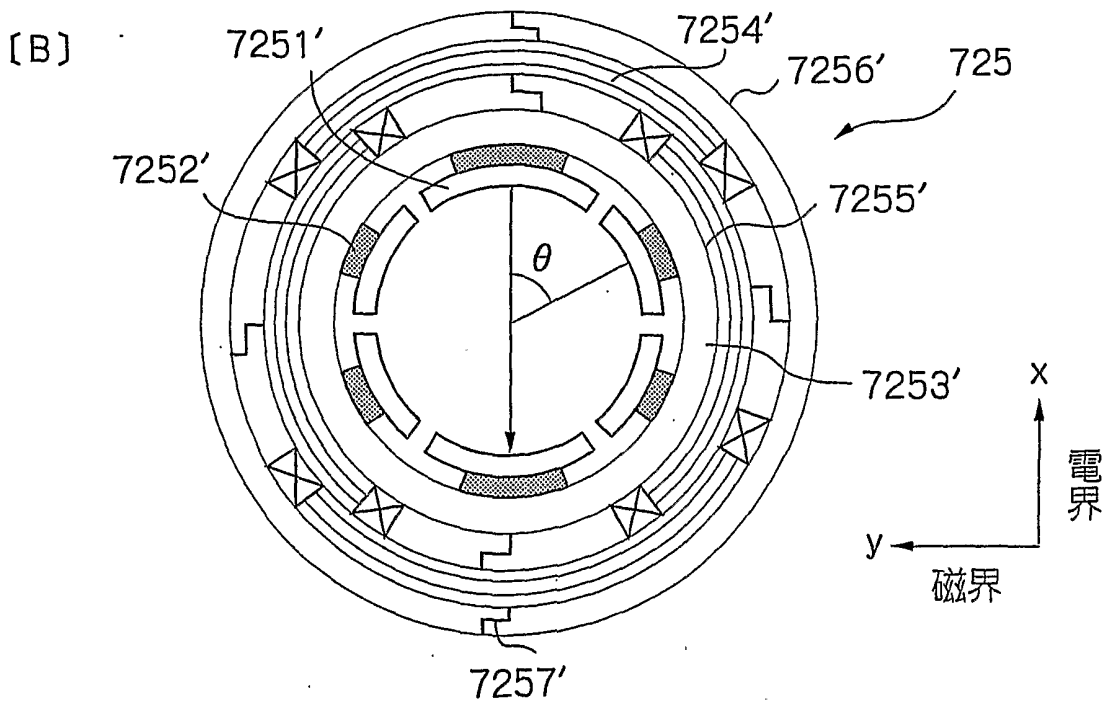
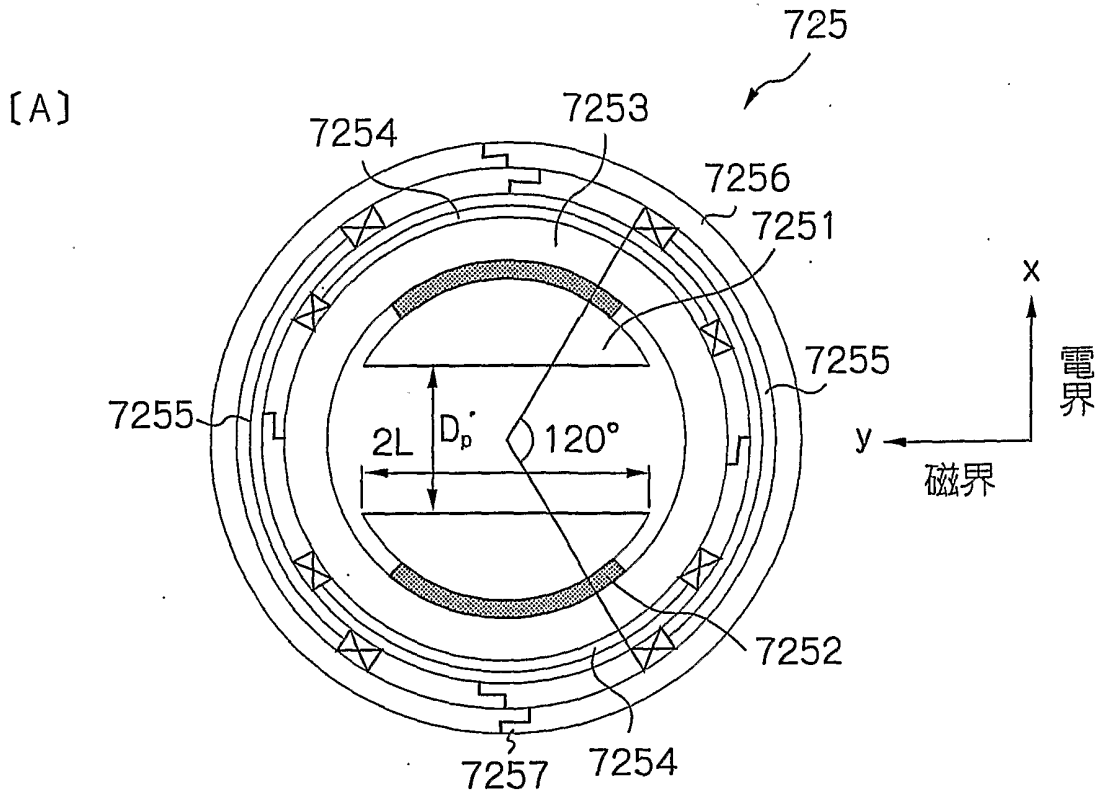


図 11

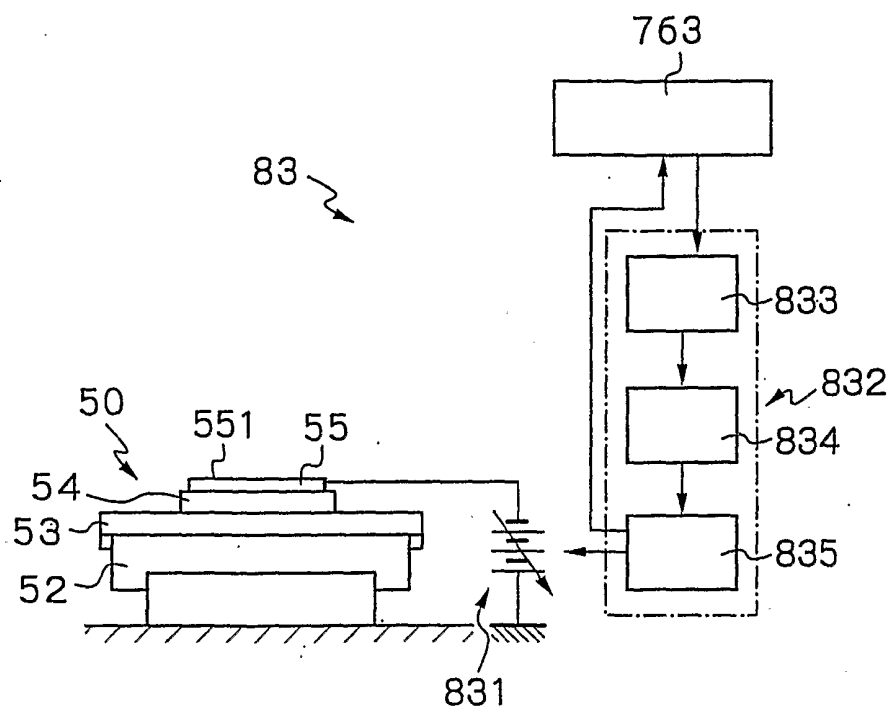


図 12

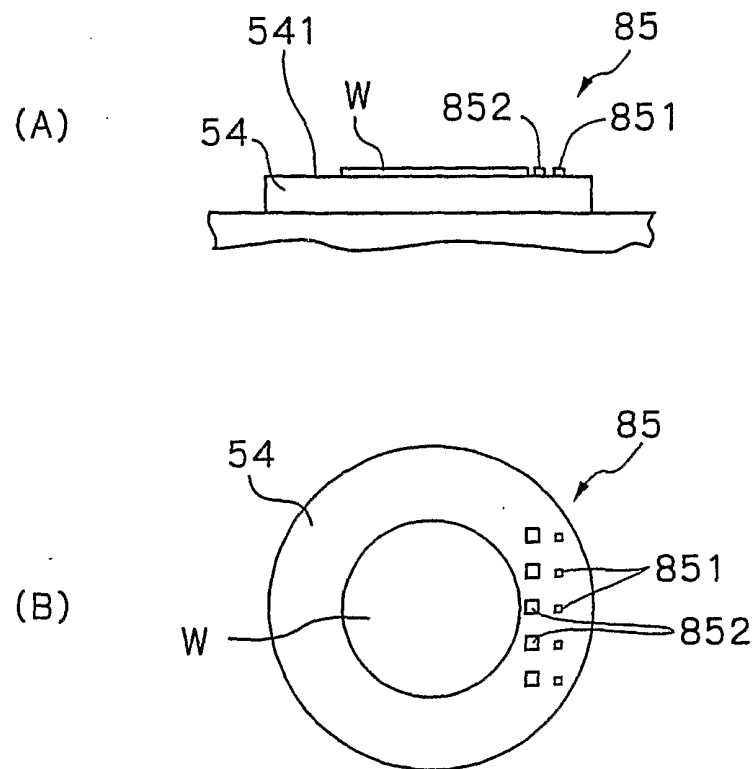


図 13

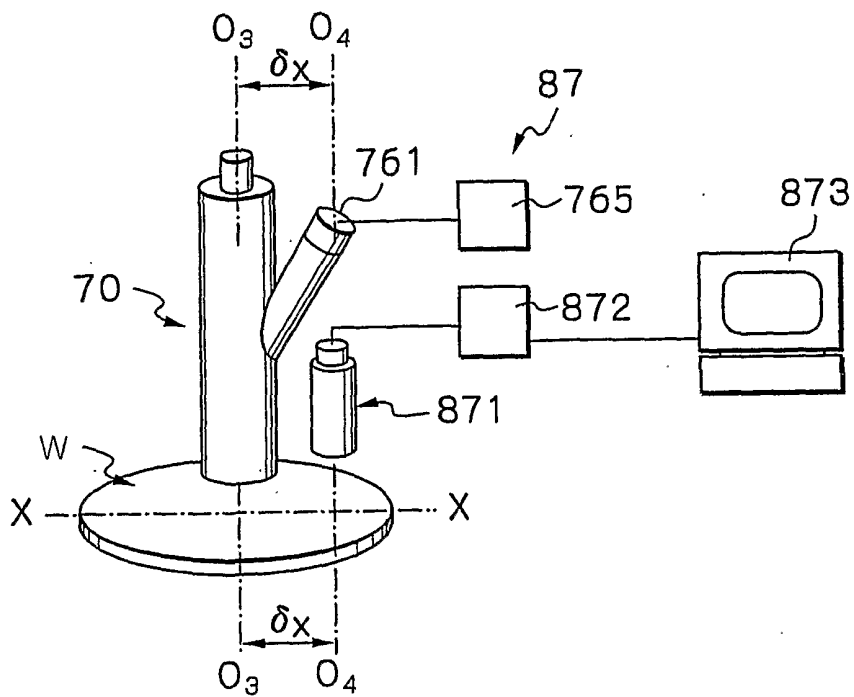
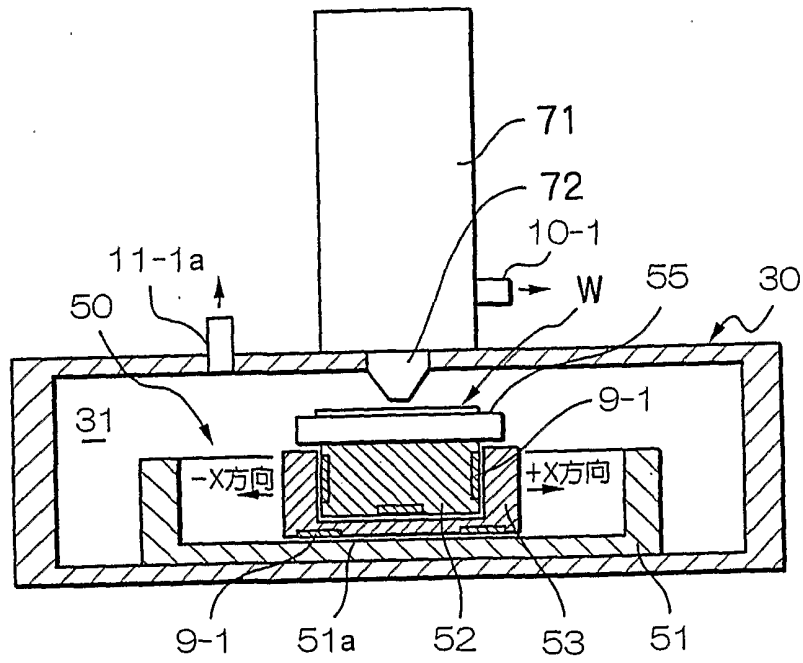


図 14

(A)



(B)

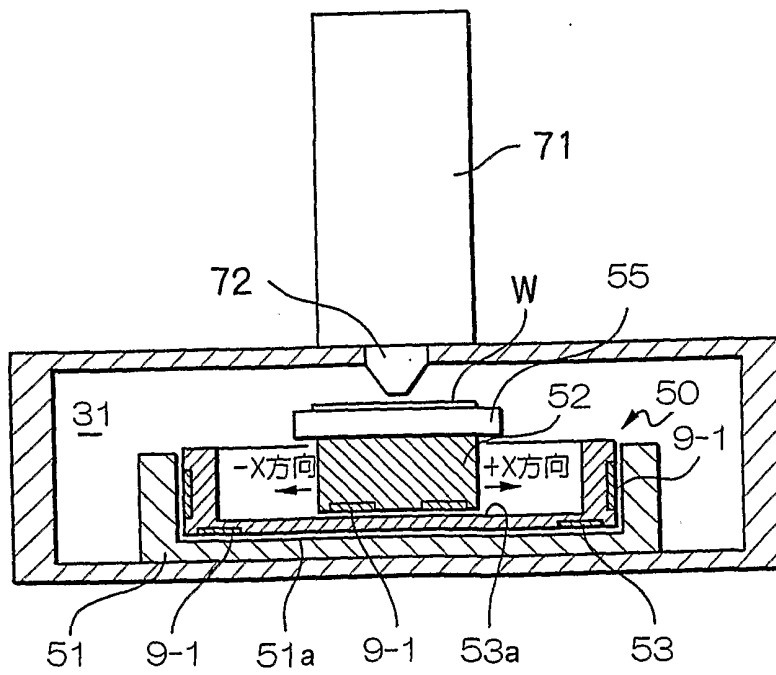


図 15

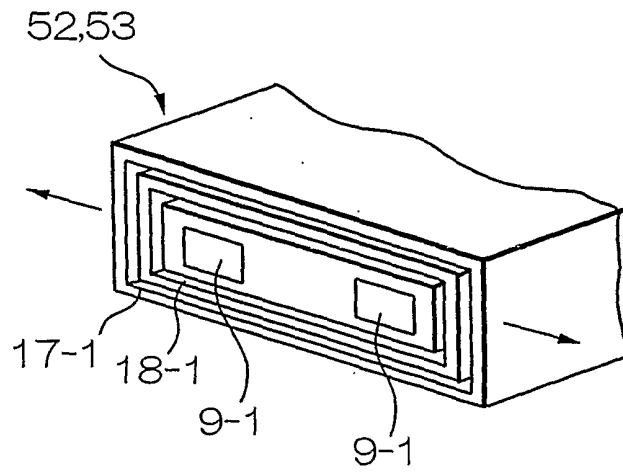
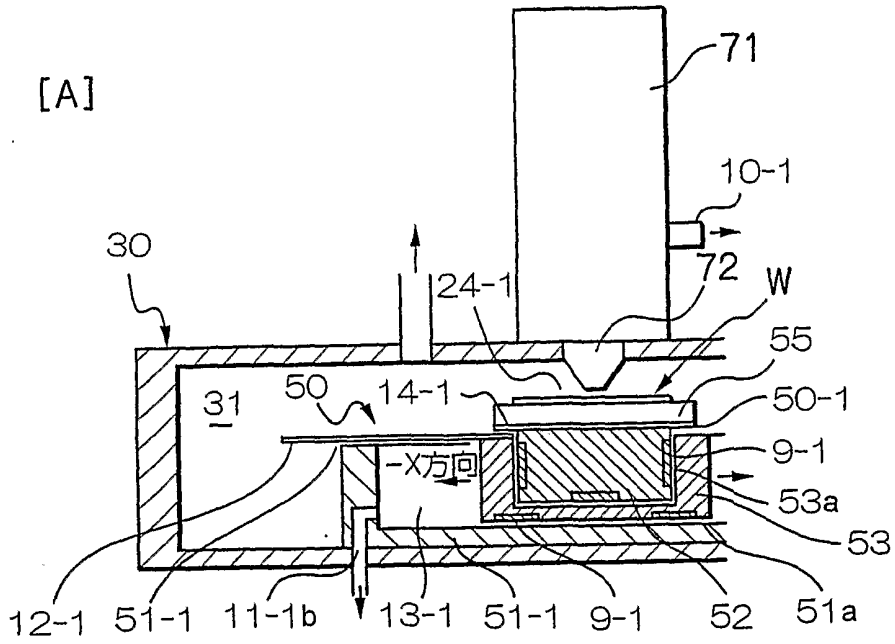


図16



[B]

