

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5004659号
(P5004659)

(45) 発行日 平成24年8月22日(2012.8.22)

(24) 登録日 平成24年6月1日(2012.6.1)

| | | | | |
|---------------|-----------|---------------|---------|--|
| (51) Int.Cl. | | F I | | |
| HO 1 J 37/22 | (2006.01) | HO 1 J 37/22 | 5 O 2 H | |
| HO 1 J 37/147 | (2006.01) | HO 1 J 37/147 | B | |
| HO 1 J 37/28 | (2006.01) | HO 1 J 37/28 | B | |

請求項の数 7 (全 9 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2007-135916 (P2007-135916) | (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 |
| (22) 出願日 | 平成19年5月22日(2007.5.22) | (74) 代理人 | 100091096 弁理士 平木 祐輔 |
| (65) 公開番号 | 特開2008-293714 (P2008-293714A) | (72) 発明者 | 高根 淳 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 |
| (43) 公開日 | 平成20年12月4日(2008.12.4) | (72) 発明者 | 池田 光二 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 |
| 審査請求日 | 平成22年2月16日(2010.2.16) | | |

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】

荷電粒子線により試料上を二次元的に第 1 の方向に走査し、該走査により検出された試料からの荷電粒子ビームに基づく信号により、前記走査領域の画像を表示する荷電粒子線装置であって、

走査領域を前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向において複数領域に分割する分割領域を画定し、前記第 1 の方向の走査を前記分割領域毎に順次飛び越して走査を行う分割飛び越し方式の荷電粒子線装置において、

走査線の走査方式に起因して発生する、前記分割領域の前記第 2 の方向の大きさに応じた異なる大きさのアーチファクトを除去するための画像処理を行う画像処理部を有することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 2】

前記画像処理部は、

実画像をフーリエ変換したフーリエ変換画像に現れる前記アーチファクトを除去する処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子線装置。

【請求項 3】

前記画像処理部は、

実画像における前記第 2 の方向に関する画素数を前記分割数で除算した分割領域毎の画素数である第 1 の周期に対応し、前記実画像をフーリエ変換したフーリエ変換画像である周波数画像に対して前記第 1 の周期に対応するフーリエ変換後の第 2 の周期で、前記第 1

の方向に並ぶ画素に関する前記周波数画像の輝度信号を“0”方向にする処理を行うことを特徴とする請求項1に記載の荷電粒子線装置。

【請求項4】

前記画像処理部は、

実画像における前記第2の方向に関する画素数を前記分割数で除算した分割領域毎の画素数である第1の周期に対応し、前記実画像をフーリエ変換したフーリエ変換画像である周波数画像に対して前記第1の周期に対応するフーリエ変換後の第2の周期で、前記第1の方向に並ぶ画素に関する前記周波数画像の輝度信号をバックグラウンドの値の方向にする処理を行うことを特徴とする請求項1に記載の荷電粒子線装置。

【請求項5】

前記分割数と、少なくとも前記第2の方向におけるアーチファクト除去領域と、変更可能に設定するユーザインターフェイスを有することを特徴とする請求項1から4までのいずれか1項に記載の荷電粒子線装置。

【請求項6】

実画像データをフーリエ変換するフーリエ変換部と、周波数画像を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部と、有することを特徴とする請求項1から5までのいずれか1項に記載の荷電粒子線装置。

【請求項7】

荷電粒子線により試料上を二次元的に第1の方向に走査し、該走査により検出された試料からの荷電粒子ビームに基づく信号により、前記走査領域の画像を表示する荷電粒子線装置であって前記第1の方向の走査を前記分割領域毎に順次飛び越して走査を行う分割飛び越し方式の荷電粒子線装置における画像処理方法であって、

走査領域を前記第1の方向とは異なる第2の方向において複数領域に分割する分割領域を画定するステップと、

走査線の走査方式に起因して発生する、前記分割領域の前記第2の方向の大きさに応じた異なる大きさのアーチファクトを除去するための画像処理を行うステップとを有することを特徴とする画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は荷電粒子線装置に関し、特に、走査線の走査方式に起因して発生するアーチファクト除去のための画像処理技術に関する。

