(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0035391
(43) 공개일자 2024년03월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/317 (2006.01) *B01D 59/48* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/3178 (2013.01)
B01D 59/48 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7042724
(22) 출원일자(국제) 2022년05월13일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2023년12월11일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/029153
(87) 국제공개번호 WO 2022/241196
국제공개일자 2022년11월17일
(30) 우선권주장
63/188,729 2021년05월14일 미국(US)

(71) 출원인
샤인 테크놀로지스 엘엘씨
미국 53546 위스콘신주 제인스빌 이노베이션 코트 3400
(72) 발명자
셔먼 조셉
미국 87506 뉴멕시코주 산타페 시슬 레인 2
체렉지안 사르코
미국 53548 위스콘신주 제인스빌 더블유 밀워키 스트리트 215비
(74) 대리인
양영준, 김윤기

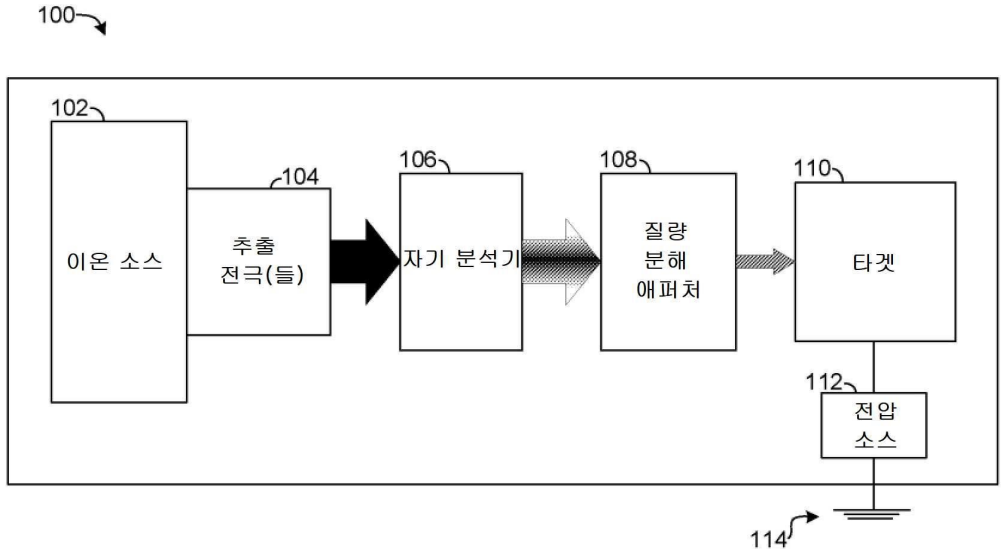
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 **효율적인 이온 수집을 갖는 이온 생산 시스템**

(57) 요 약

시스템은 제1 극성을 갖는 이온들을 생성하도록 구성된 이온 소스, 상기 이온 소스로부터 상기 이온들을 추출 에너지를 갖는 이온 빔으로서 추출하도록 구성된 하나 이상의 추출 전극들, 원하는 동위원소 이온 빔이 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처를 통과하도록 상기 이온 빔으로부터 원하는 동위원소를 선택하도록 구성된 상기 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처, 상기 원하는 동위원소 이온 빔이 타겟 상에 입사되도록 상기 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처에 대해 위치된 타겟, 및 상기 타겟에 결합되고 상기 제1 극성을 갖는 제1 전압에서 상기 타겟을 홀딩하도록 구성된 전압 소스를 포함한다. 제1 전압은 원하는 동위원소 이온 빔이 타겟에 접근함에 따라 추출 에너지의 감소를 야기하여 스퍼터링을 최소화하고 타겟 상의 이온들의 수집을 최대화하여 이온화된 재료를 재구성한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H01J 2237/055 (2013.01)
H01J 2237/3142 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

시스템에 있어서,

제1 극성을 갖는 이온들을 생성하도록 구성된 이온 소스;

상기 이온 소스로부터 상기 이온들을 추출 에너지를 갖는 이온 빔으로서 추출하도록 구성된 하나 이상의 추출 전극들;

원하는 동위원소 이온 빔이 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처를 통과하도록 상기 이온 빔으로부터 원하는 동위원소를 선택하도록 구성된 상기 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처;

상기 원하는 동위원소 이온 빔이 타겟 상에 입사되도록 상기 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처에 대해 위치된 타겟; 및

상기 타겟에 결합되고 상기 제1 극성을 갖는 제1 전압에서 상기 타겟을 홀딩하도록 구성된 전압 소스를 포함하고, 상기 제1 전압은 상기 원하는 동위원소 이온 빔이 상기 타겟에 접근함에 따라 상기 추출 에너지의 감소를 야기하고, 스퍼터링을 최소화하거나, 상기 타겟 상의 열 부하를 감소시키거나, 또는 이온화된 재료를 재구성하기 위해 상기 타겟 상의 이온들의 수집을 최대화시키는 것 중 적어도 하나를 수행하는, 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 전압은 상기 추출 에너지보다 작은, 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1 전압은 상기 추출 에너지의 95%보다 큰, 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 제1 전압은 상기 추출 에너지의 99%보다 큰, 시스템.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 전압은 상기 추출 에너지보다 상기 이온들의 열 에너지에 대응하는 양만큼 작은, 시스템.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 추출 에너지가 20 kV 내지 80 kV인, 시스템.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 추출 에너지가 40 kV 내지 60 kV인, 시스템.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 전압은 상기 추출 에너지보다 대략 100 V 작아서, 상기 원하는 동위원소 이온 빔이 상기 타겟에 도달할 때 상기 원하는 동위원소 이온 빔이 대략 100 V의 에너지를 갖는, 시스템.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 극성은 양인, 시스템.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 타겟은 상기 이온화된 재료를 상기 타겟 상의 막(film)으로서 수집하도록 구성되는, 시스템.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 하나 이상의 추출 전극들과 상기 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처 사이에 자기 분석기(magnetic analyzer)를 더 포함하고, 상기 자기 분석기는 상기 이온 빔의 다른 동위원소들로부터 상기 원하는 동위원소들의 분리를 야기하도록 구성된 자기장을 생성하도록 구성되는, 시스템.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이온들이 이테르븀 이온들을 포함하는, 시스템.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 타겟이 결정 구조를 포함하는, 시스템.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 타겟이 탄소 섬유 재료를 포함하는, 시스템.

