

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4585661号  
(P4585661)

(45) 発行日 平成22年11月24日 (2010.11.24)

(24) 登録日 平成22年9月10日 (2010.9.10)

(51) Int. Cl.	F I		
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 4 1 B	
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 4 1 Q	
HO 1 J 37/04 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 4 1 C	
HO 1 J 37/12 (2006.01)	GO 3 F 7/20	5 O 4	
HO 1 J 37/24 (2006.01)	HO 1 J 37/04	Z	
請求項の数 16 (全 17 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2000-233145 (P2000-233145)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成12年8月1日 (2000.8.1)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2001-345259 (P2001-345259A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成13年12月14日 (2001.12.14)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成19年7月27日 (2007.7.27)		弁理士 阿部 琢磨
(31) 優先権主張番号	特願2000-97069 (P2000-97069)	(74) 代理人	100124442
(32) 優先日	平成12年3月31日 (2000.3.31)		弁理士 黒岩 創吾
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	小野 治人
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	村木 真人
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
		審査官	岩本 勉
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子光学系アレイ、荷電粒子線露光装置およびデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれに複数の開口が形成されていて且つ互いに積層された第1電極および第2電極と、前記第1電極と前記第2電極との間において前記複数の開口のそれぞれに対応して設けられたシールド電極と、を有することを特徴とする荷電粒子光学系アレイ。

【請求項 2】

それぞれに複数の開口が形成されていて且つ互いに積層された上電極、中間電極および下電極と、前記上電極と前記中間電極との間ならびに前記中間電極と前記下電極との間のそれぞれにおいて前記複数の開口のそれぞれに対応して設けられたシールド電極と、を有することを特徴とする荷電粒子光学系アレイ。

【請求項 3】

前記シールド電極は開口を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

【請求項 4】

前記シールド電極は、前記複数の開口にそれぞれ対応した複数の開口が形成された1つの構造物に含まれていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

【請求項 5】

前記上電極および前記下電極の少なくとも一方がこれと隣接するシールド電極と一体構造となっていることを特徴とする請求項 2 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

## 【請求項 6】

前記中間電極を光軸に沿って複数有し、前記中間電極同士の間にも前記複数の開口のそれぞれに対応して設けられたシールド電極を有することを特徴とする請求項 2 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

## 【請求項 7】

前記中間電極は、前記複数の開口にそれぞれ対応して設けられた複数の開口がそれぞれ形成された複数の電極素子を有することを特徴とする請求項 2 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

## 【請求項 8】

前記複数の電極素子は列毎に電氣的に分離されてグループ化され、各グループに含まれる電極素子同士が電氣的に結線されていることを特徴とする請求項 7 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

10

## 【請求項 9】

前記中間電極の電極素子同士の隙間にシールド電極が配されていることを特徴とする請求項 7 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

## 【請求項 10】

前記中間電極は、列ごとにアレイ化された矩形電極素子を有することを特徴とする請求項 2 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

## 【請求項 11】

前記複数の開口にそれぞれ対応して設けられた複数のシールド電極の全てに同一の電位を与えることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の荷電粒子光学系アレイ。

20

## 【請求項 12】

前記シールド電極に与える電位と、前記上電極及び下電極に与える電位とが異なることを特徴とする請求項 2 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

## 【請求項 13】

前記シールド電極は開口を有し、前記シールド電極の開口は、前記中間電極の開口よりもサイズが大きいことを特徴とする請求項 2 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

## 【請求項 14】

前記中間電極と前記シールド電極との間隔は、前記中間電極の開口の配列間隔よりも小さいことを特徴とする請求項 2 に記載の荷電粒子光学系アレイ。

30

## 【請求項 15】

複数の荷電粒子線でウエハを露光する露光装置であって、前記複数の荷電粒子線を形成する光学系を有し、前記光学系は、請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の荷電粒子光学系アレイを含むことを特徴とする露光装置。

## 【請求項 16】

請求項 15 に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、前記工程で露光された基板を現像する工程と、を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

40

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の荷電粒子光学系をアレイにした荷電粒子光学系アレイに関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

半導体デバイスの生産において、電子ビーム露光技術は  $0.1 \mu\text{m}$  以下の微細パターン露光を可能とするリソグラフィの有力候補として脚光を浴びており、いくつかの方式がある。例えば、いわゆる一筆書きでパターンを描画する可変矩形ビーム方式がある。しかしこれはスループットが低く量産用露光機としては課題が多い。スループットの向上を図るものとして、ステンスルマスクに形成したパターンを縮小転写する図形一括露光方式が提案

50

されている。この方式は、繰り返しの多い単純パターンには有利であるが、ロジック配線層等のランダムパターンではスループットの点で課題が多く、実用化に際して生産性向上の妨げが大きい。

#### 【0003】

これに対して、マスクを用いずに複数本の電子ビームで同時にパターンを描画するマルチビームシステムの提案がなされており、物理的なマスク作製や交換をなくし、実用化に向けて多くの利点を備えている。電子ビームをマルチ化する上で重要となるのが、これに使用する電子レンズのアレイ数である。電子ビーム露光装置の内部に配置できる電子レンズのアレイ数によりビーム数が決まり、スループットを決定する大きな要因となる。このため電子レンズの性能を高めながら且つ如何に小型化できるかが、マルチビーム型露光装置の性能向上のカギのひとつとなる。

10

#### 【0004】

電子レンズには電磁型と静電型があり、静電型は磁界型に比べて、コイルコア等を設ける必要がなく構成が容易であり小型化に有利となる。ここで静電型の電子レンズ（静電レンズ）の小型化に関する主な従来技術を以下に示す。

#### 【0005】

A.D. Feinerman等（J. Vac. Sci. Technol. A 10(4), p611, 1992）は、ファイバとSiの結晶異方性エッチングにより作製したV溝を用いたマイクロメカニクス技術により、静電単一レンズである3枚の電極からなる3次元構造体を形成することを開示する。Siにはメンブレン枠とメンブレンと該メンブレンに電子ビームが通過する開口を設ける。また、K.Y. Lee等（J. Vac. Sci. Technol. B 12(6), p3425, 1994）は、陽極接合法を利用してSiとパイレックスガラスが複数積層に接合された構造体を開示するもので、高精度にアライメントされたマイクロカラム用電子レンズを作製する。また、Sasaki（J. Vac. Sci. Technol. 19, 963 (1981)）はレンズ開口配列を有する3枚電極でアインツェルレンズ配列にした構成を開示する。また、Chang等（J. Vac. Sci. Technol. B10, 2743 (1992)）は、アインツェルレンズを有するマイクロカラムを複数配列した構成を提案している。

20

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来例において多数の開口電極をアレイ状に配列し、各電子ビームに異なるレンズ作用を与えようとすると、周囲の静電レンズ電界の影響で軌道や収差が変化し、各電子ビームを独立に操作することが困難になる、所謂クロストーク問題を生じる可能性がある。

