

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5851352号
(P5851352)

(45) 発行日 平成28年2月3日(2016.2.3)

(24) 登録日 平成27年12月11日(2015.12.11)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 J 37/21 (2006.01)

H O 1 J 37/21 B

H O 1 J 37/244 (2006.01)

H O 1 J 37/244

H O 1 J 37/22 (2006.01)

H O 1 J 37/22 5 O 2 F

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2012-135297 (P2012-135297)
 (22) 出願日 平成24年6月15日(2012.6.15)
 (65) 公開番号 特開2014-2835 (P2014-2835A)
 (43) 公開日 平成26年1月9日(2014.1.9)
 審査請求日 平成27年1月16日(2015.1.16)

(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2 4 番 1 4 号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (74) 代理人 100091720
 弁理士 岩崎 重美
 (72) 発明者 立花 一郎
 茨城県ひたちなか市大字市毛8 8 2 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】 荷電粒子線装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一次電子線を発生する電子源と、
 前記一次電子線を集束する対物レンズと、
 前記一次電子線を偏向させる偏向器と、
 前記一次電子線の照射によって試料から発生する二次電子又は反射電子を検出する検出器と、
 前記一次電子線が通過する孔を有する電極と、
 前記電極に負電圧を印加する電圧制御電源と、
 前記試料に負電圧を印加することで前記試料上に前記一次電子線を減速させる電界を生成するリターディング電圧制御電源と、を備え、前記電極と前記試料には等しい極性で等しい絶対値の電圧分変化させることで、前記電極に印加される電圧と前記試料に印加される電圧との差を一定にしたまま焦点調整を行うことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、
 前記偏向器に流される電流に、前記試料への印加電圧に応じたオフセット電流を加えることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、さらに、
 所定の電流を流すことで前記一次電子線での走査範囲を移動させる電氣的視野移動コイ

10

20

ルを備え、

前記試料への印加電圧に応じて前記電氣的視野移動コイルに流す電流値を設定することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、さらに、

前記試料の高さを計測する高さ計測センサと、

前記差と前記試料の高さの組み合わせ毎に、前記電極に印加する電圧が記憶された記憶部と、を備え、

前記高さ計測センサによって計測された前記試料の高さと、予め設定された前記差とに基づいて、前記記憶部から読み出された前記電極に印加される電圧と、前記電極に印加される電圧と前記差によって決まる前記試料に印加される電圧とが設定されることを特徴とする荷電粒子線装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子線を用いた試料検査装置、レビュー装置、パターン計測装置等の荷電粒子線装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスは、フォトマスクに形成されたパターンを、リソグラフィー処理およびエッチング処理によりウェハ上に転写する工程を繰り返すことにより製造される。このような製造プロセスにおいては、良好な歩留まりの早期な立ち上げ、及び、製造プロセスの安定な稼働の維持を実現することが重要である。このためには、ウェハのインライン検査を行い、発見された欠陥を迅速に解析し、欠陥発生の原因究明と対策に活用することが必須である。検査結果を迅速に欠陥対策に結び付けるためには、多数の検出された欠陥を高速にレビューして、発生原因別に分類する自動欠陥レビュー技術と分類技術が鍵となる。さらに、製造プロセスの微細化に伴い、半導体デバイスの製造歩留まりに影響を及ぼす欠陥サイズも微細化してきており、光学式のレビュー装置では、分解能の高いレビューが困難である。このため、高速、高分解能でレビューが可能な走査型電子顕微鏡（以下、レビュー SEM と略す場合がある）式のレビュー装置が製品化されている。

【0003】

光学式欠陥検査装置などから半導体ウェハ上の欠陥位置情報を得る。レビュー SEM では、光学式欠陥検査装置より高倍率で画像を撮像することで製造プロセスの問題点を見つけ出す作業が行われる。例えば欠陥位置に高速にステージ移動して、SEM の低倍像モードで欠陥位置を検出して、SEM の高倍像モードで欠陥を中心にして撮像し、この高倍像モードで取得した高倍像を分析して、欠陥の分類作業を行う。

【0004】

半導体デバイスの発展に伴い、ライン & スペース構造のスペース部はより深くエッチングされており、深溝構造が形成されている。電子線照射時にスペース部から発生する信号電子量は減少している。そのため、スペース部で信号対雑音比が低下して、ライン部に対してスペース部を観察するのが困難になりつつある。また、ホール構造もより深くエッチングされて、深穴構造が形成され、同様に走査型電子顕微鏡で観察が困難になりつつある。

【0005】

スペース部で信号対雑音比を向上させる一つの方法は、光電子増倍管のゲインを上げる方法であるが、同じ試料像内でライン部の明るさの階調も同時に上がってしまい、ライン部が明るすぎて、ライン部を観察できなくなる。そこで、ライン部の信号電子の大部分を占めている二次電子を抑制して、相対的にスペース部の階調を上げるために、エネルギーフィルタが用いられる。エネルギーフィルタは、信号電子を信号電子運動エネルギーに応じて選択できるハイパスフィルタである。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 のように、電圧を印加した金属メッシュに信号電子を通過させて、信号電子に対して減速電場を形成して、信号電子を選別する方法が知られている。

【 0 0 0 7 】

また、特許文献 2 のように、対物レンズに電極を配置して、電極に電圧を印加して、信号電子に対して減速電場を形成して、通過させた信号電子を選別する方法が知られている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

10

【 特許文献 1 】 特許第 4 3 0 2 3 1 6 号公報 (U S 6 6 6 7 4 7 6)

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 6 - 2 9 4 6 2 7 号公報 (U S 2 0 0 3 / 0 0 4 2 4 1 7)

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

特許文献 1 の方法では、導電性メッシュを光軸上に配置して電圧を印加して信号電子を分離しているが、この方法では導電性メッシュの開口率の制限から導電性メッシュを通過できる信号電子数が減少する。そのため、信号対雑音比が高い試料像が得られない。

