

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5143990号
(P5143990)

(45) 発行日 平成25年2月13日 (2013. 2. 13)

(24) 登録日 平成24年11月30日 (2012. 11. 30)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 J 37/244 (2006. 01)

H O 1 J 37/244

H O 1 J 37/18 (2006. 01)

H O 1 J 37/18

H O 1 J 37/28 (2006. 01)

H O 1 J 37/28

B

請求項の数 17 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-508823 (P2002-508823)
 (86) (22) 出願日 平成13年6月29日 (2001. 6. 29)
 (65) 公表番号 特表2004-503062 (P2004-503062A)
 (43) 公表日 平成16年1月29日 (2004. 1. 29)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2001/007431
 (87) 国際公開番号 W02002/005309
 (87) 国際公開日 平成14年1月17日 (2002. 1. 17)
 審査請求日 平成20年4月15日 (2008. 4. 15)
 (31) 優先権主張番号 100 32 599.8
 (32) 優先日 平成12年7月7日 (2000. 7. 7)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)
 (31) 優先権主張番号 101 26 698.7
 (32) 優先日 平成13年5月31日 (2001. 5. 31)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 504020452
 カール・ツァイス・エヌティーエス・ゲー
 エムペーハー
 C a r l Z e i s s N T S G m b H
 ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オベルコ
 ッヘン、カール・ツァイス・シュトラッセ
 5 6
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100134005
 弁理士 澤田 達也
 (74) 代理人 100119530
 弁理士 富田 和幸
 (74) 代理人 100147692
 弁理士 下地 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変化する圧力領域のための検出器、およびこのような検出器を備える電子顕微鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

粒子放射装置の試料室内の高真空下および 10^{-3} hPa を超える圧力下のいずれにおいても使用可能な検出器において、前記検出器は高圧電位で駆動可能なシンチレータと光検出器とを有し、前記シンチレータはグリッド状またはストライプ状に構成された導電性コーティングまたは光透過性を有する導電性コーティングを有し、電子の検出用としても光の検出用としても設計されている検出器。

【請求項 2】

ライトガイドが設けられている請求項 1 に記載の検出器。

【請求項 3】

前記ライトガイドがシンチレータ材料でできている請求項 2 に記載の検出器。

【請求項 4】

前記シンチレータに前置された捕捉電極 (5) が設けられている請求項 1 または請求項 2 に記載の検出器。

【請求項 5】

制御可能な電位が前記シンチレータ (3) と前記捕捉電極 (5) とに印加可能である請求項 4 に記載の検出器。

【請求項 6】

試料電位に対して正である可変な電位が前記補足電極 (5) に印加され得る請求項 4 または 5 に記載の検出器。

【請求項 7】

前記捕捉電極（５）および／または前記シンチレータ（３）の前記導電性コーティング（４）に電流増幅器が接続されている請求項 4 から 6 までのいずれか 1 項に記載の検出器。

【請求項 8】

前記シンチレータ（３）の前記導電性コーティング（４）が捕捉電極（５）に対して電圧が印加され、前記捕捉電極（５）と前記導電性コーティング（４）の間にガスカスケードが発生する請求項 4 から 7 までのいずれか 1 項に記載の検出器。

【請求項 9】

針電極（２４）、または細いワイヤからなる電極がシンチレータの試料側に設けられている請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項に記載の検出器。

10

【請求項 10】

前記シンチレータをカップ状に包囲し、前記シンチレータと反対側で円錐状に先細であり、且つ前記シンチレータと反対側に開口部（２１，２３）を有する電極（２０，２２）が設けられる請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項に記載の検出器。

【請求項 11】

粒子放射装置、特に走査電子顕微鏡であって、室内圧力が可変である試料室（２９）と、集束された電子ビーム（ＰＥ）を生成するための電子光学系と請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項に記載の検出器とを備える粒子放射装置。

【請求項 12】

20

前記試料室の中に圧力センサ（１２）が設けられており、電位が前記試料室（２９）内の圧力に応じて前記シンチレータに印加される請求項 11 に記載の粒子放射装置。

【請求項 13】

前記試料室内が 10^{-3} hPa から 10^{-2} hPa の間の切換圧力よりも低い圧力のときには、試料の電位に対して正である 1 kV 以上の電位がシンチレータに印加され、前記試料室内が前記切換圧力よりも高い圧力のときには、前記試料の前記電位に対して正である数値的に 1 kV 以下の電位が前記シンチレータに印加される請求項 12 に記載の粒子放射装置。

