



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년09월02일
(11) 등록번호 10-1549119
(24) 등록일자 2015년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 49/40 (2006.01) G01N 27/62 (2006.01)
H01J 49/30 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0129898
(22) 출원일자 2013년10월30일
심사청구일자 2013년10월30일
(65) 공개번호 10-2015-0049390
(43) 공개일자 2015년05월08일
(56) 선행기술조사문헌
JP07335160 A*
JP2001210270 A*
WO2009031179 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(73) 특허권자
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
최원호
대전광역시 유성구 가정로 65, 102동 903호 (신성동, 대림두레아파트)
김호락
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 물리학과)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 김주승

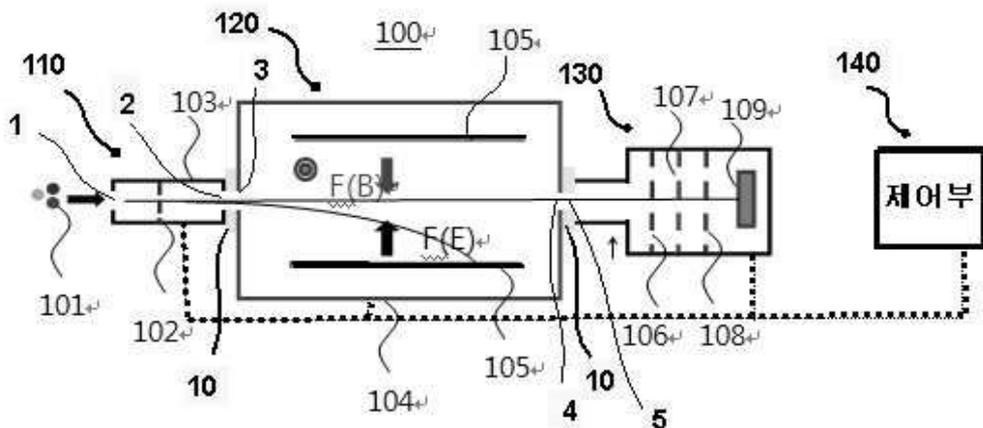
(54) 발명의 명칭 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은, 이온코팅 등에 적용되는 이온에 대하여 이온의 종류, 이온의 전하량, 에너지분포를 동시에 용이하고 정밀하게 측정할 수 있도록 하며, 동일 에너지를 가지는 불순물 이온을 식별할 수 있도록 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치 및 그 방법에 관한 것으로,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



상기 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치는, 이온들의 진행방향에 수직인 자기장을 인가하고, 이온들의 진행방향 및 자기장에 수직으로 필터링전압(V_f)을 인가하여 특정 하전량 및 질량의 이온들을 통과시키는 ExB 필터를 포함하는 ExB 필터부;와, 상기 ExB 필터의 출구 측에 연결 구성되어, 상기 ExB 필터부로부터 입사된 이온들에 대한 이온지연전압(V_r)을 가변하여 인가하는 전압 스위핑과정을 수행하여 이온지연전압에 대응하는 에너지를 가지는 이온들을 차폐하고, 이온들의 차폐에 의해 감소하는 전류를 검출하여 이온들의 이온에너지 분포를 검출하는 전위지연탐침부;를 포함하여 구성되어,

이온특성정보 및 동일에너지를 가지는 다른 하전량의 이온, 불순물 이온의 이온특성정보를 동시에 용이하고 신속하게 분석할 수 있도록 하는 효과를 제공한다.

(72) 발명자

임유봉

대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 물리학과)

선종호

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 우주과학과)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20121548
부처명	교육과학기술부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	우주개발사업
연구과제명	우주탐사용 고비추력 전기추력기 시스템 핵심기술 연구개발 (5/5)
기여율	1/1
주관기관	경희대학교
연구기간	2013.07.01 ~ 2014.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

입사되는 이온 빔에 포함되는 전자를 차단하기 위한 전자반발전압이 인가되는 제 1 전자반발격자가 장착되어 ExB 필터부의 전단에 배치되는 입구시준기를 구비한 입구시준기부;와

이온들의 진행방향에 수직인 자기장을 인가하고, 이온들의 진행방향 및 자기장에 수직으로 필터링전압(Vf)을 인가하여 특정 하전량 및 질량의 이온들을 통과시키는 ExB 필터를 포함하는 ExB 필터부;와,

상기 ExB 필터의 출구 측에 연결 구성되어, 상기 ExB 필터부로부터 입사된 이온들에 대한 이온지연전압(Vr)을 가변하여 인가하는 전압 스위핑과정을 수행하여 이온지연전압에 대응하는 에너지를 가지는 이온들을 차폐하고, 이온들의 차폐에 의해 감소하는 전류를 검출하여 이온들의 이온에너지분포를 검출하는 전위지연탐침부;를 포함하고,

상기 ExB 필터부와 상기 전위지연탐침부는 전기적으로 절연 연결되며,

상기 전위지연탐침부는,

상기 ExB 필터부를 통해 입사되는 특정 에너지를 가지는 이온에 진행 방향의 반대방향 반발력을 가하는 이온지연전압을 가변하여 인가하는 이온지연전압 스위핑을 수행할 수 있도록 하는 이온지연격자;와,

상기 이온지연격자에 의해 차폐되지 않고 통과된 이온들에 의한 전류를 검출하는 이온수집기;와,

상기 이온지연격자의 전단에 구성되어, 상기 ExB 필터부에서 생성되거나 외부에서 유입된 전자의 유입을 차단하기 위한 전자반발전압이 인가되는 제 2 전자반발격자;와,

