

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4828162号
(P4828162)

(45) 発行日 平成23年11月30日 (2011.11.30)

(24) 登録日 平成23年9月22日 (2011.9.22)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 J 37/28 (2006.01)
 GO 1 B 15/00 (2006.01)
 GO 1 N 23/225 (2006.01)
 HO 1 J 37/20 (2006.01)
 HO 1 L 21/66 (2006.01)

HO 1 J 37/28 B
 GO 1 B 15/00 B
 GO 1 N 23/225
 HO 1 J 37/20 H
 HO 1 L 21/66 J

請求項の数 14 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2005-158282 (P2005-158282)
 (22) 出願日 平成17年5月31日 (2005.5.31)
 (65) 公開番号 特開2006-338881 (P2006-338881A)
 (43) 公開日 平成18年12月14日 (2006.12.14)
 審査請求日 平成20年3月6日 (2008.3.6)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 100080001
 弁理士 筒井 大和
 (72) 発明者 小山 光
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所 中央研究所内
 (72) 発明者 牧野 浩士
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所 中央研究所内
 (72) 発明者 佐藤 貢
 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事
 業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子顕微鏡応用装置および試料検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

試料の上部に設置した帯電制御電極および前記試料に紫外光を照射し、前記帯電制御電極と前記試料との間に印加した電界により、前記帯電制御電極および前記試料から発生する光電子の前記試料への入射を制御する手段を有し、

前記試料を正帯電させる場合には、前記試料の電位よりも前記帯電制御電極の電位が大きくなるように電圧を印加し、かつ前記試料および前記帯電制御電極に前記紫外光を照射し、

前記試料を負帯電させる場合には、前記帯電制御電極の電位よりも前記試料の電位が大きくなるように電圧を印加し、かつ前記試料および前記帯電制御電極に前記紫外光を照射し、

前記帯電制御電極に印加する電圧を制御して、前記試料の表面の電界を制御すると同時に、前記試料の帯電電位を前記帯電制御電極の電位と前記試料の電位との差電位に設定することを特徴とする電子顕微鏡応用装置。

【請求項2】

試料の上部に設置され少なくとも1つ以上の孔を有する帯電制御電極と、

前記試料および前記帯電制御電極に紫外光を照射する紫外光源とを備え、

前記試料を正帯電させる場合には、前記試料の電位よりも前記帯電制御電極の電位が大きくなるように電圧が印加され、かつ前記試料および前記帯電制御電極に前記紫外光が照射され、

10

20

前記試料を負帯電させる場合には、前記帯電制御電極の電位よりも前記試料の電位が大きくなるように電圧が印加され、かつ前記試料および前記帯電制御電極に前記紫外光が照射され、

前記帯電制御電極に印加する電圧が制御されて、前記試料の表面の電界が制御されると同時に、前記紫外光は、前記帯電制御電極の孔を通して前記試料に照射され、前記試料の帯電電位を前記帯電制御電極の電位と前記試料の電位との差電位に設定されることを特徴とする電子顕微鏡応用装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の電子顕微鏡応用装置において、

前記帯電制御電極がメッシュ形状であり、メッシュの孔を通して前記紫外光が前記試料に照射されることを特徴とする電子顕微鏡応用装置。

10

【請求項 4】

請求項 2 記載の電子顕微鏡応用装置において、

前記帯電制御電極と前記試料との間に印加した電界により、前記帯電制御電極および前記試料から発生する光電子の前記試料への入射を制御する手段を有することを特徴とする電子顕微鏡応用装置。

【請求項 5】

請求項 2 記載の電子顕微鏡応用装置において、

前記試料の帯電を制御するために、前記紫外光の波長が 177 nm 以下であり、前記試料が製造途中の半導体ウェハであることを特徴とする電子顕微鏡応用装置。

20

【請求項 6】

請求項 2 記載の電子顕微鏡応用装置において、

前記帯電制御電極は、光電子放出効率が高い化合物が蒸着されていることを特徴とする電子顕微鏡応用装置。

【請求項 7】

試料の上部に設置した帯電制御電極および前記試料に紫外光を照射し、前記試料の検査を行う試料検査方法であって、

前記帯電制御電極と前記試料との間に印加した電界により、前記帯電制御電極および前記試料から発生する光電子の前記試料への入射を制御し、

前記試料を正帯電させる場合には、前記試料の電位よりも前記帯電制御電極の電位が大きくなるように電圧を印加し、かつ前記試料および前記帯電制御電極に前記紫外光を照射し、

30

前記試料を負帯電させる場合には、前記帯電制御電極の電位よりも前記試料の電位が大きくなるように電圧を印加し、かつ前記試料および前記帯電制御電極に前記紫外光を照射し、

前記帯電制御電極に印加する電圧を制御して、前記試料の表面の電界を制御すると同時に、前記試料の帯電電位を前記帯電制御電極の電位と前記試料の電位との差電位に設定することを特徴とする試料検査方法。

【請求項 8】

請求項 7 記載の試料検査方法において、

前記帯電制御電極はメッシュ形状であり、メッシュの孔を通して前記紫外光を前記試料に照射することを特徴とする試料検査方法。

40

【請求項 9】

請求項 8 記載の試料検査方法において、

前記帯電制御電極に前記試料に対して負電圧を印加し、前記帯電制御電極から放出された光電子を前記試料に引き戻す電界を発生させ、

前記帯電制御電極のメッシュの孔を通して前記紫外光を照射し、

前記帯電制御電極から発生した光電子を前記試料に引き戻すことにより、前記試料を負帯電させることを特徴とする試料検査方法。

【請求項 10】

50

請求項 8 記載の試料検査方法において、
前記帯電制御電極に前記試料に対して正電圧を印加し、前記試料から放出された光電子を前記試料から引き上げる電界を発生させ、
前記帯電制御電極のメッシュの孔を通して前記紫外光を照射し、
前記試料から発生した光電子を前記試料から引き上げることにより、前記試料を正帯電させることを特徴とする試料検査方法。

【請求項 1 1】

請求項 7 記載の試料検査方法において、
前記帯電制御電極が、約中心に貫通した孔を持つ形状であり、
前記孔を通して前記紫外光を前記試料に照射することを特徴とする試料検査方法。

10

【請求項 1 2】

請求項 7 記載の試料検査方法において、
前記帯電制御電極は、光電子放出効率が高い化合物が蒸着されていることを特徴とする試料検査方法。

【請求項 1 3】

請求項 7 記載の試料検査方法において、
前記試料の製造工程で、荷電粒子による計測工程の前または後に、前記試料に残留している帯電を除去することを特徴とする試料検査方法。

【請求項 1 4】

請求項 7 記載の試料検査方法において、
荷電粒子ビームを走査することで像を形成して前記試料上のパターンを計測する際、前記荷電粒子ビームの走査の合間に前記紫外光を前記試料に照射し、前記試料の観察領域内の帯電を除去しつつ、前記像を取得することを特徴とする試料検査方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子顕微鏡応用装置および試料検査方法に関し、特に、表面が絶縁物で覆われている試料、例えば半導体装置または絶縁性の基板等の表面の電位を制御する装置および方法、ならびに帯電制御装置を備えた半導体装置または絶縁性の基板等の計測装置および計測方法に適用して有効な技術に関する。

30

【背景技術】

【0002】

本発明者が検討した技術として、例えば、電子顕微鏡応用装置及び試料検査方法においては、以下の技術が考えられる。

【0003】

現在、シリコンデバイスの製造ラインでは、工程途中のウェハを検査することが必要不可欠である。工程途中のウェハを検査することで、欠陥を早期に発見し、欠陥の発生原因となるプロセスを特定する判断材料となるからである。検査結果をプロセス条件にフィードバックすれば、欠陥数を低減し、ウェハ 1 枚から取得できるチップ数、歩留まりを改善することができる。

