

도 3a

특허청구의 범위

청구항 1.

진공 격실과 반응 격실로 나누어지고, 시료를 주입하는 주입관과 시료 이동을 위한 방전 라인, 가속영역에 설치한 음극, 반응 격실과 진공 격실의 분리를 위한 차폐막 및 비 방사성 전자 발생장치가 진공 격실에 설치토록 하여, 이온 이동성 분광기 (IMS), 전자 포획 감지기 (ECD) 및 대기압 이온화 질량 분광기 (APIMS) 등의 기기에 사용되는 비 방사성 발생원을 가진 이온화 챔버에 있어서,

가속부의 양극을 X-선 양극으로 설정할 때, 가능한 한 차폐막의 표면부도 그 양극으로 형성하여 이를 진공 격실 내부에 위치케 하되,

가) X-선 양극에서 전자 충돌에 의해 발생된 X-광선은 반응 격실로 이동되어서 차폐막에 도달하며,

나) 차폐막은 가속 전압에 의해 운동 에너지를 가진 전자에 있어서는 비 투과성을 가지지만, X-선 양극에서 발생한 X-광선에 대해서는 본질적으로 투과작용이 이루어지며,

다) 반응 격실에는 반응 격실 차폐막 표면과 그 차폐막을 투과하여, 입사 X-광선에 대하여 광전자로 전환 작용을 하는 전환층과 이와 전기 결합하는 한 개 또는 다수개의 전극들이 설치되어 있음을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 2.

진공 격실과 반응 격실로 나누어지고, 시료를 주입하는 주입관과 시료 이동을 위한 방전 라인, 가속영역에 설치한 음극, 반응 격실과 진공 격실의 분리를 위한 차폐막 및 비 방사성 전자 발생장치가 진공 격실에 설치토록 하여, 이온 이동성 분광기 (IMS), 전자 포획 감지기 (ECD) 및 대기압 이온화 질량 분광기 (APIMS) 등의 기기에 사용되는 비 방사성 발생원을 가진 이온화 챔버에 있어서,

가속부의 양극을 X-선 양극으로 설정할 때, 가능한 한 차폐막의 표면부도 그 양극으로 형성하여 이를 진공 격실 내부에 위치케 하되,

가) X-선 양극에서 전자 충돌에 의해 발생된 X-광선은 반응 격실로 이동되어서 차폐막에 도달하며,

나) 차폐막은 근본적으로 가속전압에 의해 운동에너지를 가진 전자에 있어서는 비 투과성이지만, X-선 양전자 극에서 발생한 X-광선에는 본질적으로 투과 작용이 이루어지는 바, 이는 X-광선이 반응 격실에 입사하는 양자 에너지는 반응 격실에 있는 분석시료 구성체들이 효율적으로 X- 광선 또는 X-양자선에 의해 이온화 작용이 이루어지기 위해 그 양자에너지가 대부분 2 keV 임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 3.

제 1항에 있어서, 그 차폐막의 재질은 베릴륨(Beryllium)이며, 그 두께가 10 μ m 에서 200 μ m 임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 4.

제 2항에 있어서, 그 차폐막의 재질은 베리륨이며, 그 두께가 10 μ m에서 200 μ m 임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 5.

제 1항에 있어서, 그 차폐막의 재질은 미카(Mica)이며, 그 두께가 7 μ m에서 40 μ m 임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 6.

제 2항에 있어서, 그 차폐막의 재질은 미카이며, 그 두께가 7 μ m 에서 40 μ m 임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 7.

제 3항에 있어서, 가속 전압은 2 keV에서 20 keV임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버

청구항 8.

제 4항에 있어서, 가속 전압은 2 keV에서 20 keV임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버

청구항 9.

제 5항에 있어서, 가속 전압은 2 keV에서 20 keV임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 10.

제 6항에 있어서, 가속 전압은 2 keV에서 20 keV임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 11.

제 1항에 있어서, X-선 양극을 구성하는 차폐막은 금속층으로 이루어져 전자들의 충돌에 의해 침투하여 금속층 내에서 전자들이 감속을 이루게 하면서 발생된 X-선들이 상기 차폐막 금속층의 반대 방향으로 입사하는 것을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 12.

제 11항에 있어서, 금속층의 두께는 전자발생 장치로부터 발생한 전자가 금속층을 침투하는 반감 두께로 볼때 최소한 7 을 가짐을 특징으로하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 13.

제 12항에 있어서, 금속층의 두께는 금속층에서 생성되는 X-광선의 반감두께로 볼 때 최소한 2 보다 적은 값을 가짐을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 14.

제 1항에 있어서, 전극은 차폐막에 전환층을 형성하여 반응 격실 내에 설치되는 것을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 15.

제 14항에 있어서, 전환층의 두께는 X-방사선이 그 전환층에 침투하는 반감두께로 볼 때 1에서 7사이의 값을 가짐을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 16.

제 15항에 있어서, 전환층의 두께는 1 μ m에서 200 μ m 임을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 17.

제 1 항에 있어서, 전환층에 특정한 각도를 가지고 X-선이 조사되도록 하여, 차폐막으로부터 일정한 거리를 두고 진공 격실에 한 개 또는 다수개의 전극이 정렬되어 있는 것을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버

청구항 18.

제 1 항에 있어서, 전환층에 90도 각도를 가지고 전자 발생장치로부터 방출된 전자들이 조사되도록 하여, 차폐막으로부터 일정한 거리를 두고 반응 격실에 다수개의 평행 전극이 정렬되어 있는 것을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 19.

제 18항에 있어서, 각 전극 두께는 X-방사선이 그 전극에 침투하는 반감 두께로 볼 때 10분의 1에서 1까지 값을 가짐을 특징으로 하는 전자발생장치를 가진 이온화 챔버.

청구항 20.

제 1 항에 있어서, 전환층이 복합 표면형상의 구조를 가지고 반응 격실에 한 개 또는 다수개의 전극이 정렬되어 있는 것을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 21.

제 1 항에 있어서, 전환층을 구성하는 물질의 K-껍질전자 준위는 그 전환층에 조사된 X-선의 평균양자에너지보다 작음을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 22.

제 1 항에 있어서, 전환층을 구성하는 물질의 K-껍질전자 준위는 그 전환층에 조사된 X-선의 평균양자에너지와 일치하는 것을 특징으로 하는 전자 발생원을 내장한 이온화 챔버.

청구항 23.

이온 이동성 분광기 (IMS), 전자 포획 감지기 (ECD) 및 대기압 이온화 질량 분광기 (APIMS)에서 대기압 상태의 분석 시료를 이온화시키는 방법에 있어서,

진공상태의 전자 충돌에 의해 X-선이 반응 격실 외부에서 생성되고,

상기 X-선을, 견고하고 진공 밀폐되어 X-선을 투과시키는 차폐막을 통하여 반응 격실에 투과하여,

최소한 하나 이상의 광전자와 저에너지 X-선을 한 개 또는 다수개의 전극으로부터 생성시켜 반응 격실 내부에 있는 대기 성분들을 이온화 하는 것을 특징으로 하는 이온화 방법.

청구항 24.

이온 이동성 분광기 (IMS), 전자 포획 감지기 (ECD) 및 대기압 이온화 질량 분광기 (APIMS)에서 대기압 상태의 분석 시료를 이온화시키는 방법에 있어서,

진공상태의 전자 충돌에 의해 X-양자선이 반응 격실 외부에서 생성되고,

상기 X-양자선을, 견고하고 진공 밀폐되어 X-양자선을 투과시키는 차폐막을 통하여 반응 격실에 투과하고,

X-양자선의 양자 에너지는 2 keV 미만으로 하여 반응 격실 내부에 있는 대기 성분들을 적절한 효율을 가지고 이온화하는 것을 특징으로 하는 이온화 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 주로 이온 이동성 분광기(Ion Mobility Spectrometer)에 비-방사선 전자 발생기(Non-radiative Electron Source)를 내장한 이온화 챔버에 관한 것으로 더욱 상세히는, 진공 배기시켜 전자 발생원을 내장한 진공 격실(Vacuum Compartment)과 분석 시료들의 이온화 과정이 이루어지는 반응 격실(Reaction Compartment)로 구성이 이루어진다. 진공 격실의 양극(Positive Pole)에서 X-양자선이 전자의 가속 충돌작용에 의해 생성이 되고, 상기 X-양자선들은 두개의 격실 사이에 설치된 차폐막을 투과하여 반응 격실로 투과한다.

