

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第1区分

【発行日】令和4年1月18日(2022.1.18)

【国際公開番号】WO2020/234987

【出願番号】特願2021-519929(P2021-519929)

【国際特許分類】

H 0 1 J 3 7 / 2 2 (2 0 0 6 . 0 1)

H 0 1 J 3 7 / 2 8 (2 0 0 6 . 0 1)

【 F I 】

H 0 1 J 3 7 / 2 2 5 0 2 F

H 0 1 J 3 7 / 2 8 B

10

【手続補正書】

【提出日】令和3年10月12日(2021.10.12)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

20

【特許請求の範囲】

【請求項1】

試料に対して荷電粒子線を照射する荷電粒子線装置であって、
前記試料に対して1次荷電粒子を照射する荷電粒子源、
前記試料に対して照射する光を出射する光源、
前記1次荷電粒子を前記試料に対して照射することにより前記試料から生じる2次荷電粒子を検出する検出器、
前記検出器が検出した前記2次荷電粒子を用いて前記試料の観察像を生成する画像処理部

、
前記光の単位時間当たりの照射強度を調整する光強度制御部、
を備え、

30

前記光強度制御部は、前記光の単位時間当たりの照射強度を変化させることにより、それぞれ異なるコントラストを有する複数の前記観察像を前記画像処理部に生成させることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項2】

前記試料は、前記光の単位時間当たりの照射強度に応じて、前記2次荷電粒子の放出量が増加する特性を有しており、

前記光強度制御部は、前記光の単位時間当たりの照射強度を第1強度に制御することにより、前記試料が前記第1強度に対応する第1放出量の前記2次荷電粒子を放出するようにした上で、前記観察像を前記画像処理部に生成させ、

40

前記光強度制御部は、前記光の単位時間当たりの照射強度を前記第1強度とは異なる第2強度に制御することにより、前記試料が前記第2強度に対応する第2放出量の前記2次荷電粒子を放出するようにした上で、前記観察像を前記画像処理部に生成させることを特徴とする請求項1記載の荷電粒子線装置。

【請求項3】

前記光強度制御部は、前記光の単位時間当たりの照射強度を前記第1強度と前記第2強度との間の第3強度に制御することにより、前記試料が前記第3強度に対応する第3放出量の前記2次荷電粒子を放出するようにした上で、前記観察像を前記画像処理部に生成させ、

前記第3放出量は前記第1放出量よりも大きく、前記第2放出量は前記第1放出量よりも

50

小さい

ことを特徴とする請求項 2 記載の荷電粒子線装置。

【請求項 4】

前記試料が前記光を吸収する吸収量は、前記光の単位時間当たりの照射強度の 1 乗に比例する第 1 成分と、前記光の単位時間当たりの照射強度の 2 乗以上のべき乗に比例する第 2 成分とを有しており、

前記第 2 成分は、前記光の単位時間当たりの照射強度が前記第 3 強度以上であるとき、前記第 1 成分以上となり、前記光の単位時間当たりの照射強度が前記第 3 強度未満であるとき、前記第 1 成分未満となり、

前記光強度制御部は、前記光の単位時間当たりの照射強度を前記第 2 強度にすることにより、前記吸収量のうち前記第 2 成分が前記第 1 成分よりも大きくなるようにし、

前記光強度制御部は、前記光の単位時間当たりの照射強度を前記第 1 強度にすることにより、前記吸収量のうち前記第 1 成分が前記第 2 成分よりも大きくなるようにする

ことを特徴とする請求項 3 記載の荷電粒子線装置。

【請求項 5】

前記試料が前記光を吸収する吸収量は、前記光の単位時間当たりの照射強度の 1 乗に比例する第 1 成分と、前記光の単位時間当たりの照射強度の 2 乗以上のべき乗に比例する第 2 成分とを有しており、

前記光強度制御部は、前記吸収量のうち前記第 2 成分が前記第 1 成分よりも大きくなるように前記光の単位時間当たりの照射強度を制御することにより、前記第 1 成分が前記第 2 成分よりも大きいときと比較して、前記放出量が小さくなるようにする

ことを特徴とする請求項 3 記載の荷電粒子線装置。

【請求項 6】

前記荷電粒子線装置はさらに、前記試料が前記光を吸収する吸収量を測定する吸収特性測定部を備え、

前記荷電粒子線装置はさらに、前記吸収特性測定部が測定した前記吸収量と、前記光の単位時間当たりの照射強度との間の対応関係を記述した対応関係データを格納する記憶部を備え、

前記光強度制御部は、前記対応関係データが記述している前記対応関係にしたがって、前記第 1 強度と前記第 2 強度を決定する

ことを特徴とする請求項 2 記載の荷電粒子線装置。

【請求項 7】

前記荷電粒子線装置はさらに、前記吸収特性測定部が測定した前記吸収量にしたがって、前記検出器が検出した前記 2 次荷電粒子の信号量を補正する、信号量補正部を備える

ことを特徴とする請求項 6 記載の荷電粒子線装置。

【請求項 8】

前記信号量補正部は、前記試料に対して前記光と前記 1 次荷電粒子を照射しているとき前記検出器が検出する前記 2 次荷電粒子の第 1 信号量から、前記試料に対して前記光を照射し前記 1 次荷電粒子を照射していないとき前記検出器が検出する前記 2 次荷電粒子の第 2 信号量を減算することにより、前記検出器による検出結果を補正する

ことを特徴とする請求項 7 記載の荷電粒子線装置。

【請求項 9】

前記光強度制御部は、前記試料に対して前記 1 次荷電粒子を照射する照射期間と、前記試料に対して前記 1 次荷電粒子を照射しない間隔期間とを切り替えることができるように構成されており、