【請求項 14】

前記検出器は捕捉電極を備え、前記捕捉電極の電位の正負記号が反転可能である請求項 12 または 13 に記載の粒子放射装置。

30

【請求項 15】

前記試料室内が前記切換圧力よりも高い圧力のとき、前記試料の前記電位に対して 0 V または ± 400 V の電位が捕捉電極に印加される請求項 13 または 14 に記載の粒子放射装置。

【請求項 16】

可変な圧力条件のもとで粒子放射装置で、一次光線と検査されるべき試料との相互作用により生成する相互作用生成物を検出する方法において、切替圧力よりも低い試料室内の圧力においてシンチレータに相互作用生成物が衝撃を与える時に生成される光が、また、前記切替圧力よりも高い圧力において相互作用生成物と気体分子との相互作用によって発生する光が、それぞれ同一の光検出器（１）によって検出されて引き続き評価される方法。

40

【請求項 17】

請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項に記載の検出器が使用される請求項 16 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

（技術分野）

本発明は、一次光線と、検査されるべき試料との相互作用によって粒子放射装置で発生する交互作用生成物の検出器、特に後方散乱電子や二次電子の検出器に関する。

50

【0002】

(背景技術)

通常、走査電子顕微鏡で二次電子や後方散乱電子を検出するには、試料表面で誘発された二次電子や後方散乱電子が吸引グリッドによって試料から検出器に向かって吸い出され、次いで、約10kVの高圧電位に設定されたシンチレータに向かって加速される、いわゆるEverhard-Thornley検出器(ETD)が利用される。高度に動的な電子がシンチレータに入射したときに光子が生成され、この光子が透過性の光導波路を介して、たとえば光電子増倍管などの光検出器に供給される。

【0003】

このようなEverhard-Thornley検出器は、検出器の領域でガス圧が変化する場合、特に検出器の周囲圧力が 10^{-3} hPaを上回っていると残留ガスの導電性が高まるために、シンチレータに印加される高圧がフラッシュオーバーにつながるので使用することができない。

10

【0004】

試料室内の圧力が 10^{-3} hPaを上回るとき、一次光線によって誘発された二次電子を間接的に検出するには、通常、誘発された二次電子を試料から離れるように加速させるために、最大400Vの吸引電位が電極に印加される。この場合、二次電子の入射によってガスカスケードが発生する。このガスカスケードの中でさらに別の三次電子が発生し、これに追加して、シンチレーション効果によって光子が発生する。そして信号検出は、電子流の測定を通じて行われるか、または光子の検出によって行われるかのいずれかである。これに準ずる検出原理は、たとえばUS4,785,182やWO98/22971に記載されている。

20

【0005】

試料室内の変化する圧力状況のもとで作動させるために設計されている装置、すなわち、高真空条件のもとでも、試料室内の圧力が 10^{-3} hPaを上回るいわゆる周囲条件のもとでも、試料の電子顕微鏡検査を行うことができる装置は、さまざまな動作モードのためにさまざまな検出器を有していなくてはならない。

【0006】

JP11096956Aより、同一の光検出器がカソードルミネセンスの検出にも後方散乱電子の検出にも用いられる走査電子顕微鏡のための検出器が公知である。そのためにこの検出器は、光導波路に接続されたシンチレータを有しており、このシンチレータの端部は凸面状に成形されて鏡面加工されている。後方散乱電子は鏡面層に侵入し、シンチレータで閃光を生成し、この閃光が光検出器によって検出される。それに対してカソードルミネセンスは、シンチレータの鏡面反射する表面によって、光導波路の他の光入射面に集束される。

30

【0007】

しかしこの検出器の欠点は、試料と、走査電子顕微鏡の対物レンズとの間にシンチレータが配置されていないため、対物レンズと試料の間に相応に広い作業間隔が必要になることである。それによって生じる、気体分子に当たった電子の散乱のために、この検出器は試料室内の圧力が高い用途には不向きである。しかも、試料を傾けるときにシンチレータが邪魔になる。

40

【0008】

DE4009692A1には、表面に金属グリッドを備えているEverhard-Thornley検出器が記載されている。この金属グリッドは、特に、非導電性のシンチレータの表面帯電を防止する役目をする。試料室内の圧力が異なるときの検出器の使用については、同明細書には記載されていない。