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 2 の方法では、対物レンズにエネルギーフィルタ機能を持たせているが、電極を 3 枚配置する必要があるため、構造が複雑である。電極数を 2 枚に減少させると、2 枚の電極はエネルギーフィルタ専用になるので、電極をフォーカス調整には使えなくなる。そのため、フォーカス調整には対物レンズの磁場変化を使うしかないが、磁場変化は応答性が悪いので、レビュー SEM のスループットが低下してしまう。

20

【 0 0 1 1 】

本発明は、半導体デバイスの深溝や深穴を高い信号対雑音比を高スループットで観察できるのに好適な構成からなる荷電粒子線装置を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。

30

本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、一次電子線を発生する電子源と、前記一次電子線を集束する対物レンズと、前記一次電子線を偏向させる偏向器と、前記一次電子線の照射によって試料から発生する二次電子又は反射電子を検出する検出器と、前記一次電子線が通過する孔を有する電極と、前記電極に負電圧を印加する電圧制御電源と、前記試料に負電圧を印加することで前記試料上に前記一次電子線を減速させる電界を生成するリターディング電圧制御電源と、を備え、前記電極に印加される電圧と前記試料に印加される電圧との差を一定にしたまま焦点調整を行うことを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

40

本発明によれば、半導体デバイスの深溝や深穴を高い信号対雑音比を高スループットで観察できる。

【 0 0 1 4 】

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 本実施例における荷電粒子線装置の概略構造を示す縦断面図。

【 図 2 a 】 半導体パターン構造の一種であるライン & スペース構造の模式図。

【 図 2 b 】 ライン & スペース構造の断面の模式図。

【 図 3 】 電圧差 V_d を負電圧にしたときの試料像の概略図。

50

【図４】暗部と明部との明るさの階調の比の、及び、信号対雑音比の、電圧差 V_d の依存性を示す図。

【図５】電圧差 V_d の最適値を求めるシーケンス図。

【図６】構造不良部検出およびフォーカス調整におけるパラメータ設定画面の一例を示した図。

【図７】構造不良部検出およびフォーカス調整のシーケンス図。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。以下、荷電粒子線装置の一例として走査型電子顕微鏡を用いた例を説明するが、これは本発明の単なる一例であって、本発明は以下説明する実施の形態に限定されるものではない。本発明において荷電粒子線装置とは荷電粒子線を用いて試料の画像を撮像する装置を広く含むものとする。荷電粒子線装置の一例として、走査型電子顕微鏡を用いた検査装置、レビュー装置、パターン計測装置が挙げられる。また、汎用の走査型電子顕微鏡や、走査型電子顕微鏡を備えた試料加工装置や試料解析装置にも適用可能である。

【００１７】

また本明細書において、「欠陥」とはパターンの欠陥に限らず、異物やパターン寸法異常、構造不良等を広く含むものとする。

【００１８】

図２以降の図において、図１と同じ機能部分には図１と同じ番号を付し、重複する説明を省略する。図１は、本実施例における走査型電子顕微鏡の一例を示す概略断面図である。なお、図面では、走査型電子顕微鏡に必要な真空容器、ウェハ搬送システムなどは省略している。陰極１と第一陽極２の間には、制御装置２２で制御される高電圧制御電源１５により電圧が印加され、所定のエミッション電流が陰極１から引き出される。陰極１と第二陽極３の間には制御装置２２で制御される高電圧制御電源１５により加速電圧が印加されるため、陰極１から放出された一次電子線４は加速されて後段のレンズ系に進行する。一次電子線４は絞り板５で不要な領域を除去され、集束レンズ制御電源１６で制御された集束レンズ６で結像位置２３に集束される。

【００１９】

その後、一次電子線４は、対物レンズ制御電源２０で制御された対物レンズ１１により試料１２上に微小スポットとして集束され、偏向コイル制御電源１９により制御された偏向コイル１０で偏向され試料１２上を二次元的に走査される。偏向コイル１０の走査信号は、観察倍率に応じて偏向コイル制御電源１９により制御される。一次電子線４の走査範囲は、観察倍率により決定される。試料１２または、試料１２を保持する試料保持器（図示せず）に、リターディング電圧制御電源２６より負電圧が印加されることにより、一次電子線４を減速させる電界を生成される。これによって、一次電子線４は加速電圧以上の運動エネルギーを有したまま対物レンズ１１を通過して、通過後に一次電子線４は減速され、加速電圧の運動エネルギーで試料１２に衝突する。一次電子線４が対物レンズ１１をより高い運動エネルギーで通過できるので、収差を低減できて、分解能向上が図られている。当然ながら、走査型電子顕微鏡の光学系はこれ以外に他のレンズや電極、検出器を含んでもよいし、一部が上記と異なってもよく、荷電粒子光学系の構成はこれに限られない。

【００２０】

一次電子線４の照射により試料１２から発生した信号電子は運動エネルギーに応じて、二次電子７と反射電子１３に分類される。試料１２に印加された電圧によって、二次電子７は導体板８方向に加速され、対物レンズを通過する。二次電子７は試料１２に印加された電圧に近い運動エネルギーを持っており（例えば、試料１２に印加された電圧が -100 V の場合は -1000 eV から -1200 eV ）、反射電子１３は一次電子線４に近い運動エネルギーを持っている（例えば、一次電子線４の運動エネルギーが 1 keV の場合、 -800 eV から -10000 eV ）。二次電子７や反射電子１３は、対物レンズ１１の陰極１方向に進

10

20

30

40

50

行した後、一次電子線 4 が通過できる開口を有する導体板 8 に衝突させて、三次電子 1 4 を発生させる。三次電子 1 4 を検出器 9 で検出し、信号増幅器 1 8 で増幅させ、像表示装置 2 1 で偏向コイル 1 0 の走査信号と同期させて試料像として表示される。

