



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

|                      |           |             |
|----------------------|-----------|-------------|
| (51) 。 Int. Cl.      | (45) 공고일자 | 2007년05월10일 |
| G01R 19/00 (2006.01) | (11) 등록번호 | 10-0716136  |
| H05H 1/00 (2006.01)  | (24) 등록일자 | 2007년05월02일 |

|           |                 |           |
|-----------|-----------------|-----------|
| (21) 출원번호 | 10-2006-0030123 | (65) 공개번호 |
| (22) 출원일자 | 2006년04월03일     | (43) 공개일자 |
| 심사청구일자    | 2006년04월03일     |           |

(73) 특허권자      한국원자력연구소  
                         대전 유성구 덕진동 150번지

(72) 발명자      이찬영  
                         대전 유성구 송강동 193-2번지 202호

                         한경훈  
                         서울 관악구 봉천동 1615-1번지

                         김계령  
                         대전 유성구 송강동 한양 청솔아파트 511동 206호

                         최병호  
                         서울 서초구 반포동 반포미도아파트 307동 603호

                         이재상  
                         대전 유성구 지족동 반석마을 호반리젠시빌 106동 1502호

                         박범식  
                         대전 대덕구 중리동 379-9번지 301호

(74) 대리인      신운철  
                         강성균

(56) 선행기술조사문헌  
                         US5386115

심사관 : 박장환

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치

(57) 요약

본 발명은 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 설치가 용이하고, 위치조절이 가능하여 이온 가속기로부터 가속 수송되는 이온빔에 포함된 각 이온들의 성분 및 전하량을 빠른 시간 내에 효율적으로 측정할 수 있는 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치에 관한 것이다.

본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치는, 이온 가속기의 이온빔 수송 경로 상에 삽입되어 장착될 수 있도록 몸체의 양단에 연결 플랜지(flange)가 형성되어 있는 동시에, 외부의 진공계에 연결될 수 있도록 몸체의 일측에 진공계 연결 플랜지가 형성되어 있는 챔버와; 상기 챔버 내부에 구비되며, 몸체 중심부에 수평방향으로 개구된 슬릿이 형성되어 있는 콜리메이터와; 상기 슬릿의 좌우에 구비되는 한 쌍의 영구자석과 상기 영구자석 및 상기 슬릿을 둘러싸는 형태로 구성되는 강자성체의 자속 실드를 포함하여 구성되며, 상기 콜리메이터의 배면에 부착되어 구비되는 이온빔 편향장치와; 상기 이온빔 편향장치 및 상기 콜리메이터를 수직방향으로 이동가능하게 하는 편향기 수직이동장치와; 상기 이온빔 편향장치에 이온빔의 진행방향을 따라 소정거리 이격되어 구비되는 이온빔 전류측정기와; 상기 이온빔 전류측정기의 수직 이동을 가능하게 하는 전류측정기 수직이동장치; 및 상기 챔버 외부에 구비되며, 상기 이온빔 전류측정기 및 전류측정기 수직이동장치에 연결되어, 상기 전류측정기 수직이동장치를 제어하여 상기 이온빔 전류측정기의 위치를 설정하고, 상기 이온빔 전류측정기의 위치에 따라 측정된 전류량을 기록하는 제어장치;를 포함하여 이루어진다.

## 대표도

도 1

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

이온 가속기의 이온빔 수송 경로 상에 삽입되어 장착될 수 있도록 몸체의 양단에 연결 플랜지(flange)가 형성되어 있는 동시에, 외부의 진공계에 연결될 수 있도록 몸체의 일측에 진공계 연결 플랜지가 형성되어 있는 챔버와;

상기 챔버 내부에 구비되며, 몸체 중심부에 수평방향으로 개구된 슬릿이 형성되어 있는 콜리메이터와;

상기 슬릿의 좌우에 구비되는 한 쌍의 영구자석과 상기 영구자석 및 상기 슬릿을 둘러싸는 형태로 구성되는 강자성체의 자속 실드를 포함하여 구성되며, 상기 콜리메이터의 배면에 부착되어 구비되는 이온빔 편향장치와;

상기 이온빔 편향장치 및 상기 콜리메이터를 수직방향으로 이동가능하게 하는 편향기 수직이동장치와;

상기 이온빔 편향장치에 이온빔의 진행방향을 따라 소정거리 이격되어 구비되는 이온빔 전류측정기와;

상기 이온빔 전류측정기의 수직 이동을 가능하게 하는 전류측정기 수직이동장치; 및

상기 챔버 외부에 구비되며, 상기 이온빔 전류측정기 및 전류측정기 수직이동장치에 연결되어, 상기 전류측정기 수직이동장치를 제어하여 상기 이온빔 전류측정기의 위치를 설정하고, 상기 이온빔 전류측정기의 위치에 따라 측정된 전류량을 기록하는 제어장치;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치.

### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 이온빔 편향장치에는 상기 한 쌍의 영구자석의 이온빔이 통과하는 측면에 각각 부착되고, 강자성체로 구성된 한 쌍의 자기장판이 추가로 구비되는 것을 특징으로 하는 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치.

### 청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 이온빔 전류측정기를 이온빔 진행방향을 따라 전후로 이동가능하게 하는 전류측정기 수평이동장치가 추가로 구비되고, 상기 전류측정기 수직이동장치 및 전류측정기 수평이동장치는 상기 제어장치에 의해 제어되어 상기 이온빔 전류측정기의 위치를 설정하는 것을 특징으로 하는 영구자석 필터를 이용한 이온분률 측정장치.

### 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 편향기 수직이동장치는 상기 챔버 외부에 구비되는 구동장치에 의해 구동되는 것을 특징으로 하는 영구자석 필터를 이용한 이온분률 측정장치.

### 청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 이온분률 측정장치는 상기 이온빔 수송 경로로부터 착탈 가능하게 구성된 것을 특징으로 하는 영구자석 필터를 이용한 이온분률 측정장치.

### 명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 영구자석 필터를 이용한 이온분률 측정장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 설치가 용이하고, 위치조절이 가능하여 이온 가속기로부터 가속 수송되는 이온빔에 포함된 각 이온들의 성분 및 전하량을 빠른 시간 내에 효율적으로 측정할 수 있는 영구자석 필터를 이용한 이온분률 측정장치에 관한 것이다.

입자 가속기는 전자나 양성자와 같은 하전입자를 강력한 전기장이나 자기장 속에서 가속시켜 큰 운동에너지를 발생시키는 장치로서, 원자핵이나 소립자에 관한 물질의 심층 구조를 탐구하는 물리실험 및 암치료를 위한 의료장비 등에 사용되고 있다.

이러한 입자 가속기를 통해 가속되는 이온빔은 상기 입자 가속기를 구성하고 있는 진공 상태의 이온빔 경로를 따라 이동하면서 집속 및 가속이 반복되며, 가속되는 이온빔 중에 여러 종류의 이온이 섞여있을 때, 이들 각 이온들의 성분과 전하량 등을 측정하기 위해서 이온빔 측정장치가 사용된다.

종래의 이온빔 측정장치는 크고 복잡한 질량분리 2극 전자석, 슬릿(slit) 및 패러데이 컵(Faraday cup)으로 구성되고, 전자석 구동 전원의 전류를 조정함으로써 자기장을 변화시켜 전하를 집속하는 패러데이 컵에 포집된 이온빔 전류를 측정하였다.

그러나 종래의 이온빔 편향장치는 가격이 고가일 뿐만 아니라, 이 장치를 설치할 별도의 공간이 필요하고, 장치를 설치한 후에는 치수변경이 불가능하며, 다양한 변수를 갖는 장치를 설치할 수 없는 일회성의 성격을 갖는 등 여러 가지 불편이 따르기 때문에 널리 사용되지 못하고 있다는 문제점이 있다.

## 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 설치가 용이하고, 위치조절이 가능하여 이온 가속기로부터 가속 수송되는 이온빔에 포함된 각 이온들의 성분 및 전하량을 빠른 시간 내에 효율적으로 측정할 수 있는 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치를 제공하는데 목적이 있다.

## 발명의 구성

상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치는,

이온 가속기의 이온빔 수송 경로 상에 삽입되어 장착될 수 있도록 몸체의 양단에 연결 플랜지(flange)가 형성되어 있는 동시에, 외부의 진공계에 연결될 수 있도록 몸체의 일측에 진공계 연결 플랜지가 형성되어 있는 챔버와;

상기 챔버 내부에 구비되며, 몸체 중심부에 수평방향으로 개구된 슬릿이 형성되어 있는 콜리메이터와;

상기 슬릿의 좌우에 구비되는 한 쌍의 영구자석과 상기 영구자석 및 상기 슬릿을 둘러싸는 형태로 구성되는 강자성체의 자속 실드를 포함하여 구성되며, 상기 콜리메이터의 배면에 부착되어 구비되는 이온빔 편향장치와;

상기 이온빔 편향장치 및 상기 콜리메이터를 수직방향으로 이동가능하게 하는 편향기 수직이동장치와;

상기 이온빔 편향장치에 이온빔의 진행방향을 따라 소정거리 이격되어 구비되는 이온빔 전류측정기와;

상기 이온빔 전류측정기의 수직 이동을 가능하게 하는 전류측정기 수직이동장치; 및

상기 챔버 외부에 구비되며, 상기 이온빔 전류측정기 및 전류측정기 수직이동장치에 연결되어, 상기 전류측정기 수직이동장치를 제어하여 상기 이온빔 전류측정기의 위치를 설정하고, 상기 이온빔 전류측정기의 위치에 따라 측정된 전류량을 기록하는 제어장치;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참고로 하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치의 구성을 나타내는 도면이고, 도 2는 도 1에 도시된 콜리메이터 및 이온빔 편향장치의 구성을 상세하게 나타내는 도면이다.