【0009】

【特許文献1】

US4,785,182

【特許文献2】

50

W O 9 8 / 2 2 9 7 1

【特許文献3】

特開平 1 1 - 0 9 6 9 5 6

【特許文献4】

D E 4 0 0 9 6 9 2 A 1

【0010】

したがって本発明の目的は、高真空条件のもとでも電子顕微鏡の試料室内の圧力が高いときでも利用可能な検出器を提供することである。

(発明の開示)

【0011】

10

この目的は請求項1の構成要件を備える検出器によって達成される。本発明の有利な実施態様は、従属請求項の構成要件から明らかである。

【0012】

本発明による検出器は、電子の検出用としても光の検出用としても設計されている。このとき電子の検出は、後で光検出器によって検出される、シンチレータで生成される光子を通じて間接的に行われる。

【0013】

有利な実施態様では、シンチレータは高圧電位で駆動可能であり、スペクトル領域の光、特に可視スペクトル領域の光に対して透過性に構成されている。シンチレータを高圧電位で駆動するために、シンチレータは、導電性のコーティングをグリッド状またはストライプ状に備えている。別案として、可視光に対して透過性の導電性コーティングがシンチレータに施されているのもよい。

20

【0014】

さらにこの検出器は、光検出器と反対を向いている方のシンチレータの側に配置され、同じ電位で駆動可能なコレクタグリッドを有しているのが望ましい。このときシンチレータとコレクタグリッドは、制御可能な電圧で互いに独立に駆動可能であるのが望ましい。

【0015】

このような検出器の、高真空条件のもとでの機能態様は、Everhard-Thornley検出器の機能態様に準じている。そのためにシンチレータは、高真空条件のもとでは約10kV(5kVから15kVまで)の電位で駆動され、それにより、シンチレータに入射する高エネルギー電子が光子を生成し、この光子が後で光検出器によって検出される。試料室内の圧力が 10^{-3} hPaを上回っている場合には、コレクタグリッドまたはシンチレータまたはこの両者は50Vから1000Vの間、特に100から500Vの間の低い電位に設定され、それにより、一次電子によって試料から誘発された二次電子または後方散乱電子は、試料からシンチレータないしコレクタグリッドに至るまでの経路で、シンチレーション効果をもつガスカスケードを生成する。そして透過性のシンチレータコーティングにより、ガスカスケードで生成された光子が光検出器で検出される。このときシンチレータまたはコレクタグリッドに印加される電圧の値は、試料室内の選択された圧力と、幾何学的要因とに依存して決まる。

30

【0016】

40

上記に加えて、コレクタグリッドにおける電圧を変化させることで、二次電子と、試料で後方散乱させられた電子とを区別することが可能である。コレクタグリッドとシンチレータがいずれも試料と同じ電位に設定されているときにはガスカスケードは発生せず、透過性のシンチレータを通過して光検出器で検出される光信号は試料で後方散乱させられた電子のみに由来する信号である。

【0017】

さらに別の有利な実施態様では検出器が光導波路を有している。このとき光導波路は、それ自体がシンチレータ材料でできていてよい。このような光導波路は、シンチレータで生成された光子を光検出器へと効果的に伝送するのに役立つ。

【0018】

50

さらに別の有利な実施態様では、捕捉電極が針電極または細いワイヤとして構成される。さらに、シンチレータまたは捕捉電極をカップ状に包囲し、それによって小さな開口部のみを介して試料室と連通する検出室を内部に形成する別の電極が設けられていてよい。

【0019】

検出器の周囲で圧力が高いときには、吸引グリッドおよび/または導電性コーティングされたシンチレータで、光信号に追加して電子流も検出することができる。

(発明を実施するための最良の形態)

【0020】

次に、図面に描かれた実施形態を参照しながら本発明の具体的事項を詳しく説明する。

【0021】

図1の検出器は、たとえば光電子増倍管やアバランシェフォトダイオードなどの形態の光検出器(1)と、この光検出器(1)に前置された光導波路(2)と、光導波路(2)の光検出器(1)とは反対の端面にあるシンチレータ(3)とを含んでいる。

【0022】

ここで断っておくと、光導波路(2)は必ずしも必要なわけではなく、シンチレータが光検出器(1)の直前に取り付けられていてもよい。ただしこの場合には、光検出器(1)を電子顕微鏡の試料室の内部に配置しなければならないのに対して、光導波路(2)を使えば光検出器(1)が試料室の外に配置されていてもよい。なぜなら試料室の内部でシンチレータで生成された光が、光導波路(2)によって光検出器(1)に伝送されるからである。