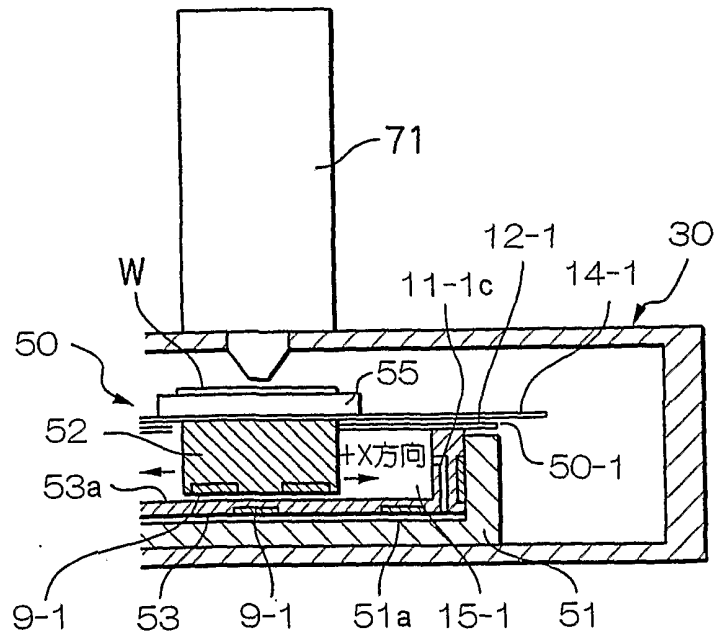


図 17

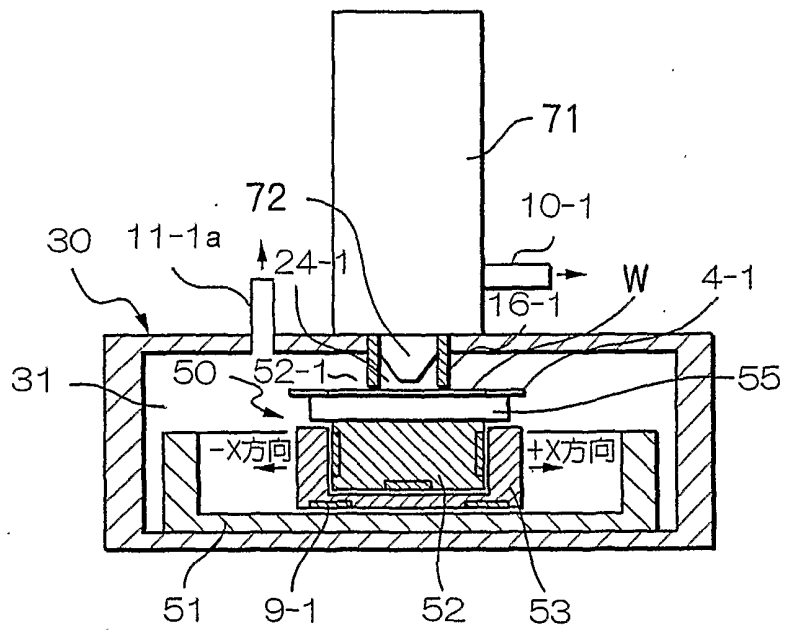


図 18

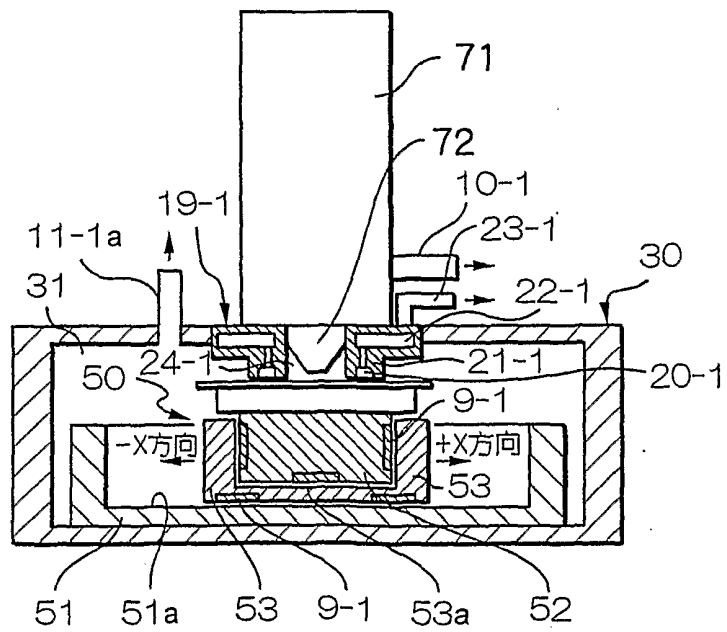


図 19

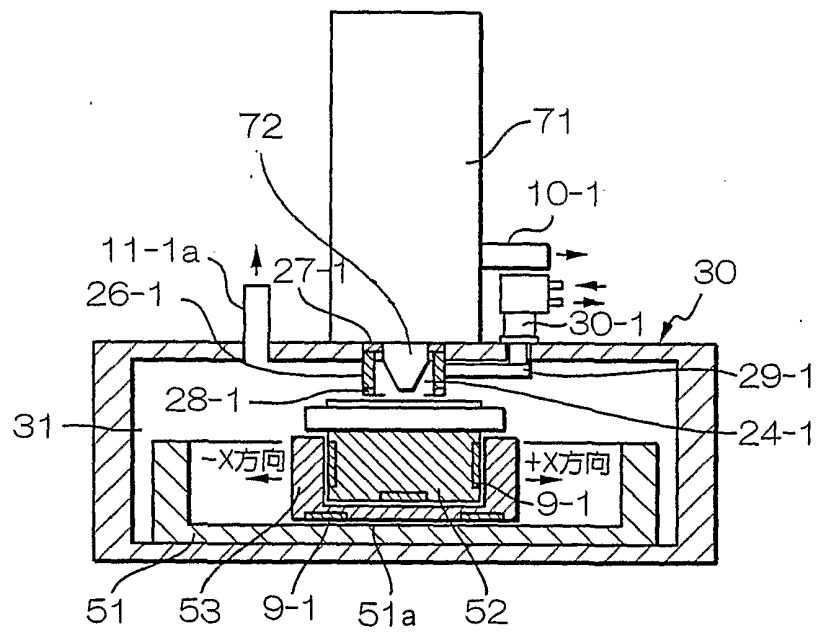


図 20

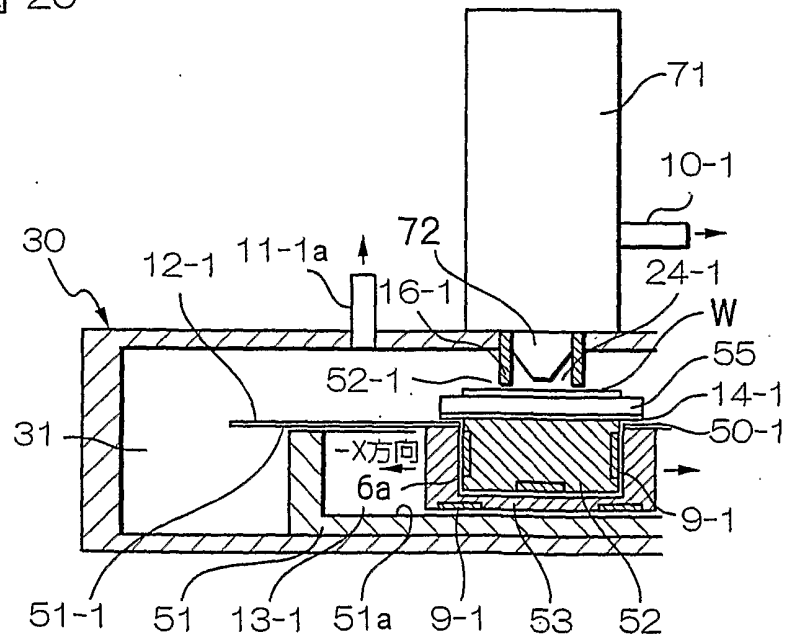


図 21

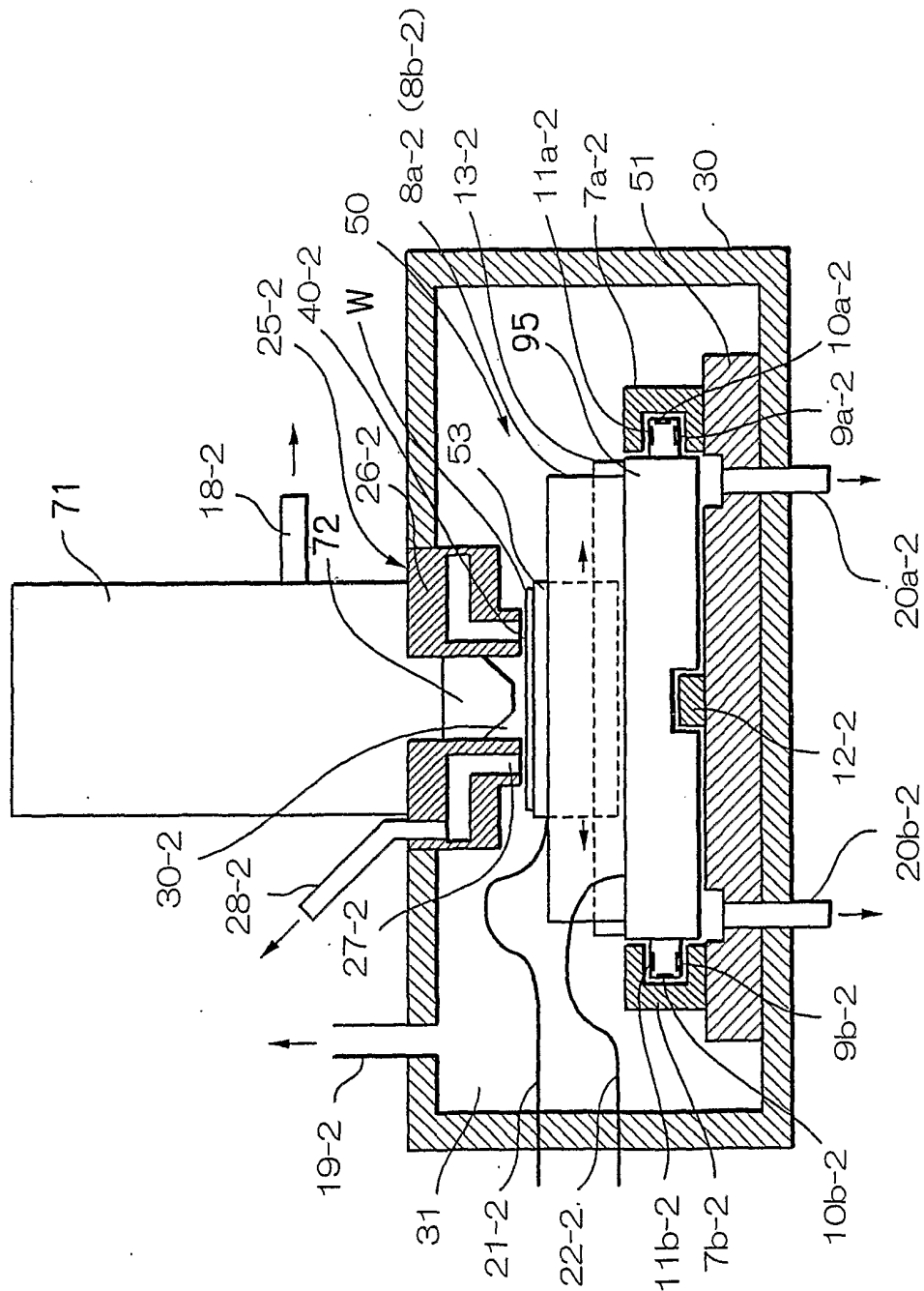


図 22

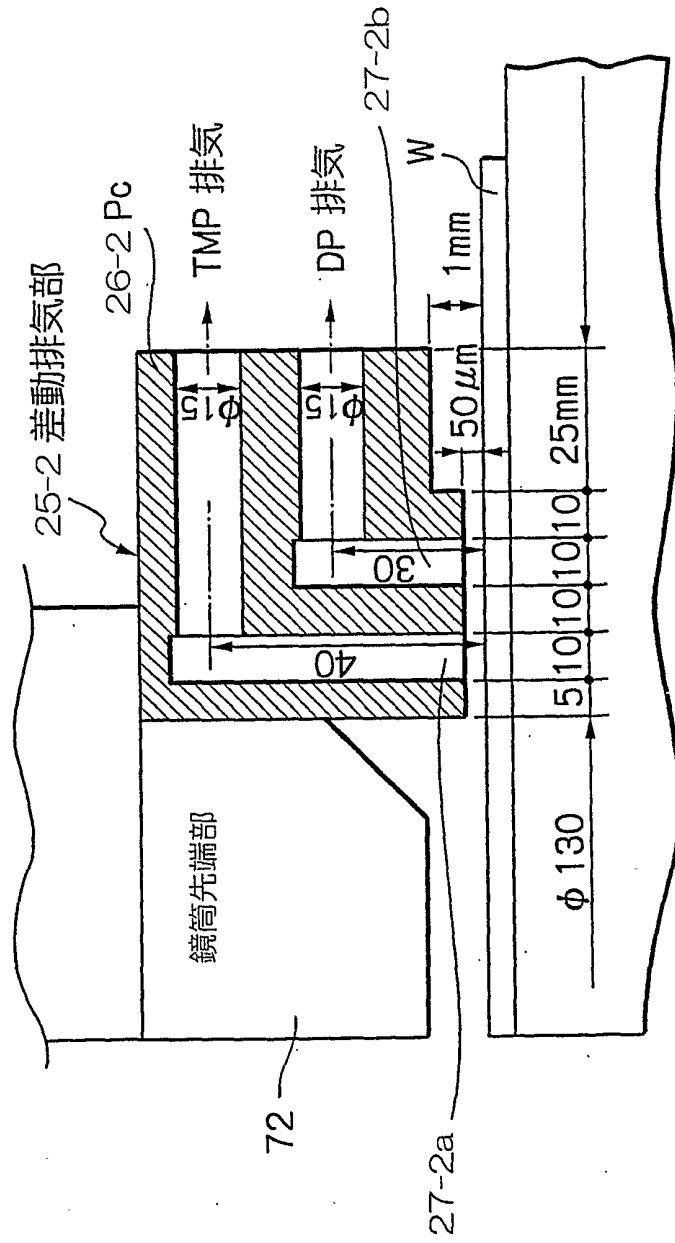


図 23

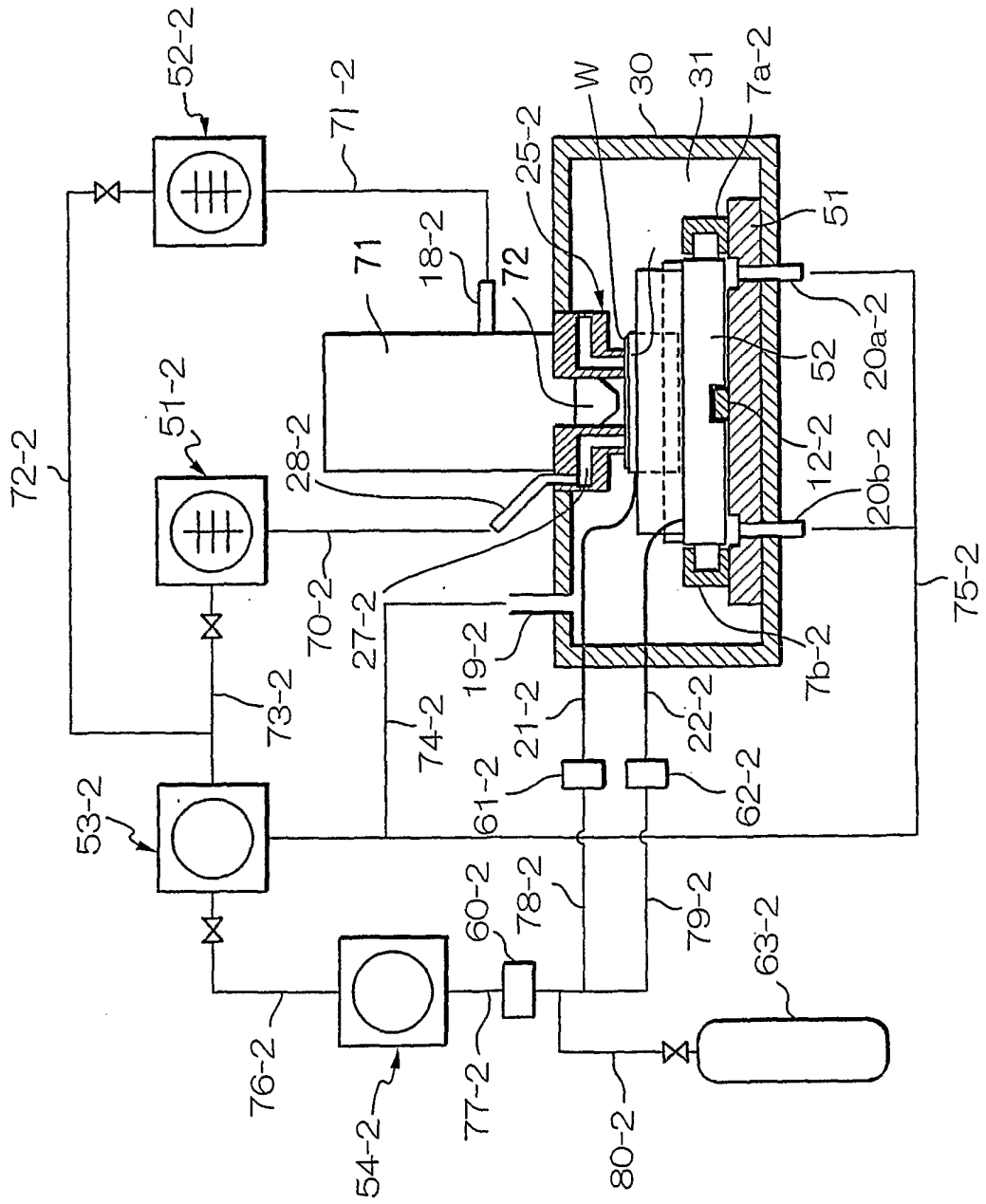


図 24

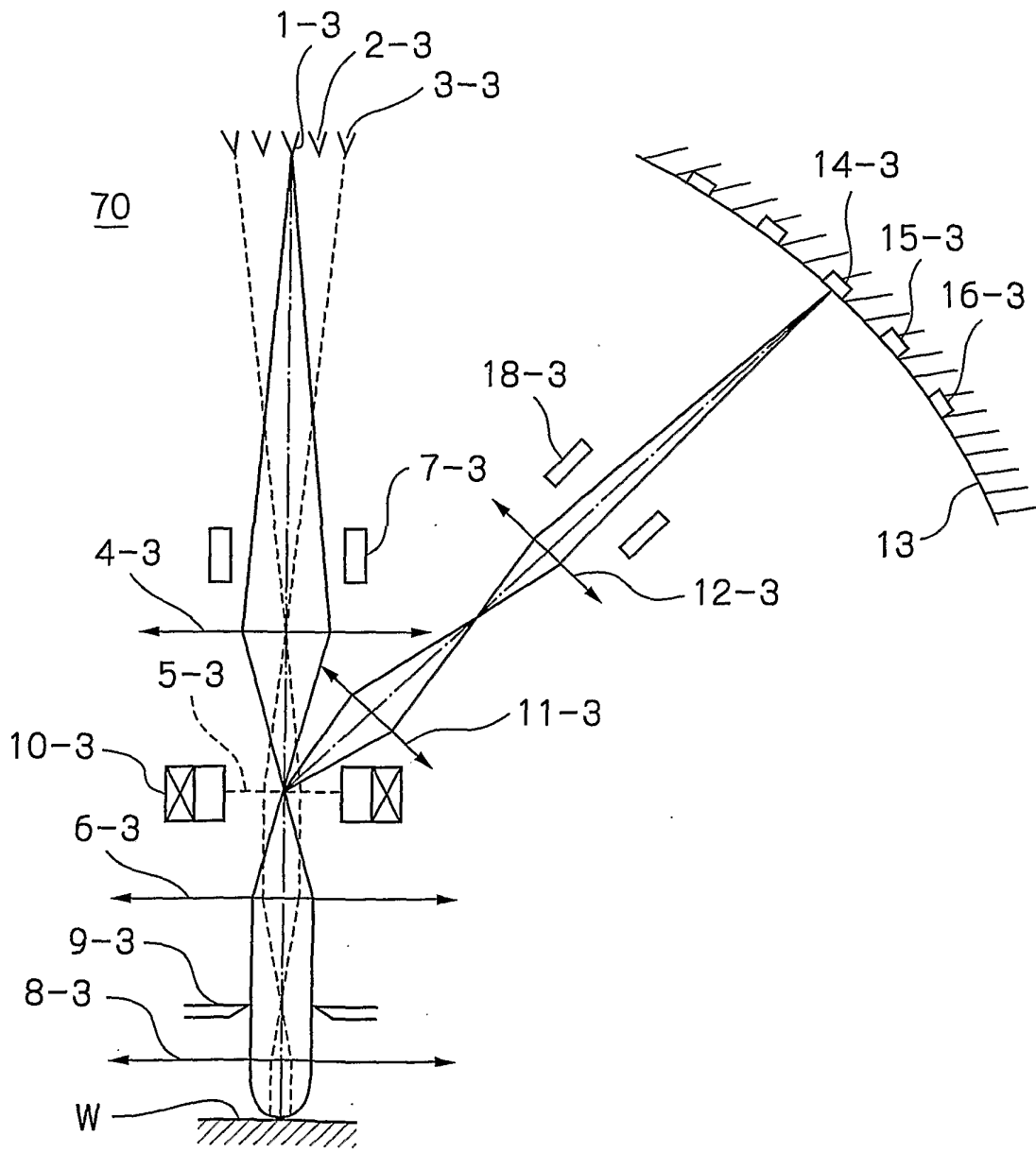


図 25