도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치는, 이온 가속기에 연결되어 있는 이온빔 경로의 소정 위치에 장착할 수 있도록 몸체 양단에 연결 플랜지(flange; 12, 14)가 형성되어 있는 동시에 몸체 내부를 진공 상태로 만들기 위하여 몸체 외부에 구비되는 진공계에 연결될 수 있도록 몸체의 일측에 진공계 연결 플랜지(16)가 형성되어 있는 챔버(10)와, 상기 챔버(10) 내부에 구비되며, 상기 이온 가속기 방향에 연결된 상기 연결 플랜지(12)에 인접하게 구비되어, 상기 이온 가속기로부터 방사되는 이온빔(1)을 입사시킬 수 있도록 수평방향으로 개구된 슬릿(32)이 형성되어 있는 콜리메이터(30)와, 상기 콜리메이터(30)의 배면에 부착되어, 한 쌍의 영구자석(44)과, 상기 영구자석(44) 및 상기 슬릿(32)을 둘러싸는 형태로 구성되는 자속 실드(42)를 포함하여 이루어지는 이온빔 편향장치(40)와, 상기 이온빔 편향장치(40) 및 상기 콜리메이터(30)를 수직방향으로 이동가능하게 하는 편향기 수직이동장치(20)와, 상기 이온빔 편향장치(40)에 이온빔의 진행방향을 따라 소정 거리 이격되어 구비되는 이온빔 전류측정기(50)와, 상기 이온빔 전류측정기(50)의 수직이동을 가능하게 하는 전류측정기 수직이동장치(60)와, 상기 챔버(10) 외부에 구비되며, 상기 전류측정기 수직이동장치(60)를 제어하여 상기 이온빔 전류측정기(50)의 위치를 결정하고, 상기 이온빔 전류측정기(50)의 위치에 따라 측정된 전류량을 기록하는 제어장치(70)를 포함하여 이루어진다.

본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치는, 상기 전류측정기 수직이동장치(60)에 연결되어, 상기 이온빔 전류측정기(50)의 수평이동을 가능하게 하는 전류측정기 수평이동장치(62)가 더 구비될 수도 있다.

상기와 같은 구성을 갖는 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치의 구성에 대하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

챔버(10)는 이온 가속기에 연결된 이온빔 경로의 소정 위치에 장착되며, 이온 가속기로부터 가속 수송되는 이온빔이 통과할 수 있도록 양단에 연결 플랜지(12, 14)가 형성되어 있다.

또한, 챔버(10)에는 챔버(10) 외부에 구비되는 진공계에 연결하기 위한 진공계 연결 플랜지(16)가 형성되어 있다.

콜리메이터(30)는 챔버(10) 내부에 구비되며, 몸체 중심부에는 연결 플랜지(12)를 통해 입사되는 이온빔(1)을 통과시키기 위한 슬릿(32)이 형성되어 있다. 콜리메이터(30)는 비자성체의 금속판으로 형성될 수 있다. 이렇게 콜리메이터(30)를 사용하는 이유는 이온빔(1)이 영구자석(44)에 직접적으로 입사되는 것을 방지함으로써 상기 이온빔(1)이 상기 영구자석(44)에 충돌하여 발생하는 열로 인해 상기 영구자석(44)의 자성이 손실되는 것을 방지하기 위함이다.

슬릿(32)은 이온 가속기로부터 방사되는 이온빔(1) 중 일부를 통과시키기 위한 것으로서, 수평방향으로 형성되어 있다.

콜리메이터(30)의 배면에는 슬릿(32)을 통해 입사된 이온빔(1)을 편향시키기 위한 이온빔 편향장치(40)가 구비된다.

도 2를 참조하면, 이온빔 편향장치(40)는 이온빔(1)을 그 사이로 통과시킬 수 있도록 소정 거리 이격되어 구비되는 한 쌍의 영구자석(44)과, 상기 한 쌍의 영구자석(44)의 이온빔이 통과하는 측면에 각각 부착되어 있는 한 쌍의 자기장판(46)과, 이온빔 통과 경로 주위에 자기회로를 형성하고, 형성된 자기장이 외부에 영향을 미치는 것을 방지하기 위한 자속 실드(42)를 포함하여 구성된다.

자기장판(46)은 연철 등의 강자성체로 이루어져 이온빔이 통과하는 공간에 균일한 2극 자기장이 형성되도록 한다.

자속 실드(42)는 연철 등의 강자성체로 이루어지며, 영구자석(44)에서 발생하는 자속이 주변 공간으로 손실되는 것을 방지하고, 이온빔이 통과하는 공간에서 강한 자기장이 형성되도록 한다. 자속 실드(42)는 이온빔 통과 경로 주위에 자기회로를 형성하고, 형성된 자기장이 외부에 영향을 미치는 것을 방지하기 위하여 슬릿(32) 및 상기 영구자석(44)을 둘러싸는 형태로 이루어져 있다.

