

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7610040号
(P7610040)

(45)発行日 令和7年1月7日(2025.1.7)

(24)登録日 令和6年12月23日(2024.12.23)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 J 37/06 (2006.01) H 0 1 J 37/06 Z
H 0 1 J 37/20 (2006.01) H 0 1 J 37/20 G

請求項の数 6 (全8頁)

(21)出願番号	特願2023-568986(P2023-568986)	(73)特許権者	501387839 株式会社日立ハイテク 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
(86)(22)出願日	令和3年12月24日(2021.12.24)	(74)代理人	110000350 ポレール弁理士法人
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/048174	(72)発明者	久保中 湧士 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク内
(87)国際公開番号	WO2023/119619	(72)発明者	大野 正臣 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク内
(87)国際公開日	令和5年6月29日(2023.6.29)	(72)発明者	竹内 恒一郎 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク内
審査請求日	令和6年6月11日(2024.6.11)	(72)発明者	細谷 幸太郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電子クリーニング装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子源を有する鏡筒に接続された試料室と、
前記試料室に配置される電子源と、
前記電子源の前面に設置された遮蔽板と、を備え、
前記電子源から放出される一次電子が前記遮蔽板に衝突することで放出される二次電子
であって、炭化水素系ガスの脱離現象を起こす1 e V以下のエネルギーの二次電子により
、前記試料室内のクリーニングを行う、ことを特徴とするクリーニング装置。

【請求項2】

請求項1記載のクリーニング装置であって、
前記遮蔽板は、前記電子源から放出された前記一次電子が、直接前記試料室の内部に照
射されないように配置される、ことを特徴としたクリーニング装置。

【請求項3】

請求項1記載のクリーニング装置であって、
前記遮蔽板は、取り外し交換が可能である、ことを特徴とするクリーニング装置。

【請求項4】

請求項1記載のクリーニング装置であって、
前記遮蔽板は、二次電子放出効率が大きい材料で構成されている、又は、表面に二次電
子放出効率が大きい材料が塗布されている、ことを特徴とするクリーニング装置。

【請求項5】

請求項 1 記載のクリーニング装置であって、
前記電子源はフィラメントからなり、
前記遮蔽板は、前記フィラメントに対する設置角度を変更し、前記二次電子の放出率を高くする、ことを特徴とするクリーニング装置。

【請求項 6】

請求項 1 記載のクリーニング装置であって、
前記遮蔽板に接続されるバイアス電源を更に備え、
前記バイアス電源により前記遮蔽板に負電圧を印加し、前記二次電子の放出量を増加させる、ことを特徴とするクリーニング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子クリーニング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電子顕微鏡等に代表される荷電粒子線装置においては、荷電粒子線の照射により、被照射物（試料など）に不純物が堆積する（コンタミネーションする、コンタミネーションが付着する）。コンタミネーションが発生した場合、たとえば電子顕微鏡像の S/N 比が悪化したり、試料表面形状が変化したり、試料情報の分析が困難になるなど、種々の問題が生じる。

【0003】

コンタミネーションによる影響を低減させるため、従来技術として、装置本体をヒーターで加熱する手法（特許文献 1）や、紫外光を照射する手法（特許文献 2）、プラズマを用いる手法（特許文献 3）があるが、熱によるアウトガスや、プラズマ生成の際のガス導入などの影響で、装置内部を超高真空に保つことが困難であるという課題がある。また、熱や紫外光に弱い試料には適用が難しい。特許文献 4 では、装置内部を超高真空に保つことができるクリーニング装置である。また、電子を用いたクリーニングであるため、荷電粒子装置で扱う試料への適用が容易である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2010 - 103072 号公報

【文献】特開 2015 - 69734 号公報

【文献】特開 2016 - 54136 号公報

【文献】WO19 / 155540

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述の特許文献 4 は、電子を用いたクリーナの電子照射により、コンタミネーションの前駆体である炭化水素系ガスが解離され、試料室内の部材や試料表面に炭素が積層され、試料室内部品が汚染される課題が見つかった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するため、本発明においては、荷電粒子源を有する鏡筒に接続された試料室と、試料室に配置される電子源と、電子源の前面に設置された遮蔽板と、を備え、電子源から放出される一次電子が遮蔽板に衝突することで放出される二次電子により、試料室内のクリーニング、すなわち洗浄を行うクリーニング装置を提供する。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、装置を複雑化することなく、装置内部の超高真空を保ったまま、炭化

10

20

30

40

50

水素系ガスの解離を抑制しながら、試料室の洗浄を行うことが可能なクリーニング装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施例1に係る、クリーニング装置を備える荷電粒子線装置の全体構成の一例を示す図。

