

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-299570

(P2007-299570A)

(43) 公開日 平成19年11月15日(2007.11.15)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 J 37/12 (2006.01)	HO 1 J 37/12	2 G 0 0 1
GO 1 N 23/203 (2006.01)	GO 1 N 23/203	5 C 0 3 3
HO 1 J 37/252 (2006.01)	HO 1 J 37/252 B	
HO 1 J 49/40 (2006.01)	HO 1 J 49/40	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2006-125277 (P2006-125277)	(71) 出願人	000001199
(22) 出願日	平成18年4月28日 (2006.4.28)		株式会社神戸製鋼所
			兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
		(74) 代理人	100084135
			弁理士 本庄 武男
		(72) 発明者	小林 明
			兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
			株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
		(72) 発明者	一原 主税
			兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
			株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
		Fターム(参考)	2G001 AA05 BA15 CA05 DA09 GA08
			GA09 JA01 KA01 SA02
			5C033 CC04 CC06 QQ03

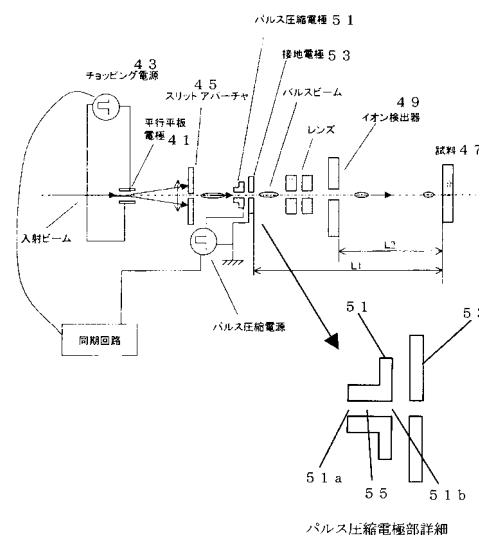
(54) 【発明の名称】 イオンビームの飛行制御装置、イオンビームの飛行制御方法及び散乱イオン分析装置

(57) 【要約】

【課題】イオンビームの先端及び／もしくは後端にかかる電位を変化させることで、イオンビームを圧縮或いは伸張させることのできる飛行イオンビーム制御装置及び方法或いは、上記イオンビームの長さ t を電子的制御により短くすることで、エネルギー分解能を高めることのできる散乱イオン分析装置を提供すること。

【解決手段】分析対象物に向けて飛行するイオンビームの飛行経路に、上記イオンビームが通過するパルス圧縮電極と、該パルス圧縮電極との間に所定の間隔をあけて上記イオンビームが通過する接地電極を設け、上記パルス圧縮電極に与える電位を、そこを通過するイオンビームの位置に応じて変化させるようにしたことを特徴とするイオンビームの飛行制御装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

分析対象物に向けて飛行するイオンビームの飛行経路に、上記イオンビームが通過するパルス圧縮電極と、該パルス圧縮電極との間に所定の間隔をあけて上記イオンビームが通過する接地電極を設け、上記パルス圧縮電極に与える電位を、そこを通過するイオンビームの位置に応じて変化させるようにしたことを特徴とするイオンビームの飛行制御装置。

【請求項 2】

上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極に入射されかつ上記イオンビームの全体が上記パルス圧縮電極の開口部ビーム通路にすべて入射されるまでは第 1 の電位に維持し、上記イオンビーム先端が上記開口部ビーム通路から出射するまでに上記第 1 の電位よりも低い第 2 の電位に変化させるようにし、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極の開口部ビーム通路出口よりビーム全体が出射するまでに第 2 の低電位から上記第 2 の電位より高い第 3 の電位にまで上昇させ、上記イオンビーム全体が下流にある接地電極を通過するまで上記第 3 の電位に維持するようにした請求項 1 記載のイオンビームの飛行制御装置。