도 3은 본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치를 구성하는 이온빔 편향장치에서 발생하는 자력선을 보여주는 개념도로서, 자기장판(46)에 의해 한 쌍의 영구자석(44) 사이에서 자기장이 균일하게 형성되고, 상기 자속 실드(42)를 따라 자기회로가 형성되는 것을 알 수 있다. 또한, 상기 자속 실드(42)는 자기장이 상기 자속 실드(42)의 외부 공간으로 영향을 미치는 것을 방지한다.

이온빔(1)은 상기 이온빔 편향장치(40)를 통과하면서 자기장의 영향으로 인해 편향되어 진행 경로가 바뀌게 되며, 이온의 성분에 따라 그 경로가 결정된다. 다시 말해서, 이온빔(1)은 상기 이온빔 편향장치(40) 내의 자기장을 통과하면서 각 이온 별로 그 전하량 및 질량에 따라 편향되는 방향이 결정된다.

이온빔 편향장치(40)는 편향기 수직이동장치(20)에 연결되어 있어 상하 이동이 가능하도록 구성된다.

편향기 수직이동장치(20)는 이온빔 편향장치(40)를 상하로 이동시키며, 이온빔 편향장치(40)를 사용하지 않을 경우 이온빔 편향장치(40) 및 콜리메이터(30)를 상기 챔버(10)의 내부 상측으로 이동시켜 이온빔 경로로부터 제거한다. 이 경우, 이온빔 편향장치(40)에서 형성되는 자기회로는 자속 실드(42)에 의해 편향장치 내에 구속되므로, 이온빔 편향장치(40) 아래를 통과하는 이온빔(1)은 자기장에 영향을 받지 않는다. 편향기 수직이동장치(20)는 챔버(10) 외부에 구비되어 있는 실린더 등을 이용한 구동장치에 의해 구동될 수 있으며, 콜리메이터(30) 및 이온빔 편향장치(40)를 상기 이온빔(1)의 단면에 대하여 수직방향으로 이동시킴으로써 상기 이온빔(1)의 위치별 이온 성분 및 전하량을 측정할 수 있다.

이온빔 편향장치(40)에 이온빔의 진행방향을 따라 소정 거리 이격된 곳에는 이온빔 편향장치(40)를 통과한 이온빔의 전류를 측정하기 위한 이온빔 전류측정기(50)가 구비된다.

이온빔 전류측정기(50)는 개구부가 형성된 패러데이 컵이나 얇은 금속판 또는 금속선 형태로 이루어지며, 전류측정기 수직이동장치(60)에 연결되어 있다.

이온빔 전류측정기(50)는 금속재질로 이루어져, 이온빔 편향장치(40)를 통과한 이온빔(1)이 이온빔 전류측정기(50)에 입사되면 이온화(ionization)가 발생하고, 이에 따라 전류가 발생하게 된다. 이때, 상기 이온빔(1)은 이온빔 편향장치(40)를

통과하면서 이온의 성분, 질량 및 전하량에 따라 편향되는 각도가 다르기 때문에, 예를 들어 질량이 큰 이온은 질량이 작은 이온에 비하여 편향되는 각도가 작고, 전하량이 큰 이온은 전하량이 작은 이온에 비하여 편향되는 각도가 크기 때문에 이온빔 전류측정기(50)의 위치를 변경해가면서 위치에 따른 이온빔의 전류를 측정할 수 있다.

상기와 같이 이온의 질량 및 전하량에 따라 편향되는 각도가 다르기 때문에 이온빔의 전류를 측정하는데 있어서 전류측정기 수직이동장치(60)가 사용된다.

전류측정기 수직이동장치(60)는 이온빔 전류측정기(50)에 연결되어 상기 이온빔 전류측정기(50)를 수직방향으로 이동시키면서 상기 이온빔 편향장치(40)를 통과한 이온빔(1)의 위치에 따른 전류량을 측정할 수 있게 한다.

한편, 이온빔 전류측정기(50)는 추가로 구비된 전류측정기 수평이동장치(62)에 연결되어 전후 이동이 가능하도록 구성될 수도 있다.

제어장치(70)는 챔버(10) 외부에 구비되어, 전류측정기 수직이동장치(60) 및 전류측정기 수평이동장치(62)를 제어하여 이온빔 전류측정기(50)의 위치를 결정하며, 이온빔 전류측정기(50)로부터 측정된 전류량을 기록한다.

이하에서는 본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분률 측정장치를 이용한 이온분률 측정방법에 대하여 설명하되, 도 1 및 도 2를 참조하여 설명한다.

이온 가속기의 이온빔 경로 상에 챔버(10)를 연결하고, 챔버(10)에 형성되어 있는 진공계 연결 플랜지(16)를 챔버(10) 외부의 진공계에 연결하여 챔버(10) 내부를 진공상태로 만든다.