상기 차폐막은 전자 발생기에서 발생된 전자가 가스 분자로 이동하는 것을 막는 작용을 한다. 효과적으로 분석 조성을 이온화시키기 위해, X-양자선을 낮은 에너지의 양자 또는 광전자로 전환시키는 역할을 하는 한 개 또는 다수개의 전환층을 반응 격실 내에 다양한 방법으로 설치하여, 이온 이동성 분광기 (Ion Mobility Spectrometer ; IMS), 전자 포획 감지기 (Electron Capture Detector ; ECD) 및 대기압 이온화 질량 분광기 (Atmospheric Pressure Ionization Mobility Spectrometer ; APIMS) 등의 기기에 사용되는 비 방사성 발생원(Non-radiative Ionization Source)을 가진 이온화 챔버에 관한 것이다.

이온 이동성 분광기(IMS)는 대기 중 유기 물질을 감지하기 위해 1970년 초반에 소개가 되었다. 초기의 IMS는 분석시료를 이온화시키기 위한 반응 격실(Reaction Compartment)과 그 이온들을 분리시키기 위한 이송 격실(Drift Compartment)로 구성된다. 반응 격실에는 분석 시료를 이온화시키기 위하여 트라이티움(Tritium), ^{63}Ni 및 ^{241}Am 등의 방사성 물질을 일반적으로 사용한다.

하지만 이러한 IMS 장치는 이온화 생성 작용을 위해서 방사성 원소를 사용하기 때문에 환경에 유해하며 사용자 또는 관리자의 인체 건강에 유해할 수 있다는 단점이 있었다.

상기한 단점을 해결하기 위해서, 전자 생성을 위한 광 발생기와 같이 IMS의 기기 장치에 비 방사성 원소를 반응 격실에서 사용하기 위한 여러 가지 방법들이 시도되어 왔다. 하지만 이와 같은 시도들은 분석 시편과 비 방사성 전자 발생 장치가 접촉하는 것을 완전히 배제시키지 못함으로써, 이온발생 장치의 조건들이 변화되거나 감지 화면들이 불안정하게 되어 그 사용상의 효율성이 낮다. 미국 특허 5,021,654에서는 간단하게 방사성 이온화 발생 장치를 비 방사성 열 이온 방출장치로 대체하는 방법에 대하여 밝히고 있다.

현재에 일반적으로 사용되는 IMS 장치의 공통 구성은 반응 격실과 이송 격실로 분리되고 그 반응 격실로 집속되는 비 방사성 전자 발생 장치 및 분석 시료 주입을 위하여 반응 격실로 연결되는 공급관 및 분석 시료를 이송하기 위한 방전라인, 이송격실로 집속된 포착 전극으로 구성되어 있음을 알 수 있다. (참고문헌 ; Begley P, et al. Journal of Chromatography, 588 (1991) p. 239). 이온 이동성 분광기(IMS)에 응용되는 종래의 이온화 챔버에 대한 기술은 미국 특허 5,969,349에 전자 포획 감지기(ECD)에 응용되는 이온화 챔버와 관련된 종래 기술은 미국 특허 6,023,169에서 공고되어 있다. 즉, 진공 격실과 반응 격실로 나누어지고, 그 반응 격실에 시료를 주입하는 주입관과 시료 이동을 위한 방전 라인, 가속영역에 설치한 음극, 반응 격실과 진공 격실을 분리시키고 가스 차폐막 및 비 방사성 전자 발생장치가 진공 격실에 설치된 구성으로 되어 있다.

상기에 언급한 미국 특허 5,969,349과 6,023,169에 의한 이온화 발생장치는 IMS 또는 ECD 장치에서 분석 시료 분자와 이온화 장치와의 직접적인 접촉을 피하게 하여, 음이온과 양이온의 작용을 이루게 한다. 즉 전자 가속장치가 별도의 진공 격실에 설치되기 때문에 분자 가스와 그 장치는 분리되어 주된 작동 조건들이 언제나 일정하게 제어되도록 한다. 반면에 차폐막의 전자에 대한 투과성은 또 다른 격실로써 IMS 가스 구성회로인 반응 격실로 이동을 가능케 하며 그곳에서 투과된 전자들이 가스분자와의 상호 작용을 이루게 하여 가스분자를 양이온과 음이온으로 생성케 하는 구성이다.

반응 격실을 이등분하는 차폐막의 재질은 미카(mica)로 만들어진다. 이 재질은 전자에 대하여 높은 투과성을 가지면서 가스에 대해서는 차단작용을 하는 특성을 가진 물질이다. 압력 차이에 의한 휘어짐 방지를 위해 금속망 등으로 지지토록 한다.

이 때, 금속망의 재질은 전자에 대해 흡수 및 반사를 최소화하기 위해서 구리와 같은 재질을 사용하고 있다.

상기 종래 기술들에 의해 반응 격실에서의 여러가지 문제점들을 해결하였지만, 아직도 차폐막은 전자가 투과하기 위해서는 극도로 얇아야 한다는 심각한 문제점이 있다. 이러한 사실 때문에 지지체들이 있더라도 그 윈도(Window)들은 집중된 전자 충돌에 의해 가벼운 추가 부하에도 그 윈도가 깨어지거나, 압력차에 의해 진공 누수가 발생하며, 무엇보다도 지지 금속 망이나 또는 얇은 금속 막에 국부적으로 열발생 부하를 초래할 수 있다. 차폐막에 충돌되는 대부분의 전자는 벽부에서 흡수가 되거나 차폐막에 작용하여 비 가역 변화를 일으키는 발생원으로서 작용을 하게 됨으로써 시스템의 내구성이 감소하게 된다. ppm 미만 영역의 전자만이 그 벽부를 투과하여, 반응 격실에 있는 기체 분자 성분들을 이온화시키는데 기여하기 때문에 측정 신호가 적게 관측이 된다. 측정 신호의 증가를 위해서는 차폐막을 투과하는 전류를 증가시키든지 또는 차폐막 전방부에서 부터 전자를 가속하기 위해 전압을 증가하여야 한다. 그렇지만 양쪽 모두의 경우, 차폐 물질을 투과한 전자 방전이 비효율적으로 이루기 지기 때문에 차폐막에 전기 에너지를 크게 증가시켜야 하며, 이는 차폐물 자체의 수명을 감축시키게 되고 그 재질의 종류에 따라 심각한 손상을 줄 수가 있다.

상기 서술한 이유들에서 잘 알 수 있듯이, 작동 상 내구성이 있고 진공을 지속적으로 유지할 수 있는 안정적인 차폐막과, 반응 격실에 위치한 분석 시료들에 대하여 충분히 높은 이온화 작용을 이룰 수 있는 비 방사성 발생원 장치를 내장한 이온화 챔버 장치가 요구된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 첫 번째 요체는 가속부의 양극(Positive Pole)을 X-선 양극으로 설정할 때, 가능한 차폐막(Partition)의 표면부도 그 양극으로 형성하여 이를 진공 격실 내부에 위치케 함으로써 종래의 기술적인 문제를 해결코자함에 그 요지가 있으며, 더욱 상세히는 하기 서술한 방법과 같다.