【 0 0 2 1 】

走査型電子顕微鏡には、このほかにも各部分の動作を制御する制御部や、検出器から出力される信号に基づいて画像を生成する画像生成部が含まれている（図示省略）。制御部や画像生成部は、専用の回路基板によってハードウェアとして構成されていてもよいし、走査型電子顕微鏡に接続されたコンピュータで実行されるソフトウェアによって構成されてもよい。ハードウェアにより構成する場合には、処理を実行する複数の演算器を配線基板上、または半導体チップまたはパッケージ内に集積することにより実現できる。ソフトウェアにより構成する場合には、コンピュータに高速な汎用 CPU を搭載して、所望の演算処理を実行するプログラムを実行することで実現できる。このプログラムが記録された記録媒体により、既存の装置をアップグレードすることも可能である。また、これらの装置や回路、コンピュータ間是有線又は無線のネットワークで接続され、適宜データが送受信される。以下では特に断りの無い限り、各種演算処理は制御装置 2 2 で行われ、各種プログラムやデータは記憶部 2 7 に保持されるものとして説明する。

【 0 0 2 2 】

ここ

で、対物レンズ 1 1 内に配置された電極 2 4 に電圧制御電源 2 5 により負電圧を印加する。電極 2 4 は一次電子線の光軸を囲むような円筒形状であって、対物レンズの磁路内に円筒の孔を一次電子線が通過するように配置される。電圧差 V_d を次の式にて定義する。（電圧差 V_d ）＝（電極 2 4 の電圧）－（試料 1 2 の電圧）。試料 1 2 の電圧の絶対値より電極 2 4 の電圧の絶対値を大きくすることで、電圧差 V_d は負となる。電圧差 V_d を負の電圧にすることで、試料から発生した二次電子 7 を減速させ、二次電子 7 は導体板 8 方向に飛行できずに 7 a のような軌跡になる。その結果、二次電子 7 は導体板 8 に到達できず、試料像は二次電子 7 が抑制されて、反射電子 1 3 が支配的な像になる。電圧差 V_d の負電圧を調整することで一定以下の運動エネルギーの二次電子 7 が抑制されて、相対的に反射電子 1 3 の割合が増加した試料像が構成される。電極 2 4 は対物レンズ 1 1 の磁路の一部として形成され、対物レンズの磁路と共用となってもよい。

【 0 0 2 3 】

図

2 a はウェハ上に形成された半導体パターン構造の一種であるライン & スペース構造の模式図を示したものである。図 2 b は図 2 a における A - B 方向の断面の模式図を示したものである。ライン & スペース構造では、ライン部 3 1 は凸形状、スペース部 3 0 は凹形状を成している。凸形状のライン部 3 1 に一次電子線 4 が照射されると、ライン部 3 1 の両端のエッジ部からエッジ効果で二次電子 7 が効率よく出射される。一方、凹形状のスペース部 3 0 に一次電子線 4 が照射されると、ライン部 3 1 の両端にあるようなエッジ形状はなく、二次電子 7 はライン部 3 1 より出射されにくい。その結果、試料像はライン部 3 1 が明るく、スペース部 3 0 が相対的に暗くなる。スペース部 3 0 に半導体プロセス起因の形状不良部がある場合、この形状不良部を検出できない。試料像（SEM 像）の明るさの階調幅は固定である。画像の最も明るい部分と最も暗い部分の階調値が 1 枚の画像に存在すると、明るい部分の階調値が階調幅以下に収まるように、画像全体の階調値を下げる調整が行われる。そのため、暗い部分の階調値はさらに暗くなる。具体的には、試料像の明るさの階調は 2 5 6 段階である場合には、ライン部 3 1 が 2 0 0 階調以上、スペース部 3 0 が 5 0 階調以下の場合、形状不良部を検出できない。

【 0 0 2 4 】

一次電子線 4 がライン部 3 1 を走査することで発生する二次電子 7 を導体板 8 に到達させないようにすれば、三次電子 1 4 に変換されて検出器 9 で検出される回数が減少して、ライン部 3 1 の明るさの階調値はスペース部に対して相対的に減少する。ここで、上記に説明した電圧差 V_d が負電圧になるように、電極 2 4 と試料 1 2 の電圧を調整することで

、二次電子7だけを選択的に抑制して検出できて、ライン部をスペース部に対して相対的に明るくできる。図3は電圧差Vdを負電圧にした時の試料像の概略図を示したものである。例えば、ライン部31が100階調、スペース部30が70階調であり、スペース部30の形状不良部を検出できる。ライン&スペース構造以外の例として、ホール構造でのホール穴底部が周辺部に比べて相対的に暗くなるので、電圧差Vdを負電圧にすることで、ホール穴底部が相対的に明るくさせることができる。なお、その他の試料構造であっても、同様である。

【0025】

電圧差Vdはライン&スペース構造、ホール構造、暗部の構造不良部の形状などによって最適値がある。電圧差Vdを設定することで、電圧差Vdと試料12の電圧を加算した運動エネルギー以下のエネルギーを有する二次電子7の検出を抑制できる。図4にはスペース部30の暗部とライン部31の明部との明るさの階調の比の、及び、信号対雑音比の、電圧差Vdの依存性を示す。暗部と明部との明るさの階調の比は電圧差Vdに比例して増加する。しかし、電圧差Vdの増加によって試料像を形成する信号電子の主成分である二次電子7が抑制されてしまうので、試料像の信号対雑音比は低下する。そのため、図5に示すシーケンスによって電圧差Vdの最適値を決める。

