【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5年3月8日(2023.3.8)

【国際公開番号】WO2022/018782
【出願番号】特願2022-538493(P2022-538493)
【国際特許分類】
H01J 37/05(2006.01)
H01J 37/244(2006.01)
H01J 37/12(2006.01)
H01J 37/28(2006.01)
【FI】
H01J 37/05
H01J 37/244
H01J 37/12
H01J 37/28 B

【手続補正書】
【提出日】令和4年12月21日(2022.12.21)
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００１２】
【図１】従来の減速型のエネルギーフィルタの構成例を示す図である。
【図２】本実施形態による荷電粒子ビームシステム３０の構成例を示す図である。
【図３】本実施形態によるエネルギーフィルタ１の構成例を示す断面図である。
【図４Ａ】減速電極１－２の両側の電界が同じ場合を示す図である。
【図４Ｂ】減速電極１－２の両側の電界が異なる場合を示す図である。
【図４Ｃ】減速電極１－２の両側の電界が同じ場合の電位分布と電子軌道を示す図である。
【図４Ｄ】減速電極１－２の両側の電界が異なる場合の電位分布と電子軌道を示す図である。
【図５Ａ】従来（図１）のエネルギーフィルタにおけるエネルギー分散点２１の近傍を通る荷電粒子ａ２－１の軌道を示す概略図である。
【図５Ｂ】本実施形態のエネルギーフィルタ１におけるエネルギー分散点２１の近傍を通る荷電粒子ｂ２－２の軌道を示す概略図である。
【図６Ａ】電極空洞１－２ａを有する減速電極１－２に平行に入射する荷電粒子２の軌道を示す図である。
【図６Ｂ】電極空洞１－２ａを有さない減速電極１－２に平行に入射する荷電粒子２の軌道を示す図である。
【図６Ｃ】電極空洞１－２ａを有さず、かつ肉薄の減速電極１－２に平行に入射する荷電粒子２の軌道を示す図である。
【図６Ｄ】電極空洞１－２ａを有する減速電極１－２の近傍に形成される集束点ａ２０－１に集束するように入射する荷電粒子２の軌道を示す図である。
【図６Ｅ】電極空洞１－２ａを有さない減速電極１－２の近傍に形成される集束点ａ２０－１に集束するように入射する荷電粒子２の軌道を示す図である。
【図６Ｆ】電極空洞１－２ａを有さず、かつ肉薄の減速電極１－２の近傍に形成される集束点ａ２０－１に集束するように入射する荷電粒子２の軌道を示す図である。

【図７】荷電粒子２が電子ビームの場合に減速電極１－２に０［Ｖ］を印加した時の軸上電位の例を示す図である。
【図８】本実施形態（減速電極１－２に電極空洞１－２ａを形成する場合）において、荷電粒子源９からエネルギーフィルタ１の出口までの荷電粒子ビーム１０の軌道を示す図である。
【図９Ａ】図９Ａは、減速電極１－２の前段に配置されている第２電極１－５に３０００Ｖ、減速電極１－２の後段に配置されている加速電極１－３に１５００Ｖを印加した場合の荷電粒子２の軌道の計算例を示す図である。
【図９Ｂ】第２電極１－５に３０００Ｖ、加速電極１－３に３０００Ｖを印加した場合の荷電粒子２の軌道の計算例を示す図である。
【図１０Ａ】光軸１８からの入射オフセット量を１．５ｕｍ～２．０ｕｍとして荷電粒子２を平行入射させる場合の荷電粒子２の軌道を示す図である。
【図１０Ｂ】光軸１８からの入射オフセット量を０．１５ｕｍ～０．２０ｕｍとして荷電粒子２を平行入射させる場合の荷電粒子ビーム１０の軌道を示す図である。
【図１１】減速電極１－２の入り口側の単孔電極の焦点距離をｆとし、焦点ｆだけ減速電極１－２の上流側の位置に集束点ａ２０－１を設定し、集束点ａ２０－１に集束する角度で電子を入射する場合を示す図である。
【図１２】第２電極１－５、単孔レンズ、および加速電極１－３の位置関係および印加電圧を示す図である。
【図１３】Ｄ／Ｒに対するＧ＝Φｚ（ｚ＝０）／Φ１の値の変化を示すグラフである。
【図１４Ａ】荷電粒子源として冷陰極電子源を想定した場合のバンドパスフィルタとしての作用を示す図である。
【図１４Ｂ】荷電粒子源としてショットキー電子源を想定した場合のバンドパスフィルタとしての作用を示す図である。
【図１５Ａ】電流Ｉｐ（Ｖｒ）とＩｐ（Ｖｒ）のＶｒでの微分ｄＩｐ（Ｖｒ）／ｄＶｒとの関係を示す図である。
【図１５Ｂ】透過関数ｆ（Ｖｒ｜Ｅ）の形（一例）を示す図である。
【図１６】本実施形態による減速電極１－２の周辺部の構成例を示す図である。
【図１７】本実施形態によるエネルギーフィルタ１の構成例を示す図である。
【図１８】本実施形態によるエネルギーフィルタ１を備える荷電粒子ビーム装置の構成例を示す図である。