【図2】試料室内へ電子を放出する過程を示す図。

【図3】電子線入射角に対する二次電子の放出効率の変化を示す図。

【図4】遮蔽板を二次電子放出効率が高い構造に変更したクリーニング装置を示す図。

【図5】実施例2に係る、クリーニング装置を備える荷電粒子線装置の全体構成の一例を示す図。

10

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下図面に従い、本発明を実施するための形態について順次説明する。

【実施例1】

【0010】

図1は、実施例1の荷電粒子線装置の概略図を示す図である。本実施例は、荷電粒子源を有する鏡筒に接続された試料室と、試料室に配置される電子源と、電子源の前面に設置された遮蔽板と、を備え、電子源から放出される一次電子が遮蔽板に衝突することで放出される二次電子により、試料室内のクリーニングを行うクリーニング装置の実施例である。

20

【0011】

同図において、荷電粒子線装置111は、荷電粒子線源113を有する鏡筒112と電子クリーニング装置100と試料室101と試料室101を真空引きする真空ポンプ114を備える。電子クリーニング装置100は、試料室101の内部に備えられたフィラメントを含む電子源102、電子源102を加熱するための電流を発生させる電子源電源103、電子源102に電圧を印加するバイアス電源104、電子源102から放出された電子を衝突させる遮蔽板105、電子源102から放出される電流（以下、エミッション電流）を測定する電流計106、各種構成要素を制御する制御部107、制御条件や電流量等を記憶する記憶部108などを備える。

【0012】

30

本クリーニング装置100は、試料室101の内壁や試料室内の構造物に物理吸着しているコンタミネーションの前駆体である炭化水素系ガスを、電子照射により脱離させ、真空ポンプで排気することで、試料室内を洗浄する装置である。

【0013】

電子照射により、炭化水素系ガスの脱離現象に加え解離現象を起こすことがある。解離現象は、炭化水素系ガスが電子照射により炭素と水素に分解される現象であり、物理吸着していた炭化水素系ガスが解離すると、炭素のみが固着し試料室101が汚染される。

【0014】

解離現象は数eV、脱離現象は1eV以下のエネルギーで起こる。このエネルギー差を利用し脱離現象のみを生じさせることで、試料室101の汚染を抑制し炭化水素系ガスを除去することが可能である。

40

【0015】

電子源102から放出する電子のエネルギーは、バイアス電源104で制御しておりバイアス電源の電圧を下げることで電子のエネルギーを小さくすることは可能であるが、バイアス電源の電圧が小さくなると、試料室101に放出される電子が減少するためクリーニング効率が減少する。

【0016】

そこで、本実施例の構成においては、電子源102から放出された一次電子が遮蔽板105やクリーニング装置100の内壁と衝突し発生する二次電子を利用することで、クリーニング効果を維持し解離現象を抑制する。

50

【 0 0 1 7 】

図 2 は、クリーニング装置 1 0 0 が試料室 1 0 1 内へ電子を放出する流れを示した図である。遮蔽板 1 0 5 やクリーニング装置 1 0 0 の内壁と衝突し発生した二次電子は、バイアス電源 1 0 4 で電子源 1 0 2 に印加された電圧（加速電圧）による電場により偏向されることや、クリーニング装置 1 0 0 の内部で衝突を繰り返し試料室 1 0 1 内へ放出される。そのため、試料室 1 0 1 内に放出される二次電子の量は、加速電圧や遮蔽板の構造や配置に依存することとなる。

【 0 0 1 8 】

試料室 1 0 1 内に侵入した二次電子は、試料室 1 0 1 の内壁や構成物に衝突する。衝突先に物理吸着している炭化水素系ガスがあった場合、炭化水素系ガスは脱離する。脱離された炭化水素系ガスは 2 つの方法で試料室 1 0 1 内から除去される。

10

【 0 0 1 9 】

1 つは、真空ポンプ 1 1 4 により排気する方法である。もう一つは、電子源 1 0 2 から放出される高エネルギーの一次電子に、試料室 1 0 1 内を浮遊している炭化水素系ガスに衝突し解離させる方法である。

【 0 0 2 0 】

脱離した炭化水素系ガスは再度試料室 1 0 1 内に、物理吸着する可能性もあるが再び二次電子が照射されれば脱離し、試料室 1 0 1 内から除去されるまで脱離を繰り返す。

【 0 0 2 1 】

後者の方法で、炭化水素系ガスを除去すると最も一次電子が照射される遮蔽板 1 0 5 に炭素が多く堆積すると考えられる。遮蔽板 1 0 5 に炭素が堆積すると二次電子の発生効率が下がり、クリーニング効率が低下することが考えられる。そのため、遮蔽板 1 0 5 は容易に交換可能な設計にしておくことが好ましい。