상기 이온지연격자의 후단에 구성되어, 상기 이온수집기에서 발생한 전자를 상기 이온수집기로 재입사시키도록 전자반발전압이 인가되는 제 3 전자반발격자를 포함하여, 상기 제2전자반발격자, 상기 이온지연격자, 상기 제3 전자반발격자, 상기 이온수집기가 순차적으로 배치되는 것을 특징으로 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 ExB 필터는,

이온 빔이 유입 또는 유출되는 입구와 출구의 구경을 가변시킬 수 있도록 구성되어, 상기 전위지연탐침부에서 필터링된 이온에 의해 생성되는 전류의 세기를 가변할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 ExB 필터부의 전기장 생성을 위한 필터링전압(Vf)과 초기 이온화전압(Vs)과 이온지연전압(Vr)과 이온수집기에서 검출된 전류 중 하나 이상의 정보를 이용하여, 이온들의 하전량, 질량 또는 이온에너지 분포 중 하나 이상을 연산하여 산출하는 제어부;를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 입구시준기부와 ExB 필터부는 전기적으로 절연 연결되는 것을 특징으로 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치.

청구항 10

ExB 필터부로 입력되는 이온빔을 입구시준기를 경유하도록 하고, 입구시준기 내부의 제 1 전자반발격자에 전자 반발전압을 인가하여 이온 빔에 포함된 전자를 차폐하면서 이온 빔에 직진성을 부여하는 이온빔시준과정;과,

ExB 필터부로 이온 빔이 입사되는 경우, 특정 속도의 이온들에 적용되는 자기장과 전기장에 의한 힘이 평형을 이루도록 하는 전기장 생성을 위한 필터링전압을 인가하여 특정 속도의 이온들을 통과시키는 이온필터링과정;과,

상기 이온필터링과정에 의해 필터링된 특정 속도의 이온들이 전위지연탐침부로 입사된 경우, 에너지별로 입사된 이온들을 차단하기 위하여 상기 전위지연탐침부 내부의 이온지연격자에 이온지연전압을 가변하면서 인가하는 이온지연전압스위핑을 수행하는 이온지연전압스위핑과정;과,

상기 이온지연전압스위핑과정에 따라 이온수집기로 입사되는 이온에 의해 생성된 전류를 검출하여 이온지연전압 별 전류분포에 의해 전류분포함수를 도출하고, 도출된 전류분포함수를 이온지연전압으로 미분하여 이온에너지분포함수를 도출하는 이온에너지분포함수연산과정;을 포함하며,

전위지연탐침부로 상기 필터링된 이온들이 입사된 경우, 상기 전위지연탐침부 내부의 제 2 전자반발격자에 전자 반발전압을 인가하여 이온들에 포함된 전자를 제거하는 입사전자제거과정;

상기 이온지연격자와 상기 이온수집기의 사이에 배치되는 제 3 전자반발격자에 전자반발전압을 인가하여, 상기 이온수집기에서 상기 이온들에 의해 생성되는 전자를 상기 이온수집기로 재입사시키는 전자재입사과정 이루어지는 것을 특징으로 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

청구항 10에 있어서, 상기 이온에너지분포함수연산과정은,

필터링전압(Vf)과 초기 이온화전압(Vs)에 의해, 통과되는 이온들의 하전량 또는 질량을 산출하고, 상기 이온지

연전압과 상기 이온수집기의 전류분포에 의해 이온에너지분포함수를 도출하는 것에 의해 동일 에너지를 가지는 다른 하전량의 이온들 또는 불순물 이온들을 분리하는 연산처리과정을 수행하는 이온종특성분석과정;을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석방법.

청구항 14

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 이온의 특성을 분석할 수 있도록 하는 이온특성분석장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 이온코팅 등에 적용되는 이온에 대하여 이온의 종류, 이온의 전하량, 에너지분포를 동시에 용이하고 정밀하게 측정할 수 있도록 하며, 동일 에너지를 가지는 불순물 이온을 식별할 수 있도록 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 인공위성의 자세제어 및 궤도천이에 용이한 홀 방식 추력기(Hall thruster)의 성능 최적화, 증착 (deposition) 및 식각(etching) 공정 등에서 이온의 특성정보는 자세제어의 정밀도 또는 증착 및 식각 품질에 큰 영향을 미친다. 따라서 이온이 적용되는 분야의 경우, 이온 빔 소스의 불순물 이온의 종류 및 에너지 등 다양한 이온의 특성을 정확하게 분석하여 파악하는 것이 필요하다.

[0003] 이에 따라, 종래기술의 경우 이온의 특성 분석을 위해 이온을 필터링하는 장치로는 일본공개특허공보 2001-023564호 등에 개시되는 "ExB(이크로스비) 필터(ExB probe)"가 사용되며, 이온의 에너지 분포의 측정 및 분석을 위해서는 미국등록특허 US 8,203,119호 등에 개시된 전위지연탐침(RPA: Retarding Potential Analyzer)이 사용된다.

[0004] 상기 ExB 필터는 내부에 이온의 진행방향과 수직이며 서로에 대해서도 수직인 전기장(Electric field)과 자기장(Magnetic field)을 형성하여, 전기장을 가변시키는 것에 의해 특정 질량 및 전하를 가지는 이온만이 직진하여 통과하도록 하는 이온필터링 작용을 수행한다.

