

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 10 月 18 日(18.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/140874 A1

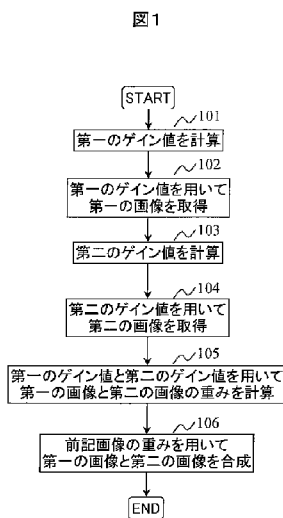
- (51) 国際特許分類:
H01J 37/22 (2006.01) H01J 37/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/002498
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 11 日(11.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-090628 2011 年 4 月 15 日(15.04.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 番 1 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中平 健治 (NAKAHIRA, Kenji) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横浜 市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所 横浜研究所内 Kanagawa (JP). 宮本 敦 (MIYAMOTO, Atsushi) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横浜 市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所 横浜研究所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE, Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: CHARGED PARTICLE MICROSCOPE DEVICE AND IMAGE CAPTURING METHOD

(54) 発明の名称: 荷電粒子顕微鏡装置および画像撮像方法

〔図1〕



- 101 Calculate first gain value
102 Use first gain value to acquire first image
103 Calculate second gain value
104 Use second gain value to acquire second image
105 Use first gain value and second gain value to calculate weight of first image and second image
106 Use image weight to combine first image and second image

(57) Abstract: In order to capture an image which is of a high quality even in the regions for which it is difficult to obtain a sufficient amount of signal from a specimen, for example the lower layer region in a multi-layer structure or the base of a hole in a hole pattern, a specimen image capture method using a charged particle microscope device is characterised by comprising: a first image acquisition step in which the gain of a detector in a charged particle microscope is set to a first gain value, charged particle beam scanning is carried out on a specimen, and a first image is obtained; a second image acquisition step in which the gain of the detector is set to a second gain value, which is different to the first gain value, charged particle beam scanning is carried out on the specimen, and a second image is obtained; and an image combination step in which the first gain value and the second gain value are used and the first image and the second image are combined.

(57) 要約: 多層レイヤにおける下層領域やホールパターンの穴底など、試料から十分な信号量が得られにくい領域に対しても高画質である画像を撮像する。荷電粒子顕微鏡装置を用いた試料の画像撮像方法であって、前記荷電粒子顕微鏡装置の検出器のゲインを第一のゲイン値に設定して前記試料に対して荷電粒子ビームの走査を行い、第一の画像を取得する第一画像取得ステップと、前記検出器のゲインを前記第一のゲイン値とは異なる第二のゲイン値に設定して前記試料に対して荷電粒子ビームの走査を行い、第二の画像を取得する第二画像取得ステップと、前記第一のゲイン値と前記第二のゲイン値を用いて、前記第一の画像と前記第二の画像を合成する画像合成ステップと、を有することを特徴とする画像撮像方法である。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則 48.2(h))

明 細 書

発明の名称：荷電粒子顕微鏡装置および画像撮像方法

技術分野

[0001] 本発明は、荷電粒子を試料に照射して画像を取得する荷電粒子顕微鏡装置に係り、特に高画質な画像を撮像する荷電粒子顕微鏡装置および画像撮像方法に関する。

背景技術

[0002] 荷電粒子顕微鏡は、光学顕微鏡に比べて分解能が非常に高く、被観察対象の微細な構造を鮮明に観察するために広く利用されている。荷電粒子顕微鏡では、荷電粒子ビームを対象試料に照射し、対象試料から放出される、または対象試料を透過する粒子（照射した荷電粒子と同種または別種の荷電粒子、または電磁波、光子）を検出器にて検出することで、対象試料の拡大画像を取得する。

[0003] 特に、半導体製造プロセスにおいては、半導体ウェハの検査、パターン寸法の計測、パターン形状の計測などの用途として、走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope）や走査型イオン顕微鏡（Scanning Ion Microscope）、走査型透過電子顕微鏡（Scanning Transmission Electron Microscope）などの荷電粒子顕微鏡が用いられている。これらの用途においては、撮像した画像を用いて、半導体パターンや欠陥の観察、欠陥の検出および発生要因解析、パターンの寸法計測などが行われる。

[0004] 荷電粒子顕微鏡において、高画質な画像を提供する機能は、最も重要な機能の一つである。一方、近年、半導体パターンの微細化、高密度化が進むにつれて、多層レイヤの対象試料において下層領域（上層パターン以外の領域）から放出される粒子を十分な量だけ検出することが困難になってきており、下層領域のS/Nやコントラストが低くなるなど視認性が非常に低下するという問題がある。ホールパターンにおいても、同様に穴底からの粒子を検出しにくいために、穴底の領域において良好な画質が得られない。下層領域

やホールパターンのような、十分な信号量（試料から放出される粒子の検出量）が得られない領域を暗部と呼ぶ。試料に照射する荷電粒子ビームや試料付近の電磁界分布の改善により、暗部から放出される粒子をより多く検出することも可能であるが、得られる信号量を増やすには限界がある。また、撮像画像に対して画像処理により高画質化を図る方法もある（例えば、特許文献1）。また、光学カメラや光学顕微鏡などでは、暗部を明瞭に表示するため、露光量を変えて撮像する方法が提案されている（例えば、特許文献2）。光学顕微鏡または光学カメラにおいて露光量を増やすことは、荷電粒子顕微鏡においては荷電粒子ビームの照射量（以下、ドーズ量）を増やすことに対応する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2009-245674号公報

特許文献2：特開平11-355787号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1で提案されている撮像画像に対して画像処理を行う手法では、暗部に関する情報が撮像画像にある程度含まれている場合にはその情報を強調することも可能である。しかし、暗部から放出される粒子がごく少数であり、暗部から得られる信号量が非常に少ない場合には、画像処理による大幅な効果は期待できない。

[0007] また、特許文献2で提案されているような露光量を変えて撮像するという光学顕微鏡等で用いられている手法を、走査荷電粒子顕微鏡にそのまま適用することは困難である。走査荷電粒子顕微鏡においてドーズ量を増やすためには、荷電粒子ビームの電流量（以下、プローブ電流）またはビーム照射時間を増やす必要がある。しかし、プローブ電流を増やすと、試料表面における荷電粒子ビームの強度分布が広がるために画像がぼやけるという課題があ

り、一方、ビーム照射時間を増やすと、撮像時間がビーム照射時間に比例して増えるという課題がある。また、ドーズ量を増やすと、試料にダメージを与えたり試料が帯電するなどのデメリットもある。

[0008] さらに、露光量を変えて撮像する手法では、画像に含まれるノイズのうち、ショットノイズは抑制できるものの、検出時に重畳する熱ノイズや、得られた信号をデジタル化する過程で重畳する量子化ノイズを抑制することはできない。信号量が少ない場合には、これらのノイズも相対的に無視できず、できるだけノイズを抑制することが必要となる。

[0009] 本発明では、上記のような場合においても高画質な画像を撮像する荷電粒子顕微鏡装置および画像撮像方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0010] 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、次の通りである。

[0011] (1)本発明は、検出器のゲインを異なるゲイン値に設定してそれぞれ画像を取得し、取得した画像を前記ゲイン値を用いて合成することを一つの特徴とする。ここで、ゲイン値とは、検出器の出力である明度値を決める値で、明度値は信号量にゲイン値を乗じた値（またはさらにバイアスが加算された値）で表される。これにより、検出後に重畳される熱ノイズや量子化ノイズの影響が少ない画像を撮像できる。これらのノイズは明度値に対して一定の大きさに重畳されるため、同一の信号量であればゲイン値が大きいほどこれらのノイズの影響は少ない。一方、検出器等が扱うことのできる明度値には上限があるため、ゲイン値が大きすぎると明度値が飽和する。例えば、第一のゲイン値は従来の画像撮像方法と同様のゲイン値に設定し、第二のゲイン値は第一のゲイン値より大きな値に設定する。この結果、第一の画像からは暗部以外の領域において明度値が飽和しない範囲内で十分大きな明度値を得ることができ、第二の画像からは暗部においてノイズの少ない情報を得ることができるため、両画像を合成することにより、全領域において良好な画質を得ることが可能となる。

[0012] (2)また、本発明は、第一の画像を用いて第二のゲイン値を計算することを一つの特徴とする。これにより、第一の画像を用いて暗部の明度値を計算し、その結果に基づいて第二のゲイン値を調整することで、第二の画像における暗部の明度値を適切な値に設定でき、暗部がより明瞭に表示された第二の画像を取得することができる。

[0013] (3)また、本発明は、明度値に基づいて局所領域毎に合成の対象外とするか否かを、第一の画像と第二の画像の少なくとも一つの画像について判定することを一つの特徴とする。これにより、暗部以外の領域において明度値が飽和した場合でも適切な合成を行うことができ、全領域において良好な画質を得ることができる。全領域において明度値が明度値が飽和しないようなゲイン値が少なくとも一つあれば、他のゲイン値は暗部以外の領域において明度値が飽和するような大きな値に設定しても、合成時に全領域で明度値が飽和しない画像を生成することができる。このため、ゲイン値を大きな値に設定することが可能となり、暗部においてノイズの少ない情報を得ることができる。

[0014] (4)また、本発明は、試料の撮像対象領域における設計データ情報或いは第一の画像の少なくとも一つを用いて、第二の画像の取得および合成を行うか否かを判定することを一つの特徴とする。ここで、設計データとは、製造する半導体パターンの形状情報を示すデータのことを表し、多くの場合、半導体パターンの輪郭に関する情報あるいはリソシミュレーション等による予想形状、レイヤ特性等が記述されている。また、設計データには、試料特性（材質特性・電気特性等）に関する情報が含まれていても良い。これにより、撮像対象領域の暗部強調が必要な場合にのみ、第二の画像の取得および合成を行うような撮像を行える。暗部強調が必要な場合には、画像を合成する方法により暗部でも良好な画質が得られるような画像を撮像することができ、一方、暗部強調が不要な場合（例えば撮像対象領域に暗部が存在しない場合）には、第二の画像を取得することなく良好な画質の画像を高速に撮像することができる。

[0015] (5)また、本発明は、プローブ電流、ビーム照射時間、試料帯電度のうち少なくとも一つを前記第一画像取得ステップとは異なる値に設定して第二の画像を取得することを一つの特徴とする。これにより、第一の画像もしくは第二の画像を取得する際に、暗部から得られる信号量を増やすことが可能となる。プローブ電流やビーム照射時間を増やすことにより、ドーズ量を増やすことができる。また、試料帯電度を適切な値に調整することにより、試料から放出される荷電粒子をより多く検出することができる。例えば、第一の画像を取得するときは、これらの値を通常用いられる値に設定し、第二の画像を取得するときに、暗部から得られる信号量が多くなるような条件に設定する。第二の画像の取得では、暗部以外の領域においては適切な情報が得られなくても良いため、暗部からの信号量ができるだけ多く得られるような条件を用いることができる。

[0016] (6)また、本発明は、目標信号量を算出し、荷電粒子ビームの走査を行って画像を取得し、取得した画像のうち信号量が相対的に少ない画素からなる領域における信号量と前記目標信号量を比較し、画像の取得を継続するか否かを判定し、画像の取得を継続すると判定した場合には、前記取得した画像のうち信号量が相対的に少ない画素の位置に基づいて再度走査を行う試料領域を算出し、その領域に対してのみ荷電粒子ビームの走査を再度行って新たな局所画像を取得し、新たに取得した画像をその前に取得した画像と合成する。さらに、画像の取得を継続しないと判断するまで、新たな画像を取得して画像を合成するステップを繰り返すことを一つの特徴とする。これにより、暗部から得られる信号量の度合いに応じて撮像時間を制御することができ、暗部の高画質化と高速撮像の両立を実現することができる。また、新たな画像を取得する際、画像の全領域に対応する試料領域に対して荷電粒子ビームを照射する代わりに、暗部を含むより小さな試料領域のみに対して荷電粒子ビームを照射することができ、撮像時間を短縮することができる。さらに、荷電粒子ビームを試料に照射する際に発生する、試料にダメージを与えたり試料が帯電するなどのデメリットを低減することができる。

[0017] (7)また、本発明は、画像取得前に指定された S/N の要求値或いは信号量の要求値に基づいて前記目標信号量を算出することを一つの特徴とする。これにより、ユーザの要求する S/N や信号量を考慮して目標信号量を算出することができ、画質に関してユーザが満足する画像をできるだけ短い時間で撮像することができる。

[0018] (8)また、本発明は、画像の取得を継続するか否かを判定する際、画像取得前に定められた撮像時間の上限および下限に基づいて判定を行うことを一つの特徴とする。これにより、目標信号量を満たす画像を得るためには非常に長い撮像時間がかかったり、逆に撮像時間は非常に短いがまだ良好な画質が得られる余地が十分にあるような画像を撮像するようなことを抑制することができる。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、上記課題を解決し、高画質な画像を撮像する荷電粒子顕微鏡装置および画像撮像方法を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]ゲイン値を変えて複数枚の荷電粒子画像を取得して画像を合成するシーケンスの一実施例図である。

[図2]本発明の一実施形態である荷電粒子顕微鏡の基本構成である。

[図3]ゲイン値を変えて取得した画像を合成する方法の効果を示した図である。

[図4]ゲイン値の設定方法に関する一実施例図である。

[図5]第二のゲインを計算するシーケンスの一実施例図である。

[図6]第二のゲインを計算するシーケンスの一実施例図である。

[図7]第一のゲイン値と第二のゲイン値を用いて第一の画像の重みと第二の画像の重みを計算するシーケンスの一実施例図である。

[図8]第一の画像と第二の画像を合成するシーケンスの一実施例図である。

[図9]第一の画像の重みと第二の画像の重みを計算するシーケンスの一実施例図である。

[図10]第1～第Kの画像を取得し、K枚の画像を合成するシーケンスの一実施例図である。

[図11]第一の画像を取得したときの撮像条件とは異なる撮像条件で第二の画像を取得するシーケンスの一実施例図である。

[図12]試料帯電度を変えて第二の画像を取得するシーケンスの一実施例図である。

[図13]ゲイン値と撮像条件を用いて重みを計算するシーケンスの一実施例図である。

[図14]ゲイン値を変えて撮像するか否かを判定する処理を含む撮像のシーケンスの一実施例図である。

[図15]ゲイン値を変えて撮像するか否かを判定するシーケンスの一実施例図である。

[図16]画像撮像時に出力するログの一実施例図である。

[図17]局所領域に対して荷電粒子ビームを走査して画像を取得するシーケンスの一実施例図である。

[図18]画像取得前に信号量の要求値の入力を促すためのインターフェイスの一実施例図である。

[図19]局所領域に対して荷電粒子ビームを走査して画像を取得するシーケンスにおいて、ゲイン値を変更した上で画像を取得するシーケンスの一実施例図である。

[図20]荷電粒子ビームを走査して画像を取得するための局所領域を設定する一実施例図である。

[図21]荷電粒子ビームを走査する局所領域を求めるシーケンスの一実施例図である。

[図22]異なる領域に対してゲイン値を変えて取得した複数枚の画像を合成するシーケンスの一実施例図である。

発明を実施するための形態

[0021] 本発明は、荷電粒子を試料に照射して画像を取得する荷電粒子顕微鏡装置

に係り、特に従来の撮像方法では鮮明な撮像が困難であった局所領域の視認性を向上するための画像撮像方法および荷電粒子顕微鏡装置を提供することにある。以下、本発明に係る実施の形態例について図面を用いて説明する。