30

#### 【0007】

このクロストーク問題を図10を用いて具体的に説明する。上電極1、中間電極2及び下電極3の3枚電極でアインツェルレンズを構成している。上電極1及び下電極3は厚さ10 $\mu\text{m}$ であり、径80 $\mu\text{m}$ の開口が200 $\mu\text{m}$ ピッチで配されている。中間電極2は厚さ50 $\mu\text{m}$ であり、内径80 $\mu\text{m}$ の円筒形状をしており、これが200 $\mu\text{m}$ ピッチで配されている。上電極1と中間電極2、中間電極2と下電極3の距離は共に100 $\mu\text{m}$ である。上電極1及び下電極3に電位0[V]を、中央列Bとその上列Aの中間電極2には-1000[V]を、下列Cの中間電極2には-950[V]を印加する。すなわち隣接電極間電位差は50[V]である。この場合、上電極1の左方より、ビーム径40 $\mu\text{m}$ 、エネルギー50 keVの電子ビームを中央の開口に入射すると、電子ビームの下方シフト角十数 $\mu\text{rad}$ 以上となる。電子光学系の設計にも依るが、典型的な許容値として、シフト角を1 $\mu\text{rad}$ 以下に設定することが可能であるが、この電極構成ではシフト角はこの許容範囲を越えるため、周囲のレンズ電界の影響を受けて、いわゆるクロストークが発生する。これを解決することが大きな課題である。

40

#### 【0008】

本発明の目的のひとつは、クロストークを軽減した荷電粒子光学系アレイを提供することである。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

50

本発明の第一の荷電粒子光学系アレイは、それぞれに複数の開口が形成されていて且つ互いに積層された第1電極および第2電極と、前記第1電極と前記第2電極との間において前記複数の開口のそれぞれに対応して設けられたシールド電極と、を有することを特徴とする荷電粒子光学系アレイである。

【0010】

本発明の第二の荷電粒子光学系アレイは、それぞれに複数の開口が形成されていて且つ互いに積層された上電極、中間電極および下電極と、前記上電極と前記中間電極との間ならびに前記中間電極と前記下電極との間のそれぞれにおいて前記複数の開口のそれぞれに対応して設けられたシールド電極と、を有することを特徴とする荷電粒子光学系アレイである。

10

【0011】

本発明の荷電粒子線露光装置は、複数の荷電粒子線でウエハを露光する露光装置であって、前記複数の荷電粒子線を形成する荷電粒子光学系を有し、前記荷電粒子光学系は、請求項1～14のいずれか一項に記載の荷電粒子光学系アレイを含むことを特徴とする露光装置である。

【0012】

本発明のデバイス製造方法は、上述の露光装置を用いて基板を露光する工程と、前記工程で露光された基板を現像する工程と、を含むことを特徴とするデバイス製造方法である。

【0013】

20

【発明の実施の形態】

<電子光学系アレイ>

本発明の実施の形態にかかる電子光学系アレイを図面を用いて説明する。図1は電子光学系アレイの分解図である。図中、大きくは、それぞれに複数の開口が形成された上電極1、上シールド電極4、中間電極2、下シールド電極5、下電極3が順に積層された構造を有する。上電極1は導電性材料(Cu)の電極層で形成された厚さ10 $\mu$ mの薄膜構造であって、直径80 $\mu$ mの円形の開口8が200 $\mu$ mピッチで規則的に複数配されている。また下電極5も同様の構成を有し、上電極の開口と同一位置に複数の開口14が形成されている。中間電極2は、内側に開口10が形成された円筒形状(厚さ50 $\mu$ m、内径80 $\mu$ m、外径170 $\mu$ m)の導電性材料(Cu)の円筒電極素子(孔開き電極素子)11を複数有すると共に、各円筒電極素子11は、列ごと(A列、B列、C列)にグループ化され、各列に含まれる円筒電極素子11は幅4 $\mu$ mの帯状のCu配線12で電氣的に結線された構造を有する。上シールド電極4ならびに下シールド電極5は、いずれも厚さ88 $\mu$ mの導電性(Cu)の板に内径160 $\mu$ mの円形の開口9、13が、200 $\mu$ mピッチで規則的に形成された構造物である。上電極1、上シールド電極4、中間電極2、シールド電極5、下電極3、中間電極2にそれぞれ規則的に配された開口は、各開口の中心が光軸方向から見たときに一致するように配されている。上電極1と上シールド電極4とは絶縁層6を介して接合され、下電極3と下シールド電極5とは絶縁層7を介して接合されている。これら絶縁層6、絶縁層7はいずれも厚さ1 $\mu$ mであるため、上電極1と上シールド電極4ならびに下電極3と下シールド電極5との距離は共に1 $\mu$ mとなっている。また上電極1と中間電極2、下電極3と中間電極2との距離はいずれも100 $\mu$ mである。上シールド電極4及び下シールド電極5における各電極の開口サイズ(内径)を、中間電極2、上電極1及び下電極3の各電極の開口サイズ(内径)よりも大きくしているため、シールド電極を挿入することによるレンズ作用への影響が小さくなっている。

30

40

【0014】

上記構成の電子光学系アレイにおいて、先の図10と同様に、上電極1、上シールド電極4、下シールド電極5及び下電極3に0[V]の電位を与え、中間電極2のB列(中央列)とA列には-1000[V]の電位を、中間電極2のC列には-950[V]を印加して、B列とC列との隣接電位差が50[V]であるとする。このとき、ビームシフト角は0.8m $\mu$ rad、ビーム径(最小錯乱円)は0.6 $\mu$ mと許容範囲内に収まり、クロストークの発

50

生が実用的には問題にない程度に抑えられる。なお、変形例として、上電極 1 と下電極 3 にのみ 0 [V] の電位を与え、その間の上シールド電極 4 と下シールド電極 5 に他とは異なる共通電位  $V_s$  [V] (たとえば - 5 0 0 V) を与えるようにしてもよい。本例によれば、それぞれに複数の開口が形成され、積層された上電極、中間電極および下電極を備えた電子光学系アレイにおいて、上電極と中間電極の間ならびに中間電極と下電極の間で、前記複数の開口のそれぞれに対応してシールド電極を設けることで、隣接レンズ電界の影響を抑える事が可能となり、良好にクロストークを抑えることができる。