청구항 15

이온들을 수집하는 방법에 있어서,

이온 빔에 추출 에너지를 제공하는 단계 - 상기 이온 빔은 제1 극성을 갖는 이온들을 포함함 -;

상기 이온 빔이 타겟에 입사하도록 상기 타겟을 위치시키는 단계;

상기 이온 빔이 상기 타겟에 접근함에 따라 전압이 상기 추출 에너지의 감소를 야기하도록 상기 제1 극성을 갖는 상기 전압으로 상기 타겟을 홀딩하는 단계; 및

상기 타겟에서 이온들을 수집하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 타겟으로부터 상기 수집된 이온들을 구성된 이온화된 재료로서 제거하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 17

제15항 또는 제16항에 있어서, 상기 전압 및 상기 추출 에너지는 상기 이온들의 열 에너지에 대응하는 양만큼 상이한, 방법.

청구항 18

제15항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이온 빔에 상기 추출 에너지를 제공하는 단계는 추출 전압으로 홀딩되는 전극을 사용하여 이온 소스로부터 상기 이온들을 가속시키는 단계를 포함하고, 상기 추출 전압은 상기 제1 극성을 갖고 상기 타겟의 전압보다 큰, 방법.

청구항 19

제15항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 추출 에너지가 상기 전압보다 큰, 방법.

청구항 20

제15항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이온들이 이테르븀 원자를 포함하는, 방법.

청구항 21

제15항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 방법이 제1항 내지 제14항 중 어느 한 항의 시스템을 사용하여 수행되는, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2021년 5월 14일에 출원된 미국 가특허 출원 번호 63/188,729의 이익과 우선권을 주장하며, 이 출원의 전체 개시는 본 명세서에 참조로 포함된다.

[0003] 본 개시는 일반적으로 중금속 이온 생산 분야, 예를 들어 건강 관리 애플리케이션에 사용되는 중금속 이온의 생산에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 개시는 높은 추출 에너지에서 이온 소스로부터 가속된 이온들을 수집하고 구성하는 효율을 향상시키는 것에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 이온 빔들을 수반하는 종래 기술들은 전형적으로, 기판 재료에 대한 변화들을 생성하기 위해, 이온 빔과 기판 재료 사이에 고에너지 충돌들을 제공하도록 의도된다. 이러한 시스템 내의 이온 자체는 기판 재료 내에 효율적으로 유지되지 않고, 이들은 스퍼터링되거나(sputtered), 승화되거나(sublimated), 또는 스캐터링(scattered away)될 수 있다. 그러한 시스템들 및 방법들은 이온들 자체의 고효율 수집을 제공하지 않는다. 대조적으로, 본 출원의 하나의 목표는 예를 들어 건강 관리 애플리케이션에서 수집, 저장, 운송, 사용 등이 가능한 구성된 재료(constituted material)로서의 이온 빔의 이온의 수집이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0005] 본 개시의 일 구현예는 시스템, 예를 들어, 이온 생산 시스템이다. 시스템은 제1 극성을 갖는 이온들을 생성하도록 구성된 이온 소스, 상기 이온 소스로부터 상기 이온들을 추출 에너지를 갖는 이온 빔으로서 추출하도록 구성된 추출 전극들, 이온 빔이 타겟에 입사하도록 추출 시스템에 대해 위치된 타겟, 및 상기 타겟에 결합되고 상기 제1 극성을 갖는 제1 전압에서 상기 타겟을 홀딩하도록 구성된 전압 소스를 포함한다. 제1 전압은 추출 에너지에서의 이온들의 운동 에너지(kinetic energy) 감소를 야기하여, 타겟에서의 타겟 이온들의 유효 위치 에너지(effective potential energy)가 추출 전압과 타겟의 제1 전압 사이의 차이가 되게 한다. 이러한 유효 더 낮은 에너지는 스퍼터링을 최소화하고, 타겟 상의 열 부하(heat load)를 감소시키며, 타겟 상의 이온들의 수집을 최대화한다. 유효 에너지가 증발된 이온들의 열 에너지와 유사하거나 더 낮아지면, 이온들이 기판들 상에 박막으로 증착되어 이온들의 포획을 최대화할 수 있다.

[0006] 일부 실시예들에서, 제1 전압은 추출 에너지보다 작다. 제1 전압은 또한 추출 전위(extraction potential)의 95% 초과 또는 추출 전위의 99% 초과일 수 있다. 제1 전압은 추출 전위보다 이온의 열에너지에 해당하는 양만큼 작을 수 있다. 제1 전압은 추출 전위보다 대략 100 V 더 작을 수 있어서, 이온 빔이 타겟에 도달할 때 이온 빔이 대략 100 V의 에너지를 갖게 된다(이온 운동 에너지는 이러한 맥락에서 종종 볼트로 표현되고, 1 볼트는 쿨롱 당 1 줄(one joule)과 동일하며; 다른 관례에서, 이들 값은 eV로 표현될 수 있다).

[0007] 일부 실시예에서, 추출 에너지는 20 kV 내지 80 kV, 예를 들어 40 kV 내지 60 kV이다. 일부 실시예들에서, 제1 극성은 양(positive)이다.

[0008] 일부 실시예들에서, 타겟은 타겟 상의 막으로서 이온화된 재료를 수집하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 시스템은 또한 추출 전극들과 타겟 사이에 질량 분해 애퍼처(mass-resolving aperture)를 포함하고, 애퍼처는 이온들의 원하지 않는 서브세트가 타겟에 도달하는 것을 차단하도록 구성된다.

[0009] 일부 실시예들에서, 이온들은 이테르븀("Yb") 이온들을 포함한다. 타겟은 결정 구조를 포함할 수 있다. 타겟은 탄소 섬유 재료를 포함할 수 있다.