가) X-선 양극에서 전자 충돌에 의해 발생된 X-광선은 반응 격실 방향으로 이동되어서 차폐막에 도달하며,

나) 차폐막은 가속 전압에 의해 운동 에너지를 가진 전자에 있어서는 비 투과성을 가지지만, X-선 양극에서 발생한 X-광선에 대해서는 본질적으로 투과작용이 이루어지며,

다) 반응 격실에는 반응 격실 차폐막 표면과 그 차폐막을 투과하여 입사 X-광선에 대하여 광전자로 전환 작용을케 하는 전환층(Conversion Layer)과 이와 전기 결합하는 한 개 또는 다수개의 전극들이 설치되어 있다.

본 발명의 두 번째 요체는 가속부의 양극(Positive Pole)을 X-선 양극으로 설정할 때, 가능한 차폐막(Partition)의 표면부도 그 양극으로 형성하여 이를 진공 격실 내부에 위치케 함으로써 종래의 기술적인 문제를 해결코자함에 그 요지가 있으며, 더욱 상세히는 하기 서술한 방법과 같다.

가) X-선 양극에서 전자 충돌에 의해 발생된 X-광선은 반응 격실 방향으로 이동되어서 차폐막에 도달하며,

나) 차폐막은 가속 전압에 의해 운동 에너지를 가진 전자에 있어서는 비 투과성을 가지지만, X-선 양극에서 발생한 X-광선에 대해서는 본질적으로 투과작용이 이루어지며,

다) 반응격실로 입사하는 X-광선의 양자 에너지는 반응 격실에 있는 분석 시료들이 효율적으로 X-광선 또는 X-양자선에 의해 이온화 작용이 이루어지기 위해, 그 양자 에너지가 대부분 2 keV 이하로 하되 가능한 1keV 이하의 에너지 값을 형성하도록 한다.

본 발명의 세 번째 요체는 이온 이동성 분광기(IMS), 전자 포획 감지기(ECD) 및 대기압 이온화 질량 분광기(APIMS) 등의 기기와 같이 대기압 하에서의 반응 격실에 내재하는 대기 조성 성분들을 이온화시키는 방법에 관한 것으로 더욱 상세히는 하기 서술한 바와 같다.

진공 상태에서 전자 충돌 작용에 의해 X-선은 반응 격실 외부에서 생성되게 된다. 생성된 X-선은 견고하게 진공 밀폐된 차폐막을 통과하게 되고, 차폐막을 투과한 X-선은 반응 격실로 조사되어 반응 격실 내부에 있는 대기 성분 분자들을 이온화시키는 작용을 하게 되며, 상기 작용에 의해 최소한 하나 이상의 광전자와 저 에너지 X-선을 한 개 또는 다수개의 전극으로부터 생성시키게 된다.

본 발명의 마지막 요체는 이온 이동성 분광기(IMS), 전자 포획 감지기(ECD) 및 대기압 이온화 질량 분광기(APIMS) 등의 기기와 같이 대기압 하에서의 반응 격실에 내재하는 대기조성 성분들을 이온화시키는 방법에 관한 것으로 더욱 자세히는 하기 서술한 바와 같다.

진공 상태에서 전자 충돌 작용에 의해 X-선이 반응 격실 외부에서 생성되게 된다. 생성된 X-선은 견고하게 진공 밀폐된 차폐막을 통과하게되고, 차폐막을 투과한 X-선은 반응 격실로 조사되어 반응 격실 내부에 있는 대기 성분 분자들을 이온화시키는 작용을 하게 되며, 상기 작용에 의해 최소한 하나 이상의 X- 광선 또는 X-양자선에 의해 이온화 작용이 이루어지기 위해 그 양자에너지가 대부분 2 keV 이하이며, 더욱 효율적인 이온화작용을 이루기 위해서는 1 keV 보다 낮은 값을 형성하도록 한다.

이온화 챔버의 차폐막의 재질은 베리륨(Be)으로 제작토록 하여, 두께가 약 10 μ m 에서 200 μ m로 이루게 한다. 높은 내구성과 X-선에 대한 투과율 때문에 "베리륨" 원도는 X-선 장치에 널리 사용되고 있는 물질이다. 즉 차폐막으로써 요구되는 사항들은 적절한 두께로 진공을 차폐할 수 있는 내구성과 전자의 투과를 막을 수 있는 견고성을 가진 물질로 이루어져야 한다. 양극에서 발생된 X-선은 실질적으로 아무런 방해 없이 그 차폐막을 투과할 수 있다. 차폐막을 만들 수 있는 또 다른 재질로서는 두께가 약 7 μ m 에서 40 μ m의 미카(Mica) 물질을 사용할 수가 있다. 미카가 베리륨보다는 X-선 투과성에 대하여 좋지 않아 두께를 더욱 얇게 제작하여야 하지만, 베리륨 사용시 단점인 높은 가격과 인체 유해성을 피할 수 있다는 장점이 있다.

본 발명에 의해 이루어진 장치에 부가되는 허용 전자 가속 전압은 2 keV에서 20 keV이고 적정전압은 5keV에서 15keV이다. X-선 양극에서 발생된 X-방사선의 에너지는 반응 격실에 있는 대기 분석시료들을 이온화시키는데 적합토록 하고 상기 이온화 작용을 더욱 원활하게 하기 위해, 고 에너지의 X-선은 전환층에서 저-에너지 X-선 또는 광전자로 전환되어 작용토록 함에 그 요지가 있다.

이를 위하여, X-선 양극의 재질로서는 원자번호가 50 이상의 물질이 좋으며, 일반적으로 금을 사용한다. 전자가 차폐막에 직접 충돌하는 것을 방지하기 위해, X-선 양극은 진공 격실에서 차폐막과 일정한 거리에 두게 하여 위치케 한다. 이러한 이유 때문에, 전자가속 경로를 차폐막에 거의 평행하게 하고, X-선 양극과의 전자 충돌 45도 각도보다 적게 하여 X-방사선을 발생시킨다. (제동복사와 방사특성 참고) 이러한 구성은 발생된 X-선 방사선만이 차폐막에 작용을 하고 전자에 의한 충돌을 배제코자 함에 있다.

또 다른 한 방법으로서 X-선 양극을 차폐막으로 사용할 수 있다. 이 때 차폐막은 금속층으로 이루어져 있으며, 충돌된 전자가 금속층 내부에서 에너지 감쇄 작용을 하면서, X-선을 발생케 하고, 이 X-방사선은 차폐막 후방부로 투과하게 반응 격실로 입사하게 된다. X-선 양극의 금속층의 두께는 가속 전자가 침투하는 반감두께(Half-value Layer)의 단위로 고려하여 볼 때, 최소한 7 반감두께 이상이어야 한다. 이는 실질적으로 입사된 전자가 금속층을 투과하여 차폐막에 도달하지 못하게 하고 금속 전도성에 의해 가속 전자의 열적 부하를 감소시킬 수 있는 두께이다.

반면에, 상기 X-선 양극의 금속층 두께는 X-선이 방출되는 반감두께의 단위로 고려하여 볼 때 최소한 2 반감 두께 이하의 얇은 두께이어야만 차폐막을 투과하여 반응 격실로 X-선이 입사될 수 있다.

일반적으로 전자 발생장치에는 열이온 음극선(Thermionic Cathode)이 있다. 이러한 방법이 전자를 발생하기 위한 가장 보편화된 방법이다. 하지만 본 발명에서는 다른 방식에 의해 전자를 발생시킬 수 있다.

본 발명의 또 다른 추가 요체로서, 반응 격실에 내에 전환층이 있는 차폐막을 전극(Electrode)으로써 사용할 수 있으며, 이를 아주 손쉽게 본 발명에서 적용할 수 있다. 그 전환층이 있는 차폐막의 내부 및 표면에서 발생한 X-방사선은 반응 격실로 투과하여 대기 시료 성분들을 이온화시키는 작용을 하게 된다

전환층의 두께는 X-방사선이 침투하는 반감두께 단위로 고려하여 볼 때, 최소한 1 반감 두께에서 최대한 7 반감두께 이하야 한다. 이러한 두께 요인이 전환작용을 더욱 더 원활하게 한다.