#### 【 0 0 1 5 】

次に上記構造の電子光学系アレイの作製方法を説明する。ここでは説明を簡単にするために 1 つの開口部のみをクローズアップする。

#### 【 0 0 1 6 】

まず上電極 1 と上シールド電極 4 の作製方法について説明する。なお、下電極 3 と下シールド電極 5 もこれを同様の方法で作成する。

#### 【 0 0 1 7 】

最初に基板として結晶方位が  $\langle 1 0 0 \rangle$  のシリコンウェーハを用意し、化学気相蒸着法にて膜厚 3 0 0 nm の窒化珪素を成膜する (図 2 ( a ) )。レジストプロセスとエッチングプロセスを経て、後に電子線の光路になる部分と電極間の位置合わせを行う部分の窒化珪素膜を除去する。次いで開口部のシリコン基板をテトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液で深さ 1 ~ 2  $\mu\text{m}$  程度異方性エッチングを行い、基板の少なくとも一つの面に V 字上の V 溝を形成する。次にこの V 溝が形成された面上に上電極としてクロム / 金をそれぞれ 50nm / 1  $\mu\text{m}$  の膜厚で連続蒸着し、レジストパターニング後、金 / クロムをエッチングして電子ビーム用開口を形成する (図 2 ( b ) )。次に  $\text{SiO}_2$  膜を 1  $\mu\text{m}$  スパッター蒸着、パターニングする。更に、上シールド電極を作製する為のメッキ用の電極膜としてクロム / 金をそれぞれ 5 nm / 5 0 nm の膜厚で連続蒸着、パターニングする (図 2 ( c ) )。この後、電極上にメッキの鋳型となるレジストパターンを形成する。レジストにはエポキシ化ビスフェノール A オリゴマーを主成分とする SU - 8 (MicroChem.co) を用い、膜厚 1 0 0  $\mu\text{m}$  に成膜する。露光は高圧水銀ランプを用いた密着型の露光装置を用いる。また、露光後ホットプレート上 8 5 で 3 0 分間、露光後ベーク ( P E B ) を行なう。基板を室温まで徐冷した後プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテートで 5 分間現像し、メッキ用の鋳型パターンを形成する。次に電気めっきにより、レジストの開口部に金属パターンを埋め込む。電気めっきで膜厚 89  $\mu\text{m}$  の金パターンをレジストパターン間隙に埋め込む (図 2 ( d ) )。SU - 8 レジストを剥離し、IPA で洗浄、乾燥を行い、金パターンを得る (図 2 ( e ) )。メッキ面をポリイミドを用いて保護し (不図示)、他方の面を 2 2 % のテトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液を用い、9 0 でシリコン基板のバックエッチングを行なう。エッチングは、シリコンがエッチング除去され、窒化珪素膜が露出するまで行なう。基板は水洗、乾燥を行い、ドライエッチング装置内でテトラフルオロメタンを用いて、シリコンのエッチング後に露出した窒化珪素膜をエッチング除去する。最後に、他方の面の保護をしたポリイミド膜をアッシングにより除去する (図 2 ( f ) )。

#### 【 0 0 1 8 】

中間電極 2 の作製方法は以下の通りである。基板としてシリコンウェーハを用意し、スパッター法により  $\text{SiO}_2$  を 50 nm の厚さに成膜する。次に中間電極を作製する為のメッキ用の電極膜として金を 5 0 nm の膜厚で蒸着、パターニングする (図 3 ( a ) )。この後、メッキの鋳型となるレジストパターンを形成する。レジストは、エポキシ化ビスフェノール A オリゴマーオリゴマーを主成分とする SU - 8 (MicroChem.co) を用い、膜厚 8 0  $\mu\text{m}$  に成膜する。露光は高圧水銀ランプを用いた密着型の露光装置を用いて行なう。また、露光後ホットプレート上 8 5 で 3 0 分間、露光後ベーク ( P E B ) を行う。基板を室温まで徐冷した後プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテートで 5 分間現像し、メッキ用の鋳型パターンを形成する (図 3 ( b ) )。次に電気めっきにより、レジストの開口部に金属パターンを埋め込む。電気めっきを行い膜厚 50  $\mu\text{m}$  の金パターンをレジスト

パターン間隙に埋め込む（図3（c））。最後に、N - メチルピロリドン（NMP）中でSU - 8レジストを剥離し、IPAで洗浄、乾燥を行い、金パターンを得る（図3（d））。

#### 【0019】

下電極と中間電極の接合方法を図4を用いて説明する。前記図2の手順で作製した下電極及び下シールド電極（f）を用意する。これにSiO<sub>2</sub>をスパッタ法により10μm成膜しパターンニングした後、金50nmを蒸着パターンニングする（図4（a））。そして図3（d）で作製した中間電極を上下逆にしてこれと金・金接合で圧着する（図4（b）（c））。その後、治具を使って中間電極側のシリコンウエハのみをウェットエッチングし、SiO<sub>2</sub>50nmと金50nmをドライエッチングで除去して、接合された下電極／中間電極を得る（図4（d））。

10

#### 【0020】

図5は最終的な組立てを説明する図である。上記図4（d）で作製した接合された下電極・下シールド電極・中間電極と、上記図2（f）で作製した上電極・上シールド電極とを対面させ、両側の基板上に形成された位置合わせ用のV溝に合わせてファイバ20を設置し、両者に圧力を作用させることによって、接合面に平行な方向と垂直な方向に位置決めが達成される。位置決めされた部材同士の固定には接着剤を用いる。こうして組立精度に優れた電子光学素子アレイが完成する。

#### 【0021】

次に、上記説明した電子光学系アレイの変形例をいくつか説明する。図6は中間電極を複数持った構成例を示す分解図である。中間電極が1枚であった先の図1の例に対し、光軸に沿って、中間電極2A、中間電極2Bの2つを有し、それらの間には中間シールド電極15を挟んでいる。

20

#### 【0022】

図7は、シールド電極を別体にせず1つの電極として一体形成した例である。すなわち上電極1と上シールド電極4、ならびに下電極3と下シールド電極5とをそれぞれ金属材料の一体構造とし、両者の間には絶縁層を設けないようにしている。このため製造プロセスをより簡略化することができる。

#### 【0023】

図8はさらに別の構造例である。中間電極の複数の円筒電極素子同士の隙間に中間シールド電極が配されている図7の中間電極の周囲に中間電極シールド16が配されている。隣接電界の影響がより小さくなり、クロストーク防止効果がより向上する。

30

#### 【0024】

図9はさらに別の構造例である。中間電極が列ごとにアレイ化された複数の矩形電極素子2A、2B、2Cを有し、各電極素子ごとに異なる電位を印加できる。電極素子を矩形形状とすることで構造体としての剛性が向上するのに加えてプロセス精度も向上する。

#### 【0025】

図11は更に別の形態の電子レンズアレイを示す図である。図11（A）はレンズアレイの断面図であり、複数の開口電極が形成された上電極1、中間電極2、及び下電極3を有する。中間電極2の開口電極のそれぞれを囲むように、共通の電位に設定される上シールド電極4、下シールド電極5を設けている。各電極は絶縁材からなるスペーサ20を介して積み重ねて一体化されている。図11（B）は上電極1又は下電極3の構造を示し、複数の開口電極の全て0[V]の電位に接地されている。図11（C）は上シールド電極4及び下シールド電極5の構造を示し、全ての開口電極に共通の電位Vs（例えば - 500V）が印加される。図11（D）は中間電極2の構造を示し、複数の開口電極の列毎に互いに異なる電位V1、V2、V3（例えば、V1 = - 900V、V2 = - 950V、V3 = - 1000V）が印加される。これにより異なる列の中間電極を有するアインツェルレンズは互いに異なるレンズ作用を有し、中間電極はアインツェルレンズのレンズ作用を設定する設定用電極と見なすことができる。なお、本実施形態に限らず上記説明した他の形態においても、このような電位の与え方をしてもよい。

