



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0015392
(43) 공개일자 2009년02월12일

(51) Int. Cl.

H01J 37/32 (2006.01) H01J 27/02 (2006.01)

H01J 37/30 (2006.01) H01L 21/265 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0079686

(22) 출원일자 2007년08월08일

심사청구일자 2007년08월08일

(71) 출원인

한국과학기술원

대전 유성구 구성동 373-1

(72) 발명자

장홍영

대전 유성구 노은동 520-1 열매마을 새미래아파트
810동1402호

서상훈

대전 유성구 어은동 한빛아파트 138-1003

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

권혁수, 송윤호, 오세준

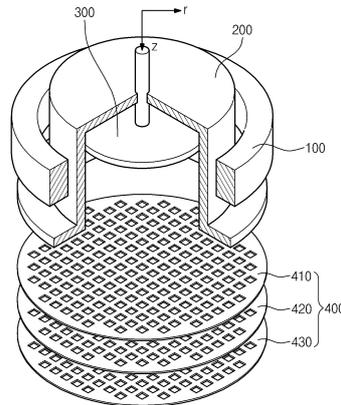
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 이온빔 발생 장치 및 이온 빔 발생 방법

(57) 요약

본 발명은 이온, 전자, 중성 가스를 포함하는 플라즈마를 생성하는 플라즈마 발생 장치부, 상기 플라즈마를 담고 있는 소오스 진공 용기, 상기 소오스 진공 용기 내부에 배치된 바이어스 전극, 및 상기 소오스 진공 용기에서 이온을 가속하여 추출하는 이온 추출부를 포함하되, 상기 바이어스 전극에 의하여 이온의 에너지를 상승시킨다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

채수항

대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 물리학
과

박민

대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 물리학
과

이현수

대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 물리학
과

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M103KC010006-07K0301-00620

부처명 과학기술부

연구사업명 테라급나노소자사업단

연구과제명 나노공정을 위한 중성빔 및 플라즈마 특성 연구

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2007.04.01.~2008.03.31.

특허청구의 범위

청구항 1

이온, 전자, 중성 가스를 포함하는 플라즈마를 생성하는 플라즈마 발생 장치부;
 상기 플라즈마를 담고 있는 소오스 진공 용기;
 상기 소오스 진공 용기 내부에 배치된 바이어스 전극; 및
 상기 소오스 진공 용기에서 이온을 가속하여 추출하는 이온 추출부를 포함하되,
 상기 바이어스 전극에 의하여 이온의 에너지를 상승시키는 것을 특징으로 하는 이온 빔 발생 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,
 상기 바이어스 전극에 양의 전압 또는 음의 전압을 인가하는 것을 특징으로 하는 이온빔 발생장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,
 상기 이온 추출부는 차례로 적층된 제1 그리드 전극, 제2 그리드 전극, 및 제3 그리드 전극을 포함하되,
 상기 소오스 진공 용기에 인접하여 배치된 상기 제1 그리드 전극은 플로팅되고,
 상기 제2 그리드 전극은 음의 전압이 인가되고,
 상기 제3 그리드 전극은 접지된 것을 특징으로 하는 이온빔 발생장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
 플라즈마 발생 장치부는;
 전원 및 상기 전원에서 에너지를 받아 플라즈마에 에너지를 주는 부하를 포함하되,
 상기 부하는 전극 또는 안테나인 것을 특징으로 하는 이온빔 발생 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
 상기 소오스 진공 용기는 전부 또는 일부가 절연체이고,
 상기 부하는 상기 소오스 진공 용기 외부에 배치되는 것을 특징으로 하는 이온빔 발생 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
 상기 부하는 안테나이고,
 상기 부하에 에너지를 공급하는 전원은 RF 전원인 것을 특징으로 하는 이온빔 발생 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
 상기 소오스 진공 용기의 절연체 부분에 상기 안테나가 배치되고, 상기 안테나와 플라즈마 사이에 바이어스 전극이 배치되는 것을 특징으로 하는 이온 빔 발생장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,
상기 바이어스 전극은 파라데이 실드 전극인 것을 특징으로 하는 이온빔 발생 장치.