[0010] 본 개시의 다른 구현예는 이온을 수집하기 위한 방법이다. 방법은 추출 에너지를 이온빔에 제공하는 단계를 포함한다. 이온 빔은 제1 극성을 갖는 이온들을 포함한다. 방법은 또한 상기 이온 빔이 타겟에 입사하도록 상기 타겟을 위치시키는 단계; 상기 이온 빔이 상기 타겟에 접근함에 따라 제1 전압이 상기 추출 에너지의 감소를 야기하도록 상기 제1 극성을 갖는 상기 제1 전압으로 상기 타겟을 홀딩하는 단계; 및 상기 타겟에서 이온들을 수집하는 단계를 포함한다.

[0011] 일부 실시예들에 있어서, 방법은 또한 구성된 중성 재료로서 타겟으로부터 이온들을 제거하는 단계를 포함한다. 이온은 이테르븀 원자를 포함할 수 있다.

[0012] 추출 전위는 타겟의 전압보다 클 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 전압 및 추출 전위는 이온들의 열 에너지에 대응하는 양만큼 상이하다. 추출 에너지를 이온 빔에 제공하는 단계는 추출 전압으로 홀딩되는 전극을 사용하여 이온 소스로부터 이온들을 가속시키는 단계를 포함할 수 있다. 추출 전압은 제1 극성을 가질 수 있고 타겟의 전압보다 크다.

[0013] 본 개시의 다른 구현예는, 제1 극성을 갖는 이온들을 생성하도록 구성된 이온 소스, 상기 이온 소스로부터 상기 이온들을 추출 에너지를 갖는 이온 빔으로서 추출하도록 구성된 하나 이상의 추출 전극들, 원하는 동위원소(isotopic) 이온 빔이 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처를 통과하도록 상기 이온 빔으로부터 원하는 동위원소를 선택하도록 구성된 상기 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처, 상기 원하는 동위원소 이온 빔이 타겟 상에 입사되도록 상기 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처에 대해 위치된 타겟, 및 상기 타겟에 결합되고 상기 제1 극성을 갖는 제1 전압에서 상기 타겟을 홀딩하도록 구성된 전압 소스를 포함하는 시스템이다. 제1 전압은 원하는 동위원소 이온 빔이 타겟에 접근함에 따라 추출 에너지의 감소를 야기하여 스퍼터링을 최소화하고 타겟 상의 이온들의 수집을 최대화하여 이온화된 재료를 재구성한다. 일부 실시예들에서, 자기 분석기는 하나 이상의 추출 전극과 질량 분해 슬릿 또는 애퍼처 사이에 위치되고, 자기 분석기는 이온 빔의 다른 동위원소들로부터 원하는 동위원소들의 분리를 야기하도록 구성된 자기장을 생성하도록 구성된다.

도면의 간단한 설명

[0014] 본 개시는 첨부 도면들과 함께 취해진 다음의 상세한 설명으로부터 더 완전히 이해될 것이며, 여기서 동일한 참조 번호들은 동일한 요소들을 지칭하고, 여기서:

도 1은 예시적인 실시예에 따른 이온 생산 시스템의 개략도이다.

도 2는 예시적인 실시예에 따른, 양의 이온들을 수반하는 실시예에서 이온 생산 시스템의 타겟 및 전압 소스의 개략도이다.

도 3은 예시적인 실시예에 따른, 음의 이온들을 수반하는 실시예에서 이온 생산 시스템의 타겟 및 전압 소스의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 특정 실시예들을 상세히 예시하는 도면들로 돌아가기 전에, 본 개시는 설명에 제시되거나 도면들에 예시된 세부사항들 또는 방법론으로 제한되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 설명을 위한 것이며, 제한하는 것으로 간주되어서는 안 된다는 것이 이해되어야 한다.

[0016] 일반적으로 도면들을 참조하면, 다양한 예시적인 실시예들에 따른, 이온 생산 시스템, 예를 들어 중금속 이온 생산 시스템과 관련된 시스템들 및 방법들이 도시된다. 특히, 도면들은 일반적으로 이온들이 다양한 애플리케이션들을 위해 수집, 저장, 운송, 사용 등이 될 수 있는 재료로 재구성되도록 이온 생산 시스템의 타겟에서 이온들(예를 들어, 중금속 이온들)의 고효율 수집과 관련된 시스템들 및 방법들을 도시한다.

[0017] 아래에 상세히 설명되는 바와 같이, 이온은 이온 소스에서 생성되고, 높은 추출 에너지, 예를 들어 20 kV 내지 80 kV(예를 들어, 40 kV 내지 60 kV)를 갖는 이온 빔으로서 이온 소스로부터 추출된다(이온 운동 에너지는 종종 이러한 맥락에서 볼트로 표현되고, 1 볼트는 쿨롱 당 1 줄과 동일하며; 다른 관례에서 이들 값은 keV로 표현될 수 있다). 이온 빔은, 운동량(momentum)에 의해(또는, 생성된 모든 이온의 전하가 동일한 경우, 원자 질량(atomic mass)에 의해) 이온들을 분류하기 위해 자기장을 사용하는 자기 분석기(magnetic analyzer), 및 원하는 이온들(예를 들어, 원하는 동위원소의 이온들)이 애퍼처를 통과하는 것을 차단하면서 1차적으로 통과시키기 위해 빔 및 자기 분석기에 대해 배열되는 질량 분해 애퍼처(mass-resolving aperture)를 통과할 수 있다. 원하는 이온만을 갖거나 높은 비율(percentage)의 원하는 이온을 갖는 이온 빔은 따라서 애퍼처를 통과한다. 타겟(타겟 기판, 기판 등)은 원하는 이온의 빔이 타겟에 입사하도록 위치된다.