40

50

## 【 0 0 2 6 】

クロストーク低減を効果的にするために、図 1 1 ( A ) に示すように中間電極 2 と上シールド電極 4 , 下シールド電極 5 のそれぞれの間隔  $s$  は、中間電極 2 に形成される開口電極の配列間隔 ( ピッチ )  $p$  に比べ小さくしている。更に、シールド電極を挿入することによるレンズ作用への影響を小さくするために、シールド電極 4 , 5 における各電極の開口サイズ  $D_s$  ( 内径 ) ( 図 1 1 C ) 参照 ) は、中間電極 2 における各電極の開口サイズ  $D_c$  ( 内径 ) ( 図 1 1 ( D ) 参照 ) に比べて大きくしている。また、上電極 1 及び下電極 3 の各電極の開口サイズよりもシールド電極 4 , 5 の各電極の開口サイズを大きくしている。

## 【 0 0 2 7 】

なお、図 1 1 ( E ) に示すような中間電極の構造としてもよい。同図において、中間電極 2 は、互いに異なる電位 (  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  ) に設定される電極列のそれぞれの間に、直線上に形成した中間シールド電極を挿入している。そして各中間シールド電極には、上記シールド電極 4 , 5 と同一の共通電位  $V_s$  が印加される。中間電極の中で、各電極列の間をシールドすることでより効果的にクロストークを防止している。

## 【 0 0 2 8 】

図 1 2 はさらなる変形例を示す。Y 方向に電極列が形成された中間電極 2 4 を含むユニット L A 1 と、これと直交する X 方向に電極列が形成されている中間電極 2 7 と含むユニット L A 2 とを一体化したものである。そしてユニット L A 1 の下電極とユニット L A 2 の上電極とが 1 つの電極 2 2 で兼用されている。上電極 2 1、電極 2 2、下電極 2 3 は接地され、計 4 つのシールド電極 2 5 , 2 6 , 2 8 , 2 9 はいずれも同一電位  $V_s$  が印加される。

## 【 0 0 2 9 】

## &lt; 電子ビーム露光装置 &gt;

次に、上記電子光学系アレイを用いたシステム例として、マルチビーム型の荷電粒子露光装置 ( 電子ビーム露光装置 ) の実施例を説明する。図 1 3 は全体システムの概略図である。図中、荷電粒子源である電子銃 501 はカソード 501 a、グリッド 501 b、アノード 501 c から構成される。カソード 501 a から放射された電子はグリッド 501 b、アノード 501 c の間でクロスオーバー像を形成する ( 以下、このクロスオーバー像を電子源 ES と記す )。この電子源 ES から放射される電子ビームは、コンデンサーレンズである照射電子光学系 502 を介して補正電子光学系 503 に照射される。照射電子光学系 502 は、それぞれが 3 枚の開口電極からなる電子レンズ ( アインツェルレンズ ) 521, 522 で構成される。補正電子光学系 503 は電子源 ES の中間像を複数形成するものであり、詳細は後述する。補正電子光学系 503 で形成された各中間像は投影電子光学系 504 によって縮小投影され、被露光面であるウエハ 505 上に電子源 ES 像を形成する。投影電子光学系 504 は、第 1 投影レンズ 541 ( 543 ) と第 2 投影レンズ 542 ( 544 ) とからなる対称磁気タブレットで構成される。506 は補正電子光学系 503 の要素電子光学系アレイからの複数の電子ビームを偏向させて、複数の光源像を同時にウエハ 505 上で X, Y 方向に変位させる偏向器である。507 は偏向器 506 を作動させた際に発生する偏向収差による光源像のフォーカス位置のずれを補正するダイナミックフォーカスコイルであり、508 は偏向により発生する偏向収差の非点収差を補正するダイナミックスティグコイルである。509 はウエハ 505 を載置して、光軸 AX ( Z 軸 ) 方向と Z 軸回りの回転方向に移動可能な - Z ステージであって、その上にはステージの基準板 510 が固設されている。511 は - Z ステージを載置し、光軸 AX ( Z 軸 ) と直交する X Y 方向に移動可能な X Y ステージである。512 は電子ビームによって基準板 510 上のマークが照射された際に生じる反射電子を検出する反射電子検出器である。

## 【 0 0 3 0 】

図 1 4 は補正電子光学系 503 の詳細を説明する図である。補正電子光学系 503 は、光軸に沿ってアパーチャアレイ AA、プランカーアレイ BA、要素電子光学系アレイユニット LAU、ストッパーアレイ SA で構成される。図 1 4 の ( A ) は電子銃 501 側から補正電子光学系 503 を見た図、( B ) は AA' 断面図である。アパーチャアレイ AA は図 1 4 ( A ) に示すように基板に複数の開口が規則正しく配列 (  $8 \times 8$  ) 形成され、照射される電子ビームを複数 ( 6 4

10

20

30

40

50

本)の電子ビームに分割する。ブランカーアレイBAはアパーチャアレイAAで分割された複数の電子ビームを個別に偏向する偏向器を一枚の基板上に複数並べて形成したものである。要素電子光学系アレイユニットLAUは、同一平面内に複数の電子レンズを2次元配列して形成した電子レンズアレイである第1電子光学系アレイLA1、及び第2電子光学系アレイLA2で構成される。これら各電子光学系アレイLA1、LA2は上述の実施例で説明した構造を備え、上述する方法で作製されたものである。要素電子光学系アレイユニットLAUは共通のZ方向の軸に並ぶ、第1電子レンズアレイLA1の電子レンズと第2電子レンズアレイLA2の電子レンズとで一つの要素電子光学系ELを構成する。ストッパーアレイSAは、アパーチャアレイAAと同様に基板に複数の開口が形成されている。そして、ブランカーアレイBAで偏向されたビームだけがストッパーアレイSAで遮断され、ブランカーアレイの制御によって各ビーム個別に、ウエハ505へのビーム入射のON/OFFの切り替えがなされる。

10

#### 【0031】

本実施例の荷電粒子線露光装置によれば、補正電子光学系に上記説明したような優れた電子光学系アレイを用いることで、極めて露光精度の高い装置を提供することでき、これによって製造するデバイスの集積度を従来以上に向上させることができる。

#### 【0032】

<半導体生産システムの実施例>

次に、上記露光装置を用いた半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の生産システムの例を説明する。これは半導体製造工場に設置された製造装置のトラブル対応や定期メンテナンス、あるいはソフトウェア提供などの保守サービスを、製造工場外のコンピュータネットワークを利用して行うものである。