[0022] [図1説明]図1は、ゲイン値を変えて複数枚の荷電粒子画像を取得して画像を合成するシーケンスの一実施例図である。まず、ステップ101で、第一のゲイン値を計算し、ステップ102で第一のゲイン値を用いて第一の画像を取得する。次に、ステップ103で、第一のゲイン値とは異なる第二のゲイン値を計算し、ステップ104で第二のゲイン値を用いて第二の画像を取得する。次に、ステップ105で、第一のゲイン値と第二のゲイン値を用いて、取得した第一の画像と第二の画像のそれぞれについて重みを計算する。最後にステップ106で、計算した重みを用いて、第一の画像と第二の画像を合成する。

[0023] [図1効果]これにより、検出後に重畳される熱ノイズや量子化ノイズの影響が少ない画像を撮像できる。これらのノイズは明度値に対して一定の大きさで重畳されるため、同一の信号量であればゲイン値が大きいほどこれらのノイズの影響は少ない。一方、検出器等が扱うことのできる明度値には上限があるため、ゲイン値が大きすぎると明度値が飽和する。例えば、第一のゲイン値は従来の画像撮像方法と同様のゲイン値に設定し、第二のゲイン値は第一のゲイン値より大きな値に設定する。この結果、第一の画像からは暗部以外の領域において明度値が飽和しない範囲内で十分大きな明度値を得ることができ、第二の画像からは暗部においてノイズの少ない情報を得ることができるため、両画像を合成することにより、全領域において良好な画質を得ることが可能となる。

[0024] [図1補足]ステップ102とステップ104の画像取得では、複数の検出器を用いて、複数枚の画像を取得しても良い。複数枚の画像は、例えば、二次電子を検出するための二次電子検出器、後方散乱電子を検出するための後方散乱電子検出器、試料から放出されるX線を検出するX線検出器、または試料を透過した粒子を検出する透過粒子検出器などにより取得することがで

きる。この場合、第一のゲインおよび第二のゲインは、複数枚の画像に対して同一の値を用いても良いし、検出器の種類や検出器の配置などにより検出できる信号量が異なることを考慮し、異なる値を用いても良い。

[0025] 第一の画像または第二の画像を取得する際、同じ領域に対して荷電粒子ビームを複数回走査して、それぞれの走査で得た信号について同じ走査位置の信号に対する和または平均を計算することにより、画像を取得しても良い。第一のゲイン値または第二のゲイン値は、試料の撮像対象領域に関する設計データ情報を用いて設定することもできる。また、第二のゲイン値は、第一の画像に基づいて設定することもできる。なお、図1では、第一の画像と第二の画像を取得して合成する方法について説明したが、同様に、図10で後述するように、第三のゲイン値を用いて第三の画像を取得しても良いし、第四の画像以降を取得しても良い。ステップ105またはステップ106を実施する前に、各々の画像に対してノイズを抑制したり、エッジを強調したり、画像のぼやけを低減するための画像処理を施しても良い。

[0026] [図2説明]図2は、本発明の一実施形態である荷電粒子顕微鏡の基本構成である。荷電粒子顕微鏡は、例えば、荷電粒子画像取得装置201、入出力部221、制御部222、処理部223、記憶部224、ゲイン制御部225、画像合成部226、および走査位置制御部227等を適議用いて構成される。荷電粒子画像取得装置201では、荷電粒子銃202から荷電粒子ビーム203を発生し、前記荷電粒子ビーム203をコンデンサレンズ204や対物レンズ205に通すことにより試料206の表面に集束する。次に、試料206から発生する粒子を検出器208で検出することにより、画像を取得する。画像は、記憶部224に保存される。検出器208は複数個備わっていても良く、さらに、電子を検出する検出器と電磁波を検出する検出器のように異なる粒子を検出する検出器であったり、例えばSEMの場合、二次電子検出器と後方散乱電子検出器のように異なる性質の粒子を検出する検出器であっても良い。検出器が複数個備わっている場合には、通常1回の撮像で、画像を複数枚取得することができる。試料206はステージ207に

接しており、ステージ２０７を移動することにより、試料の任意の位置における画像の取得が可能である。また、ビーム偏向器２０９で荷電粒子ビーム２０３の向きを２次的に変えることにより、荷電粒子ビームを試料上に走査することができる。本実施例により、検出器のゲインを異なるゲイン値に設定してそれぞれ画像を取得し、画像取得時のゲイン値を用いて取得した画像を合成することができる。また、信号量が少ない領域に対して再度走査を行って画像を取得し、取得した画像を合成することができる。

[0027] 入出力部２２１では、画像撮像位置や撮像条件の入力、合成後の画像の出力などを行う。制御部２２２では、撮像装置の制御として、荷電粒子銃２０２等に印加する電圧や、コンデンサレンズ２０４および対物レンズ２０５の焦点位置の調整、ステージ２０７の移動等を制御する。また、制御部２２２は、入出力部２２１、処理部２２３、記憶部２２４、ゲイン制御部２２５、画像合成部２２６の制御も行う。処理部２２３では、各種の処理、例えば、荷電粒子ビーム２０３の焦点を試料２０６の表面に合わせるために必要な自動焦点合わせに関する処理などを行う。記憶部２２４では、第一の画像、第二の画像、合成後の画像、設計データ情報、各種の処理パラメータ等を保存する。ゲイン制御部２２５では、第一のゲイン値および第二のゲイン値を計算する。画像合成部２２６では、第一の画像および第二の画像を合成し、合成後の画像を出力する。走査位置制御部２２７では、荷電粒子ビーム２０３を走査する試料２０６上の位置を制御する。

[0028] [図３説明]図３は、本発明により、暗部を含む全領域において良好な画質を得ることができることを示した図である。図３で示した３０１、３０２、３０３は、それぞれ、第一の画像、第二の画像、合成後の画像を表す。この例では、第一のゲイン値は暗部以外の領域において適切な明度値となるように設定されており、第二のゲイン値は暗部において多くの信号量が得られるように、第一のゲイン値よりも大きな値に設定されている。撮像対象の試料は、多層のパターンを含んでおり、下層領域は信号が得られにくい暗部である。点３１１は暗部内の一点であり、点３１２は暗部以外の領域内の一点で

ある。暗部では、第一の画像 301 では下層領域が非常に認識しにくい、第二の画像 302 では下層領域が明瞭に映っており、下層パターンが見えやすい。暗部以外の領域では、第二の画像 302 ではゲイン値が大きいために明度値が飽和しているが第一の画像 301 では適切な明度値が得られている。グラフ 304 は、ドーズ量と、試料から得られる信号量の関係を表している。信号量はドーズ量に対して概ね比例の関係にあるが、同じドーズ量では暗部以外の領域内の点 312 から得られる信号量と比べると暗部内の点 311 から得られる信号量のほうが少ないため、明瞭に表示するためには第二の画像のようにゲイン値を上げて画像を取得する必要がある。第一の画像と第二の画像を合成することにより、合成画像 303 のように、画像の全領域で明度値の飽和を抑制した上で、下層領域が明瞭に表示された画像を得ることができる。

[0029] [図 4 説明]図 4 は、ゲイン値の設定方法に関する一実施例図である。グラフ 401 は、画像 301、302 における、画像の種類（第一の画像および第二の画像）とゲイン値の関係を示したものである。グラフ 402 は、点 311 および点 312 における明度値を、それぞれ 411 および 412 で示したものである。第一の画像では 411 のように暗部の明度値は非常に小さく、検出後に重畳される熱ノイズや量子化ノイズの影響を受けやすい。第二の画像では 412 のように暗部以外の領域では明度値が飽和する箇所もある。先述のように、画像を合成することにより、暗部以外の領域における明度値の飽和抑制と暗部の明瞭表示を両立することができる。なお、グラフ 403 のように、第二のゲイン値は第一のゲイン値より小さくても良く、さらに、第三のゲイン値、第四のゲイン値を用いて、第三の画像および第四の画像を取得しても良い。

[0030] [図 5 説明]図 5 は、第二のゲインを計算するステップ 103 の具体的な処理を示す一実施例図である。まず、ステップ 501 で、第一の画像における暗部を抽出する。暗部の抽出では、領域抽出のための手法として知られている各種のセグメンテーション手法を用いることができる。例えば画像の明度

値があるしきい値を下回る領域として抽出することもできるし、抽出した領域に対して拡大および縮小等の後処理を施すことにより抽出することもできる。暗部を抽出するためのしきい値は画像の局所領域毎に変えても良い。次に、ステップ502で、暗部の平均明度を計算する。最後に、ステップ503で、計算した暗部の平均明度に基づいて、第二のゲイン値を計算する。暗部の平均明度と第二のゲイン値との関係は、グラフ511のような単調減少の関係になる。すなわち、第一の画像における暗部の平均明度が小さいほど、第二の画像では平均明度が大きくなるように第二のゲイン値を上げる。

[0031] [図5効果]これにより、第一の画像を用いて暗部の明度値を計算し、その結果に基づいて第二のゲイン値を調整することで、第二の画像における暗部の明度値を適切な値に設定でき、暗部がより明瞭に表示された第二の画像を取得することができる。

[0032] [図5補足]図5では、暗部の平均明度に基づいて第二のゲイン値を計算したが、平均明度以外の値を用いることもできる。例えば、平均明度がノイズに対して揺らぎやすいような画像の場合では代わりに暗部の明度値のメディアンを用いても良い。別の例として、暗部にパターンが含まれることが予想される場合には、（例えば相対的に明るい領域をパターンとする処理により）暗部からパターンとそれ以外の領域を識別して、それぞれの領域の平均明度の差を用いても良い。グラフ511に示す暗部の平均明度とゲインの関係は、例えば反比例のような関係が考えられるが、これに限らない。

[0033] [図6説明]図6は、第二のゲインを計算するステップ103の具体的な処理を示す、図5とは別の一実施例図である。まず、ステップ601で、第一の画像における暗部を抽出する。次に、ステップ602で、設計データと第一の画像を比較する。最後に、ステップ603で、比較結果に基づいて第二のゲイン値を計算する。ここで、設計データとは、製造する半導体パターンの形状情報を示すデータのことを表し、多くの場合、半導体パターンの輪郭に関する情報あるいはリソシミュレーション等による予想形状、レイヤ特性等が記述されている。また、設計データには、試料特性（材質特性・電気特

性等)に関する情報が含まれていても良い。

[0034] フロー 610 に、設計データと第一の画像を比較する処理のデータフローを示す。ステップ 601 では、第一の画像 623 における暗部を抽出する。このとき、設計データ 621 の情報を用いても良い。設計データ 621 は第一の画像と同じ領域を表すように切り出しておく。次に、ステップ 611 で設計データに含まれる暗部のエッジを抽出する。エッジ抽出結果を画像 622 に示す。設計データ 621 の例では、下層領域のエッジを示す縦ラインが抽出される。次に、ステップ 613 で第一の画像に含まれている暗部でのエッジ量を計算する。この計算では、例えば、画像 622 で抽出したエッジ位置の近傍の領域で、第一の画像におけるエッジ量を求める。第一の画像におけるエッジ量は、例えばソーベルフィルタやラプラシアンフィルタなどの微分フィルタを用いても良いし、より高度なフィルタを用いても良い。ステップ 613 の出力である、暗部でのエッジ量 624 を、ステップ 603 にて第二のゲイン値を計算するときに利用する。暗部でのエッジ量 624 が少ないほど、第二のゲイン値が大きくなるように計算する。

[0035] [図 6 効果]このように、設計データを活用することにより、暗部に含まれるエッジの位置やレイヤ特性に関する情報など、第一の画像からでは得られにくい暗部に関する情報をより多く得ることができる。このため、ステップ 601 の第一の画像における暗部を抽出する処理では、暗部を高精度に抽出することができる。また、ステップ 602 の設計データと第一の画像を比較する処理では、設計データから暗部にパターンが含まれるか否か、どこにパターンが含まれるか等の情報が得られるため、これらの情報を活用して第二の画像のゲイン値を適切に設定することができる。

[0036] [図 6 補足]フロー 610 では、設計データと第一の画像を比較する方法について説明したが、同様の方法により、第三の画像を取得する場合に、設計データと第二の画像を比較しても良いし、設計データと第一の画像および第二の画像の 2 枚の画像とを比較しても良い。

[0037] [図 10 説明]図 10 は、ゲイン値を K 値 ($K \geq 3$) に変えて、第 1 ～ 第 K の画

像を取得し、 K 枚の画像を合成する処理を表す一実施例図である。まずステップ1001で、 k に1を代入する。次に、ステップ1002で第 k のゲイン値を計算し、ステップ1003で第 k のゲイン値を用いて第 k の画像を取得する。次にステップ1004で k が K に等しいか否かを調べ、等しくないならばステップ1005で k に1を加えて、ステップ1002～1004を繰り返す。ステップ1004で k が K に等しいならば、ステップ1006で第1～第 K のゲイン値を用いて第1～第 K の各々の画像の重みを計算し、ステップ1007で前記画像の重みを用いて第1～第 K の画像を合成する。なお、 K が2の場合には、図1の実施例図と同じ処理となる。

[0038] [図10効果] K を3以上に設定することにより、画像内において明度値が非常に幅のあるような場合に、より良好な画質を得ることができる。例えば、非常に信号量が得られにくい暗部と、同じ暗部ではあるがある程度の信号量が得られるような暗部と、暗部以外の領域の、大きく3種類の領域が撮像対象内にあった場合、図1のようにゲイン値を2種類と設定するよりも、図10のようにゲイン値を3種類と設定したほうが、どの領域でも適切なゲイン値を設定することができる。

[0039] [図7説明]図7A～図7Cは、図1におけるステップ105の処理である、第一のゲイン値と第二のゲイン値を用いて第一の画像の重みと第二の画像の重みを計算する処理の一実施例図である。図7Aは、第 k のゲイン値 g_k ($k=1, 2, \dots$) に対し、第 k の画像の重み w_k を $w_k=c/g_k$ のように計算する例である (c は定数)。画像の明度値がゲイン値と信号量に比例する場合には、ゲイン値に反比例した重みを明度値に対して乗じることにより、ゲインに依存せずに信号量に比例した大きさの明度値を得ることができる。明度値の大きさはゲイン値に依存しなくなるものの、ゲイン値が大きい方が明度値に含まれる熱ノイズや量子化ノイズが少ないため、暗部において明瞭な画像を得ることができる。必要に応じて、例えば重みの総和が1になるように重みの正規化を行う。図7Bは、第 k の画像の重み w_k を $w_k=c_k/(g_k+p_k)^{q_k}$ のように計算する例である (c_k, p_k, q_k は定数)。ステップ701の計算方法に比べて、より自由度の高い重

みの設定が可能となる。また、図7Cは、さらに自由度の高い重みの設定を行う例として、第kの画像の重み w_k を $w_k(x, y) = f_k(d_k(x, y), g_1, g_2, \dots, a_1(x, y), a_2(x, y), \dots)$ のように計算する例である。ここで、 (x, y) は画像上の位置座標（ x, y 座標）、 $d_k(x, y)$ は第kの画像の位置 (x, y) における暗部度合い、 $a_j(x, y)$ は第jの画像の位置 (x, y) における明度値である。 f_k は関数である。暗部度合い $d_k(x, y)$ は、暗部らしさを表す度合いであり、明度値 $a_k(x, y)$ を用いてステップ703により求められる値である。例えば、シグモイド関数を用いて $d_k(x, y) = 1 / (1 + \exp(s(a_k(x, y) - a_0)))$ のように求められる（ s, a_0 は定数）。この例では、画像の明度値を用いて重みを計算しており、画像上の位置毎に重みを計算している。また、暗部度合いも考慮している。さらに、第kの重み w_k を計算する際に、第kの画像以外の明度値も用いている。重みの和は、例えば1になるように正規化しておく。

