(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5537460号
(P5537460)

(45)発行日　平成26年7月2日(2014.7.2)　(24)登録日　平成26年5月9日(2014.5.9)

(51)Int.Cl.		F I		
H01J 37/22	(2006.01)	H01J	37/22	502H
H01J 37/153	(2006.01)	H01J	37/153	B
H01J 37/20	(2006.01)	H01J	37/20	D
		H01J	37/20	C
		H01J	37/153	A

請求項の数 6　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2011-31516(P2011-31516)
(22)出願日　平成23年2月17日(2011.2.17)
(65)公開番号　特開2012-169233(P2012-169233A)
(43)公開日　平成24年9月6日(2012.9.6)
審査請求日　平成25年1月30日(2013.1.30)

(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　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　董　　双▲ち▼
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】荷電粒子線顕微鏡及びそれを用いた計測画像の補正方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

観察するための試料を搭載し、移動して試料の観察位置を変更することのできる試料台を備えた走査型電子顕微鏡と、当該走査型電子顕微鏡で計測した信号を画像として取得する画像入力装置と、入力した画像を保存するための記憶装置と、画像に処理を施し種々の補正を行うための演算装置と、補正を行う条件を入力するための入力装置と、補正を行った画像を出力するための出力装置を備えた走査型電子顕微鏡システムにおいて、

観察画像より短時間で補正用参照画像を計測し、

前記観察画像と前記補正用参照画像との比較により、前記観察画像の計測中に発生する前記試料台のドリフトに起因する前記観察画像の歪を当該観察画像のライン単位で検出し、検出した前記歪をライン単位で補正して、前記歪を軽減した画像を出力することを特徴とする走査型電子顕微鏡システム。

【請求項２】

請求項１に記載の走査型電子顕微鏡システムにおいて、

１枚の前記観察画像の歪を補正するために、前記補正用参照画像を１枚取得することを特徴とする走査型電子顕微鏡システム。

【請求項３】

請求項１に記載の走査型電子顕微鏡システムにおいて、

前記観察画像の横方向の歪を前記補正用参照画像との比較により、前記観察画像の横方向のラインのドリフト量として検出し、前記観察画像の歪を補正することを特徴とする走

査型電子顕微鏡システム。
【請求項４】
請求項１に記載の走査型電子顕微鏡システムにおいて、
前記観察画像の縦方向の歪を前記補正用参照画像との比較により、前記観察画像の縦方向のラインのドリフト量として検出し、前記観察画像の歪を補正することを特徴とする走査型電子顕微鏡システム。
【請求項５】
請求項１に記載の走査型電子顕微鏡システムにおいて、
前記観察画像の横方向および縦方向のドリフト量において、当該ドリフト量より近似曲線を求め、当該近似曲線から求められたドリフト量を補正量として前記観察画像の歪を補正することを特徴とする走査型電子顕微鏡システム。
【請求項６】
請求項１に記載の走査型電子顕微鏡システムにおいて、
前記観察画像のドリフトの有無を操作画面上に表示させることを特徴とする走査型電子顕微鏡システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、荷電粒子線顕微鏡及びそれを用いた計測画像の補正方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
荷電粒子線顕微鏡は、高倍率で物質の構造を観察できるため幅広く使われている。一方で、装置側のステージや試料の特性によりドリフトが発生する場合がある。一般に、荷電粒子線顕微鏡においては、試料台上に載置された試料をステージで動かして撮像視野を移動する。しかしながら、機械精度の問題上、ステージは停止動作を行っても急には停止せず、短い距離ではあるが移動してしまう。ドリフトとは、主としてこの停止後のわずかな試料台の移動に起因して発生する。
【０００３】
荷電粒子線顕微鏡においては、観測のための画像は、数秒から数十秒という長い時間をかけ、かつ高倍率に拡大して撮像するため、わずかなドリフトであっても画像上で歪として現われてしまう。一旦歪がはいった画像のみからでは、ドリフトによりどれだけの画像のずれが発生したか、あるいはどの方向にずれたかの量を求めることができないため、計測時点で画像に歪が入らないようにするか、なんらかの方法で画像の歪を補正する必要がある。
【０００４】
計測時点で画像に歪が入らないようにするためには、試料台停止動作後、完全に試料台が停止するまで待ってから観測を開始すればよいが、撮像効率は非常に悪い。そこで、ドリフトによる画像歪を補正する方法が種々工夫されている。
【０００５】
例えば、特許文献１には、スロースキャンで撮像された画像に含まれるドリフトによるずれ量を求めるために、２つのファーストスキャン像（テレビスキャン像）を用いてＸ方向およびＹ方向への単位時間あたりのドリフト量（ドリフト速度）を求めて、その結果を用いてスロースキャン像を補正するドリフト補正方法が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】再公表特許ＷＯ２００３／００４８２１（米国特許７０３２９６号）
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】