【0026】

ライン&スペース構造、ホール構造などの試料の観察対象部にステージ移動などで視野を移動する(ステップ100)。電圧差Vdを決定し、電極24と試料12の電圧を設定する(ステップ101)。初期値としては、電圧差Vdは0Vとする。構造不良部検出ソフトで、暗部にある構造不良部が検出可能であるかを判定する(ステップ102)。この構造不良部検出プログラムは、上記の暗部と明部との明るさの階調の比、信号対雑音比を元に判定している。もし、判定がNOである場合、再度ステップ101に戻り、電圧差Vdを所定の電圧だけ変化させ負電圧にする(ステップ101)。例えば、-1Vを設定する。これを繰り返し、判定がOKになる電圧差Vdを決定し、処理の完了を表示する(ステップ103)。

【0027】

半導体ウェハ上の欠陥群はウェハ上に離散的に分布している。これらの欠陥群を観察する場合、欠陥毎にウェハ上の観察位置が変化する。ウェハ上の観察位置が変化すると、装置の機械的交差、ウェハ厚みの変化によりウェハ高さが変化する。そのため、ウェハ高さに応じて一次電子線4のフォーカス位置を調整する機能が必要である。さらに、半導体製品の生産性向上のために、半導体ウェハ上の欠陥を観察する時間をできる限り短縮すること、すなわち高スループットであることが求められる。そこで、フォーカス調整もできる限り短時間で行うことが要求される。

【0028】

従来

からよく用いられているフォーカスを調整する方法としては、対物レンズ11の磁場を変化させることで、対物レンズ11の焦点距離を変えて、フォーカスを調整する方法がある。しかし、磁場変化の応答速度は、例えば、数秒オーダーであり、渦電流の影響で極めて遅い。

【0029】

そこで、高速にフォーカスを調整する方法として、対物レンズ11空間の電場を変化させて、対物レンズ11の焦点距離を変える方法がある。電場変化での応答時間は電極24または試料12の電圧を変化させる時間で決まる。つまり、それはそれぞれに電圧を供給している電圧制御電源25、またはリターディング電圧制御電源26の応答速度で決まり極めて高速である。電場変化による応答時間は、例えば、数10マイクロ秒オーダーである。そこで、電極24の電圧の変化で焦点距離を変えて、フォーカスを高速に調整する。しかし、フォーカスが合った電極24の電圧では試料12の電圧は一定なので、電極24の電圧と試料12の電圧差Vdは最適値でなくなり、暗部の構造不良部を検出できなくなる可能性がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

または、試料 1 2 の電圧の変化で焦点距離を変えて、フォーカスを高速に調整する。しかし、フォーカスがあった試料 1 2 の電圧では電極 2 4 の電圧は一定なので電極 2 4 の電圧と試料 1 2 の電圧差 V_d は最適値でなくなり、暗部の構造不良部を検出できなくなる可能性がある。

【 0 0 3 1 】

そこで高速にフォーカスを調整するために、次に示す方法を用いる。電圧差 V_d を最適値に保持した状態で、電極 2 4 の電圧と試料 1 2 の電圧を等しい極性で等しい電圧分だけ変化させて、焦点距離を変える方法である。これによって、電極 2 4 の電圧と試料 1 2 の電圧の差を一定に保ったまま焦点距離を調整することができる。例えば、電圧差 V_d の最適値が - 5 V、電極 2 4 の電圧が - 1 0 5 V、試料 1 2 の電圧が - 1 0 0 V の場合、フォーカス調整のために、最適値を - 5 V を維持したままで、電極 2 4 の電圧を - 9 5 V、試料 1 2 の電圧を - 9 0 V にする。電極 2 4 の電圧の増加によって一次電子線 4 は対物レンズ 1 1 空間でより加速され、対物レンズ 1 1 の磁場は一定なので、一次電子線 4 の焦点距離は延びて、試料内部方向にフォーカスする（オーバーフォーカス）。同時に、試料 1 2 の電圧も増加することで、一次電子線 4 は試料 1 2 直上でより減速されにくくなり、一次電子線 4 の焦点距離は延びて、試料内部方向にフォーカスする（オーバーフォーカス）。いずれも、電圧を増加させると、一次電子線 4 の焦点距離が延びる方向、つまり、試料内部方向にフォーカスする（オーバーフォーカス）方向に焦点が移動するので、一定の電圧差 V_d の条件下で電極 4 の電圧と試料 1 2 の電圧を等しい量だけ増加させることで、一次電子線 4 の焦点距離が延びて、フォーカス位置をオーバーフォーカス側に移動でき、フォーカス調整に利用できる。

【 0 0 3 2 】

電極 2 4 で一次電子線 4 を減速させて対物レンズに入射させるために、電極 2 4 は対物レンズ 1 1 のレンズ主面より陰極 1 に近い方向で、かつ、電極 2 4 の電場が対物レンズ 1 1 主面に到達できる範囲に、電極 2 4 を配置する。

【 0 0 3 3 】

もちろん、電圧差 V_d を最適値に維持したままで、電極 2 4 の電圧と試料 1 2 の電圧を等しい極性で等しい電圧分だけ減少させることで、アンダーフォーカス側に移動できる。この場合も、電極 2 4 と試料 1 2 の電圧増加による焦点移動は同方向となる。

【 0 0 3 4 】

以上のことから、電圧差 V_d を最適値に維持したままで、電極 2 4 の電圧と試料 1 2 の電圧を同じだけ同じ極性方向に変化させることで、一次電子線 4 の焦点距離を変えて、フォーカス位置を変えることができる。

【 0 0 3 5 】

以上から、電極 2 4 と試料 1 2 の電圧を変化させて、高速にフォーカス調整ができて、さらに、二次電子 7 を抑制して、暗部の構造不良部を検査する機能を実現できる。