[0018] 본 명세서에 설명된 접근법들은 타겟에 고착(sticking)되는 높은 이온 레이트 및 타겟에서의 낮은 스퍼터링 레이트들을 제공하며, 따라서 중성 재료(예를 들어, 원하는 동위원소의)로서 구성되는 이온들의 비율을 증가시키고 손실되는 이온들의 비율을 감소시킨다. 따라서, 전체 이온 생산 시스템의 전체 효율(예를 들어, 생산된 재료의 단위당 전력 및 자원 소비)이 향상된다. 이온 생산 시스템의 다른, 원하지 않은 표면들 상의 이온들의 빌드

업(build-up)(그렇지 않으면 이온들의 스캐터링으로부터 초래될 수 있음)이 또한 최소화되거나 방지됨으로써, 이온 생산 시스템의 다운타임(downtime) 및 유지보수(maintenance)를 감소시킨다. 추가적으로, 본 명세서의 접근법들은 타겟 기판으로의 열 전달(타겟 상의 열 부하, 타겟 상의 열 에너지 부하)을 감소시키고, 따라서 그렇지 않으면 타겟에서의 고에너지 충돌들에 의해 야기될 수 있는 온도 관리 문제를 감소시키거나 제거할 수 있다.

[0019] 아래에서 상세히 설명되는 바와 같이, 본 명세서의 장점들은, 부분적으로, 이온들과 동일한 극성을 갖고 이온 빔의 전위보다 약간 낮은 크기를 갖는 전압에서 타겟을 홀딩함으로써 달성된다. 타겟의 전압(및 그 전압에 의해 생성된 전기장)은 이온 빔이 타겟에 접근함에 따라 이온 빔의 에너지의 감소를 야기한다. 예를 들어, 타겟의 전압은, 이온들이 타겟에 도달할 때 이온들의 에너지가 열 에너지로 감소되도록, 추출 전극들에 의해 제공되는 이온 빔에 부가되는 에너지를 (적어도 부분적으로) 오프셋하도록 선택될 수 있다. 이러한 경우들에서, 타겟에서의 이온들의 전자 정지(electronic stopping)(즉, 이온들 사이의 상호작용들 및 이온들의 전자들과 타겟 기판의 전자들 사이의 타겟 상호작용들) 및 핵 정지(nuclear stopping)(즉, 이온들의 핵들과 타겟 기판의 핵들 사이의 상호작용들) 둘 모두는 0 또는 0에 가까운 레벨들로 감소된다. 타겟의 전위를 통해 이러한 상호작용을 감소시킴으로써, 이온은 높은 에너지에서 타겟과 충돌하고 스퍼터링 또는 스캐터링되기 보다는 타겟에서 막(film)으로서 고착되고 형성되게 된다.

[0020] 이제 도 1을 참조하면, 예시적인 실시예에 따른 이온 생산 시스템(100)의 블록도가 도시된다. 이온 생산 시스템(100)은 이온 소스(102), 추출 전극(들)(104), 자기 분석기(106), 질량 분해 애퍼처(mass-resolving aperture)(108), 타겟(110), 및 접지(114) 및 타겟(110)에 연결된 전압 소스(112)를 포함한다. 이온 소스(102), 추출 전극(들)(104), 자기 분석기(106), 질량 분해 애퍼처(108), 및 타겟(110)은 이온들이 이온 소스(102)에서 생성되고 타겟(110)에 도달하기 전에 추출 전극(들)(104), 자기 분석기(106), 및 질량 분해 애퍼처(108)를 순차적으로 통과하도록 순차적으로 배열된다. 아래에 상세히 설명되는 바와 같이, 이온 생산 시스템(100)은 제거되고, 저장되고, 운송등이 될 수 있고, 결국에는 일부 애플리케이션, 예를 들어 헬스케어 애플리케이션에 사용될 수 있는 구성된 중성 재료로서 타겟(110)에서 원하는 이온들의 효율적인 수집을 제공하도록 구성된다.

[0021] 이온 소스(102)는 이온들을 생산하도록 구성된다. 예를 들어, 이온 소스(102)는, 이온 소스(102) 내로 제공되는 가스, 예를 들어 이테르븀 증기와 같은 중금속 가스를 이온화하는 전자들을 방출하도록 동작가능한 필라멘트를 포함하는, 버나스(Bernas) 또는 프리만(Freeman) 이온 소스로서 구성될 수 있다. 다른 금속(Lu, Tc 등)도 사용될 수 있다. 전자와 가스 사이의 상호 작용은 가스를 이온화하여 이온을 생산한다. 일부 실시예에서, 이온 소스(102)는 양의(positive) 이온들(즉, "양이온(cation)들", 양의 극성을 갖는 이온들)을 생성한다. 다른 실시예들에서, 이온 소스는 음의(negative) 이온들(즉, "음이온(anion)들", 음의 극성을 갖는 이온들)을 생성한다. 이온 소스(102)는 이온들이 이온 소스(102)로부터 추출될 수 있도록 출구 슬릿 또는 애퍼처를 포함한다. 일부 실시예들에서, 이온 소스(102)는, 예를 들어, 전체 개시내용이 본 명세서에 참조로 포함되는 미국 가특허 출원 제63/122,699호에 상세히 설명된 바와 같이, 이온 소스(102)의 요소들을 보호하고 이온 소스(102)로부터 추출하기 위한 이온들의 균일성을 개선하기 위한 보조 히터들을 포함한다.

[0022] 추출 전극(들)(104)은 이온 소스(102)로부터 이온들을 추출하는 전기장을 제공하도록 구성 및 동작되는 하나 이상의 전극들을 포함한다. 이온들이 제1 극성(상이한 실시예들에서 양 또는 음)의 전하를 갖기 때문에, 추출 전극(들)(104)에서의 반대 극성의 전압은 이온들을 이온 빔으로서 이온 소스로부터 끌어당길 것이다. 추출 전극(들)(104)은 이온 빔을 가속시키고, 이온 빔을 감속시키고, 빔을 형상화(shape)하고, 빔을 조준하기 위한 하나 이상의 전극을 포함할 수 있다. 이온 소스(102)로부터 이온 빔을 가속시키는 전기장을 제공함으로써, 추출 전극(들)(104)은 추출 전극(들)(104)의 전압과 동일하거나 유사한 크기의 추출 에너지를 이온 빔에 제공한다. 예를 들어, 55kV의 전압의 전극은 이온 빔이 추출 전극(들)(104)을 통과할 때 (이런 맥락에서 이온 운동 에너지가 종종 볼트로 표현되고, 1볼트는 쿨롱 당 1줄과 동일함) 55kV의 추출 에너지를 이온 빔에 제공할 수 있다.