試料台の移動が停止するまで待ってから計測を開始する方法では、試料台を移動するたびに、試料台が完全に停止するまで待つ必要があるため、観察の操作性を著しく低下させる。一方、特許文献１に記載されたドリフト補正方法では、少なくとも３枚の画像を使用して、その中の１枚の画像を補正するが，撮像枚数は直接装置のスループット，試料へのダメージに関連するため、できるだけ少ない枚数でドリフト補正を実現するドリフト補正方法が望まれる。

【０００８】

本発明は、できるだけ少ない撮像枚数でドリフト補正を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

この課題を解決するため、観察のために取得する画像と同一の位置と倍率で、歪補正のための参照用画像を計測する。このとき、参照用画像においては、ドリフトの影響を低減するため、本来の観測用画像より短時間で計測を実行する。参照用画像は、観測用画像に比べて短時間で計測を行うため、信号量が減少し観測用には使用できない。しかし、観測用画像に比べて歪量は少ないため、試料の形状を正しく反映している。参照用画像と観測用画像の形状を比較し、観測用画像の形状を、参照用画像の形状に合わせて補正することにより、観測用画像の形状を補正する。

【発明の効果】

【００１０】

本発明によれば、観察開始を試料台が完全に停止するまで待つ必要がない。さらに、従来補正のために３枚の画像を取得する必要があったが、２枚の画像で補正を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】装置構成図。
【図２】ドリフト補正。
【図３】横方向ドリフト量算出。
【図４】横方向ドリフト量補正。
【図５】横方向ドリフト補正。
【図６】縦方向ドリフト補正。
【図７】縦方向ドリフト補正。
【図８】処理フロー図。
【図９】警告用ＧＵＩ。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

（実施例１）

以下に、本発明の実施形態を図を用いて説明する。

【００１３】

図１は、本発明を実施するための装置構成を示す図である。荷電粒子顕微鏡１０１は、荷電粒子を用いた顕微鏡であり、荷電粒子を試料に照射することにより高倍率の画像を取得することができる。一般には、電子線を利用した、走査型電子顕微鏡や透過型電子顕微鏡が知られている。荷電粒子顕微鏡１０１で取得した画像は、画像入力装置１０２により取得する。画像入力装置１０２で取得した画像は、記憶装置１０５に格納することができる。荷電粒子顕微鏡１０１，画像入力装置１０２を用いて計測した画像は、補正条件入力装置１０３より入力した補正条件により、演算装置１０４で補正を行い、画像出力装置１０６により出力する。

【００１４】

図２は、本発明の実施内容を示す図である。観察用画像２０１は、荷電粒子顕微鏡１０１を用いて観察のために計測された画像であり、高い画質を得るために数秒から数十秒と長い時間をかけて計測するため、大きな歪が含まれている。補正用参照画像２０２も観察

用画像２０１と同様に荷電粒子顕微鏡１０１を用いて計測した画像である。補正用参照画像２０２は、試料台のドリフトの影響を低減するため、観察用画像２０１より高速に計測する。たとえば、観察用画像２０１が４０秒で計測し、補正用参照画像２０２を４０ミリ秒で計測した場合、試料台ドリフトの影響は１０００分の１となる。観察用画像２０１を補正用参照画像２０２と形状を比較し補正することにより、補正後観察用画像２０３を得る。ここで、試料台のドリフトは、横方向に移動する場合と縦方向へ移動する場合、さらに、横と縦両方の成分をもち斜め方向に移動する場合がある。