【0023】

さらにここで断っておくと、光導波路(2)自体がシンチレータとして構成されていてもよく、それにより、別個のシンチレータ層(3)を省略することができる。

【0024】

シンチレータ(3)は、可視光に対して透過性の材料、たとえば通常のプラスチックシンチレータでできている。シンチレータ(3)は、光検出器(1)と反対側に、可視光に対して透過性の導電性コーティング(4)を備えている。そのためにこの導電性コーティング(4)は、グリッド状またはストライプ状に、またはたとえばチタンや金からなる薄い金属箔として、5 nmから30 nmの厚さ、特に3から30 nmの厚さで光導波路(2)の端面に塗布された通常の金属層として構成されていてよい。別案として、光透過性の導電性材料、たとえばITOなどによる全面的なコーティングも考慮の対象となる。

【0025】

光導波路(2)、シンチレータ(3)、透過性の導電性コーティング(4)からなるユニットは、間隔をおいてコレクタグリッド(5)で包囲されている。

【0026】

試料室の中には、試料室内の圧力を測定し、室内の圧力に依存して制御部(13)を介してシンチレータ(3)および/またはコレクタグリッド(5)の印加電圧を制御する圧力センサ(12)が配置されている。

【0027】

高真空条件のもとでは、すなわち試料室内の圧力が 10^{-3} hPaから 10^{-2} hPaの間の切換圧力よりも低いときには、シンチレータ(3)ないしシンチレータ(3)の透過性の導電性コーティング(4)は5 kVから15 kVの電位が与えられる。コレクタグリッド(5)は、試料(6)で後方散乱させられる電子(BSE)を検出したいか、それとも試料(6)で生成される二次電子(SE)を検出したいかに応じて、極性に関して反転可能な約400 Vの電位が与えられる。後方散乱電子(BSE)の検出だけを希望するときは、試料(6)に対して負の電位をコレクタグリッドに与える。この負の電位によって、数電子ボルトの少ないエネルギーで試料(6)から射出された二次電子は、コレクタグリッドによってシンチレータ(3)には到達しない。したがってシンチレータ(3)には、運動エネルギーが高く、コレクタグリッドの反対の電位を克服することができる電子だけが入射する。この電子は、試料(6)で後方散乱させられた電子である。この後方散乱

10

20

30

40

50

させられた電子は、コレクタグリッド(5)とシンチレータ(3)の間でシンチレータ電位まで加速され、その高いエネルギーによってシンチレータ(3)で光子を生成し、この光子が光導波路(2)によって光検出器(1)に送られ、そこで検出される。

【0028】

一次電子PEによって試料(6)から誘発された二次電子の検出を希望するときは、コレクタグリッド(5)に、試料(6)の電位に対して正の電位が印加される。このコレクタグリッドの正の電位により、試料(6)から誘発された二次電子が吸引され、続いてコレクタグリッド(5)とシンチレータ(3)の間でシンチレータ電位まで加速される。この場合には、加速された二次電子も運動エネルギーが高いのでシンチレータ(3)で光子を誘発し、続いてこの光子が光検出器(1)で検出される。コレクタグリッドの電位が試料電位に対して正である場合、試料(6)で後方散乱させられた電子もシンチレータ(3)に入射するが、試料(6)で後方散乱させられた電子全体のうち、非常にわずかな空間角度領域だけしか検出されず、それに対して二次電子は、試料(6)から射出されるときに運動エネルギーがこれよりも低いので射出方向にほぼ関わりなく検出される。このような理由から、コレクタグリッドの電位が試料電位に対して正である場合に光検出器(1)で検出される信号は、主として試料(6)から射出された二次電子によって決まり、それに対して、試料(6)で後方散乱させられた電子は比較的わずかなバックグラウンド信号を生じさせるにすぎない。