【 0 0 3 6 】

さらに、電極 2 4 と試料 1 2 の電圧の変化に対して、焦点距離が同じ極性で増減するので、従来の電極 2 4 または試料 1 2 の一方だけを変化させてフォーカスを合わせるよりも、単位電圧あたりの焦点距離変化量が従来の 2 倍以上と高感度であり、従って、従来よりも 2 倍以上のウェハ高さの変動に対応できる。

【 0 0 3 7 】

電極 2 4 で形成される静電レンズの中心と試料 1 2 で形成される静電レンズの中心は、電極 2 4 と試料 1 2 を保持する構成部品などの機械的誤差により、一致しない。一次電子線 4 が電極 2 4 の静電レンズ中心を通過させるように調整しても、一次電子線 4 は試料 1 2 の静電レンズ軸外を通過する。このため、フォーカス調整での電極 2 4 の電圧変化による視野移動は発生しないが、試料 1 2 の電圧変化で試料像の視野位置が変動してしまう。このため、観察対象の構造不良部が視野外になり観察できない可能性がある。また逆に、一次電子線 4 が試料 1 2 の静電レンズ中心を通過させるように調整しても、電極 2 4 の電

圧変化によって試料像の視野位置が変動してしまう。そこで、試料 1 2 または電極 2 4 の印加電圧に応じて偏向コイル 1 0 の偏向電流にオフセット電流を印加することで、視野位置を補正する。または、電氣的視野移動コイルを用いて視野位置を補正する。この場合も試料 1 2 または電極 2 4 の印加電圧に応じて電流値が設定される。電氣的視野移動コイルは、図中には記載していないが、電流を流すことで一次電子線の走査範囲にオフセットを加え、全体的に走査範囲を移動することができる。電氣的視野移動コイルは、特開平 1 0 - 9 7 8 3 6 号公報に記載されたように、イメージシフトコイルとして既知である。視野補正量はあらかじめプリセット値として取得し、制御装置 2 2 に保存し、試料 1 2 の印加電圧に連動して、視野位置を補正する。

【 0 0 3 8 】

10

暗部の構造不良部に対する検出条件とフォーカスの調整は、構造不良部検出 & フォーカス調整プログラムで行われる。

【 0 0 3 9 】

図 6 は構造不良部検出プログラム、および、フォーカス調整プログラムにおけるパラメータ設定画面を示したものである。この画面では、試料像を取得する際の加速電圧、プローブ電流、試料像の画素数、試料像のフレーム数、構造不良部検出プログラムにおける構造不良部検出の 1 ルーチンあたりの電圧差 V_d のステップ量 (D_V_d)、フォーカス調整プログラムにおける画像先鋭度評価開始点から終了点まで変化させる電圧幅 (振り幅 W_V_f)、フォーカス調整プログラムにおける画像評価の 1 ルーチンあたりの電極 2 4 と試料 1 2 の電圧のステップ量 (D_V_f) を設定できる。

20

【 0 0 4 0 】

ここで、1 ルーチンあたりの電圧差 V_d のステップ量 (D_V_d) を小さくするほど、暗部の構造不良部の検出できる最適条件をより高精度に得られる。画像先鋭度評価の開始点から終了点まで変化させる電圧幅 (振り幅 W_V_f) はウェハ高さの変動が大きい場合に大きくする。1 ルーチンあたりの電極 2 4 と試料 1 2 の電圧のステップ量 (D_V_f) を小さくするほど、試料像の先鋭度が細かく評価でき、フォーカス位置をより高精度に合わせられる。

【 0 0 4 1 】

図 7 は構造不良部検出プログラム、および、フォーカス調整プログラムのシーケンスを示したものである。このシーケンスは制御装置 2 2 で行われる。

30

【 0 0 4 2 】

まず、暗部構造不良部がある試料位置にステージ移動などで視野を移動する (ステップ 2 0 0)。図 6 の画面で、各パラメータの設定を行う (ステップ 2 0 1)。次に、プログラムによって図 6 で設定した電圧差 V_d が設定される (ステップ 2 0 2)。電圧差 V_d の初期値には 0 V が設定されることが望ましい。次に、電圧差 V_d は一定のままで、電極 2 4 と試料 1 2 の電圧を、画像評価の 1 ルーチンあたりの電極 2 4 と試料 1 2 の電圧のステップ量 (D_V_f) だけ変化させて、試料像を取得する (ステップ 2 0 3)。ステップ 2 0 3 で取得した試料像の先鋭度を構造不良部検出プログラムで評価する (ステップ 2 0 4)。フォーカス調整プログラムでの画像先鋭度評価開始点と終了点間まで変化させる電圧 (振り幅 W_V_f) を 1 ルーチンで変化させる電極 2 4 と試料 1 2 の電圧のステップ量 (D_V_f) で割った回数だけ、ステップ 2 0 3 とステップ 2 0 4 を繰り返す。最も画像先鋭度が高い電極 2 4 と試料 1 2 の電圧を設定する (ステップ 2 0 5)。構造不良部検出プログラムで、このときの試料像から暗部にある構造不良部が検出可能であるかを判定する (ステップ 2 0 6)。この構造不良部検出プログラムは、上記の暗部と明部との明るさの階調の比、信号対雑音比を元に判定している。もし、判定が N O である場合、再度ステップ 2 0 2 に戻り、電圧差 V_d を構造不良部検出の 1 ルーチンあたりの電圧差 V_d のステップ量 (D_V_d) だけ変化させる。これを繰り返し、ステップ 2 0 6 で判定が Y E S になる電圧差 V_d を求め、処理を完了する (ステップ 2 0 7)。処理の完了を表示装置に表示してもよい。