【背景技術】

【0002】

検査対象試料に対して電子線を照射すると、2次電子が発生する。走査型電子顕微鏡では、2次電子の発生量が、試料の形状に依存して変化する現象を利用して、試料表面の観察像を得ている。ここで、一般的な走査型電子顕微鏡では、画面内の水平方向、すなわちラスタ方向へライン（画面内水平線）毎に走査を行う。各ラインを走査する順番は、画面内垂直方向で上から下へ向かう並びとなっている。

【0003】

このような一般的なスキャン方式を用いると、画面内の垂直方向で上から下へ向かって次々にラスタスキャンされるため、電子線照射によって発生する帯電現象に起因する垂直方向に関する偏りが発生しやすい。すなわち、あるラインがスキャンされているタイミングで、その直前において、既にスキャンされているライン上に残っている帯電がスキャン中の一次電子線および二次電子線へ影響を及ぼし、その軌道を変えることで最終的に得られる試料像を歪めていた。

【0004】

下記特許文献1によれば、荷電粒子ビームを垂直方向にあるライン分だけ飛び越して水平方向に電子線を走査させることにより、帯電の影響を低減する技術について開示されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特開2005-142038号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

上記特許文献1に開示の技術によれば、飛び越し走査によって、帯電の蓄積をある程度緩和することが可能である。しかしながら、近接する走査線が形成される時間間隔が十分に設けられていないため、帯電の偏りが残るといった問題があった。

本発明は、上記飛び越し走査により帯電の影響を緩和した場合に、さらに残る問題を解決することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の一観点によれば、荷電粒子線により試料上を二次元的に第1の方向に走査し、該走査により検出された試料からの荷電粒子ビームに基づく信号により、前記走査領域の画像を表示する荷電粒子線装置であって、走査領域を前記第1の方向とは異なる第2の方向において複数領域に分割する分割領域を画定し、前記第1の方向の走査を前記分割領域毎に順次飛び越して走査を行う分割飛び越し方式の荷電粒子線装置において、走査線の走査方式に起因して発生するアーチファクトを除去するための画像処理を行う画像処理部を有することを特徴とする荷電粒子線装置が提供される。これにより、アーチファクト除去の画像処理をスキャン方向と垂直方向に生じるアーチファクト除去のためのフィルター処理とすることができる。

【 0 0 0 8 】

前記画像処理部は、実画像をフーリエ変換したフーリエ変換画像に現れる前記アーチファクトを除去する処理を行うことを特徴とする。より詳細には、前記画像処理部は、実画像における前記第2の方向に関する画素数を前記分割数で除算した分割領域毎の画素数である第1の周期に対応し、前記実画像をフーリエ変換したフーリエ変換画像である周波数画像に対して前記第1の周期に対応するフーリエ変換後の第2の周期で、前記第1の方向に並ぶ画素に関する前記周波数画像の輝度信号を“0”方向にする処理又はバックグラウンドの値の方向にする処理を行うものであっても良い。

【 0 0 0 9 】

前記分割数と、少なくとも前記第2の方向におけるアーチファクト除去領域と、変更可能に設定するユーザインターフェイスを有するのが好ましい。これにより、ユーザは、走査によりアーチファクトを除去することができる。

また、実画像データをフーリエ変換するフーリエ変換部と、周波数画像を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部と、を有していても良い。フーリエ変換部によりフーリエ変換した画像は、アーチファクトの位置と幅とを判断するのに適しており、これに基づいて、設定値を決めることができる。尚、フーリエ変換部は、修理業者が所持して装置に接続し、変換画像をモニタリングして調整できるようにしても良い。

【 0 0 1 0 】

本発明の他の観点によれば、荷電粒子線により試料上を二次元的に第1の方向に走査し、該走査により検出された試料からの荷電粒子ビームに基づく信号により、前記走査領域の画像を表示する荷電粒子線装置であって前記第1の方向の走査を前記分割領域毎に順次飛び越して走査を行う分割飛び越し方式の荷電粒子線装置における画像処理方法であって、走査領域を前記第1の方向とは異なる第2の方向において複数領域に分割する分割領域を画定するステップと、走査線の走査方式に起因して発生するアーチファクトを除去するための画像処理を行うステップと、を有することを特徴とする画像処理方法が提供される。