[0005] 상기 전위지연탐침은 플로팅(Floating), 전자반발(Electron retarding)격자, 이온지연(Ion retarding)격자, 전자반발(Electron retarding)격자의 순서대로 4개의 격자(Grid)를 구비하여, 발생하는 이온 빔에 변화하는 전위를 인가하여 전위에 따른 전류 값을 측정하고, 전류를 전압에 대하여 미분을 수행하여 이온 에너지 분포 함수를 얻는 것에 의해 이온들의 에너지 분포를 측정 분석할 수 있도록 한다.

[0006] 그러나 상술한 종래기술의 ExB 필터와 전위지연탐침은 독립적으로 사용하는 경우 모두 측정한계 및 불순물에 의한 오차가 발생하는 문제점을 가진다.

[0007] 구체적으로 설명하면, 상기 ExB 필터의 경우, ExB 필터의 내부로 유입되는 이온 빔의 에너지 및 이온이 다양한 경우에는 주변 가스와의 충돌에 의한 에너지의 감소, 전자와의 재결합 등에 의한 중성화 또는 예상하지 못한 불순물 이온 중의 스펙트럼의 출현 시 불순물 이온의 식별이 불가능하고, 두 가지 이상의 이온이 혼합되어 동일한 에너지로 수집된 경우, 즉 Xe^+ 와 Xe^{2+} 의 두 개의 이온이 동일한 에너지를 가지고 입사된 경우 등에는 하전량이 다른 이온들을 서로 구별할 수 없는 등의 문제점을 가진다. 이에 따라, 측정 대상이 되는 이온의 특성을 정확하게 분석할 수 없게 되는 일이 종종 발생한다.

[0008] 또한, 상기 전위지연탐침은 이온에 관계없이 동일한 지연 전위(이온 차단 전위)를 가하게 되므로, 다중이온(multi-Ion)들을 측정할 수 없고, 모든 입사되는 이온들이 단일전하이온(Singly charged Ion)이라는 가정이 필요하게 되어, 불확실성 및 오차가 커지게 되어, 이온에 대한 정확한 특성 정보를 얻을 수 없는 문제점을 가진다.

[0009]

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 따라서, 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, ExB 필터에 의해 특정 전하 및 질량의 이온을 필터링하고, 필터링된 이온을 전위지연탐침에 입사하여 이온의 에너지 분포함수를 산출할 수 있도록 구성하는 것에 의해, 동일 에너지를 가지는 서로 다른 종류 또는 다른 전하량을 가지는 이온들을 식별할 수 있도록 하고, 각각의 식별된 이온의 질량, 전하량 및 에너지분포를 포함하는 이온특성정보를 동시에 정확하고 신속하게 분석할 수 있도록 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0011] 또한, 본 발명은 동일에너지를 가지고 입사되는 서로 다른 종류의 이온 중 불순물 이온을 식별할 수 있도록 하는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치 및 그 방법을 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치는, 이온들의 진행방향에 수직인 자기장을 인가하고, 이온들의 진행방향 및 자기장에 수직으로 필터링전압(V_f)을 인가하여 특정 하전량 및 질량의 이온들을 통과시키는 ExB 필터를 포함하는 ExB 필터부;와, 상기 ExB 필터의 출구 측에 연결 구성되어, 상기 ExB 필터로부터 입사된 이온들에 대한 이온지연전압(V_r)을 가변하여 인가하는 전압 스위핑 과정을 수행하여 이온지연전압에 대응하는 에너지를 가지는 이온들을 차폐하고, 이온들의 차폐에 의해 감소하는 전류를 검출하여 이온들의 이온에너지분포를 검출하는 전위지연탐침부;를 포함하여 구성되어, 상기 ExB 필터부에서 상기 이온의 초기 이온화 전압에 의한 속도 분포에 의해 이온들의 하전량 또는 질량을 도출하고, 상기 전위지연탐침부에서 이온에너지분포함수를 도출하는 것에 의해 분석 대상 이온과 구별되는 불순물 이온들을 검출하여 분석 대상 이온의 전하량, 질량, 이온별 에너지분포 또는 불순물 이온 정보를 포함하는 이온특성정보를 실시간으로 동시에 분석할 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 ExB 필터는, 이온 빔이 유입 또는 유출되는 입구와 출구의 구경을 가변시킬 수 있도록 구성되어, 상기 전위지연탐침부에서 필터링된 이온에 의해 생성되는 전류의 세기를 가변할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 전위지연탐침부는, 상기 ExB 필터부를 통해 입사되는 특정 에너지를 가지는 이온에 진행 방향의 반대방향 반발력을 가하는 이온지연전압을 가변하여 인가하는 이온지연전압 스위핑을 수행할 수 있도록 하는 이온지연격자;와, 상기 이온지연격자에 의해 차폐되지 않고 통과된 이온들에 의한 전류를 검출하는 이온수집기;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 상기 전위지연탐침부는, 상기 이온지연격자의 전단에 구성되어, 상기 ExB 필터부에서 생성되거나 외부에서 유입된 전자의 유입을 차단하기 위한 전자반발전압이 인가되는 제 2 전자반발격자;를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 상기 전위지연탐침부는, 상기 이온지연격자의 후단에 구성되어, 상기 이온수집기에서 발생한 전자를 상기 이온수집기로 재입사시키도록 전자반발전압이 인가되는 제 3 전자반발격자;를 더 포함하여 구성될 수도 있다.
- [0017] 상기 ExB 필터부와 상기 전위지연탐침부는 전기적으로 절연 연결되어, ExB 필터부와 상기 전위지연탐침부의 노이즈의 공유를 방지하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 상기 이온특성분석장치는 또한, 상기 ExB 필터부의 전기장 생성을 위한 필터링전압(V_f)과 초기 이온화전압(V_s)

과 이온지연전압(V_r)과 이온수집기에서 검출된 전류 중 하나 이상의 정보를 이용하여, 이온들의 하전량, 질량 또는 이온에너지 분포 중 하나 이상을 연산하여 산출하는 제어부;를 더 포함하여 구성된다.