특히 전환층의 두께는 입사 X-선 에너지 영역 또는 전환층의 재질에 따라 1 μ m에서 200 μ m에서 결정이 되며 상기 전환층의 재질은 다수개의 재질로도 구성할 수 있다. 적절한 물질로 이루어진 다수개의 전환층들을 통과시킴으로써 저 에너지 방사선 또는 광전자에로의 전환을 더욱 원활하게 이룰 수 있다.

추가적으로 전극 또는 반응 격실의 전극들을 X-방사선이 전환층에 특정한 각도로 충돌할 수 있도록 일정거리를 두고 설치할 수 있다.

상기 요체의 추가적인 응용으로 다수개의 평행 전극을 반응 격실에 차폐막으로부터 일정거리를 두고 설치하여 X-방사선이 90도 수직 각도로 전환층들에 충돌토록 할 수 있다. 반응 격실로 입사되는 방사선이 대기 분석시료를 효과적으로 이온화시킬 수 있도록, 저 에너지 X-방사선 또는 광전자로의 전환 작용이 이루어지게 된다. 다수개로 평행 설치된 전극의 개별 두께는 모든 전극들이 그 전환 작용에 기여할 수 있도록 10분의 1에서 1 까지의 반감두께를 가지게 한다.

상기 작용은 전환층 영역의 유효 넓이(Effective Area)를 확대함으로써 더욱 강화시킬 수 있는데, 이는 반응 격실 내에서 전극들을 평행 다층격판구조(Louvered Surface Structure)를 가지도록 하여 이룰 수 있다.

본 발명의 또 다른 추가적인 요체는 전환층을 이루는 재질과 관련이 있다. 전환층을 구성하는 물질의 K-전자 껍질(K-Shell) 에너지 준위는 그 전환층에 충돌하는 X-선의 평균 양자 에너지보다 적어야 한다. X-선 충격 입사에 의해 발생하는 2차 방사선은 1차 입사 X-선 보다 적은 에너지로써 방출이 되며, 이는 분석 시료가 효율적인 이온화 작용을 이루는데 기여를 한다. 필요하다면 상기 작용을 연속적으로 이루게 한다.

또한, 전환층을 구성하는 물질의 K-전자 껍질 에너지 준위는 그 전환층에 충돌하는 X-선의 평균 양자 에너지와 거의 동일해야 한다. 이러한 전환층 물질에 의해서는 보다 효율적으로 광전자를 방출케 하여 반응 격실의 분석 시료에 대하여 이온화 작용을 이루게 한다.

전환층을 다양한 요소로 응용하여 제작기 위해 상기한 2가지의 효과들을 결합하여 사용할 수가 있다. 즉 필요하다면 이온화 작용을 위해 저 에너지 X-양자선을 발생시킬 수도 있고, 또한 광전자를 발생시켜 분석시료의 이온화 작용을 촉진시킬 수 있다.

또한, 전자 발생원과 X-선 양극사이에 추가적으로 집속 전극(Collecting Electrode)들을 전자 가속 전원에 연결하여 설치할 수 있다. 베타선(β -ray)발생장치와 비교하여 볼 때, 특히 전자 발생원은 기하구조적인 조건들에 적합토록 전자의 세기 및 에너지를 변화시킬 수 있다는 장점이 있다. 예를 들어 감지기의 크기와 불 균일 이온화율을 획기적으로 감소시키기 위해, ECD 장치인 경우 63번 니켈 공급원을 사용함으로써 최초 7mm값으로부터 0.2 mm로 감소시킬 수 있으며, 이는 모세관형 감지기(Capillary Detector)에서는 16 keV의 전자 에너지 대신에 약 1.5 keV에서 2 KeV영역의 전자 에너지를 사용할 수가 있다. IMS-장치의 전자 영역(Electron Range)은 반응 격실의 길이에 적용을 할 수 있다. 이는 특히 장치 소형화(마이크로 IMS)를 이루고자 하는데 중요한 요소가 된다.

또한, 본 발명에서는 전자 강도(Electron Intensity)들을 변화시킴으로써 측정 감도를 조절시킬 수 있으며, 특정한 측정 영역에 적용할 수 있다. 개괄 측정 또는 특별한 영역에서의 측정 중, 이온 입자가 생성이 되지 않거나 또는 충분치 못하다고 판단된다면, 그 강도를 증가시킬 수 있도록 하였다. 이와 마찬가지로 측정 이온입자가 너무 과다하다면 그 측정 강도를 낮추면 되도록 하였다.

발명의 구성

본 발명 장치에 대한 실험 결과치는 매우 만족된 결과를 얻었으며, 보다 상세한 이해를 돕기 위해 본 발명과 관련되는 작용 원리에 대하여 일반적인 이론과 접근방법에 따른 정량적인 결과들의 예시와 함께 하기에서 상세히 서술코자한다.

만일 높은 에너지를 가진 전자가 고체에 충돌하여 침투하게 되면, 이 전자들은 감쇄 작용을 하게 되면서 새로운 전하들 사이에서 배치가 되고 (이하, 이 작용을 이온화 조정(Ionization Moderation)현상이라 명함) 그로부터 방사선을 생성(이하, 이 현상을 복사 조정(Radiation Moderation)현상이라 명함)하게 방출하게 된다.

일반적인 매질에서는 일차 전자(Primary Electron)가 핵외 전자(Extranuclear Electron)들과 충돌을 하면서 약 50%에 이르는 운동에너지(Kinetic Energy)를 소모하게 된다. 이 에너지는 일 함수(Work Function ; 핵외 전자의 결합에너지(Binding Energy)로서, 그 값은 최 외각 전자에 대해서는 15eV 또는 K-껍질 전자에 대해서는 약 0.5에서 5keV 에너지 준위를 가짐)에 소요된 후, 그 나머지 에너지가 이차 전자(Secondary Electron)의 운동에너지로 기여된다. 만일 이 에너지가 아주 크다면, 이온화 과정이 다시 반복 발생하게 된다.

상기 이온화 현상과는 달리 1차 및 2차 전자가 매질과 충돌 시, 탄성 충돌(Elasticity Collision)이 발생할 수 있다. 이러한 경우에는 그 전자의 운동에너지가 감소함에 따라 최초 운동 진행 방향에 대하여 굴절되는 각도도 점점 커지게 된다. 결과적으로는 1차 전자와 2차 전자(높은 에너지가 1차 에너지로 명명됨)가 구분이 되지 않기 때문에 전자 궤적은 끝 단부에서는 상당히 분산되어 있으며, 또한 1차 전자의 명확한 영역을 한정하기에는 불가능하다.

단일 에너지 영역대의 입사 전자에 대한 유속 밀도(Flow Density)는 선형 매질(Moderating Medium)내에서 두께 감소에 비례하여 거의 선형적으로 변화함을 관측 할 수 있으며, 이는 외삽법에 의해 두께 축을 "평균 영역(Average Range)"으로 바꿀 수 있다. 상기 영역은 길이 단위(cm)로 표시할 수 있을 뿐만 아니라, 선형 매질에 있어서는 원자 번호와 원자 무게의 비가 일정한 상수로 되기 때문에 "질량 영역(Mass Range)" 단위인 g/cm^2 로 표시할 수 있다. 이때 질량 완화 용량(Mass Moderating Capacity)인 $(-dE/dx)/\rho$ 는 매질과는 무관한 상수가 된다. 즉 선형 매질 사이에서 그 매질의 밀도를 고려하여 전체적인 선형 영역 x값을 산출할 수 있다.