【請求項 3】

分析対象物に向けて照射されたイオンビームの飛行経路に、上記イオンビームが通過し開口部ビーム通路を形成するパルス圧縮電極と、該パルス圧縮電極との間に所定の間隔をあけて上記イオンビームが通過する接地電極を設け、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極に入射されかつ上記イオンビームの全体が上記パルス圧縮電極の開口部ビーム通路にすべて入射されるまでは第 1 の電位に維持し、上記イオンビーム先端が上記開口部ビーム通路から出射するまでに上記第 1 の電位よりも低い第 2 の電位に変化させるようにし、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極の開口部ビーム通路出口よりビーム全体が出射するまでに第 2 の低電位から上記第 2 の電位より高い第 3 の電位にまで上昇させ、上記イオンビーム全体が下流にある接地電極を通過するまで上記第 3 の電位に維持するようにしたことを特徴とするイオンビームの飛行制御方法。

【請求項 4】

加速器からの入射イオンビームのビーム軸と平行に設置され、パルス電圧を印加される 2 枚の平行平板電極と、

上記平行平板電極の下流に設置されたアパーチャとを備え、

上記アパーチャによってパルス化された後分析対象物に入射し、分析対象物表面の元素により散乱される該イオンの飛行時間を測定することで、分析対象物の深さ方向の元素組成分析を行う散乱イオン分析装置において、

前記分析対象物に向けて飛行するイオンビームの飛行経路に、上記イオンビームが通過するパルス圧縮電極と、該パルス圧縮電極との間に所定の間隔をあけて上記イオンビームが通過する接地電極を設け、上記パルス圧縮電極に与える電位を、そこを通過するイオンビームの位置に応じて変化させるようにしたことを特徴とする散乱イオン分析装置。

【請求項 5】

加速器からの入射イオンビームのビーム軸と平行に設置され、パルス電圧を印加される 2 枚の平行平板電極と、

上記平行平板電極の下流に設置されたアパーチャとを備え、

上記アパーチャによってパルス化された後分析対象物に入射し、分析対象物表面の元素により散乱される該イオンの飛行時間を測定することで、分析対象物の深さ方向の元素組成分析を行う散乱イオン分析装置において、

分析対象物に向けて照射されたイオンビームの飛行経路に、上記イオンビームが通過し開口部ビーム通路を形成するパルス圧縮電極と、該パルス圧縮電極との間に所定の間隔をあけて上記イオンビームが通過する接地電極を設け、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極に入射されかつ上記イオンビームの全体が上記パルス圧縮電極の開口部ビーム通路にすべて入射されるまでは第 1 の電位に維持し、上記

イオンビーム先端が上記開口部ビーム通路から出射するまでに上記第 1 の電位よりも低い第 2 の電位に変化させるようにし、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極の開口部ビーム通路出口よりビーム全体が出射するまでに第 2 の低電位から上記第 2 の電位より高い第 3 の電位にまで上昇させ、上記イオンビーム全体が下流にある接地電極を通過するまで上記第 3 の電位に維持するようにしたことを特徴とする散乱イオン分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パルス化されたイオンビームの飛行状態を制御するためのイオンビームの飛行制御装置、イオンビームの飛行制御方法及び上記制御装置を用いた散乱イオン分析装置に係り、特にパルス状イオンビームの飛行方向の長さを圧縮することで、イオンビームの飛行時間の測定精度を向上させることのできるイオンビームの飛行制御装置及び方法、並びに試料組成の深さ方向の分解能を向上させることのできる散乱イオン分析装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

図 5 は、非特許文献 1 に示された従来技術にかかる中エネルギー同軸型直衝突イオン散乱分光装置の概念図である。

図において、イオン源 1 から発生した直流イオンビームは、加速管 2 やレンズ 3、ステアラ 4、偏向マグネット 5 などによりエネルギー付与、軌道調整、整形、不要イオンの除去などの手順を経て、チョッピング電極 6 に入射される。チョッピング電極 6 においては、パルスの電圧が印加されることでビームが進行方向に対して水平方向に軌道を曲げられることになる。したがって、チョッピング電極下流に設置されたチョッピングアパーチャ 7 を通り抜けた直流のビームの一部のみがチョッピングアパーチャ 7 の下流に通過することになり、ビームがパルス化される。