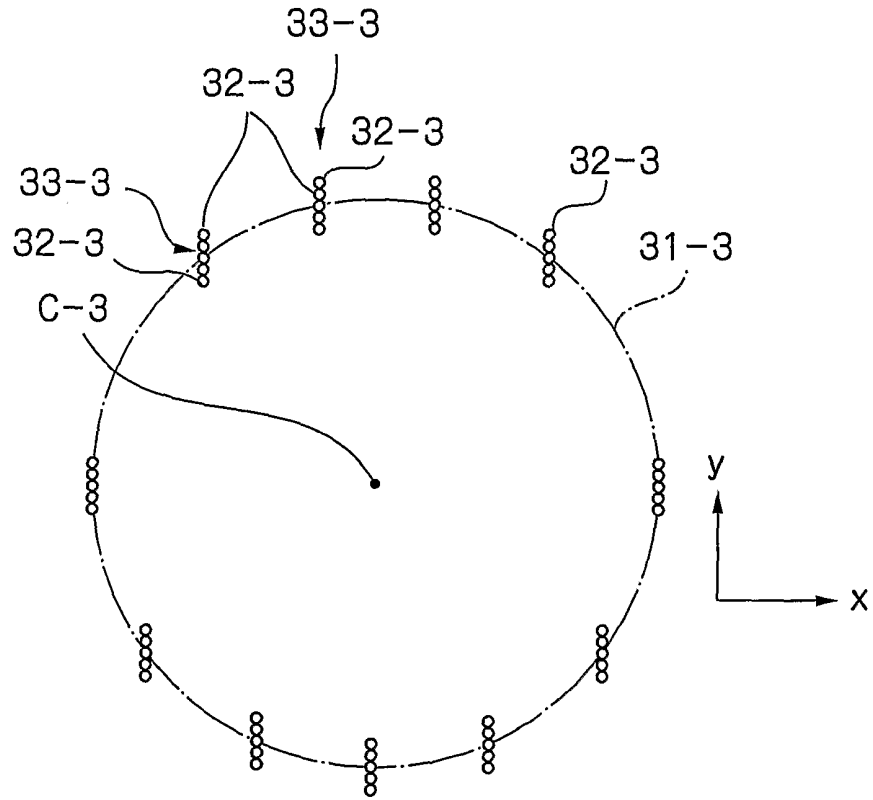


図 26

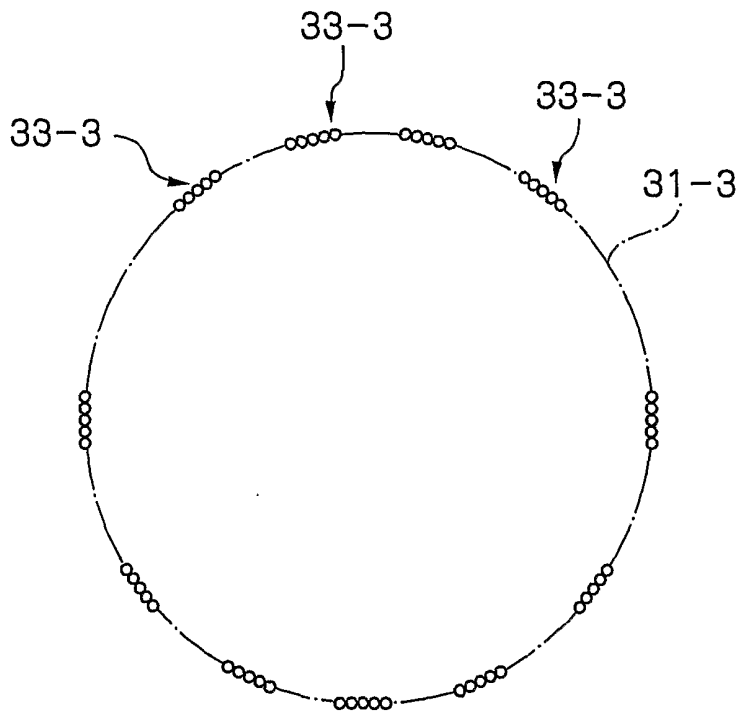


図 27

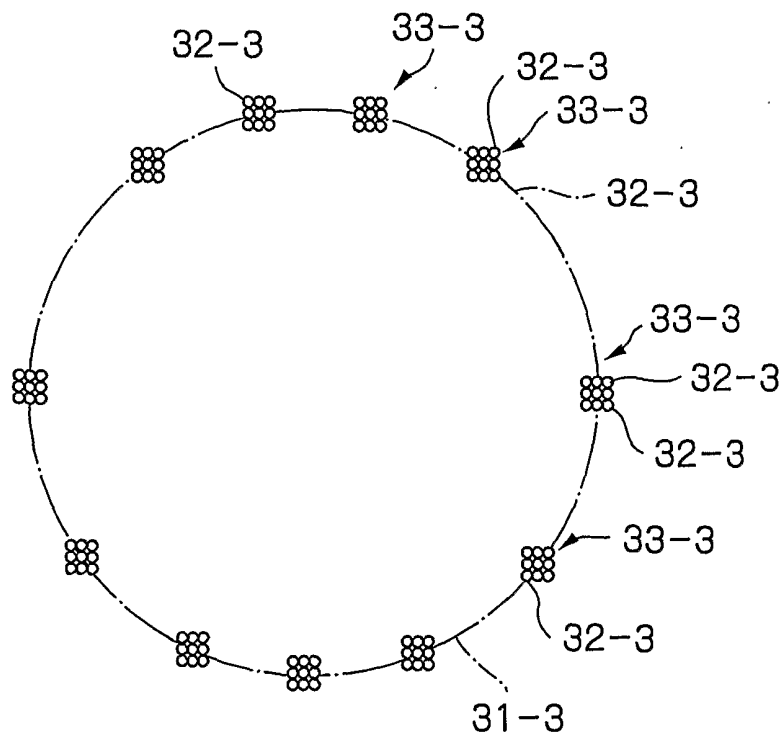


図 28

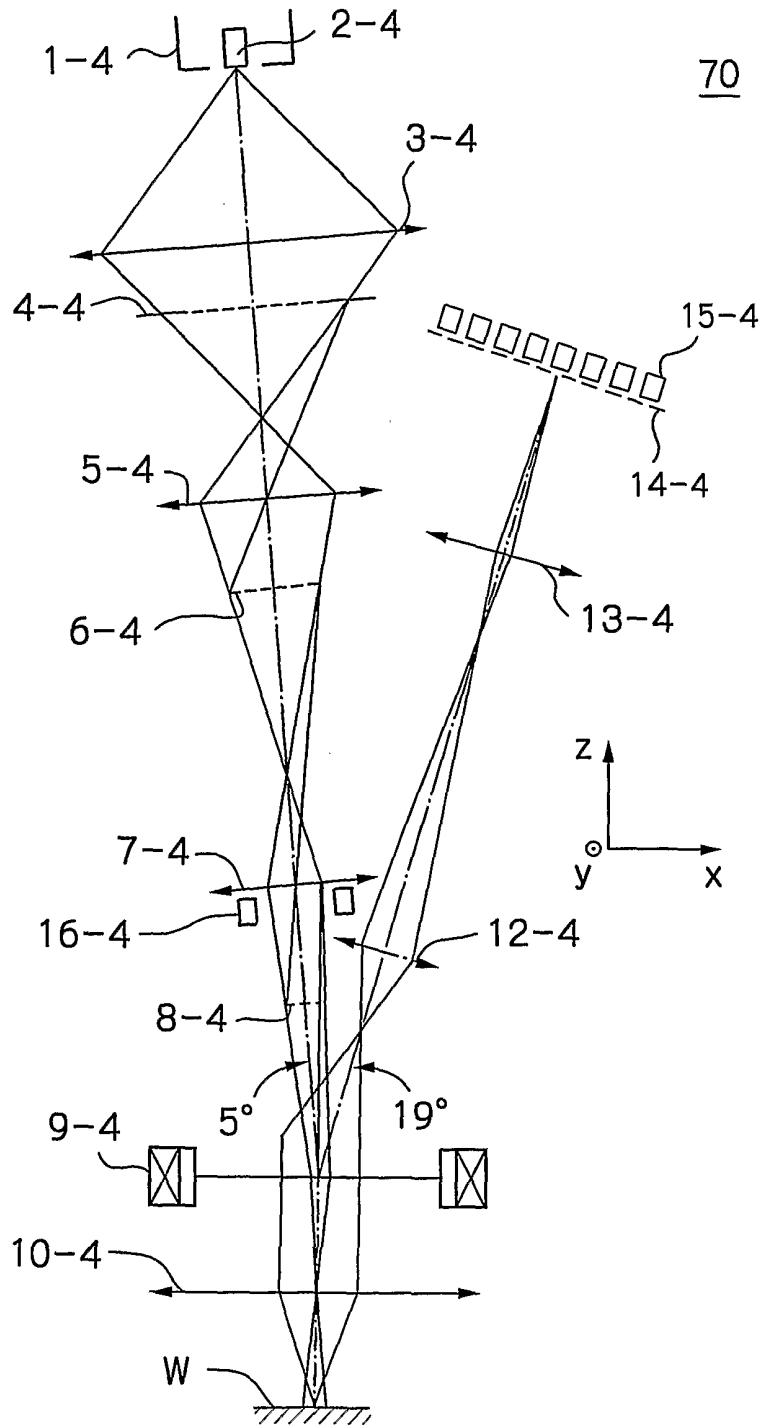


図 29

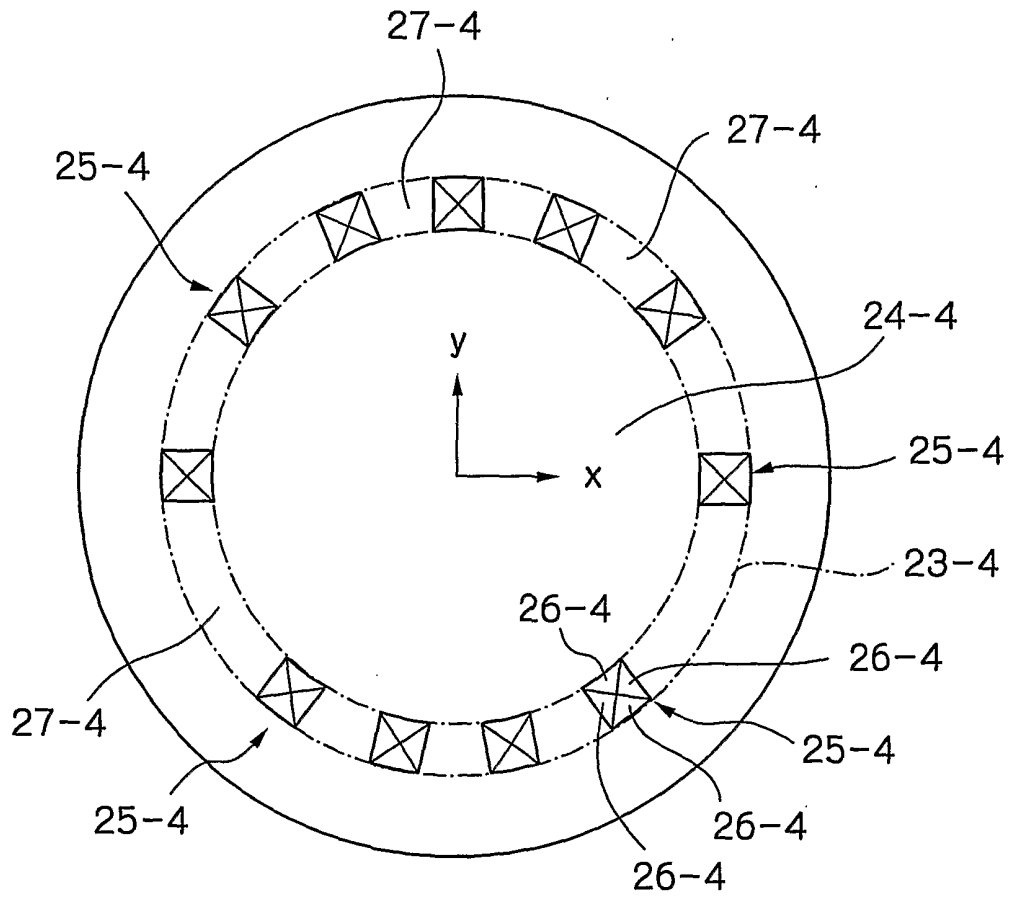


図 30

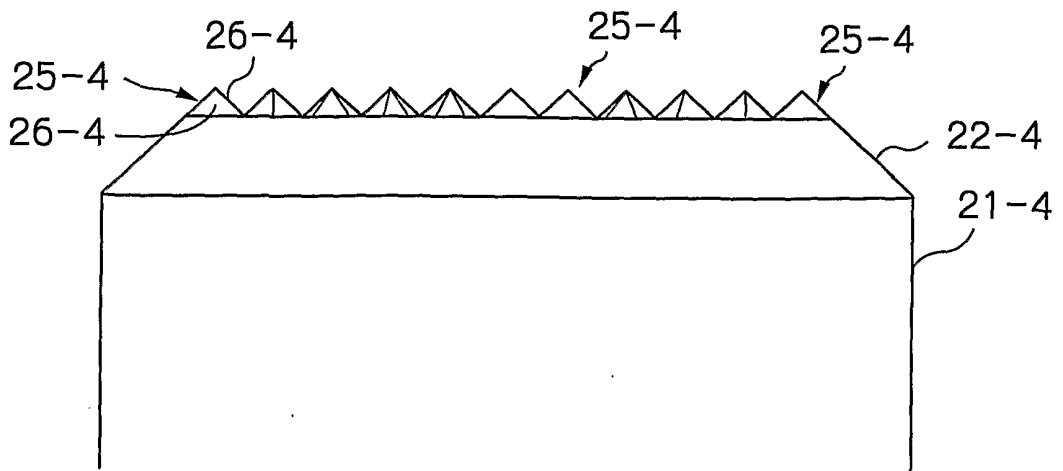


図 31

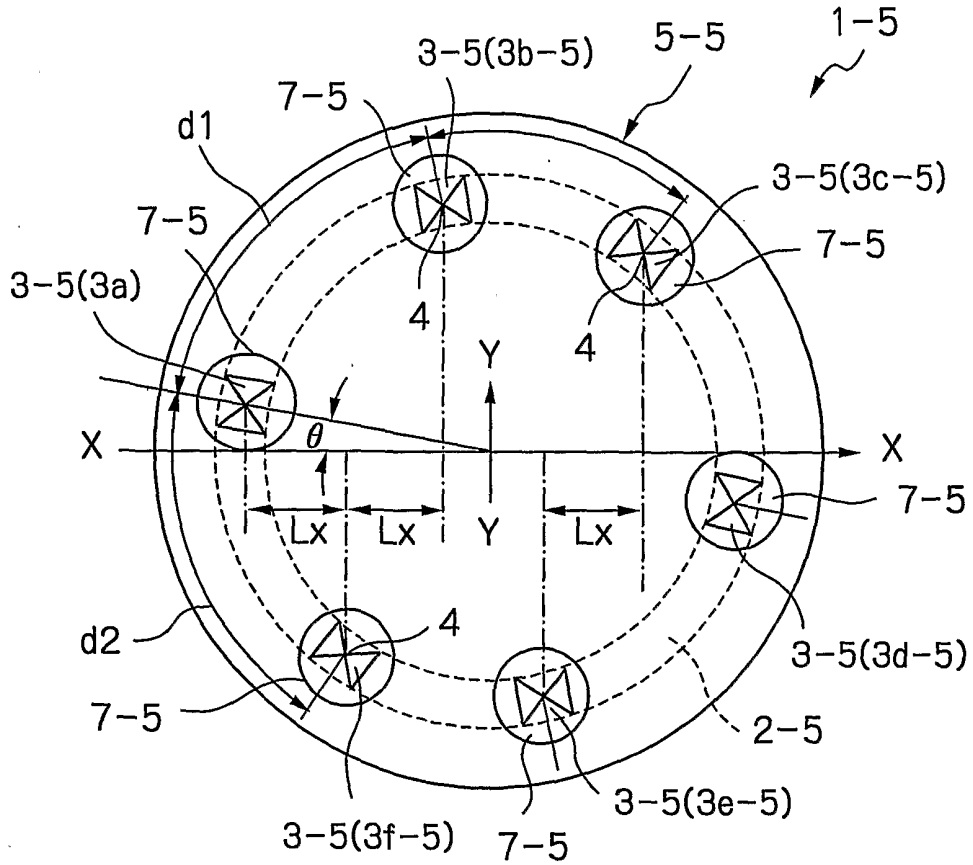


図 32

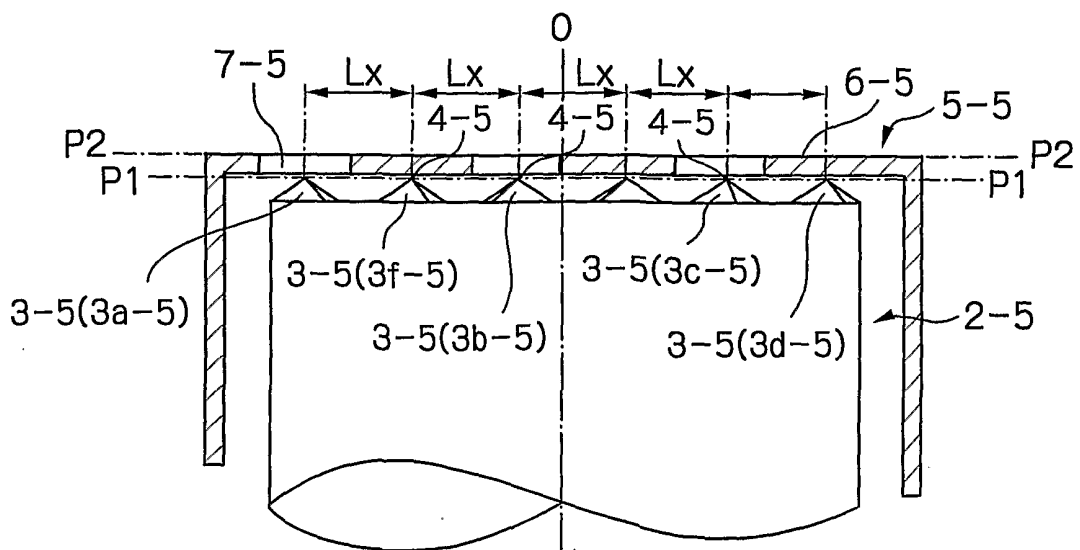


図 33

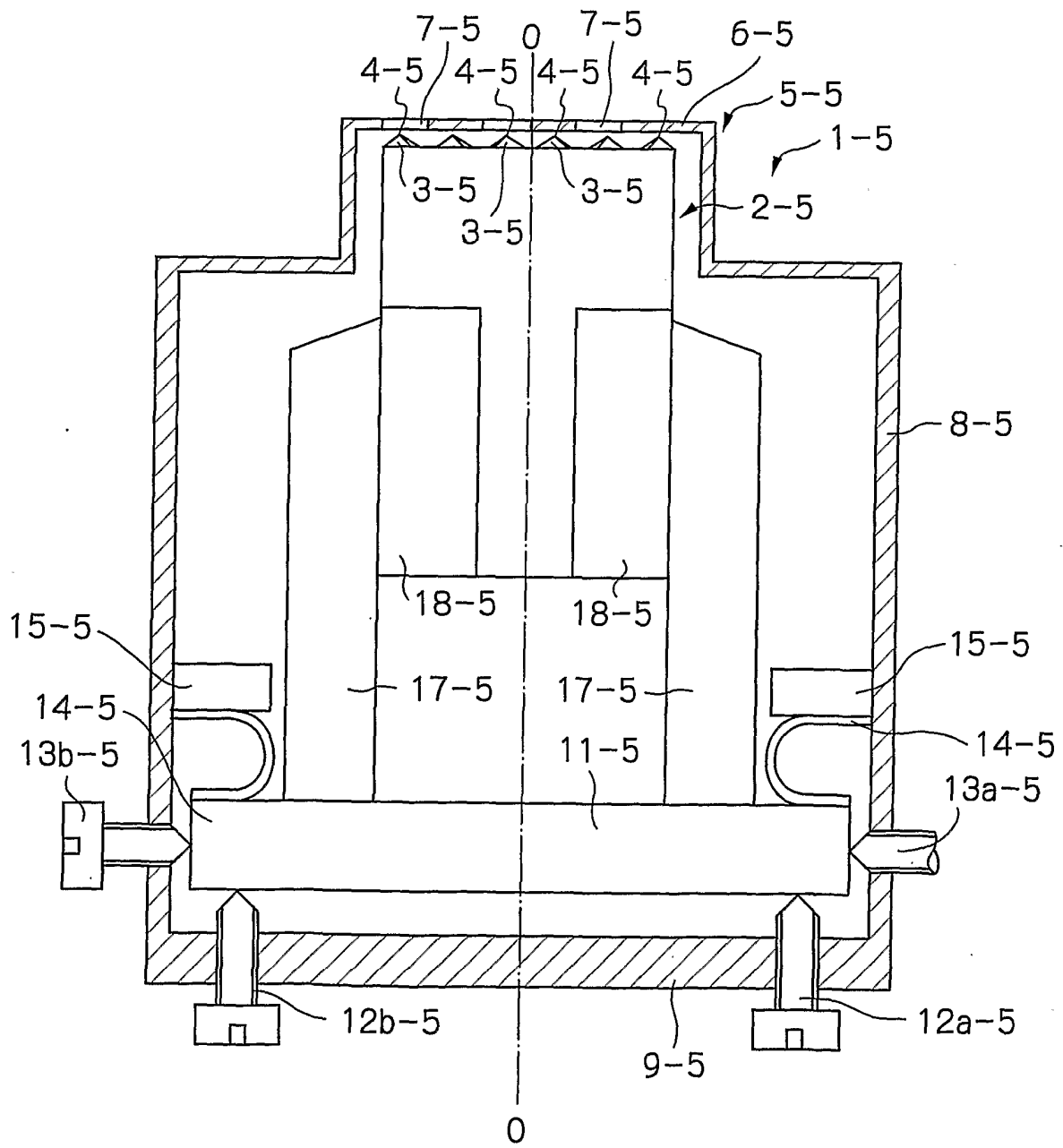
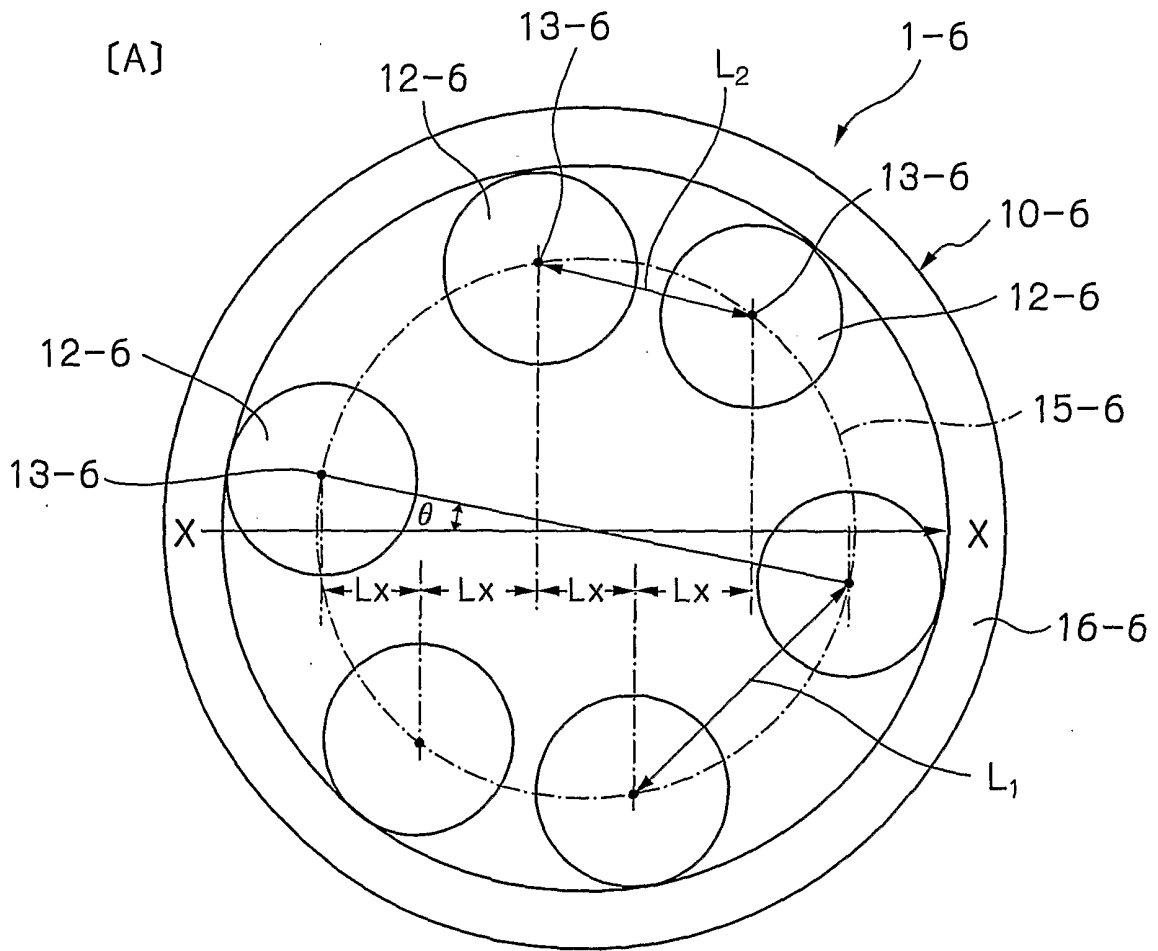