예를 들어 이온화 챔버는, 머스코바이트 미카 (Muscovite mica) ($muscovite = potassium\ mica = KAl_2((OH)_1F)_2/AlSi_3O_{10}$) 평균 원자번호는 9.4, 평균 원자 무게는 19, 밀도는 $2.6..3.2\ g/cm^2$ 하기 계산 시 2.8의 보정 상수를 사용함 ; 즉 $6\ \mu m = 1.7\ mg/cm^2$)로 만든 약 $6\ \mu m$ 의 윈도우(Window)에 외부에 알루미늄(Al)층을 30에서 50nm의 두께의 박막을 입혀서 설치한다.

윈도우(Window)물질의 전자 영역(Electron Range)치는 하기의 방정식에 의해 계산할 수 있다.

$$R=0.5E(1-0.983/(1+4.29E)) \approx 7HVT$$

여기서 R값은 단위가 g/cm²인 전자 영역, E는 전자의 에너지로서 단위가 MeV이며, HVT(Half-value Thickness)는 반감두께를 나타내고 여기서 반감두께란 입사되는 입자의 에너지가 그 매질을 투과 시에 그 매질 내에서 에너지가 절반으로 되는 두께를 말한다.

상기 방정식에 의해서 ⁶⁸Ni-β-방사선 (평균 에너지 16keV)에 의해 선형 매질의 공기(Air)에 대한 반감두께를 산출할 수가 있으며, 이 값은 1 HVT=0.9mm 공기(Air)로 된다. 다른 문헌에서 참고하면, 0.5... 1.3 mm HVT(평균 0.9mm)가 된다.

상기의 방정식에 의해, 전자 에너지에 대한 전자 영역값 및 HVT (반감 두께 ; 미카μm)를 산출할 수가 있다.

【표 1】

E _e [keV]	영역R		반감두께	6μm미카 = 반감두께	6μm미카 투과후 I/I ₀
	[mg/cm ²]	[μm미카]			
10	0.3	1.07	0.15	40.0	9.1X10 ⁻¹⁹
15	0.6	2.14	0.31	19.4	1.4X10 ⁻⁸
20	0.9	3.21	0.46	13.0	1.2X10 ⁻⁴
25	1.4	5.00	0.71	8.5	2.8X10 ⁻³
30	1.9	6.79	0.97	6.2	1.4X10 ⁻²

5번째 열 ; 6 미카μm 에 해당하는 HVT

6번째 열 ; 6 미카μm를 투과한 후, 2^(반감두께) 계수에 의한 전자유동의 감소량.

약 15keV 미만의 영역, 특히 10 keV 미만에서 원도를 투과할 수 있는 1차 전자는 거의 희박함을 알 수 있다.

만일 고속 전자(1에서 100 keV)가 입사 굴절되어, 중핵의 전기장 하에서 전자의 최대 운동에너지로부터 0 에너지로 감쇄 작용이 이루어지면서 소위 말하는 제동복사(Bremsstrahlung)현상이 발생하게 된다. 제동복사의 스펙트럼의 세기는 최소 파장값의 1.5에서 2배까지이며, 즉 예를 들자면 만일 전자가 선형매질에서 15keV (최소파장=0.83Å)전자에너지로 투과를 하면, 약 10keV (파장=1.25Å)의 제동 복사 에너지가 방출이 된다. 선형매질에서 K, L, N 껍질에너지 준위보다 전자에너지가 크게 된다면 제동복사되는 에너지 스펙트럼은 선형매질에서 불연속적인 에너지 라인의 중첩에 의해 연속적인 스펙트럼을 보여준다. 즉 예를 들자면, 무스코바이트미카인 경우에는 K에서 3.3eV, Al에서 1.5keV, Si에서 1.7keV, F에서 678eV, O에서 517eV (미카의 52%에 해당하는 양이 산소 원자임) 낮은 에너지를 가지고있기 때문에 원도 내부를 이탈할 수 없다.

제동복사되는 출력에 대해서는 실험적인 특성이나 공식들이 다양하게 있으며 하기 값은 15keV 전자에 대해 도출된 내용이다.

【표 2】

선형물질 원자번호	대기	알루미늄	구리	납	미카
	7.2	13	29	82	9.4
수율	1.5X10 ⁻⁴	3.3X10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	4.2X10 ⁻⁴	2.2X10 ⁻⁴

제동복사 출력값은 최소치를 의미하며, 대부분의 1차 이온들은 "이온화 조정"작용을 통하여 전하 운반자(2차 전자)로 변환하게 되고 상기 2차전자가 윈도를 탈출할 수 있는 적절한 에너지를 가지지 못한다면 이는 자체에서 소멸이 되고 만다.

표 2에서부터 보듯이, 1차 전자의 감속작용이 미카(평균원자번호 9.4)에서 이루어지는 것이 아니라 금(원자번호 79)에서 이루어진다면 제동복사 출력이 18배가 증가한다는 것을 알수 있다.

윈도에서 제동복사되는 에너지는 윈도 내부에서 감쇄하게 되며 이에 대한 강도 감소는 램브러트-비어의 법칙(Lambert-Beer' Law)에 의해 알 수 있으며, 이는 다음과 같다. $I/I_0 = e^{-(\mu/\rho \times x)}$; 여기서 μ/ρ 는 질량감소 계수이고, x ρ 는 감쇄 층의 면적밀도(미카-윈도인 경우에는 1.7 mg/cm^2) 이다.

질량 감소 계수들은 여러 참고 자료에 표 형식으로 요약 되어 있다. 표 3은 제동복사 강도의 감소에 대하여 산출한 값이며 이는 1차 이온 에너지와 상관관계를 가지고 있음을 알 수 있다. 즉 13 keV 및 6.5keV에서 제동복사 최대값을 가짐을 알 수 있으며, 이는 각각 20keV 및 10 keV의 1차 전자에 의해 생성된 제동복사 스펙트럼이다.

【표 3】

Ex[keV]	20	13	10	6.5	3	1
$\mu/\rho[\text{cm}^2/\text{g}]$	2.9	13	26	130	1.450	4.23×10^{-4}
$(\mu/\rho) \times \rho$	0.0046	0.022	0.044	0.221	2.465	71.825
I/I_0	0.995	0.978	0.957	0.802	0.085	6.4×10^{-32}
$(I/I_0)[\%]$	0.5	2.2	4.3	19.8	91.5	100

상기 계산 결과에 의해 이미 예상한 바 대로 1 keV 미만 에너지의 방사선은 윈도 내부를 탈출할 수 없으며, 일부 K, Al 및 Si의 특정 방사선들이 윈도에서 나오게 되지만 이는 거의 감소된 상태에서 나오게 된다. 결과적으로 제동복사되는 스펙트럼의 형상은 에너지 영역대로 보면 약 3 keV에서 최대에너지까지로 그 영역한계를 나타낸다.

표 4는 두께가 30nm에서 50nm인 외부 알루미늄 층에서의 제동복사 감쇄에 대한 계산치를 나타낸 것이다. 평균 두께 40 nm = 4×10^{-6} cm로 가정하였고 알루미늄의 밀도를 2.7 g/cm^3 를 고려할 때 이는 질량층 두께가 $1.1 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^2$ 에 해당 되는 값이다.

【표 4】

Ex[keV]	3	6.5	10	13	20
$\mu/\rho[\text{cm}^2/\text{g}]$	1.450	130	26	13	2.9
$(\mu/\rho) \times \rho$	0.016	0.0014	2.9×10^{-4}	→0	→0
I/I_0	0.984	0.999	0.9997	→1	→1
$(I/I_0)[\%]$	1.6	0.1	0.03	→0	→0

제동복사 에너지의 윈도에서 손실은 윈도 원자의 껍질전자와 제동 복사되는 양자와의 상호작용 때문에 기인한다.

낮은 원소번호의 물질과 낮은 양자 에너지상호작용은 광 효과(Photo effect)이며, 이를 하기에서 더욱 상세히 알아본다.