パルス化されたビームは Poschenrieder 電極 8 により収束とパルスの圧縮を経て試料 9 上に照射され、更に、試料 9 から発生する散乱イオンは MCP 検出器 10 で捕捉される。その結果、散乱イオンの MCP 検出器 10 上での検出位置と、試料から MCP 検出器までの飛行時間とが測定される。

【0003】

この測定時間はサンプルから MCP 検出器 10 までの距離と散乱イオンのエネルギーにより決まり、上記試料から MCP 検出器 10 まで距離は既知であるため散乱イオンのエネルギーを求め、これにより試料を分析することが可能となる。

しかしながら、上記非特許文献 1 に記載の従来技術においては、ビームのパルスを圧縮するために Poschenrieder 電極を用いているため装置が非常に大がかりとなる欠点がある。

【0004】

一方、図 6 は、特許文献 1 の従来技術として紹介された散乱イオン分析装置の概念図であり、イオン源 31 から出たイオンはアパーチャ 21 と電極 22 を通過し、加速されてチョッピング電極 13 に至る。

チョッピング電極 13 内では、磁石 12 によって定磁場がかけられていて、イオンビームは図中矢印 C のように軌道を曲げられる。そこで、チョッピング電極 13 によって電場を形成すると、イオンの進行方向は曲げられ、所定の質量数のイオンのみがイオンビームとして試料 5 に導入される。

上記チョッピング電極 13 の電位を変えることで、目的のイオンを偏向させて試料方向へ進行させたり遮断したりできる、いわゆるチョッピングできる構成となっている。

試料の分析原理は、前記非特許文献 1 に記載されたものと同じである。

【0005】

上記特許文献 1 の図 2 に記載の散乱イオン分析装置では、加速器により引出されたイオ

ンビームは途中の平行平板電極（チョッピング電極）を通過する。この平行平板電極には、チョッピング電源からの高圧パルスが両電極間に印加されており周期的に変化する強電界がかかっている。従って、イオンビームは電界によって軌道を曲げられるが、所定のパルス電位の時に平行平板電極を通過したイオンビームのみが、下流の試料に導かれることになる。チョッピング電源のパルス出力はチョッピング回路の信号により制御される。

このようにパルス化されたイオンビームがそのまま試料に衝突し散乱され、検出器 14 で散乱イオンの飛行時間が測定される。

【非特許文献 1】小林峰，青野正和，「中エネルギー同軸型直衝突イオン散乱分光装置（ME-CALICISS）：特性と今後の展望」，Isotop News 1997 年 4 月号，P 10 ~ 15

10

【特許文献 1】特開平 7 - 43325 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここでビームの長さ Δt について考える。実際には Δt は 1 ~ 5 ns 程度である。ビームはこの時間の間試料に照射され続け、また散乱はどのタイミングでも起こりえるが、散乱の発生した時間は測定できないため時間分解能には、測定系の分解能などを考慮すると上記 Δt 以上となる。後述するように、時間幅 Δt による測定エネルギーの誤差 ΔE は下式で表すことができる。

$$\Delta E = 2(6920.6 / L) E \sqrt{E \Delta t} [s]$$

20

これよりエネルギー分解能は距離に反比例し時間分解能に比例することが判る。

パラメータとしてビーム幅 Δt を 1 ~ 5 ns， $L = 0.25 \text{ m}$ ， 0.5 m とし、この式から散乱イオンエネルギーに対するエネルギー分解能を計算した結果を図 4 に示す。

これによると検出器までの距離 L が 0.5 m ， 80 keV の場合、ビーム長さが 1 ns 異なるとエネルギー分解能は 1 keV 程度と大きく変わることがわかる。

このようにエネルギー分解能を高めるには、例えば前記特許文献 1 の図 1 に記載のチョッパ板を高速で回転させればよいが、このような機械的な方法では高速化に限度がある。