다음, 편향기 수직이동장치(20)를 제어하여 이온빔 편향장치(40) 및 콜리메이터(30)를 이온빔(1) 진행 경로에 위치시킨다. 이때, 콜리메이터(30)에 형성되어 있는 슬릿(32)이 이온빔(1)의 진행 경로에 위치하도록 편향기 수직이동장치(20)를 조절하되, 측정 위치에 따라 편향기 수직이동장치(20)를 조절하여 슬릿(32)이 상기 이온빔(1)의 단면에 대하여 수직방향으로 이동하면서 위치될 수 있도록 한다.

이온 가속기로부터 가속 수송되는 이온빔(1)은 이온빔 편향장치(40)를 통과하면서 이온빔 편향장치(40)에 형성된 자기회로의 영향으로 상측 또는 하측으로 편향된다. 이온빔(1)에 포함된 각 이온은 그 성분에 따라 전하량이 다르기 때문에 서로 다른 각도로 편향되어 각기 다른 각도로 편향된다.

제어장치(70)를 통해 전류측정기 수직이동장치(60) 및 전류측정기 수평이동장치(62)를 제어하여 이온빔 전류측정기(50)의 위치를 변경해가면서 이온빔의 전류를 측정한다.

하기 [수학식 1]은 이온빔의 편향거리와 이온의 질량 및 전하량, 이온빔 에너지에 대응되는 이온빔 인출전압, 영구자석 사이에서의 자속밀도 등 여러 가지 변수 간의 관계를 보여주고 있다.

$$Y = \sqrt{\frac{q}{2mV}} \cdot \int Bdl \cdot X$$

수학식 1

Y : 빔의 수평 경로에서 이온 성분들이 편향되는 거리(m)

m : 이온의 질량(kg)

V : 인출전압(V)

q : 이온의 전하량(C)

B : 영구자석 사이에서의 자속밀도(T)

dl : 빔 경로에서 영구자석의 미소길이(m)

X : 영구자석 끝에서부터 이온빔 전류검출기까지의 거리(m)

여기서, 이온빔의 인출전압, 즉 이온빔 에너지가 크면 클수록 일정한 자기장 속에서 이온빔의 진행방향에서 각 이온들의 편향각도, 즉 편향거리가 작아지기 때문에 측정시 분해능이 떨어지게 된다. 따라서 이러한 경우 이온빔의 분해능을 높이기 위해서는 이온빔 통로, 즉 이온빔 편향장치(40) 내에 높은 자기장이 필요한데, 이를 얻기 위해서는 영구자석(44)의 수를 늘리거나, 자석 사이의 간격을 줄이거나, 보다 강한 자기장을 내는 영구자석(44)으로 교체할 수 있다.

한편, 고에너지의 이온빔으로부터 이온 성분을 측정하는 경우 두께가 얇은 이온빔 전류측정기(50)를 사용하는 것이 바람직하다. 이렇게 두께가 얇은 이온빔 전류측정기를 사용하게 되면, 이온빔 편향장치(40)를 통과한 이온빔(1)의 각 이온별 편향거리 차이가 매우 작더라도 전하량이 서로 다른 이온으로부터 발생하는 전류를 보다 정밀하게 측정할 수 있다.

상기 [수학식 1]에서와 같이 이온의 성분 및 전하량에 따라 이온빔(1)의 편향거리가 달라지므로, 이를 고려하여 이온 성분과 전류량을 측정하여야 한다. 또한, 영구자석(44) 끝에서부터 이온빔 전류측정기(50)까지의 거리(X)에 비례하여 편향되는 거리도 비례하게 되는데, 이것은 한 쌍의 영구자석(44) 사이에서 편향되어 일정한 편향각도로 나오는 이온빔(1)이 영구자석(44)을 벗어난 후에는 자기장의 영향으로부터 벗어나기 때문에 직선운동을 하여 X값(영구자석(44) 끝에서부터 이온빔 전류검출기(50)까지의 거리)이 클수록 각 이온성분들의 편향거리의 차가 커지기 때문이다. 따라서, 전류측정기 수평이동장치(62)를 사용하여 이온빔 전류측정기(50)를 전후로 이동시켜 X값을 변화시킴으로써 분해능을 조절할 수 있게 된다.

이온빔 경로에서 진공도는 이온성분에 대한 중성입자의 상대적인 양에 관계되는데, 진공계통의 압력이 높을수록 이온의 중성화에 따른 중성입자 분률이 증가하게 된다. 이러한 중성입자는 자기장에 영향을 받지 않으므로 자기장이 걸려있는 공간에서도 직선운동을 하게 된다. 이러한 중성입자는 이온빔 전류검출기(50)에서의 그 중 일부가 이차전자를 방출하여 전류 신호를 내게 된다.

이를 이용하면 중성입자 검출위치를 기준점으로 하여 1가(一價), 다가(多價), 질량이 다른 이온들의 상대적인 편향 거리를 정확히 알 수 있다. 따라서, 각 검출 위치에서의 이온빔 전류량을 측정함으로써 이온의 성분비를 알 수 있게 된다.