광효과는 순수한 흡수과정으로서, 총 양자 에너지 E_x 가 전자에 부가되면, 전자는 원자를 운동에너지(E_k)를 가지고 탈출을 한다. 그 운동에너지는 $E_k = E_x - E_i$ 로서, 여기서 E_i 는 원자 껍질속에 있는 전자 결합에너지를 의미한다. 만일 복사선의 양자

에너지가 K-껍질전자의 결합에너지보다 크다면 주로 K-껍질에서 광흡수 작용이 발생하게되며 (약 80%) 나머지 더 높은 껍질준위에서 20% 정도 이루어진다. 광흡수 효과가 일어나는 확률은 양자에너지가 전자의 결합에너지보다 약간 높을 때 가장 최고가된다. 광전자의 방출 각도는 양자에너지에 따라 다르게 나타나며 양자 에너지가 적어질수록 방사 각도는 입사 양자의 방향에서 볼때 각도가 증가하게 된다. 즉 11도 11.3MeV, 43도 79keV, 65도 17keV 로 된다.

만일 광전자에 이송된 운동에너지가 이웃하는 원자의 전자 결합에너지보다 크다면, 광전자와 이웃하는 원자들의 상호작용에 의해 이차 전자들이 발생이 되어 방출된다.

광전자가 방출이 되면 정공(Hole)이 발생이 되고, 이 정공은 가장 가까운 전자에 의해 그 자리가 채워지게 되며 이때 그 에너지 차이만큼 복사 에너지를 방출하게 된다. X-선 방사특성이 다시 광전자와 이웃하는 원자들의 상호 작용에 의해 발생한다. 하지만 소위 고유 광전효과(Intrinsic Photo effect)라고 부르는 현상이 나타날 수 있다. 이 고유 광전효과란 복사작용 없이 동일한 원소에 최외각의 핵외 전자가 방출되는 현상으로서 (오제 효과(Auger Effet))와 L-껍질 전자가 K-껍질 정공을 채우고 그 차이의 에너지를 복사없이 다른 L-껍질 전자에게 이송하는 과정이다. 예를 들자면 에너지는 $E(k)-2E(L)$ 로 (알루미늄의 경우에는 약 $1.500eV - 2 \times 165eV = 1.2keV$) 이와 같은 비복사 천이는 가벼운 원소들에서 더욱 많이 발생한다. "정공 삽입(Filling Hole)" 과정은 연속적인 과정에 의해, 많은 수의 전자들이 방출되어 넓게 낮은 에너지영역을 가지도록 한다 .

상기에 기술한 내용은 본 발명에 의한 이온화발생장치에 있어서 원도 물질 및 대기 모두에 해당되는 상호작용 절차에 관한 것이다.

다음으로는 IMS 이온화 발생기의 포화전류(Saturation Current)유도에 대한 가능한 방법에 대하여 기술코자 한다.

이온화 발생 장치 내에서 전자를 발생하고 가속하여 원도를 투과한 후, 제동복사를 1.2×10^{14} eV/s (앞에서 서술함) 출력으로 이루게 한다. 실험식에 의하면, $P=1.5 \times 10^{-9} \times Z \times I \times U^2$ 여기서 P는 전자 빔의 완전한 흡수 시의 제동복사 출력, Z는 선형매질의 원자번호, I는 전류 U는 가속되는 전자의 전압을 나타낸다. 상기 제동 출력은 8.8×10^{13} eV/s 으로 편차는 약 -25%이고 이러한 결과는 상기에 기재한 바와 같이 전자빔의 완전흡수가 이루어졌다고 가정하였다. 방출시 그 전개 방향은 360도 전 방향으로 방사분산이 이루어지지만, 여기서는 IMS 이온화 발생기 (보정요소 0.5) 방향을 향한 반구체(Hemisphere)영역에만 관심이 있다. 제동복사 스펙트럼의 강도 최대점이 약 6.5 keV에서 이루어지고 이 값은 추후 계산(보정요소 0.65)을 위해 사용이 된다. 약 20%의 방사 감쇄가 원도부(보정요소 0.8)에서 이루어진다. 외부 창 표면의 얇은 알루미늄 층에서 0.1%의 방사선이 흡수가 되며 나고 광전자로 전환이 된다. 여기서 알루미늄 전자들은 평균 170eV에 구속되어 있다. 또한 약 1.8×10^{18} 광전자들이 단위초당 생성이 된다. 단지 50% 만이 알루미늄 층을 떠나 IMS이온화 발생장치(보정 요소 0.5)로 향한다. 이러한 광전자의 평균에너지는 단지 추산에 의해서만 어렵게 결정할 수 있다. 만일 그 에너지 값이 약 1keV (또는 약간 더 이상)이면 즉, L-껍질 오제(Auger)전자이면 이러한 전자들은 알루미늄을 이탈할 기회가 있다. 1keV의 전자에 대하여 평균 40nm 알루미늄 두께는 6.8 HVT에 해당한다. 즉 이러한 전자가 원도를 이탈하는 확률은 1%이다.

1 keV 전자는 대기압 하에서 단위 cm당 3개의 이온쌍(Ion Pair)을 생성한다. 그리고 760기압 하에서 최대거리가 120 μ m (=10HVT)에서는 단위 광전자당 27.4개의 이온쌍을 생성하고 단위초당 2.5×10^9 이온쌍을 생성한다. 상기 사항들을 기본적인 전하에 적용을 하게 되면, 포하전류가 약 410pA가 된다. 한편으로 IMS이온화 장치의 대기조성시료에 9×10^7 전자/초 x 1keV/전자에 해당하는 에너지 입력을 함으로써 포화전류를 계산하기 위해 사용하며, 이는 특정 대기의 이온쌍의 이온화에너지를 약 34eV로 나누어주고 다시 기초전하를 곱셈하면 420pA 값이 된다.

측정된 포하 전류의 값은 170에서 330 pA 사이에 있다(전자 발생원에 따라 다름).

한편, 대기 이온화 작용은 "알루미늄 층에서 발생한 광전자"들과 같은 중간과정 없이 직접 제동복사 양자와 대기 중에 있는 산소 또는 질소와의 상호 작용을 통해 이루어진다. 첫 번째 과정에 의한 상호작용은 광전자 형성과 함께 하는 원자광 효과 작용이며, 두 번째 과정은 이러한 광전자들에 의해 산소 또는 질소 분자에 대하여 이온화 작용을 이루게 하는 것이다. 양자는 전하를 띄지 않았기 때문에 상호작용 시 확률이 낮다. 즉 제동복사 양자의 영역치는 동일한 전자에너지를 기준으로 하여 대기 중에서는 약 1,500배 크다.

표 5는 방사선을 1% 미만으로 감소(표5의 3 번째 행)시키는 데 필요한 거리인 방사 영역 R(1%)에 대하여 표시한다. 반응 격실에서의 방사 감소 백분율(약 3cm 길이, 표5의 4 번째 행)과 IMS 측정장치에서의 방사 감소 백분율(약 8cm 길이, 표 5의 5 번째 행)을 나타낸다.

【표 5】

Ex[keV]	1	1.5	2	3	5	6.5	10	13	15	20
대기중의 $\mu/p[\text{cm}^2/\text{g}]$	3000	1000	530	150	38	20	6.2	2.5	1.5	0.9
R(1%)[cm]	1.2	3.5	6.7	24	93	178	572	1418	2364	3940
반응격실에서의 감소백분율	100	98	87.3	44.3	13.8	7.5	2.4	1	0.6	0.4
측정장치에서의 감소백분율	100	100	99.5	77.7	31.6	18.1	6.2	2.5	1.5	0.9

상기 표에서 보듯이, 만일 양자의 에너지가 3keV보다 크다면 측정장치 전 영역에서 대기 분자들과의 상호작용이 최소화되며, 집속 전극에 충돌작용을 하게 된다. 상기 에너지 영역에서는 이송 격실에서 이온화된 이온 또는 집속 전극의 광전자에 의해 이온화된 이온에 의해서 일정한 이온화전류가 형성되고 이는 스펙트럼의 기준면을 증가시키는 작용을 한다. 하지만 만일 이러한 현상이 나타나지 않으면 X-방사선의 양자가 이동 격실에 도달하기 못 한다든지 또는 IMS 측정장치에서 상호작용이 너무 낮아서 감지할 수 없는 수준에 있다는 것을 의미한다.

