



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년05월29일  
(11) 등록번호 10-1269098  
(24) 등록일자 2013년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 27/24 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0141176

(22) 출원일자 2011년12월23일

심사청구일자 2011년12월23일

(56) 선행기술조사문헌

JP2011127968 A

(73) 특허권자

한국원자력연구원

대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)

(72) 발명자

이기태

대전광역시 유성구 구즉로 16, 103동 703호 (송강동, 한마을아파트)

김경남

경기도 의정부시 송현로 87, 502동 1602호 (민락동, 송산주공아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이원희

전체 청구항 수 : 총 6 항

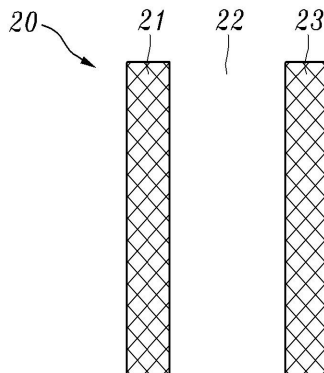
심사관 : 최진호

(54) 발명의 명칭 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟

**(57) 요약**

본 발명은 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, 종래, 극초단 고출력 레이저를 이용한 레이저 유도입자 가속에 있어서 높은 에너지의 에너지를 얻기 위해 이용되던 수십 나노미터의 매우 얇은 금속 필름이나 작은 구멍이 있는 타겟 구조는, 추가적인 구성이 요구되며 사용 횟수에도 제한이 있어서 비용적인 면에서도 문제점이 있었던 단점을 해결하여, 레이저의 선행 펄스를 활용하여 기존의 타겟에서 요구되는 선행펄스가 극히 작은 고품질의 레이저가 필요하지 않으며, 또한, 기존의 타겟에 비해 에너지는 훨씬 높은 동시에 에너지 폭이 좁은 이온빔을 발생할 수 있는 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟이 제공된다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**장규하**

서울특별시 구로구 신도림로21길 25, 302동 1206호  
(신도림동, 신도림우성아파트)

**박성희**

대전광역시 유성구 한밭대로 138, 노은 604호 (노은동, 노블레스)

**김하나**

인천광역시 남구 경원대로864번길 114, 114동 2301호 (주안동, 더월드스테이트)

**정영욱**

대전광역시 유성구 엑스포로339번길 320, 11동 401호 (원촌동, 싸이언스빌)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 527450-11

부처명 한국원자력연구원

연구사업명 창의연구사업 (주요연구사업)

연구과제명 복합구조 타겟을 이용한 소형 고에너지 양성자 가속기술 개발

주관기관 한국원자력연구원

연구기간 2011.01.01 ~ 2011.12.31

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟에 있어서,

레이저의 선행펄스와 반응하여 플라즈마를 생성하는 제 1 타겟층;

레이저의 주 펄스에 의해 이온빔을 발생하는 제 2 타겟층; 및

상기 플라즈마에 의한 충격파가 상기 제 2 타겟층에 전달되는 것을 방지하기 위해 상기 제 1 타겟층과 상기 제 2 타겟층 사이에 형성되는 진공층을 포함하고,

상기 제 2 타겟층에서 발생한 이온빔의 일부가 상기 제 1 타겟층에서 발생된 플라즈마에 의해 반사되어 다시 상기 제 2 타겟층으로 주입되며,

상기 제 1 타겟층, 상기 제 2 타겟층 및 상기 진공층은 1 내지 10 마이크로미터의 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는

진공층을 가지는 이중층 타겟.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제 1 타겟층은, 알루미늄, 티타늄 또는 탄탈륨을 포함하는 금속물질로 이루어지는 진공층을 가지는 이중층 타겟.

### 청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 제 2 타겟층은, 알루미늄, 티타늄 또는 탄탈륨을 포함하는 금속물질, 또는, 플라스틱 물질로 이루어지는 진공층을 가지는 이중층 타겟.

### 청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 제 2 타겟층은, 이온빔 발생을 위한 이온이 포함된 물질을 상기 제 2 타겟층이 상기 진공층과 접하는 측면에 코팅하여 형성되는 가속이온층을 더 포함하는 진공층을 가지는 이중층 타겟.