【 0 0 1 1 】

上記ステップをコンピュータに実行させるためのプログラムや、このようなプログラムをコンピュータ読みとり可能な記録媒体も本発明の範疇に入るものである。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、走査方式に起因し発生するアーチファクト除去のための画像処理と必要なパラメータを走査線の走査方式に従い決定するので、予め決定された画像処理により、アーチファクトの無い良好な画像を取得できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明の実施の形態について説明する前に、帯電の影響を低減するための先の出願（特願2005-221185号）について説明を行う。先の出願では、特許文献1に記載された飛び越し走査方法において、例えば、第1の走査線、第2の走査線、第3の走査線、
10
がそれぞれ走査された後に、複数本の走査線を走査する方法及び装置が提案されている。この構成によれば、第1、第2、第3の走査線間に、複数の走査線が介在するような隔たりがあるため、第1の走査線の残留帯電が、他の走査線に与える影響を抑制することができる。また、第1、第2、第3の走査線間に複数の走査線を走査している間に、帯電を緩和させることが可能になる。したがって、絶対的な帯電の影響を緩和させるとともにその偏りを抑制することが可能となる。このように、特許文献1を前提とし、また先の出願によって、走査線間の帯電の影響は緩和されることになる。

【0014】

しかしながら、走査線の走査方式により、画像上にアーチファクトが生じる場合がある。アーチファクトの発生原因について、図2と図3とを参照しながら説明を行う。電子線の
20
偏向は、外部からの交流磁場の影響により乱され、画像上にボケやアーチファクトを生じさせる。一般に交流磁場に対しては、電子線の走査を電源に同期させ、外部交流磁場の影響による電子線の変動を抑え、像にボケやアーチファクトが生じないようにしている。電流値の時間(t)変化として示される図2に示すように、符号1~16までにより示される各走査線は、常に時間tに依存して変動する（例えば交流50Hz）電源変動カーブの同じ位相位置において走査されることになる。そのため、図3に示す画像において、符号1~16で示すように、走査線に依存して画面の水平方向に交流のカーブに基づく連続的な変化（ゆらぎ）が生じてしまう。このように、画面において、微少なずれが少しずつ連続的に生じ、像自体に緩やかな歪みを生じさせるが、変化が微少であるため一般的には特に問題とならない。また、信号の積算等においても異なる位相の信号が積算されることがないため、画像のボケやアーチファクトが生じることはない。
30

【0015】

次に、先の特許出願に開示されるように、第1の走査線と第2の走査線との間に位置的な間隔が空くような走査方式の場合について検討する。例えば、図4(A)に示すように、画像を走査方向と垂直な方向に4分割し、その各々の領域に走査線を順番に配置する方法について提案されている。この方法は、垂直方向に例えば3つのラインL1~L3により第1~第4までの分割領域A1~A4までを画定し、まず第1~第4までの走査線を、これらの第1~第4までの分割領域A1~A4に配置していき、次いで、第5~第8までの走査線を、同じように、第1~第4までの分割領域A1~A4までに配置する方法である。このようにすると、帯電の影響を低減することはできるものの、電源変動カーブ上の
40
位相の異なる位置で走査される走査線が隣接するため、図4(B)に示すように、図3の場合と異なり、画像の変化が不連続になり、それに起因してアーチファクトが画像上に現れるという新たな問題が生じる。図4(B)に示す例では、特に第1~第4までの分割領域A1~A4の切れ目ごとに大きな画像の変化が生じ、分割の領域内でも不連続な変化が生じてしまう場合がある。