【0029】

高い室内圧力のもとで検出器を作動させる場合(図2)、シンチレータ(3)は試料(6)の電位に設定される。コレクタグリッドは同時に、試料(6)の電位に対して0から+400Vの間の可変な電位を加える。試料(6)で後方散乱させられた電子の検出だけを希望するときは、コレクタグリッドが試料(6)の電位に設定される。試料(6)で後方散乱させられ、後方散乱角に基づいてシンチレータ(3)に入射する後方散乱電子は、さらにシンチレータ(3)で、高真空動作のときと同じく比較的高い運動エネルギーに基づいて光子を生成し、続いてこの光子が光検出器(1)で検出される。それに対して二次電子の検出を希望するときは、試料電位(6)に対して正の電位がコレクタグリッドに加えられる。すると、試料(6)から射出された二次電子はコレクタグリッドまでさらに加速され、その経路で気体原子と入射することによって周知のガスカスケードを生成するとともに、ガスカスケードと同時に生じる光子を生成する。この光子は、可視光に対して透過性の導電性コーティング(4)と、同じく可視光に対して透過性のシンチレータ(3)とを通過し、次いで、光導波路(2)によって光検出器(1)に送られる。生成される光子の検出に加えて、またはその代わりに、この動作モードでは、ガスカスケードによって生成される、コレクタグリッドないし導電性コーティング(4)で検出された電子流も、信号を得るために用いることができる。

【0030】

シンチレータの印加電圧の切換は、圧力センサ(12)で測定された試料室内の圧力に依存して、制御部(13)によって自動的に行われる。室内圧力が事前設定された切換圧力を超えると、シンチレータの電位が自動的にオフになり、もしくは、電圧フラッシュオーバーが起こり得ないようにシンチレータの電位が低減される。室内圧力が切換圧力を下回ると、事前設定されたシンチレータ電位がシンチレータ(3)に再び印加される。

【0031】

図3の検出器は、図1の検出器と原理的に同じ構造を有している。したがって図3では、図1のコンポーネントに対応するコンポーネントには同一の符号が付してある。したがって、これらのコンポーネント、および高真空でのこの検出器の動作の詳細な説明に関しては、図1についての前述の説明を参照されたい。

【0032】

図3に示す実施形態では、コレクタグリッド(5)に電圧を印加するための電圧源(8)、および可変な試料電位を設定するための電圧源(9)に加えて、さらに別の電圧源(7)が設けられており、この電圧源によって、シンチレータ(3)の導電性コーティング(

4) をコレクタグリッド(5) に対して正の電位 U_S に設定することができる。このとき、コレクタグリッド(5) に対する導電性コーティング(4) の電位は可変である。このような追加の電圧 U_S を、シンチレータ(3) の導電性コーティング(4) とコレクタグリッド(5) の間に印加することで、コレクタグリッド(5) とシンチレータ(3) の間でさらに別のガスカスケードが形成される。信号を得るために、やはり光検出器(1) で検出された光信号と、コレクタグリッド(5) および / または導電性コーティング(4) に入射する電子流とをいずれも検出することができ、そのためにコレクタグリッド(5) には相応の電流増幅器(10) が接続されるとともに、導電性コーティング(4) には第2の電流増幅器(11) が接続されている。一方では試料電位に対するコレクタグリッド(5) の電圧を変化させ、また他方では、導電性コーティング(4) とコレクタグリッド(5) の間の電圧を変化させることで、図1および図2に示す実施形態よりも高い精度で、二次電子によって生成される信号と、後方散乱電子によって生成される信号とを区別することができる。

10

【0033】

特にこの実施形態の場合には、コレクタグリッド(5) は試料電位に対して正の電位を弱く与え、導電性コーティング(4) はコレクタグリッド(5) に対して正の電位を強く与えることで、試料から射出される二次電子はコレクタグリッドの電位によって効率的に吸引されるが、試料とコレクタグリッドの間ではまだガスカスケードおよびこれと結びついた二次電子増倍が発生せず、コレクタグリッド(5) とシンチレータの間で初めてガスカスケードが発生するようにすることも可能である。それによってガスカスケードがシンチレータの近くに局所化され、ガスカスケードが形成されるときに発生する光子がこの局所化された空間で生じるので、光子の検出がいっそう高い効率で行われる。

20

【0034】

さらに、たとえば「圧力段階絞り」を形成する、試料の方を向いている比較的小さな開口部をもつカップとしてコレクタグリッドを構成し、このカップの内部に的確に気体を流入させることによって、コレクタグリッドとシンチレータの間の圧力を別個に制御することで、コレクタグリッドとシンチレータの間で、室内圧力とは異なる、ある程度まで独立した圧力を設定することが可能である。その結果として、この程度まで室内の圧力から独立したガスカスケードが形成され、二次電子と光子がこれに応じて独立して増幅される。またこの方策によって、試料室内の圧力自体はガスカスケードを形成するのに低すぎる場合であっても、二次電子の増倍が実現される。