IMS 측정장치 특히 반응격실에서의 방사량의 증감을 감지하기 위해서 R(1%) 값 반경에 의한 원구형 체적에 대한 반응격실의 체적(약 2.5Cm³)비율을 보정 상수로서 사용한다.

표 6은 상기 기하학적인 형상을 고려할 때 보정상수, 포화전류 및 이온쌍에 대한 결과치를 보여준다

【표 6】

Ex[keV]	1	1.5	2	3	6.3
R(1%)[cm]	1.2	3.5	6.7	24	178
반응격실에서의 흡수비례항에 대한 보정상수	0.13	0.014	0.002	4.3X10 ⁶	1.04X10 ⁷
반응격실에서의 이온쌍	1.2X10 ⁻¹¹	1.3X10 ⁻¹⁰	1.8X10 ⁻⁹	3.8X10 ⁻⁷	9.4X10 ⁻⁴
포화 전류	19nA	2.1nA	290pA	6.2pA	15fA

표 6의 마지막 행에 있는 값으로부터 하기 2가지 효과를 알 수 있다. 첫째로 만일 제동복사 스펙트럼이 약 3keV이상의 영역대에 있다면 제동복사에 의한 대기 이온화 작용은 거의 불가하다는 것과 둘째로 양자 에너지 스펙트럼이 낮은 영역대에 있는 제동복사 방사선에 의한 이온화 작용이 곧바로 현저하게 나타난다는 것을 알 수 있다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.

도 1은 종래 기술에 의한 이온화 챔버를 가진 전형적인 IMS 측정 장치(1)를 개괄적으로 보여준다.

IMS 측정장치(1)는 일반적으로 이송 격실(2)과 이온 허용 격자(3), 반응 격실(4) 그리고 반사 전극(6)을 가진 전방부(5)로 구성이 된다.

예를 들어, 이송 격실(2)은 직경이 약 1에서 2cm이고, 길이가 5에서 10cm의 크기로 구성할 수 있다. 이송격실(2)의 원통형 축 방향으로 전기장이 200에서 300 V/cm의 세기로 유지하기 위해서, 내부에 균일한 저항을 코팅하거나 전기장 보조 링과 같은 연속적이거나 또는 불연속적인 구조물들이 설치될 한다. 가스 인입구(7)에는 제습 및 정화 처리된 공기가 이송 격실 방향으로 5에서 10l/h 저속으로 유입이 된다. 이온 허용격자(Ion Admission Grid)(3)는 이송격실(4)와 반응 격실(5) 사이에 위치하며, 예를 들어, 닐센-브래드부리(Nielsen-Bradbury)형으로 설치할 수 있다. 반응 격실(4)의 직경은 이송 격실(2)의 직경과 동일하든지 또는 그 보다 작아야하며, 길이는 1에서 3cm 사이에 있어야 한다. 전기장 보조 장치의 구조는 원통형 축 방향으로 전기장이 200에서 300 V/cm의 세기로 유지하기 위한 이송격실(2)의 구조와 유사하게 설치한다. 반응 격실(4)에 5-10 lit./hour의 유속으로 정화 건조된 에어를 인입구(8)로부터 추후에 이동가스의 출구로도 사용되는 인출구 (9)를 향하여 이동케 한다.

반응 격실(4)의 전방 끝단부 (5)에는 이온화 발생기를 위치케 하며, 일반적으로 Ni-63의 β -방사선 또는 코로나 봉침 방전 또는 진공 자외선 램프(117nm - 10.6 eV-영역) 등이 그 이온화 발생장치로 사용된다.

척력 전극(6)은 전방부(5)와 가스 인입구(8)의 사이에서 IMS 측정장치 (1)의 주축에서 최대 전압 차이가 있는 지점에 위치케 하여, 영역 (5)에서 형성된 전하들에게 척력 작용을 가하여 반응 격실로 향하게 한다.

도 2는 제동 복사(Bremsstrahlung)발생장치(10)를 나타낸 것이다.

제동복사 발생장치(10)는 유리와 같은 재질로 제작하여, 진공 배기시킨 용기(11) (진공압력 ; 10^{-6} Torr 이하)에 직 가열 및 간접 가열 방식의 열 이온 음극(Thermionic Cathode ; 12)을 사용하고 양극(Anode ; 13)으로 금(Gold)과 같은 중금속으로 설치한다.

양쪽 전극에 가속 전자를 발생케 하기 위해서, 전위차(10-15 KV)를 부가할 수 있는 전원 공급기(14)를 장착한다. 양극 (13)의 두께는 가속된 전자들을 충분히 흡수할 수 있도록 제작하여야 하며, 금으로 이를 제작 시에는 수백 나노미터 정도로 한다.

양극(13)의 뒤면에, 예를 들어 윈도(15)가 용기(11)의 벽부에 밀폐되도록 접착 설치할 수 있다. 양극(13)은 윈도(15)에 직접 부착하거나 또는 구조적으로 분리하여 설치할 수 있다. 윈도(15)는 제동복사를 거의 투과시키고 공기는 통과할 수 없도록 되기 때문에, 그 윈도(15)의 두께는 압력 차를 견디기 위해 충분히 두꺼워야 한다.

윈도의 재질로서 적합한 것은 베릴륨 (25-100 μm 두께) 또는 미카(5-10 μm 두께)이다.

열 전자 음극(12)으로부터 방출된 전자(16)들은 양극(13)의 방향으로 10에서 15 KeV로 가속되어서 양극의 물질과 충돌 투과하게 되고 양극(13)으로부터 제동복사(17)을 발생하게 한다. 양극(13)의 두께는 충돌된 전자에 대하여는 완전히 투과하지 못할 정도로 두꺼워야하지만, 제동복사(17)는 두께에 상관없이 약간의 에너지 손실이 있을 뿐 그 양극을 쉽게 이탈해 나간다. 적절한 양극의 두께는 4 μm 이며 이는 금에 대하여 15keV의 전자가 충돌시 10 반감두께에 해당된다. 제동복사시 금으로 된 양극 4 μm 두께는 전자 전류를 0.1% 감소시키고, 또한 복사선량을 약 10% 미만으로 감소시킨다.

윈도에서의 방사선의 흡수에 의한 손실을 최소화하기 위해서는 원자번호가 낮은 원소물질을 선택하여야 한다(원자 번호가 4인 Be 과 평균 원자번호가 9.4인 Muscovite Mica).

만일 제동 복사된 양자 에너지가 2 keV보다 작다면, 그림 1에서의 영역 5 지점에 있는 공기를 효과적으로 이온화시킬 수 있다. 하지만 만일 에너지 값이 2 keV 또는 3 keV 보다 크게 된다면 제동복사 양자에너지를 반드시 광전자로 전환시켜야 한다. 이를 위해서 제동 복사되는 방사선에는 알루미늄 금속을 노출시켜서, 상기 작용을 이루게 한다.

그림 3a, 3b 또는 3c는 제동복사 발생기(10)와 IMS 측정 장치(1)사이에서 위치하는 전환층(18)에 대한 다양한 실시예와 그 요체들을 보여준다.