【0016】

そこで、発明者は、先の出願の手法に関して走査線の走査方式に起因して発生するアーチファクト除去のための画像処理技術について考察した。

【0017】

以下、本発明の実施の形態による画像処理装置について図面を参照しながら説明を行う
50

。 図1は、本発明の一実施の形態による画像処理装置の一実施例として示す走査電子顕微鏡装置の概略構成例を示すブロック図である。

図1に示すように、本実施の形態による走査型電子顕微鏡において、符号101は試料台であり、符号102は試料台101上に載せられる撮影対象試料、符号104は陰極、符号105は走査コイル、符号106は電子レンズ、符号108は走査コイル制御回路、符号109はレンズ制御回路である。本実施の形態による走査型電子顕微鏡において、図示しない電子源から発射される電子ビーム114は、走査コイル105によって試料102上を走査されるように制御され、試料102から発生した電子は、反射電子の位置に設けられた検出器103により検出される。検出器103からの信号S1がAD変換器107 10
に入力されてデジタル信号S2へと変換される。デジタル信号S2は、画像処理プロセッサ110に入力され、画像処理と特徴量の抽出とが行われ、その結果は、制御用計算機111へ送られる。また、処理された画像は、表示装置112へ送られて表示される。制御用計算機111からの焦点制御信号S3は、レンズ制御回路109に入力され、レンズ106の励磁電流を調節することにより焦点制御を行うことができる。尚、符号113は、制御用計算機111に接続され、各種の走査やデータの入力などを行うための入力部である。

【0018】

図5(A)、(B)は、先の特許出願による走査方式により生じるアーチファクトを模式化した画像例とその画像における周波数特性とをそれぞれ示す図である。図4(A)に 20
示したような走査方式であって、かつ、分割数を16とした場合に、画像上に現れる大きな変化(図5(A)の右半分の領域から分割数に対応して左側に突出する部分)は、分割の切れ目毎、つまり画像の大きさが 512×512 の場合は32画素($512 / 16 = 32$)分の変化周期(第1の周期)を有している。図5(A)のエッジ部分の輝度変化周期は32画素である。ここで、図5(A)の画像をフーリエ変換し、周波数空間で表したフーリエ変換画像を図5(B)に示す。図5(B)において、横軸が画像のX方向の周波数を、縦軸が画像のY方向の周波数を表す。図5(B)に示す画像の中央からY方向16画素の位置に、aの32画素周期の変化に対応する高輝度ラインが現れている。これは、画像の大きさを 512×512 とした場合に、図5(A)の変化周期 = $512 /$ 分割数、図 30
5(B)の高輝度ライン位置 = $512 /$ (図5(A)の変化周期)との関係から、対応付けられて第2の周期を求めることができる。

【0019】

ここで、図5(B)に示すY方向において第2の周期すなわち16画素以上の部分に現れている高輝度ラインは、図5(A)の輝度変化が矩形変化で模式化されているため含まれる周波数のラインである。このように、走査方式により、画像上に現れる変化(以下、「アーチファクト」と称する。)の周波数を推測することができる。発明者は、この結果から、アーチファクトに対応した周波数部分を画像処理によって削除することにより画像上のアーチファクトを低減できることに思い至った。

【0020】

図6(A)は、図5(B)に示すフーリエ変換画像についてアーチファクトに対応した 40
周波数部分を画像処理により削除したいわゆる0フィリング画像(アーチファクトに対応した周波数成分を0フィリング処理により除去したフーリエ変換画像)の例を示す図である。画像処理について簡単に説明すると、走査方式により予め中央からY方向16画素目の位置にアーチファクトに対応した信号が存在することがわかるため、その位置の信号を画像処理により“0”に置換している。尚、アーチファクトに対応する信号は、周波数位置を走査方式により決定できるが、濃淡状態によってメイン周波数回りの分布状態が異なってくる。従って、“0”で置換し削除する縦横の幅に関しては、予め実験等によって決めておくのが好ましい。また、“0”で完全に置換するのではなく、そのまわりの輝度からならぬかに“0”に変化するように置換するように工夫することもできる。

【0021】

10

20

30

40

50

図6(A)に示す周波数空間画像を逆フーリエ変換した画像を図6(B)に示す。図6(B)に示す逆フーリエ変換画像は、図5(A)に示す変化部分がフィルタリングされ、なだらかな変化になっていることがわかる。