[0019] 상기 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치는, 또한, 입사되는 이온 빔에 포함되는 전자를 차단하기 위한 전자반발전압이 인가되는 제 1 전자반발격자가 장착되어 상기 ExB 필터부의 전단에 배치되는 입구시준기를 구비한 입구시준기부;를 더 포함하여 구성되며, 상기 제 1 전자반발격자의 전자반발전압에 의해 이온 빔에 포함되는 전자의 유입을 차단하여 이온화 과정에서 생성되는 전자 또는 외부 유입 전자에 의한 노이즈 성분을 최소화시키는 것을 특징으로 한다.

[0020] 상기 입구시준기부와 ExB 필터부는 전기적으로 절연 연결되어, ExB 필터와 상기 입구시준기부 사이의 노이즈의 공유를 방지하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석방법에 있어서, 상기 ExB 필터부로 이온 빔이 입사되는 경우, 특정 속도의 이온들에 적용되는 자기장과 전기장에 의한 힘이 평형을 이루도록 하는 전기장 생성을 위한 필터링전압을 인가하여 특정 속도의 이온들을 통과시키는 이온필터링과정;과, 상기 이온필터링과정에 의해 필터링된 특정 속도의 이온들이 상기 전위지연탐침부로 입사된 경우, 에너지별로 입사된 이온들을 차단하기 위하여 상기 전위지연탐침부 내부의 이온지연격자에 이온지연전압을 가변하면서 인가하는 이온지연전압스위핑을 수행하는 이온지연전압스위핑과정;과, 상기 이온지연전압스위핑 과정에 따라 이온수집기로 입사되는 이온에 의해 생성된 전류를 검출하여 이온지연전압별 전류분포에 의해 전류 분포함수를 도출하고, 도출된 전류분포함수를 이온지연전압으로 미분하여 이온에너지분포함수를 도출하는 이온에너지분포함수연산과정;을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 이온지연전압스위핑과정은, 상기 전위지연탐침부로 상기 필터링된 이온들이 입사된 경우, 상기 전위지연탐침부 내부의 제 2 전자반발격자에 전자반발전압을 인가하여 이온들에 포함된 전자를 제거하는 입사전자제거과정;을 더 포함하여 이루어질 수도 있다.

[0023] 또한, 상기 이온지연전압스위핑과정은, 상기 이온지연격자와 상기 이온수집기의 사이에 배치되는 제 3 전자반발격자에 전자반발전압을 인가하여, 상기 이온수집기에서 상기 이온 중에 의해 생성되는 전자를 상기 이온수집기로 재입사시키는 전자재입사과정;을 더 포함하여 이루어질 수도 있다.

[0024] 상기 이온에너지분포함수연산과정은, 또한, 상기 필터링전압(V_f)과 초기 이온화전압(V_s)에 의해, 통과되는 이온들의 하전량 또는 질량을 산출하고, 상기 이온지연전압과 상기 이온수집기의 전류분포에 의해 이온에너지분포함수를 도출하는 것에 의해 동일 에너지를 가지는 다른 하전량의 이온들 또는 불순물 이온들을 분리하는 연산처리 과정을 수행하는 이온종특성분석과정;을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 본 발명의 이온특성분석방법은, 또한, 상기 이온필터링과정 이전에, 상기 ExB 필터부로 입력되는 이온빔을 입구시준기를 경유하도록 하고, 입구시준기 내부의 제 1 전자반발격자에 전자반발전압을 인가하여 이온 빔에 포함된 전자를 차폐하면서 이온 빔에 직진성을 부여하는 이온빔시준과정;을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0026] 상술한 본 발명은, ExB 필터부를 이용하여 특정 전하 및 질량을 가지는 이온을 필터링하고, 동시에 ExB 필터부로부터 입사되는 이온들에 대하여 전위지연탐침부를 이용하여 이온들에 따른 이온에너지분포함수를 산출할 수 있

도록 구성하는 것에 의해, 다양한 하전량 및 서로 다른 질량의 불순물 이온의 질량, 하전량, 이온에너지분포를 포함하는 이온특성 정보를 정확하게 실시간으로 측정할 수 있도록 하여, 종래에서 ExB 필터에서 동일한 에너지를 가지고 입사되는 다른 하전량을 가지는 이온들 및 분석 대상과 다른 불순물 이온의 식별이 불가능한 문제와 RPA가 단일 중 이온 종류로 가정하여 이온에너지분포함수를 도출하는 것에 의해 이온 피크의 불확정성이 발생하는 문제를 해결하는 효과를 제공한다.

[0027] 또한, 본 발명은 입구시준기부와 ExB 필터부로 구현되는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 전기적으로 독립되도록 절연 연결 구성하는 것에 의해 각각의 구성의 노이즈의 공유를 방지하여, 이온특성분석의 정확성을 더욱 향상시키는 효과를 제공한다.

[0028] 또한, 본 발명은 입구시준기부와 ExB 필터부의 입구 및 출구의 직경을 가변할 수 있도록 구성되는 것에 의해 이온수집기에서의 전류신호의 크기를 가변시킬 수 있어, 이온특성분석을 현저히 용이하게 수행할 수 있도록 하는 효과를 제공한다.