### 청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 가속이온층은, 수소, 산소 또는 탄소를 이용하여 형성되는 진공층을 가지는 이중층 타겟.

### 청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 제 1 타겟층 및 상기 제 2 타겟층은, 상기 이온빔보다 높은 원자수의 물질을 사용하여 형성되는 진공층을 가지는 이중층 타겟.

## 청구항 8

삭제

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟에 관한 것으로, 더 상세하게는, 기존의 타겟과는 다른 레이저 가속 원리를 이용함으로써 에너지가 훨씬 높으면서도 에너지 폭은 좁은 고품질의 이온빔을 발생할 수 있는 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은, 레이저의 선행펄스가 극히 작은 고품질의 레이저 장치가 요구되던 기존의 타겟의 문제점을 해결하여, 고품질의 레이저에 대한 부담을 없앨 수 있는 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟에 관한 것이다.

### 배경기술

[0003] 종래, 고출력 레이저를 이용한 레이저 유도 입자 가속에 대한 연구개발이 활발하게 진행되어 왔다.

[0004] 여기서, 상기한 바와 같은 레이저 유도 입자 가속에 대한 종래기술의 예로서는, 예를 들면, 일본 공개특허공보 특개 2010-165494호에 개시된 바와 같은 "나노클러스터"가 있다.

[0005] 더 상세하게는, 상기한 일본 공개특허 특개 2010-165494호에 개시된 "나노클러스터"는, 종래, 암치료 등에 이용하는 이온빔은 단색화(단일 에너지화)가 필요하지만, 종래의 평판 타겟을 이용한 이온빔 발생장치는 단색화에 관한 상세한 기제가 없으며, 또한, 단색화 프로세스에 의해 효율이 저하한다고 하는 문제가 있고, 더욱이, 이온빔의 단색화를 위해서는 공간적으로 균일한 또는 대칭성을 가진 전자에 의한 이온 가속 전기장의 형성이 필요하나, 평판 타겟에서는 원리적으로 실현 곤란하다는 문제점을 해결하기 위해, 단색화된 이온빔의 발생이 효율적으로 실현 가능한 타겟으로서 이용될 수 있는 나노 클러스터를 제공하고자 하는 것이다.

[0006] 이를 위해, 상기한 일본 공개특허 특개 2010-165494호는, 레이저 조사에 의한 이온 빔 생성을 위한 타겟으로서 사용하는 나노 클러스터에 있어서, 적어도 2 종류의 원자가 각각 일정한 밀도로 혼재하고, 전체적으로 구(球)형을 이루는 구조인 것을 특징으로 하는 나노 클러스터를 개시하고 있다.

[0007] 아울러, 상기한 바와 같은 레이저 유도 입자 가속에 대한 종래기술의 또 다른 예로서는, 예를 들면, 미국특허 US 2009/0230318(2009.09.17)에 개시된 바와 같은 "고출력 레이저 가속된 이온을 위한 타겟 설계(Target design for high-power laser accelerated ions)"가 있다.

[0008] 더 상세하게는, 상기한 미국특허 US 2009/0230318호는, 극초단 레이저 펄스와 타겟 소재의 상호작용으로 생성된 프로톤과 같은 레이저 가속된 이온에 관한 것으로, 고에너지 이온을 생성하기 위하여 극초단 레이저 펄스와 상호작용하는 타겟 및 그 설계방법을 제공하고자 하는 것이다.