【0007】

従って、本発明が目的とするところは、イオンビームの先端及び／もしくは後端にかかる電位を変化させることで、イオンビームを圧縮或いは伸張させることのできる飛行イオンビーム制御装置及び方法或いは、上記イオンビームの長さ Δt を電子的制御により短くすることで、エネルギー分解能を高めることのできる散乱イオン分析装置を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

すなわち、上記のように散乱イオン分析装置において、エネルギー分解能を高めるには、測定対象物である試料に入射されるイオンビームの長さ Δt を短くすることが有効であり、本発明はそのような目的を、電子制御により達成することのできる散乱イオン分析装置を提供しようとするものである。

また本発明は、上記のような散乱イオン分析装置のみでなく、飛行するイオンビームを飛行中において飛行方向に圧縮することのできるイオンビーム飛行制御装置及び方法を提供する。このイオンビーム飛行制御装置は、上記散乱イオン分析装置はもちろん、それ以外のイオンビームの飛行状態における飛行方向の長さを調整するあらゆる用途に適用可能であり、イオンビームを圧縮する場合のみでなく、伸張する場合にも適用可能であることは言うまでも無い。

40

【0009】

上記目的を達成するべく本発明は、分析対象物に向けて飛行するイオンビームの飛行経路に、上記イオンビームが通過するパルス圧縮電極と、該パルス圧縮電極との間に所定の間隔をあけて上記イオンビームが通過する接地電極を設ける。そして、上記パルス圧縮電極に与える電位を、そこを通過するイオンビームの位置に応じて変化させるようにしたイ

50

オンビームの飛行制御装置が提供される。

この発明では、イオンビームを上記電極間を通過する間においてその先端及び／もしくは後端の速度を変化させるものであるので、イオンビームを前後或いはそのいずれかに伸張或いは圧縮させることで、飛行中のイオンビームの長さを変化させることが可能である。

【0010】

先端のイオンを減速させると共に、イオンビームの後端を加速させることでイオンビームを圧縮させる具体的態様としては、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極に入射されかつ上記イオンビームの全体が上記パルス圧縮電極の開口部ビーム通路にすべて入射されるまでは第1の電位に維持し、上記イオンビーム先端が上記開口部ビーム通路から出射するまでに上記第1の電位よりも低い第2の電位に変化させるようにし、更に上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極の開口部ビーム通路出口よりビーム全体が出射するまでに第2の低電位から上記第2の電位より高い第3の電位にまで上昇させ、上記イオンビーム全体が下流にある接地電極を通過するまで上記第3の電位に維持するようにしたイオンビームの飛行制御装置が挙げられる。

このように構成することで、イオンビームの前端が減速されると共に後端部が加速され、イオンビームの長さ Δt を短くすることができる。これを散乱イオン分析装置に適用すれば、エネルギー分解能を高めることのできる。

【0011】

上記したイオンビームの先端を減速させることと、イオンビームの後端部を加速させることの両方を実行すれば更にイオンビームの長さ Δt を短くすることができる。

そのための構成としては、上記パルス圧縮電極に与える電位を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極の開口部ビーム通路入り口に差し掛かってからビーム全体が上記開口部ビーム通路に入射するまでは第1の電位を保ち、ビーム全体が上記開口部ビーム通路内にある間に上記第1の電位より低い第2の電位まで低下させ、その後ビーム全体が上記開口部ビーム通路出口より出射するまでに上記第2の電位より高い第3の電位に上昇させ、上記イオンビーム先端が上記接地電極の出口に差し掛かるまで上記第3の電位を維持するようにしたイオンビームの飛行制御装置が提供される。