[0029]

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본원 발명의 실시예에 따르는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치(100)(이하, '이온특성분석장치(100)'라 함)를 수평 방향으로 절단하여 상 방향에서 바라본 평면도,

도 2는 도 1의 이온특성분석장치(100)를 입구시준기부(110) 측에서 바라본 사시도,

도 3은 본원 발명의 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석방법의 처리과정을 나타내는 순서도,

도 4는 입사된 다중 이온들의 예로서의 Xe^+ 와 Xe^{2+} 및 Xe^{3+} 에 의한 이온수집기에서의 필터링전압에 따른 전류분포를 나타내는 필터링전압-전류 그래프,

도 5는 도 4의 필터링전압-전류 그래프 중 Xe^+ 에 의한 전류영역(a)의 피크의 전류분포함수를 이온지연전압에 대하여 미분하여 얻은 이온에너지분포함수의 그래프,

도 6은 도 4의 필터링전압-전류 그래프 중 Xe^+ 와 Xe^{2+} 이 혼합된영역(b)에서의 전류분포함수를 이온지연전압에 대하여 미분하여 얻은 이온에너지분포함수의 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 본원 발명의 실시예를 나타내는 첨부 도면을 참조하여 본원 발명을 더욱 상세히 설명한다.

[0032] 도 1은 본원 발명의 실시예에 따르는 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석장치(100)(이하, '이온특성분석장치(100)'라 함)를 수평 방향으로 절단하여 상방향에서 바라본 평면도이고, 도 2는 도 1의 이온특성분석장치(100)를 입구시준기부(110) 측에서 바라본 사시도이다.

[0033] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 이온특성분석장치(100)는 이온생성부에 의해 생성된 이온(101)들이 초기 입사되는 입구시준기부(110)와, 필터링전압을 인가하여 입구시준기부(110)에서 시준되어 입사된 이온들 중 특정 질량과 하전량을 가지는 이온들만을 선택적으로 통과시키는 이온필터링을 수행하는 ExB 필터부(120)와, ExB 필터부(120)에 의해 필터링된 이온들에 반발력을 제공하기 위한 이온지연전압스위핑을 수행하여 전체 이온지연전압범위 내에서 에너지별로 이온들을 선택적을 차폐한 후 투과된 이온들에 의해 생성되는 전류를 검출하는 전위지연탐침부(130)와, 필터링전압과 이온지연전압과 전위지연탐침부에서 검출된 전류의 전류분포를 이용하여, 이온의 질량, 전하량, 불순물 이온, 이온에너지분포를 포함하는 이온특성분석정보를 연산 출력하는 제어부(140)를 포함하여 구성된다.

[0034] 상기 입구시준기부(110)는 이온 빔이 입사되는 측에 내경이 가변되는 입구시준기입구(1)가 형성되고, ExB 필터부(120)와 대향하는 면에는 내경이 가변되는 입구시준기출구(2)가 형성되며, 내부에는 이온 빔에 포함된 전자를 제거하기 위하여 전자반발전압이 인가되는 제 1 전자반발격자(102)가 구비된 입구시준기(103)를 포함하여 구성된다.