40

【0004】

ウェハを検査し欠陥を発見する装置として、主に光学式検査装置と電子線式検査装置が用いられている。光学式検査装置は、原理としては光学顕微鏡であり、異物、パターン欠陥などの形状欠陥を発見することができる。しかし、設計ルールの微細化が進展し、光学式検査装置では検出できない微小な形状欠陥や電氣的欠陥が問題となっている。そこで、光学式検査装置では検出できない欠陥も検出することができる電子線式検査装置が注目されており、数社で開発が進められている。

【0005】

この電子線式検査装置によるシリコンデバイスの電氣的欠陥の検出は、ウェハ表面に形成された回路パターンを帯電させ、それにより顕在化されるコントラストを用いて行われ

50

る。これは電位コントラスト法といわれ、シリコンデバイスの電氣的欠陥を検出するのに有効な手段である。そして、この電位コントラストを用いた検査を再現性良く、且つ高い精度で行うためには、検査対象である回路パターンの帯電を高精度に制御する必要がある、この制御精度の向上が電氣的欠陥の検出精度向上に直結する。

【0006】

ウェハ表面の帯電を制御する方法として、電子線照射による方法と紫外光照射による方法が開示されている（例えば、特許文献1，2参照）。どちらの方法とも、電子線式検査装置で観察する領域より広い領域に電子線もしくは紫外光を照射し、帯電を均一化することを目的としている。

【0007】

10

また、電子線観察により生じた帯電を除去する方法が開示されている（例えば、特許文献3参照）。この特許では、紫外光を直接試料に照射するのではなく、紫外光を金属に照射し、光電効果により放出される光電子を試料に照射することで、試料の帯電を除去、もしくは均一にしている。

【特許文献1】特表2002-524827号公報

【特許文献2】特開平11-121561号公報

【特許文献3】特開2004-363085号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

20

ところで、前記のような技術について、本発明者が検討した結果、以下のようなことが明らかとなった。

【0009】

例えば、特許文献3では、紫外光を電極に照射して、電極から放出される光電子を試料に吸着させることで試料の帯電を除去する方法が開示されている。

【0010】

しかし、この方法では処理速度と帯電の制御精度に問題がある。

【0011】

まず、処理速度については、特許文献3の方法では、光電子が放出される電極が試料から離れている為、試料に吸収されない光電子の割合が大きくなる。帯電を除去する速度は試料に吸収される光電子数に比例する為、処理速度を向上させるには電極と試料の距離を工夫する必要がある。また、帯電の制御性については、特許文献3の方法では、試料に対して負の電圧を電極に印加する為、試料表面は電極に印加した電圧まで帯電が進行する。試料表面の帯電を除去すなわち0Vにしたい場合、帯電を制御する機構が別途必要である。さらに、試料を正に帯電させることは原理上、困難である。

30

【0012】

そこで、本発明の目的は、電子顕微鏡応用装置および試料検査方法において、試料の帯電を制御することができる技術を提供することにある。

【0013】

本発明の前記並びにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面にて明らかにする。

40

【課題を解決するための手段】

【0014】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0015】

上記課題を解決する為、本発明に係る電子顕微鏡応用装置では、光電子を放出する電極を、試料の直上に平行に配置し、且つ、電極を通して紫外光を試料に照射できるように、貫通する孔を持つ構造とした。具体的には、メッシュ形状もしくは1つあるいは複数の孔が開いた金属板を電極とする。

50

【0016】

電極を試料の直上に平行に設置することで、負電圧を印加した場合、試料に対してほぼ垂直に電界が発生する為、光電子が効率良く試料に吸着する。また、試料と同程度の大きさを持つ電極を使用する事で、試料全面の帯電を一括で均一に除去でき、処理にかかる時間を短縮することができる。

【0017】

さらに、帯電を除去するだけでなく、積極的に制御することも可能である。試料を負に帯電させたい場合は、電極電位を試料に対して負に設定し、紫外光を照射する。電極から放出された光電子は電界により試料に引戻され、吸着する。試料の帯電はマイナス方向に進行し電極と同電位になると、試料に吸着する光電子と試料から放出される光電子が平衡状態になり、帯電が飽和する。

10

【0018】

逆に試料を正に帯電させたい場合は、電極電位を試料に対して正に設定し、紫外光を照射する。電極を通して紫外光が試料に照射され、試料から光電子が放出される。電子が放出される為、試料の帯電はプラス方向に進行し、電極と同電位まで帯電した時点で、試料から放出される光電子と試料に吸着する光電子が平衡状態になり、帯電が飽和する。

【0019】

以上の過程により、試料の帯電を制御することが可能である。

【発明の効果】

【0020】

20

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0021】

(1) 荷電粒子による計測装置に適用することにより、計測装置の測定精度、再現性の向上が実現できる。

【0022】

(2) 荷電粒子を用いた半導体の検査装置に適用することにより、電気的特性不良の高感度検出が実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

30

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0024】

(実施の形態1)

図1は本発明の実施の形態1による電子顕微鏡応用装置の構成を示す図である。

【0025】

まず、図1により、本実施の形態1による電子顕微鏡応用装置の構成の一例を説明する。本実施の形態1の電子顕微鏡応用装置は、例えば、SEM式半導体パターン検査装置とされる。この検査装置は大きく分けて、SEM筐体10、帯電制御筐体6、試料室20、試料準備室70、SEM制御部50、帯電制御システム部60、検査システム制御部90、真空排気システム部80、ステージ制御部40などで構成され、SEM筐体10、帯電制御筐体6、試料室20、試料準備室70は真空排気システム部80により真空排気されているものとする。

40

【0026】

まず、このSEM式半導体パターン検査装置の基本的な構成について説明する。SEM筐体10は、電子源11、コンデンサレンズA12、絞り13、コンデンサレンズB14、検出器15、偏向器16、対物レンズ17、帯電制御電極18などで構成される。

【0027】

試料室20は、ステージ23、絶縁材22、ウェハホルダ21、ウェハ3で構成され、

50

ウェハホルダ２１とウェハ３は接地されたステージ２３とは、絶縁材２２で電氣的に絶縁されており、外部からリターディング電源４２で、電圧が印加できるようになっている。

【００２８】

また、ステージ２３はＳＥＭ筐体１０の中心軸に対して、垂直方向に２次元的にウェハ３とウェハホルダ２１を動かすことができ、ステージ２３の移動は、ステージ制御部４０内のステージコントローラ４４、ステージ駆動部４３で制御される。

【００２９】

ＳＥＭ制御部５０は、ＳＥＭ用電子銃電源５１、レンズ制御部５２で構成される。電子源１１から放出された１次電子は、コンデンサレンズＡ１２、コンデンサレンズＢ１４、対物レンズ１７を用いてウェハ３上に焦点を結ぶように調整される。

10

【００３０】

このとき、ウェハ３に入射する１次電子のエネルギーは、電子源１１に印加した陰極電圧とウェハ３に印加したリターディング電圧の差で決まり、リターディング電圧を変えることで、ウェハ３に入射する１次電子のエネルギーを変えることができる。ウェハ３から発生した２次電子は加速され検出器１５に引き込まれる。ここで、走査像を形成するためには、１次電子がウェハ３上を走査するよう偏向器１６で１次電子を偏向し、検出器１５で取り込まれた２次電子をＡＤコンバータ部３１でデジタル信号に変換し、光ファイバ３２、画像処理部３３へ信号を送る。そして、画像処理部３３では走査信号と同期した２次電子信号のマップとして走査像を形成する。ここで、検出器１５とＡＤコンバータ部３１は正極性の高電圧にフローティングされているものとする。画像処理部３３では、ウェハ３内で場所の異なる同一パターンの画像を比較し、欠陥部を抽出する。そして、抽出した欠陥の座標データと、欠陥部の画像を検査結果として記憶する。この検査結果は随時、画像表示部３４にてウェハ３内の欠陥分布、及び欠陥画像としてユーザが確認することができる。

20

【００３１】

ここに示した半導体パターン検査装置では、常に最適な検査が行われるよう検査システム制御部９０が、検査するウェハのパターン及びプロセスの情報、検査条件、検査領域、欠陥検出の閾値等を記憶し、装置全体を一括に管理及び制御する。これにより半導体パターン検査装置では、オペレータの有無に関わらずウェハの検査を行い、半導体パターンの不良をモニタできる仕組みになっている。