【0012】

またこの装置をイオンビームの飛行制御方法として捉えると、分析対象物に向けて照射されたイオンビームの飛行経路に、上記イオンビームが通過するパルス圧縮電極と、該パルス圧縮電極との間に所定の間隔をあけて上記イオンビームが通過する接地電極を設け、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極に入射されかつ上記イオンビームの全体が上記パルス圧縮電極の開口部ビーム通路にすべて入射されるまでは第1の電位に維持し、上記イオンビーム先端が上記開口部ビーム通路から出射するまでに上記第1の電位よりも低い第2の電位に変化させるようにし、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極の開口部ビーム通路出口よりビーム全体が出射するまでに第2の低電位から上記第2の電位より高い第3の電位にまで上昇させ、上記イオンビーム全体が下流にある接地電極を通過するまで上記第3の電位に維持するようにしたことを特徴とするイオンビームの飛行制御方法が把握される。

作用効果としては、前記イオンビームの飛行制御装置と同様である。

【0013】

上記イオンビームの飛行制御装置の適用例として、典型的には次に記載する散乱イオン分析装置が挙げられる。但し、このイオンビーム飛行制御装置や方法の適用範囲は、上記散乱イオン分析装置に限らず、イオンビームを飛行させて行う各種の検査装置、各種の駆動装置そのほかにも適用可能であることは、いうまでもない。

【0014】

上記イオンビーム飛行制御装置を適用した散乱イオン分析装置としては、加速器からの

入射イオンビームのビーム軸と平行に設置され、パルス電圧を印加される２枚の平行平板電極と、上記平行平板電極の下流に設置されたアパーチャとを備え、上記アパーチャによってパルス化された後分析対象物に入射し、分析対象物表面の元素により散乱される該イオンの飛行時間を測定することで、分析対象物の深さ方向の元素組成分析を行う散乱イオン分析装置において、前記分析対象物に向けて飛行するイオンビームの飛行経路に、上記イオンビームが通過するパルス圧縮電極と、該パルス圧縮電極との間に所定の間隔をあけて上記イオンビームが通過する接地電極を設け、上記パルス圧縮電極に与える電位を、そこを通過するイオンビームの位置に応じて変化させるようにしたことを特徴とする散乱イオン分析装置が考えられる。

【００１５】

10

或いは、これを更に具体化させた、加速器からの入射イオンビームのビーム軸と平行に設置され、パルス電圧を印加される２枚の平行平板電極と、上記平行平板電極の下流に設置されたアパーチャとを備え、上記アパーチャによってパルス化された後分析対象物に入射し、分析対象物表面の元素により散乱される該イオンの飛行時間を測定することで、分析対象物の深さ方向の元素組成分析を行う散乱イオン分析装置において、前記分析対象物に向けて飛行するイオンビームの飛行経路に、上記イオンビームが通過するパルス圧縮電極と、該パルス圧縮電極との間に所定の間隔をあけて上記イオンビームが通過する接地電極を設け、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極に入射されかつ上記イオンビームの全体が上記パルス圧縮電極の開口部ビーム通路にすべて入射されるまでは第１の電位に維持し、上記イオンビーム先端が上記開口部ビーム通路から出射するまでに上記第１の電位よりも低い第２の電位に変化させるようにし、上記パルス圧縮電極に印加される電圧を、上記イオンビームが該パルス圧縮電極の開口部ビーム通路出口よりビーム全体が出射するまでに第２の低電位から上記第２の電位より高い第３の電位にまで上昇させ、上記イオンビーム全体が下流にある接地電極を通過するまで上記第３の電位に維持するようにした散乱イオン分析装置が考えられる。

20

【発明の効果】

【００１６】

本発明は、上記のように構成されているので、イオンビームに速度差をつけ（速度分布をもたせ）イオンビームの長さ Δt を電子的制御により短くすることで、簡単にイオンビームの圧縮を行うことができる。この場合、機械的構成によらないので、極めて高速化

30

【発明を実施するための最良の形態】

【００１７】

以下、本発明を具体化した実施形態に基づいて、本発明を詳しく説明する。

ここに図１は、本発明の一実施形態にかかる散乱イオン分析装置の概念図、図２、図３は、上記散乱イオン分析装置を構成するパルス圧縮電極におけるイオンビームの移動位置と、その時々パルス圧縮電極への印加電圧の変化を示す概念図である。