- [0035] 상기 구성의 입구시준기부(110)는 제 1 전자반발격자(102)에 의해 전자가 제거된 이온빔이 직진성을 가지는 이온들만을 포함하도록 하는 길이를 가지도록 구성된다.
- [0036] 상기 입구시준기입구(1)와 입구시준기출구(2)의 가변은 도면에는 미 도시되어 있으나, 서로 다른 직경을 가지는 입구부속을 교체장착하거나, 일단이 입구시준기의 입구 개구에 고정되어 회전하게 입구 개구 및 출구에 방사상으로 중첩 부착되어 회전 위치에 따라 내경이 가변되는 다수의 베인 등으로 구성되는 셔터 장치 등으로 다양하게 구성될 수 있다.
- [0037] 상기 ExB 필터부(120)는 입구시준기부(110)의 입구시준기출구(2)와 대향하는 면에 ExB 필터입구(3)가 형성되고 전위지연탐침부(130)와 대향하는 면에 ExB 필터출구(4)가 형성된다. 내부에는 가변되는 전기장의 발생을 위하여 필터링전압을 인가할 수 있도록 양측으로 도체판(105)이 서로 대향하도록 배치된다. 상부면과 하부면은 균일한 수직 자기장을 형성하기 위한 영구자석판(121, 도 2 참조)으로 형성된다.
- [0038] ExB 필터부(120) 입구시준기부(110)와 전위지연탐침부(130)와 대향하는 양측면 각각에 내경이 가변되는 ExB 필터입구(3)와 ExB 필터출구(4)가 형성된다. 도면에는 미도시되어 있으나, ExB 필터입구(3)와 ExB 필터출구(4)의 내경을 가변시키기 위한 구성은 입구시준기입구(1) 및 입구시준기출구(2)의 내경 가변 구조와 같이, 서로 다른 직경을 가지는 입구부속을 교체장착하거나, 일단이 내경이 가변되는 다수의 베인 등으로 구성되는 셔터 장치 등으로 다양하게 구성될 수 있다.
- [0039] 도면에서 상기 구조의 ExB 필터부(120)가 육면체의 ExB필터(104) 케이스로 형성된 것으로 도시하였으나, 상기 ExB 필터(104)는 내부에서 자기장과 전기장이 서로에 대하여 수직이고, 입사된 이온의 진행방향과 수직으로 형성되는 경우 원통형, 다각기둥 형 등으로 다양한 구조로 제작될 수 있다.
- [0040] 상기 전위지연탐침부(130)는 내부에 제 2 전자반발격자(106), 이온지연격자(107), 제 3 전자반발격자(108) 및 이온수집기(109)가 순차적으로 배치구성된다. 상기 제 2 전자반발격자(106)는 부의 전자반발전압이 인가되어, ExB 필터부(120)에서 생성된 전자가 전위지연탐침부(130)로 입사되는 것을 방지한다. 상기 이온지연격자(107)에는 이온의 전하량과 반대되는 이온지연전압이 스위칭되면서 인가되어, 인가된 이온지연전압에 대응하는 운동에너지가 가지는 이온들이 차폐됨으로써, 이온지연전압에 대응하는 에너지보다 큰 에너지들만이 선택적으로 이온수집기(109)로 입사되도록 한다.
- [0041] 상기 제 3 전자반발격자(108)에는 부의 전자반발전압이 인가되어, 입사된 이온에 의해 이온수집기(109)의 표면에서 전자가 발생하는 경우, 발생한 전자를 이온수집기(109)로 재입사시켜, 전자에 의한 노이즈 발생을 방지한다. 즉, +2가의 이온이 입사하여 하나의 전자가 방출되는 경우, 이온 수집기의 전류는 하나의 전자에 의한 전류가 형성되어 +1가의 이온이 입사된 것으로 검출되게 되므로, 방출된 전자는 전류신호에 노이즈로 작용하게 된다. 따라서 이온수집기(109)에서 방출된 전자를 이온수집기(109)로 재입사시키는 것에 의해 전자 방출에 의한 전류에 포함되는 노이즈 성분을 제거하는 것이다. 다만 전류 신호가 충분히 큰 경우 전자에 의한 노이즈는 무시될 수 있으므로, 상기 제 3 전자반발격자(108)는 구성되지 않을 수 있는 선택적 구성요소이다.
- [0042] 상술한 구성의 입구시준기부(110), ExB 필터부(120) 및 전위지연탐침부(130)는 서로의 결합 위치에서 플로팅(floating) 등의 절연체(10)를 매개로 하여 연결되어, 입구시준기부(110), ExB 필터부(120) 및 전위지연탐침부(130) 각각에서 발생하는 노이즈들의 공유가 방지되고, 이에 따라, 이온에 의한 생성된 전류 검출 신호의 신뢰성을 높인다.
- [0043] 이하, 도 3 내지 도 6을 참조하여 도 1 및 도 2의 이온특성분석장치(100)의 동작 과정 및 본원 발명의 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석방법의 처리과정을 설명한다.
- [0044] 도 3은 본원 발명의 ExB 필터부와 전위지연탐침부를 구비한 이온특성분석방법의 처리과정을 나타내는 순서도이다.

- [0045] 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 이온특성분석장치(100)를 이용한 이온특성분석을 수행하기 위해서, 일정에너지를 가지도록 초기 이온화전압(V_s)을 인가하여 이온빔을 생성한다. 이때 생성된 이온들은 $\sqrt{V_s^*}$ 하전량에 비례하는 평균 속도를 가지는 운동에너지를 가지고 입구시준기부(110)의 입구시준기(103)로 입사된다. 이때 이온들의 각각의 운동에너지는 대략 평균 속도를 중심으로 하는 가우스분포를 가지게 된다.
- [0046] 이온빔이 입구시준기(103)로 입사되면, 입구시준기(103)의 내부에 설치되어 부의 전압(예: 약 - 20V ~ 30V)이 인가된 제 1 전자반발격자(102)에 의해 이온빔에 포함된 전자들이 제거된다. 이로 인해, 전위지연탐침부(130)에서 검출된 전류의 노이즈 성분을 최소화하여 측정 신뢰성을 향상시킨다. 이 후 입구시준기(103)로 유입된 이온빔은 입구시준기(103)를 경유하는 과정에서, 비 직진성을 가지는 이온들은 제거되고, 직진성을 가지는 이온들만이 입구시준기출구(2)를 통해 ExB 필터부(120)로 입사된다. 이상의 이온 빔에서의 전자의 제거 및 이온 빔의 직진성 부여 과정이 도 3의 본 발명의 이온특성분석방법의 처리과정 중 이온빔시준과정(S10)이다.
- [0047] 이 후 이온빔시준과정(S10)에 의해 시준된 이온 빔의 이온들은 각각은 ExB 필터부(120) 내부로 입사되어 진행방향으로 수직인 전기장과 자기장에 의해 [수학식 1]의 로렌츠 힘을 받게 된다.

수학식 1

[0048]
$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = 0$$

[0049] 로렌츠 힘의 평형상태에서는 [수학식 2]와 같이 이온 빔의 속도가 전기장의 세기로 표현된다.