청구항 9

제 6 항에 있어서,
상기 RF 전원은 펄스 모드로 동작하고,
상기 이온은 음이온을 포함하고,
상기 바이어스 전극에 음의 전압이 인가되어, 음 이온 빔을 추출하는 것을 특징으로 하는 이온빔 발생장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,
상기 바이어스 전극은 흑연(Carbon) 또는 DLC(diamond like carbon)를 코팅한 흑연인 것을 특징으로 하는 이온 빔 발생 장치

청구항 11

제 1 항에 있어서,
상기 중성 가스는 아르곤(Ar)이고,
상기 바이어스 전극은 양의 전압인 것을 특징으로 하는 이온빔 발생 장치.

청구항 12

소오스 진공 용기에서 플라즈마를 형성하는 단계;
상기 플라즈마의 플라즈마 전위를 바이어스 전극에 전압을 인가하여 변경하는 단계; 및 상기 플라즈마의 이온을 이온 추출부를 통하여 추출하는 단계를 포함하는 이온 빔의 형성 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

- <1> 본 발명은 이온 빔 발생 장치에 관한 것으로, 더 구체적으로는 고밀도 플라즈마 장치를 이용한 이온 빔 발생장치에 관한 것이다.
- <2> 본 발명은 과학기술부의 테라급나노소자사업단의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다[과제관리번호: M103KC010006-07K0301-00620, 과제명: 나노공정을 위한 중성빔 및 플라즈마 특성 연구].

배경기술

- <3> 이온은 기체를 전기방전(electrical discharge)시킴으로서 발생될 수 있다. 상기 이온을 전기장으로 가속시키면 이온 빔(ion beam)을 형성할 수 있다. 상기 이온 빔은 방향성(directionality)을 가질 수 있으며, 고 에너지 상태(high energy state)일 수 있다.
- <4> 상기 이온 빔은 이온을 발생시킨 후, 이온 추출부의 그리드 전극들(grids)에 전압을 걸어 이온을 뽑아낸다. 이 경우, 뽑아낸 상기 이온을 집속(focusing) 여부에 따라, 집속 이온 빔(focused ion beam)와 이온 샤워(ion shower)의 형태로 구분될 수 있다.
- <5> 가속된 이온의 에너지 범위에 따라 스퍼터링(sputtering), 임플란팅(implanting), 증착(deposition), 식각(reactive ion etching), 측정 장비 등에 이용될 수 있다.
- <6> 이온 빔의 전류의 증가는 공정 시간을 감소시킬 수 있고, 표면 처리 결과를 향상시킬 수 있다. 상기 이온 빔의 전류는 상기 이온 추출부의 그리드 전극들의 전압과 간격에 의존할 수 있다. 구체적으로, 공간에 이온만이 있는

경우, 상기 이온에 의한 전류는 상기 공간의 거리와 상기 공간의 양단에 인가되는 전압에 의존할 수 있다. 이러한, 전류의 전압 의존성을 공간 전하 제한 전류 (space charge limited current)라 한다.