30

【００３２】

図２は、図１の帯電制御筐体６の詳細な構成を示す図、図３は、図１の帯電制御筐体６の他の詳細な構成を示す図である。図２に示すように、帯電制御筐体６は、紫外光源１、帯電制御電極４などから構成され、帯電制御システム部６０に接続されている。帯電制御電極４は、メッシュ（網目）形状または多孔板形状となっており、複数の貫通孔が開いている。帯電制御電極４は、帯電の電圧値、帯電処理のフロー等の情報が検査対象のウェハごとに記憶されている検査システム制御部９０によりその動作が一括に管理及び制御されるものとする。

【００３３】

帯電制御システム部６０には、帯電制御装置６１、紫外光源電源６２、制御電極電源６３、帯電モニタ部６４が含まれており、帯電制御装置６１が検査システム制御部９０より送られる前記の情報をもとに紫外光源電源６２、制御電極電源６３、帯電モニタ部６４を制御する。

40

【００３４】

図２は図１中の帯電制御筐体６と帯電制御システム部６０とを拡大して示したもので、紫外光源１と、試料室２０、紫外光源電源６２、制御電極電源６３、帯電モニタ部６４で構成されている。紫外光源１は試料室２０の上に取付けられており、帯電制御電極４を通してウェハ３に紫外光を照射できる配置になっている。紫外光源電源６２は、紫外光源１から紫外光を放出させるために用いる。制御電極電源６３は帯電制御電極４とウェハ３の間に無電界を含む任意の電界強度を形成するために用い、帯電モニタ部６４は帯電制御電

50

極4及びウェハ3に流れ込む吸収電流をモニタする機能を備えている。試料室20はウェハ3とウェハホルダ21で構成され、試料ステージ23上に配置されている。試料ステージ23は、紫外光源1から照射される紫外光が試料全面に照射されるよう制御されることとする。また、ウェハ3は、SEM筐体10直下と帯電制御筐体6直下の間を試料ステージ23により移動する。

【0035】

ウェハ3の帯電制御は、ウェハ3直上に配置した帯電制御電極4とウェハ3の電位差で決定することができる。

【0036】

図4および図5は、本実施の形態による電子顕微鏡応用装置において、試料（ウェハ3）表面の帯電を制御する方法を示す説明図である。

10

【0037】

ウェハ3の表面を正に帯電させたい場合、正バイアス（帯電制御電極4の電位>ウェハ3の電位）を印加しつつ、紫外光を照射する。紫外光は、帯電制御電極4および帯電制御電極4の孔を通してウェハ3に照射され、それぞれから光電子2が放出される。光電子2は、電界により帯電制御電極4方向に引き上げられる為、ウェハ3表面は電子が欠乏した状態になり、正帯電する（図4）。

【0038】

ウェハ3の表面を負に帯電させたい場合、負バイアス（帯電制御電極4の電位<ウェハ3の電位）を印加しつつ、紫外光を照射する。紫外光は、帯電制御電極4および帯電制御電極4の孔を通してウェハ3に照射され、それぞれから光電子2が放出される。この場合は正バイアス時とは異なり、光電子2は電界によりウェハ3方向に引き戻される為、ウェハ3表面は電子が過剰な状態になり、負帯電する（図5）。

20

【0039】

また、ウェハ3と帯電制御電極4を同電位にすることにより、ウェハ3表面の帯電をほぼ0Vにすることが可能である。

【0040】

本実施の形態で用いる紫外光源1は、帯電制御電極4およびウェハ3から光電子を放出させることができるエネルギーを持つ紫外光を放射できねばならない。帯電制御電極4の材料は、金属もしくは量子効率が高い化合物を用いる。また、光電子放出効率が高い化合物を帯電制御電極4に蒸着してもよい。金属の仕事関数は元素にもよるが4.5 eV前後であるので、波長275 nm以下の紫外光を用いる必要があり、この波長領域の紫外光を用いればウェハ3を負帯電させることができる。

30

【0041】

また通常、ウェハ3の表面はシリコン酸化膜、シリコン窒化膜などの絶縁材料で覆われており、これらの材料の仕事関数は7 eV以上である。よって、ウェハ3を正帯電させる場合は波長177 nm以下の紫外光を用いる必要がある。

【0042】

該波長領域より波長が短い紫外光は半導体デバイスの特性を劣化させる場合がある。特に波長領域が10 nm以下であり、EUV (Extreme Ultraviolet) と通称される範囲の紫外光である。その為、図3に示すように、紫外光源1とウェハ3の間に波長領域が10 nm以下の紫外光を遮蔽するフィルタ5を挟み、半導体デバイスの劣化を防止する。図3では、紫外光源1とウェハ3の間にフィルタ5を設置する構成としている。

40

【0043】

図2に示す構成では、紫外光は帯電制御電極4とウェハ3に同時に照射される。ウェハ3を正に帯電させたい場合は、帯電制御電極4にウェハ3に対してプラスの電圧を印加し、ウェハ3から放出される光電子2を引き上げる（図4）。帯電制御電極4とウェハ3の帯電が同電位になると、光電子2を引き上げる電界が無くなる為、同電位以上にはウェハ3は帯電しない。

50

【0044】

ウェハ3を負に帯電させたい場合は、帯電制御電極4にウェハ3に対してマイナスの電圧を印加し、帯電制御電極から放出される光電子2をウェハ3に引き戻す(図5)。帯電制御電極4とウェハ3の帯電が同電位になると、光電子2を引き戻す電界が無くなる為、同電位以下にはウェハ3は帯電しない。

【0045】

ウェハ3の帯電が飽和したかどうかは、ウェハ3の吸収電流をモニタすることで判定する。上で述べたように、ウェハ3の帯電電位と帯電制御電極4が同電位になると、光電子2が引き上げられなくなる、もしくは引き戻されなくなる為、ウェハ3の吸収電流が減少し、ほとんど電流が流れなくなる。

10

【0046】

図6は、本実施の形態の電子顕微鏡応用装置において、帯電制御電極4と試料(ウェハ3)との電位差と、試料吸収電流との関係を示す図である。図6は、横軸に帯電制御電極電圧 V_{CC} とウェハ帯電電位 V_w の差の絶対値、縦軸にウェハ吸収電流をとったグラフである。 V_{CC} と V_w の差がゼロに近づくに従って、吸収電流が減少しほぼゼロになっている。よって、ウェハ3の吸収電流から帯電が飽和したか否かの判定が可能である。

【0047】

次に、電子線式外観検査装置における試料検査方法について述べる。

【0048】

まず、帯電制御電極4に所望の電圧を印加し、紫外光源1を点灯し、帯電制御電極4の下にウェハ3を通過させる。ウェハ全面を帯電させたい場合は、帯電制御電極4の下をウェハ全面が通過するようにステージ23を制御する。図7および図8は、本実施の形態の試料検査方法において、ウェハの移動方式を示す図である。ウェハの移動方式は、図8に示すように一定の速度で連続的に移動し、ウェハ全面の帯電を一度に制御する方式と、図7に示すように予め設定されたウェハ上の領域 P_k ($k=1\sim n$)まで一度に進んで停止する方式のどちらでもよい。

20

【0049】

以上の方法により、ウェハ3の帯電を制御した例を図9に示す。帯電制御電極4の電圧とウェハ3(試料)の電位が一次の比例関係にあり、ウェハ3の帯電が制御できることがわかる。また、図9中(a)、(b)、(c)の各帯電状態における、シリコン酸化膜中に形成されたコンタクトホール(S E M像を図10(a)、(b)、(c)に示す。図10(a)は、ウェハ3がマイナスに帯電した場合のS E M像を示しており、コンタクトホールは周囲の酸化膜より暗く観察される。なお、丸い部分がコンタクトホールであり周囲が酸化膜の部分である。図10(b)は、ウェハ3の電位がほぼ0V、つまり帯電していない場合のS E M像を示しており、コンタクトホールと周囲の酸化膜のコントラストは低く観察される。図10(c)は、ウェハ3がプラスに帯電した場合のS E M像を示しており、コンタクトホールは周囲の酸化膜より明るく観察される。このように、ウェハ3の帯電状態に対応したコントラストを持つS E M像が観察でき、本発明による帯電制御方法が有効であることが確認できた。