【0022】

図7は、本実施の形態による画像変換を走査型電子顕微鏡において実現するための処理の流れを示すフローチャート図である。まず、ステップ701において走査方式を決定する。ステップ702では、ステップ701において決定された走査方式によって、図5を参照して説明した関係に基づいて、画像上に現れるアーチファクトの周波数を決定することができる。ステップ703では、ステップ702の周波数位置に対して、予め実験等で決めておいた縦横の幅からアーチファクト除去のための周波数領域を決定する。ステップ704、ステップ705で撮影を行い、画像を取得する。取得した画像をステップ706でフーリエ変換し、ステップ703において決定した周波数領域を例えば“0”で置換する。その画像をステップ708で逆フーリエ変換し、ステップ709で表示/保存する。このような処理の流れにより、画像上に現れる走査方式に依存したアーチファクトを軽減することができる。

10

【0023】

尚、ステップ703において削除する周波数領域(縦横の幅)やステップ707における“0”置換の方法に関しては、対象試料の種類により予め決めておき、種類によって使い分けることもできる。

【0024】

図8は、本実施の形態による走査方式に従うアーチファクト除去処理を操作者が選択的に行なう場合の操作画面の例を示す図である。この走査画面の構成は、例えば、メニュー表示されるようにしても良いし、ハードウェア的に各項目を設定できるようにしても良い。この操作画面112は、走査方式131と、アーチファクト除去処理のオン・オフ135と、領域分割数137と、X方向の領域除去幅141、Y方向の領域除去幅143と、の入力領域を有している。ここで、走査方式131を入力し、アーチファクト除去のON/OFF135を選択する。ONの場合には、走査方式の画像分割数や除去する周波数領域の縦横の幅を入力する。領域除去幅Xは、一般的に画面の横方向の全幅である。ここでは、特に領域除去幅Yが重要であり、例えば3ではアーチファクトの除去が不十分であれば、4、5のように増加させながら、画面を見て適正値を決めることができる。

20

30

【0025】

本実施の形態によれば、以下に述べるような効果を発揮する。

すなわち、従来、走査線間の帯電の影響を緩和するように考案された走査方式では、画像上にアーチファクトが発生するという問題があった。この問題に対して、走査方式に従い、走査方式に起因して発生するアーチファクトの周波数を予め求めておき、それに対応する周波数領域の画像成分を除去することにより、アーチファクトの影響が軽減された良好な画像を取得することができる。

【産業上の利用可能性】

【0026】

本発明は、荷電粒子線装置に利用可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の一実施の形態による画像処理装置を備えた走査電子顕微鏡装置の概略構成例を示す機能ブロック図である。

【図2】電源同期時の電源変動カーブと走査線との関係を示す図である。

【図3】電源同期時の走査線の画像上の位置の変化例を示す図である。

【図4】図4(A)は、帯電抑止のために画像を4分割し走査する方式の原理図であって走査線の画像上の位置を示す図であり、図4(B)は、画面を分割した場合における画像の変動例を示す図である。

【図5】図5(A)は、32画素周期でエッジがずれた画像の例を示す図であり、図5(B)

50

B) は、図 5 (A) に示す画像データをフーリエ画像変換した画像例を示す図である。

【図 6】アーチファクトに対応した周波数部分を削除した 0 フィリング画像例 (図 6 (A)) と、それを逆フーリエ変換して得たアーチファクトを低減した画像例 (図 6 (B)) である。