[0023] 따라서, 높은 추출 에너지를 갖는 이온 빔이 추출 전극(들)(104)의 출력으로서 제공된다. 다양한 실시예들에서, 높은 추출 에너지는 20 kV 내지 80 kV, 예를 들어 40 kV 내지 60 kV(예를 들어, 55 kV)의 범위에 있을 수 있다. 이러한 실시예들에서, 추출 전극(들)(104)에 인가된 전압은 특정 시나리오에 대한 원하는 추출 에너지를 이온 빔에 제공하도록 선택될 수 있다.

[0024] 도 1의 예에서, 이온 빔은 추출 전극들(104)로부터 자기 분석기(106)로 통과한다. 다른 실시예들에서, 자기 분석기(106)는 생략된다. 자기 분석기 (106)는 이온 빔 상에 자기력을 생성하는 자기장을 제공하도록 구성된다. 각각의 이온에 대한 자기력은 대략 동일할 수 있지만, 이온 빔은 상이한 동위원소의 이온을 포함할 수 있어서,

이온의 질량은 변한다. 자기 분석기 (106)에 의해 제공된 자기력은 질량에 의한 이온들의 분리를 초래할 수 있다. 따라서, 자기 분석기(106)를 통과한 후, 이온 빔의 횡단면의 상이한 영역들은 상이한 동위원소들, 즉 상이한 질량의 이온들을 포함할 수 있다.

[0025] 도 1에서, 이온 빔은 자기 분석기(106)로부터 질량 분해 애퍼처(108)로 통과하도록 예시되고, 질량 분해 애퍼처(108)는 원하는 이온들이 질량 분해 애퍼처(108)를 통과하도록 허용하면서 이온들의 원하지 않는 서브세트가 질량 분해 애퍼처(108)를 통과하는 것을 차단하도록 구성된다. 특히, 질량 분해 애퍼처(108)를 통해 허용되는 이온들은 일차적으로 원하는 동위 원소(또는 두 개의 원하는 동위 원소들)의 이온들인 반면, 하나 이상의 다른 동위 원소들의 이온들은 질량 분해 애퍼처(108)에 의해 인터셉트된다. 이는 자기 분석기(106)에 의해 달성되는 질량에 의한 동위 원소들의 분리를 이용하기 위해 자기 분석기(106)에 대해 질량 분해 애퍼처(108)를 위치시킴으로써 달성된다. 다양한 기하학적 배열들이 다양한 실시예들에서 가능하다. 따라서, 자기 분석기(106) 및 질량 분해 애퍼처(108)를 포함하는 예들에서, 타겟(110)에 도달하는 이온 빔은 높은 비율의 원하는 동위원소 또는 원하는 동위원소들을 포함하고, 상이한 동위원소들의 이온들에 의한 오염의 비율은 낮다.

[0026] 질량 분해 어퍼처(108)로부터의 이온 빔은 타겟(110) 상에 입사된다. 타겟(110)은 이온 빔의 이온을 수용하고 수집하도록 구성된다. 타겟(110)은, 타겟(110)의 표면 상의 막으로서 및/또는 타겟(110)의 격자 구조 내에 매립(embedded)되는 것을 포함하여, 이온들을 수용하고 유지하기에 적합한 기판 재료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 타겟(110)의 기판 재료는 결정 구조를 가질 수 있다. 다른 예로서, 타겟(110)의 기판 재료는 탄소 섬유 재료(예를 들어, 탄소 섬유 천)를 포함할 수 있다. 또한, 타겟(110)의 재료(들)는, 이온들이 타겟(110) 상에 수집되거나, 타겟 내에 주입되거나, 또는 기타 타겟에 수용될 때 타겟(110)이 실질적으로 일정한 전압으로 홀딩될 수 있도록 선택된다. 타겟(110)의 재료(들)는 이온들이 타겟(110)에 또는 타겟(110) 내에 고착되는 것을 돕도록 선택될 수 있다. 타겟(110)은 이온 소스(102)의 동작 동안 타겟(110) 상에 빌드업되는 이온 재료의 수확(harvesting)을 용이하게 하기 위해 이온 생산 시스템(100)에서 제거 가능하고 교체 가능할 수 있다.

[0027] 타겟(110)은 타겟(110)과 접지(114) 사이에 연결된 전압 소스(112)에 결합되는 것으로 도시되어 있다. 이온 생산 시스템(100)의 다른 요소들은 또한 그것의 동작을 가능하게 하기 위해 적절한 전자 요소들, 전원들 등을 포함한다. 전압 소스(112)는 이온 빔의 동일한 극성을 갖는 전압(본 명세서에서 타겟 전압으로 지칭됨)에서 타겟(110)을 홀딩(배치, 설정, 유지 등)하도록 구성된다. 예를 들어, 도 2 내지 도 3에 예시되고 아래에서 논의되는 바와 같이, 양의 이온들이 이온 소스에 의해 생성되는 시나리오들에서 양의 전압이 전압 소스(112)에 의해 타겟(110)에 제공되는 한편, 음의 이온들이 이온 소스에 의해 생성되는 시나리오들에서 음의 전압이 전압 소스(112)에 의해 타겟(110)에 제공된다.

[0028] 타겟 전압은 바람직하게는 이온 빔의 추출 에너지보다 작아서, 이온 빔이 타겟 전압에 의해 반대 방향으로 강제되지 않고 타겟에 도달할 수 있는 한편, 타겟(110)에서 이온 빔의 전자 정지 및 핵 정지를 최소화하기에 충분히 멀리 이온 빔의 에너지를 감소시키기에 충분히 높다(따라서, 그렇지 않으면 이온들과 타겟(110) 사이의 고에너지 충돌들에 의해 야기될 스캐터링 또는 스퍼터링을 최소화한다). 예를 들어, 타겟 전압은 이온들의 열 에너지에 대응하는 양만큼 추출 에너지보다 작아서, 이온들이 타겟(110)에 도달할 때 이온들의 에너지가 열 에너지로 감소될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 타겟 전압은 추출 에너지보다 작고 추출 에너지의 95%보다 크며, 예를 들어 추출 에너지의 99%보다 크다(또한 추출 에너지보다 작으면서). 일부 예들에서, 타겟 전압은 이온 빔이 목표에 도달할 때 이온 빔이 대략 100V의 에너지를 갖도록 추출 에너지보다 대략 100V 더 작다(예를 들어, 추출 에너지 마이너스 타겟 전압은 대략 100V와 같음). 일 예에서, 추출 에너지는 55kV이고 타겟 전압은 54.9kV이다.