30

【0050】

ここではシリコン酸化膜を例に挙げて説明したが、他の絶縁材料例えばシリコン窒化膜、レジストであれば同様の効果が実現できる。

40

【0051】

なお、本実施の形態では半導体パターン検査装置を例に帯電の制御装置及び方法について示したが、本発明に係る電子顕微鏡応用装置および試料検査方法は、半導体のパターン寸法計測、半導体製造プロセスでの帯電除去処理に適用させることが可能であり、且つ処理の対象となる試料は半導体装置に限らず、試料表面の構造が絶縁膜で形成されている試料全てに適用可能である。

【0052】

(実施の形態2)

50

前記実施の形態１で示した電子顕微鏡応用装置では、紫外光源１と帯電制御電極４を用いて試料表面の帯電を正負両極性に制御できることを示した。本実施の形態２では、ウェハ３と同程度の面積に紫外光を照射し、ウェハ全面の帯電を一括で制御する方法について示す。

【００５３】

図１１は本実施の形態２に係る電子顕微鏡応用装置の構成を示す図、図１２は、図１１の帯電制御筐体６の詳細な構成を示す図である。

【００５４】

図１２は本実施の形態に係る電子顕微鏡応用装置を半導体パターン検査装置に搭載した例を示したものであり、紫外光源１は試料準備室７０上に搭載されている。従って、本実施の形態２の半導体パターン検査装置では、試料準備室７０で帯電制御の処理を行い、その後、試料室２０に試料を搬送し、検査を行う手順となる。また、帯電制御システム部６０には、紫外光源電源６２、帯電モニタ部６４が含まれており、前記実施の形態１同様これらは検査システム制御部９０により、その動作が一括に管理及び制御されるものとする。

10

【００５５】

本実施の形態２では図１２に示すように、紫外光をウェハ全面に照射する為、ウェハ全面の帯電を一括で均一に制御することが可能である。また、一括で帯電を制御できるので、照射時間を短縮でき、スループットの向上に役立つ。

【００５６】

本実施の形態２では、検査対象のウェハが本検査装置で検査を行う以前のプロセスの影響で帯電している場合でも、試料準備室７０で帯電を除去することが可能である。検査直前に帯電を除去することで、ウェハの帯電状態を一定に保持できる為、検査の再現性が向上する。

20

【００５７】

（実施の形態３）

図１３は、本実施の形態３に係る電子顕微鏡応用装置の構成を示す図である。

【００５８】

図１３は本実施の形態に係る電子顕微鏡応用装置を半導体パターン検査装置に搭載した例を示したものである。本実施の形態３に示す帯電制御装置は既存の装置に取り付け可能な紫外光源であり、他の荷電粒子を用いた装置においても、該紫外光源を搭載し、効果を実現することができる。図１３中で紫外光源１は対物レンズ１７の下に取付けられ、被検査領域とはほぼ同一またはその近傍を照射できるようになっている。つまり本実施の形態３での被検査領域とは、ＳＥＭ筐体１０に搭載されている電子源１１より放出された電子が、集束してウェハ３に照射される領域であり、紫外光源１はその領域を照射するよう取付けられている。

30

【００５９】

検査及び帯電制御の工程は、ユーザが入力する検査条件、帯電制御の処理条件をもとに検査システム制御部９０で一括に管理及び制御を行う。検査の工程では、ステージ制御部４０のリレー回路４１がリターディング電源４２に切り換え、ウェハ３にリターディング電圧が印加される仕組みになっており、電子源１１より放出された電子を用いて、被検査領域の画像を形成する。なお、このとき紫外光源１から放出される紫外光が前記画像形成の弊害にならないよう、紫外光源電源６２が紫外光源１を制御している。一方、帯電制御の工程では、リレー回路４１は帯電モニタ部６４に切り換え、帯電制御の工程でウェハ３に流れる吸収電流がモニタできる仕組みになっている。帯電の均一化は紫外光源１から照射される紫外光がウェハ３の少なくとも検査領域より広い領域を隈なく照射するようステージ２３が移動し、且つこの処理を少なくとも１回以上行うことにより行われる。

40

【００６０】

次に、図１４で紫外光源１を用いてウェハの帯電制御を行う例を説明する。図１４は図１３のウェハ３の近傍を拡大して模式的に示したものであり、ＳＥＭ筐体１０は対物レン

50

ズ17より上の部分の図を省略している。紫外光源1から出射した紫外光はSEM筐体10の約中心軸とウェハ3の交点に斜めから照射する。帯電制御電極18は、ウェハ3の電位に対して正または負極性の電圧が印加でき、制御電極電源63内のスイッチで極性を切り替えることができる。この極性の切り替えにより、ウェハ3の表面を任意の電圧に調整することが可能となる。

【0061】

図15は、本実施の形態3に係る電子顕微鏡応用装置において、帯電制御方法を示す説明図である。図15(a)はウェハ3を負に帯電させる場合を示しており、帯電制御電極18はウェハ3に対して負の電圧が印加されている。破線は紫外光源1より出射された紫外光151を示しており、帯電制御電極18およびその約直下に照射されているものとする。帯電制御電極18から放出された光電子2は、帯電制御電極18に印加された負の電圧によりウェハ3に戻される。これによりウェハ3は負に帯電する。

10

【0062】

また、図15(b)はウェハ3を正に帯電させる場合を示しており、帯電制御電極18はウェハ3に対して正の電圧が印加されている。この場合ウェハ3より発生した光電子2は、帯電制御電極18に引き上げられる為、ウェハ3は正に帯電する。帯電電位は前記実施の形態1で示したように、帯電制御電極で制御できるので、所望の帯電電位より大きくなることはない。

【0063】

本実施の形態3で示した構成を既存の設備に搭載するだけで、帯電制御の処理を行うことが可能である。本実施の形態3ではパターン検査装置について記載したが、本発明の原理はパターン検査装置に限らず、全ての荷電粒子を用いた装置に展開することが可能である。

20

【0064】

(実施の形態4)

SEMにおいて電子線走査が引き起す帯電により、二次電子軌道が曲がり、正確な試料形状が観察できないという問題がある。本実施の形態4では、前記実施の形態3で示したパターン検査装置を用いて、電子線走査中に間欠的に紫外光を照射することで、帯電を抑制し、正確な試料形状を観察する技術について説明する。

【0065】

SEMでは、試料に電子線を走査し、二次電子を検出して、試料の実像を形成している。例えば、図16(a)に示す試料を観察すると、図16(c)に示すSEM像が取得できる。なお、図16は、本実施の形態4において、半導体パターンを示す図であり、丸い部分はコンタクトホールである。

30

【0066】

SEMでは電子ビームを観察領域に対して、左から右方向に上から下方向に走査する。この時、観察領域内でも電子ビームが照射された領域(既照射領域)と照射されていない領域(未照射領域)が存在する。既照射領域が帯電した場合、未照射領域との間に電界が発生し、図16(b)に示すような、パターン形状が歪んだSEM像が観察される。

【0067】

図17は、本実施の形態4において、電子線走査と紫外光照射との時間的な関係を示す図である。図17を用いて、電子ビーム走査による帯電を抑制する為の電子ビーム走査方法および紫外光照射方法を説明する。観察領域の左端から右端へ電子ビームを走査した後、右端から左端へ電子ビームを振り戻す。この時、電子ビームは試料に照射されない(図17(a))。そこで、電子ビームが照射されない時間に紫外光を照射し、既照射領域の帯電を除去する(図17(b))。