그림 3a는 제동복사 장치(10)와 IMS 측정 장치(1)가 수평축 방향으로 설치된 일 실시예를 보여준다. 전환층(18)은 원도(15)의 전방 부에 증착 또는 박층화 하여 부착한다. 전환층(18)이 알루미늄인 경우 그 두께는 광전자에 대하여 1에서 7 반감기 두께를 가지며 이는 8 keV의 전자에 대하여 50에서 350 nm에 해당한다.

전환층(18)에서는 방사된 제동복사량 중에 1%미만이 광전자를 전환이 되며, 만일 전환층(18)의 두께를 더 증가시킨다면, 더욱 많은 복사량이 광전자로 전환이 될 것이다. 하지만 전환된 전자는 전환층에서 방출되기에는 그 에너지가 너무 낮다. 동시에 전환층(18)은 IMS 측정장치(1)에서 고전압이 부가되어 되는 곳으로서, 광전자들에 의해 생성된 반응 이온들에 대하여 척력 전극(6)으로써 그 작용을 한다.

그림 3b는 본 발명의 또 다른 실시예를 보여주는 것으로, IMS 측정 장치(1)와 복사선이 충돌하는 전환층(18)이 45도 경사 방향으로 설치되는 요체이다.

전환층(18)에서 방사선 원도(15)와의 최대거리는 IMS 측정장치(1)의 반응 격실(4)의 직경에 해당한다. 전환층의 두께는 1 mm 또는 그 이상이며, 제동복사의 광전자로의 전환작용은 전환층(18) 표면에서 처음 350-400nm에서 거의 이루어진다. 또한 역시 전환층(18)은 IMS 측정장치(1)에서 고전압이 부가되어 되는 곳으로서, 광전자들에 의해 생성된 반응 이온들에 대하여 척력 전극(6)으로써 그 작용을 한다.

그림 3c는 추가로 본 발명의 또다른 실시 예를 보여준다. 광전자 형성이 알루미늄 다층격판 (19)과 그 내부에서 이루어진다. 상기 알루미늄 다층격판(19)은 IMS 측정 장치(1)의 측면부에서 주입되는 제동 복사선에 노출되도록, 그 장치(1)의 축 방향과 평행하게 설치하고 측정장치(1)의 척력 전극(6)에 전기 결합한다. 그 다층격판(19)의 길이와 사이 간격은 수 마이크로 미터에서 수 밀리미터 사이에서 결정이 되며, 그 외관은 꼭 디스크 형상일 필요가 없으며, 막대 또는 원형상도 될 수가 있다. 다층판들은 표면 전체가 척력 전극(6) 역할을 하게 되며 또한 그 다층판들을 일관되게 또는 불규칙적인 방법으로 배열시킬수 있다.

이러한 점에서 상기 실시예에 의한 전환층(18)은 다른 실시예에 의한 전환층(18)보다 더욱 큰 표면 영역을 확보하게 되며, 이는 더욱 많은 광전자를 생성하게 된다. 한 예로써, 전환층(18)은 스폰지와 유사한 방식으로 배열될 수 있다.

발명의 효과

이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시 예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 이온 이동 분광기(Ion Mobility Spectrometer) 전자 포획 감지기 (Electron Capture Detector ; ECD) 및 대기압 이온화 질량 분광기 (Atmospheric Pressure Ionization Mass Spectrometer ; APIMS) 등의 기기에 비-방사선 전자 발생기(Non-radiative Electron Source)를 내장한 이온화 챔버(Ionization Chamber)를 적용하여, 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백하며, 그 산업상 효과는 다대한 것이다..

도면의 간단한 설명

도 1은 종래에 알려진 IMS 분광기를 예시한 도.

도 2는 본 발명의 요체가 적용된 이온화 챔버에 진공 격실이 형성된 제동복사 장치를 도시한 도.

도 3a는 제동복사 장치(10)를 IMS 측정장치(1) 주축 방향으로 설치하고, 전환층(18)을 원도(18) 전방에 평행하게 설치한 실시예를 예시한 도.

도 3b는 제동복사 장치(10)를 IMS 측정장치(1) 주축과 수직한 방향으로 설치하고, 전환층(18)을 축 방향에 대하여 45도 각도로 설치한 실시예를 예시한 도.

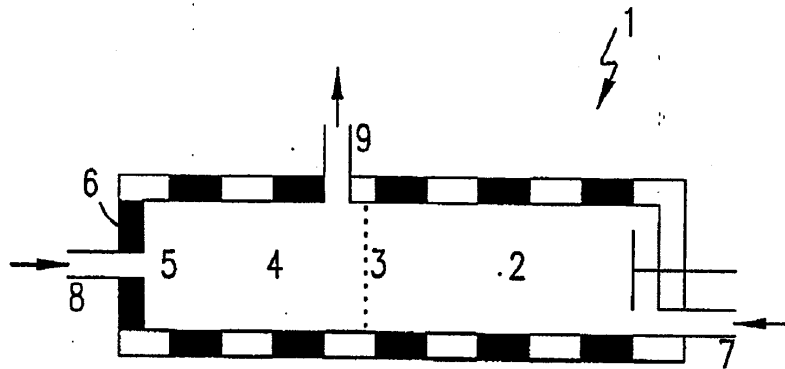
도 3c는 제동복사 장치(10)를 IMS 측정장치(1) 주축과 수직한 방향으로 설치하고, 전환층(18)을 축 방향에 평행하게 다층 격판(19)에 설치한 실시예를 도시한 도.

■ 도면의 주요부분에 사용된 부호에 대한 설명 ■

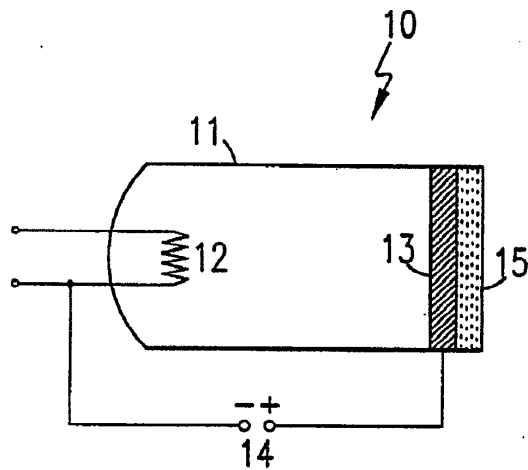
- 1 : 측정장치 2 : 이송격실
- 3 : 이온허용격자 4 : 반응격실
- 5 : 전방부 6 : 척력전극
- 7 : 가스 인입구 8 : 인입구
- 9 : 인출구 10 : 제동복사 발생기
- 11 : 용기 12 : 열이온 음극
- 13 : 양극 14 : 전원
- 15 : 윈도 16 : 전자
- 17 : 제동복사 18 : 전환층

도면

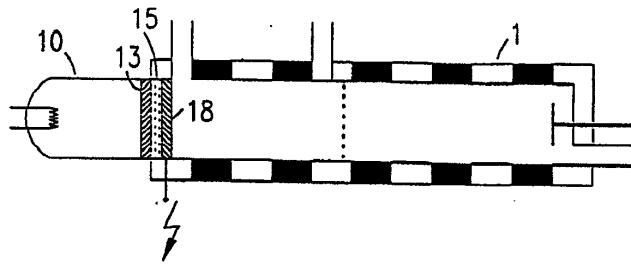
도면1



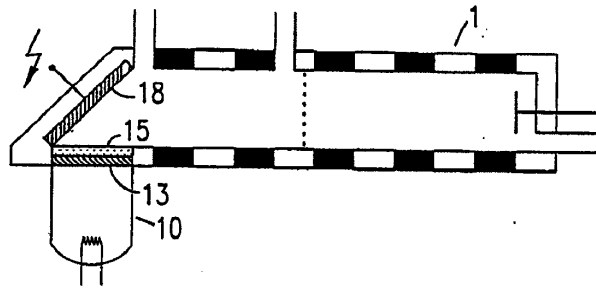
도면2



도면3a



도면3b



도면3c