図 34



[B]

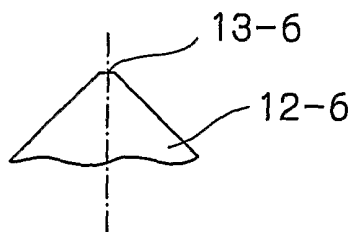


図 35

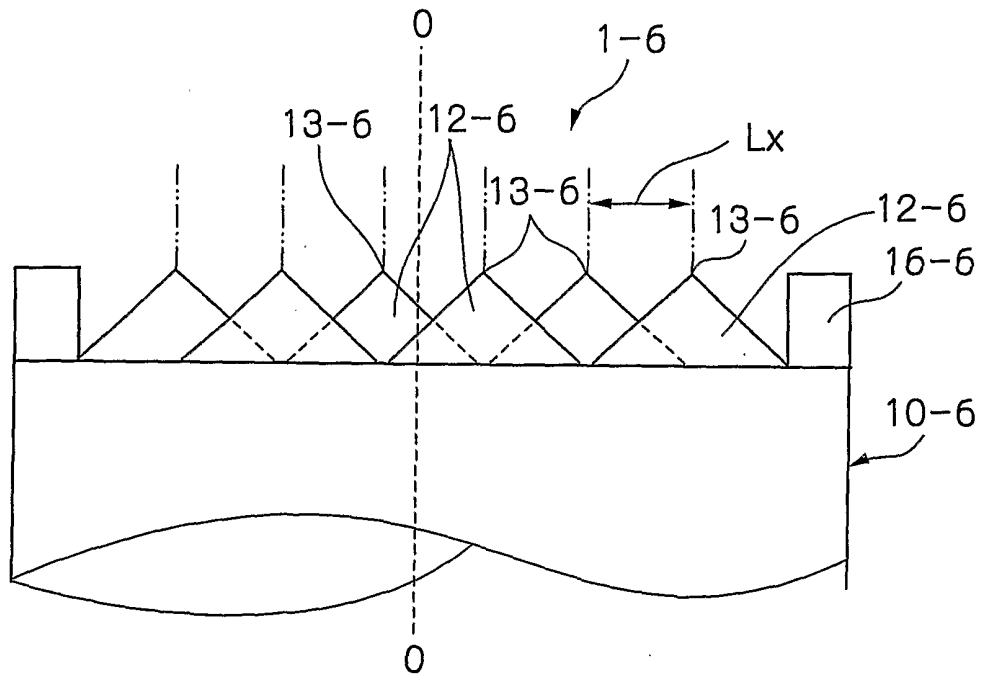


図 36

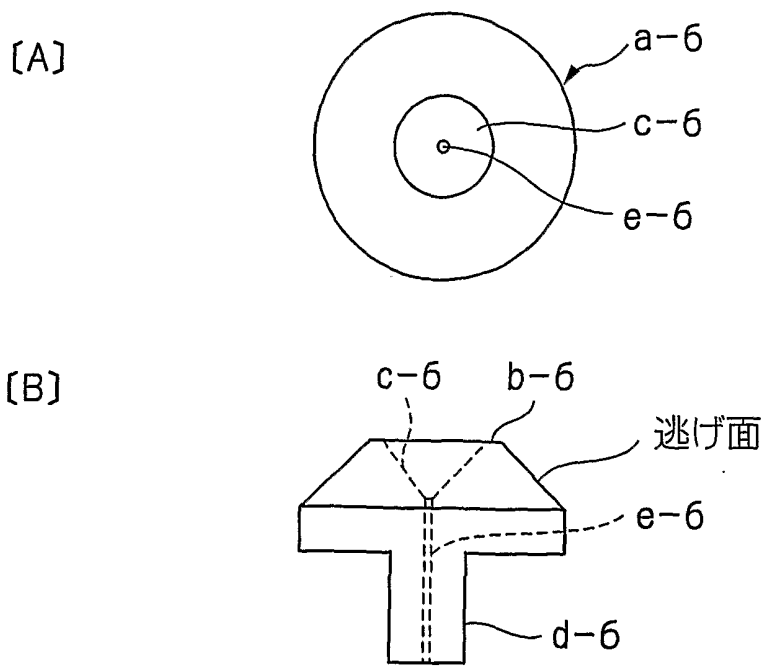


図 37

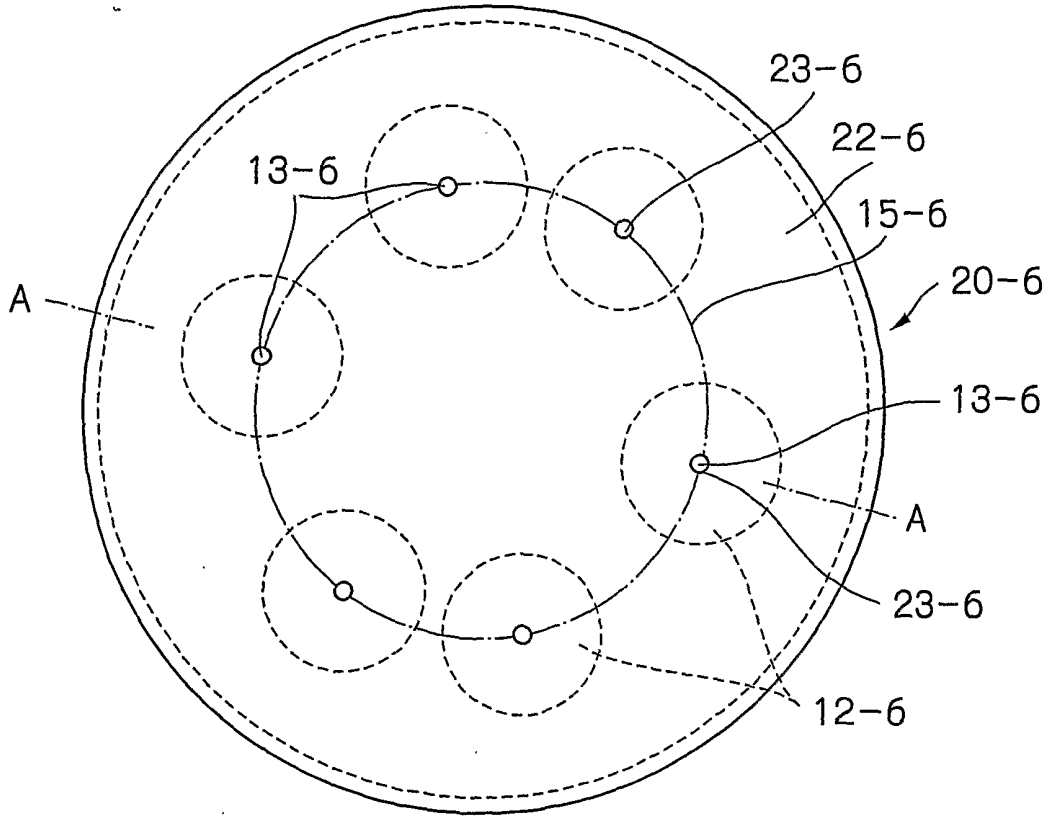


図 38

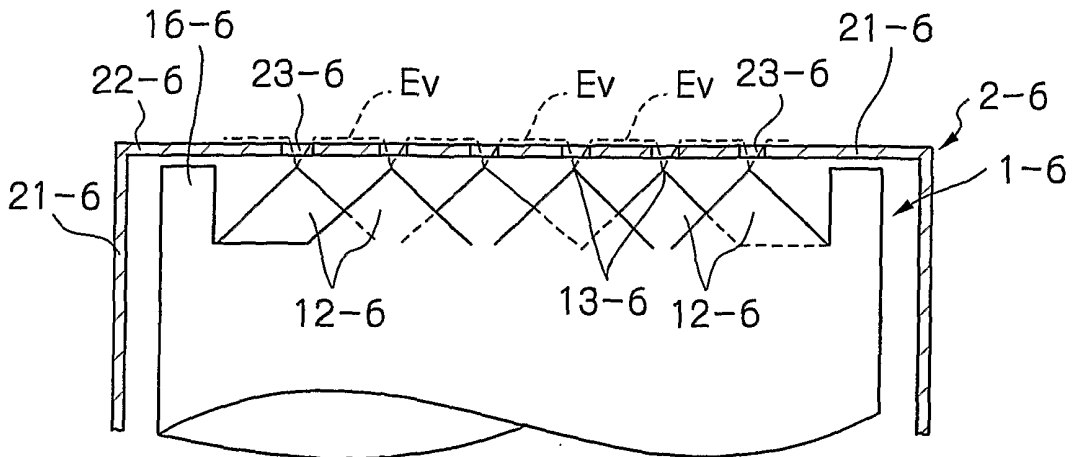
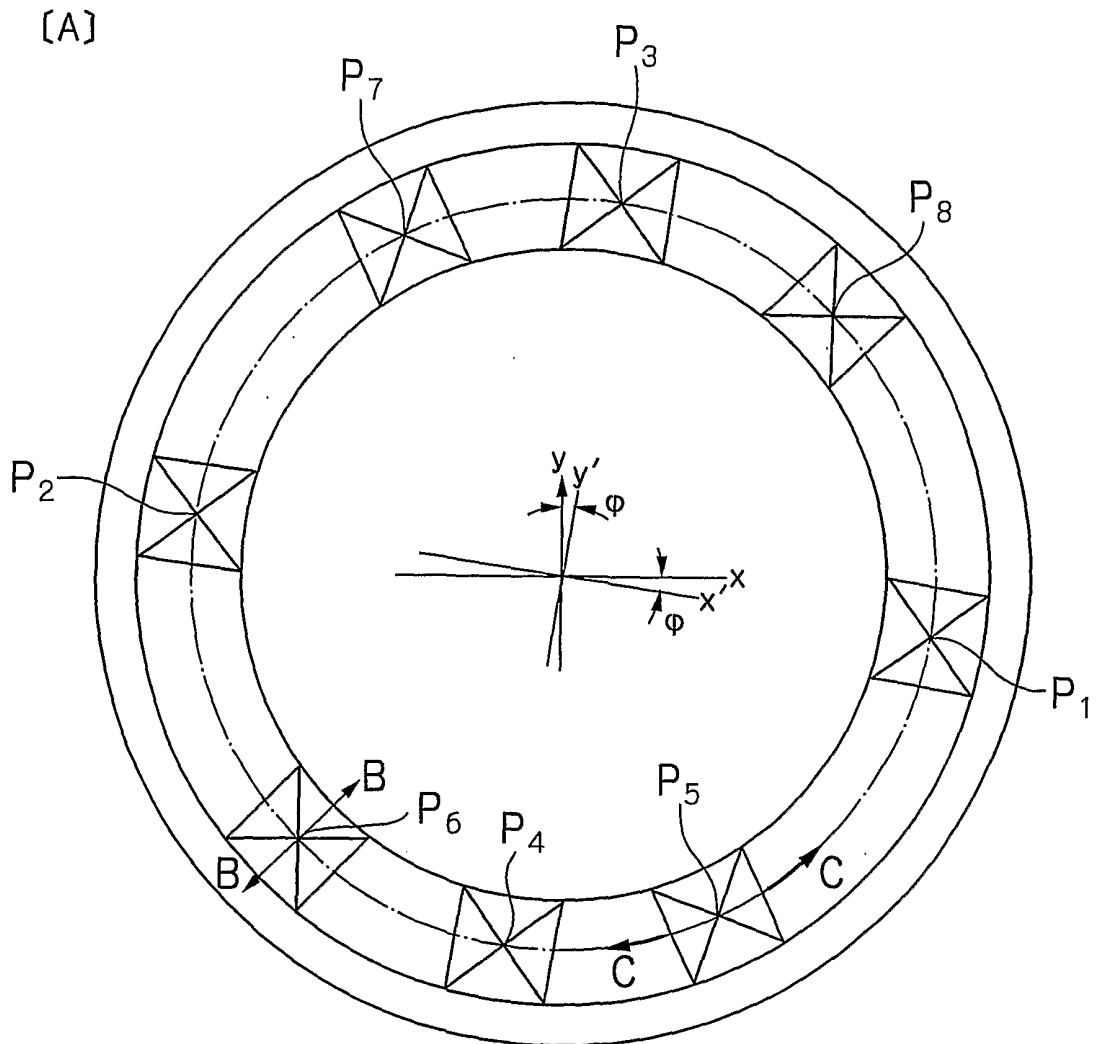
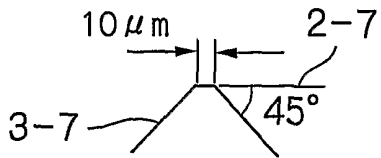


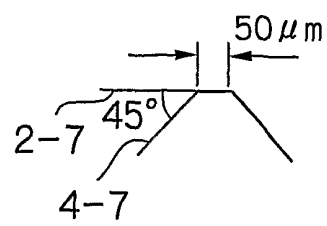
図 39



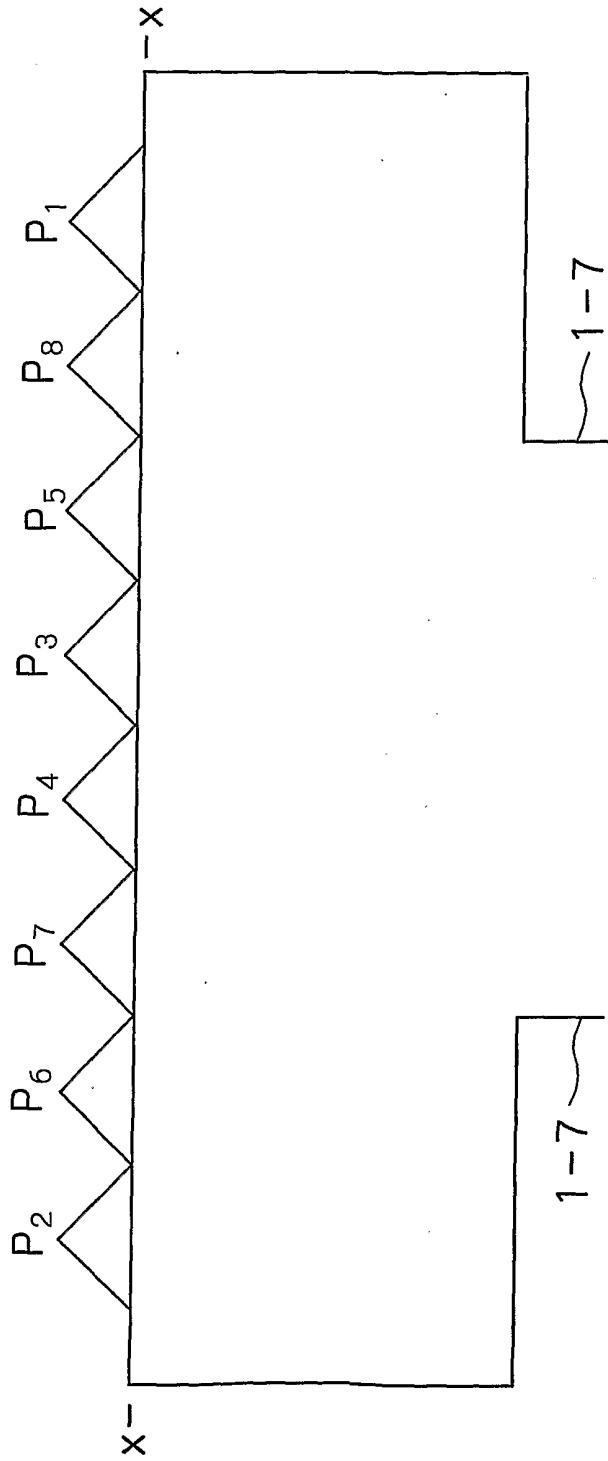
[B]



[C]