20

#### 【0033】

図15は全体システムをある角度から切り出して表現したものである。図中、101は半導体デバイスの製造装置を提供するベンダー(装置供給メーカー)の事業所である。製造装置の実例として、半導体製造工場で使用する各種プロセス用の半導体製造装置、例えば、前工程用機器(露光装置、レジスト処理装置、エッチング装置等のリソグラフィ装置、熱処理装置、成膜装置、平坦化装置等)や後工程用機器(組立て装置、検査装置等)を想定している。事業所101内には、製造装置の保守データベースを提供するホスト管理システム108、複数の操作端末コンピュータ110、これらを結んでイントラネットを構築するローカルエリアネットワーク(LAN)109を備える。ホスト管理システム108は、LAN109を事業所の外部ネットワークであるインターネット105に接続するためのゲートウェイと、外部からのアクセスを制限するセキュリティ機能を備える。

30

#### 【0034】

一方、102~104は、製造装置のユーザーとしての半導体製造メーカーの製造工場である。製造工場102~104は、互いに異なるメーカーに属する工場であっても良いし、同一のメーカーに属する工場(例えば、前工程用の工場、後工程用の工場等)であっても良い。各工場102~104内には、夫々、複数の製造装置106と、それらを結んでイントラネットを構築するローカルエリアネットワーク(LAN)111と、各製造装置106の稼動状況を監視する監視装置としてホスト管理システム107とが設けられている。各工場102~104に設けられたホスト管理システム107は、各工場内のLAN111を工場の外部ネットワークであるインターネット105に接続するためのゲートウェイを備える。これにより各工場のLAN111からインターネット105を介してベンダー101側のホスト管理システム108にアクセスが可能となり、ホスト管理システム108のセキュリティ機能によって限られたユーザーだけがアクセスが許可となっている。具体的には、インターネット105を介して、各製造装置106の稼動状況を示すステータス情報(例えば、トラブルが発生した製造装置の症状)を工場側からベンダー側に通知する他、その通知に対応する応答情報(例えば、トラブルに対する対処方法を指示する情報、対処用のソフトウェアやデータ)や、最新のソフトウェア、ヘルプ情報などの保守情報をベンダー側から受け取ることができる。各工場102~104とベンダー101との間のデータ通信および各工場内のLAN111でのデータ通信には、インターネ

40

50



ットで一般的に使用されている通信プロトコル（ＴＣＰ／ＩＰ）が使用される。なお、工場外の外部ネットワークとしてインターネットを利用する代わりに、第三者からのアクセスができずにセキュリティの高い専用線ネットワーク（ＩＳＤＮなど）を利用することもできる。また、ホスト管理システムはベンダーが提供するものに限りならずユーザーがデータベースを構築して外部ネットワーク上に置き、ユーザーの複数の工場から該データベースへのアクセスを許可するようにしてもよい。

#### 【 0 0 3 5 】

さて、図 1 6 は本実施形態の全体システムを図 1 5 とは別の角度から切り出して表現した概念図である。先の例ではそれぞれが製造装置を備えた複数のユーザー工場と、該製造装置のベンダーの管理システムとを外部ネットワークで接続して、該外部ネットワークを介して各工場の生産管理や少なくとも1台の製造装置の情報をデータ通信するものであった。これに対し本例は、複数のベンダーの製造装置を備えた工場と、該複数の製造装置のそれぞれのベンダーの管理システムとを工場外の外部ネットワークで接続して、各製造装置の保守情報をデータ通信するものである。図中、201は製造装置ユーザー（半導体デバイス製造メーカー）の製造工場であり、工場の製造ラインには各種プロセスを行う製造装置、ここでは例として露光装置202、レジスト処理装置203、成膜処理装置204が導入されている。なお図 1 6 では製造工場201は1つだけ描いているが、実際は複数の工場が同様にネットワーク化されている。工場内の各装置はＬＡＮ206で接続されてイントラネットを構成し、ホスト管理システム205で製造ラインの稼働管理がされている。一方、露光装置メーカー210、レジスト処理装置メーカー220、成膜装置メーカー230などベンダー（装置供給メーカー）の各事業所には、それぞれ供給した機器の遠隔保守を行なうためのホスト管理システム211,221,231を備え、これらは上述したように保守データベースと外部ネットワークのゲートウェイを備える。ユーザーの製造工場内の各装置を管理するホスト管理システム205と、各装置のベンダーの管理システム211,221,231とは、外部ネットワーク200であるインターネットもしくは専用線ネットワークによって接続されている。このシステムにおいて、製造ラインの一連の製造機器の中のどれかにトラブルが起きると、製造ラインの稼働が休止してしまうが、トラブルが起きた機器のベンダーからインターネット200を介した遠隔保守を受けることで迅速な対応が可能で、製造ラインの休止を最小限に抑えることができる。

#### 【 0 0 3 6 】

半導体製造工場に設置された各製造装置はそれぞれ、ディスプレイと、ネットワークインターフェースと、記憶装置にストアされたネットワークアクセス用ソフトウェアならびに装置動作のソフトウェアを実行するコンピュータを備える。記憶装置としては内蔵メモリやハードディスク、あるいはネットワークファイルサーバーなどである。上記ネットワークアクセス用ソフトウェアは、専用又は汎用のウェブブラウザを含み、例えば図 1 7 に一例を示す様な画面のユーザーインターフェースをディスプレイ上に提供する。各工場では製造装置を管理するオペレータは、画面を参照しながら、製造装置の機種（401）、シリアルナンバー（402）、トラブルの件名（403）、発生日（404）、緊急度（405）、症状（406）、対処法（407）、経過（408）等の情報を画面上の入力項目に入力する。入力された情報はインターネットを介して保守データベースに送信され、その結果の適切な保守情報が保守データベースから返信されディスプレイ上に提示される。またウェブブラウザが提供するユーザーインターフェースはさらに図示のごとくハイパーリンク機能（410～412）を実現し、オペレータは各項目の更に詳細な情報にアクセスしたり、ベンダーが提供するソフトウェアライブラリから製造装置に使用する最新バージョンのソフトウェアを引出したり、工場のオペレータの参考に供する操作ガイド（ヘルプ情報）を引出したりすることができる。

#### 【 0 0 3 7 】

次に上記説明した生産システムを利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。図 1 8 は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（露光制御データ作製）では設計し

10

20

30

40

50

た回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データを作製する。一方、ステップ3(ウエハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の組立て工程を含む。ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これを出荷(ステップ7)する。前工程と後工程はそれぞれ専用の別の工場で行い、これらの工場毎に上記説明した遠隔保守システムによって保守がなされる。また前工程工場と後工程工場との間でも、インターネットまたは専用線ネットワークを介して生産管理や装置保守のための情報がデータ通信される。

10

#### 【0038】

図19は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11(酸化)ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウエハ表面に絶縁膜を成膜する。ステップ13(電極形成)ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17(現像)では露光したウエハを現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。各工程で使用する製造機器は上記説明した遠隔保守システムによって保守がなされているので、トラブルを未然に防ぐと共に、もしトラブルが発生しても迅速な復旧が可能で、従来に比べて半導体デバイスの生産性を向上させることができる。