【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３７】
図６Ｃおよび表１（ｃ）に示すように、従来の薄肉減速電極を用いた場合は、入射条件が光軸１８からオフセット０．３ｕｍ以下で平行にしないとエネルギー分解能ΔＥ＝～１ｍＶを計測できないことが分かる。また、図６Ｅ及び表１（ｂ）に示すように、入射条件を集束入射条件にすることで最大許容入射角を肉厚ではあるが電極空洞１－２がない場合には２．２ｍｒａｄ以下にすることが可能である。さらに、図６Ｄ及び表１（ｂ）に示すように、電極空洞１－２がある場合には最大許容入射角を７．８ｍｒａｄとすることができる。しかしながら、図６Ｃおよび表１（ｃ）に示すように、薄肉電極の場合にはほとんど改善することはできない。これは、図５に示したように、集束点ａ２０－１とエネルギー分散点２１との距離が近いためである。

【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００４４
【補正方法】変更

【補正の内容】
【００４４】
また、図９Ｂに示すように、減速電極１－２の内部の電極空洞１－２ａ内に減速電極１－２の中心に対称に減速電場と加速電場の等電位分布ができる。このため、減速電極１－２に入射した荷電粒子２は、電極空洞１－２ａ内でエネルギー分散を受けた後も集束作用を受ける。エネルギー分散点２１を通過した荷電粒子２は、減速電極１－２の出口開口部の近傍に集束点ｂ２０－２を形成する。集束点ｂ２０－２に形成される荷電粒子ビーム径は収差によりわずかにぼけるが、光源として使用するに十分に小さい。また、図９Ｂに示すように、大きなエネルギーを持つ荷電粒子ほど電極空洞１－２ａ内で光軸１８から離軸した後、集束点ｂ２０－２に集束する。このため、集束点ｂ２０－２を通過した荷電粒子２はエネルギーの高いものほど発散することになる。
【手続補正４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５５】
また、図１４Ａに示すように、エネルギーフィルタ１によるハイパスフィルタ２２は高いエネルギー分解能を持つため、急峻に低エネルギー側の電子を遮蔽することができる。一方、絞り１１によるローパスフィルタ２３は、前述したように若干エネルギー分解能が低い。ただし、図１４Ａに示すように、冷陰極電子源の高エネルギー側のエネルギースペクトルは急峻なため、急峻に変化するエネルギーにハイパスフィルタ２２を合わせれば、ローパスフィルタ２３が作用しない領域（絞り１１でローパスフィルタ２３が構成されるため、ローパスフィルタ２３の傾斜部分に作用しない領域が存在）であっても、ローパスフィルタの有無に関係なく、エネルギースペクトルＤａ（Ｅ）をΔＥの小さい（Δεａ）エネルギースペクトルＤａ＊（Ｅ）に変換できる。
【手続補正５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５６
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５６】
図１４Ｂは、荷電粒子源としてショットキー電子源を想定した場合のバンドパスフィルタとしての作用を示す図である。ショットキー電子源は約１８００Ｋの熱を加えられているため、冷陰極電子源に比べそのエネルギースペクトルＤｂ（Ｅ）は幅が広い。幅広のエネルギースペクトルを有する場合には、図１４Ｂに示すように、高エネルギー側でもローパスフィルタ２３が作用して、エネルギースペクトルＤｂ（Ｅ）をΔＥの小さい（Δεｂ）エネルギースペクトルＤｂ＊（Ｅ）に変換できる。
【手続補正６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５８
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５８】
＜ΔＥ計測制御器１７の作用＞
ここでは、ΔＥ計測制御器１７の動作および作用について詳述する。図２に示されるように、第３電極１－７（図３参照）には引出電源の出力電圧８（数ｋＶ）が印加されている。例えば、荷電粒子源９には第１加速電源からの電圧７（－３０００．０００Ｖ）が印加されている。引出電源の出力電圧８として＋３０００．０００Ｖが第３電極１－７に印加されている。この場合、ＧＮＤ電位は荷電粒子源９からみて＋３０００．０００Ｖのポ