- [0009] 이를 위해, 상기한 미국특허 US 2009/0230318호는, 레이저 가속된(laser-accelerated) 이온빔이 설계방법에 있어서, 중이온층(heavy ion layer), 전기장, 최대 이온 에너지를 포함하는 에너지 분포를 가지는 고에너지 이온을 포함하는 시스템을 모델링하는 단계, 상기 중이온층, 상기 전기장 및 상기 최대 이온 에너지의 파라미터를 상기 모델을 이용하여 연관시키는 단계 및 상기 고에너지 이온의 에너지 분포를 최적화하기 위하여 상기 중이온층의 파라미터를 변화시키는 단계를 포함하는 방법을 개시하고 있다.
- [0010] 상기한 바와 같이, 종래, 고출력 레이저를 이용한 레이저 유도 입자 가속에 있어서 다양한 연구가 진행되어 왔으나, 종래의 레이저 유도 입자 가속 방법에는 다음과 같은 문제점이 있는 것이었다.
- [0011] 즉, 종래, 극초단 고출력 레이저를 이용한 레이저 유도 입자 가속에 있어서, 타겟으로서 수 마이크로미터 두께의 얇은 필름이 사용되어 왔으며, 특히, 높은 에너지의 이온빔을 발생하기 위해서는, 수십 나노미터 두께의 매우 얇은 필름이 사용된다.
- [0012] 그러나 이 경우, 극초단 고출력 레이저가 가지는 구조적 메커니즘으로 인해, 주 펄스 이전에 발생하는 선행 펄스를 억제하여, 주 레이저 펄스와 얇은 필름이 상호작용하기 전에 선행펄스에 의해 타겟이 파괴되는 것을 방지하는 것이 매우 중요하다.
- [0013] 따라서 이를 위해서는, 플라즈마 거울을 추가적으로 설치하여야 하며, 아울러, 이러한 플라즈마 거울은 추가적인 구성이 되므로 전체 입자 가속 설비에 요구되는 비용 및 공간이 그만큼 늘어나게 된다는 문제점이 있었다.
- [0014] 또한, 상기한 바와 같은 플라즈마 거울은, 사용 횟수에 제한이 있어서 수시로 교체해야 하므로, 운영적인 면에서도 문제점을 가지는 것이었다.
- [0015] 따라서 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해서는, 플라즈마 거울과 같이 추가적인 구성이 요구되지 않아 공간을 절약할 수 있는 동시에, 장비를 수시로 교체할 필요가 없어 비용도 절약할 수 있는 타겟 구조를 제공하는 것이 바람직하다.
- [0016] 또한, 상기한 내용에 더하여, 극초단 고출력 레이저를 이용한 레이저 유도 입자 가속에서 선행 펄스에 의해 타겟이 반응하여 타겟에 손상이 생기는 것을 방지하는 동시에, 보다 높은 에너지의 이온빔을 발생시킬 수 있는 새로운 타겟의 구조를 제공하는 것이 바람직하나, 아직까지 그러한 요구를 모두 만족시키는 타겟 구조는 제시되지 못하고 있는 실정이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0017] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로, 따라서 본 발명의 목적은, 플라즈마 거울과 같은 추가적인 구성이 요구되어 설치 공간이 늘어나는 데 더하여, 사용 횟수에도 제한이 있어 자주 교체해야 하므로 비용적인 면에서도 문제점이 있었던 종래의 타겟 구조들의 단점을 해결하여, 극초단 고출력 레이저를 이용한 레이저 유도 입자 가속에서 선행 펄스에 의해 타겟에 손상이 생기는 것을 방지하는 동시에, 보다 높은 에너지의 이온빔을 발생시킬 수 있는 새로운 타겟의 구조를 제공하고자 하는 것이다.

[0018] 즉, 본 발명의 목적은, 레이저의 선행 펄스를 활용하여 기존의 타겟에서 요구되는 선행펄스가 극히 작은 고품질의 레이저가 필요하지 않은 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟을 제공하고자 하는 것이다.

[0019] 또한, 본 발명의 다른 목적은, 기존의 타겟에 비해 에너지는 훨씬 높은 동시에, 에너지 폭은 좁은 이온빔을 발생할 수 있는 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟을 제공하고자 하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0020] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따르면, 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟에 있어서, 레이저의 선행펄스와 반응하여 플라즈마를 생성하는 제 1 타겟층; 레이저의 주 펄스에 의해 이온빔을 발생하는 제 2 타겟층; 및 상기 플라즈마에 의한 충격파가 상기 제 2 타겟층에 전달되는 것을 방지하기 위해 상기 제 1 타겟층과 상기 제 2 타겟층 사이에 형성되는 진공층을 포함하는 진공층을 가지는 이중층 타겟이 제공된다.