☒ 40



☒ 41

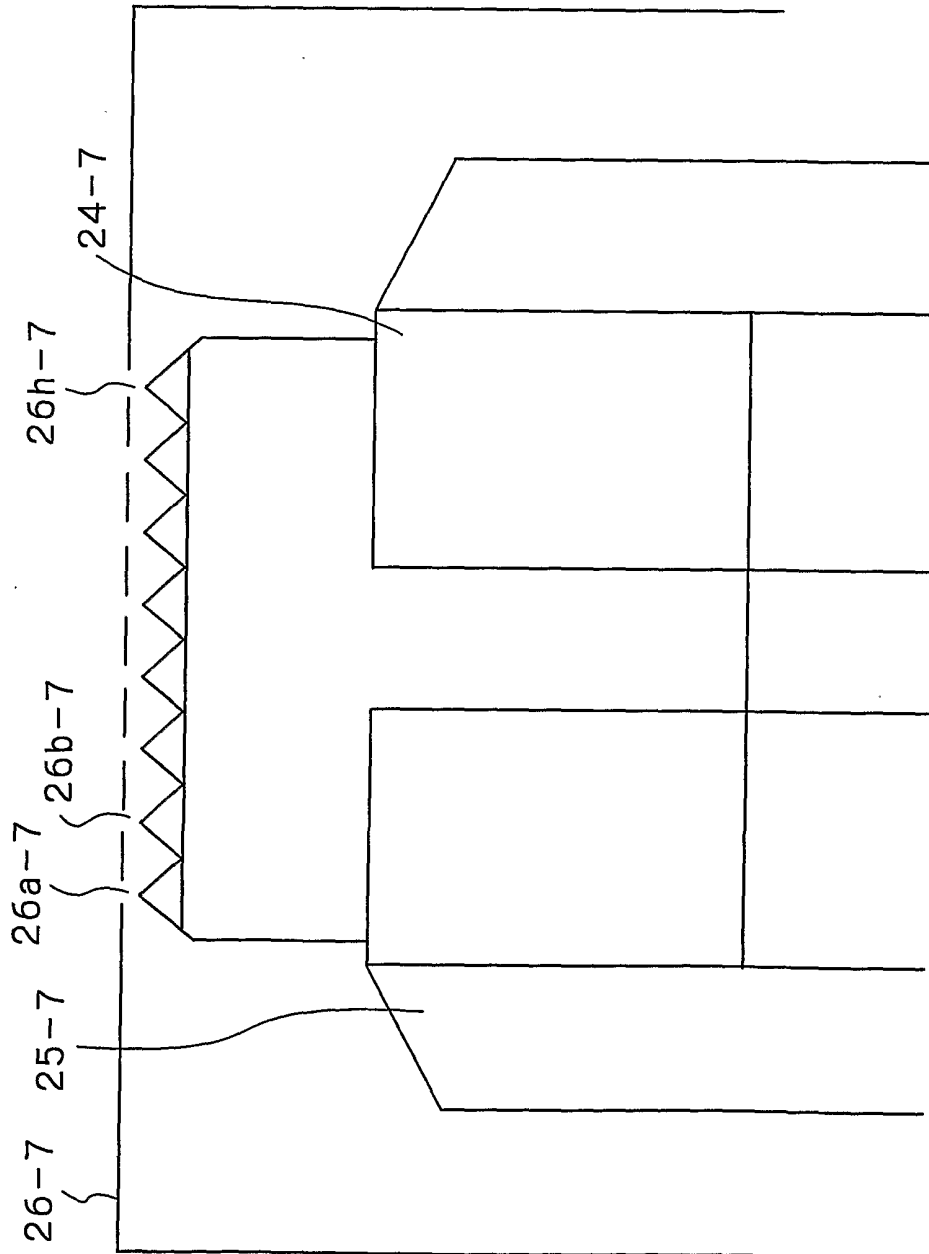
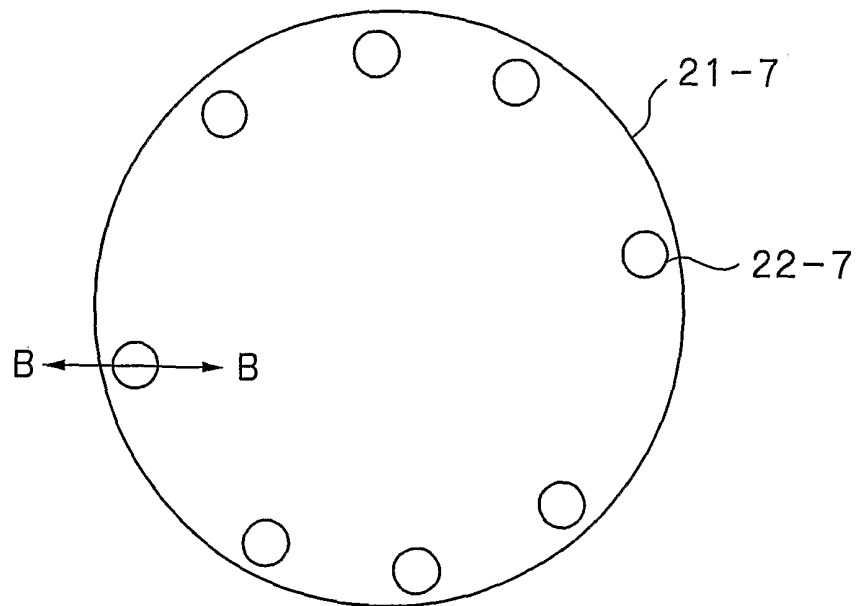


図 42

[A]



[B]

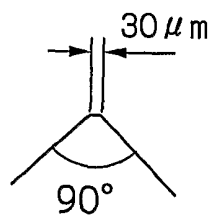


図 43

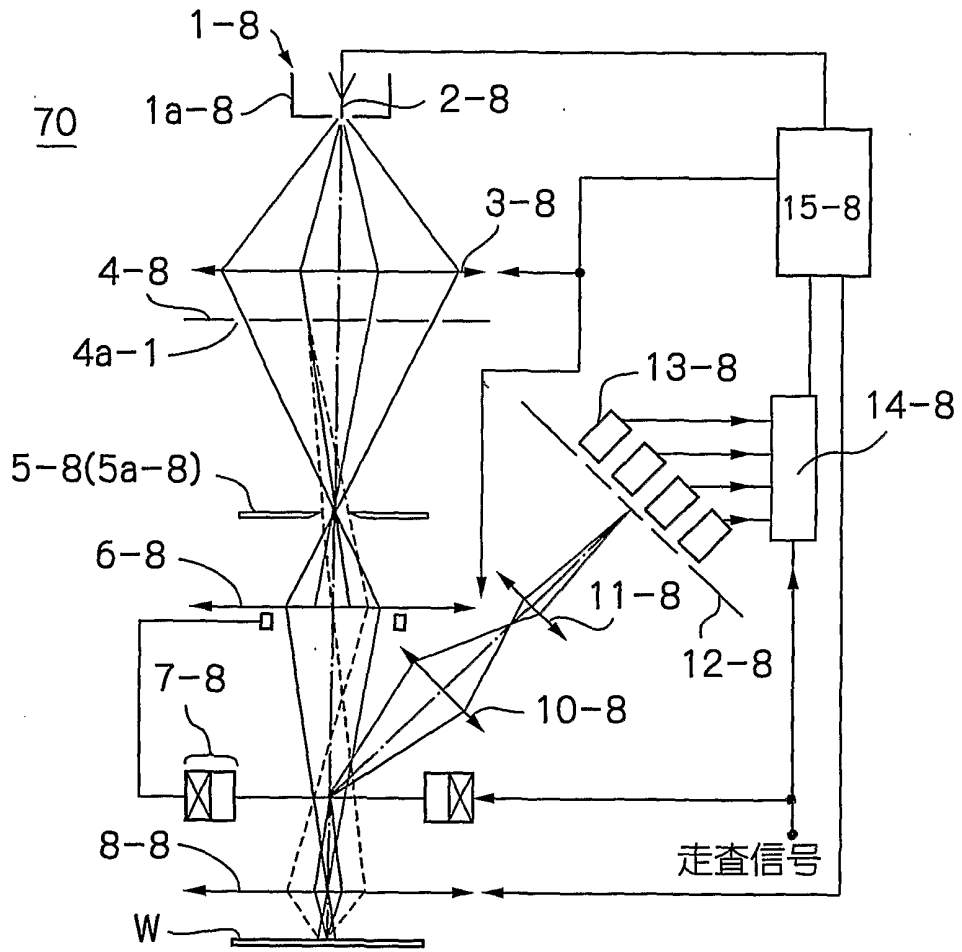


図 44

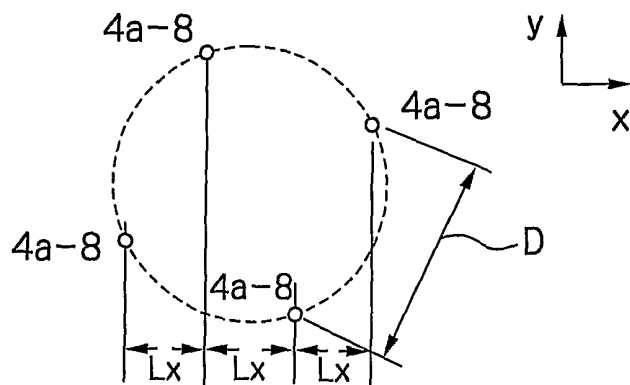


図 45

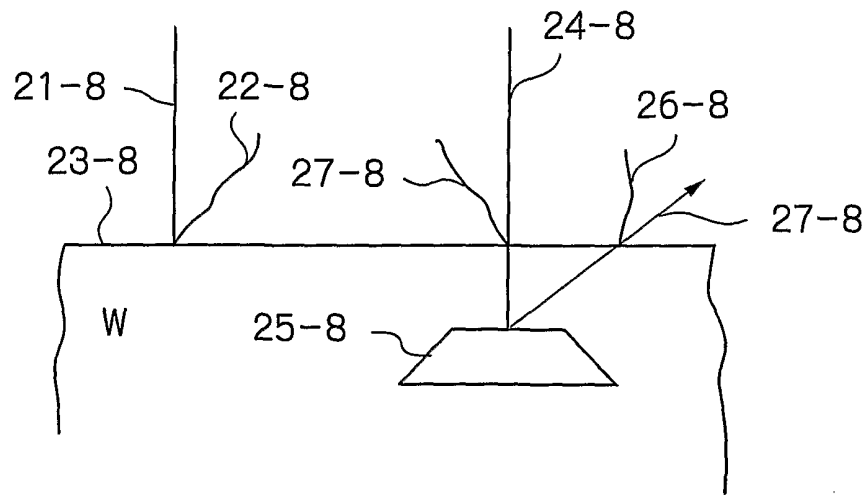


図 46

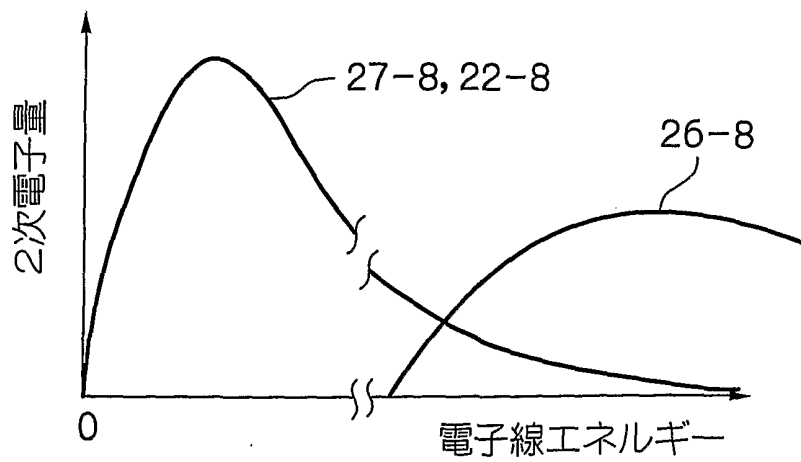


図 47

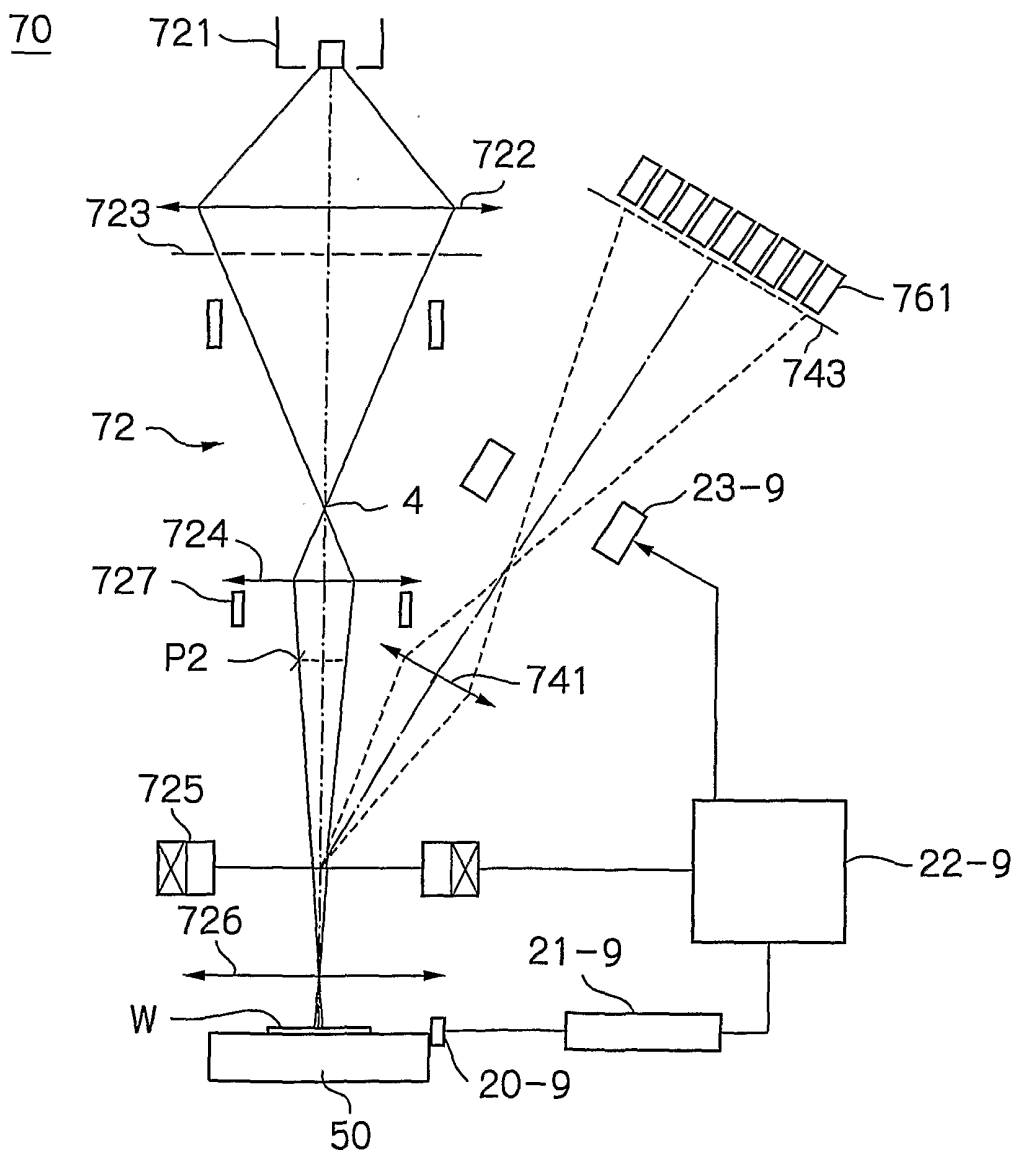
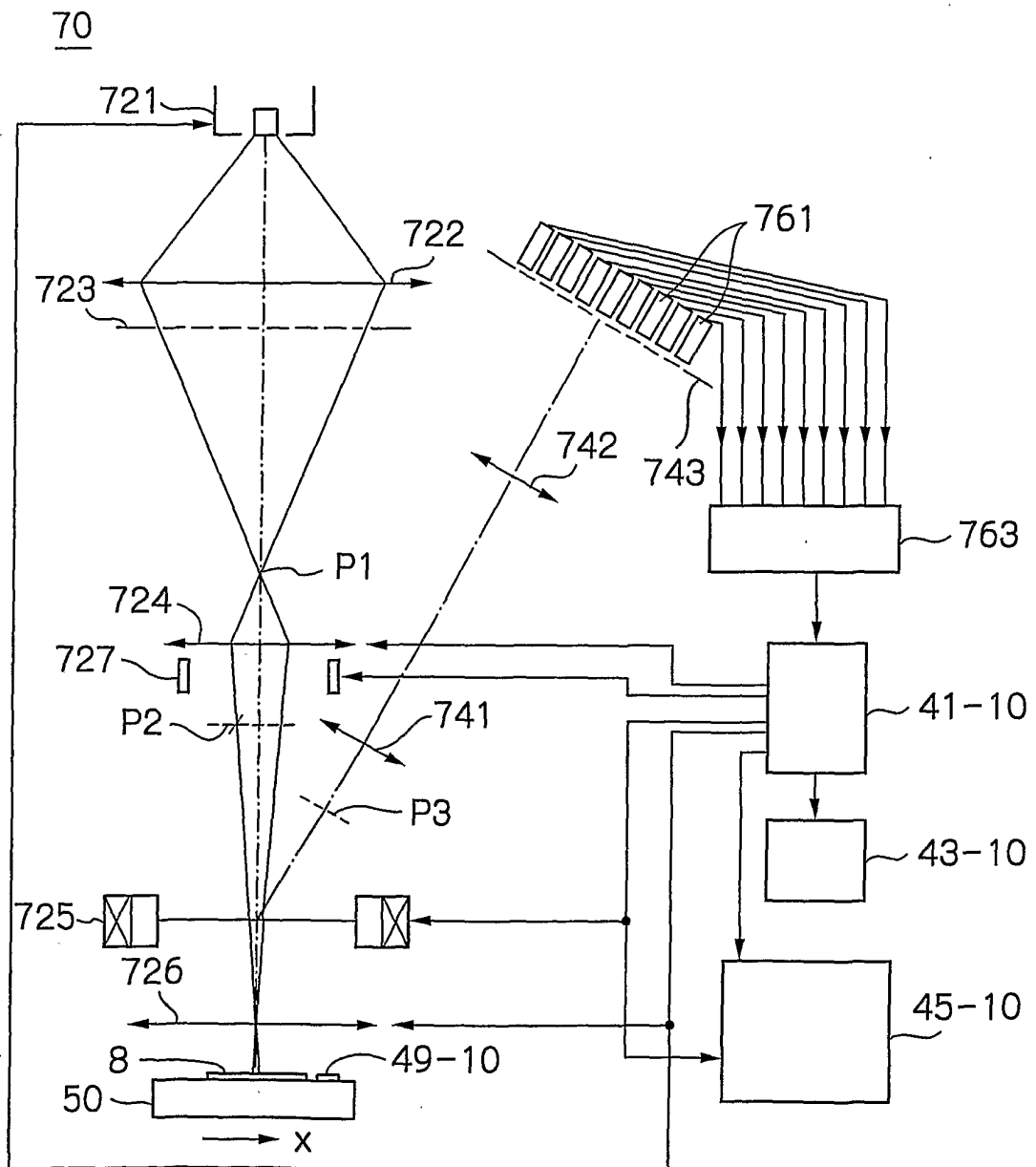