20

【 0 0 2 2 】

以上のように、本実施例の遮蔽板 1 0 5 には 3 つの役割がある。1 つ目は、電子源 1 0 2 から放出され、バイアス電源 1 0 4 で加速された高エネルギーの一次電子が、試料室 1 0 1 内へ直接照射されないようにするための遮蔽機能としての役割である。2 つ目は、試料室 1 0 1 内壁に物理吸着している炭化水素系ガスを脱離させるための二次電子の発生源としての役割である。3 つ目は、試料室 1 0 1 内を浮遊する炭化水素系ガスが電子源 1 0 2 から放出された一次電子と衝突し解離現象が発生した際に、炭素をトラップするための役割である。

30

【 0 0 2 3 】

実際の実験結果においても、試料室 1 0 1 内の汚染を抑制しながらクリーニング効果が得られることを確認した。また、遮蔽板に炭素がトラップされていることも確認した。

【 0 0 2 4 】

電子線入射角度に対する二次電子放出率の変化を示したグラフを図 3 に示す。電子線の入射角 θ を大きくすれば、二次電子の放出効率が大きくなることは知られている。図 4 に遮蔽板 1 0 5 を折り曲げた遮蔽板 1 0 9 に変更したクリーニング装置 1 0 0 の構成を示す。

【 0 0 2 5 】

クリーニングを効率化するためには、試料室 1 0 1 内に照射される二次電子の数増やすことで可能である。図 3 に示すように二次電子の発生効率を増やすためには、一次電子が照射される表面が照射方向の角度 θ を大きくすればよい。

40

遮蔽板の折り曲げ角を θ' とすれば、一次電子の照射角度 θ と θ' は等しい角度となる。そのため、図 4 に示す通り、折り曲げた遮蔽板 1 0 9 を利用することで一次電子の入射角度が大きくなるため、二次電子の発生効率が上昇しクリーニングの効率化が図れると考えられる。

【 0 0 2 6 】

θ' は大きいほど二次電子の発生効率は上昇するものの、 θ' を大きくするほど一次電子を遮蔽するために遮蔽板 1 0 9 を大きくする必要がある。そのため、遮蔽板 1 0 9 の形状

50

はクリーニング装置 100、試料室 101 の構造を考慮して決定する必要がある。

【0027】

なお、二次電子の発生効率を上げるために、遮蔽板 105 や 109 は例えばアルミニウムや、金、チタンなどの二次電子発生効率が高い材料で作製することが好ましい。また、遮蔽板 105、109 の表面に二次電子の発生効率が高い材料を塗布しても良い。

【0028】

遮蔽板 105、109 の表面を粗くすることで、エッジ効果により二次電子の放出効率が高くなるため、遮蔽板 105、109 は粗くしておくことが好ましい。また、遮蔽板 105、109 を積極的に粗く加工しても良い。

【実施例 2】

【0029】

実施例 2 は、実施例 1 の構成に加え、遮蔽板に負電圧を印加するバイアス電源を備えた荷電粒子装置の実施例である。すなわち、本実施例は、遮蔽板に接続されるバイアス電源を更に備え、バイアス電源により遮蔽板に負電圧を印加し、二次電子の放出量を増加させる構成のクリーニング装置の実施例である。

【0030】

実施例 1 のクリーニング装置 100 のクリーニング性能を向上させるためには、二次電子の放出量を増大させることが重要である。そこで、本実施例では二次電子の発生源である遮蔽板 105 に負電圧を印加することで、二次電子の放出量を増加させクリーニング性能を向上させる。

【0031】

図 5 に実施例 2 のクリーニング装置全体構成の一例を示す。実施例 1 の構成に加えて、遮蔽板 105 に負電圧を印加するバイアス電源 110 を備える。たとえば、バイアス電源 104 が電子源 102 に接地電位の試料室 101 に対して -100V の電圧を与えた場合、一次電子のエネルギーはおおよそ 100 eV となる。この時、バイアス電源 110 により遮蔽板 105 に -1V を印加すれば、一次電子は減速されながらおおよそ 99 eV のエネルギーで遮蔽板 105 に到達する。一次電子の到達により、負電圧がかかった遮蔽板 105 からは電圧がかかっていない場合と比較し、二次電子が多く放出される。かくして、二次電子の放出量を増加させることが可能である。