40

【 0 0 4 3 】

50

別のフォーカス調整方法を示す。ウェハ高さを計測できる高さ計測センサ（図示なし）を用意する。高さ計測センサで計測されたウェハ高さと、ユーザによって予め設定されたある電圧差 V_d で電極 24 および試料 12 に印加する電圧との関係を取得する。制御装置 22 に接続された記憶部 27 には、電圧差 V_d とウェハ高さの組み合わせ毎に、電極 24 の電圧をプリセット値として記録されている。試料 12 に印加する電圧は電圧差 V_d と電極 24 の電圧から求める。高さ計測センサで暗部構造不良部のウェハ高さを計測する。記憶部 27 に記録されたプリセット値をもとに、電圧差 V_d が最適値での電極 24 および試料 12 に電圧を設定して、ウェハ上の試料にフォーカスを合わせる方法である。この方法では、ウェハ位置を移動するたびに、図 7 で説明したようなシーケンスを実施せずに、制御装置 22 に記録されたプリセット値を設定するだけでフォーカス調整ができるので、図 7 の方式よりもさらに高速にフォーカス調整ができる。

10

【0044】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を實現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。

20

【0045】

各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記録装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【符号の説明】

【0046】

30

- 1 陰極
- 2 第一陽極
- 3 第二陽極
- 4 一次電子線
- 5 絞り板
- 6 集束レンズ
- 7, 7a 二次電子
- 8 導体板
- 9 検出器
- 10 偏向コイル
- 11 対物レンズ
- 12 試料
- 13 反射電子
- 14 三次電子
- 15 高電圧制御電源
- 16 集束レンズ制御電源
- 18 信号増幅器
- 19 偏向コイル制御電源
- 20 対物レンズ制御電源
- 21 像表示装置

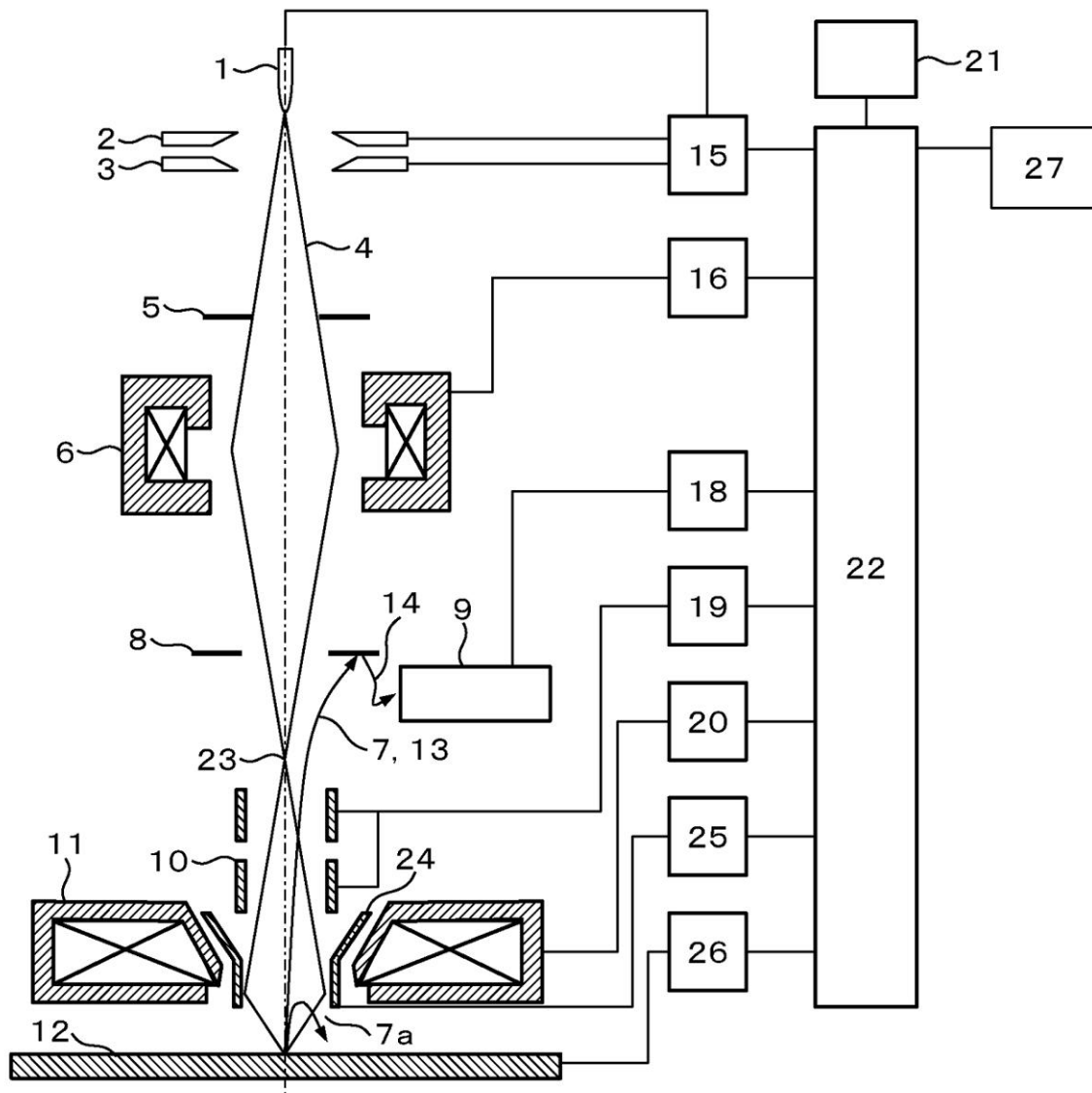
40

50

- 2 2 制御装置
- 2 3 結像位置
- 2 4 電極
- 2 5 電圧制御電源
- 2 6 リターディング電圧制御電源
- 2 7 記憶部
- 3 0 スペース部
- 3 1 ライン部