30

【0035】

図4の実施形態は、図3の実施形態に類似する構造を有しているが、試料に向かう方向に、すなわち光検出器とは反対を向いている側で、テーパ状に先細に終わるように構成されている。この実施形態は、試料側にシンチレータ(30) が付加された光導波路(34) を有している。シンチレータ(30) は試料側に、光に対して透過性の電極(26) を備えており、さらにこの電極は薄い金属層として構成されるか、またはグリッド状に構成されるかのいずれかである。

【0036】

シンチレータ(30) の試料側の前面にある中央の凹部(27) には、試料の方向に延びる、試料側で先細に終わっている針電極(24) が設けられている。このとき凹部(27) は、シンチレータ電極(26) に対して針電極(24) を電氣的に絶縁する役目だけを果たしている。

40

【0037】

光導波路(34) の外側には中央の電極(22) が受容されており、この電極は、針電極(24) をカップ状に包囲するとともに、試料側ではテーパ状に終わるように構成されているので、開口直径が0.5から5mmの間の試料側の開口部(23) が電子を入射させるために形成されている。中央の電極(22) は内側が鏡面加工されている。

【0038】

この実施形態の特別な構成では、内側の電極(22) が、同じく試料に向かう方向で先細

50

に終わるように構成されていて試料側で同じく入射開口部（２１）を形成するさらに別の外側の電極（２０）によって包囲されている。この外側の電極（２０）と中央の電極（２２）との間では、ガス入口（１９）を介して、ガスおよびこの中間スペースにおけるガスの圧力を、ガスおよび試料室内の圧力から部分的に独立して設定することができる。検出室内で、すなわち中央の電極（２２）と外側の電極（２０）の間の中間スペースで、試料室内よりも若干高い圧力が生じていると、このことは、試料室から検出室の中へと拡散するガスが常に再び検出室から押し出されるという利点がある。

【００３９】

外側の電極（２０）は、一方では、高真空動作のときにシンチレータ電極（２６）に印加される高圧電位を一次電子ビーム（ＰＥ）に対して遮蔽する役目をする。さらに外側の電極（２０）は、二次電子を試料から開口部（２１）へと吸引する役目を果たす。外側の電極（２０）の先細に終わっている構造形態によって、後方散乱電子から試料室のガス中で生成される二次電子による好ましくない信号割合が、できるだけ少なく抑えられる。なぜなら、開口部から遠すぎる距離のところにあるのではない二次電子だけが開口部を通過できるからであり、すなわち、先細に終わっている外側の電極の弱い遠方界は、狭く限定された容積からのみ二次電子が開口部（２１）を通過できるように働く。

【００４０】

外側の電極（２０）の電位 U_1 は、０ - ５００Ｖの範囲内で試料に対して正に設定可能であるのが望ましい。２００Ｖを超える強い正電位は、それによって試料室内にガスカスケードが生成され、このガスカスケードが外側の電極の開口部（２１）に向かって流れてくるといふ利点がある。それにより、いっそう多くの電子が検出室に到達することによって検出効率が向上する。しかも検出室に入ってくる電子は、特にガス圧が高すぎない場合には、より高い平均運動エネルギーを有しているので、電子を内部から外側の電極に押圧する電場の横方向成分（検出器の回転軸に対して横向き）によって影響をあまり受けないことになる。試料に対して正の５０Ｖ以下の弱い正電位のときは、二次電子が開口部（２１）を通過するときに、もしくは通過した後に、外側の電極（２０）の方に向かってあまり押されないような、もしくはまったく押されないような、電場の好ましい推移を設定することができる。

【００４１】

後方散乱電子が対物レンズの磁極片（２８）と入射することによって生成される二次電子を介して後方散乱電子が供給する間接的な信号割合を低減するために、試料の電位が磁極片の電位に対して若干、すなわち約５０Ｖだけ負であると好都合である。試料と磁極片の間の試料電位（または磁極片の電位よりも試料の電位のほうに近いこれ以外の電位）に設定された針電極によって、磁極片のすぐ上の空間にほぼ電場がなく、別の電極（２０）による二次電子の吸引が損なわれないことを実現することができる。

【００４２】

中央の電極（２２）は、二次電子が検出室に入った後に再びシンチレータに向かう方向へ偏向されることによって、外側の電極に向かって押される二次電子の割合を少なく抑える役目も同様に果たしている。そのために、中央の電極の電位は、外側の電極（２０）の電位に対して３０Ｖから５００Ｖだけ正である。