**도면의 간단한 설명**

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟의 제 2 타겟층이 가속이온층을 포함하는 구성을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟의 제 2 타겟층에서 발생한 이온빔의 일부가 제 1 타겟층의 선행 플라즈마에 의해 반사되어 다시 제 2 타겟층으로 입사되는 특징을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟의 제 2 타겟층에서 발생한 이온빔의 일부가 제 1 타겟층의 선행 플라즈마에 의해 반사되어 다시 제 2 타겟층으로 입사되는 특징에 대한 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟의 제 2 타겟층에서 발생한 이온빔의 일부가 제 1 타겟층의 선행 플라즈마에 의해 반사되어 다시 제 2 타겟층으로 입사되는 특징에 대한 원리를 설명하기 위한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0022] 이하에 설명하는 내용은 본 발명을 실시하기 위한 실시예일 뿐이며, 본 발명은 이하에 설명하는 실시예의 내용으로만 한정되는 것은 아니라는 사실에 유념해야 한다.

[0023] 즉, 본 발명은, 후술하는 바와 같이, 레이저의 선행펄스가 극히 작은 고품질의 레이저 장치를 요구하였던 종래 기술의 문제점을 해결하여, 레이저의 선행펄스를 활용함으로써 고품질의 레이저에 대한 부담을 없앨 수 있는 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟에 관한 것이다.

[0024] 또한, 본 발명은, 기존의 타겟과는 다른 레이저 가속 원리를 이용함으로써 에너지가 훨씬 높으면서도 에너지 폭은 좁은 고품질의 이온빔을 발생할 수 있는 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟에 관한 것이다.

[0025] 즉, 본 발명은, 종래의 타겟 구조와 달리 수 내지 수십 나노미터 두께를 가지는 두꺼운 타겟을 사용함으로써,

선행펄스의 효과만 억제하는데 그쳤던 종래의 가속기술에 비하여, 이온빔의 에너지가 증가하고, 에너지 폭은 좁아지는 새로운 가속기술을 제시하고자 하는 것이다.

- [0026] 계속해서, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟의 상세한 내용에 대하여 설명한다.
- [0027] 먼저, 도 1을 참조하면, 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟(20)의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0028] 여기서, 도 1에 있어서, 레이저는 도 1의 왼쪽에서 오른쪽으로 진행하는 것으로 가정한다.
- [0029] 즉, 도 1에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟(20)은, 선행펄스와 반응하는 제 1 타겟층(21)과, 선행펄스에 의해 발생한 플라즈마에 의한 충격파의 전달을 방지하는 진공층(22) 및 주 펄스에 의해 이온빔이 발생하는 제 2 타겟층(23)을 포함하여 구성되어 있다.
- [0030] 더 상세하게는, 상기한 제 1 타겟층(21)은, 대략 수 내지 수십 마이크로미터 두께의, 바람직하게는, 1 ~ 10 마이크로미터 두께의 금속물질로 이루어지며, 선행펄스와 반응하여 플라즈마를 생성한다.
- [0031] 아울러, 진공층(22)은, 주 레이저 펄스가 들어오기 직전까지(약 수 나노초) 제 1 타겟층(21)에 의해 발생한 플라즈마에 의한 충격파가 제 2 타겟층(23)으로 전달되는 것을 방지한다.
- [0032] 계속해서, 제 2 타겟층(23)은, 대략 수 내지 수십 마이크로미터 두께의, 바람직하게는, 1 ~ 10 마이크로미터 두께의 금속 또는 플라스틱 물질로 이루어지며, 주 레이저펄스와 상호작용하여 이온빔이 발생하는 층이다.
- [0033] 여기서, 상기한 제 1 타겟층(21) 및 2 타겟층(23)은, 예를 들면, 알루미늄, 티타늄, 탄탈륨 등의 물질을 이용하여 구성할 수 있으며, 상기한 진공층(22)의 두께는 1 ~ 10 마이크로미터, 바람직하게는, 수 마이크로 미터 이내의 범위로 형성하는 것이 바람직하다.
- [0034] 아울러, 상기한 바와 같은 제 1 타겟층(21), 2 타겟층(23) 및 진공층(22)의 두께는, 레이저의 세기 또는 발생하고자 하는 이온빔의 에너지에 따라 그 조건을 달리하여 선택될 수 있는 것이다.
- [0035] 따라서, 특히, 상기한 바와 같은 구조에서는, 제 2 타겟층(23)에서 발생한 이온빔의 일부가 제 1 타겟층(21)에서 발생된 플라즈마에 의해 반사되어 다시 제 2 타겟층(23)으로 주입되므로, 기존의 타겟 구조보다 에너지는 높고, 에너지 폭은 좁은 이온빔을 발생할 수 있다.
- [0036] 아울러, 제 2 타겟층(23)의 앞 부분(도 1에서 왼쪽 부분)에는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 특정한 이온이 포함된 코팅물질을 얇게 코팅하여 가속이온층(31)을 형성함으로써, 원하는 이온빔을 발생하도록 구성할 수 있다.
- [0037] 여기서, 상기한 코팅물질로는, 예를 들면, 수소, 산소, 또는, 탄소 등을 사용할 수 있으며, 이때, 제 1 타겟층(21)과 제 2 타겟층(23)은, 원하는 이온빔보다 높은 원자수의 물질을 사용하는 것이 바람직하다.