[0040] [図7効果]このように、ゲイン値を用いて重みを計算することにより、合成後の画像の明度値を適切な値に保つことができる。逆にゲイン値を用いて重みを計算しないと、合成後の画像において暗部が明る過ぎたり、暗過ぎたりすることがあり、画質を損ねる可能性がある。

[0041] [図7補足]なお、ステップ701では、明度値の大きさがゲイン値に依存しないように、ゲイン値に反比例するような重みを設定した。このように設定すると、暗部と暗部以外の領域の明るさの比率を、一定のゲイン値を用いて画像を撮像する従来の撮像方法を用いた場合と同一に保つことができる。ただし、このような明るさの比率を同一に保つ処理は必ずしも重要ではなく、例えば暗部を明瞭に見せるため、暗部がより明るい画像や暗部のコントラストが高い画像を生成したい場合もある。このような場合には、ステップ702やステップ703に示したような重みの計算方法を用いることができる。また、画像を撮像した後で、別途画像処理により暗部を強調するような処理を施すこともできる。後で画像処理を施す場合でも、本発明により暗部においてノイズの影響を少なくできるため、より良好な画像を得ることができる。

[0042] [図8説明]図8A～図8Cは、図1におけるステップ106の処理である、ステップ105で計算した重みを用いて第一の画像と第二の画像を合成する処理の一実施例図である。図8Aでは、ステップ801で数式1のような重み付き合成処理を行い、合成後の画像の明度値 $b(x, y)$ を求める。

[0043] [数1]

$$b(x, y) = w_1 a_1(x, y) + w_2 a_2(x, y) + \dots \quad (\text{数1})$$

[0044] 図8Bは、明度値が飽和した場合に合成の対象外とする処理を加えた例である。ステップ811で全ての明度値 $a_k(x, y)$ に対し、飽和しているか否かを判定し、飽和しているならば数式2のように明度値を置き換える

[0045] [数2]

$$a_k(x, y) = a_{k-1}(x, y) \cdot w_{k-1} / w_k \quad (\text{数2})$$

[0046] k が小さいほうから順に、数式2による置き換えを行っていく。飽和しているか否かは、例えば、明度値が一定値以上であれば飽和しているとみなせば良い。次に、ステップ812で数式1で示す重み付き合成処理を行い、合成後の画像の明度値 $b(x, y)$ を求める。

数式2のように置き換えることによって、 $w_k a_k(x, y) = w_{k-1} a_{k-1}(x, y)$ の関係を満たすように $a_k(x, y)$ を置き換えることができ、実質的に $a_k(x, y)$ を合成の対象外とすることができる。なお、図8B以外の処理でも、明度値が飽和した場合に合成の対象外とする処理を考えることができる。例えば、飽和しているならば対応する重み w_k を0にするようにしても良い（この際、位置 (x, y) 毎に重みの正規化を改めて行う）。合成の対象外とするか否かの判定は局所領域毎に行う。この局所領域は、各画素でも良いし、近傍にある数画素であっても良いし、画像に対して類似した領域に分割する処理（セグメンテーション処理）を行った結果であっても良い。

[0047] 図8Cは、図8A、図8Bとは別の実施例である。ステップ821で、あるしきい値 T_j より小さい範囲内で値が最大となるような明度値 $a_j(x, y)$ に対応する j を k として、 $b(x, y) = w_k a_k(x, y)$ のように合成後の画像の明度値 $b(x, y)$ を求める。しきい値 T_j は、飽和しているか否かを表す値である。どの j に対して

も明度値 $a_j(x, y)$ が T_j より大きい場合は、最もゲイン値の小さい k を選ぶ。これにより、どの位置 (x, y) でも飽和を抑制した上で十分大きな明度値 $a_k(x, y)$ を用いて画像を合成することができる。

[0048] [図8効果]図8A～図8Cの実施例により、暗部以外の領域において明度値が飽和した場合でも適切な合成を行うことができ、全領域において良好な画質を得ることができる。全領域において飽和しないようなゲイン値が少なくとも一つあれば、他のゲイン値は暗部以外の領域において飽和するような大きな値に設定しても、合成時に全領域で飽和しない画像を生成することができる。このため、ゲイン値を大きな値に設定することが可能となり、暗部においてノイズの少ない情報を得ることができる。

[0049] [図8補足]なお、図8において、合成後の画像の明度値 $b(x, y)$ は重み w_k と明度値 $a_k(x, y)$ の積として計算したが、これに限らない。また、 $b(x, y)$ を計算する際に、別の位置の重みや明度値（例えば $w_k(x-1, y)$ や $a_k(x-1, y)$ ）を用いても良い。

[0050] [図9説明]図9は、重みを用いて画像を合成する際、合成後の画像の明度値が不自然に不連続となることを防ぐための処理を表す一実施例図である。画像901の断面ABにおける重みの値をグラフ902に示す。グラフ902中に示している黒印910は、暗部を表している。グラフ902では、暗部と暗部以外の領域で、重みが急激に変化している。このような重みを用いて図8のように合成を行った場合は、合成後の画像において暗部と暗部以外の領域で明度値に不自然な不連続が発生してしまい、画質の低下を招く。一方、グラフ903のように、重みを緩やかに変化させることによって、明度値が不自然に不連続となることを避けることができる。903のような重みを設定するためには、例えば、図7により計算した重みに対して、平滑化処理を行えば良い。

[0051] [図11説明]図11は、第一の画像を取得したときの撮像条件とは異なる撮像条件で第二の画像を取得する処理を表す一実施例図である。ここで、撮像条件とは、プローブ電流、ビーム照射時間、試料帯電度の何れかを表す。

図 1 と同一の処理には、図 1 と同じ番号で示し、同様の処理については適宜省略して説明する。以下、同一の処理やデータ等を表す場合には、同一の番号を振って示すものとする。ステップ 101, 102 は図 1 と同様である。次に、ステップ 1101 で撮像条件を第二の条件に変更する。続いて、ステップ 103, 104 で第二のゲイン値を計算してそのゲイン値を用いて第二の画像を取得する。ステップ 1102 で第一のゲイン値と第二のゲイン値および第一の撮像条件と第二の撮像条件を用いて、第一の画像の重みと第二の画像の重みを計算する。最後に、ステップ 106 で前記画像の重みを用いて第一の画像と第二の画像を合成する。ここで、プローブ電流とは、単位時間に照射する荷電粒子ビームの量を表す値である。また、試料帯電度とは、試料が帯電している度合いを表す量である。荷電粒子ビームを試料に照射すると、試料は荷電粒子を吸収・放出するため、照射位置の周辺において正または負の電気特性を持つ。画像を取得する際に荷電粒子ビームを照射するため試料は帯電することになるが、ここでは、プリチャージなどの処理によって意図的に試料を帯電させることを、試料帯電度を変えと呼ぶ。

[0052] [図 1 1 効果]これにより、暗部から得られる信号量を増やすことが可能となる。プローブ電流やビーム照射時間を増やすことにより、ドーズ量を増やすことができる。また、試料帯電度を適切な値に調整することにより、試料から放出される荷電粒子をより多く検出することができる。例えば、第一の画像を取得するときは、これらの値を通常用いられる値に設定し、第二の画像を取得するときに、暗部から得られる信号量が多くなるような条件に設定する。第二の画像の取得では、暗部以外の領域においては適切な情報が得られなくても良いため、暗部からの信号量ができるだけ多く得られるような条件を用いることができる。

[0053] [図 1 1 補足]ビーム照射時間を変える際には、ビームを走査する速度を変えても良いし、同じ領域にビームを走査する回数を変えても良い。なお、ステップ 106 で第一の画像と第二の画像を合成する前に、各々の画像に対して、ノイズを抑制したり、エッジを強調したり、画像のぼやけを低減するた

めの画像処理を施しても良い。このとき、各々の画像に対して、撮像条件の情報を用いて画像処理を施しても良い。例えば、画像のぼやけ度合いはプローブ電流によって異なるが、各々の撮像条件を用いて画像処理により画像のぼやけを低減した後に画像を合成することにより、全領域で適切にぼやけが低減された画像を得ることができる。

[0054] [図12説明]図12は、第一の画像を取得したときの撮像条件とは異なる撮像条件で第二の画像を取得するシーケンスの一実施例図であり、特に試料帯電度を変えて第二の画像を取得するシーケンスの一実施例図である。ステップ101、102により第一の画像を取得した後、ステップ1201でプリチャージと呼ばれる荷電粒子ビームを試料に照射する処理によって試料帯電度を変更する。次に、ステップ103、104により第二の画像を取得し、ステップ1202で第一のゲイン値と第二のゲイン値、第一の試料帯電度と第二の試料帯電度を用いて、第一の画像の重みと第二の画像の重みを計算する。最後にステップ106で前記画像の重みを用いて第一の画像と第二の画像を合成する。

[0055] [図12効果]これにより、試料から放出される粒子が出やすいような状態に試料を帯電させて、暗部から得られる信号量を増やすような処理が可能である。

[0056] [図12補足]試料帯電度は、試料の帯電度合いを直接表す量でも良いし、試料の帯電度合いと関連のある値であっても良い。例えば、ステップ1201で照射した荷電粒子ビームの照射量を試料帯電度とすることができる。ステップ1201で試料を帯電させる際には、通常、試料の撮像対象領域よりも大きい領域に荷電粒子ビームを照射する。本実施例では、荷電粒子ビームを試料に照射することで試料帯電度を変更する方法を示したが、試料帯電度を変更するための他の方法を用いても良い。例えば、試料にX線を照射しても試料帯電度を変更することができる。

[0057] [図13説明]図13は、ゲイン値と撮像条件を用いて重みを計算する処理の一実施例図である。第kの画像を取得する際の撮像条件として、プローブ電

流が I_k 、ビーム照射時間が T_k 、試料帯電度が S_k であったとき、重み w_k は例えば数式3のように計算できる

[0058] [数3]

$$w_k = c_k F_k(I_k, T_k, S_k) / g_k \quad (\text{数3})$$

[0059] ここで、 c_k は定数、 F_k は関数である。関数 F_k は、例えば I_k 、 T_k 、 S_k に比例するように選ばば良いし、別の関係式であっても良い。

[0060] [図13効果]このように、撮像条件に応じて重みを設定することにより、信号量が多く得られた画像ほど重みを大きくできるため、良好な画質の画像を合成することができる。

[0061] [図14説明]図14は、ゲイン値を変えて撮像するか否かを判定する処理を含む撮像のシーケンスの一実施例図である。まず、ステップ101、102により第一の画像を取得した後、ステップ1401でゲイン値を変えて撮像するか否かを判定する。ゲイン値を変えて撮像すると判断した場合は、ステップ103～106により第二の画像を取得して、第一の画像と第二の画像を合成する。一方、ステップ1401でゲイン値を変えて撮像しないと判断した場合は、ステップ103～106は行わない。このシーケンスの例では、第一のゲイン値は暗部以外の領域が飽和しないような値に設定し、第二のゲイン値は、暗部を強調できるような大きな値に設定する。

[0062] [図14効果]これにより、撮像対象領域の暗部強調が必要な場合にのみ、第二の画像の取得および合成を行うような撮像を行える。暗部強調が必要な場合には、画像を合成する方法により暗部でも良好な画質が得られるような画像を撮像することができ、一方、暗部強調が不要な場合（例えば撮像対象領域に暗部が存在しない場合）には、第二の画像を取得することなく良好な画質の画像を高速に撮像することができる。

[0063] [図14補足]ステップ1401のゲイン値を変えて撮像するか否かを判定する処理では、設計データ、または、第一の画像の少なくとも一つを用いることができる。または、予めユーザにより手動で調整したり、例えば撮像時間に関する要求値を用いて判定を行っても良い。ステップ103～106は

、第一の画像を取得した直後に行う必要はなく、十分に時間が経った後や、他の処理を行った後で本ステップを行っても良い。また、第一の画像と第二の画像のみでなく、第三の画像を取得する場合には、第二の画像および第三の画像について、共に撮像するかまたは共に撮像しないかを判定するステップや、第二の画像のみ、または第三の画像のみについて、撮像するか否かを判定するステップがあっても良い。

[0064] [図15説明]図15は、図14のステップ1401のゲイン値を変えて撮像するか否かを判定するシーケンスの一実施例図である。まず、ステップ1501で第一の画像に対して暗部の候補となる領域を抽出する。暗部の候補となる領域は、例えば、明度値がしきい値以下となる領域として求めることができる。次に、ステップ1502で抽出した領域の面積や形状に基づいて暗部強調の要否を判定する。例えば暗部の候補となる領域が、一定以上の面積を占めていたら暗部強調が必要と判定する。設計データのみを用いて判定を行っても良いし、設計データと第一の画像の両方を用いて判定を行っても良い。最後に、ステップ1503で暗部強調の要否の判定結果に基づいてゲイン値を変えて撮像するか否かを判定する。通常は、暗部強調が必要な場合にはゲイン値を変えて撮像し、そうでなければ撮像しないように判定すれば良いが、これに限らない。例えば、暗部強調は必要だが、ゲイン値を変えて撮像しても大きな効果が期待できないことが撮像前から明らかな場合や、別の制約条件（撮像時間等）により暗部が強調できるような撮像を行えない場合などは、ゲイン値を変えて撮像しないと判定しても良い。

[0065] [図16説明]図16は、画像撮像時に出力するログの一実施例図である。画像を撮像すると、撮像条件に関する情報がログ1601として通常電子データの形式で出力される。ログ1601には、撮像した日時や、撮像条件である加速電圧、プローブ電流等の情報が記載される。また、本発明により画像を合成する際に用いた情報もログに出力する。例えば、1602のように、第一のゲイン値および第二のゲイン値を出力する。また、1603のように、第一の重みおよび第二の重みを出力する。図11のシーケンスのように

撮像条件を変えて第二の画像を取得した場合には、1604のように第二の撮像条件（プローブ電流等）を出力する。さらに、詳細な情報として、1605のように、例えば、第二の画像のうち明度値が飽和していた領域の面積や、703の暗部度合いの計算により得られた結果の一覧などを出力しても良い。1610は、図10のシーケンスにおいて取得した第一の画像から第Kの画像の組である。後で詳細な解析を行ったり、重みを変えて合成することができるよう、取得した画像の全てまたは一部をログとして保存する。

[0066] [図16効果]このように、画像を合成した際に用いたパラメータをログに出力することで、合成した画像に対して物体認識・検出・計測などの各種処理を行う際に利用することができる。また、画像とログを併用することにより、試料の特に暗部に関する詳細な解析が可能となる。

[0067] [図17説明]図17は、目標信号量に基づいて、一度画像を取得した後で、局所領域に対して荷電粒子ビームを再度走査して画像を取得するシーケンスの一実施例図である。まず、ステップ1701で目標信号量を算出する。次に、ステップ1702で画像を取得する。続いて、ステップ1703で信号量が相対的に少ない領域における信号量と目標信号量を比較し、この比較結果に基づいてステップ1704で画像取得を継続するか否かを判定する。画像取得を継続すると判定した場合には、ステップ1705で局所領域に対して荷電粒子ビームを走査して画像を取得する。ステップ1706で、これまでに取得した画像とステップ1705で新たに取得した画像を合成する。以下、ステップ1704で画像取得を継続しないと判定するまで、ステップ1703～1706を繰り返す。