図１に示された散乱イオン分析装置では、図示しない加速器により引出されたイオンビームは、途中の平行平板電極４１を通過する。この平行平板電極４１にはチョッピング電源４３からの高圧パルスが両電極間に印加されている。これによって上記平行平板電極４１には周期的に変化する強電界が発生する。

40

平行平板電極を通過するイオンビームは、上記電界によって軌道を曲げられるが、パルス電位が０Ｖの時はそのまま直進する。実際には $0 \pm \Delta V$ 程度の電圧印加時のビームが通過することになるためパルスは数ｎｓ程度の幅を持つ。

【００１８】

上記平行平板電極４１を通過したイオンビームは、その下流にあるスリットを備えたアパーチャ４５で選別されることになり、パルス電位が０Ｖ近辺の短い時間帯に通過したパルスイオンビームのみが、下流に導かれることになる。

上記チョッピング電源４３のパルス出力は別に設けた図外の同期回路の信号により制御

50

される。

【0019】

ここでイオンを He^+ , エネルギー E_0 を 100 keV と仮定すると, ビームの速度は $2,188,470 \text{ m/s}$ であり, 1 ns あたりのビーム長さは 2.19 mm である。

なお, この実施形態では, 時間分解能が装置の性能に直接関与する。このように, 性能の把握を容易とするために, パルス化したビーム長さについては, 時間で表している。

このようにパルス化されたイオンビームがそのまま試料 47 に衝突し散乱され, イオン検出器 49 で検出される。この時の散乱イオンの飛行時間を測定した場合のエネルギー分解能について考察する。

イオンの速度は

$$v = \sqrt{(2eE)/m} \quad \dots (1)$$

と表せる。ここに, e : 電荷, E : 散乱イオンエネルギー, m : イオン質量である。

【0020】

He^+ の e, m の値を入れると, 上式は

$$v = 6920.6 \sqrt{E} \text{ [m/s]} \quad \dots (2)$$

である。ここで試料から検出器までの距離を L とすると, その間の飛行時間は

$$t = L/v = L/(6920.6 \sqrt{E}) \text{ [s]} \quad \dots (3)$$

となる。エネルギーが ΔE 大きな粒子の飛行時間は同様に

$$t' = L/v' = L/(6920.6 \sqrt{(E + \Delta E)}) \text{ [s]} \quad \dots (4)$$

である。従って, 飛行時間の差 Δt は

$$\Delta t = L/6920.6 \left((1/\sqrt{E}) - (1/\sqrt{(E + \Delta E)}) \right) \dots (5)$$

である。ここで (5) 式を近似すると

$$\Delta t = (L/6920.6) \cdot (\Delta E / (2E \sqrt{E})) \quad \dots (6)$$

となる。時間差は距離およびエネルギー差に比例し, イオンエネルギーの 1.5 乗に反比例する。

【0021】

この近似式は, 30 keV 以上で (5) 式に対して 3% 以下, 75 keV 以上で 1% 以下の誤差である。

ここでビームの長さ Δt と考える。実際には $1 \sim 5 \text{ ns}$ 程度である。ビームはこの時間の間試料に照射され続け, また, 散乱はどのタイミングでも起こりえるが, 散乱の発生した時間は測定できないため, 時間分解能は, 測定系の分解能などを考慮すると上記 Δt 以上となる。(6) 式を変形すると, 時間幅 Δt による測定エネルギーの誤差 ΔE は (7) 式で表すことができる。

$$\Delta E = 2(6920.6/L) E \sqrt{E} \Delta t \text{ [s]} \quad \dots (7)$$

この式からエネルギー分解能は距離に反比例し時間分解能に比例することが判る。

【0022】

この式から散乱イオンエネルギーに対するエネルギー分解能を計算しする。パラメータとしてビーム幅 Δt を $1 \sim 5 \text{ ns}$, $L = 0.25 \text{ m}$ 及び 0.5 m の 2 段階とした結果が図 4 に示されている。