図 48



☒ 49

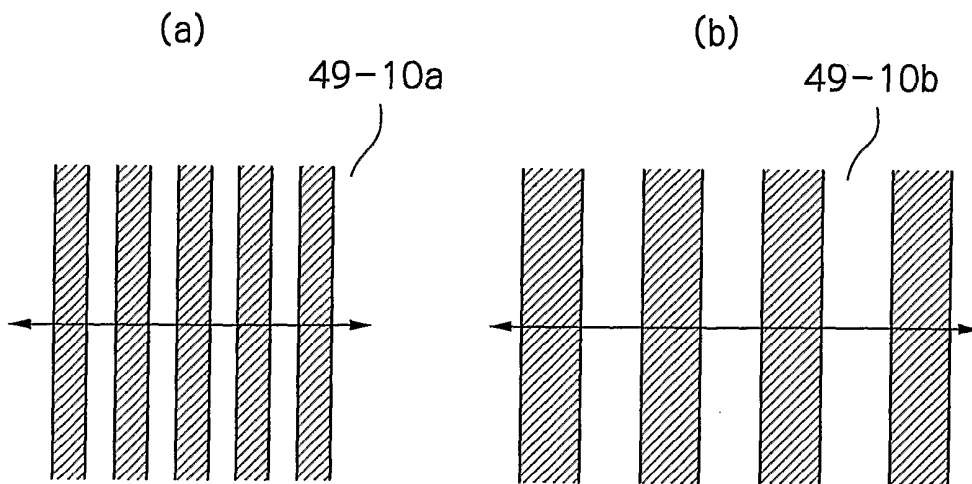


図 50

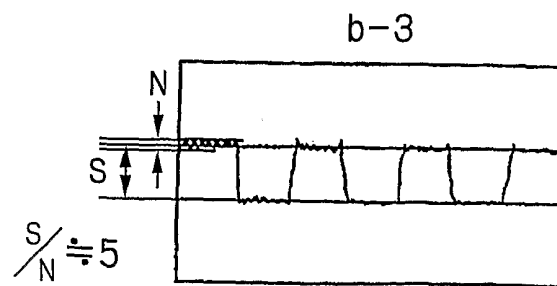
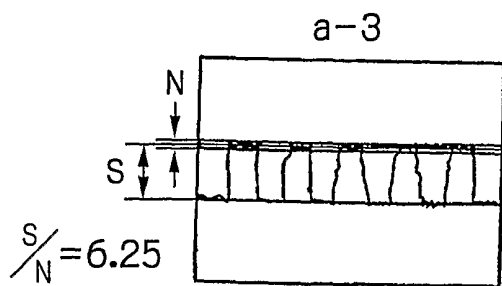
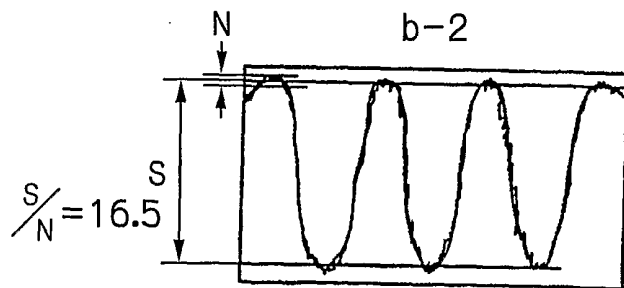
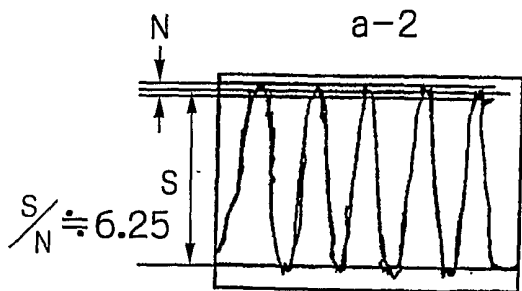
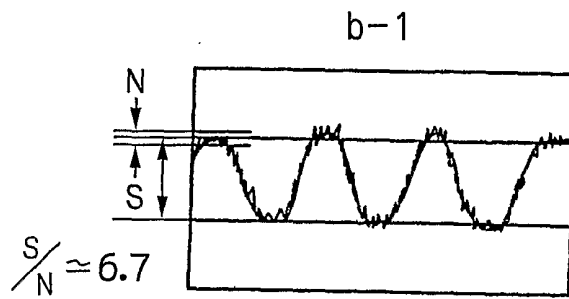
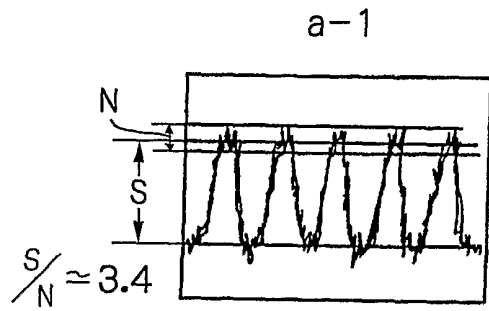