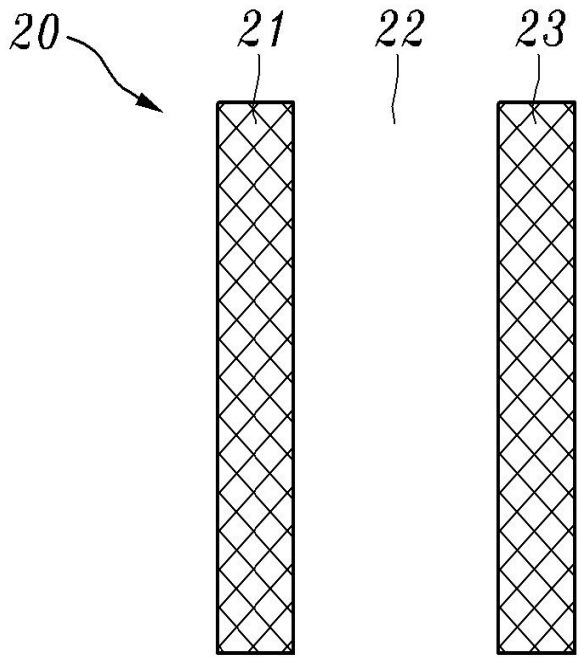
- [0038] 또한, 제 2 타겟층(23)의 뒷 부분(도 1에서 오른쪽 부분)에 흡착되는 불순물에 의한 영향을 줄이기 위해서는, 적당한 출력의 레이저를 이용하여 해당 부분을 가열함으로써 불순물을 제거해 주는 것이 바람직하다.
- [0039] 따라서 상기한 바와 같이 하여 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟을 구성함으로써, 도 3에 나타난 바와 같이, 제 2 타겟층(23)에서 발생한 이온빔의 일부가 제 1 타겟층(21)의 선행 플라즈마에 의해 반사되어 다시 제 2 타겟층(23)으로 입사됨으로써, 기존의 타겟 구조보다 에너지는 높고, 에너지 폭은 좁은 이온빔을 발생시킬 수 있다.
- [0040] 계속해서, 도 4 및 도 5를 참조하여, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 레이저 유도 입자 발생을 위한 진공층을 가지는 이중층 타겟을 이용하여 기존의 타겟 구조보다 에너지는 높고, 에너지 폭은 좁은 이온빔을 발생할 수 있는 원리에 대하여 설명한다.
- [0041] 먼저, 도 4를 참조하면, 도 4는 시간에 따른 플라즈마의 밀도 분포를 나타내는 도면으로, 도 4a 내지 도 4f에 있어서, 진공층(22)을 사이에 두고 왼쪽 부분은 선행펄스와 제 1 타겟층(21)이 반응하여 형성된 선행 플라즈마이며, 오른쪽은 제 2 타겟층(22)의 플라즈마 밀도를 나타내고 있다.
- [0042] 또한, 도 5를 참조하면, 도 5a 내지도 5f는 각각 도 4a 내지도 4f에 대응하여 본 발명의 가속 원리를 설명하기 위한 도면으로, 도 5에 있어서, X축은 공간을 나타내며, 도 4의 선행 플라즈마의 위치 및 제 2 타겟층(23)의 위치에 해당한다.
- [0043] 아울러, 도 5에 있어서, 왼쪽의 Y축은 전기장의 세기를 나타내며, 오른쪽의 Y축은 이온의 속도를 나타낸다.
- [0044] 또한, 도 5에 있어서, 검은색 선은 주 레이저 펄스이고, 선행펄스와 이미 반응하여 선행 플라즈마를 형성한 이후에 해당하는 것이며, 붉은색 선은 레이저와 플라즈마의 반응에 의해 형성된 가속 전기장을 나타낸다.
- [0045] 아울러, 도 5에 있어서, 오른쪽의 Y축의 값이 양수이면 오른쪽으로, 음수이면 왼쪽으로 가속되는 것을 의미한다.
- [0046] 더욱이, 도 5에 있어서, 점선의 원으로 표시한 부분은 이온의 운동을 나타내는 것으로, 즉, 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 제 2 타겟층(23)의 양 표면에 있는 이온(여기서는 양성자)이 하나는 오른쪽(푸른색)으로, 하나는 왼쪽으로(붉은색) 진행하는 것을 볼 수 있으며(즉, 하나는 속도가 양수이고, 하나는 음수이다), 여기서, 푸른색에 해당하는 부분이 기존의 가속원리에 해당한다.
- [0047] 또한, 본 발명의 가속 원리를 나타내는 부분은 붉은색 점선의 원으로 표시한 부분으로, 도 5a 및 도 5b에 나타난 바와 같이, 처음에는 왼쪽으로 진행하다가, 도 5c 및 도 5d에서 오른쪽으로 움직임이 바뀌는 것을 볼 수 있다(즉, 속도가 음수였다가 양수로 되는 것을 의미함).
- [0048] 이러한 현상은 선행 플라즈마에서 생성된 전기장( $E_{x1}$ )에 의한 반사작용에 의해 발생하는 것으로, 이와 같이 선행 플라즈마에서 생성된 전기장( $E_{x1}$ )에 의해 반사된 양성자 빔이 다시 제 2 타겟층(23)으로 들어가면, 도 5e 내지 도 5f에 나타난 바와 같이, 전기장이 더욱 길게 형성된다.