[0068] [図17効果]これにより、暗部から得られる信号量の度合いに応じて撮像時間を制御することができ、暗部の高画質化と高速撮像の両立を実現することができる。また、新たな画像を取得する際、画像の全領域に対応する試料領域に対して荷電粒子ビームを照射する代わりに、暗部を含むより小さな試料領域のみに対して荷電粒子ビームを照射することができ、撮像時間を短縮することができる。さらに、荷電粒子ビームを試料に照射する際に発生する

，試料にダメージを与えたり試料が帯電するなどのデメリットを低減することができる。

[0069] [図 17 補足] 明度値は信号量にゲイン値を乗じた値（またはさらにバイアスが加算された値）であるため、明度値とゲイン値を用いて信号量を算出することができる。ステップ 1703 で、信号量の少ない領域における信号量と目標信号量を比較する際には、明度値とゲイン値を用いて得られた信号量を求めた後で目標信号量と比較すれば良い。信号量を比較する際には、画素毎で比較をしても良いし、複数の画素を含む局所領域毎で比較をしても良い。または、信号量が相対的に少ない領域の全領域における信号量の平均と目標信号量を比較しても良い。

[0070] ステップ 1704 で、画像取得を継続するか否かを判定する際には、撮像時間の上限および下限に基づいて判定しても良い。これにより、目標信号量を満たす画像を得るためには非常に長い撮像時間がかかったり、逆に撮像時間は非常に短いはまだ良好な画質が得られる余地が十分にあるような画像を撮像するようなことを抑制することができる。複数枚の画像を連続して撮像する際には、個々の撮像時間に上限および下限を設けても良いし、平均撮像時間に対して上限および下限を設けても良い。

[0071] また、ステップ 1706 の画像の合成では、ステップ 1702 およびステップ 1705 で照射した荷電粒子ビームのドーズ量に基づいて適切に計算した重みを用いて加重平均処理を行えばよい。ステップ 1705 で取得した画像は、荷電粒子ビームを照射しなかった位置からは意味のある情報は得られないため、画像の合成では新たに取得した画像の対応する位置では重みをゼロとする。

[0072] [図 18 説明] 図 18 は、画像取得前に信号量の要求値の入力を促すためのインターフェイスの一実施例図である。1801 に、信号量の要求値、撮像時間の下限、撮像時間の上限などの、設定が必要な項目が列挙されている。各項目について、スクロールバー 1802 や直接入力欄 1803 を通して、値を設定できる。1804 のように、デフォルト値に戻せるボタンが付いて

いても良い。また、領域 1810 のように、画像を用いて、信号量と画像との関係の例を示しても良い。例えば、何枚かのサンプル画像セットを準備しておき、画像 1812 と、1814 で示した画像内のある領域における信号量 1811 を同時表示するような画面を備える。ボタン 1813 で表示する画像を切り替えられる。領域 1814 の位置は自由に変更することができる。領域 1814 の形状を変更するインターフェイスを備えていても良い。また、1815 のように表示する画像を信号量でソートする機能があったり、画像の暗部における信号量が現在の信号量要求値に最も近いような画像を表示するようなボタン 1816 があっても良い。平均撮像時間の推定値を出力する機能 1823 があっても良い。

[0073] [図 18 効果]これにより、ユーザの要求する S/N や信号量を考慮して目標信号量を算出することができ、画質に関してユーザが満足する画像をできるだけ短い時間で撮像することができる。

[0074] [図 18 補足]図 18 では信号量の要求値の入力を促すインターフェイスについて述べたが、同様に S/N の要求値の入力を促すインターフェイスであっても良いし、ユーザがどちらの要求値を入力するかを選択できるような機能を備えていても良い。信号量 1811 は、画像のログ等を用いて正確な値を表示しても良いし、画像から推定した値であっても良い。また、検出器を複数備えている場合には、画像 1812 として複数枚の画像を表示しても良い。信号量は、その大きさがユーザにとって理解できるような値である必要は必ずしもなく、ユーザは画像例を基に相対比較を行うことにより信号量の要求値を設定することができる。

[0075] [図 19 説明]図 19 は、目標信号量に基づいて、一度画像を取得した後で、局所領域に対して荷電粒子ビームを走査して画像を取得するシーケンスにおいて、ゲイン値を変更した上で画像を取得するシーケンスの一実施例図である。ステップ 1701 ~ 1704 は図 17 と同じである。ステップ 1704 で画像取得を継続すると判定した場合、ステップ 1901 でゲイン値を設定し、続いてステップ 1902 で設定したゲイン値で局所領域に対して荷電

粒子ビームを走査して画像を取得する。ステップ1903でこれまでに取得した画像と、ステップ1902で新たに取得した画像を合成する。画像の合成では、図7に示した重みを計算する処理や、図8に示した重みを用いて画像を合成する処理を適用することができる。ただし、図17の説明で述べたとおり、荷電粒子ビームを照射していない位置では重みをゼロとする。

[0076] [図19効果]このシーケンスにより、ゲイン値を上げて暗部における画像を取得することができ、暗部から得られる信号量を増やすと共に、熱ノイズや量子化ノイズの少ない画像を得ることができるようになる。

[0077] [図20説明]図20A、図20Bは、ステップ1705およびステップ1902において局所領域に対して荷電粒子ビームを走査して画像を取得する際、荷電粒子ビームを走査する局所領域を設定する一実施例図である。図20Aでは、試料の撮像対象領域を表す画像の上に、荷電粒子ビームを走査する領域を斜線のハッチで示している。また、荷電粒子ビームの走査方向を画像上の矢印で示している。荷電粒子ビームを走査する領域は、設計データを用いて求めても良いし、既に取得した画像を用いて求めても良い。画像2001は、下層領域に対してビームを走査する例である。暗部は、例えば画像の明度値があるしきい値を下回る領域として抽出することもできるし、しきい値を下回った領域に対して拡大および縮小等の後処理を施すことによって抽出することもできる。画像2002は、下層領域をある程度拡大して得られる、画像2001よりもやや広い領域に対して荷電粒子ビームを走査する例である。荷電粒子ビームを試料に照射すると試料が変形したり、荷電粒子ビームの走査位置の精度などを考慮すると、情報を取得したい領域よりも少し大きな領域を走査することが望ましい場合が多い。画像2003は、下層領域に挟まれた幅の狭い上層パターンの領域に対しても荷電粒子ビームを走査する例である。特定の局所領域に荷電粒子ビームを照射すると、試料が局所的に帯電するため例えば画像がぼやけやすい等の副作用が起こりうる。上層パターンの領域を走査しても撮像時間が十分短いならば、この例のように上層パターンであっても走査したほうが良い場合も多い。画像2004は、

縦方向に細長い領域 2011 と横方向に細長い領域 2012 に対して荷電粒子ビームを走査する例である。縦方向に細長い領域 2011 では縦方向に走査し、一方で横方向に細長い領域 2012 では横方向に走査するといったように、荷電粒子ビームを走査する方向を変えても良い。画像 2005 は、荷電粒子ビームを走査する領域が、斜め方向に細長い領域 2013 を含む例である。この場合には、荷電粒子ビームを斜め方向に走査しても良い。

[0078] 図 20B は、ステップ 1702 での画像取得を 1 回、ステップ 1705 またはステップ 1902 での画像取得を 2 回、計 3 回の画像取得を行う例である。試料の撮像対象領域を表す画像の上に、2 回目の画像取得において荷電粒子ビームを走査する領域を波線のハッチで示している。また、2 回目と 3 回目の画像取得において荷電粒子ビームを走査する領域を斜線のハッチで示している。画像 2006 は、ホールパターン 2014 と下層領域を含む例であり、ホールパターンは暗部ではあるが、下層領域と比べると多くの信号量が得られるような例である。ホールパターンでは 2 回目の画像取得のみ、ホールパターンとその近傍の領域に対して荷電粒子ビームを走査し、一方、下層領域は 2 回目と 3 回目の画像取得の対象とする。このように、領域毎に、荷電粒子ビームを走査する回数を変更することもできる。

[0079] [図 21 説明] 図 21 は、ステップ 1705 およびステップ 1902 で荷電粒子ビームを走査する局所領域を求めるシーケンスの一実施例図である。まず、ステップ 2101 で暗部を抽出する。次に、ステップ 2102 で抽出した領域を膨張する。本ステップにより、例えば画像 2002 や画像 2003 のように暗部よりも広い領域を荷電粒子ビームを走査する領域と設定することができる。次に、ステップ 2103 で膨張した領域を整形する。荷電粒子ビームを高速に走査するためには、走査する領域はある程度単純な形状であったほうが良いため、本ステップにて単純な形状に整形する。続いて、ステップ 2104 で領域の形状に基づいて走査方向を決定する。最後に、ステップ 2105 で走査回数を決定する。ステップ 2105 の走査回数の決定は、予め荷電粒子ビームを何回走査すれば良いかがある程度精度良く求まる場合

には求めておき、例えばステップ1704で画像取得を継続するか否かを判定する際などの参考情報として用いても良い。一方、予め荷電粒子ビームを何回走査すれば良いかを求めることが困難な場合には、画像を取得する毎に、荷電粒子ビームを走査する局所領域を求めても良く、その場合にはステップ2105は行わなくても良い。

[0080] [図22説明]図22Aは異なる領域に対してゲイン値を変えて取得した複数枚の画像を合成するシーケンスの一実施例図である。ステップ1001～1007は図10と同じである。ステップ1002またはステップ1003の前に、ステップ2211により第kの撮像箇所へ移動する。これにより、試料上の同じ領域ではなく異なる領域に対して第1～第Kの画像を取得する。ただし、試料上の異なる領域ではあるが、類似のパターンがある領域について走査を行う。撮像対象が半導体パターンの場合、類似の領域を走査することは容易に行うことができる。この例を図22Bを用いて説明する。通常1枚のウェハ内2201には複数のチップが存在し（斜線のハッチで示した正方形が一つのチップを表す）、各チップは同一のパターンから構成されている。そこで、異なるチップの同一箇所（例えば2202、2203、2204）を走査すれば、類似の画像を得ることができる。または、メモリ等では同一のチップであっても繰り返しパターンが多く含まれる（例えば2205、2206）。設計データを用いれば、これらの類似領域を探すことは容易であるし、別の方法として、広視野の画像を撮像して、その画像を用いて類似領域を探しても良い。顕微鏡など、別の装置で撮像した画像を用いて探しても良い。

[0081] [図22効果]試料上の同じ領域を撮像すると、試料の材質によっては試料にダメージを与えたり、試料を変形させるなどの副作用もある。そこで、このように異なる領域ではあるが類似の画像が得られる領域に対して画像を取得することによって、試料の同一箇所に与えるダメージ等を抑えた上での画像撮像が可能となる。

[0082] 以上、本発明者によってなされた発明を実施形態に基づいて具体的に説明

したが、本発明は上記実施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。本発明によれば、荷電粒子顕微鏡画像に対して、検出器のゲインを異なるゲイン値に設定してそれぞれ画像を取得し、画像取得時のゲイン値を用いて取得した画像を合成することによって、暗部を含む全領域において良好な画質を得ることができる。また、暗部から十分な信号量が得られるまで、暗部を含む局所領域に対して荷電粒子ビームを照射することによって、暗部から十分な信号量を得ることができ、高画質な画像を撮像することができる。

符号の説明

[0083] 1 0 1…第一のゲイン値を計算する処理, 1 0 2…第一の画像を取得する処理, 1 0 3…第二のゲイン値を計算する処理, 1 0 4…第二の画像を取得する処理, 1 0 5…第一の画像の重みと第二の画像の重みを計算する処理, 1 0 6 点第一の画像を第二の画像の画像を合成する処理, 2 0 1…ビーム照射・検出装置, 2 0 2…荷電粒子銃, 2 0 3…荷電粒子ビーム, 2 0 4…コンデンサレンズ, 2 0 5…対物レンズ, 2 0 6…試料, 2 0 7…ステージ, 2 0 8…検出器, 2 2 1…入出力部, 2 2 2…制御部, 2 2 3…処理部, 2 2 4…記憶部, 2 2 5…ゲイン制御部, 2 2 6…画像合成部

請求の範囲

- [請求項1] 荷電粒子顕微鏡装置を用いた試料の画像撮像方法であって、
前記荷電粒子顕微鏡装置の検出器のゲインを第一のゲイン値に設定して前記試料に対して荷電粒子ビームの走査を行い、第一の画像を取得する第一画像取得ステップと、
前記検出器のゲインを前記第一のゲイン値とは異なる第二のゲイン値に設定して前記試料に対して荷電粒子ビームの走査を行い、第二の画像を取得する第二画像取得ステップと、前記第一のゲイン値と前記第二のゲイン値を用いて、前記第一の画像と前記第二の画像を合成する画像合成ステップと、
を有することを特徴とする画像撮像方法。
- [請求項2] 請求項1記載の画像撮像方法であって、
前記第二画像取得ステップは、前記第一の画像を用いて前記第二のゲイン値を算出するステップを有することを特徴とする画像撮像方法。
- [請求項3] 請求項1記載の画像撮像方法であって、
前記画像合成ステップは、第一の画像、第二の画像の少なくとも一つの画像について、前記少なくとも一つの画像の明度値に基づいて局所領域毎に合成の対象外とするか否かを判定するステップを有することを特徴とする画像撮像方法。
- [請求項4] 請求項1記載の画像撮像方法であって、
さらに、前記試料の撮像対象領域における設計データ情報又は前記第一画像取得ステップで取得した第一の画像の少なくとも一つを用いて、前記第二画像取得ステップ及び前記画像合成ステップを実施するか否かを判定する画像合成判定ステップを有することを特徴とする画像撮像方法。
- [請求項5] 請求項1記載の画像撮像方法であって、
前記第二画像取得ステップは、プローブ電流、ビーム照射時間のうち少なくとも一つを前記第一画像取得ステップとは異なる値に設定して

前記試料に対して荷電粒子ビームの走査を行い、
前記画像合成ステップは、前記第一画像取得ステップおよび前記第二画像取得ステップにおけるプローブ電流の値、或いは前記第一画像取得ステップおよび前記第二画像取得ステップにおけるビーム照射時間の値を用いて、前記第一の画像と前記第二の画像を合成することを特徴とする画像撮像方法。

[請求項6] 荷電粒子顕微鏡装置を用いた試料の画像撮像方法であって、
目標信号量を算出する目標信号量算出ステップと、
前記試料に対して荷電粒子ビームの走査を行い、前記試料の第一の画像を取得する画像取得ステップと、
前記取得した第一の画像のうち信号量が相対的に少ない画素からなる領域における信号量と前記算出した目標信号量とを比較し、画像の取得を継続するか否かを判定する画像取得継続判定ステップと、
前記画像取得継続判定ステップで画像の取得を継続すると判定した場合に、前記取得した第一の画像のうち信号量が相対的に少ない画素の位置に基づいて再度走査を行う前記試料の領域を算出し、前記算出した再度走査を行う前記試料の領域に対して荷電粒子ビームの走査を再度行って第二の画像を取得し、前記第一の画像と前記第二の画像とを合成する画像取得継続ステップと、
を有し、
さらに、前記画像取得継続判定ステップで画像の取得を継続しないと判定するまで、前記画像取得継続判定ステップと前記画像取得継続ステップを繰り返すことを特徴とする画像撮像方法。