40

【0068】

このように、電子ビーム照射と紫外光照射を繰り返すことで、既照射領域と未照射領域の帯電差を無くし、図16(c)に示す正常なSEM像を取得することができる。

【0069】

50

本実施の形態４ではパターン検査装置について記載したが、本発明の原理はパターン検査装置に限らず、全ての荷電粒子を用いた装置に展開することが可能である。

【００７０】

（実施の形態５）

本実施の形態５では、本発明に係る電子顕微鏡応用装置を測長ＳＥＭに搭載した場合の構成および使用方法について述べる。

【００７１】

図１８は本発明に係る電子顕微鏡応用装置を搭載した測長ＳＥＭを示したものである。測長ＳＥＭは大きく分けてＳＥＭ筐体１０、帯電制御筐体６、試料室２０、試料準備室７０、ＳＥＭ制御部５０、帯電制御システム部６０、測長システム制御部９１、真空排気システム部８０、ステージ制御部４０などで構成され、ＳＥＭ筐体１０、試料室２０、試料準備室７０は真空排気システム部８０により真空排気されているものとする。

10

【００７２】

陰極と第一陽極に印加される電圧により陰極から放射された一次電子線は第二陽極に印加される電圧に加速されて後段のレンズ系に進行する。この一次電子線はレンズ制御部５２で制御されたコンデンサレンズＡ１２と対物レンズ１７により試料に微小スポットとして集束され、二段の偏向コイル１９で試料上を二次元的に走査される。偏向コイル１９の走査信号は、入力装置により指定された観察倍率に応じて、測長システム制御部９１によってＳＥＭ制御部５０を介し制御される。

【００７３】

20

本装置の構成では、試料準備室７０において電圧測定プローブ６６を用いてウェハ面内の帯電を測定し、その結果に基づいて試料室２０内で帯電を除去する。帯電を除去した後、パターン寸法を測定することで高精度の測定が可能である。

【００７４】

図１９では、測長ＳＥＭの試料準備室７０に本発明に係る電子顕微鏡応用装置を搭載している場合について示してある。試料準備室７０においてウェハ面内の帯電分布を測定し、帯電に応じた光学条件を設定し観察することで、帯電による測長精度の劣化を防いでいる。

【００７５】

しかし、帯電の大きさによっては、光学条件で補正しきれない場合がある。

30

【００７６】

そこで、このような場合は、本発明に係る電子顕微鏡応用装置を用いて、ウェハの帯電除去処理をしてから観察する。帯電除去処理をすることで、帯電の影響を受けない再現性の良い測長が可能である。

【００７７】

図２０に、本実施の形態５に係る測長ＳＥＭの使用手順を示すフローチャートを示す。ここでは、測長パターンに移動するたびに帯電を除去する場合のシーケンスを図２０（ａ）に示す。

【００７８】

まず図２０（ａ）に示すように、測長シーケンスを開始し（ステップＳ２０１）、表面電位測定によりウェハの帯電分布を測定する（ステップＳ２０２）。その後、パターン寸法を計測したい位置Ｐｋに移動する（ステップＳ２０３）。表面電位測定による帯電電位に基づき帯電を除去する（ステップＳ２０４）。帯電が除去された後、ＳＥＭ像を取得し（ステップＳ２０５）、画像を保存する（ステップＳ２０６）。その後、測長すべきパターンが残っていれば、ステップＳ２０３からステップＳ２０６までを繰り返す（ステップＳ２０８）。残っていなければ、測長シーケンスを終了する（ステップＳ２０７）。

40

【００７９】

次に、パターン測長を始める前に帯電分布を取得し、帯電を除去してから測長するシーケンスを図２０（ｂ）に示す。

【００８０】

50

まず図20(a)に示すように、測長シーケンスを開始し(ステップS201)、表面電位測定によりウェハの帯電分布を測定する(ステップS202)。その後、ウェハ全面の帯電を除去する(ステップS204)。帯電が除去された後、パターン寸法を計測したい位置Pkに移動し(ステップS203)、SEM像を取得し(ステップS205)、画像を保存する(ステップS206)。その後、測長すべきパターンが残っていれば、ステップS204からステップS206までを繰り返す(ステップS208)。残っていなければ、測長シーケンスを終了する(ステップS207)。

【0081】

本実施の形態5で示したように、試料準備室70でウェハに紫外光を照射することで、電子ビームによる計測中、ウェハにコンタミネーションが付着しづらくなるという効果もある。

10

【0082】

従って、本実施の形態の電子顕微鏡応用装置および試料検査方法によれば、高速且つ高精度に試料表面の帯電を制御することができる。そして、半導体ウェハの計測装置に適用した場合は、ウェハ表面の帯電が常に均一化できるので、高精度な測定と高い再現性を実現できる。さらに、SEM式検査装置に適用した場合は、ウェハ表面に形成されたパターンを所望の電位に帯電させることが出来るので、電気的な特性不良を高感度に検出することができる。

【0083】

以上、本発明者によってなされた発明をその実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

20

【産業上の利用可能性】

【0084】

本発明は、半導体装置などの工業製品の生産・検査設備について適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0085】

【図1】本発明の実施の形態1による電子顕微鏡応用装置の構成を示す図である。

【図2】図1の帯電制御筐体の詳細な構成を示す図である。

【図3】図1の帯電制御筐体の他の詳細な構成を示す図である。

30

【図4】本発明の実施の形態1による電子顕微鏡応用装置において、試料表面の帯電を制御する方法を示す説明図である。

【図5】本発明の実施の形態1による電子顕微鏡応用装置において、試料表面の帯電を制御する方法を示す説明図である。

【図6】本発明の実施の形態1による電子顕微鏡応用装置において、帯電制御電極と試料との電位差と、試料吸収電流との関係を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態1による電子顕微鏡応用装置において、ウェハの移動方式を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態1による電子顕微鏡応用装置において、ウェハの移動方式を示す図である。