- <7> 구체적으로, 이온 추출부의 플라즈마와 접촉하는 스크린 그리드 전극(screen grid)와 가속 그리드 전극 (accelerating grid) 사이에 일정한 전압이 인가된다. 상기 스크린 그리드 전극에 의하여 이온의 에너지를 결정 하고, 상기 스크린 그리드 전극과 상기 가속 그리드 전극의 전위차를 이용하여, 높은 운동에너지를 가진 이온들 을 추출한다.
- <8> 상기 스크린 그리드 전극과 상기 가속 그리드 전극 사이의 간격(d)이 일정한 경우, 즉, 공간 전하 제한 전류 (J)가 흐를 수 있다. 이에 따라, 상기 스크린 그리드 전극과 상기 가속 그리드 전극 사이에 흐를 수 있는 공간 전하 제한 전류 (space charge limited current, J)를 증가시키려면, 상기 그리드 전극들 사이에 인가되는 전압 차(voltage difference, V_0)를 크게 하거나 상기 간격(d)을 감소시켜야 한다.
- <9> 다만, 상기 간격(d)의 감소 또는 상기 인가 전압차 (V_0)의 증가는 상기 스크린 그리드 전극과 상기 가속 그리드 전극 사이의 전계를 증가시킬 수 있어, 아크 방전을 발생시킬 수 있다. 상기 아크 방전의 발생은 이온빔 발생 장치의 안정성을 저하시킬 수 있다. 이에 따라, 높은 이온 전류 및 높은 이온 에너지를 가지는 이온 빔의 생성 과정에서 아크 발생을 억제하여 안정적이고, 신뢰성 있는 이온빔 발생 장치가 필요하다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <10> 본 발명이 이루고자 하는 일 기술적 과제는 아크 발생을 억제한 안정적인 이온 빔을 발생시키는 이온 빔 발생 장치를 제공하는 데 있다.
- <11> 본 발명이 이루고자 하는 일 기술적 과제는 이온 전류를 증가시킨 이온 빔 발생 장치를 제공하는 데 있다.
- <12> 본 발명이 이루고자 하는 일 기술적 과제는 이온의 에너지를 증가시킨 이온 빔 발생 장치를 제공하는 데 있다.
- <13> 본 발명이 이루고자 하는 일 기술적 과제는 이온의 에너지를 증가시킨 이온 빔 형성 방법을 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

- <14> 이 장치는 이온, 전자, 중성 가스를 포함하는 플라즈마를 생성하는 플라즈마 발생 장치부, 상기 플라즈마를 담 고 있는 소오스 진공 용기, 상기 소오스 진공 용기 내부에 배치된 바이어스 전극, 및 상기 소오스 진공 용기에 서 이온을 가속하여 추출하는 이온 추출부를 포함하되, 상기 바이어스 전극에 의하여 이온의 에너지를 상승시 킨다.
- <15> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 바이어스 전극에 양의 전압 또는 음의 전압을 인가할 수 있다.
- <16> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 이온 추출부는 차례로 적층된 제1 그리드 전극, 제2 그리드 전극, 및 제3 그리드 전극을 포함하되, 상기 소오스 진공 용기에 인접하여 배치된 상기 제1 그리드 전극은 플로팅되고, 상기 제2 그리드 전극은 음의 전압이 인가되고, 상기 제3 그리드 전극은 접지될 수 있다.
- <17> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플라즈마 발생 장치부는, 전원 및 상기 전원에서 에너지를 받아 플라즈마에 에 너지를 주는 부하를 포함하되, 상기 부하는 전극 또는 안테나일 수 있다.
- <18> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 소오스 진공 용기는 전부 또는 일부가 절연체이고, 상기 부하는 상기 소 오스 진공 용기 외부에 배치될 수 있다.
- <19> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 부하는 안테나이고, 상기 부하에 에너지를 공급하는 전원은 RF 전원일 수 있다.
- <20> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 소오스 진공 용기의 절연체 부분에 상기 안테나가 배치되고, 상기 안테나 와 플라즈마 사이에 바이어스 전극이 배치될 수 있다.
- <21> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 바이어스 전극은 파라데이 실드 전극일 수 있다.
- <22> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 RF 전원은 펄스 모드로 동작하고, 상기 이온은 음이온을 포함하 고, 상기 바이어스 전극에 음의 전압이 인가되어, 음 이온 빔을 추출할 수 있다.

- <23> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 바이어스 전극은 흑연(Carbon) 또는 DLC(diamond like carbon)를 코팅한 흑연인 것을 특징으로 하는 이온빔 발생 장치
- <24> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 중성 가스는 불활성 가스(Ar)이고, 상기 바이어스 전극은 양의 전압일 수 있다.
- <25> 이 방법은 소오스 진공 용기에서 플라즈마를 형성하는 단계, 상기 플라즈마의 플라즈마 전위를 바이어스 전극에 전압을 인가하여 변경하는 단계, 및 상기 플라즈마의 이온을 이온 추출부를 통하여 추출하는 단계를 포함한다.