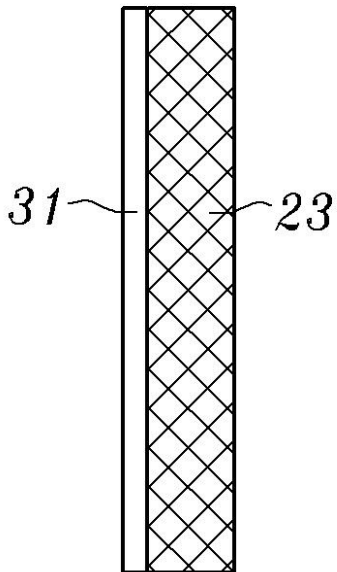


도면

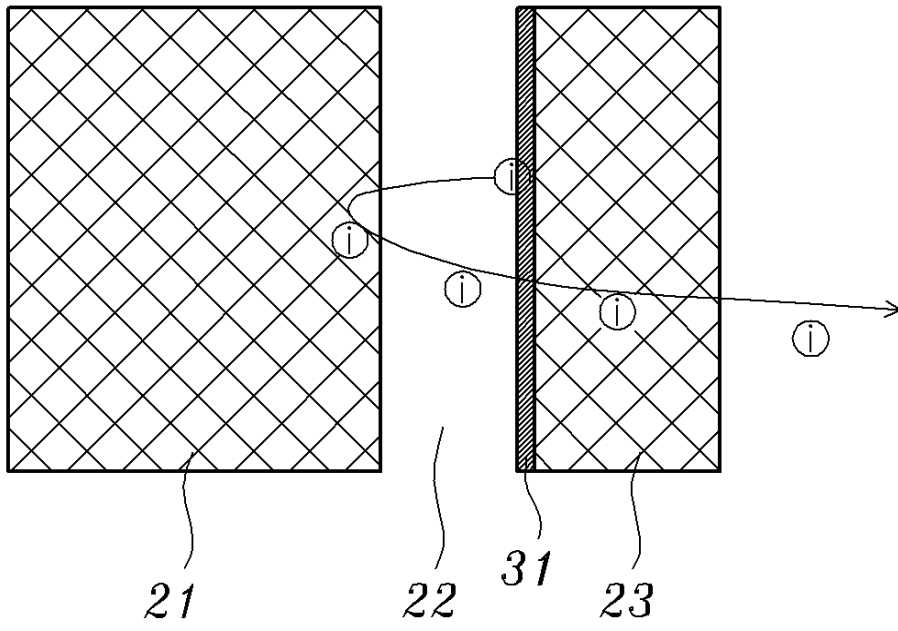