テンシャルとなる。また、引出電源の出力電圧８（＋３０００．０００Ｖ）で引き出された荷電粒子ビーム１０のエネルギーも荷電粒子源９からみて＋３０００．０００Ｖである。従って、減速電極１－２に適切な電圧Ｖｒが印加され、電極空洞１－２ａの中心近傍の光軸１８上に－３０００．０００Ｖのポテンシャル障壁が形成されれば、＋３０００．０００Ｖより小さいエネルギーを持つ荷電粒子２は、ポテンシャル障壁によってすべて反射される。

【手続補正７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００７９
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００７９】
（ii）より具体的には、本実施形態によるエネルギーフィルタには、開口部を有する単孔電極対を有する減速電極に開口部の半径Ｒよりも大きい半径を有する空洞部を設けている。このような空洞部を減速電極内に設けることにより、エネルギーフィルタ内の荷電粒子ビームのエネルギー分散を大きくすることができ、その結果、エネルギーフィルタから出力される荷電粒子ビームのエネルギー分散を小さく（エネルギー分解能を高く（エネルギー分解能の値を小さく））することが可能となる。また、このような空洞部を設けることにより、減速電極のサイズを大きくすることなく減速電極内の空間を大きくすることができるので、エネルギーフィルタ自体のサイズ、延いてはエネルギーアナライザおよび荷電粒子線装置の装置サイズも小さくすることが可能となる。

【手続補正８】
【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】
（iii）上記エネルギーフィルタをエネルギーアナライザに組み込むことができる。このとき、エネルギーアナライザは、エネルギーフィルタに加え、当該エネルギーフィルタの後段に配置されたファラデーカップと、ファラデーカップに流入する荷電粒子ビームの電流量を計測する電流計と、電流量に基づいて、荷電粒子ビームのエネルギー分散ΔＥの値を算出するΔＥ計測制御器と、を備える。そして、ΔＥ計測制御器は、減速電極に電圧Ｖｒを印加した時の電流計で計測した電流量Ｉｐ（Ｖｒ）からその微分値を計測する処理と、電圧Ｖｒに対する電流量Ｉｐ（Ｖｒ）の微分値で示されるスペクトルの半値幅を荷電粒子ビームのエネルギー分散ΔＥの値として算出する処理と、を実行し、電流量Ｉｐ（Ｖｒ）の微分値が最大になる電圧Ｖｒまたは電流量Ｉｐ（Ｖｒ）の変曲点となる電圧Ｖｒを減速電極に印加する。