40

【図9】本発明の実施の形態1による電子顕微鏡応用装置において、帯電制御電極電圧と試料電位との関係を示す図である。

【図10】(a), (b), (c)は、図9の各点におけるSEM像を示す図である。

【図11】本発明の実施の形態2による電子顕微鏡応用装置の構成を示す図である。

【図12】図11の帯電制御筐体の詳細な構成を示す図である。

【図13】本発明の実施の形態3による電子顕微鏡応用装置の構成を示す図である。

【図14】図13のウェハの近傍を拡大して模式的に示した図である。

【図15】(a), (b)は、本発明の実施の形態3による電子顕微鏡応用装置において、帯電制御方法を示す説明図である。

【図16】(a), (b), (c)は、本発明の実施の形態4において、半導体パターン

50

を示す図である。

【図 17】(a), (b) は、本発明の実施の形態 4 において、電子線走査と紫外光照射との時間的な関係を示す図である。

【図 18】本発明の実施の形態 5 による電子顕微鏡応用装置の構成を示す図である。

【図 19】本発明の実施の形態 5 による電子顕微鏡応用装置の他の構成を示す図である。

【図 20】本発明の実施の形態 5 において、測長 SEM の使用手順を示すフローチャートである。

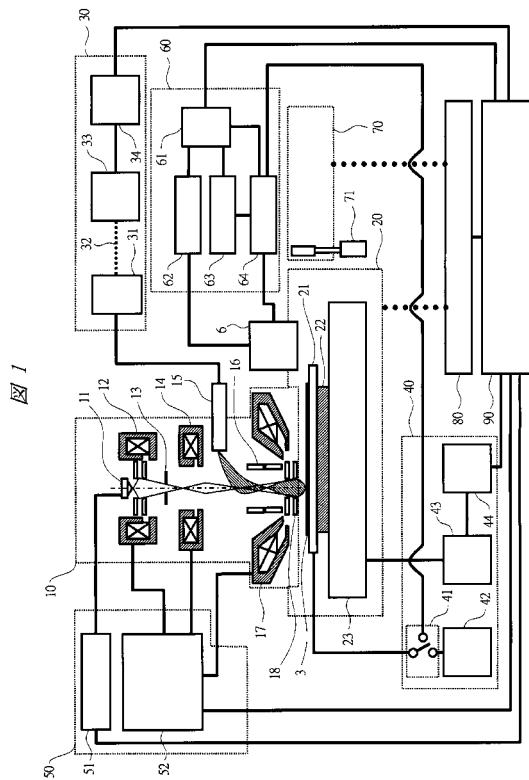
【符号の説明】

【0086】

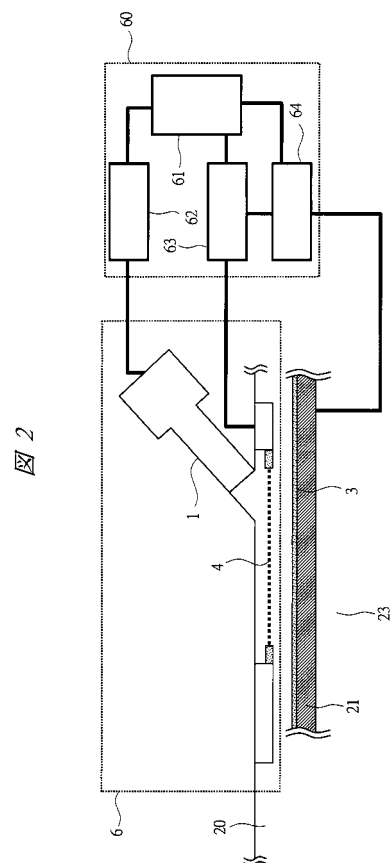
1	紫外光源	10
2	光電子	
3	ウェハ	
4	帯電制御電極	
5	フィルタ	
6, 18	帯電制御筐体	
10	SEM 筐体	
11	電子源	
12	コンデンサレンズ A	
13	絞り	
14	コンデンサレンズ B	20
15	検出器	
16	偏向器	
17	対物レンズ	
19	偏向コイル	
20	試料室	
21	ウェハホルダ	
22	絶縁材	
23	ステージ	
30	画像形成部	
31	AD コンバータ部	30
32	光ファイバ	
33	画像処理部	
34	画像表示部	
40	ステージ制御部	
41	リレー回路	
42	リターディング電源	
43	ステージ駆動部	
44	ステージコントローラ	
50	SEM 制御部	
51	SEM 用電子銃電源	40
52	レンズ制御部	
60	帯電制御システム部	
61	帯電制御装置	
62	紫外光源電源	
63	制御電極電源	
64	帯電モニタ部	
65	プローブ制御装置	
66	電圧測定プローブ	
70	試料準備室	
71	バルブ	50