これによると検出器までの距離 L が 0.5 m , 80 keV の場合, ビーム長さが 1 ns 異なるとエネルギー分解能は 1 keV 程度変わる。

上記のようにエネルギー分解能が, 飛行中のイオンビーム長さによることから, 本発明では, 以下に述べるように, 上記飛行中のイオンビームに電界を作用させて, イオンビームを圧縮しその長さを短くして, エネルギー分解能を向上させる。

【0023】

すなわち, 図 1 に示すように, アパーチャ 45 の下流にパルス圧縮電極 51 およびこれと所定の間隔をあけて接地電極 53 を設ける。

また, それに対して図 2 及び図 3 に示すように, 上記エネルギー E_0 で入射する長さ数 ns のイオンビーム先端が, 上記パルス圧縮電極 51 の開口部ビーム通路 55 の入り口 51a に差し掛かってから, イオンビーム全体が開口部ビーム通路 55 に入射するまで, お

10

20

30

40

50

よび、イオンビームがパルス圧縮電極 5 1 内に完全に入ってしまうまでは、上記パルス圧縮電極 5 1 に印加される電圧を、ずっと 0 V の状態 (a の状態) に維持する。

イオンビームが上記パルス圧縮電極 5 1 内に完全に入ってしまった後に、上記電圧を低下させ (b の状態)、ビームの先端が上記パルス圧縮電極 5 1 から顔を出すまでの間 (イオンビーム全体が開口部ビーム通路 5 5 内にすべて収まっている間) に最低の、例えば - 1 0 0 V まで低下させる (c の状態)。

その後イオンビームの先端が上記パルス圧縮電極 5 1 の出口 5 1 b から出る直前から、電圧を例えば + 1 0 0 V まで上昇させ (d の状態)、イオンビームのすべてが上記接地電極 5 3 内に入りきるまでは、電圧上昇状態を保つ。上昇速度は、イオンビームの長さと同じ程度とする。イオンビームは、上記電圧がマイナスの場合減速し、+ の場合加速される。イオンビームが上記接地電極 5 3 内に完全に入ってしまった後は、電圧を一定又は低下させる。

10

最後に、イオンビームが上記接地電極 5 3 から出て行くとき (e の状態) に電圧は低下していき、やがて最初の状態に戻る。

なお、上記実施形態では、第 3 の電位は、第 1 の電位より高電位としているが、第 1 の電位より低くしてもよく、負電位とすることも可能である。また、第 1 の電位は、0 電位以外であっても良い。

【 0 0 2 4 】

従って、ビームの先端部ではビームエネルギーは 1 0 0 e V 減り、後端部では 1 0 0 e V 増えることになる。これは、イオンビームの速度が先端部で遅くなり後端部で早くなる、すなわちイオンビーム長が前後に圧縮されることであり、1 m イオンビームが進行した場合に、イオンビーム長さは 0 . 9 n s 短くなる。すなわち、図 1 における L 1 の距離進行したときには $L 1 * 0 . 9 n s$ のパルス圧縮が図られることになる。

20

【 0 0 2 5 】

この時イオンビームは $\pm 1 0 0 V = 2 0 0 V$ のエネルギーの広がりを持つことになり、散乱イオンも 2 0 0 e V エネルギー幅が大きくなることになるが、ビーム圧縮の効果でたとえば 1 n s 圧縮されると 1 k e V エネルギー幅が小さくなるため測定の分解能は大幅に向上する。

なお、上記の説明では、パルス圧縮電極と接地電極を 1 組だけ設けた場合について説明したが、これらの電極の組を複数組設けて、イオンビームを多段に圧縮或いは伸張するようなことも可能である。

30

以上の説明では、イオンビームの圧縮によるエネルギー分解能向上にだけ着目したが、元の切り出すパルス幅を長くしておき、圧縮により数 n s にすることでビーム電流密度を上げ、散乱イオンの収量を増加させるという利用法も考えられることを付記しておく。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 6 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態にかかる散乱イオン分析装置の概念図。