20

#### 【0039】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、クロストークを軽減した荷電粒子光学系アレイを提供することができる。そして、これを含む荷電粒子線露光装置、および、当該荷電粒子線露光装置を利用したデバイス製造方法を提供することができる。

30

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】電子光学系アレイの構造を説明する図

【図2】上電極(下電極)とシールド電極の作製方法を説明する図

【図3】中間電極の作製方法を説明する図

【図4】電極同士の接合の方法を説明する図

【図5】電極同士の接合が完成した状態を説明する図

【図6】電子光学系アレイの別例の構造を説明する図

【図7】電子光学系アレイの別例の構造を説明する図

【図8】電子光学系アレイの別例の構造を説明する図

【図9】電子光学系アレイの別例の構造を説明する図

40

【図10】クロストークの発生を説明する図

【図11】電子光学系アレイの別例の構造を説明する図

【図12】電子光学系アレイの別例の構造を説明する図

【図13】マルチビーム型露光装置の全体図

【図14】補正電子光学系の詳細を説明する図

【図15】半導体デバイス生産システムの例をある角度から見た概念図

【図16】半導体デバイス生産システムの例を別の角度から見た概念図

【図17】ディスプレイ上のユーザーインターフェースを示す図

【図18】半導体デバイスの製造プロセスのフローを説明する図

【図19】ウエハプロセスの詳細を説明する図

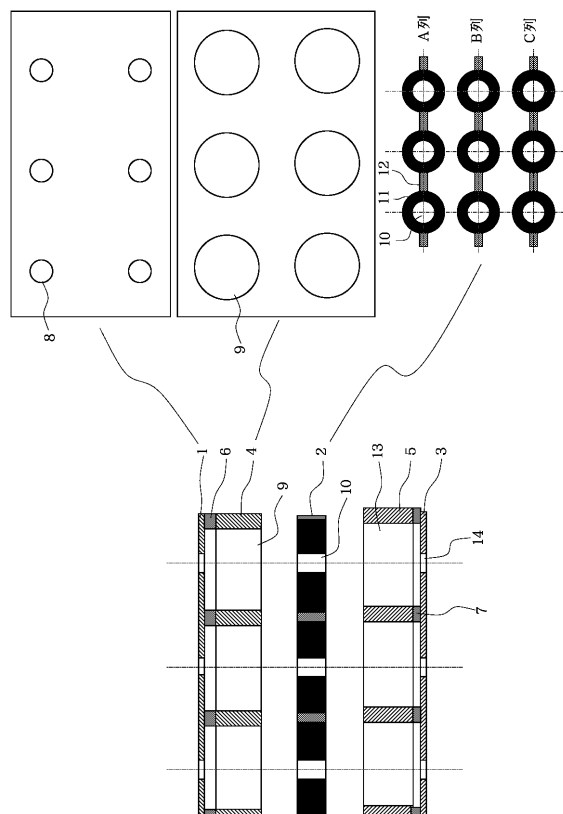
50

## 【符号の説明】

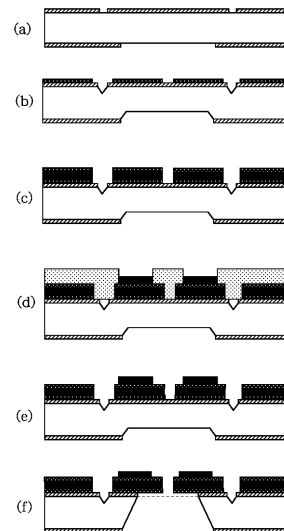
- 1 上電極
- 2 中間電極
- 3 下電極
- 4 上シールド電極
- 5 下シールド電極
- 6 絶縁膜
- 7 絶縁膜
- 8 上電極の開口
- 9 上シールド電極の開口
- 10 中間電極の開口
- 11 中間電極の個々の電極素子
- 12 配線
- 13 下シールド電極の開口
- 14 下電極の開口