- 80 真空排気システム部
- 90 検査システム制御部
- 91 測長システム制御部
- 151 紫外光

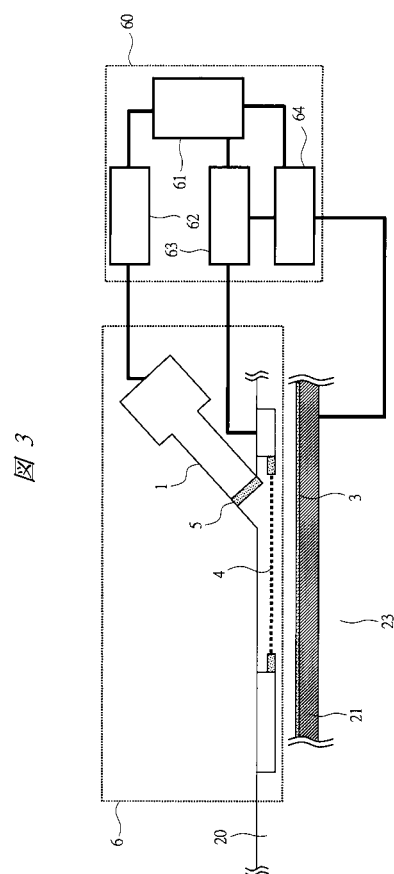
【図 1】



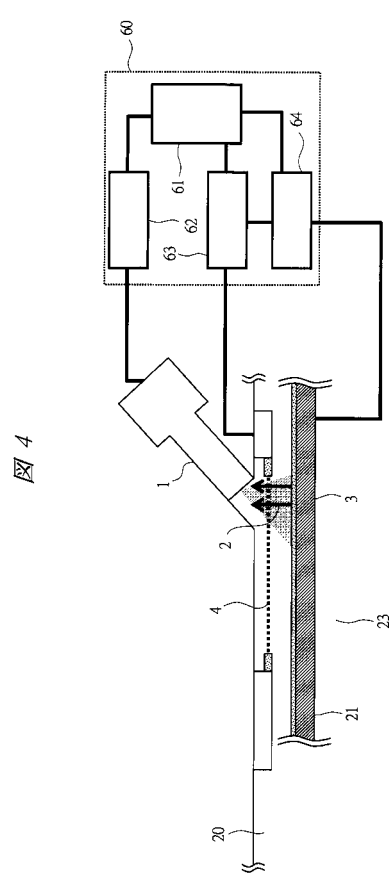
【図 2】



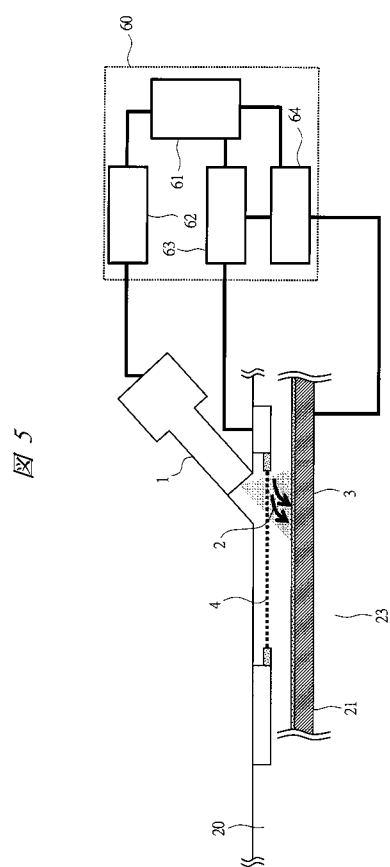
【図 3】



【図 4】

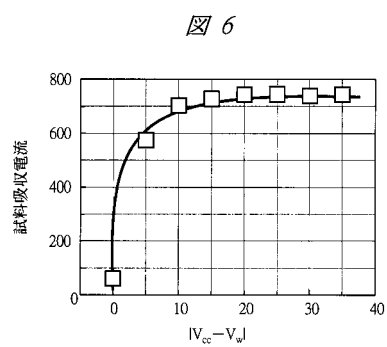


【図 5】

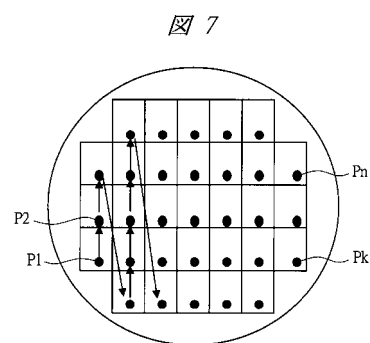


2: 光電子
3: ウェハ
4: 帯電制御電極

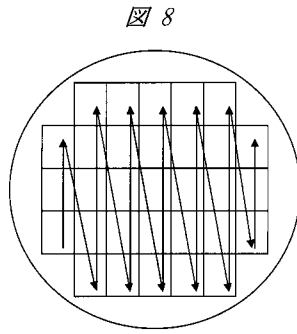
【図 6】



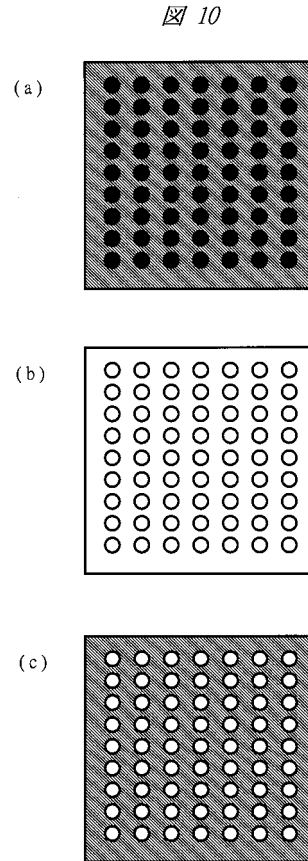
【图 7】



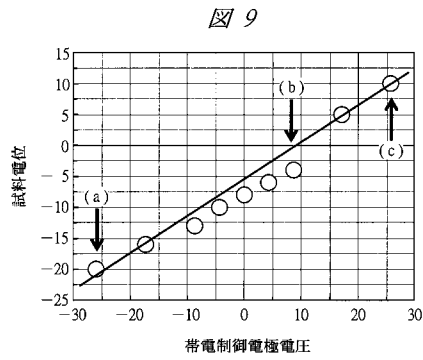
【図 8】



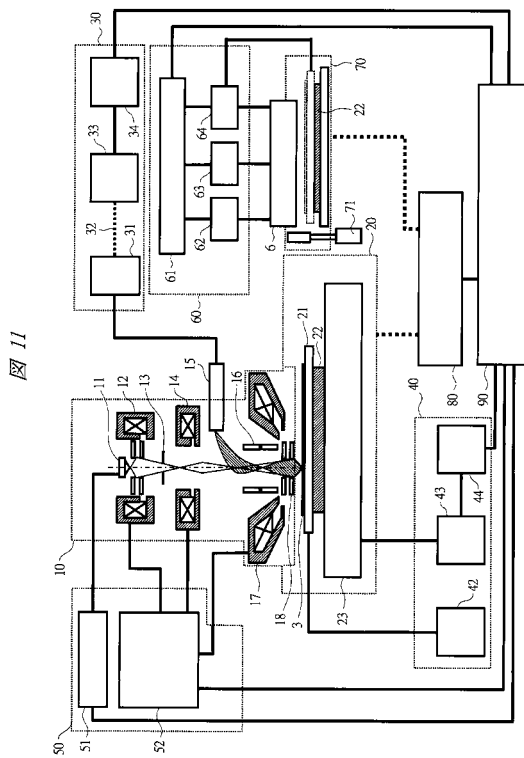
【図 10】



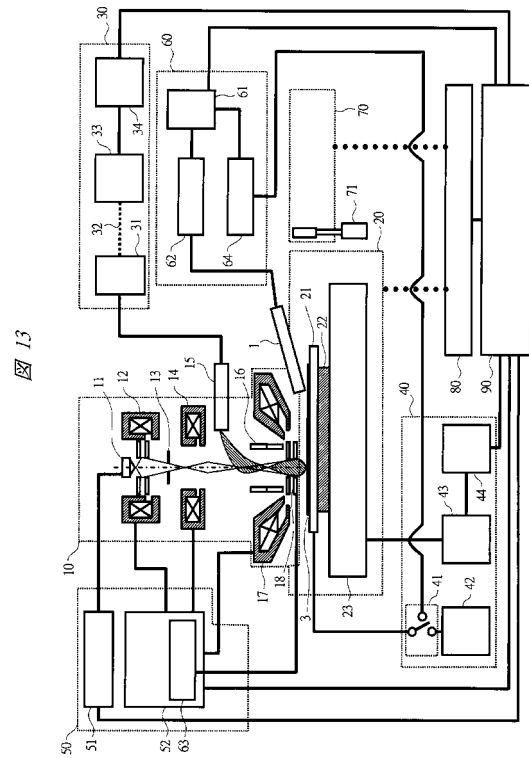
【図 9】



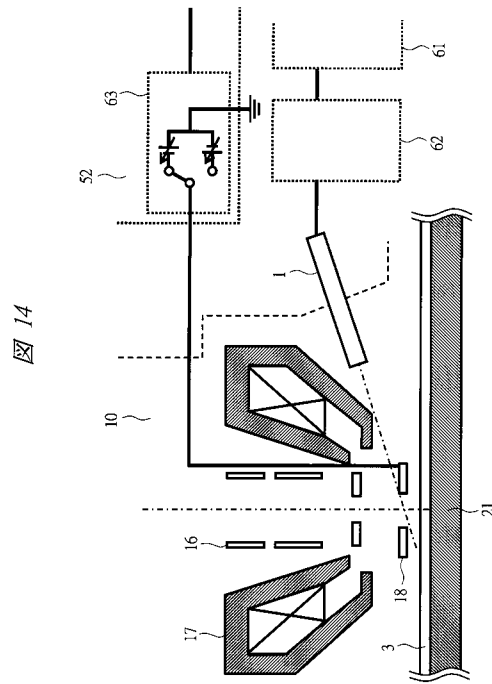
【図 11】



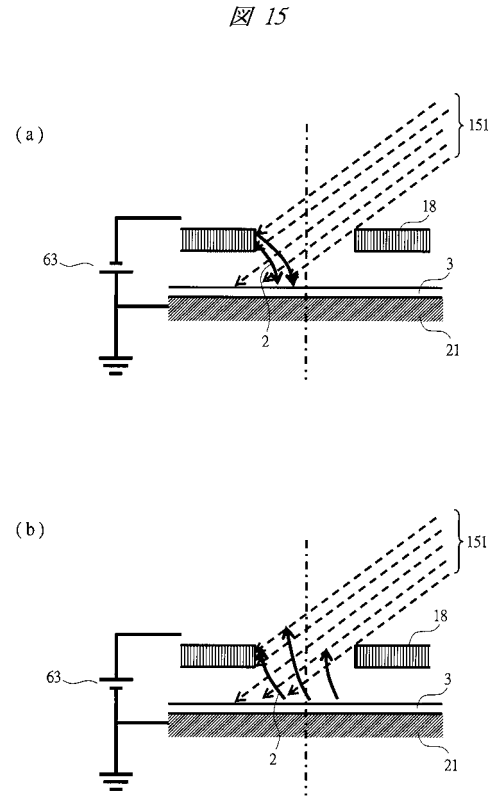