【００１５】

図３により横方向のドリフトを補正する手順を説明する。観察用画像２０１上の横方向の任意の場所に画像の形状を確認するためのライン上のプロファイル位置３０１を設定する。補正用参照画像２０２上にも観察用画像上に設定したプロファイル位置３０１と同一位置にプロファイル位置３０２を設定する。プロファイル３０３は観察用画像２０１上に設定したプロファイル位置３０１における画像プロファイルであり、プロファイル３０４は補正用参照画像２０２上に設定したプロファイル位置３０２における画像プロファイルである。この２つのプロファイルの形状を比較することにより横方向の移動量を求めることができる。ここで、プロファイルを設定する位置を画像上端から下端までずらしながら各ラインにおけるドリフト量を順次検出することにより、画像全体におけるドリフト量を取得することができる。

【００１６】

図４は、画像全体における横方向のドリフト量を示す図である。実際に計測したドリフト量４０２は、計測における形状の変化やノイズ等の影響により誤差を含んでいる。しかし、ドリフトの原因が試料台移動を停止した後停止するまでのドリフトとした場合、ドリフト量は連続的に変化するはずである。そこで、計測したドリフト量より近似曲線を算出することにより、ノイズ等の影響によるばらつきを軽減することもできる。近似曲線を求める方法としては、最小二乗近似がある。

【００１７】

図５は横方向のドリフトを補正する方法を示す図である。観察用画像２０１において、図４により求めたドリフト量の近似曲線に従い、横方向１ラインずつ、横方向にずらすことより、横方向ドリフト量補正後画像５０１を得ることができる。

【００１８】

図６により、縦方向のドリフト量の補正方法を説明する。横方向のドリフト量は、画像のずれをして計測される特徴があるが、縦方向のドリフトは画像の伸び縮みとして現われる。そのため、単純にライン上のプロファイルを比較する方法では、縦方向のドリフト量を検出することはできない。そこで、観察用画像内の部分領域が、補正用参照画像２０２のどの部分とマッチングするかを計測することにより、縦方向のドリフト量を算出する。まず、横方向ドリフト量補正後画像５０１の任意の位置に参照用領域６０１を設定する。次に、補正用参照画像２０２上に、横方向ドリフト量補正後画像５０１上に設定した参照用領域６０１と同一位置に補正位置検索領域６０２を設定する。そして、参照用領域６０１と同一形状の存在する位置を補正位置検索領域６０２より検索することにより、縦方向のドリフト量を算出することができる。ただし、補正位置検索領域６０２の内側で参照用領域６０１と同一形状である部分を検索するため、補正位置検索領域６０２は参照用領域６０１より広めの領域を設定することとする。また、同一形状を検索する方法としては、正規化相関を用いたテンプレートマッチングが広く知られている。参照用領域６０１と補正位置検索領域６０２の設定位置を上下にずらしながらドリフト量を算出することにより、画像全体におけるドリフト量の算出が可能となる。横方向のドリフト量と同様に、縦方向においても、ノイズ等の影響により、ドリフト量のばらつきが発生することがあるので、縦方向のドリフト量においても、近似曲線を求めることとする。

【００１９】

図７により、縦方向のドリフト量を補正する方法を示す。横方向ドリフト量補正後画像５０１において、図６により求めたドリフト量の近似曲線に従い、縦方向に画像をずらす

ことにより縦方向のドリフト量の補正を行ってもよい。ただし、縦方向に関するドリフト量の補正は、単純な縦ラインを位置をずらして複写するだけでは実現できない。縦方向のドリフト量は、形状の伸び縮みとして画像上に現れるためである。補正後観察用画像２０３の各画素が、図６により求めたドリフト量の近似曲線に従い、横方向ドリフト量補正後画像５０１上のどの位置に該当するかを計算し、横方向ドリフト量補正後画像５０１上の画素より補間計算により補正後観察用画像２０３の各画素の値を算出することにより補正後観察用画像２０３を得ることができる。