[실시예]

본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분률 측정장치를 이용하여 수 keV 내지 수십 keV의 에너지, 수 mA의 빔 전류에 적합하도록 시스템을 변경시켜, 여러 종류의 이온들을 측정하였다. 본 실시예에서는 이온빔 에너지를 수소의 경우 5 내지 20keV, 헬륨의 경우 7.5keV 내지 30keV로 하였고, 챔버 내의 압력은  $5 \times 10^{-5}$  torr를 유지하였다.

수소 이온은 헬륨 이온에 비해 질량이 가볍기 때문에 빔 경로 중심에서 헬륨 이온보다 많이 벗어나는 것을 보였으며, 각각의 수소 이온들의 편향거리는 질량의 제곱근에 반비례하는 것을 알 수 있었다. 이와 관계된 [수학식 2]는 하기와 같다.

$$\text{수학식 2} \\ Y_{H_1^+} : Y_{H_2^+} : Y_{H_3^+} = \sqrt{\frac{1}{m_H}} : \sqrt{\frac{1}{2m_H}} : \sqrt{\frac{1}{3m_H}}$$

$Y_H$  : 이온별 편향거리,  $m_H$  : 수소 이온의 질량

상대적으로 헬륨 이온의 편향거리는 전하량의 제곱근배에 비례하는 것을 하기의 [수학식3]에 의해 알 수 있다.

$$\text{수학식 3} \\ Y_{He^+} : Y_{He^{++}} = \sqrt{q_{He}} : \sqrt{2q_{He}}$$

$q_{He}$  : 헬륨 이온의 전하량

이를 바탕으로 하여, 수소와 헬륨 이온들의 편향 거리에 대한 하기의 [표 1] 및 [표 2]는 실제 실험에 적용되는 각종 변수들을 기입하여 이론적 단순 모델의 편향 거리와 실제적인 실험 결과치를 비교한 것이다.

[표 1]

|                               | V 전압<br>[V] | q 전하량<br>[C] | m 질량<br>[kg] | B 자속밀도<br>[T] | d 자석길이<br>[m] | X 자석끝-측정장치<br>[m] | Y 이론치<br>편향거리[m] | 실험치<br>편향거리[m] |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| H <sup>+</sup>                | 5000        | 1.60E-19     | 1.67E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.117           | -              |
| H <sub>2</sub> <sup>++</sup>  | 5000        | 1.60E-19     | 3.34E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.082           | -              |
| H <sub>3</sub> <sup>+++</sup> | 5000        | 1.60E-19     | 5.01E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.067           | ≈0.074         |

|                               | V 전압<br>[V] | q 전하량<br>[C] | m 질량<br>[kg] | B 자속밀도<br>[T] | d 자석길이<br>[m] | X 자석끝-측정장치<br>[m] | Y 이론치<br>편향거리[m] | 실험치<br>편향거리[m] |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| H <sup>+</sup>                | 7500        | 1.60E-19     | 1.67E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.095           | -              |
| H <sub>2</sub> <sup>++</sup>  | 7500        | 1.60E-19     | 3.34E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.067           | ≈0.069         |
| H <sub>3</sub> <sup>+++</sup> | 7500        | 1.60E-19     | 5.01E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.055           | ≈0.058         |

|                               | V 전압<br>[V] | q 전하량<br>[C] | m 질량<br>[kg] | B 자속밀도<br>[T] | d 자석길이<br>[m] | X 자석끝-측정장치<br>[m] | Y 이론치<br>편향거리[m] | 실험치<br>편향거리[m] |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| H <sup>+</sup>                | 10000       | 1.60E-19     | 1.67E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.0827          | -              |
| H <sub>2</sub> <sup>++</sup>  | 10000       | 1.60E-19     | 3.34E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.0585          | ≈0.063         |
| H <sub>3</sub> <sup>+++</sup> | 10000       | 1.60E-19     | 5.01E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.0477          | ≈0.051         |

|                               | V 전압<br>[V] | q 전하량<br>[C] | m 질량<br>[kg] | B 자속밀도<br>[T] | d 자석길이<br>[m] | X 자석끝-측정장치<br>[m] | Y 이론치<br>편향거리[m] | 실험치<br>편향거리[m] |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| H <sup>+</sup>                | 20000       | 1.60E-19     | 1.67E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.05851         | ≈0.058         |
| H <sub>2</sub> <sup>++</sup>  | 20000       | 1.60E-19     | 3.34E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.04138         | ≈0.042         |
| H <sub>3</sub> <sup>+++</sup> | 20000       | 1.60E-19     | 5.01E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.03379         | ≈0.035         |

≈√2 배

≈√3 배

[표 2]

|                  | V 전압<br>[V] | q 전하량<br>[C] | m 질량<br>[kg] | B 자속밀도<br>[T] | d 자석길이<br>[m] | X 자석끝-측정장치<br>[m] | Y 이론치<br>편향거리[m] | 실험치<br>편향거리[m] |
|------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| He <sup>+</sup>  | 7500        | 1.60E-19     | 6.68E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.05            | ≈0.021         |
| He <sup>++</sup> | 7500        | 3.20E-19     | 6.68E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.07            | ≈0.031         |