【0032】

たとえば、バイアス電源 104 が電子源 102 に -100V の電圧を与え、バイアス電源 110 が遮蔽板 105 に -101V の電圧を与えた場合、一次電子は遮蔽板に到達できず、二次電子を発生させることができない。そのため、バイアス電源 110 で印加する電圧はバイアス電源 104 で印加する電圧より小さくしなければならない。

【0033】

バイアス電源 104 によって負電圧が印加されている遮蔽板 105 から、放出された二次電子は、該バイアス電源によって印加されている負電圧により加速される。たとえば、バイアス電源 110 によって印加された負電圧が -99V であった場合、放出され試料室 101 内に達する時の二次電子のエネルギーは、二次電子が発生したときのエネルギーに 99 eV が加算されたエネルギーとなるため、解離現象が多く起こり該試料室内を汚染する。

【0034】

以上より、バイアス電源 110 により遮蔽板 105 に印加する負電圧の大きさは、バイアス電源 104 により電子源 102 に印加する負電圧の大きさや、発生する二次電子のエネルギーを考慮し適切なエネルギーにする必要がある。

【0035】

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のより良い理解のために詳細に説明したのであり、必ずしも説明の全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

【符号の説明】

【0036】

10

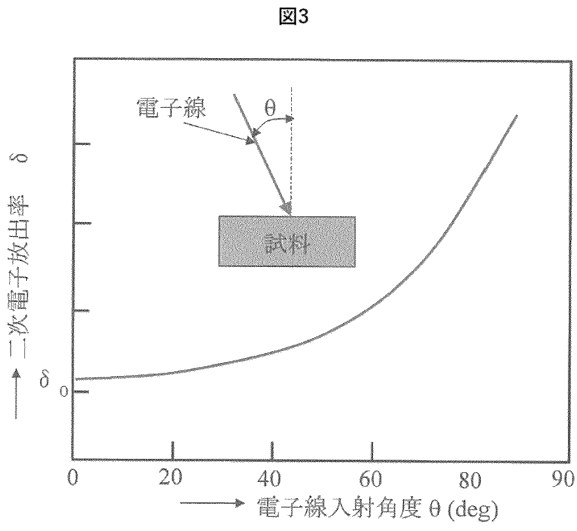
20

30

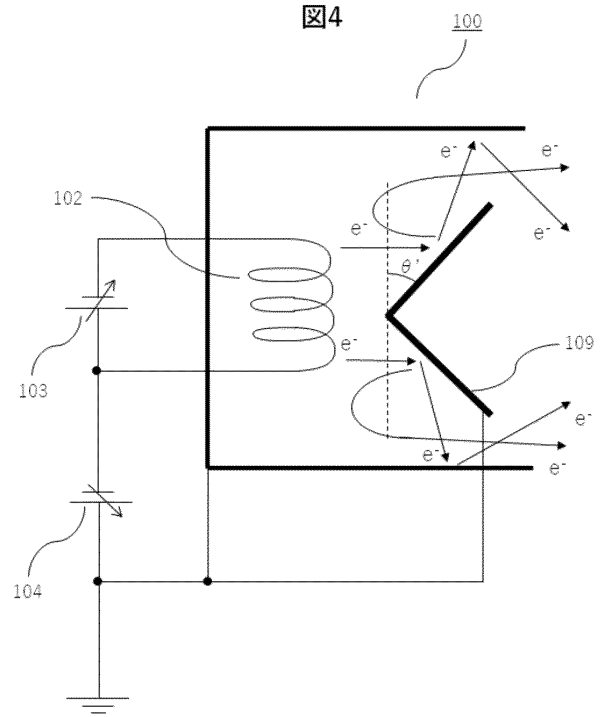
40

50

【 図 3 】



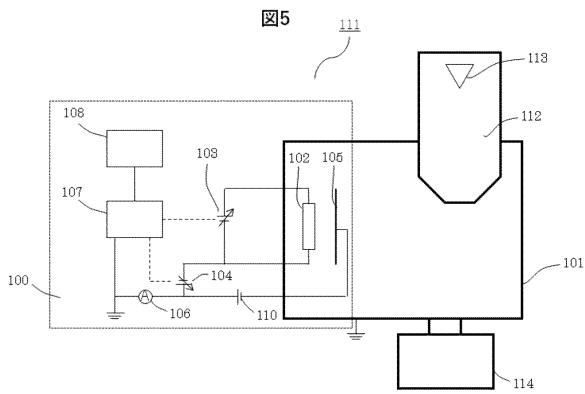
【 図 4 】



10

20

【 図 5 】



30

40

50

フロントページの続き

東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク内

審査官 中尾 太郎

- (56)参考文献 特開平06-084850(JP,A)
特開平06-267493(JP,A)
国際公開第2019/155540(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01J 37/06
H01J 37/20