도면1



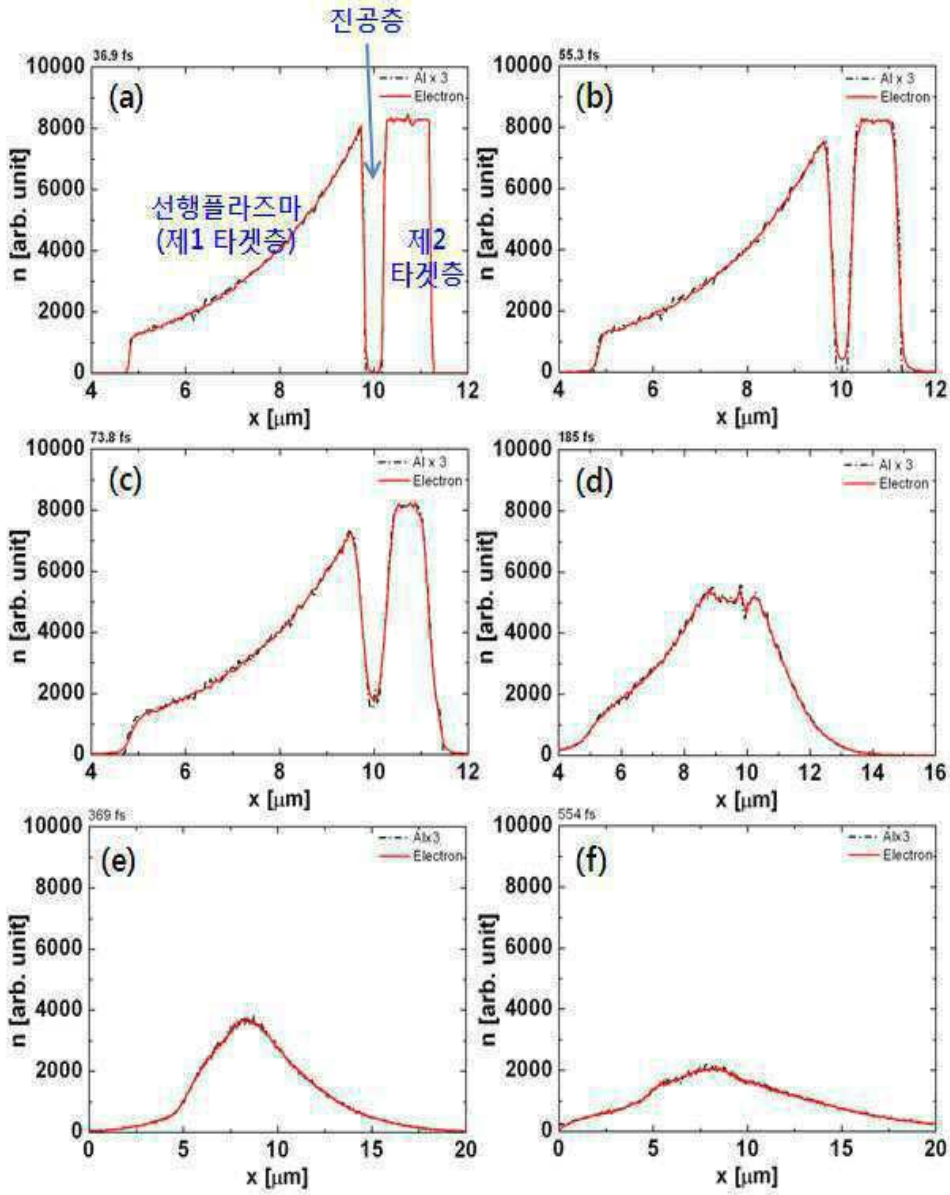
도면2



도면3



도면4



도면5