효 과

- <26> 본 발명에 의하면, 바이어스 전극을 소오스 진공 용기의 내부에 배치하여, 이온의 포텐셜 에너지를 증가시킬 수 있다. 이에 따라, 상기 이온을 이온 추출부를 통과시켜 이온 빔을 얻을 수 있다. 본 발명에 의하면, 아크 발생이 감소하고, 이온 전류가 증가된다. 또한, 이온 빔의 에너지를 증가된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <27> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 이 장치는 이온, 전자, 중성 가스를 포함하는 플라즈마를 생성하는 플라즈마 발생 장치부, 상기 플라즈마를 담고 있는 소오스 진공 용기, 상기 소오스 진공 용기 내부에 배치된 바이어스 전극, 상기 소오스 진공 용기에서 이온을 가속하여 추출하는 이온 추출부를 포함하되, 상기 바이어스 전극에 의하여 이온의 에너지를 상승시킨다.
- <28> 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 도면들에 있어서, 층(또는 막) 및 영역들의 두께는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 또한, 층(또는 막)이 다른 층(또는 막) 또는 기판 "상"에 있다고 언급되어지는 경우에 그것은 다른 층(또는 막) 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제3의 층(또는 막)이 개재될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- <29> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 이온 빔 발생 장치를 나타내는 도면이다.
- <30> 본 발명에 따른 이온 빔 발생장치는 이온, 전자, 중성 가스를 포함하는 플라즈마를 생성하는 플라즈마 발생 장치부(100), 상기 플라즈마를 담고 있는 소오스 진공 용기(200), 상기 소오스 진공 용기(200) 내부에 배치된 바이어스 전극(300), 상기 소오스 진공 용기(200)에서 이온들을 추출하는 이온추출부(400)를 포함하되, 상기 바이어스 전극(300)에 의하여 이온의 에너지를 상승시킨다.
- <31> 상기 플라즈마 발생 장치부(100)는 통상적인 플라즈마 발생 방법인 ICP(inductively coupled plasma), CCP(capacitively coupled plasma), DC 방전(direct current discharge), ECR(electron cyclotron resonance) 플라즈마 중에서 적어도 하나를 이용할 수 있다. 또한, 방전 효율(discharge efficiency)을 높이기 위해 외부 자기장(external magnetic flux density, B)을 사용할 수 있다. 상기 외부 자기장은 전자석(electromagnet, 미도시) 또는 영구자석(permanent magnet, 미도시)에 의하여 형성될 수 있다.
- <32> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 플라즈마 발생 장치부(100)는 중성 가스에 자외선의 조사에 의하여 플라즈마를 발생시킬 수 있고, 또는 기체를 고온으로 가열하여 플라즈마를 발생시킬 수도 있다. 상기 플라즈마 발생 방법은 다양하게 변형될 수 있다.
- <33> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플라즈마 발생 장치부(100)는 전원(미도시) 및 상기 전원에서 에너지를 받아 플라즈마에 에너지를 주는 부하(미도시)를 포함하되, 상기 부하(미도시)는 전극 또는 안테나 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 따라서, 상기 부하는 하나의 전극 및 하나의 안테나를 포함할 수 있으며, 또는 복수의 안테나를 포함할 수 있다. 상기 전원은 DC 전원, AC 전원, RF 전원 및 마이크로 웨이브 전원 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 전원은 전송선(transmission line) 또는 도파관(wave guide)을 통하여 상기 부하까지 에너지를 공급할 수 있다. 상기 부하는 소오스 진공 용기(200)의 내부 또는 외부에 배치될 수 있다. 상기 전송선은 도파관(wave guide), 버스 바(bus bar), 단일 선(single wire), 두 도선(two wire), 스트립 라인(strip line) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 전원과 상기 부하 사이에는 매칭 네트워크(matching network)가 배치될 수 있다.