[請求項7] 請求項6記載の画像撮像方法であって、
前記目標信号量算出ステップは、画像取得前に指定された S/N の要求値或いは信号量の要求値に基づいて前記目標信号量を算出することを特徴とする画像撮像方法。

[請求項8] 請求項6記載の画像撮像方法であって、

前記画像取得継続判定ステップは、画像取得前に定められた撮像時間の上限および下限に基づいて画像の取得を継続するか否かを判定することを特徴とする画像撮像方法。

[請求項9] 請求項6記載の画像撮像方法であって、
前記画像取得継続ステップは、検出器のゲインを前記画像取得ステップで用いた検出器のゲインとは異なるゲイン値に設定して前記第二の画像を取得することを特徴とする画像撮像方法。

[請求項10] 試料に荷電粒子を照射する荷電粒子照射光学系手段と、
前記荷電粒子照射光学系手段により荷電粒子が照射された前記試料から発生した同種または別種の粒子を検出する粒子検出光学系手段と、
前記粒子検出光学系手段で検出した信号を処理して前記試料の撮像画像を得る撮像画像取得手段と、
を備えた荷電粒子顕微鏡装置であって、
前記粒子検出光学系手段の検出器のゲインを制御するゲイン制御手段と、
前記ゲイン制御手段により前記検出器のゲインを第一のゲイン値に設定して前記荷電粒子を前記試料に対して走査することにより取得した第一の画像と、前記ゲイン制御手段により前記検出器のゲインを前記第一のゲイン値とは異なる第二のゲイン値に設定して前記荷電粒子を前記試料に対して走査することにより取得した第二の画像と、を合成する画像合成手段と、
を有することを特徴とする荷電粒子顕微鏡装置。

[請求項11] 請求項10記載の荷電粒子顕微鏡装置であって、
前記ゲイン制御手段は、前記第一の画像を用いて前記第二のゲイン値を算出することを特徴とする荷電粒子顕微鏡装置。

[請求項12] 請求項10記載の荷電粒子顕微鏡装置であって、
前記第一の画像および前記第二の画像の少なくとも一つの画像について、前記少なくとも一つの画像の明度値に基づいて局所領域毎に合成

の対象外とするか否かを判定する合成対象判定手段を有することを特徴とする荷電粒子顕微鏡装置。

[請求項13] 請求項10記載の荷電粒子顕微鏡装置であって、
前記試料の撮像対象領域における設計データ情報或いは前記第一の画像の少なくとも一つを用いて、前記画像合成手段により前記第二の画像を取得して前記第一の画像と合成するか否かを判定する画像合成判定手段を有することを特徴とする荷電粒子顕微鏡装置。

[請求項14] 試料に荷電粒子を照射する荷電粒子照射光学系手段と、
前記荷電粒子照射光学系手段により荷電粒子が照射された前記試料から発生した同種または別種の粒子を検出する粒子検出光学系手段と、
前記粒子検出光学系手段で検出した信号を処理して前記試料の撮像画像を得る撮像画像取得手段と、
を備えた荷電粒子顕微鏡装置であって、
目標信号量を算出する目標信号量算出手段と、
前記試料に対して前記荷電粒子の走査を行って取得した第一の画像のうち信号量が相対的に少ない画素からなる領域における信号量と前記目標信号量算出手段により算出された目標信号量とを比較して、画像の取得を継続するか否かを判定する判定手段と、
前記判定手段により前記画像の取得を継続すると判定した場合には、前記第一の画像のうち信号量が相対的に少ない画素の位置に基づいて再度走査を行う前記試料の領域を算出し、前記算出した再度走査を行う前記試料の領域に対して荷電粒子の走査を再度行って第二の画像を取得し、前記第一の画像と前記第二の画像とを合成し、前記判定手段により画像の取得を継続しないと判定するまで、前記した画像の取得と画像の合成を繰り返す画像合成手段と、
を有することを特徴とする荷電粒子顕微鏡装置。

[請求項15] 請求項14記載の荷電電子顕微鏡装置であって、
前記目標信号算出手段は、予め指定されたS/Nの要求値或いは信号

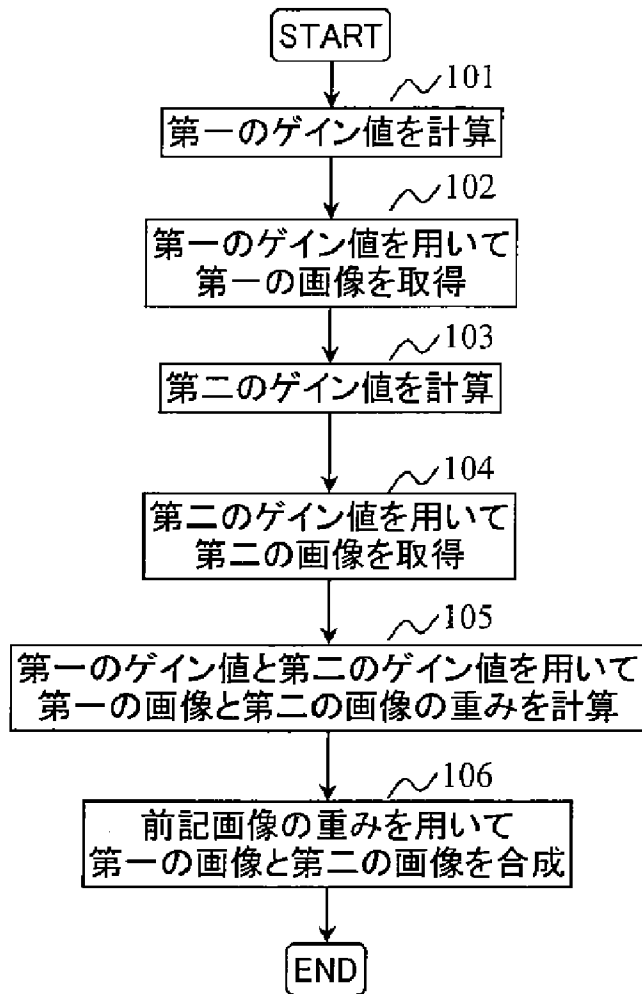
量の要求値に基づいて前記目標信号量を算出することを特徴とする荷電粒子顕微鏡装置。

[請求項16] 請求項14記載の荷電粒子顕微鏡装置であって、
前記判定手段は、予め定められた撮像時間の上限および下限に基づいて画像の取得を継続するか否かを判定することを特徴とする荷電粒子顕微鏡装置。

[請求項17] 請求項14記載の荷電粒子顕微鏡装置であって、
前記粒子検出光学系手段の検出器のゲインを調整するゲイン制御手段を有することを特徴とする荷電粒子顕微鏡装置。

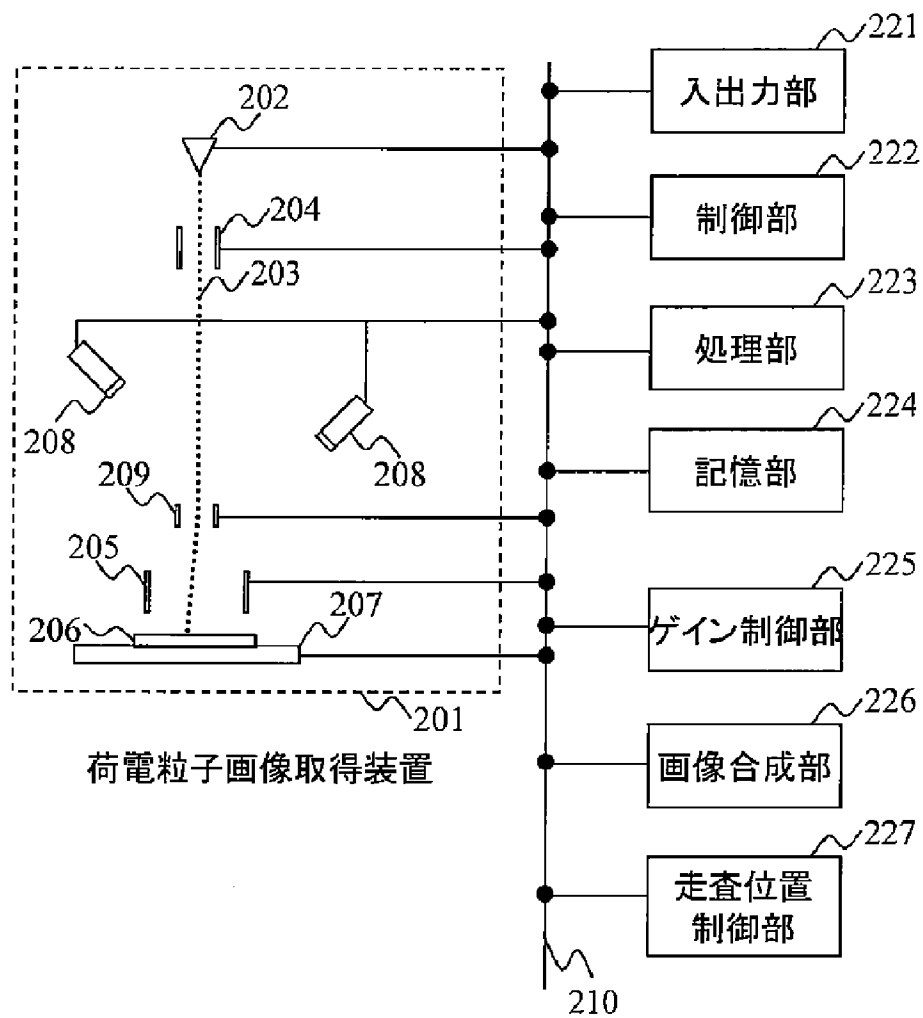
[図1]

図1



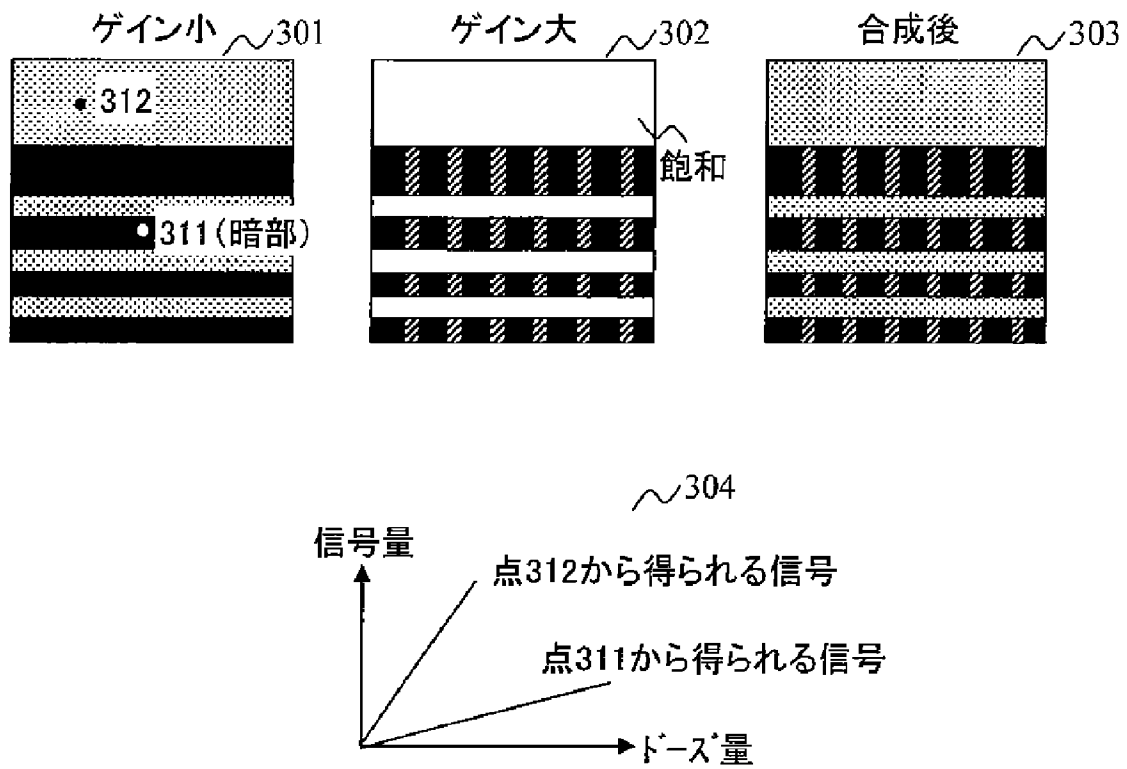
[図2]

図2



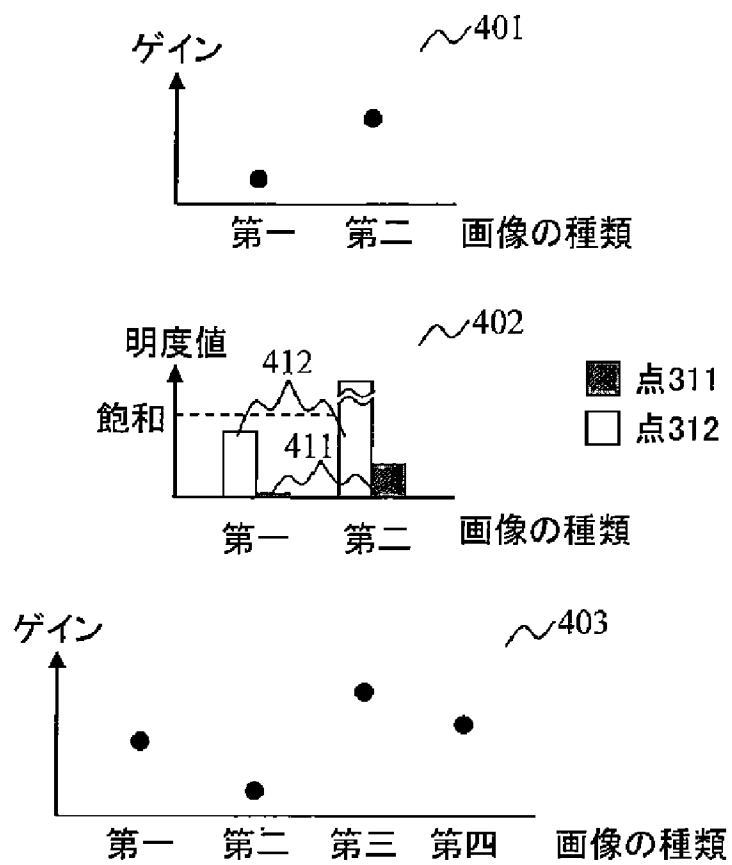
[図3]