【図 13】



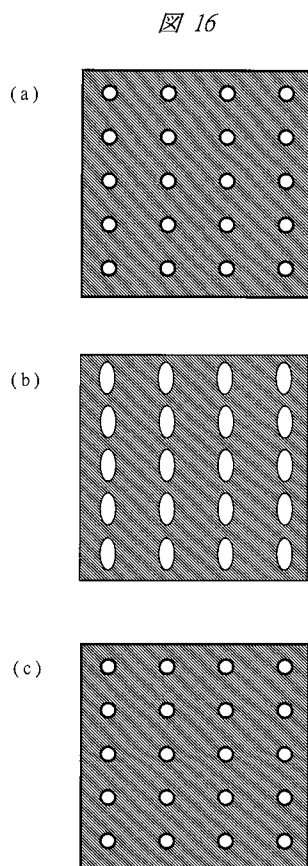
【図 14】



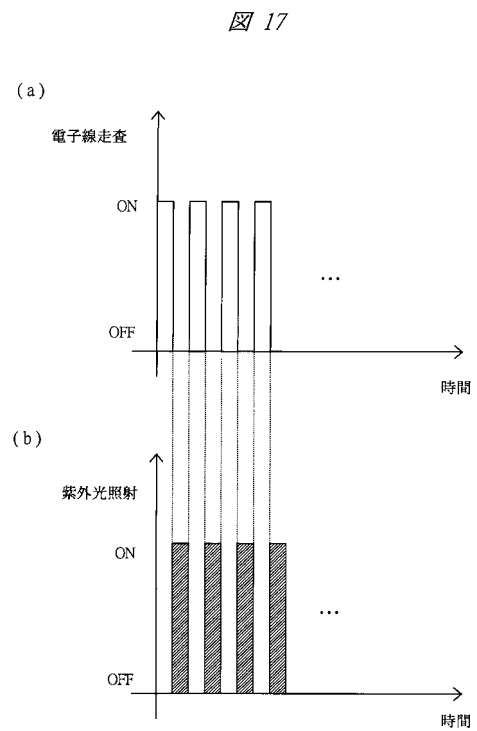
【図 15】



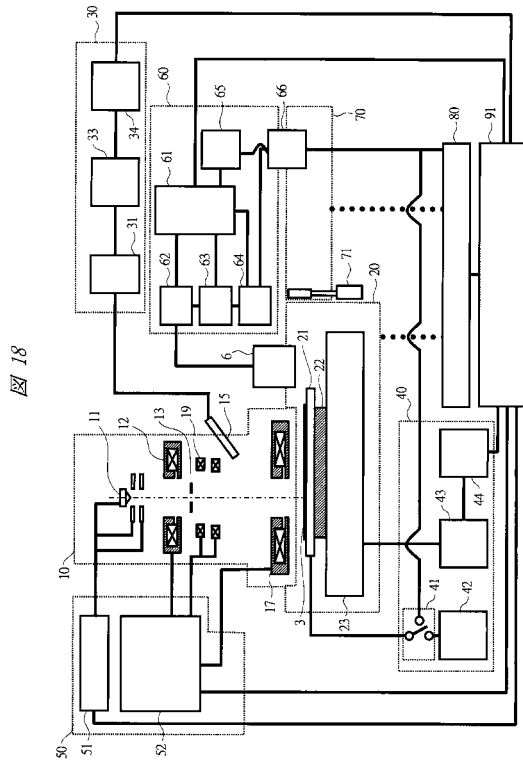
【図 16】



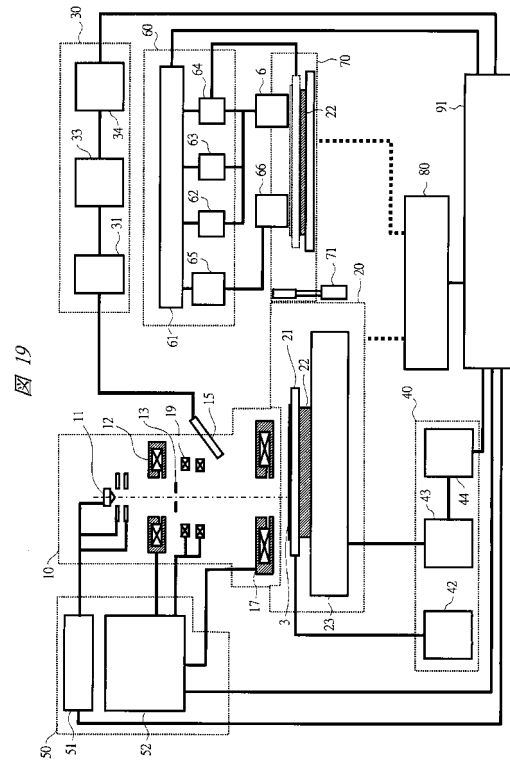
【図 17】



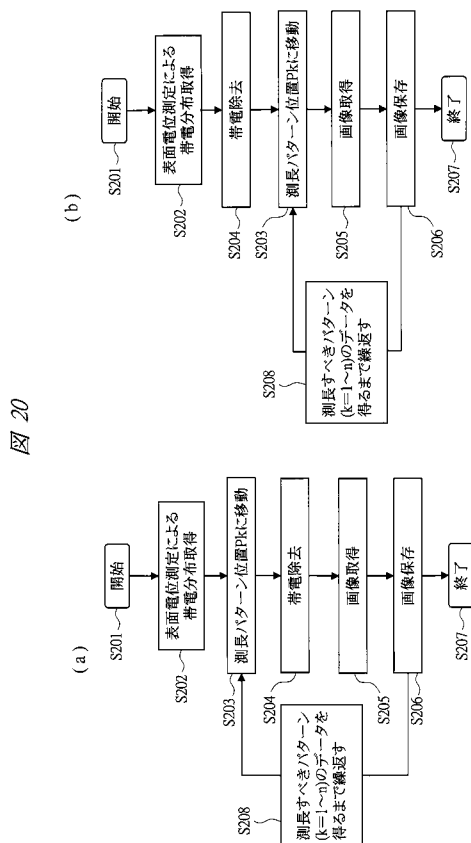
【図 18】



【図 19】

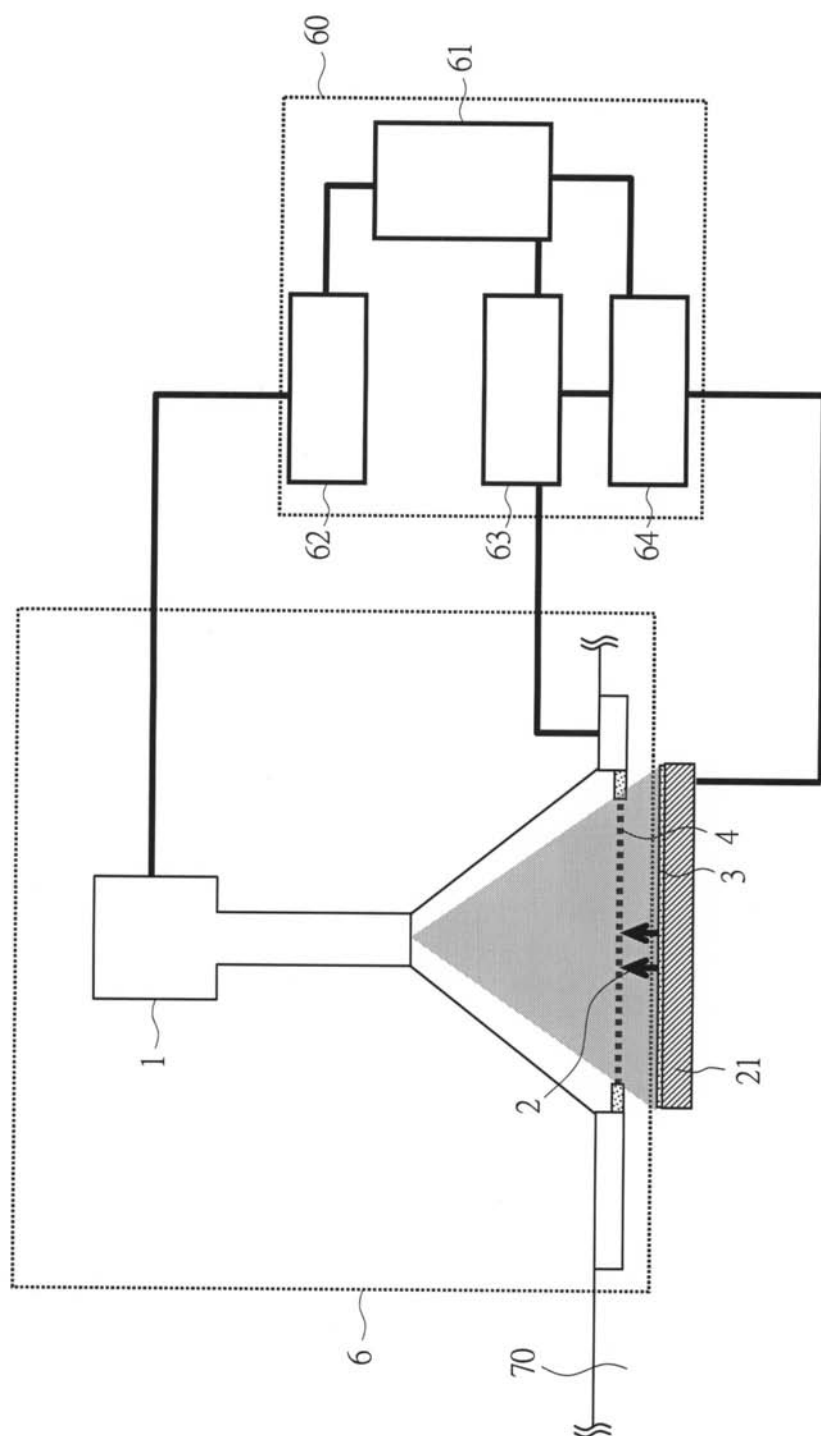


【図 20】



【図 12】

図 12



フロントページの続き

審査官 石田 佳久

- (56)参考文献 特開2003-151483 (JP, A)
国際公開第02/001596 (WO, A1)
特開2004-047610 (JP, A)
特開平01-210828 (JP, A)
特開昭63-006737 (JP, A)
特開平04-045264 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|--------|
| H01J | 37/28 |
| G01B | 15/00 |
| G01N | 23/225 |
| H01J | 37/20 |
| H01L | 21/66 |