【００２０】

横方向，縦方向のドリフト量を算出するために、ドリフト量を検出するための領域（プロファイル位置３０１，３０２，参照用領域６０１，補正位置検索領域６０２）や検出したドリフト量から補正曲線を求める方法を確定する必要がある。これらを確定する方法としては、あらかじめ固定の領域と方法を決めておく方法がある。また、補正条件入力装置１０３によりドリフト量を検出するための領域や検出したドリフト量から補正曲線を求める方法を入力することもできる。

【００２１】

図８により本発明の処理フローを示す。初めに、参照用画像取得８０１により補正用参照画像２０２を取得する。観察用画像取得８０２により観察用画像２０１を取得する。横方向ドリフト量算出８０３により、参照用画像取得８０１で取得した補正用参照画像２０２と観察用画像取得８０２により取得した観察用画像２０１を用いて、横方向のドリフト量を算出する。横方向ドリフト量近似８０４で、横方向ドリフト量算出８０３により算出した横方向のドリフト量を近似し、横方向ドリフト量の近似曲線を算出する。横方向ドリフト補正８０５では、観察用画像２０１と横方向ドリフト量の近似曲線を用いて、横方向ドリフト量を補正し、横方向ドリフト量補正後画像５０１を取得する。

【００２２】

縦方向ドリフト量算出８０６により、参照用画像取得８０１で取得した補正用参照画像２０２と横方向ドリフト補正８０５により補正した横方向ドリフト量補正後画像５０１を用いて、縦方向のドリフト量を算出する。縦方向ドリフト量近似８０７では、縦方向ドリフト量算出８０６により算出した縦方向のドリフト量を近似し、縦方向ドリフト量の近似曲線を算出する。縦方向ドリフト補正８０８では、横方向ドリフト量補正後画像５０１，縦方向ドリフト量の近似曲線を用いて、縦方向ドリフト量を補正し、補正後観察用画像２０３を取得する。

【００２３】

（実施例２）

本発明の第２の実施例について図９を用いて説明する。以上の説明で述べた手法に加えて、操作画面上でもユーザにサポートすることが可能となる。警告画面９０１は、警告用文字列９０４，第１のボタン９０２と第２のボタン９０３から構成される。画像のドリフトが検出された際に、ユーザに警告画面９０１を表示させて、撮像された画像にドリフトが含まれていることを示す。それと同時に、警告画面９０１上に撮像された画像のドリフトを補正するかに関して、ユーザがドリフトの実行可否を選択する。選択する際に、第１のボタン９０２か、第２のボタン９０３をクリックし、ドリフトの補正可否を確定する。

【符号の説明】

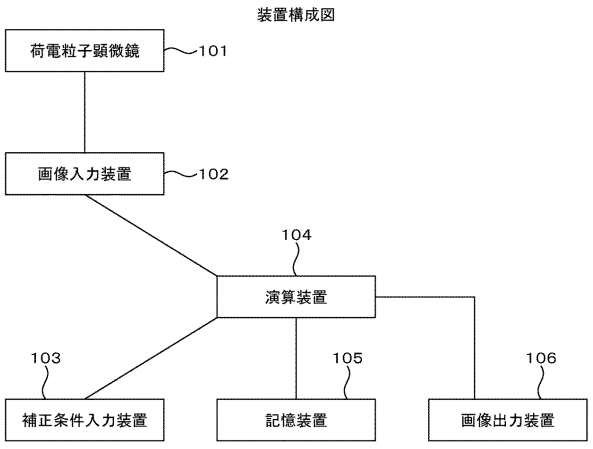
【００２４】

１０１　荷電粒子顕微鏡
１０２　画像入力装置
１０３　補正条件入力装置
１０４　演算装置
１０５　記憶装置
１０６　画像出力装置
２０１　観察用画像
２０２　補正用参照画像

２０３　補正後観察用画像
３０１　観察用画像プロファイル位置
３０２　補正用参照画像プロファイル位置
３０３　観察用画像プロファイル
３０４　補正用参照画像プロファイル
４０１　横方向ドリフト量グラフ
４０２　横方向ドリフト量計測量
４０３　横方向ドリフト量近似曲線
５０１　横方向ドリフト量補正後画像
６０１　参照用領域
６０２　補正位置検索領域
６０３　縦方向ドリフト量グラフ
８０１　参照用画像取得
８０２　観測用画像取得
８０３　横方向ドリフト量算出
８０４　横方向ドリフト量近似
８０５　横方向ドリフト補正
８０６　縦方向ドリフト量算出
８０７　縦方向ドリフト量近似
８０８　縦方向ドリフト補正
９０１　警告画面
９０２　第１のボタン
９０３　第２のボタン
９０４　文字列