図3



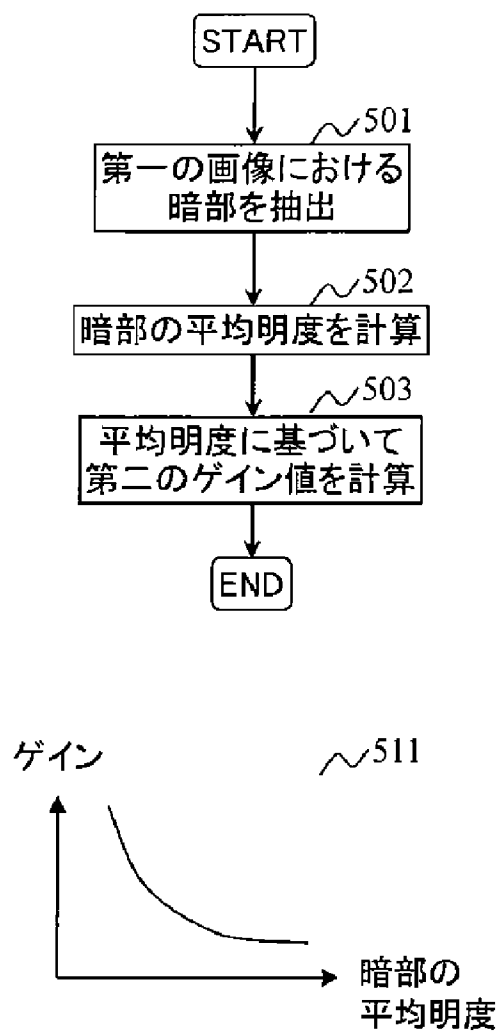
[図4]

図4



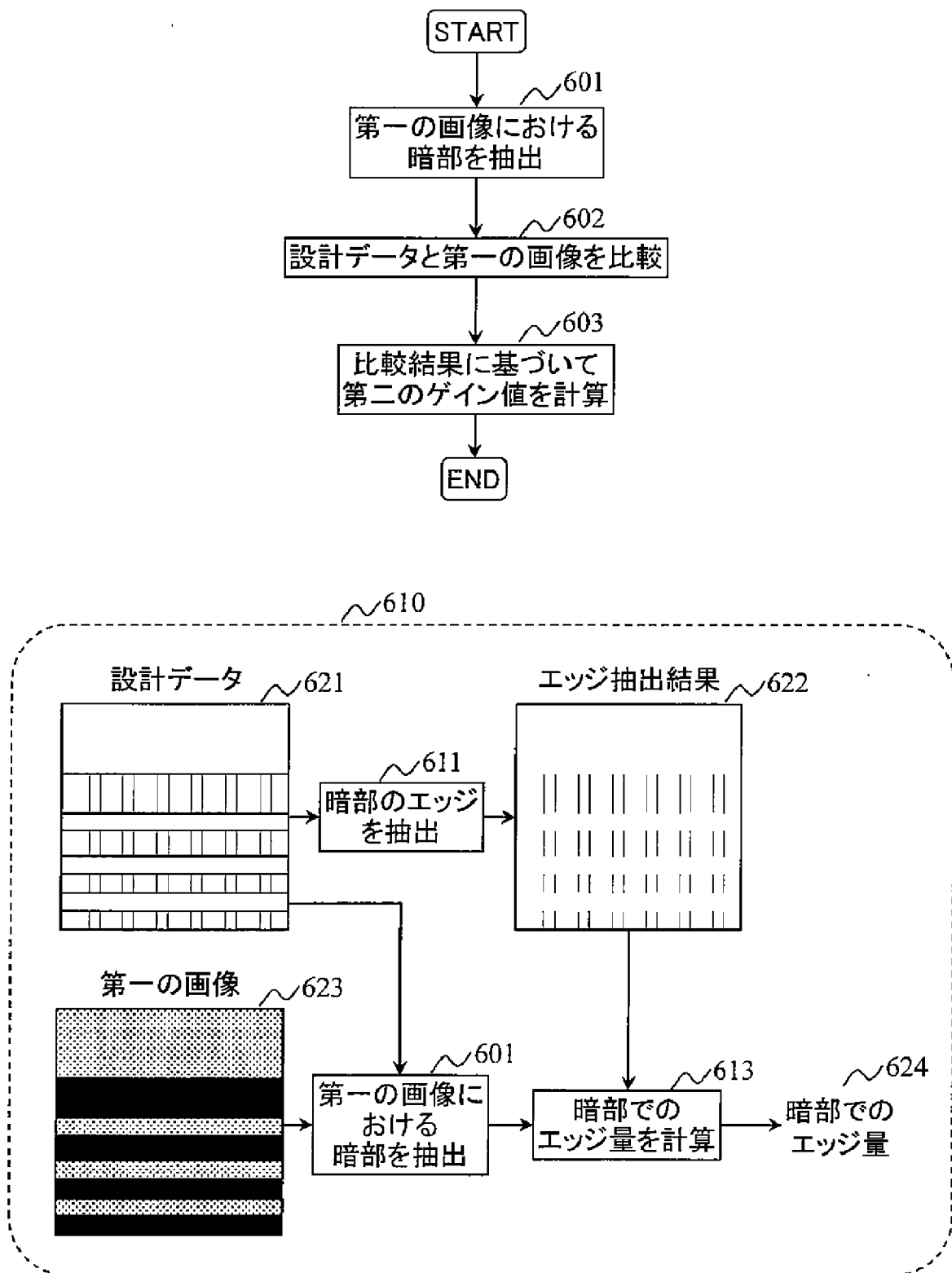
[図5]

図5



[図6]

図6



[図7]

図7A

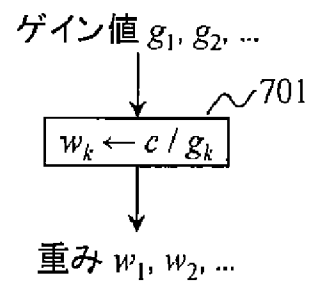


図7B

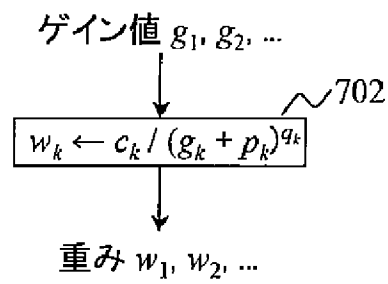
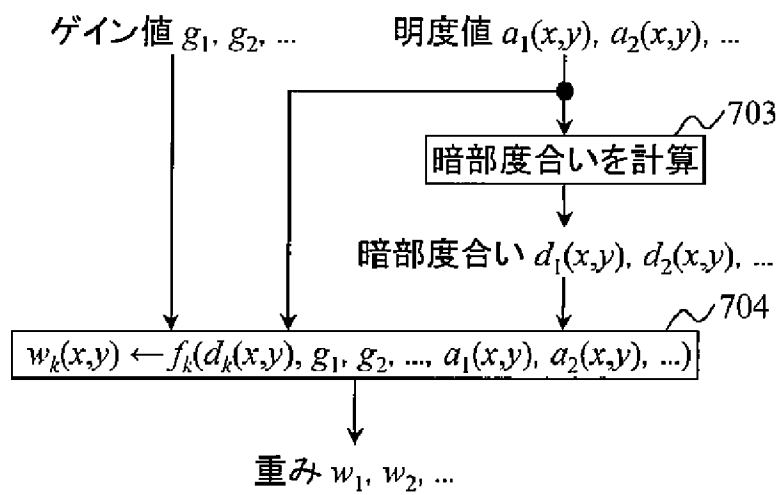


図7C



[図8]

図8A

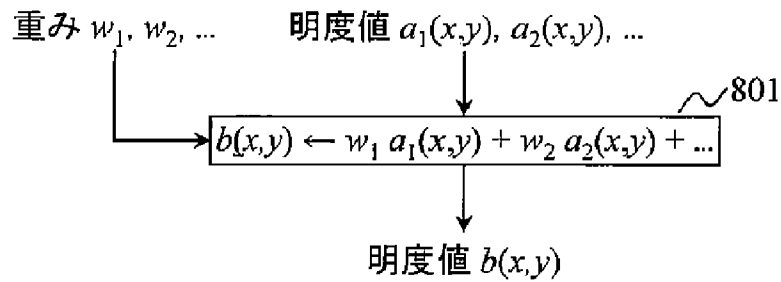


図8B

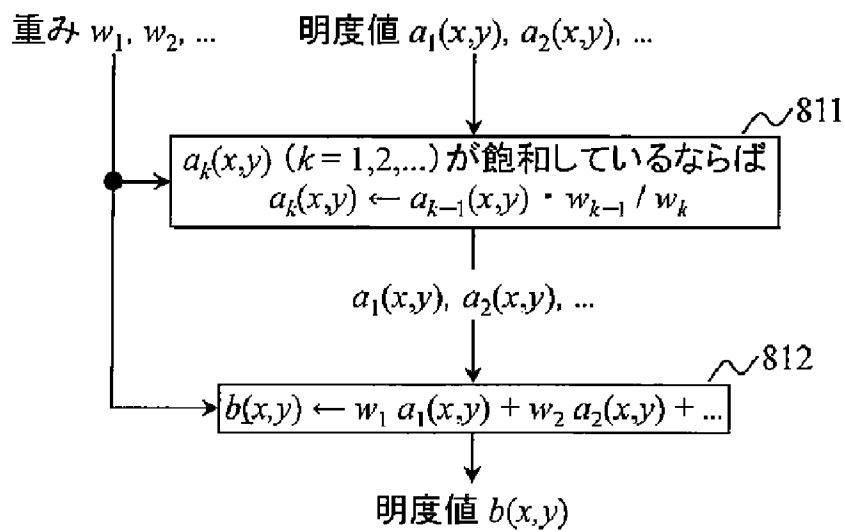
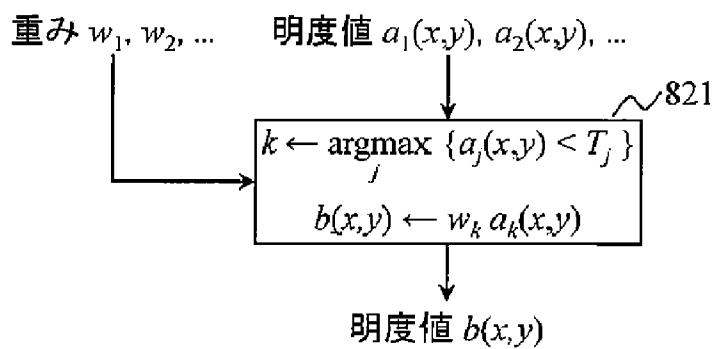
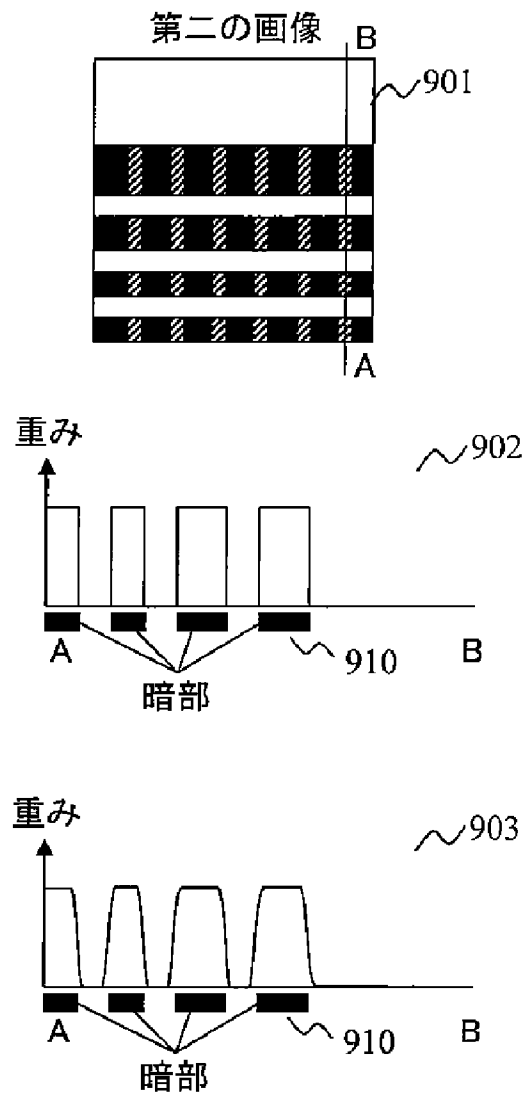


図8C



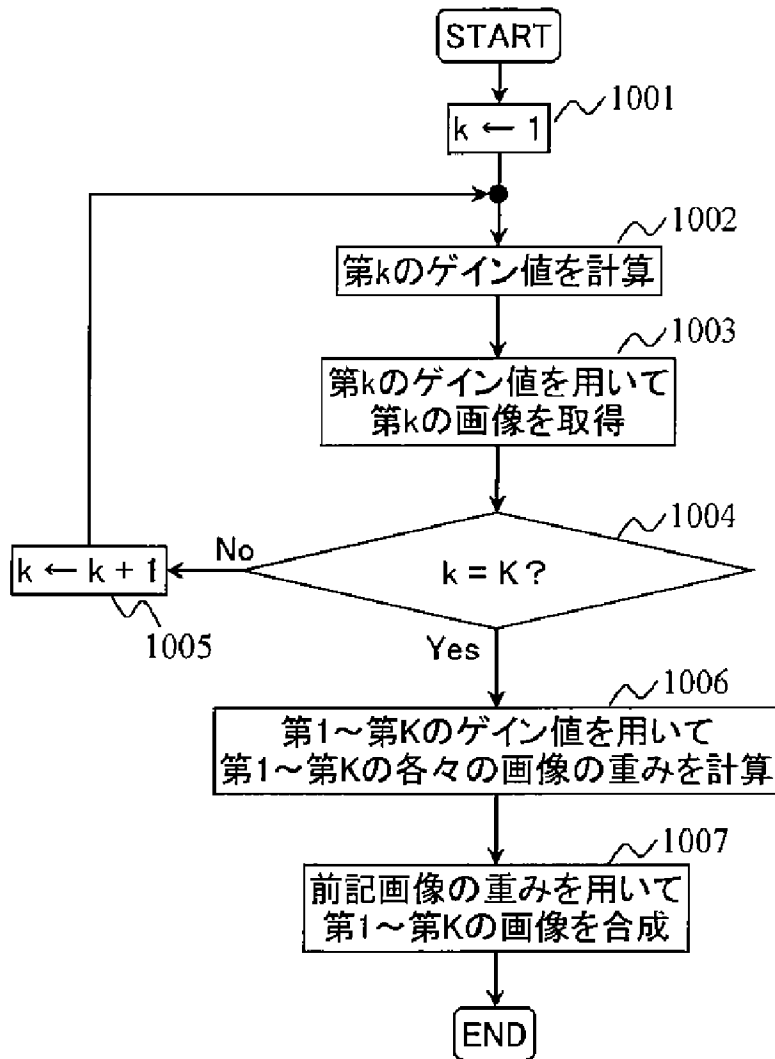
[図9]