[0029] 일부 실시예들에서, 전압 소스(112) 및 타겟(110)은, 이온들이 타겟(110) 상에 (예를 들어, 타겟(110) 상에 막으로서, 타겟(110) 내에 매립됨) 수집될 때 및 타겟(110)의 전압이 이온 생산 시스템(100)의 동작 전체에 걸쳐 실질적으로 일정하게 유지되고 중성 재료(예를 들어, 원하는 동위원소(들)의)로 구성되도록 구성된다. 일부 경우에, 타겟(110)으로부터 구성된 이온화된 재료의 제거를 용이하게 하기 위해, 타겟(110)은 이온 생산 시스템(100)으로부터 제거 가능할 수 있다. 일부 이러한 경우에, 전압 소스(112)은 타겟 전압을 0을 향해 점진적으로 감소시키도록 제어되어, 타겟(110)이 그 위에 수집된 이온화된 재료를 방해하지 않고 전압 소스(112)로부터 연결 해제될 수 있게 한다. 일부 실시예에서, 타겟(110)(또는 그 일부)은 이온화된 재료의 운송 및 추가 처리에 사용하기 위해 제거되고, 이온 생산 시스템(100)의 후속 동작에서 사용하기 위해 새로운 타겟(110)(또는 그 새로운 부분)으로 교체된다. 다른 실시예에서, 이온화된 재료는 타겟(110)이 더 많은 이온들을 수집하기 위해 이온 생산 시스템(100)의 후속 동작에서 재사용될 수 있도록 타겟(110)으로부터 제거되고 리셉터클(receptacle)(또는 다른 수집 및 유지(retention) 디바이스)에 수집될 수 있다.

[0030] 이제 도 2를 참조하면, 예시적인 실시예에 따른, 양의 이온 빔(200)을 수반하는 실시예에서 이온 생산 시스템(100)의 타겟(110) 및 전압 소스(112)의 개략도가 도시된다. 도 2는 타겟(110)을 향해 조준되고 타겟(110)에 입사하는 양의 이온 빔(200)(즉, 양으로 하전된 이온들의 빔)을 도시한다.

[0031] 양의 이온 빔(200)이 양의 극성을 갖기 때문에, 타겟(110)의 전압 또한 양의 극성으로 제공된다. 도 2는 타겟(110)이 전압 소스(112)의 양의 단자에 연결되고, 전압 소스(112)의 음의 단자가 접지(114)에 연결되는 것을 예시한다. 전압 소스(112)는 타겟(110)을 양의 전위, 즉, 양의 이온 빔(200)과 동일한 극성의 전기 전위로 홀딩한다.

[0032] 타겟(110)의 양의 전위는 타겟(110)을 향한 이온 빔(200)의 이동에 저항하는 전기장을 제공한다. 이온 빔(200)은 타겟(110)에 도달하기 위해 이 전기장을 가로질러 이동해야 한다. 그렇게 함으로써, 이온 빔(200)의 운동 에너지는 타겟(110)의 양의 전위에 의해 생성된 전기장 내의 이온들의 전기 전위로 변환된다. 이는 이온들이 타겟(110)에 도달하기 위해 "오르막(uphill)"을 롤링(rolling)하는 것과 유사한 것으로 생각될 수 있다. 위에서 논의된 바와 같이, 양의 이온들이 타겟(110)에 도달할 때 타겟 전압은, 양의 이온 빔(200)이 낮은 에너지, 예를 들어, 열 에너지에 도달하도록 선택되고 유지된다. 열 에너지로 감소되면, 양의 이온 빔(200)은 그것이 타겟(110)으로부터 멀어지게 이동하게 하거나 스퍼터링 또는 스캐터링을 야기하게 하는 여분의 운동 에너지를 갖지 않으며, 따라서, 양의 이온 빔(200)의 이온들은, 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이 양의 이온 막(202)으로서 형성되어 타겟(110)에 고착된다.

[0033] 이제 도 3을 참조하면, 예시적인 실시예에 따른, 음의 이온 빔(300)을 수반하는 실시예에서 이온 생산 시스템(100)의 타겟(110) 및 전압 소스(112)의 개략도가 도시된다. 도 2는 타겟(110)을 향해 조준되고 타겟(110)에 입사하는 음의 이온 빔(300)(즉, 음으로 하전된 이온들의 빔)을 도시한다.

[0034] 음의 이온 빔(300)은 음의 극성을 갖기 때문에, 타겟(110)의 전압 또한 음의 극성으로 제공된다. 도 3은 타겟(110)이 전압 소스(112)의 음의 단자에 연결되고, 전압 소스(112)의 양의 단자가 접지(114)에 연결된 것을 예시한다. 전압 소스(112)는 음의 전위, 즉 음의 이온 빔(300)과 동일한 극성의 전기 전위로 타겟(110)을 홀딩한다.