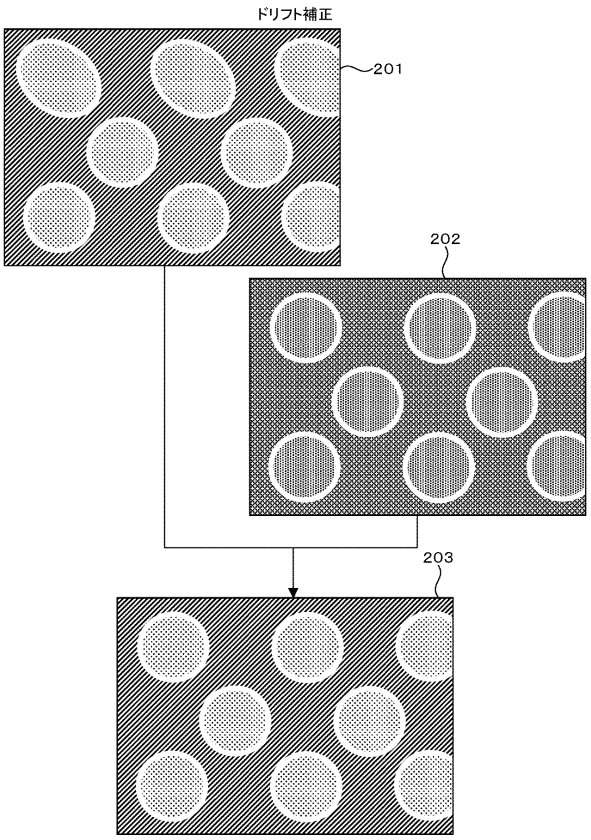
【図１】

図 1



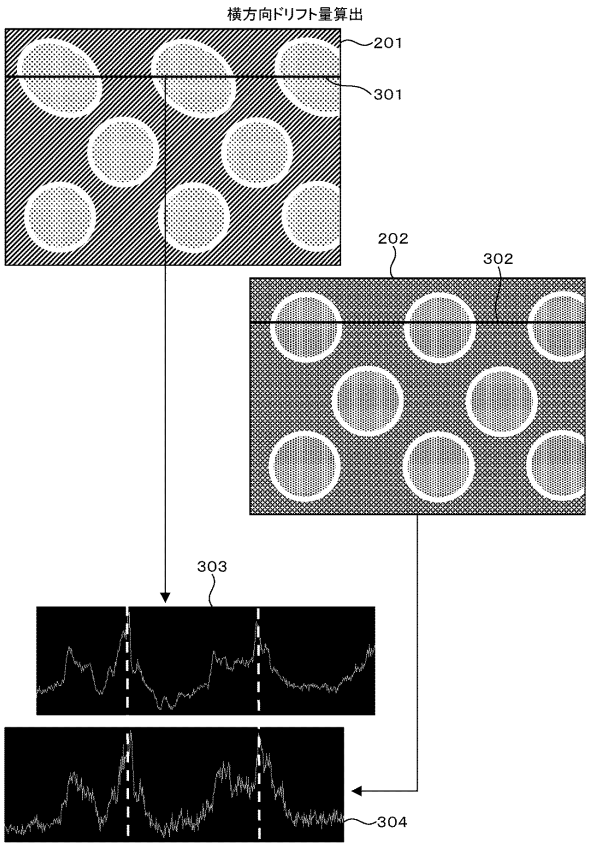
【図２】

図 2



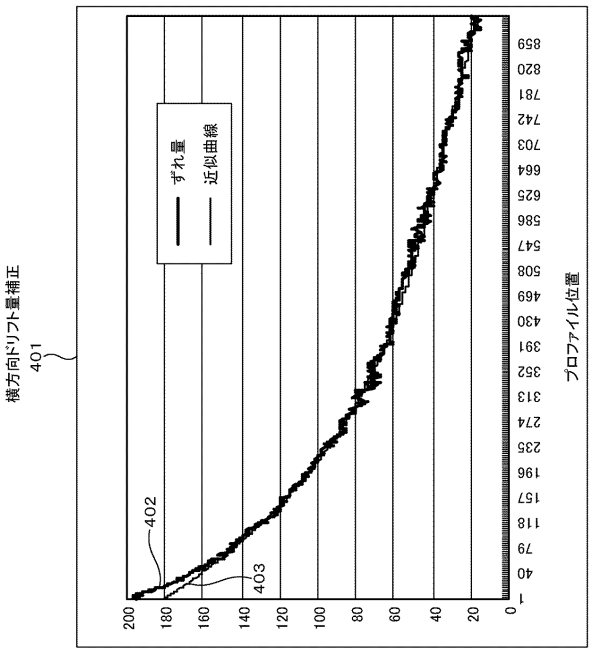
【図３】

図 3



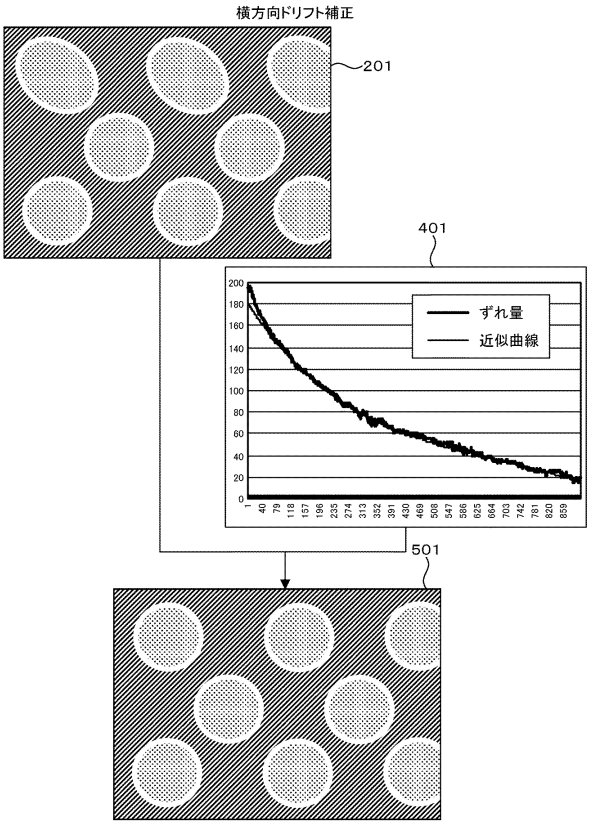
【図４】

図 4



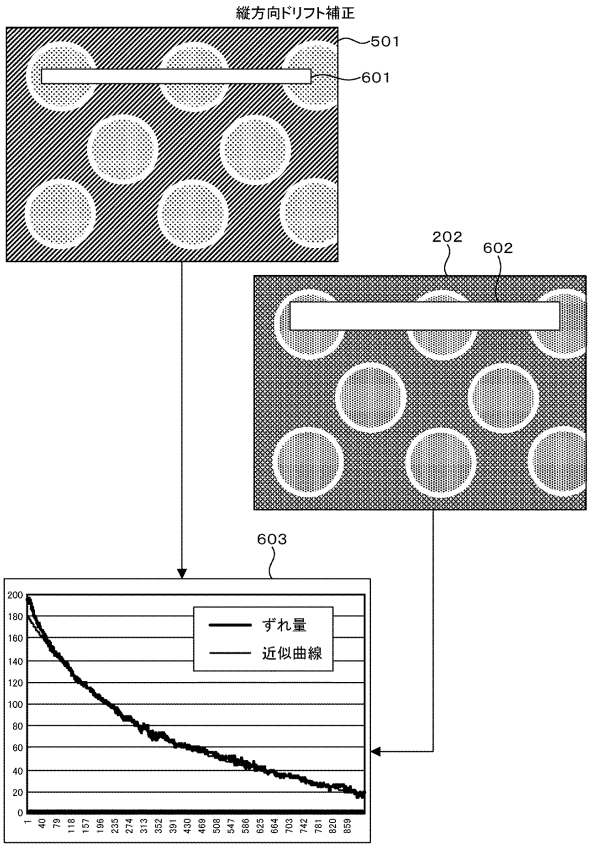
【図５】

図 5



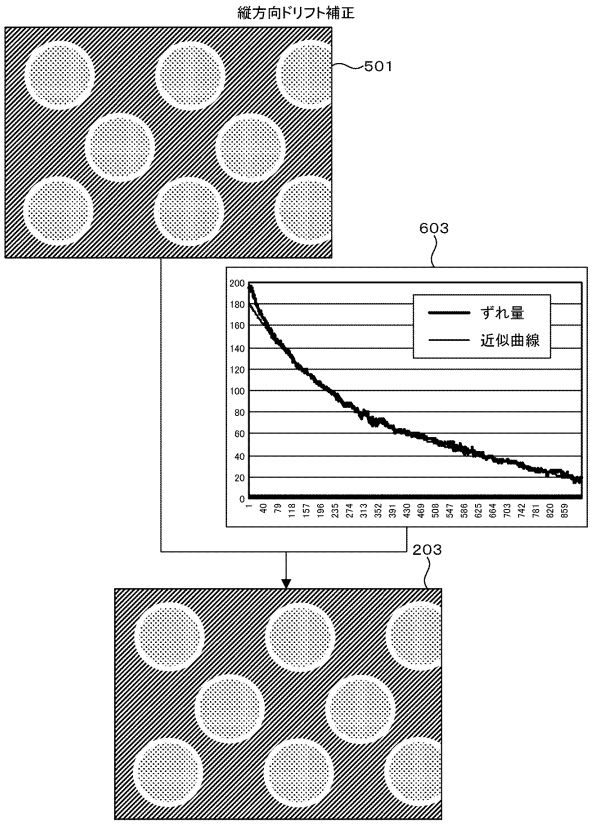
【図６】

図 6



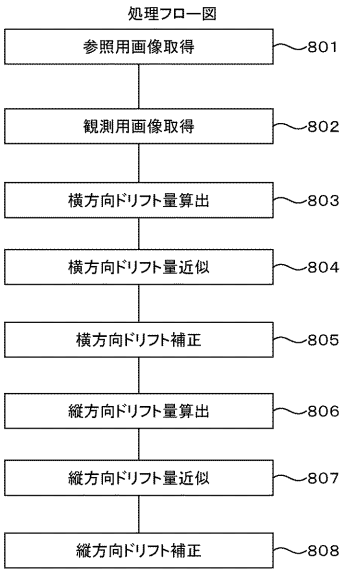