図9



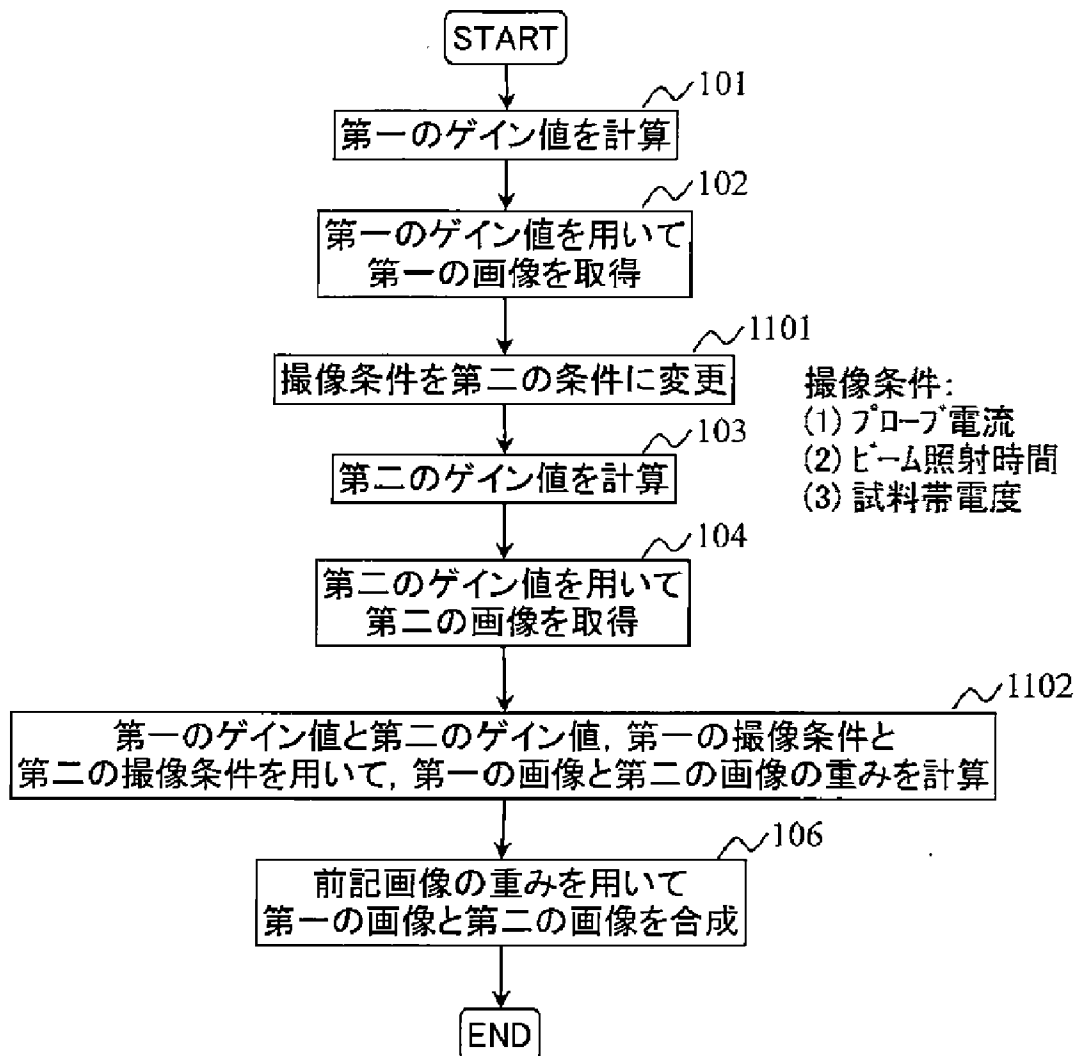
[図10]

図10



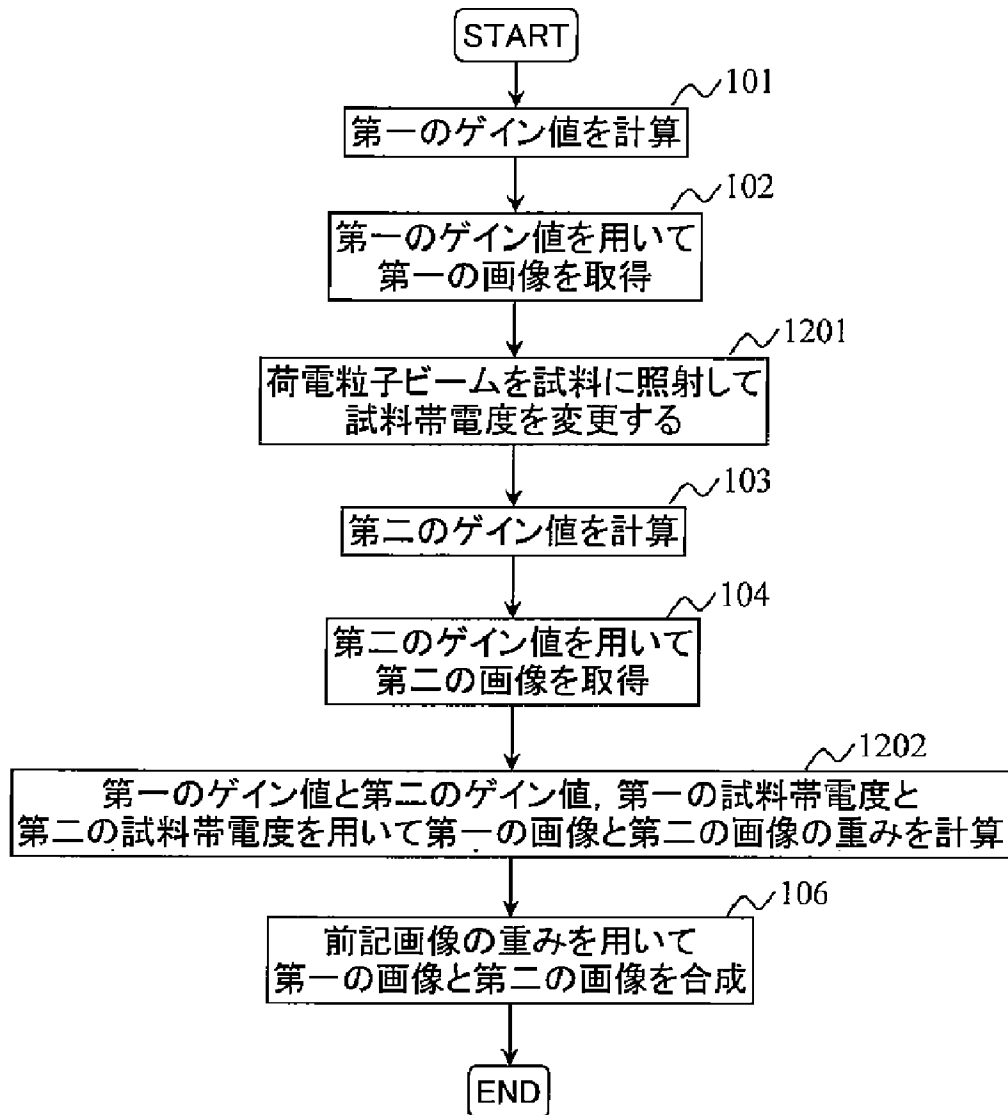
[図11]

図11



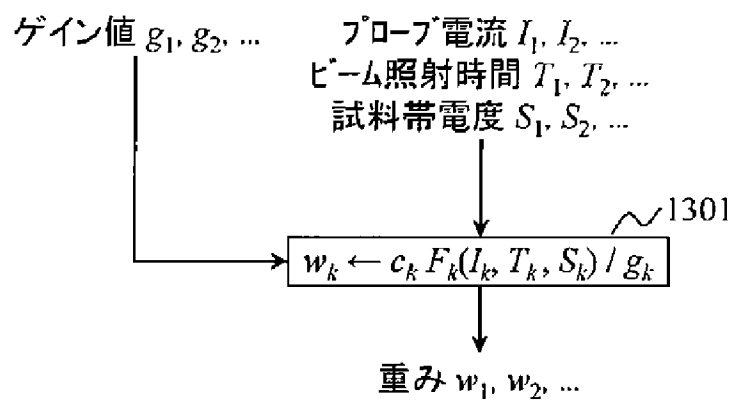
[図12]

図 12



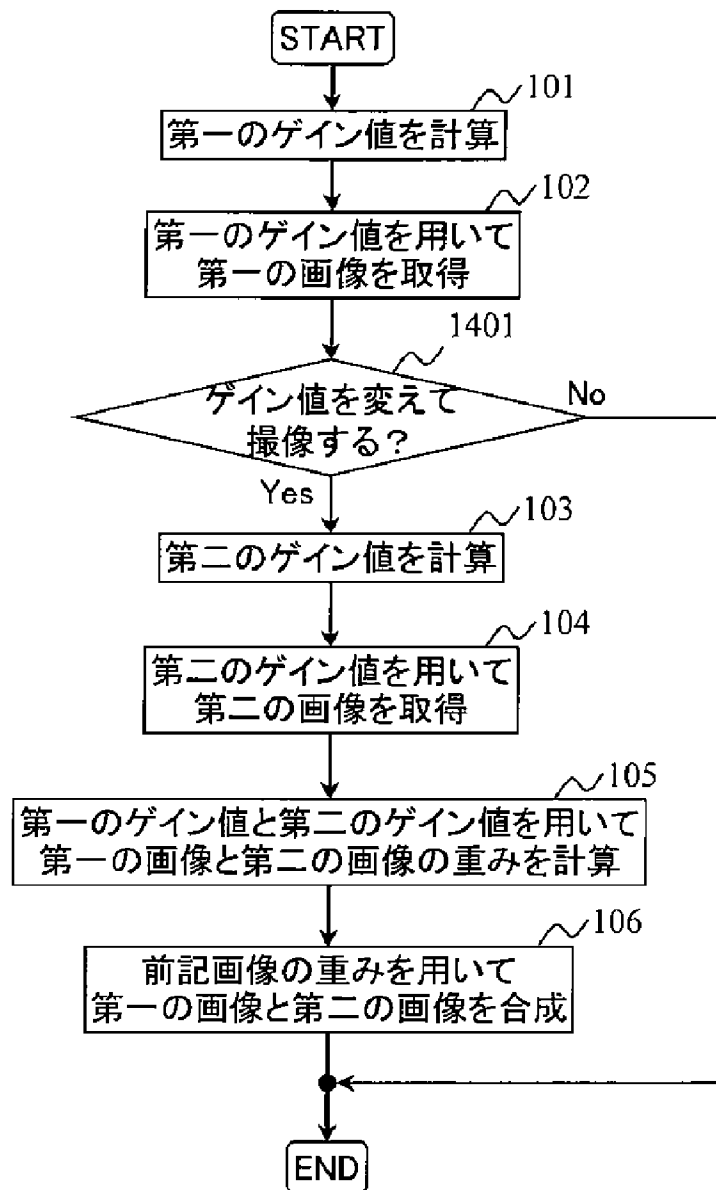
[図13]

図13



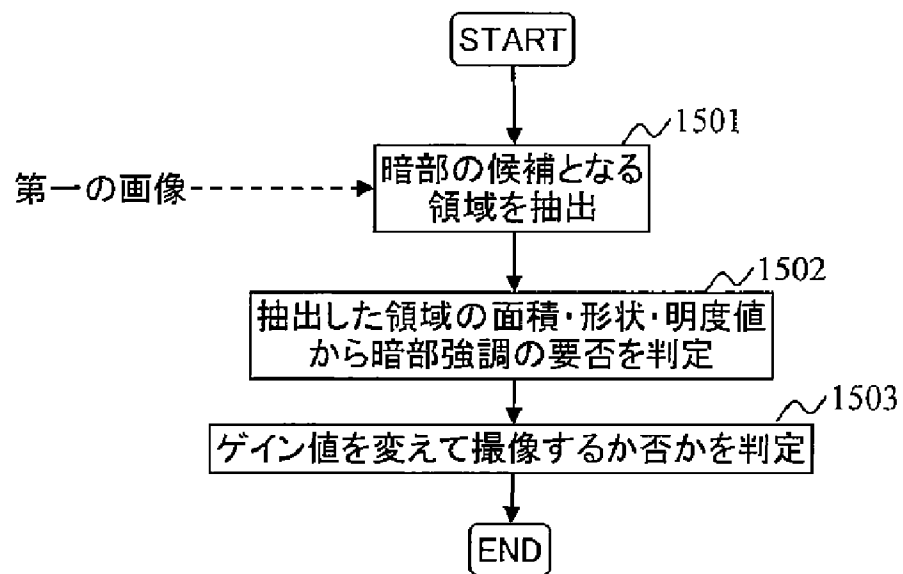
[図14]

図14



[図15]

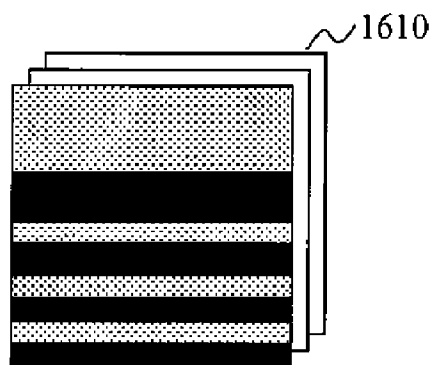
図15



[図16]

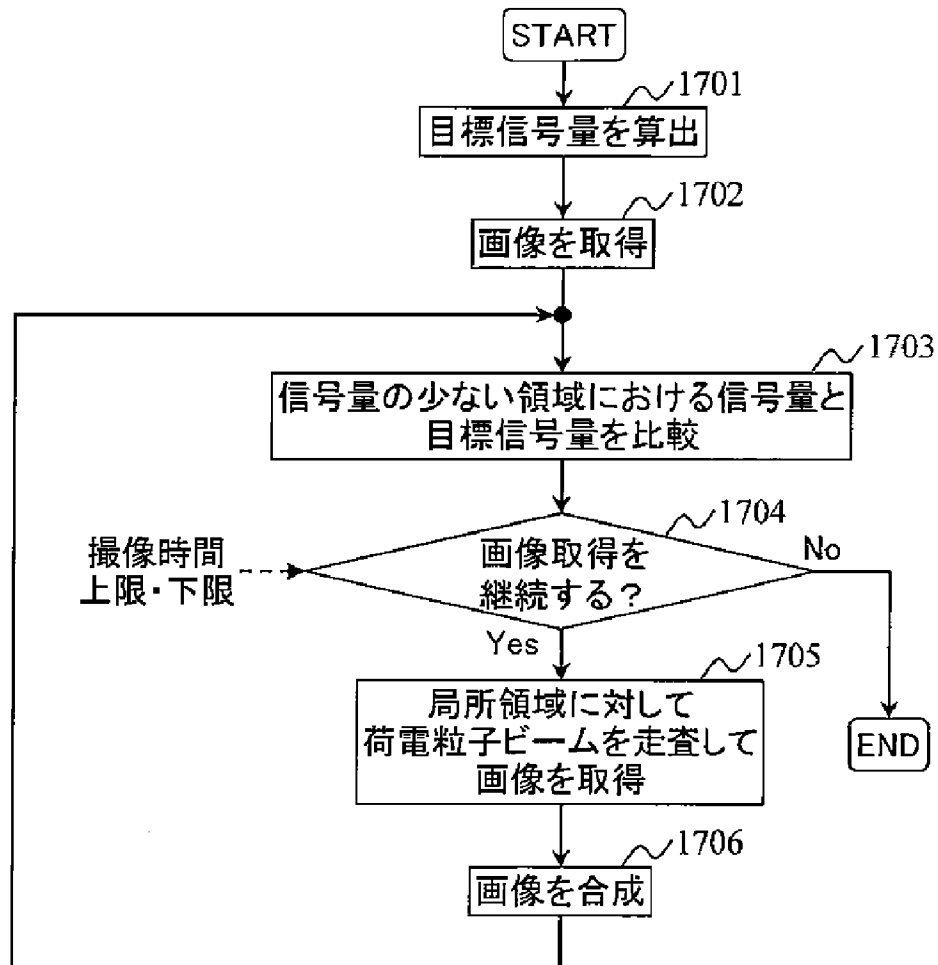
図16

日時	xxxx年xx月xx日 xx:xx:xx	1601
加速電圧	1000V	
プローブ電流	100pA	
第一のゲイン値	1.0	1602
第二のゲイン値	23.5	
第一の重み	1.00	1603
第二の重み	0.12	
第二のプローブ電流	150pA	1604
第二の画像の飽和面積	125	1605
暗部度合い	xx,xx,xx,...	