【００４３】

外側の電極（２０）が設けられていないときは、当然ながら、中央の電極（２２）がその役割を部分的に果たす。

【００４４】

中央の電極（２２）の内側の鏡面加工により、中央の電極の内面に当たった光子が光導波路の端部に向かって反射されることによって、光子の検出効率が向上する。光をわずかに吸収して拡散させる中央の電極の内面コーティングも同様の効果を有しているが、効率は下がる。鏡面加工では、光子を的確に光導波路に向かって偏向させることができるからである。

【００４５】

針電極（２４）に、周囲電圧に対する電位差が印加されると、針の先端に高い電界強度が発生する。それにより、ガス圧が高いときに電位差の大半を短い区間に位置させ、それによってガス圧と区間との積を、強力なガスカスケードにとっての最善値に設定することができ、ガスカスケードを主に検出室内で発生させることが達成される。試料室内の圧力が高い動作のときには、針電極は捕捉電極としての役目を果たす。針電極に接続された電流増幅器によって二次電子流も検出することができるので、検出器を高い室内圧力でのみ使用したい場合には、光導波路と光検出器を省略することができる。

【００４６】

針電極の代わりに、シンチレータ電極（２６）と平行に張られた複数の細いワイヤからなる電極（ワイヤの太さは０，３ｍｍ以下）または網状電極を、シンチレータ電極（２６）の手前付近に２０ｍｍ以下の間隔で、特に１０ｍｍ以下の間隔で配置しても、針電極（２４）と原理的に同じ結果を得ることができる。後者の場合、網状電極とシンチレータ電極（２６）の間隔が高い電界強度を決める。

10

【００４７】

試料室内の高い圧力（５００Ｐａ以上）で作動させる場合、針電極（２４）の電位 U_3 は中央の電極の電位に対して少なくとも２００Ｖだけ正であるのが望ましい。平均圧力が１Ｐａから５００Ｐａの間である場合、針電極（２４）の電位は、中央の電極（２２）の電位とシンチレータ電極（２６）の電位の間に位置するのが望ましい。それにより、ガスカスケードをいくらか相互に分岐させることが達成される。高真空動作のときは、針電極（２４）の電位は同じく中央の電極（２２）の電位とシンチレータ電極（２６）の電位の間に位置するのが望ましいが、この両方の電極（２２，２６）の電位と一致していてもよい。

20

【００４８】

シンチレータ電極（２６）の電位 U_4 は、高真空で作動させるときの他の実施形態の場合と同じく高圧電位に設定される。室内圧力が中程度のときは、ガスカスケードが針電極（２４）の付近で終わるのが望ましい。試料室内の圧力が高いとき、シンチレータ電極（２６）の電位は、針電極（２４）の電位と中央の電極（２２）の電位との間である。それによって一方では、中央の電極（２２）の開口部における吸引場として役立つ電界の推移が達成される。また他方では、こうした電界の推移は二次電子を針電極の付近へと導き、そこで二次電子が針電極の正の電位によって引き付けられる。

30

【００４９】

他の実施形態の場合と同じく、シンチレータ（３０）は高真空動作のときに光子を生成する役目をし、次いでこの光子が光電子増倍管によって増幅されて検出される。

【００５０】

高真空動作でのガス供給は、高い室内圧力での作動時と同じく、検出室内にガスカスケードを生成する可能性を与える。さらに、検出室のガスは試料室内のガスに関わりなく選択することができ、それによって、強力なガスカスケードを得るために、二次電子増倍の増幅率が高いガスを選択することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】 高真空で作動させるときの本発明の検出器を断面図で示す原理図である。