【図 7】本実施の形態による画像処理の流れを示すフローチャート図である。

【図 8】本実施の形態による走査型電子顕微鏡の操作画面例であって、アーチファクト処理に関する操作設定画面例を示す図である。

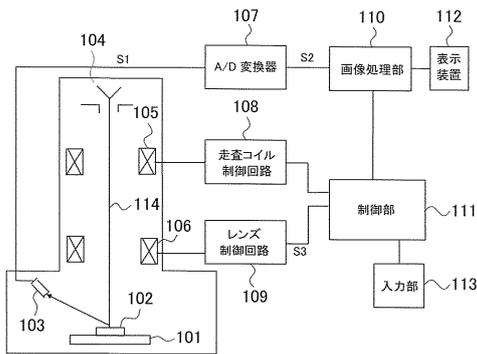
【符号の説明】

【 0 0 2 8 】

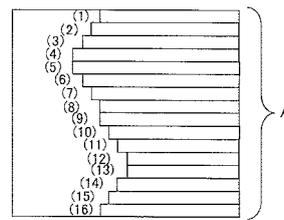
1 0 1 ... 試料台、1 0 2 ... 試料、1 0 3 ... 検出器、1 0 4 ... 陰極、1 0 5 ... 走査コイル、1 0 6 ... 電子レンズ、1 0 7 ... A/D 変換器、1 0 8 ... 走査コイル制御回路、1 0 9 ... レンズ制御回路、1 1 0 ... 画像処理プロセッサ、1 1 1 ... 制御用計算機、1 1 2 ... 表示装置、1 1 3 ... 入力手段、1 1 4 ... 電子ビーム。

10

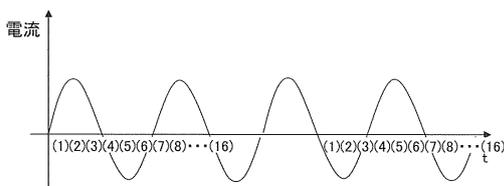
【 図 1 】



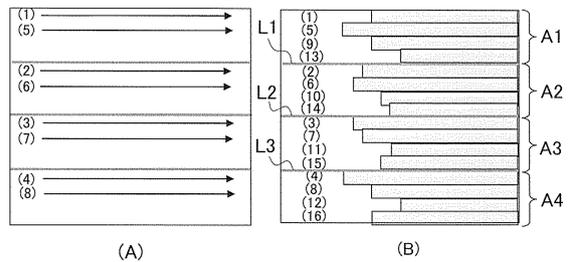
【 図 3 】



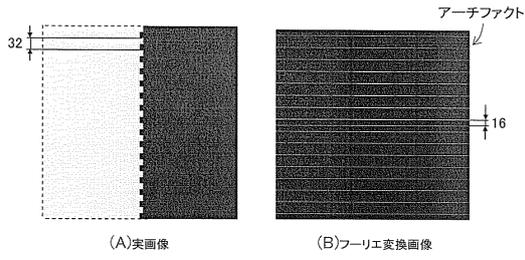
【 図 2 】



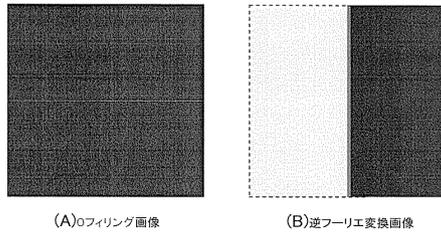
【 図 4 】



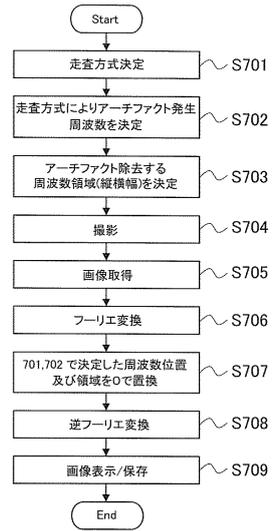
【図5】



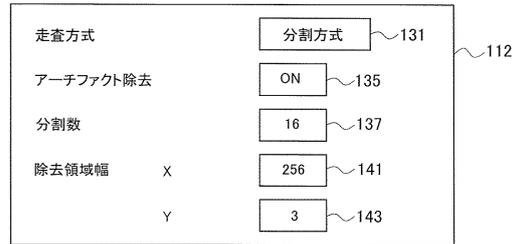
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 小原 篤

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

審査官 佐藤 仁美

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 1 B 1 5 / 0 0 - 1 5 / 0 8、
G 0 6 T 1 / 0 0 - 1 / 4 0、 3 / 0 0 - 5 / 5 0、
9 / 0 0 - 9 / 4 0、
H 0 1 J 3 7 / 0 0 - 3 7 / 0 2、 3 7 / 0 5、 3 7 / 0 9 - 3 7 / 1 8、
3 7 / 2 1 - 3 7 / 2 4 4、 3 7 / 2 5 2 - 3 7 / 2 9 5、
H 0 1 L 2 1 / 6 4 - 2 1 / 6 6、
H 0 4 N 1 / 3 8 - 1 / 3 9 3