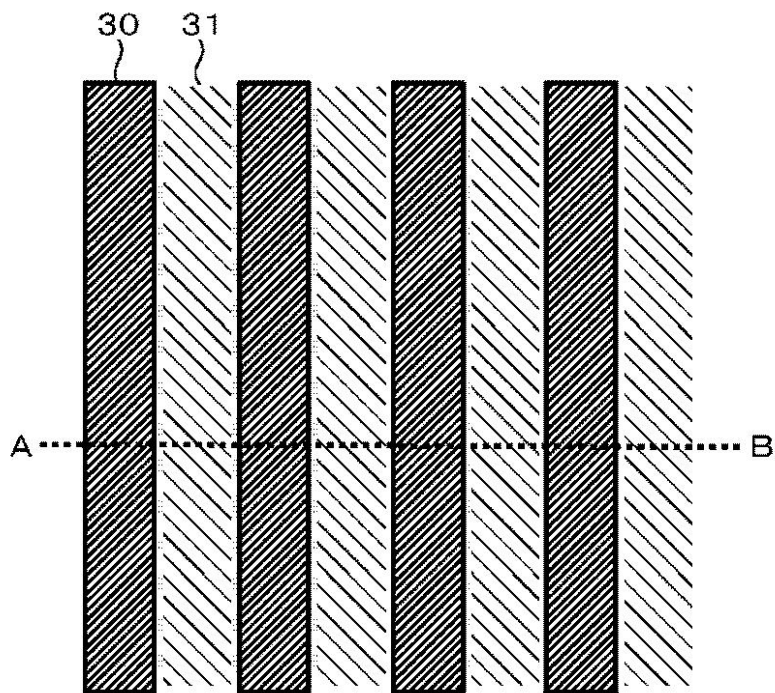
【図 1】

図 1



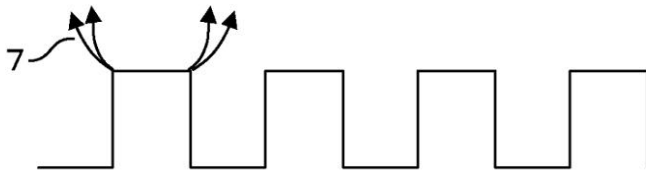
【図 2 a】

図 2a



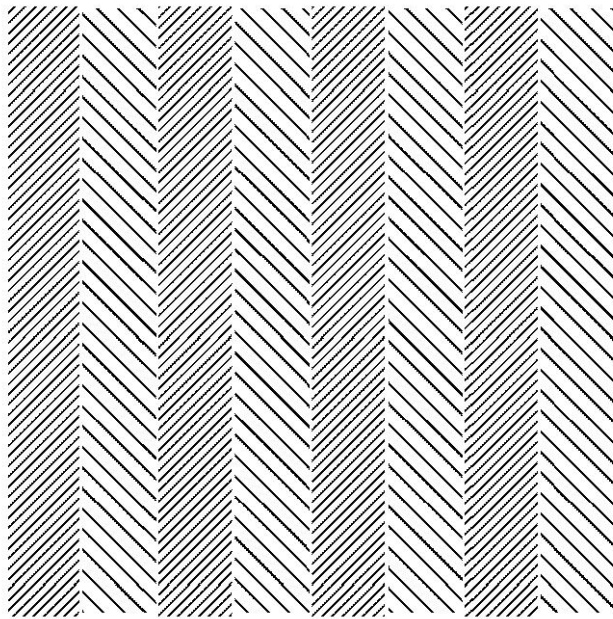
【図 2 b】

図 2b



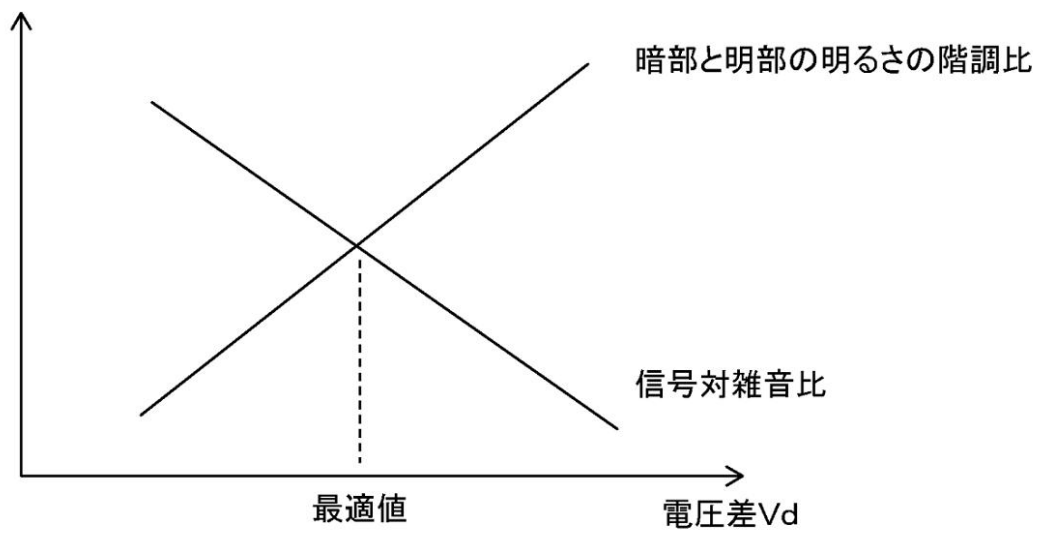
【図 3】

図 3



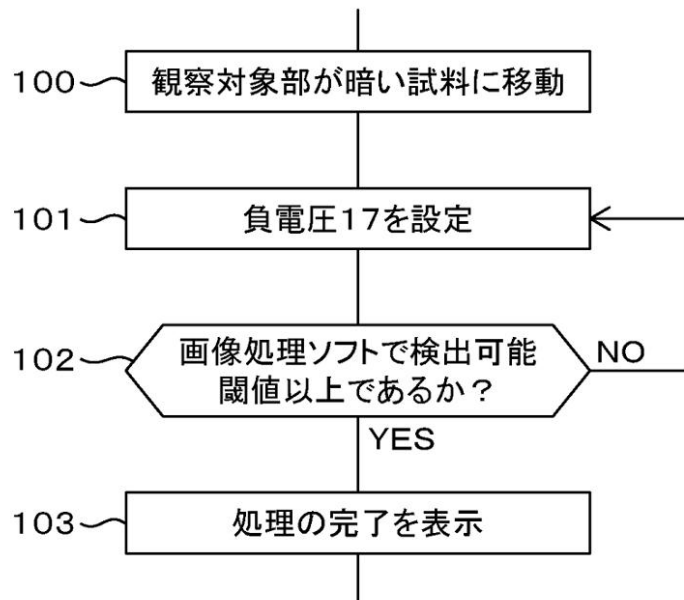
【図 4】

図 4



【図 5】

図 5



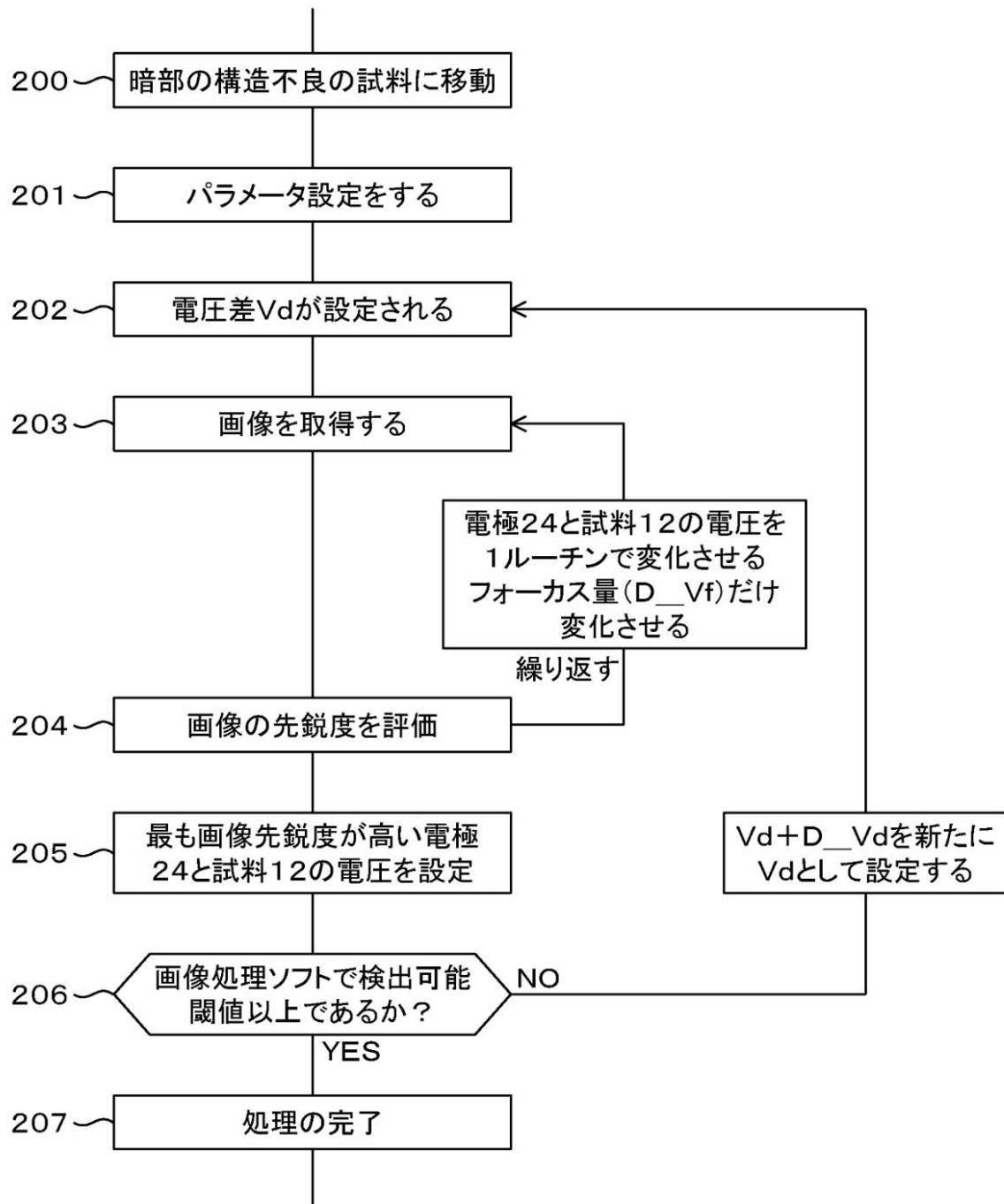
【図 6】

図 6

加速電圧	<input type="text"/>
画素数	<input type="text"/>
プローブ電流	<input type="text"/>
試料像の画素数	<input type="text"/>
試料像のフレーム数	<input type="text"/>
構造不良部検出の1ルーチンあたりのステップ量 (D_Vd)	<input type="text"/>
画像鮮鋭度評価開始点から終了点まで変化させる電圧幅 (W_Vf)	<input type="text"/>
画像評価の1ルーチンあたりの電極と試料の電圧のステップ量 (D_Vf)	<input type="text"/>

【図 7】

図 7



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 直正

茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
ズ 那珂事業所内

株式会社 日立ハイテクノロジー

審査官 小野 健二

(56)参考文献 特開平 1 1 - 3 1 7 1 8 9 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 1 5 1 4 8 4 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 1 9 4 1 2 6 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 1 / 0 0 7 5 1 7 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 J 3 7 / 2 1 , 3 7 / 2 2 , 3 7 / 2 8

H 0 1 L 2 1 / 6 6