[図17]

図17



[図18]

図18

1801
信号量要求値: 75

1802 1803 1804

撮像時間 下限: 100ms

上限: 800ms

画像例

1811
信号量: 50

1812 1813
画像切替

1814
表示順

1815
● 暗部の信号量
○ 暗部の面積
○ 撮像日時
○ 画像ID

1816
要求値に近い画像を表示

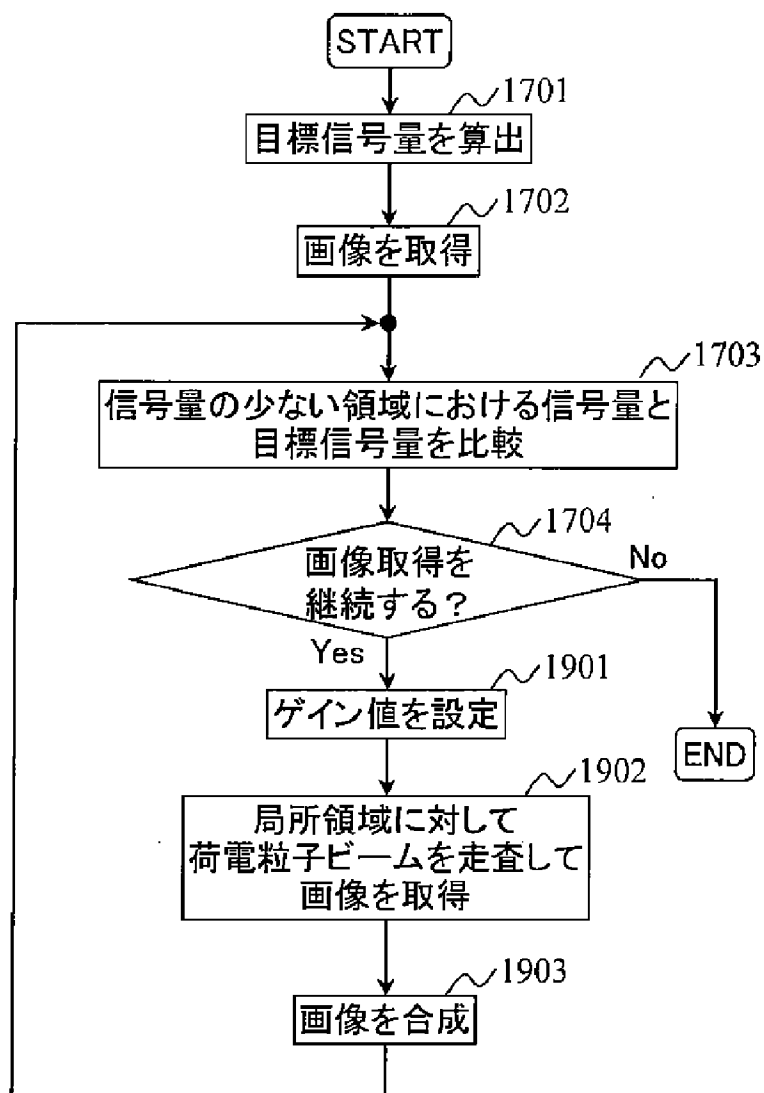
1810

1823
平均撮像時間推定値: 480ms

1821 1822

[図19]

図19



[図20]

図20A

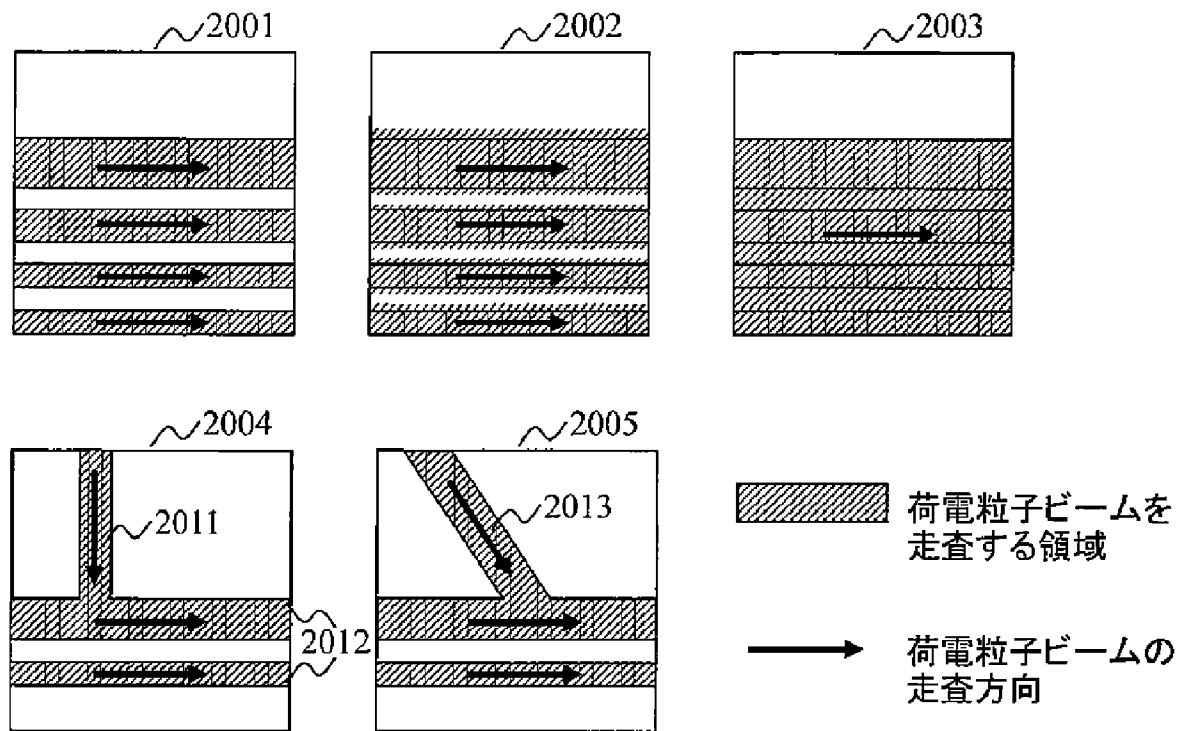
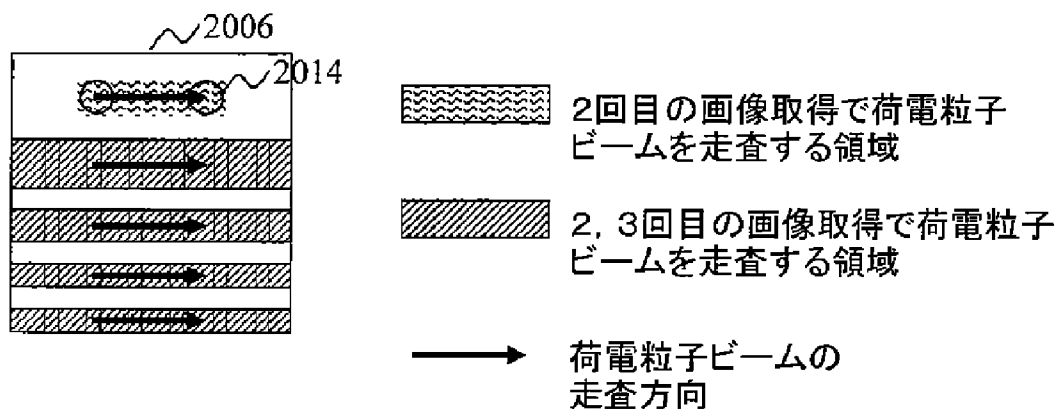
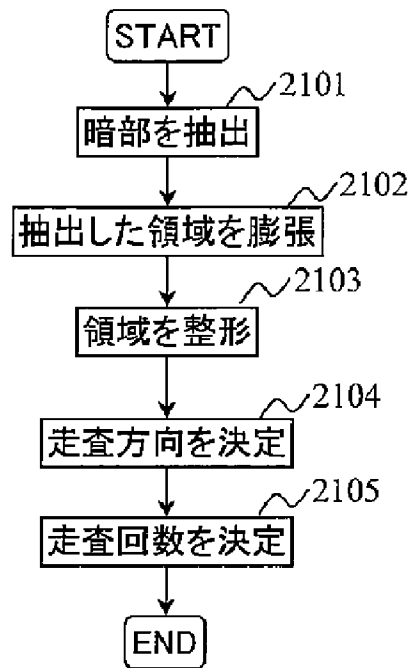


図20B



[図21]

図21



[図22]

図22A

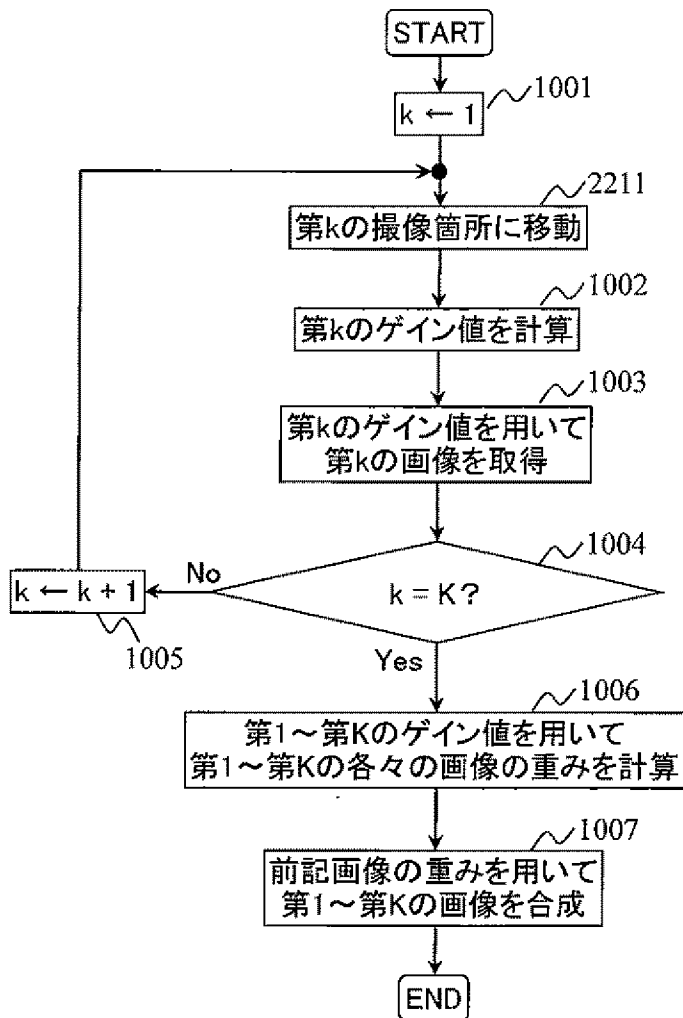
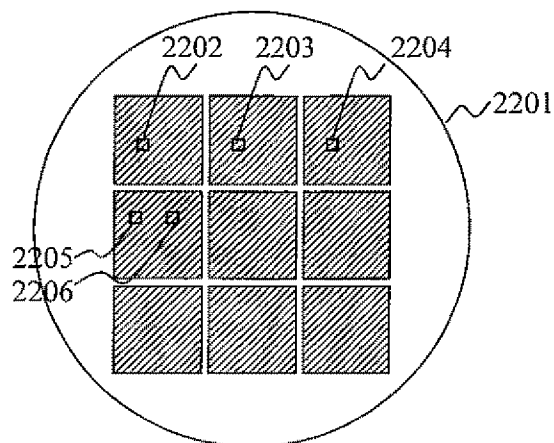


図22B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002498

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/22(2006.01)i, H01J37/28(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J37/22, H01J37/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2004-208044 A (Shimadzu Corp.), 22 July 2004 (22.07.2004), paragraphs [0017] to [0038]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-4, 10-13 5 6-9, 14-17
Y	JP 2007-220615 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 30 August 2007 (30.08.2007), paragraphs [0010] to [0027]; fig. 1 to 2 (Family: none)	5
A	JP 2001-202914 A (Seiko Instruments Inc.), 27 July 2001 (27.07.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31 July, 2012 (31.07.12)

Date of mailing of the international search report
07 August, 2012 (07.08.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002498

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-227679 A (JEOL Ltd.), 03 September 1996 (03.09.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 2000-131045 A (JEOL Ltd.), 12 May 2000 (12.05.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
P,A	JP 2011-119446 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 16 June 2011 (16.06.2011), entire text; all drawings & WO 2011/068011 A1	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002498

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002498

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

On account of the following reason, this international application involves two inventions which do not comply with the requirement of unity of invention.

Invention 1: the inventions of claims 1-5, and 10-13

Invention 2: the inventions of claims 6-9 and 14-17

The feature common to the invention of claims 1-17 is that "a first image of a sample is obtained by scanning the sample with a charged particle beam, a second image is obtained by scanning the sample with the charged particle beam again, and the first image and the second image are combined."

However, the search revealed that the above-said common matter is not novel, since the common matter is disclosed in the document 1.

Document 1: JP 2004-208044 A (Shimadzu Corp.), 22 July 2004 (22.07.2004), paragraphs [0017] to [0038]; fig. 1 to 6 (Family: none)

As a result, the above-said matter is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, since the matter does not make a contribution over the prior art.

Accordingly, there is no special technical feature which is common to all of the inventions of claims 1-17.

Consequently, it is obvious that the inventions of claims 1-17 do not comply with the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01J37/22 (2006.01)i, H01J37/28 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/22, H01J37/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2004-208044 A（株式会社島津製作所）2004.07.22, 段落0017-0038, 図1-6 (ファミリーなし)	1-4, 10-13 5 6-9, 14-17
Y	JP 2007-220615 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2007.08.30, 段落0010-0027, 図1-2 (ファミリーなし)	5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

3 1 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

石田 佳久

2 G

4 0 6 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2001-202914 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2001.07.27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 8-227679 A (日本電子株式会社) 1996.09.03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2000-131045 A (日本電子株式会社) 2000.05.12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17
P, A	JP 2011-119446 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2011.06.16, 全文, 全図 & WO 2011/068011 A1	1-17

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
（特別ページ参照）

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

(第 III 欄の続き)

以下の理由により、この出願は発明の単一性の要件を満たさない 2 の発明を含む。

発明 1 : 請求項 1 - 5 , 1 0 - 1 3 に係る発明

発明 2 : 請求項 6 - 9 , 1 4 - 1 7 に係る発明

請求項 1 - 1 7 に係る発明に共通する事項は、「試料に対して荷電粒子ビームの走査を行い、試料の第一の画像を取得し、試料に対して荷電粒子ビームの走査を再度行って第二の画像を取得し、第一の画像と第二の画像とを合成すること」である。

しかしながら、調査の結果、この共通事項は文献 1 に開示されているから、新規でないことが明らかになった。

文献 1 : JP 2004-208044 A (株式会社島津製作所) 2004.07.22, 段落 0 0 1 7 - 0 0 3 8 ,
図 1 - 6 (ファミリーなし)

結果として、この共通事項は、先行技術の域を出ないから、P C T 規則 1 3 . 2 の第 2 文の意味における特別な技術的特徴ではない。

したがって、請求項 1 - 1 7 に係る発明全てに共通する特別な技術的特徴はない。

よって、請求項 1 - 1 7 に係る発明は、発明の単一性の要件を満たしていないことが明らかである。