図 52

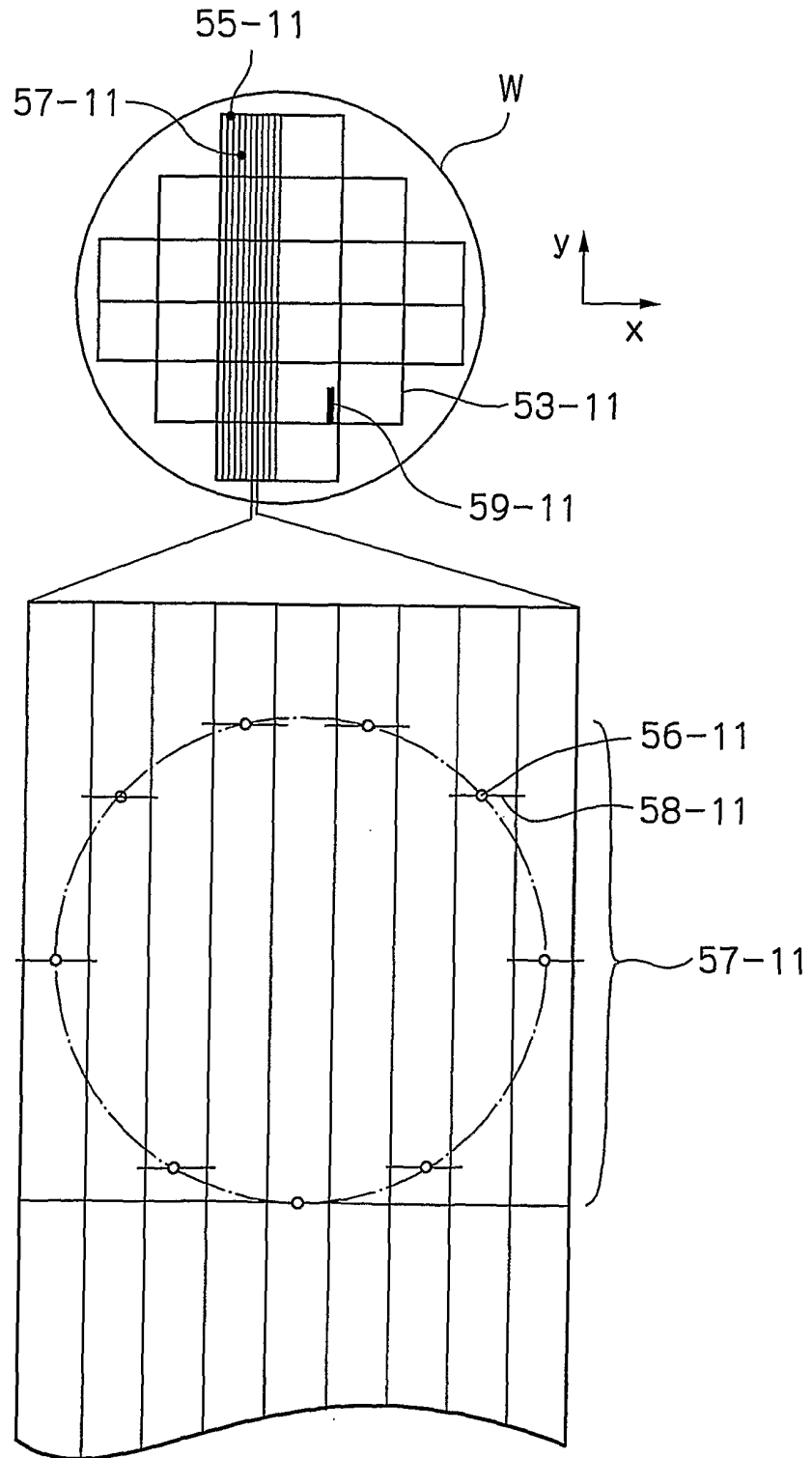


図 53

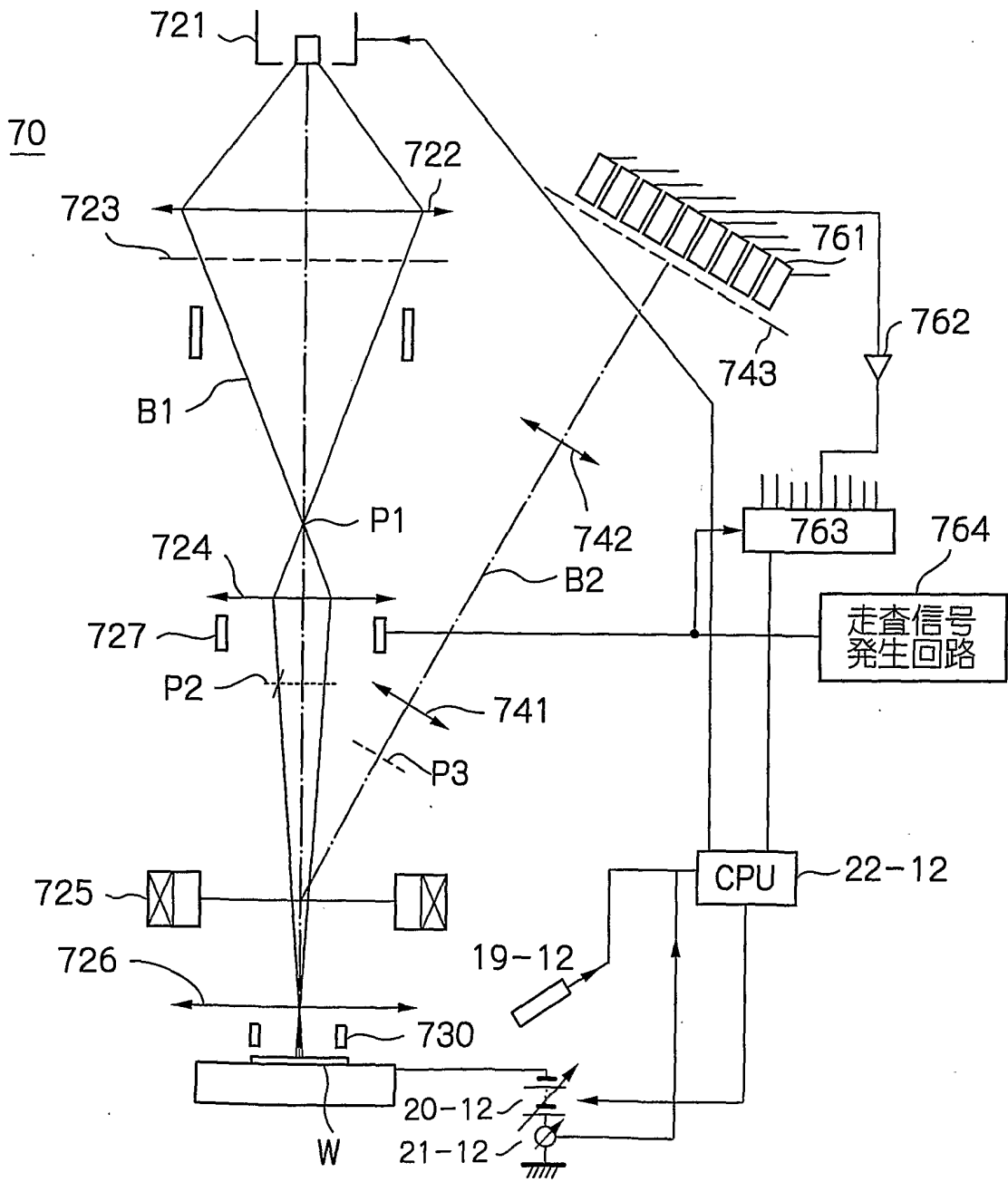


図 54

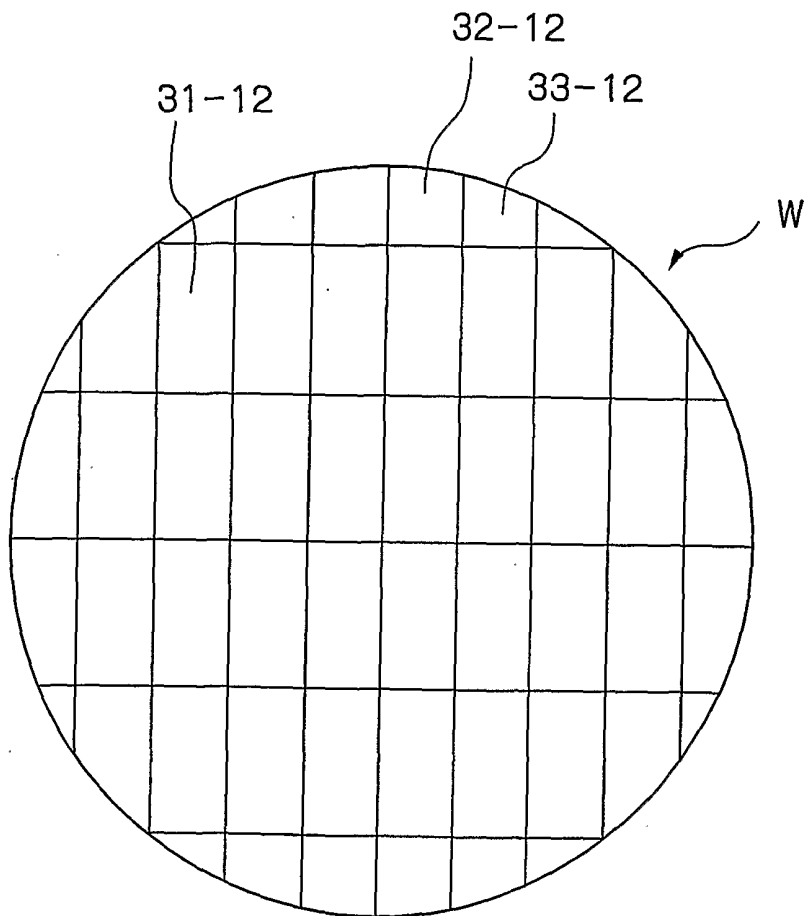


図 55

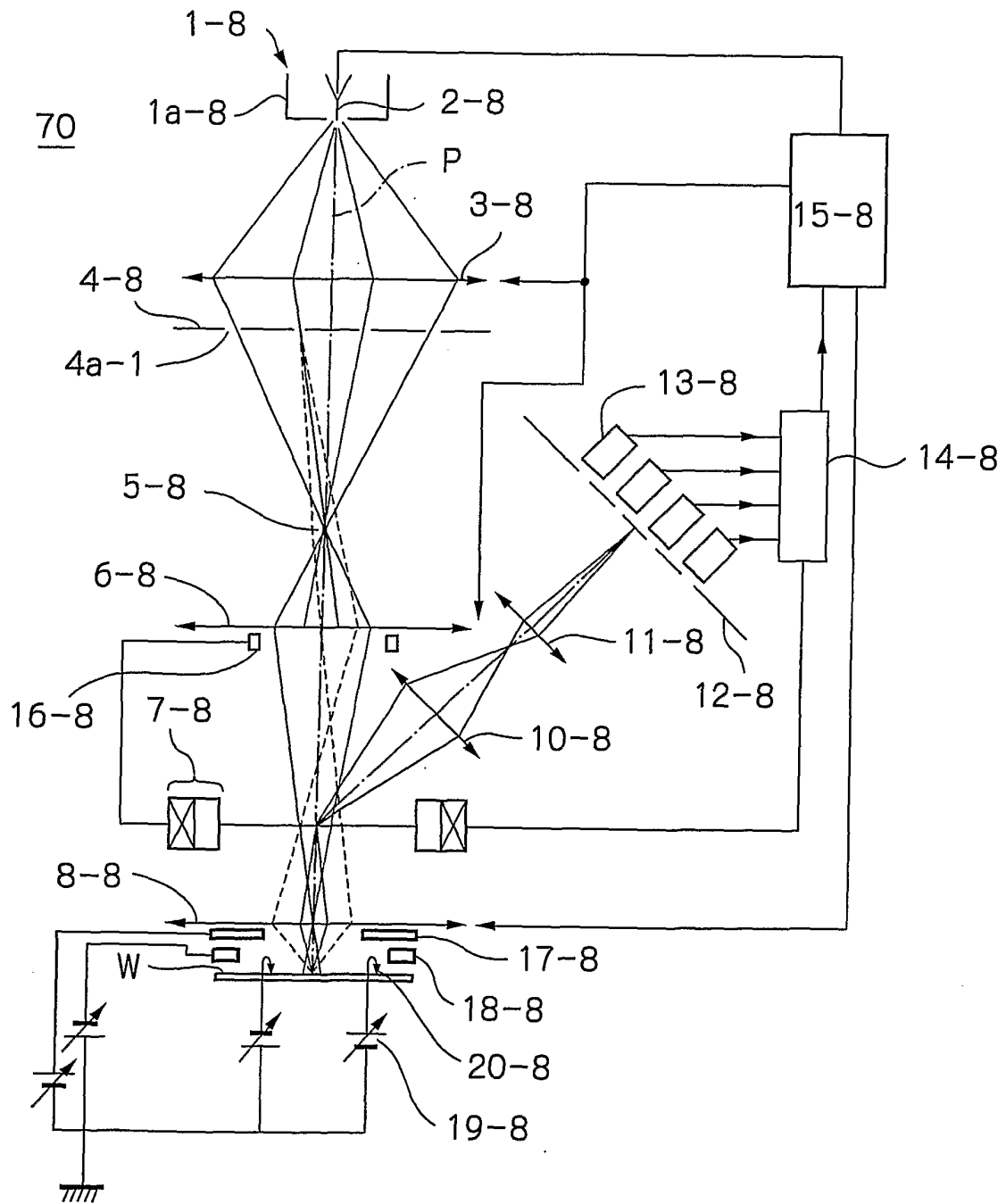


図 56

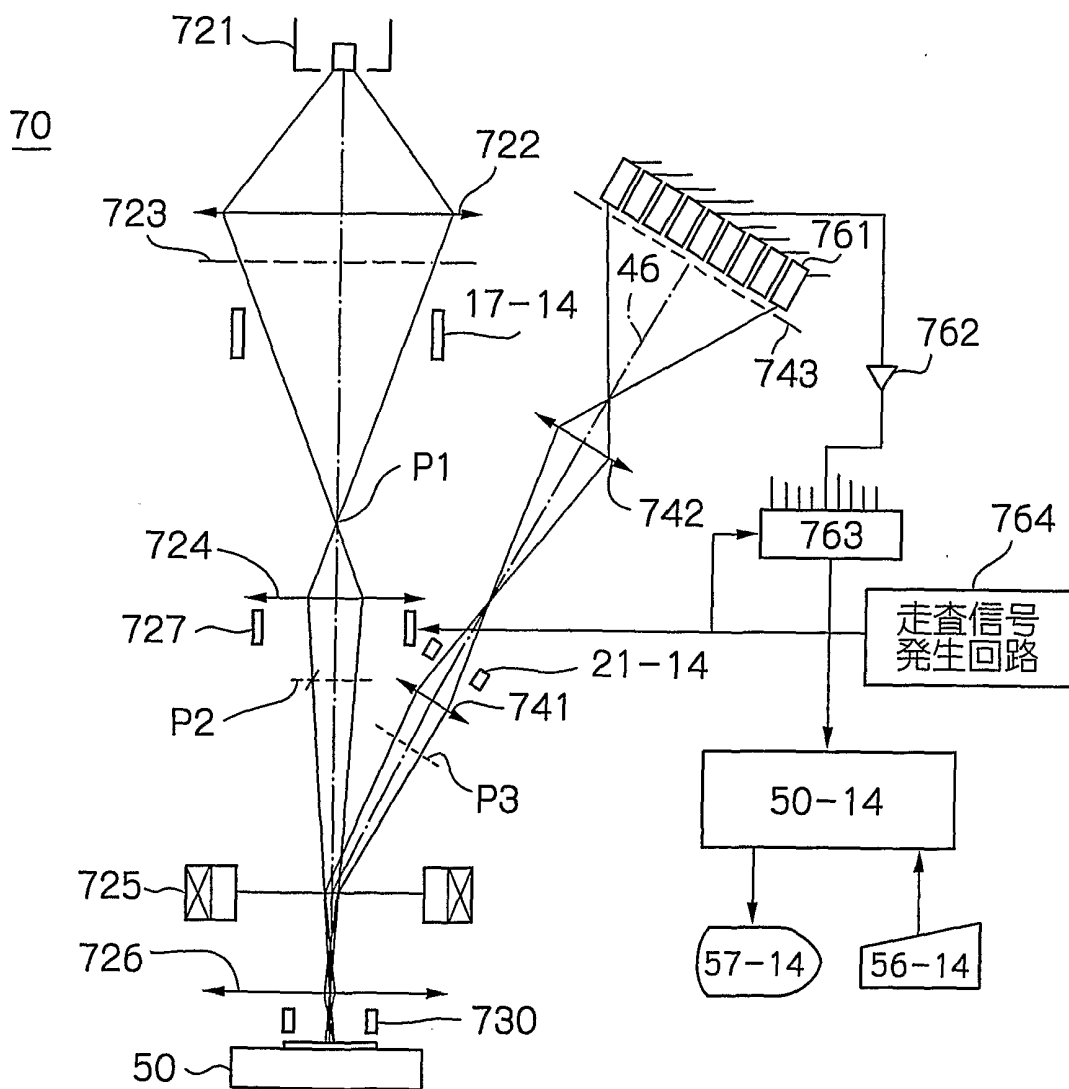


図 57

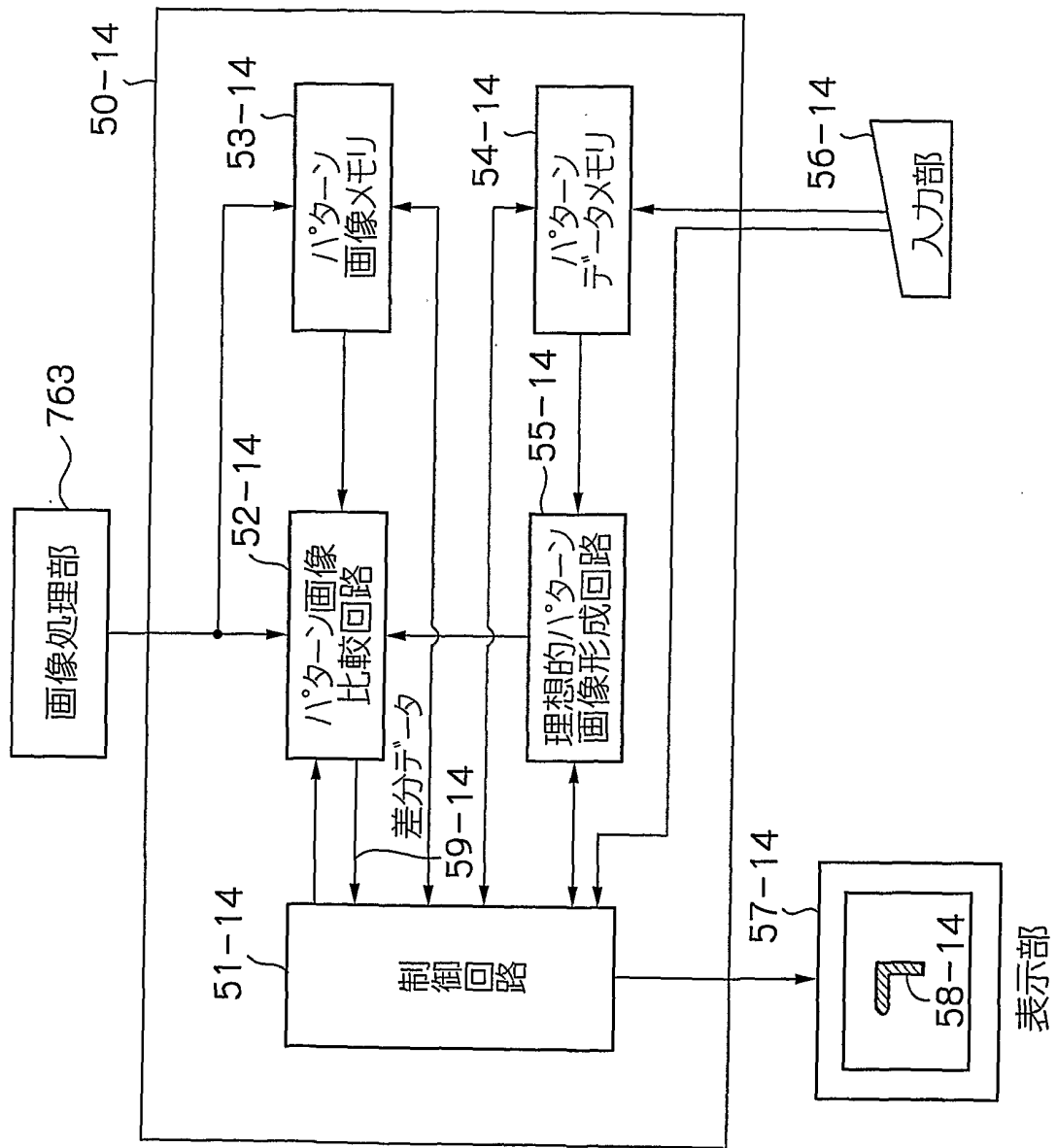


図 58

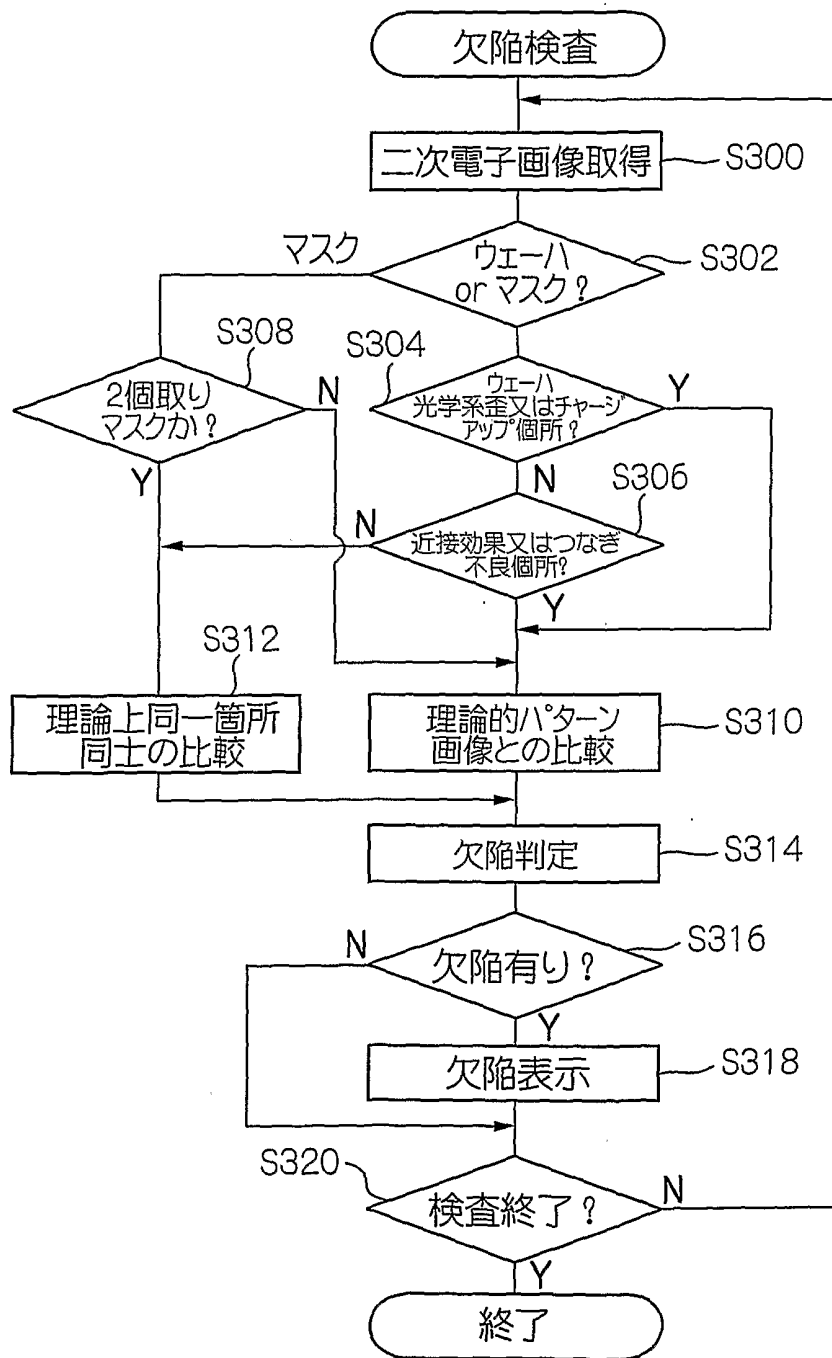
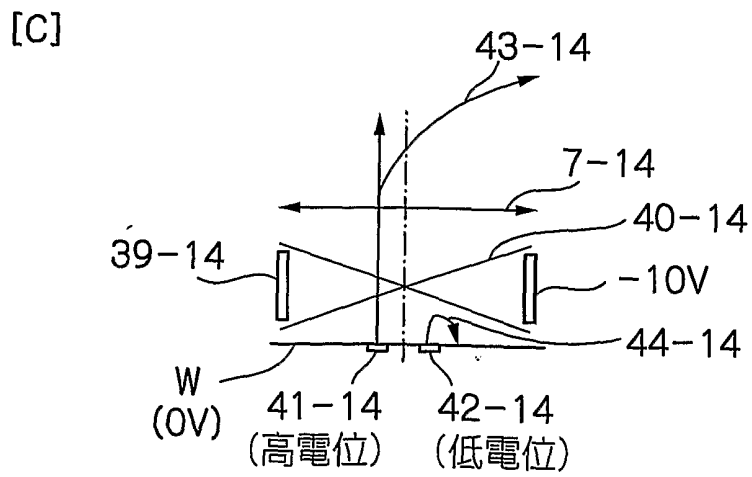
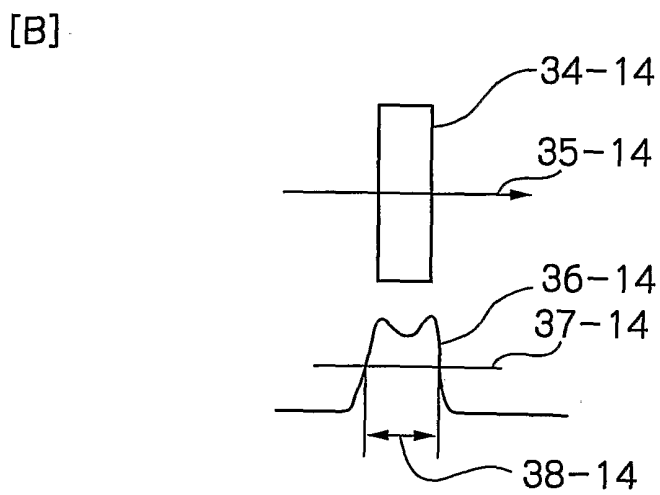
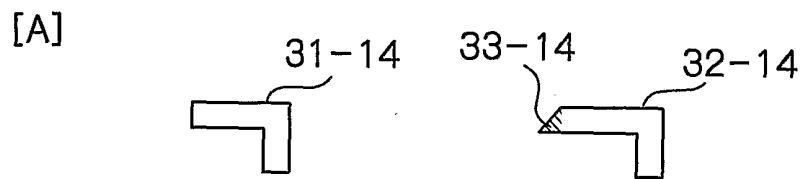


図 59



60

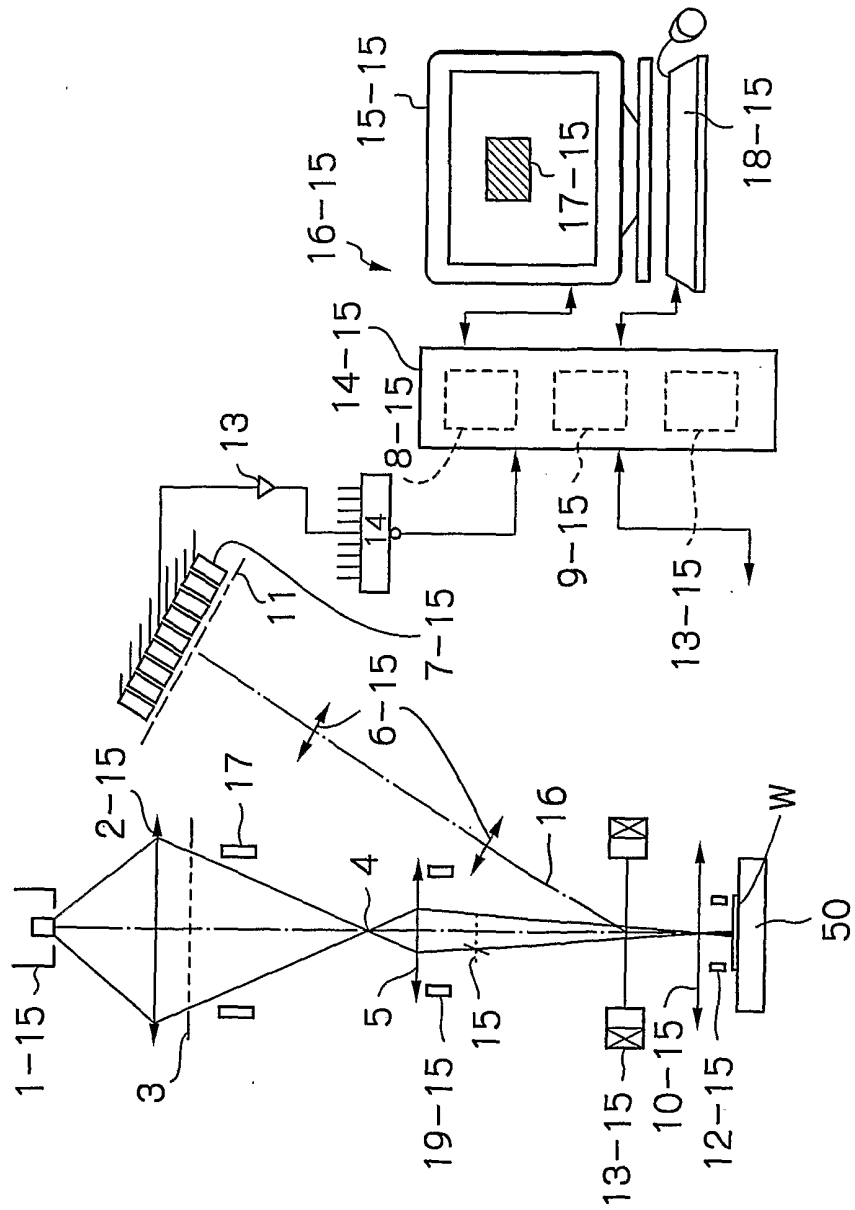
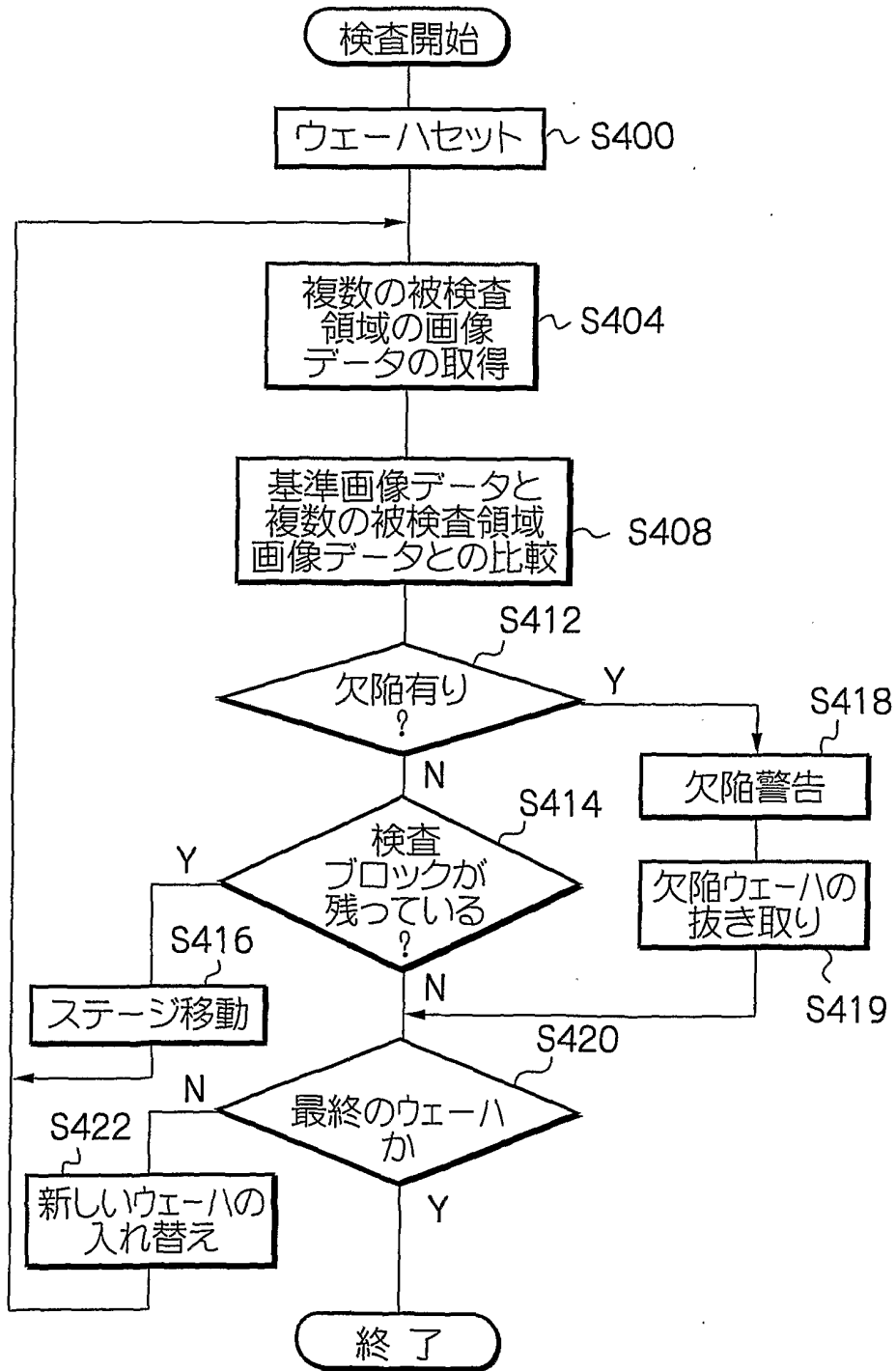