前記画像処理部は、前記試料に対して前記 1 次荷電粒子を連続的に照射している間において前記試料の第 1 観察像を生成するとともに、前記照射期間と前記間隔期間を切り替えながら前記 1 次荷電粒子を断続的に照射している間において前記試料の第 2 観察像を生成することにより、それぞれ異なるコントラストを有する複数の前記観察像を生成する

ことを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線装置。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

前記荷電粒子線装置はさらに、前記 2 次荷電粒子が有するエネルギーに応じて、前記検出器に対して入射する前記 2 次荷電粒子を弁別する、エネルギーフィルタを備えることを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線装置。

【請求項 11】

前記光強度制御部は、前記光の平均出力、前記光のピーク強度、前記光のパルス幅、前記光のパルスの照射周期、前記試料の表面上における前記光の照射面積、前記光の波長、前記光の偏光、のうちいずれか 1 つ以上のパラメータを制御することを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線装置。

10

【請求項 12】

前記光強度制御部は、光アッテネータ、光分岐素子、パルススタッカ、パルスピッカー、光波長変換素子、偏光制御素子、集光レンズ、のうちいずれか 1 つ以上によって構成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線装置。

【請求項 13】

前記吸収特性測定部は、前記試料からの反射光の反射光検出器、前記試料からの反射光の偏光面検出器、前記試料からの反射光の波長検出器、前記試料から放出された光電子の光電子検出器、前記試料において生じる光起電力の光起電力検出器、のうちいずれか 1 つ以上によって構成されている

ことを特徴とする請求項 6 記載の荷電粒子線装置。

20

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

光の照射強度が低い場合、一光子吸収による線形吸収項が支配的であり、光の波長が材料の吸収帯にあれば、試料は光を吸収して励起状態となる。励起状態においては 2 次電子の放出効率が高くなる。光の照射強度が高い場合、多光子吸収による非線形吸収項が支配的となり、光の波長が材料の吸収帯になくとも試料は光を吸収し、励起状態から、さらには光電子を放出する空乏状態となる。空乏状態においては 2 次電子の放出効率が抑制される。つまり、光の照射強度に応じて吸収特性を一光子吸収と多光子吸収との間で制御することによって、2 次電子の放出量を制御することができる。非線形吸収を確認する光物性パラメータとしては、吸収係数、反射係数、偏光変調、波長変調、光電子放出、などが挙げられる。

30

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

40

【0039】

また、本実施形態 1 に係る荷電粒子線装置 1 は、XYZ ステージ 6、試料ホルダ 7、試料 8 に対して電圧を印加して、試料に照射される電子エネルギーを低エネルギー化させるリターディング系でも実施しても同様の効果が得られる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0048】

50

図 1 2 は、P 型シリコンと N 型シリコンにおける単位時間当たりの光照射強度 I_r と光電子の放出強度 S_{ph} の関係を示している。P 型シリコン 1 2 1 は、単位時間当たりの光照射強度 $4 \text{ MW} / \text{cm}^2 / \mu\text{s}$ を閾値として光電子を放出するのに対し、N 型シリコン 1 2 2 は $1.2 \text{ MW} / \text{cm}^2 / \mu\text{s}$ を閾値として光電子を放出する。図 1 2 では、光電子検出器 9 1 を用いて検出した光電子の例を示したが、光起電流測定器 9 2 を用いた場合、試料 8 から放出される光起電流を測定することができるので、図 1 2 と同様の閾値を抽出することができる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

10

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0069】

図 2 3 は、本実施形態 5 に係る荷電粒子線装置 1 の構成図である。ここでは実施形態 1 で説明した構成に加え、2 次電子のエネルギーを弁別するエネルギーフィルタ 2 3 1 と、エネルギーフィルタ 2 3 1 に印加する電圧を制御するエネルギーフィルタ制御部 2 3 2 を備えた構成例を示した。ユーザは操作インターフェース 2 3 を介してエネルギーフィルタ 2 3 1 に対して印加する電圧を指定し、エネルギーフィルタ制御部 2 3 2 はその指定にしたがって電圧を制御する。エネルギーフィルタ 2 3 1 に代えて、ウィーンフィルタを利用したスペクトルメータなどのエネルギー分光器を用いてもよい。

20

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0081

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0081】

以上の実施形態において、光強度調整部 1 1 としては、レーザの平均出力を制御する濃度が可変できる ND フィルタを用いることができる。その他、平均出力を制御する光学系として光アッテネータを用いることもできる。光強度調整部 1 1 として、以下のものを用いることもできる：(a) 電気光学効果素子や磁気光学効果素子を利用したパルスピッカーなどを用いてパルスの周波数やパルスの照射数を制御する、(b) プリズム対で構成されるパルス分散制御光学系などを用いてパルス幅を制御する、(c) 集光レンズを用いて光パルスの照射領域を制御する。その他、光分岐素子、パルススタッカ、光波長変換素子、偏光制御素子、などを用いることもできる。これらを組み合わせて用いることもできる。

30

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0083

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0083】

実施形態 2 において、光電子検出器 9 1 は、電子検出器 5 と共通とすることができる。実施形態 2 においては、試料 8 からの光電子を測定する手段として光電子検出器 9 1 と光起電流測定器 9 2 を併用しているが、どちらか 1 つのみ用いてもよい。吸収特性測定部 1 3 としてはその他、試料 8 からの反射光の反射光検出器、試料 8 からの反射光の偏光面検出器、試料 8 からの反射光の波長検出器、などを用いることもできる。

40

【手続補正 8】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

50

【図17】