≈√2 배

|                  | V 전압<br>[V] | q 전하량<br>[C] | m 질량<br>[kg] | B 자속밀도<br>[T] | d 자석길이<br>[m] | X 자석끝-측정장치<br>[m] | Y 이론치<br>편향거리[m] | 실험치<br>편향거리[m] |
|------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| He <sup>+</sup>  | 10000       | 1.60E-19     | 6.68E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.04            | ≈0.019         |
| He <sup>++</sup> | 10000       | 3.20E-19     | 6.68E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.06            | ≈0.228         |

|                  | V 전압<br>[V] | q 전하량<br>[C] | m 질량<br>[kg] | B 자속밀도<br>[T] | d 자석길이<br>[m] | X 자석끝-측정장치<br>[m] | Y 이론치<br>편향거리[m] | 실험치<br>편향거리[m] |
|------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| He <sup>+</sup>  | 20000       | 1.60E-19     | 6.68E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.03            | ≈0.016         |
| He <sup>++</sup> | 20000       | 3.20E-19     | 6.68E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.004           | ≈0.228         |

|                  | V 전압<br>[V] | q 전하량<br>[C] | m 질량<br>[kg] | B 자속밀도<br>[T] | d 자석길이<br>[m] | X 자석끝-측정장치<br>[m] | Y 이론치<br>편향거리[m] | 실험치<br>편향거리[m] |
|------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|------------------|----------------|
| He <sup>+</sup>  | 30000       | 1.60E-19     | 6.68E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.02            | ≈0.014         |
| He <sup>++</sup> | 30000       | 3.20E-19     | 6.68E-27     | 0.13          | 0.04          | 0.23              | ≈0.03            | ≈0.002         |

도 4 및 도 5는 [표 1] 및 [표 2]에 나타난 측정치를 그래프로 나타낸 것으로서, 중성입자를 기준으로 하여 각 이온 성분들의 편향거리와 그 성분 그리고 전류량을 보여주고 있다.

그 결과, 각 이온들의 편향 거리에 대한 측정치들은 계산치와 일치함을 보였으며, 특히 전하량과 질량에 따라 비례 또는 반비례하여 변하는 각 이온들 사이의 폭은 일치함을 보였다.

이러한 단순 모델을 이용한 편향 거리 계산 결과는 실제 측정 시 여러 오차를 포함하더라도 거의 일치하여 그 유용함을 알 수 있다.

이와 같이, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

## 발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치는 이온 가속기로부터 가속 수송되는 이온빔 경로의 소정 위치에 간편하게 부착하여 이온빔의 상태를 측정할 수 있고, 이온빔을 편향시키는 이온빔 편향장치는 이온빔 경로 내에서 이동 가능하기 때문에 사용상에 편리함을 도모할 수 있다는 효과가 있다.

## 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치의 구성을 나타내는 도면.

도 2는 도 1에 도시된 콜리메이터 및 이온빔 편향장치의 구성을 상세하게 나타내는 도면.

도 3은 본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치를 구성하는 이온빔 편향장치에서 발생하는 자력선을 보여주는 개념도.

도 4 및 도 5는 본 발명에 따른 영구자석 필터를 이용한 이온분류 측정장치를 통해 측정된 각 이온 성분들의 편향거리와 성분 및 전류량의 측정치를 보여주는 그래프들.