図 61



62

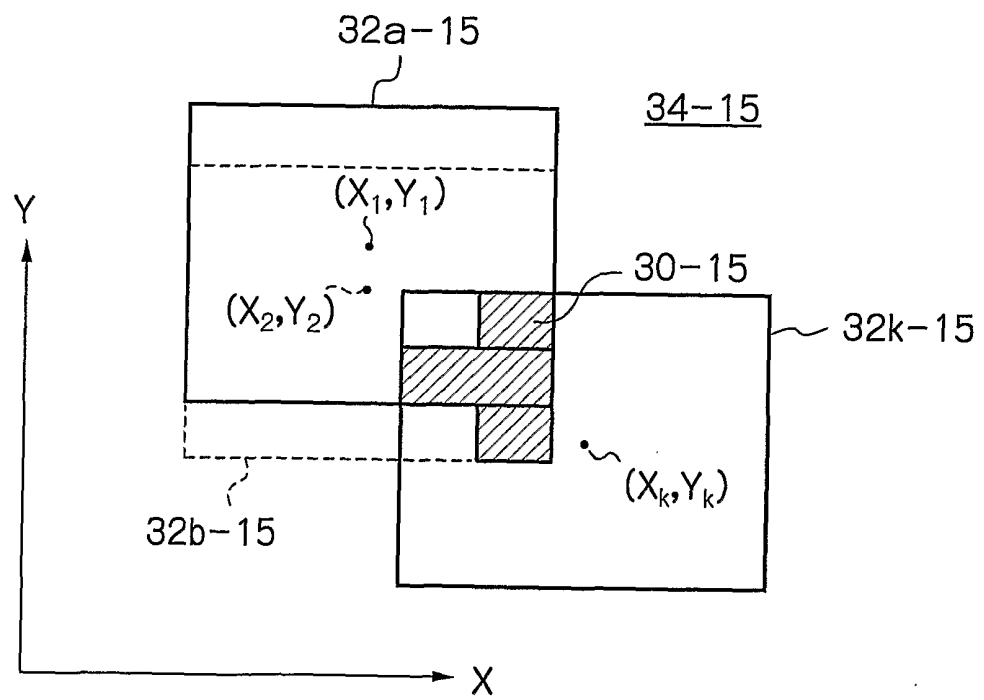


図 63

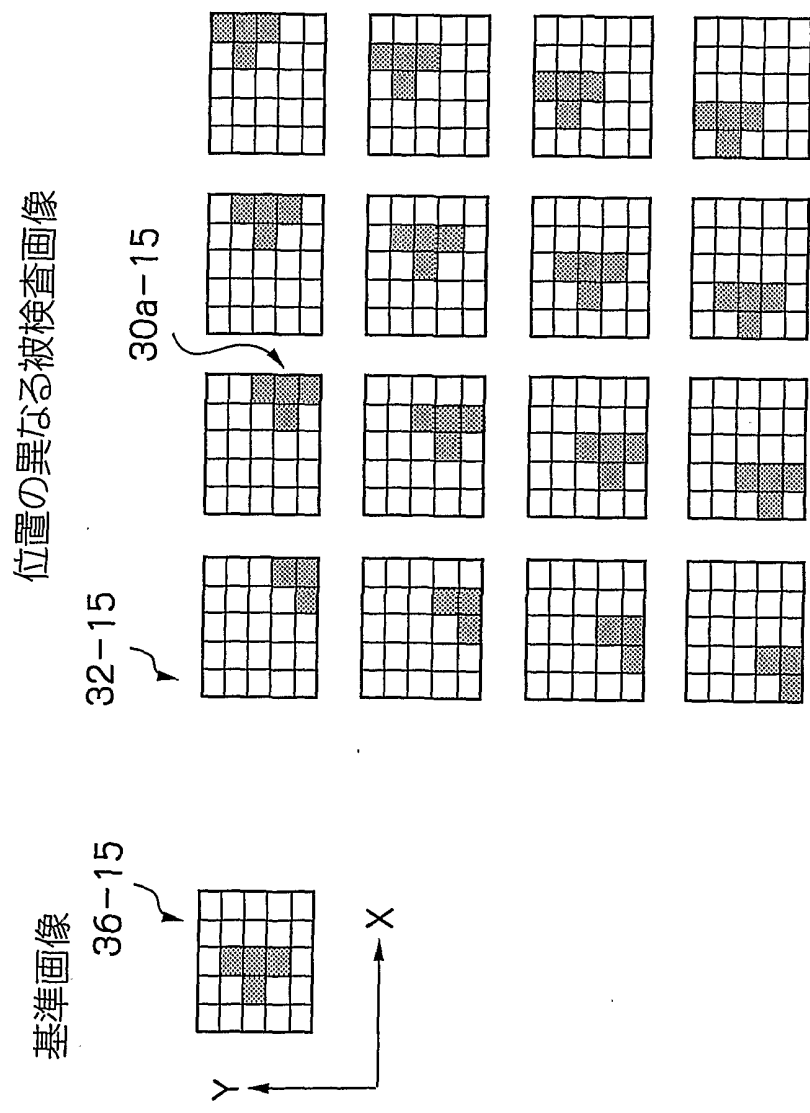


図 64

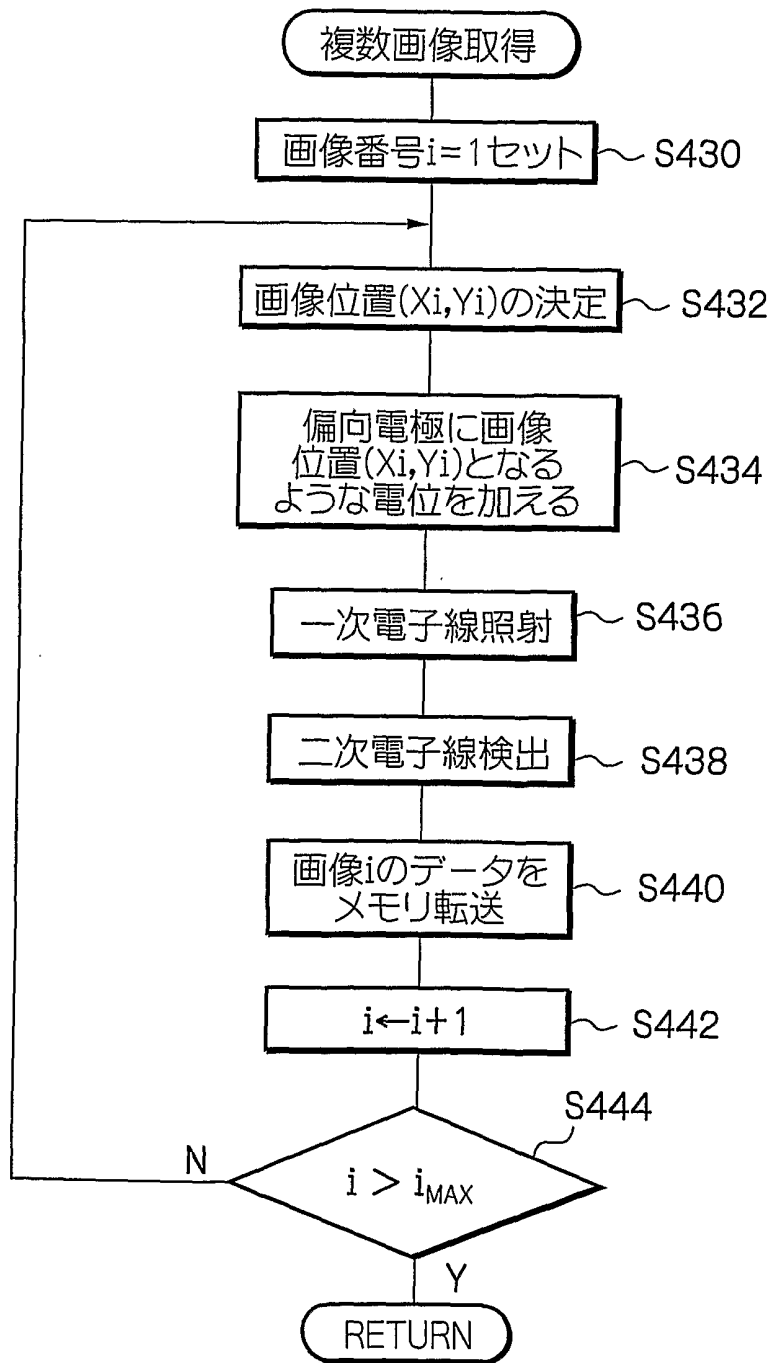


図 65

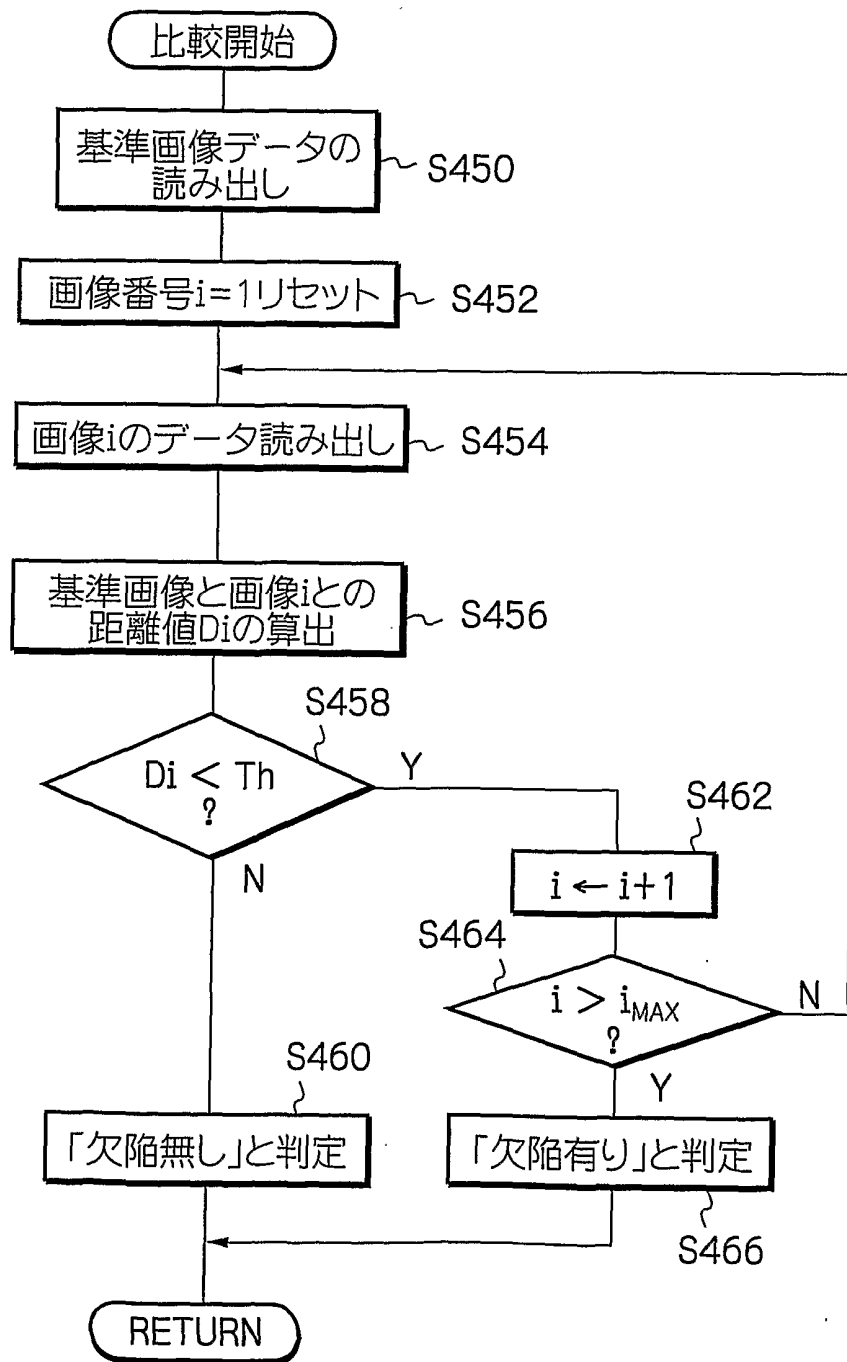


図66

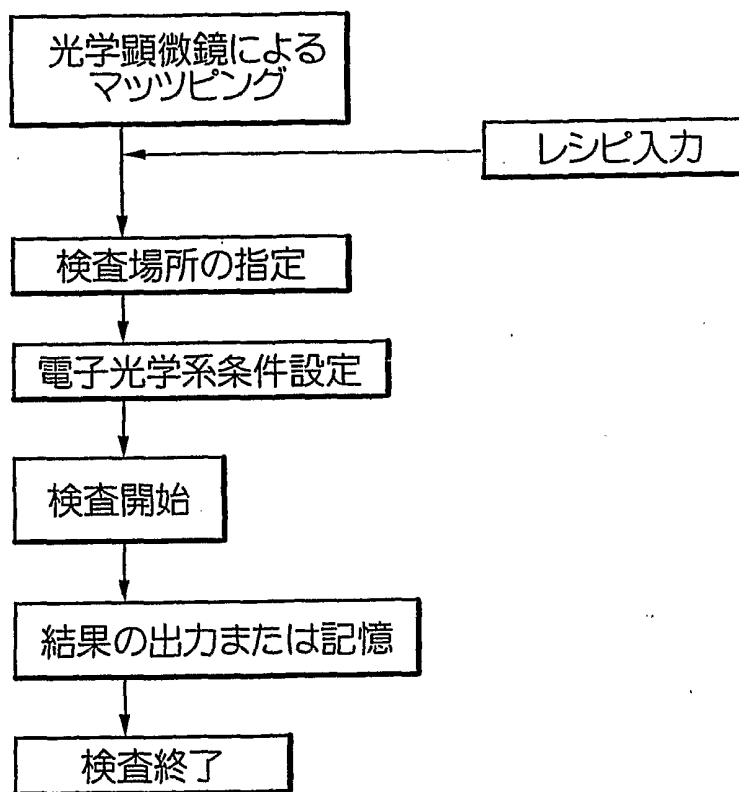


図67

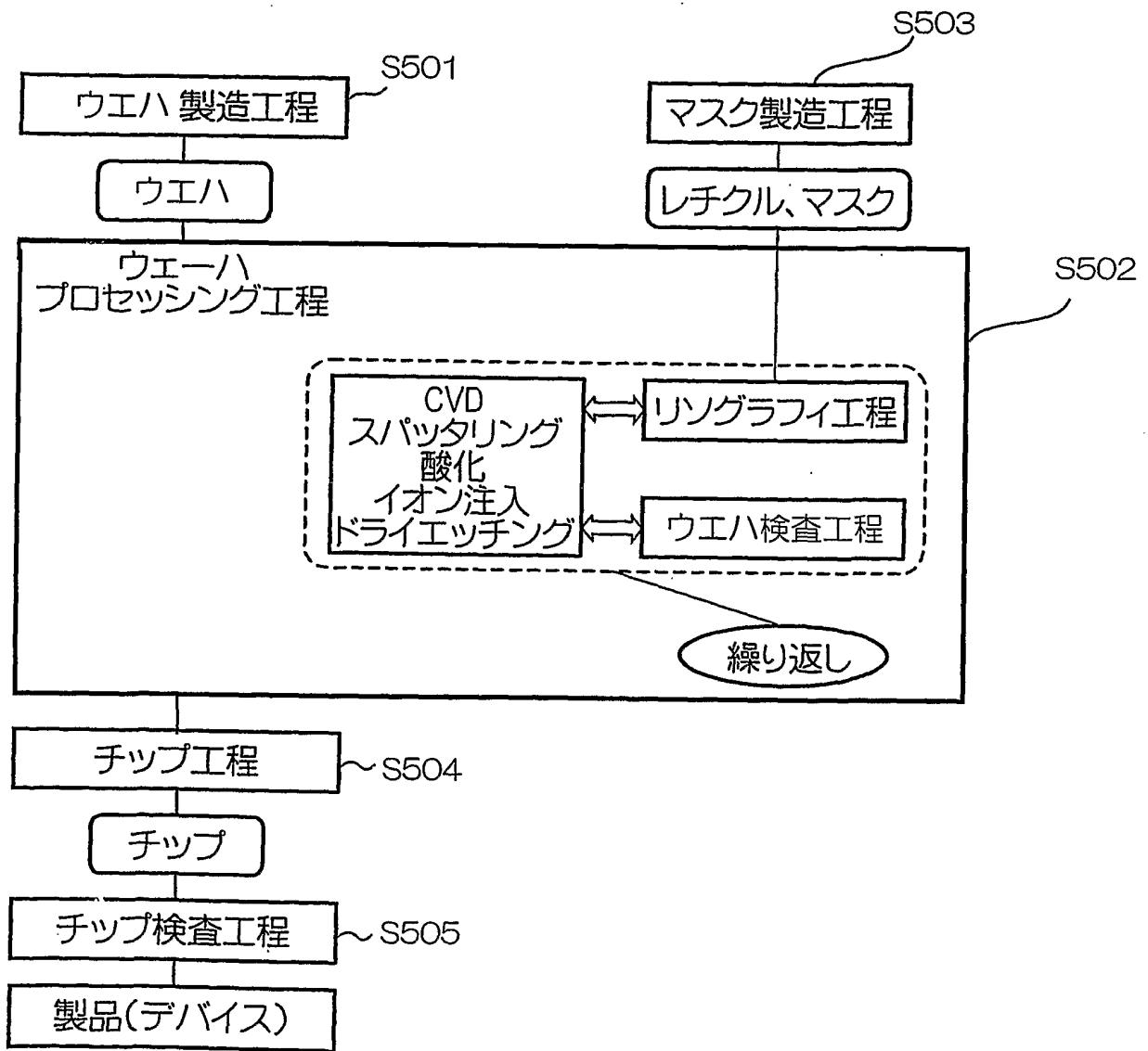
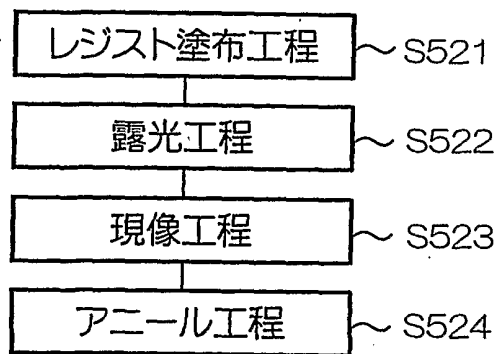


図 68



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/09630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01J37/063, H01J37/29, H01L21/027, H01L21/66

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01J37/063, H01J37/29, H01L21/027, H01L21/66

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-228877 A (JEOL LTD.), 25 August, 1998 (25.08.1998), Full text; all drawings (Family: none)	1-57
A	JP 7-14501 A (NEC Corporation), 17 January, 1995 (17.01.1995), Full text; all drawings (Family: none)	1-57
A	JP 2000-113848 A (Nikon Corporation), 21 April, 2000 (21.04.2000), Full text; all drawings & US 6184526 B1	3-4, 12-23, 28-32, 45-57
A	US 6038018 A (Kabushiki Kaisha Toshiba), 14 March, 2000 (14.03.2000), Full text; all drawings & JP 11-326247 A	21-23
A	JP 2000-223542 A (Hitachi, Ltd.), 11 August, 2000 (11.08.2000), Full text; all drawings (Family: none)	24-27, 53

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 January, 2002 (29.01.02)Date of mailing of the international search report
12 February, 2002 (12.02.02)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/09630

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-133565 A (Canon Inc.), 12 May, 2000 (12.05.2000), Full text; all drawings (Family: none)	33-40,56-57
A	JP 62-100936 A (Shimazu Corporation), 11 May, 1987 (11.05.1987), Full text; all drawings (Family: none)	34
A	US 4944645 A (Toshiba Kikai Kabushiki Kaisha), 31 July, 1990 (31.07.1990), Full text; all drawings & JP 61-239624 A	41-44
A	JP 9-73872 A (JEOL LTD.), 18 March, 1997 (18.03.1997), Full text; all drawings (Family: none)	41-44
A	JP 2000-3692 A (Nikon Corporation), 07 January, 2000 (07.01.2000), Full text; all drawings (Family: none)	41-44

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01J37/063, H01J37/29, H01L21/027, H01L21/66

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01J37/063, H01J37/29, H01L21/027, H01L21/66

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996
 日本国公開実用新案公報 1971-2002
 日本国登録実用新案公報 1994-2002
 日本国実用新案登録公報 1996-2002

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 10-228877 A (日本電子株式会社) 1998.08.25 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-57
A	JP 7-14501 A (日本電気株式会社) 1995.01.17 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-57

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 29.01.02

国際調査報告の発送日 2002.02

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 渡戸 正義



2G 9023

電話番号 03-3581-1101 内線 3225

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-113848 A (株式会社ニコン) 2000.04.21 全文, 全図 & US 6184526 B1	3-4, 12-23, 28-32, 45-57
A	US 6038018 A (Kabushiki Kaisha Toshiba) 2000.03.14 全文, 全図 & JP 11-326247 A	21-23
A	JP 2000-223542 A (株式会社日立製作所) 2000.08.11 全文, 全図 (ファミリーなし)	24-27, 53
A	JP 2000-133565 A (キャノン株式会社) 2000.05.12 全文, 全図 (ファミリーなし)	33-40, 56-57
A	JP 62-100936 A (株式会社島津製作所) 1987.05.11 全文, 全図 (ファミリーなし)	34
A	US 4944645 A (Toshiba Kikai Kabushiki Kaisha) 1990.07.31 全文, 全図 & JP 61-239624 A	41-44
A	JP 9-73872 A (日本電子株式会社) 1997.03.18 全文, 全図 (ファミリーなし)	41-44
A	JP 2000-3692 A (株式会社ニコン) 2000.01.07 全文, 全図 (ファミリーなし)	41-44