[0035] 타겟(110)의 음의 전위는 타겟(110)을 향한 이온 빔(300)의 이동에 저항하는 전기장을 제공한다. 이온 빔(300)은 타겟(110)에 도달하기 위해 이 전기장을 가로질러 이동해야 한다. 그렇게 함으로써, 이온 빔(300)의 운동 에너지는 타겟(110)의 음의 전위에 의해 생성된 전기장 내의 이온들의 전기 전위로 변환된다. 이는 이온들이 타겟(110)에 도달하기 위해 "오르막(uphill)"을 롤링(rolling)하는 것과 유사한 것으로 생각될 수 있다. 위에서 논의된 바와 같이, 음의 이온들이 타겟(110)에 도달할 때 타겟 전압은, 음의 이온 빔(300)이 낮은 에너지, 예를 들어, 열 에너지에 도달하도록 선택되고 유지된다. 열 에너지로 감소되면, 음의 이온 빔(300)은 그것이 타겟(110)으로부터 멀어지게 이동하게 하거나 스퍼터링 또는 스캐터링을 야기하게 하는 여분의 운동 에너지를 갖지 않으며, 따라서, 음의 이온 빔(300)의 이온들은, 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이 음의 이온 막(302)으로서 형성되어 타겟(110)에 고착된다.

[0036] 이에 의해, 이온 생산 시스템(100)은 구성된 이온화된 재료로서 이온의 매우 효율적인 생산 및 수집을 위해 구성된다. 위에서 설명된 바와 같이 타겟(110)을 타겟 전압으로 설정함으로써, 타겟(110) 상에 입사하는 이온들의 높은 비율이, 예를 들어 타겟(110)에서 막을 형성하는 것과 같이, 타겟(110)에 고착되게 된다. 이에 의해, 이온 생산 시스템(100)의 효율은 이온 소스(102)에 의해 생성되는 원하는 이온들의 높은 비율의 수집을 제공함으로써 향상된다. 추가적으로, 재료가 스퍼터링되거나 낮은 또는 제로 레이트로 스캐터링되기 때문에, 이온 생산 시스템(100) 내의 다른 원치 않는 표면들 상에 빌드업이 또한 실질적으로 방지되어, 이에 의해 이온 생산 시스템(100)의 다운타임, 세정, 유지보수 등을 감소시킨다. 추가적으로, 타겟에서의 고에너지 이온들의 전자 정지 또는 핵 정지(즉, 원자들 사이의 충돌들)가 타겟의 열 에너지를 크게 증가시키게 할 것이지만, 본 명세서의 실시예들은 전압 소스(112)에 의해 제공되는 전기 전위를 사용하여 이온들의 에너지를 감소시키고, 이에 의해 타겟에서의 열 에너지의 빌드업을 피할 것이다.

[0037] 위의 논의는 이온 생산 시스템(100)의 동작과 연관된 물리학의 원리들 및 이온 빔에 대한 타겟 전압의 효과들의 일반적인 개요를 제공하지만, 이온 빔들의 거동이 복잡하고, 본 명세서에 설명된 시스템들 및 방법들의 다양한 장점들의 추가적인 또는 대안적인 설명을 제공하기 위해 추가적인 또는 대안적인 이론들 또는 실험 결과들이 사용될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 실험 결과들은 위에서 설명한 바와 같이 이온 빔과 동일한 극성의 타겟 전압을 타겟(110)에 제공하는 것이 본 명세서에 설명된 장점들을 제공한다는 것을 보여주었다.

[0038] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "대략", "약", "실질적으로", 및 유사한 용어들은 본 개시의 주제가

속하는 기술분야의 통상의 기술자에 의한 통상적이고 용인된 사용과 조화되어 넓은 의미를 갖도록 의도된다. 본 개시를 검토하는 당업자는 이들 용어들이 이들 특징들의 범위를 제공된 정확한 수치 값들 또는 이상화된 기하학적 형태들로 제한하지 않으면서 설명되고 청구된 특정 특징들의 설명을 허용하도록 의도된다는 것을 이해해야 한다. 따라서, 이들 용어들은 설명되고 청구된 주제의 실질적이지 않거나 중요하지 않은 수정들 또는 변경들이 첨부된 청구항들에 인용된 바와 같은 본 개시의 범위 내에 있는 것으로 간주된다는 것을 나타내는 것으로 해석되어야 한다.

[0039] 본 명세서에서 사용되는 용어 "결합된(coupled)" 및 그 변형은 2개의 부재를 서로 직접 또는 간접적으로 결합(joining)하는 것을 의미한다. 이러한 결합은 고정(예를 들어, 영구 또는 고정) 또는 이동(예를 들어, 제거 가능 또는 해제 가능)할 수 있다. 이러한 결합은 서로 직접 결합된 2개의 부재, 별도의 개재 부재 및 서로 결합된 임의의 추가적인 중간 부재를 사용하여 서로 결합된 2개의 부재, 또는 2개의 부재 중 하나와 단일 단일체(single unitary body)로서 일체로 형성되는 개재 부재를 사용하여 서로 결합된 2개의 부재에 의해 달성될 수 있다. "결합된" 또는 그 변형들이 추가 용어(예를 들어, 직접 결합된)에 의해 수정되는 경우, 위에서 제공된 "결합된"의 일반적인 정의는 추가 용어의 일반 언어 의미에 의해 수정되어(예를 들어, "직접 결합된"은 임의의 별도의 개재 부재 없이 2개의 부재들의 결합을 의미함), 위에서 제공된 "결합된"의 일반적인 정의보다 더 좁은 정의를 초래한다. 이러한 결합은 기계적, 전기적, 또는 유체적일 수 있다.