【図７】

図 7



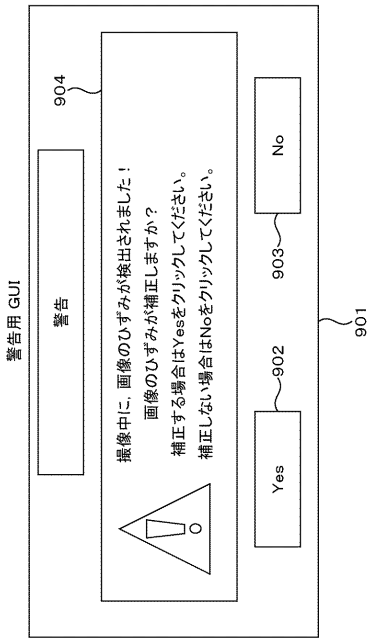
【図８】

図 8



【図９】

図 9



フロントページの続き

(72)発明者　佐藤　典夫
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
(72)発明者　小山　　晋
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

審査官　石田　佳久

(56)参考文献　特開２０００－１４９８５３（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１１／００７４９２（WO，Ａ１）
特開平０７－２７２６６５（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１１０７３４（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－０８６１２６（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３３１６３７（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２００７８４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｊ　３７／２２
Ｈ０１Ｊ　３７／１５３
Ｈ０１Ｊ　３７／２０