### <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

1 : 이온빔 10 : 챔버

12, 14 : 연결 플랜지(flange) 16 : 진공계 연결 플랜지

20 : 편향기 수직이동장치 30 : 콜리메이터

32 : 슬릿(slit) 40 : 이온빔 편향장치

42 : 자속 실드 44 : 영구자석

46 : 자기장판 50 : 이온빔 전류측정기

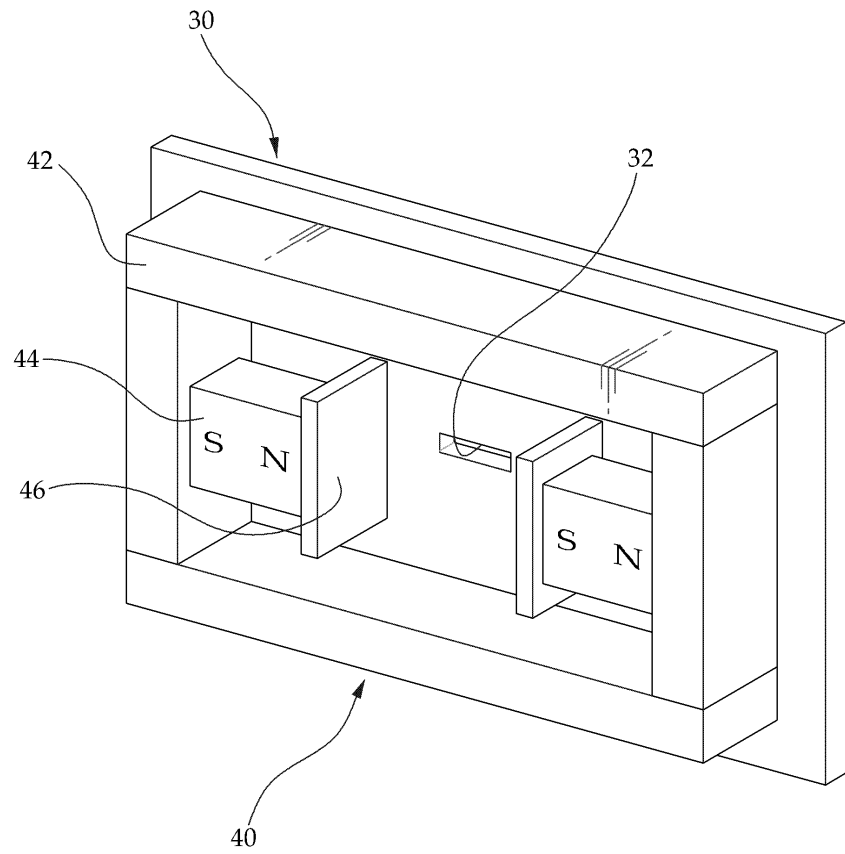
60 : 전류측정기 수직이동장치 62 : 전류측정기 수평이동장치

70 : 제어장치

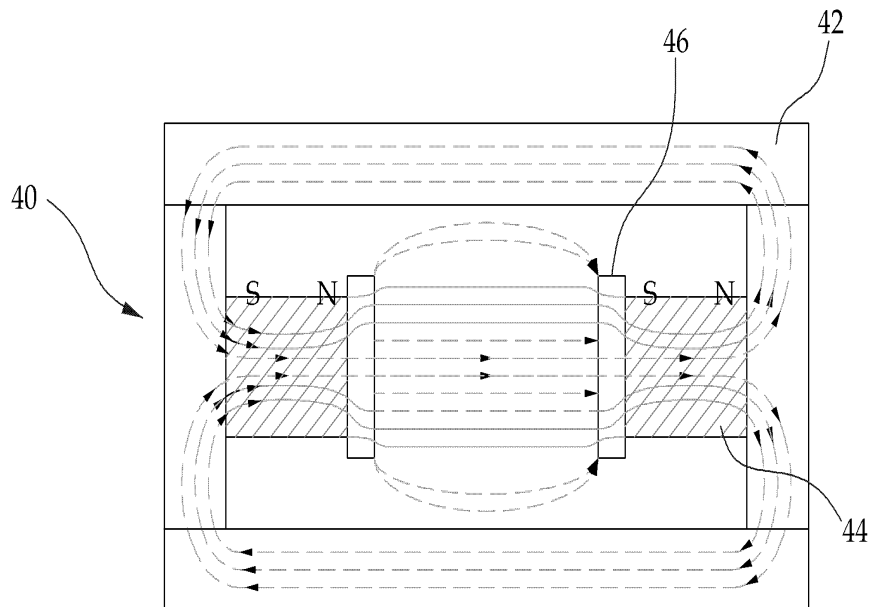
## 도면



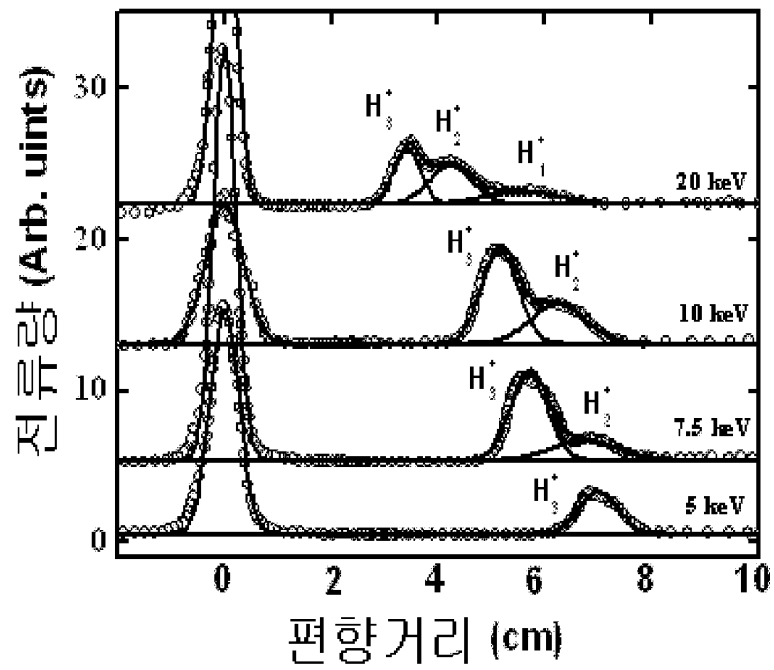
도면2



도면3



도면4



도면5