10

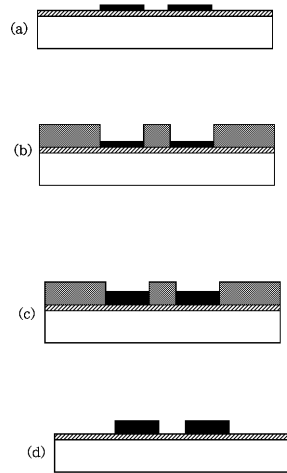
【図 1】



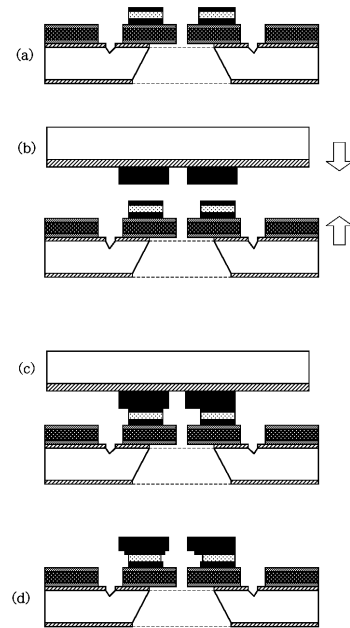
【図 2】



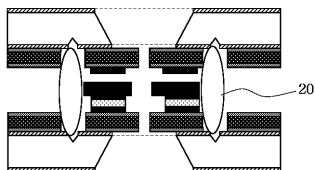
【図 3】



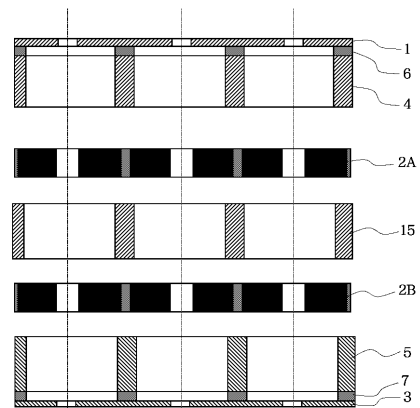
【図 4】



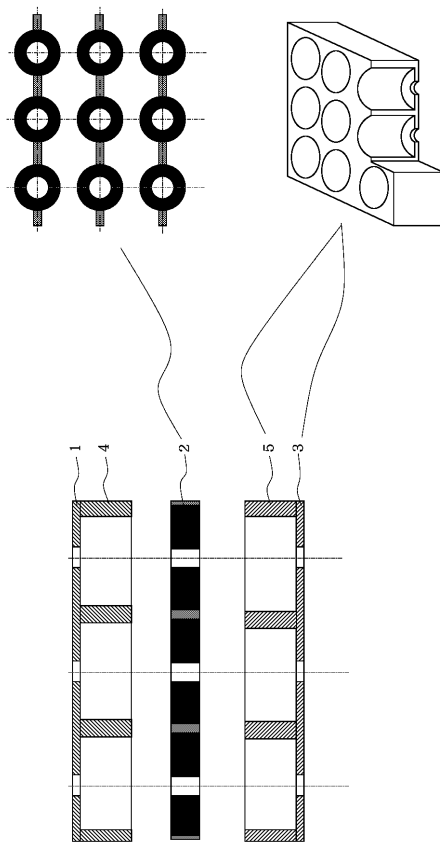
【図 5】



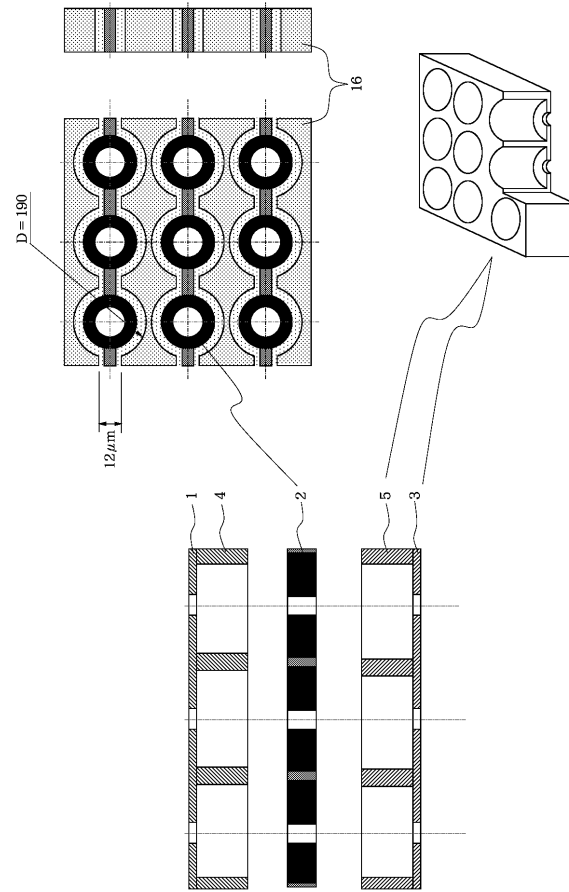
【図 6】



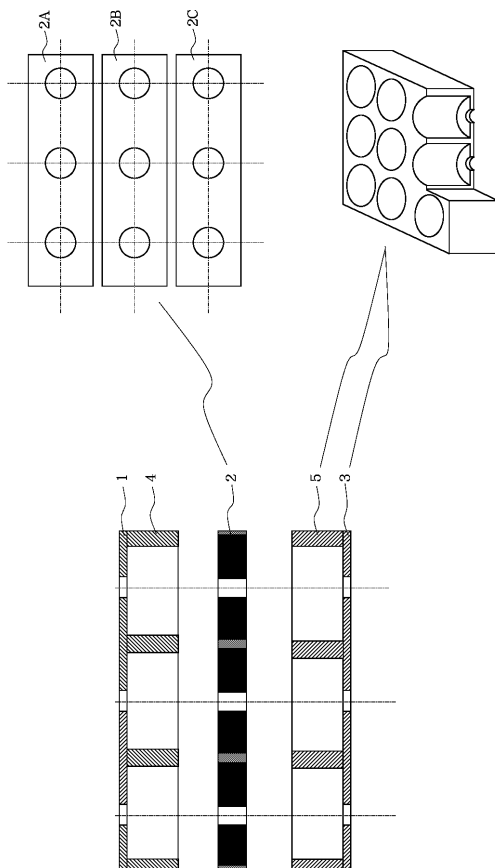
【図 7】



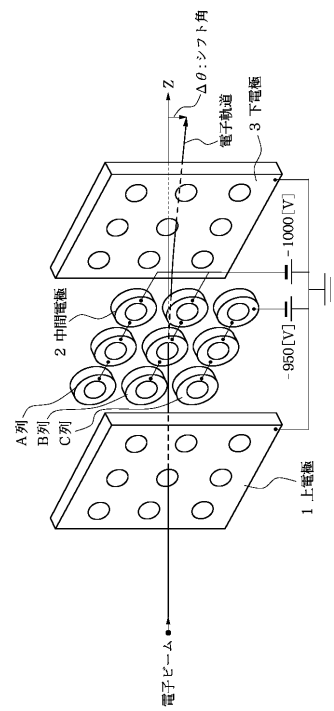
【図 8】



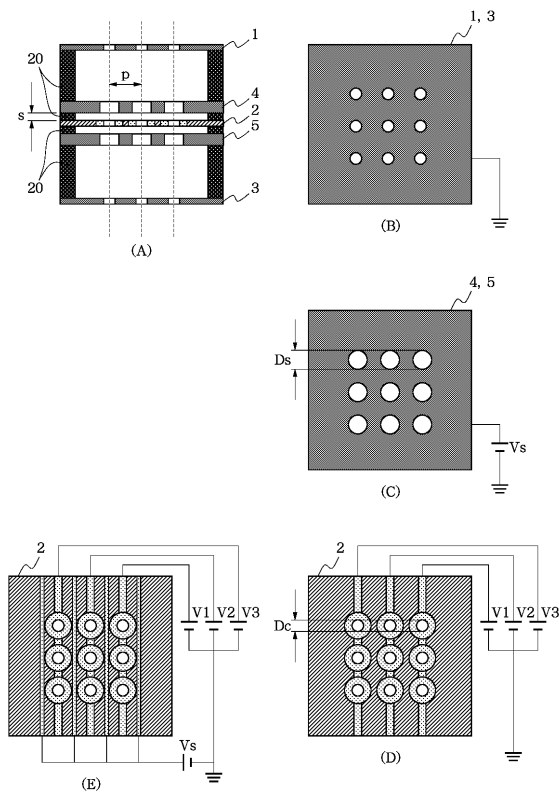
【図 9】



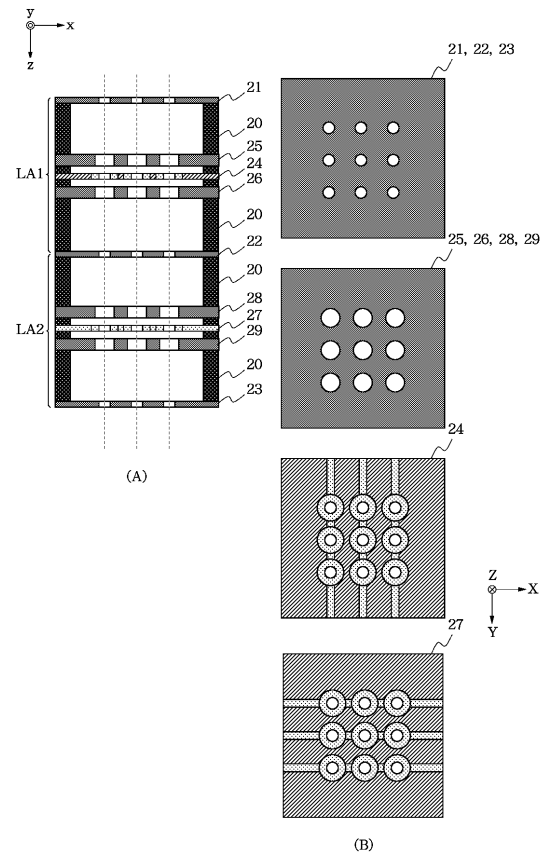
【図 10】



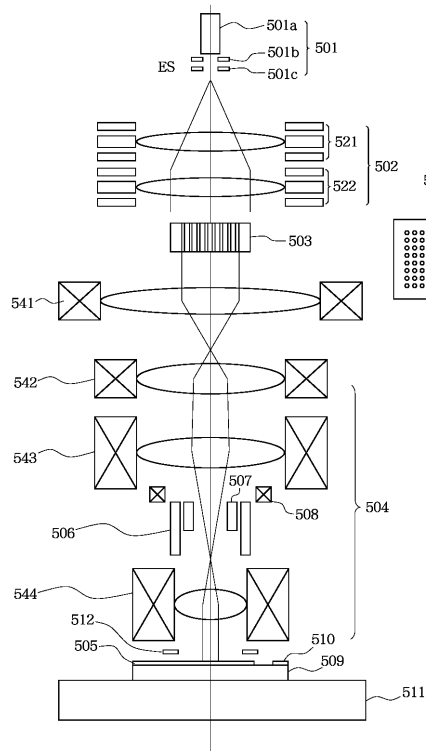
【図 1 1】



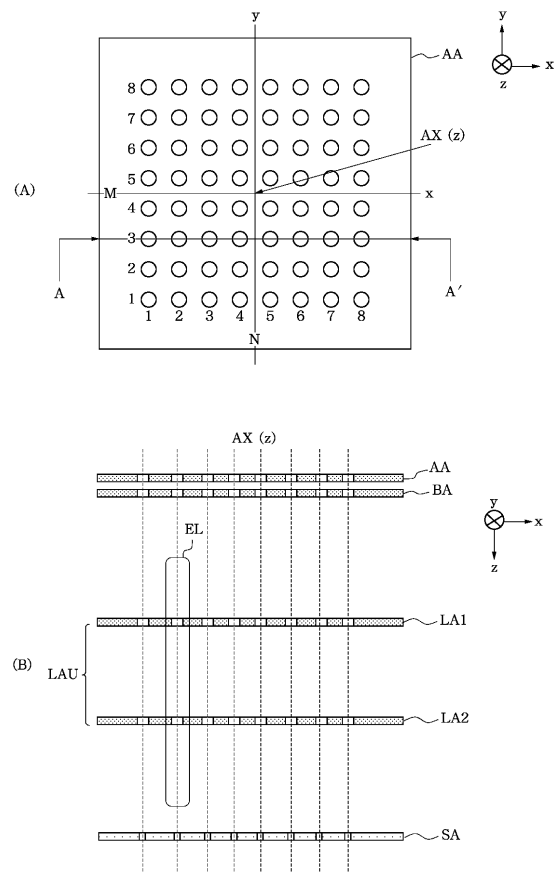
【図 1 2】



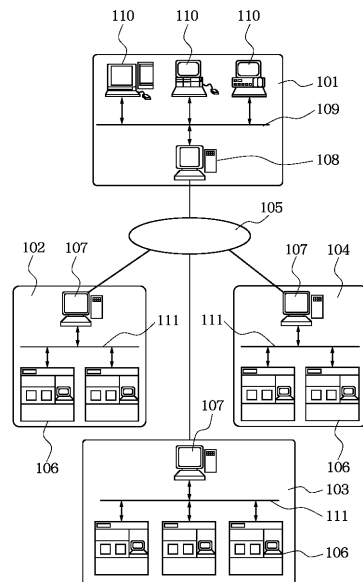
【図 1 3】



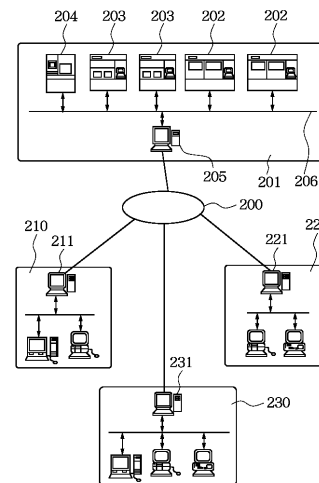
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



【図 17】

URL <http://www.maintain.co.jp/db/input.html>

トラブルDB入力画面

発生日 2000/3/15 (404)

機種 \*\*\*\*\* (401)

件名 動作不良(立上時エラー) (403)

機器S/N 466NS4580001 (402)