【 図 2 】 本発明の一実施形態にかかる散乱イオン分析装置を構成するパルス圧縮電極におけるイオンビームの移動における時々のパルス圧縮電極への印加電圧の変化を示す概念図。

40

【 図 3 】 本発明の一実施形態にかかる散乱イオン分析装置を構成するパルス圧縮電極におけるイオンビームの移動位置の変化を示す概念図。

【 図 4 】 試料と検出器との距離と、エネルギー分解能の関係を示すグラフ。

【 図 5 】 従来の散乱イオン分析装置を示す斜視図。

【 図 6 】 従来の散乱イオン分析装置を示す概念図。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 7 】

4 1 ... 平行平板電極

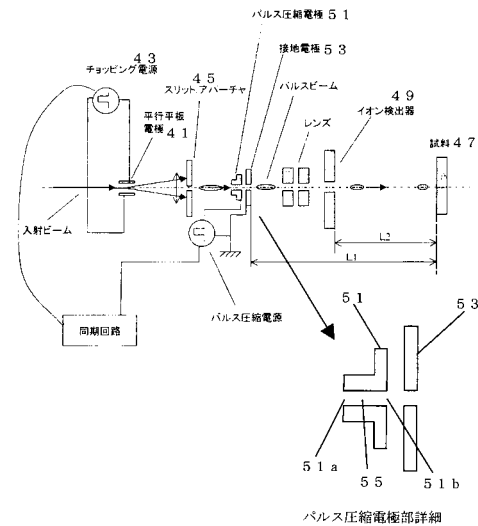
4 3 ... チョッピング電極

4 5 ... アパーチャ

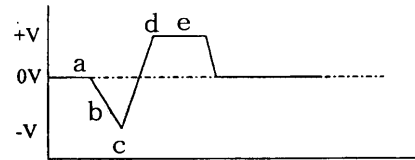
50

- 4 7 ... 試料（分析対象物）
- 4 9 ... イオン検出器
- 5 1 ... パルス圧縮電極
- 5 1 a ... 出口
- 5 3 ... 接地電極
- 5 5 ... 開口部ビーム通路

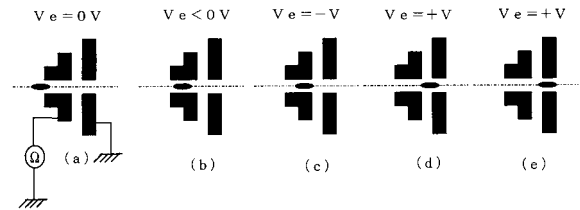
【 図 1 】



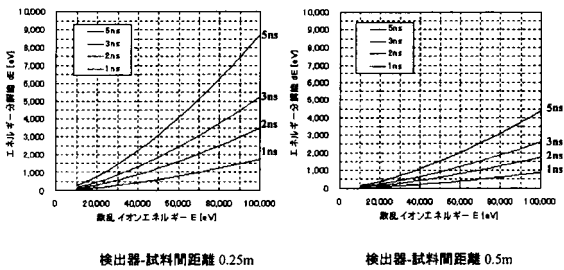
【 図 2 】



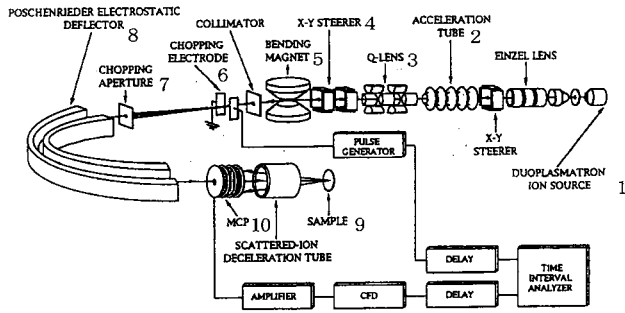
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