수학식 2

[0050]
$$v = \frac{E}{B}$$

- [0051] 따라서 자기장과 전기장에 의해 이온 빔에 가해지는 힘이 평형을 이루도록 전기장의 세기를 조절하면, 특정 전하량 및 특정 질량을 가지는, 즉, 특정 속도를 가지는 이온들만이 선택적으로 필터링되어 전위지연탐침부(130)로 입사된다. 이때 이온들의 통과 속도는 $\sqrt{V_s^*}$ 하전량에 비례하는 크기를 가지므로, 제어부(140)의 분석 과정에서 필터링전압-전류 그래프 각 피크의 위치에 의해 이온들의 하전량을 확인할 수 있게 된다. 그리고 초기 이온들의 운동에너지와 이온지연전압에 의한 전기위치에너지의 등가 식에 의해 질량 또한 확인할 수 있게 된다.
- [0052] 이와 같이, ExB 필터부(120) 내부의 도체판(105)에 특정 필터링전압을 인가하여 특정 전하량 및 질량을 가지는 이온들만을 선택적으로 통과시키는 이온필터링을 수행하는 과정이 도 3의 이온특성분석방법의 처리과정 중 이온 필터링과정(S20)이다.
- [0053] 다음으로, 전위지연탐침부(130)로 ExB 필터부(120)에 의해 필터링된 이온들(이온 빔)이 입사되면, 전위지연탐침부(130)의 부 전압의 전자반발전압이 인가된 제 2 전자반발격자(106)에 의해 필터링 과정에서 생성되거나 외부에서 유입되어 필터링된 이온들에 포함된 전자가 제거된다. 이 과정이 도 3의 이온특성분석방법의 처리과정 중 입사전자제거과정(S30)이다.
- [0054] 입사전자제거과정(S30)에 의해 전자가 제거된 이온빔에는 이온빔의 이온들의 운동에너지 분포에 따른 이온들을 선택적 차단하기 위하여 전위지연탐침부(130) 내부의 이온지연격자(107)에 이온 반발을 위한 이온의 전하와 반대의 전위를 가지는 이온지연전압을 가변하면서 인가하는 이온지연전압스위핑을 수행한다. 이에 의해 가변되는 이온지연전압에 의한 전위장벽 에너지보다 큰 운동에너지를 가지는 이온들만이 이온지연격자(107)을 통과하

여 이온수집기(109)에 도달하여 이온수집기(109)에서 전류가 검출됨으로써 이온지연전압과 전류의 상관 분포를 얻는다. 이 과정이 도 3의 이온특성분석방법의 처리과정 중 이온지연전압스위핑과정(S40)이다.

[0055] 이때 부의 전자반발전압이 인가된 제 3 전자반발격자(108)는 이온지연전압스위핑과정(S40)의 수행 중에 이온수집기(109)로 도달한 이온에 의해 이온수집기(109)에서 생성된 전자에 반발력을 가하여 이온수집기(109)로 재입사시켜 전자 생성에 의한 전류 오차를 최소화시킨다. 이 과정이 도 3의 이온특성분석방법의 처리과정 중 전자재입사과정(S40)이다. 본 발명의 경우 이온수집기(109)의 전류 신호가 식별 가능하게 큰 경우 전자에 의한 영향이 무시할 정도로 작게 되므로 제 3 전자반발격자(108)가 구성되지 않을 수 있고, 상기 전자재입사과정(S40) 또한 수행되지 않을 수 있다.

[0056] 이후 제어부(140)는 필터링전압(Vf)에 따른 이온수집기(109)에서 생성된 이온 중에 의한 전류 값 분포 함수를 도출한다.

[0057] 도 4는 입사된 다중 이온들의 예로서의 Xe⁺와 Xe²⁺ 및 Xe³⁺에 의한 이온수집기에서의 필터링전압에 따른 전류분포를 나타내는 필터링전압-전류 그래프이다.

[0058] 도 4에 도시된 바와 같이, 필터링전압-전류 그래프는 필터링전압이 가변되는 경우, 동일 하전량과 질량, 또는 동일 운동에너지를 가지는 이온들의 평균속도의 운동에너지에 대응하는 필터링전압(Vf)에서 최대 이온들이 통과하게 되고, 초기 이온화전압(Vs)에 의한 이온들의 하전량별 평균 속도는 $\sqrt{Vs^*}$ 하전량에 비례하므로 필터링전압(Vf)-전류 그래프에서 전하량 순으로 피크를 형성하게 된다.

[0059] 또한, 제어부(140)는 이온지연전압에 따른 이온수집기(109)에서 생성된 이온 중에 의한 전류 값 분포로부터 이온에너지분포함수를 도출한다.

[0060] 상술한 이온에너지분포함수의 도출 과정을 구체적으로 설명하면, 이온의 속도에 따른 전류분포는 이온지연전압과 전류분포를 나타내는 [수학식 3]의 전류분포함수로부터 도출될 수 있다.

수학식 3

$$I(V) = A_c q_i e n_i \int_{u_{\min}(V)}^{\infty} u_i f(u_i) du_i$$

[0061]

[0062] 여기서, I(V)는 이온 빔에 의한 전류, A_c는 이온수집기(109)의 이온수집 면적, q_i는 이온의 전하량, e는 전자 전하량, n_i는 이온의 수, V는 이온지연전압(Vr), u_i는 이온의 속도, f(u_i)는 속도분포함수이다.

[0063] 이온의 속도 u_i는 따른 운동에너지와 이온지연전압에 의한 전위에너지의 등가에 의해 [수학식 4]와 같이 도출된다.

수학식 4

$$u_i = \sqrt{\frac{2q_i eV}{m_i}} \Rightarrow du_i = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2q_i e}{m_i}} V^{-1/2} dV$$

[0064]

[0065]

여기서, m_i 는 이온의 질량을 나타낸다.

[0066]

[수학식 4]를 수학식 3에 대입하면, [수학식 5]의 이온지연전압에 따른 전류분포함수를 얻는다.

수학식 5

$$I(V) = A_c q_i e n_i \int_v^\infty \sqrt{\frac{2q_i eV}{m_i}} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2q_i e}{m_i}} V^{-1/2} f(V) dV$$

[0067]

[0068]

다음으로 [수학식 5]를 이온지연전압 $V(=V_r)$ 에 대하여 미분을 수행하면, [수학식 6]의 이온에너지분포함수를 얻을 수 있다.