緊急度 D (405)

症状 電源投入後LEDが点滅し続ける (406)

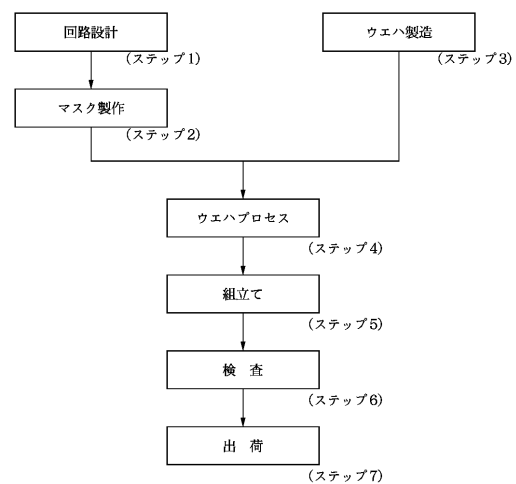
対処法 電源再投入(起動時に赤ボタンを押下) (407)

経過 暫定対処済み (408)

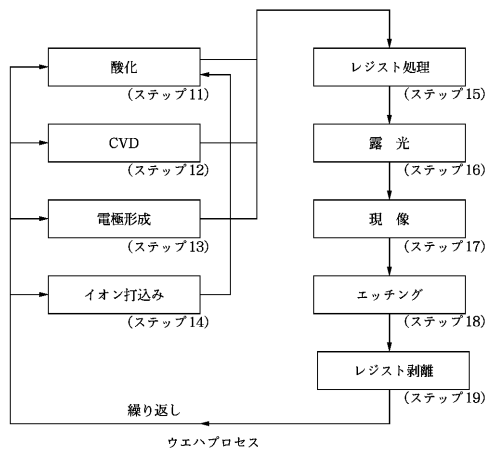
送る (410) リセット (411) ソフトウェアライブラリ (412) 操作ガイド

結果一覧データベースへのリンク

【図 18】



【図 19】





## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 J 37/305 (2006.01) H 0 1 J 37/12  
H 0 1 J 37/24  
H 0 1 J 37/305 B

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 2 6 3 4 9 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 0 2 6 3 4 8 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 0 0 3 8 4 5 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 3 3 5 2 2 3 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 2 9 3 6 5 4 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 1 9 5 5 8 9 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 2 4 5 7 0 8 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H01L 21/027