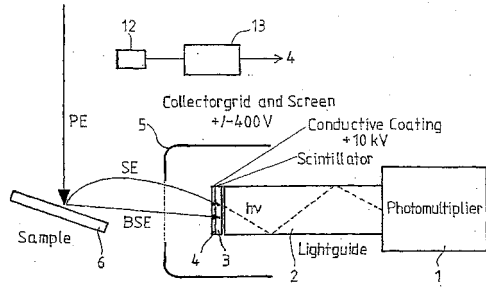
40

【図２】 １０ｈＰａを上回る圧力領域で作動させるときの図１の検出器である。

【図３】 １０ｈＰａを上回る圧力領域で作動させるときの本発明の検出器を示す別の実施形態である。

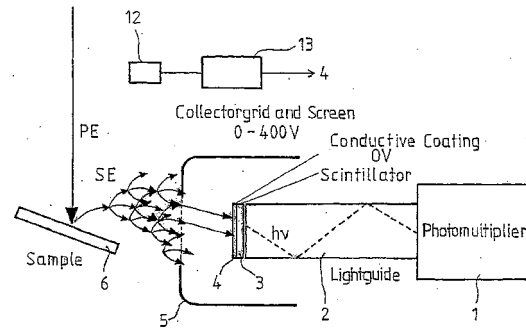
【図４】 本発明による検出器の第３実施形態である。

【図 1】



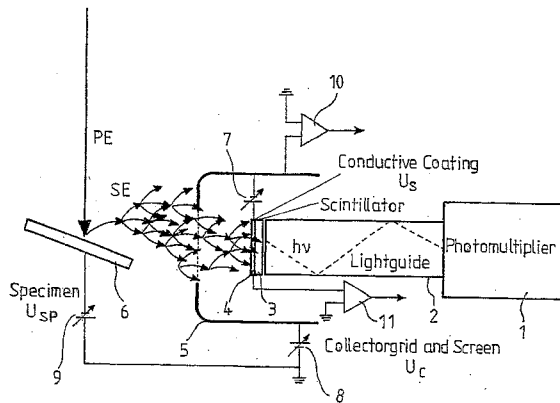
Collectorgrid and Screen: コレクタグリッドとスクリーン
 Conductive Coating: 導電性コーティング
 Scintillator: シンチレータ
 Photomultiplier: 光電子増倍管
 Lightguide: 光導波路
 Sample: 試料

【図 2】



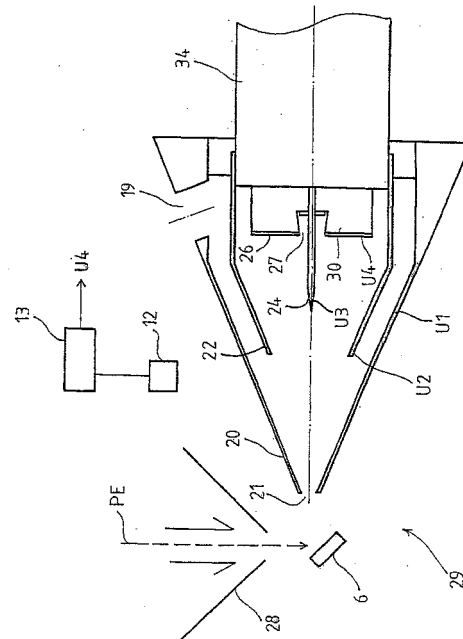
Collectorgrid and Screen: コレクタグリッドとスクリーン
 Conductive Coating: 導電性コーティング
 Scintillator: シンチレータ
 Photomultiplier: 光電子増倍管
 Lightguide: 光導波路
 Sample: 試料

【図 3】



Collectorgrid and Screen: コレクタグリッドとスクリーン
 Conductive Coating: 導電性コーティング
 Scintillator: シンチレータ
 Photomultiplier: 光電子増倍管
 Lightguide: 光導波路
 Sample: 試料
 Specimen: 試験片

【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 グノーク, ペーター
ドイツ連邦共和国・7 2 7 6 4・ロイトリンゲン・グラゼルシュトラッセ・4
- (72)発明者 ドレクセル, フォルカー
ドイツ連邦共和国・8 9 5 5 1・ケーニヒスブロン・ダンツィゲルシュトラッセ・3
- (72)発明者 ベイト, ディビッド
イギリス国・ケンブリッジ シィピィ 1 9 ティエヌ・マンドリル クロ - ズ・3 2
- (72)発明者 エセルス, エリック
ドイツ連邦共和国・7 6 1 3 1・カールスルーエ・ラッヒネルシュトラッセ・6

審査官 佐藤 仁美

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 0 9 6 9 5 6 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 4 2 9 4 1 (J P , A)
特開平 0 3 - 2 9 5 1 4 1 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 8 4 5 5 2 (J P , A)
特開平 0 2 - 2 9 5 0 4 5 (J P , A)
特開平 0 2 - 2 5 3 5 5 3 (J P , A)
実開平 0 4 - 1 2 7 9 5 6 (J P , U)
実開昭 6 0 - 1 0 2 8 6 8 (J P , U)
実開昭 6 1 - 0 0 4 3 4 8 (J P , U)
特表平 0 1 - 5 0 2 2 2 5 (J P , A)
国際公開第 9 8 / 0 2 2 9 7 1 (WO , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01J 37/00-37/02、37/05、37/09-37/18、
37/21、37/24-37/244、
37/252-37/295