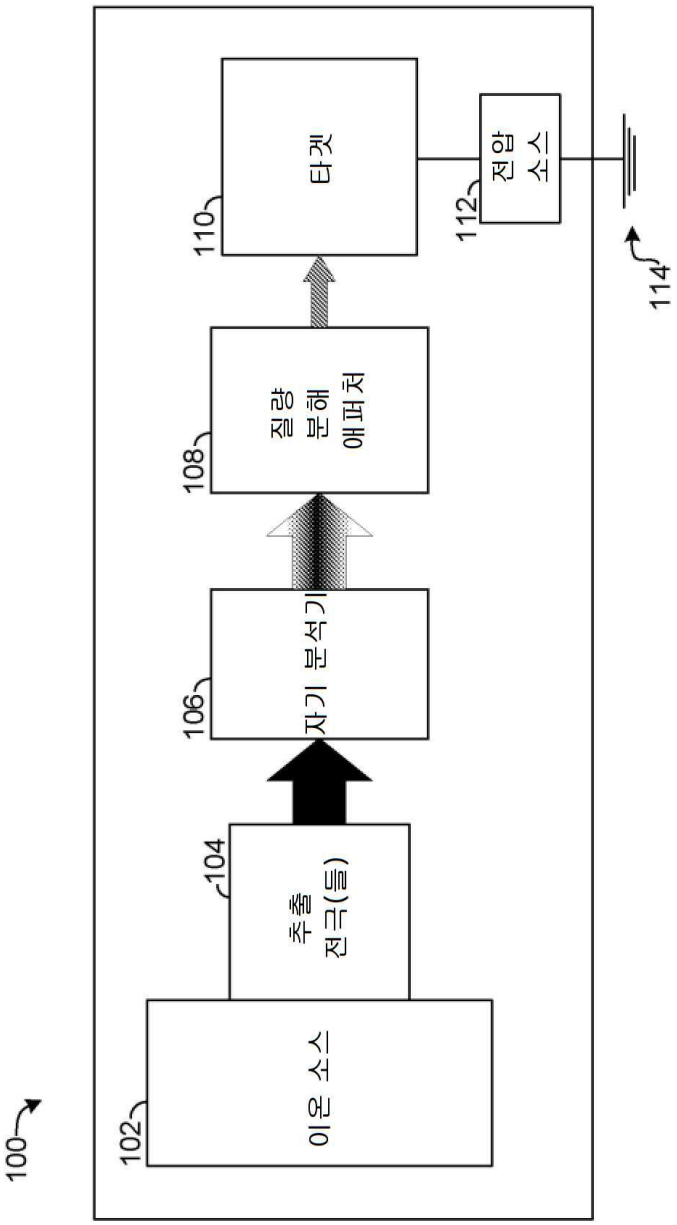
[0040] 본 명세서에서 요소들의 위치들(예를 들어, "상부", "하부", "위", "아래")에 대한 참조들은 단지 도면들에서 다양한 요소들의 배향을 설명하기 위해 사용된다. 다양한 요소들의 배향은 다른 예시적인 실시예들에 따라 상이할 수 있고, 이러한 변형들은 본 개시에 의해 포괄되도록 의도된다는 점에 유의해야 한다.

[0041] 도면들 및 설명은 방법 단계들의 특정 순서를 예시할 수 있지만, 이러한 단계들의 순서는 위에서 다르게 명시되지 않는 한, 도시되고 설명된 것과 상이할 수 있다. 또한, 위에서 다르게 명시되지 않는 한, 둘 이상의 단계가 동시에 또는 부분적으로 동시에 수행될 수 있다. 이러한 변형은, 예를 들어, 선택된 소프트웨어 및 하드웨어 시스템에 따라 그리고 설계자의 선택에 따라 달라질 수 있다. 이러한 모든 변형은 본 개시의 범위 내에 있다. 마찬가지로, 설명된 방법들의 소프트웨어 구현예들은 다양한 연결 단계들, 처리 단계들, 비교 단계들, 및 결정 단계들을 달성하기 위해 규칙 기반 로직 및 다른 로직을 갖는 표준 프로그래밍 기법들로 달성될 수 있다.

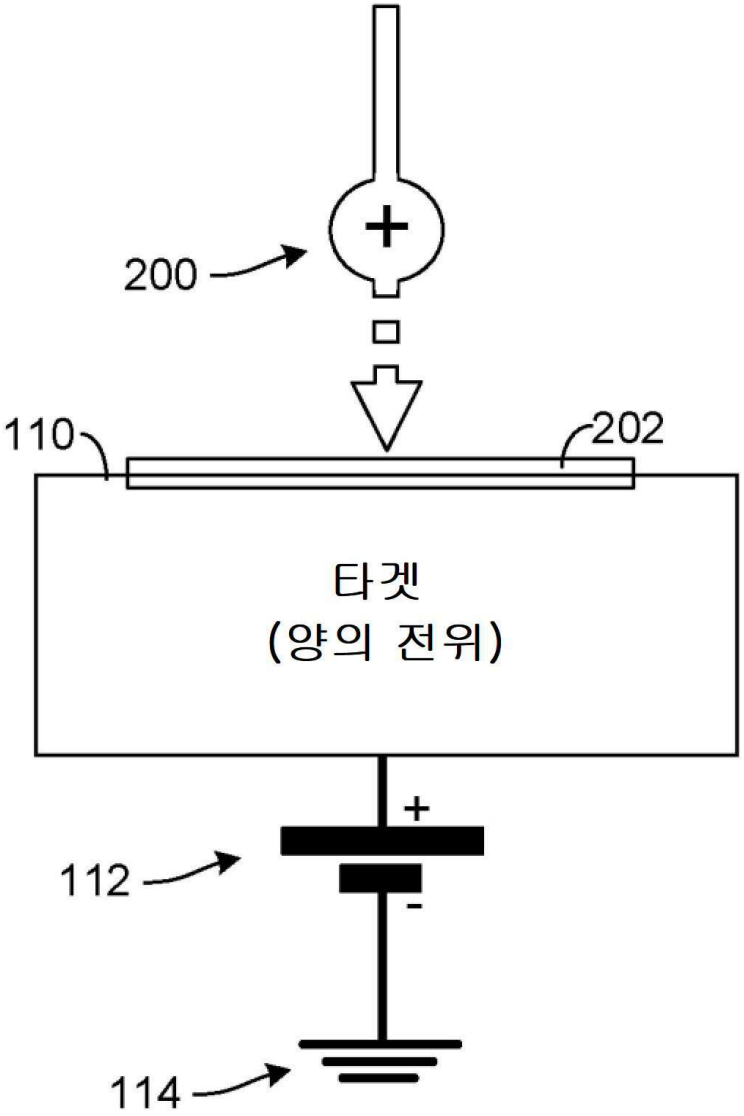
[0042] 다른 실시예들이 다음의 청구항들에 제시된다.

도면

도면1


100
이온 소스
102
추출 전극(들)
104
자기 분석기
106
질량 분해 애퍼처
108
타겟
110
전압 소스
112
114

도면2



도면3