수학식 6

$$I(V) = \frac{q_i^2 e^2 n_i A_c}{m_i} \int_v^\infty f(V) dV.$$

[0069]

[0070]

상술한 연산처리과정은 제어부(140)에서 수행되며, 이러한 연산처리과정에 의해 이온에너지분포함수를 도출하는 과정이 도 3의 이온특성분석방법의 처리과정 중 이온에너지분포함수연산과정(S50)이다.

[0071]

구체적으로 도 4에서 중심 전압이 대략 38V를 가지는 제1피크는 Xe^+ 에 의한 이온 전류영역(a)을 형성한다. 그리고 중심 전압이 대략 50V의 제2피크는 Xe^{2+} 에 의한 이온 전류영역(b)을 형성한다. 또한, 중심 전압이 대략 64V의 제3피크는 Xe^{3+} 에 의한 이온 전류영역(b)을 형성한다. 이에 따라, 각각의 이온들의 하전량을 확인할 수 있게 된다. 또한, 각각의 이온의 하전량을 확인한 후에는 운동에너지와 이온지연전압에 의한 전위장벽의 에너지 등가에 의해 이온의 질량을 연산하여 확인할 수 있다.

[0072]

상술한 바와 같은 이온필터링과정(S20)과 이온에너지분포함수연산과정(S60)이 수행된 후에, 제어부(140)는, 초기이온화 전압(V_s), 필터링전압(V_f), 이온지연전압(V_r) 및 검출된 전류값($I(V_r)$)에 의해 이온의 전하량, 질량, 에너지분포 및 불순물 이온을 식별할 수 있다.

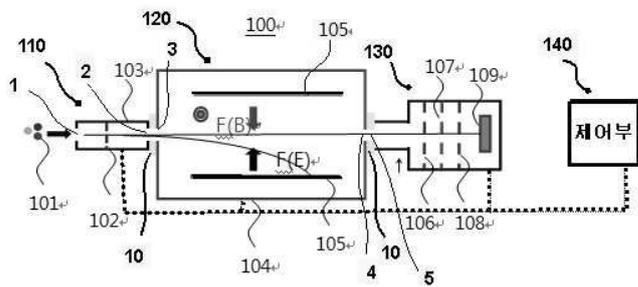
[0073]

먼저, 이온의 전하량, 질량은, ExB필터부(120)로 입사한 이온의 평균 속도가 $V_s * \sqrt{\text{하전량}}$ 을 가지므로, 낮은 하전량의 이온의 운동에너지가 작게 된다. 따라서, 이온이 Xe^+ , Xe^{2+} , Xe^{3+} 로 하전되고, 불순물 이온이 포함된

- | | |
|--------------|-----------------|
| 120: ExB 필터부 | 3: ExB 필터입구 |
| 4: ExB 필터출구 | 104: ExB 필터 |
| 105: 도체판 | 121: 영구자석 |
| 130: 전위지연탐침부 | 106: 제 2 전자반발격자 |
| 107: 이온지연격자 | 108: 제 3 전자반발격자 |
| 109: 이온수집기 | 140: 제어부 |

도면

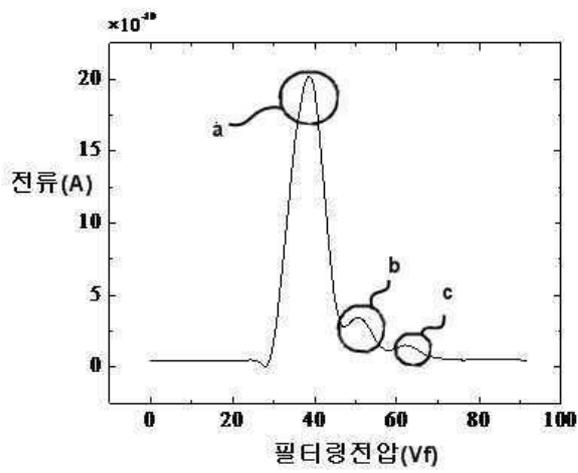
도면1



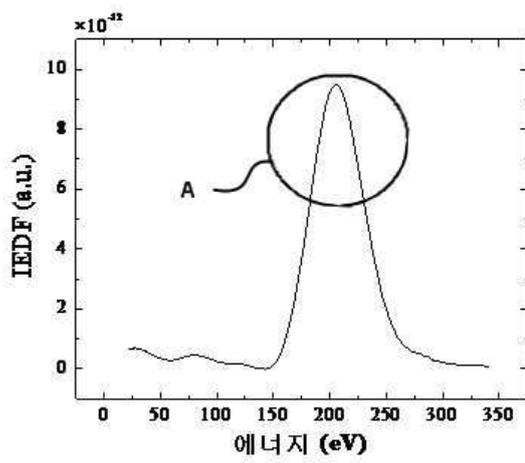
도면2



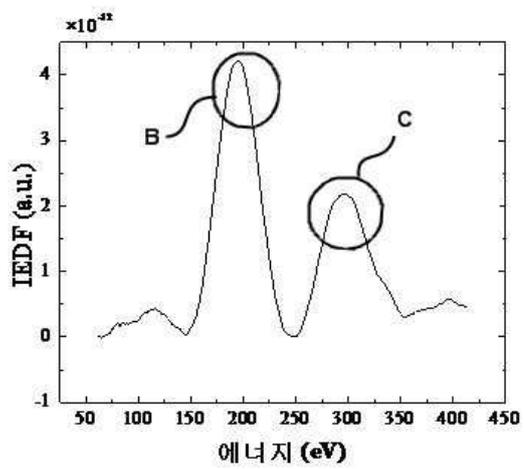
도면3



도면4



도면5



도면6