- <34> 상기 부하는 정전계(electrostatic electric field intensity, E_s)를 발생하여 상기 플라즈마를 발생시키거나 또는 유도 전계(inductive electric field intensity, E_{in})를 발생하여 상기 플라즈마를 발생시킬 수 있다. 상기 부하가 전극인 경우, 상기 전극은 상기 소오스 진공 용기(300)의 내부 또는 외부에 배치될 수 있다. 상기 전극은 도전성 물질을 포함할 수 있다. 또한 상기 전극은 절연막 또는 반도체막을 더 포함할 수 있다. 상기 절연막은 알루미늄(Al_2O_3), 또는 퀴즈(SiO_2)일 수 있다. 상기 반도체막은 실리콘일 수 있다.
- <35> 상기 부하가 안테나일 경우, 상기 안테나는 도전 코일일 수 있다. 상기 안테나는 상기 소오스 진공 용기(200)의 내부 또는 외부에 배치될 수 있다. 상기 안테나의 기하학적 구조는 다양하게 변형될 수 있다. 상기 안테나는 솔레노이드(solenoid) 형태 또는 스파이럴(spiral) 형태일 수 있다. 상기 안테나의 구조와 형태는 다양하게 변형될 수 있다. 상기 안테나는 상기 안테나 주위에 배치된 절연체 또는 반도체를 포함할 수 있다. 또한, 상기 안테나는 금(Au) 또는 은(Ag)으로 표면이 도금되어 있을 수 있다.
- <36> 상기 소오스 진공 용기(200)는 전부 또는 일부가 절연체일 수 있다. 이 경우, 상기 부하는 상기 소오스 진공 용기(200)의 절연체 부분의 외부에 배치될 수 있다. 상기 소오스 진공 용기(200) 외부에 배치된 상기 부하는 정전계(electrostatic electric field intensity) 또는 유도 전계(inductive electric field intensity)를 생성하여 플라즈마를 생성할 수 있다. 상기 소오스 진공 용기(200)의 절연체는 실리콘(Si), 퀴즈(quartz), 유리(Glass), 알루미늄(Al_2O_3) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 소오스 진공 용기(200)의 형태는 벨자(bell jar)형, 실린더 각(cylindrical shell)형, 다각형 각(polygonal shell) 형 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 소오스 진공 용기(200)의 형태는 다양하게 변형될 수 있다.
- <37> 상기 소오스 진공 용기(200)의 압력은 대기압 보다 낮을 수 있다. 플라즈마는 양이온, 음이온, 중성 가스, 전자를 포함할 수 있다. 상기 중성 가스는 아르곤(Ar), 헬륨(He), 수소(H_2), 산소(O_2), 염소(Cl_2), SF_6 , CF_4 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 중성 가스는 외부 가스 공급 장치(미도시)를 통하여 상기 소오스 진공 용기(200)에 공급될 수 있다.
- <38> 상기 바이어스 전극(300)은 상기 소오스 진공용기(200)의 내부에 배치된다. 상기 바이어스 전극(200)은 도체를 포함할 수 있다. 상기 바이어스 전극은 몰리브덴(Mo), 카본(C), 및 DLC(diamond like carbon) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)은 내부식성 및 스퍼터링에 강한 물질이 바람직하다.
- <39> 구체적으로, 상기 바이어스 전극(200)은 카본이고 표면에 DLC로 코팅될 수 있다. 상기 바이어스 전극(200)에 전원(미도시)이 연결될 수 있다. 상기 전원은 DC, AC, RF 중에서 적어도 하나일 수 있다. 상기 바이어스 전극(200)의 상기 전원은 펄스형으로 동작할 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)에 인가되는 전압은 음의 전압 또는 양의 전압일 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)에 인가되는 최대 전압은 플라즈마의 밀도, 상기 소오스 진공 용기(200)의 압력 등에 의존할 수 있다.
- <40> 상기 바이어스 전극(300)은 상기 소오스 진공 용기(200)의 내부에 배치되고, 상기 소오스 진공 용기의 구조에 따라 변할 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)은 상기 이온 추출부(400)와 평행하게 배치되는 것에 한하지 않는다. 예를 들면, 상기 소오스 진공 용기(200)가 벨자(bell jar)의 형태이고 절연체인 경우, 상기 부하는 상기 벨자의 외측에 배치된 안테나일 수 있다. 통상적으로, 이러한 구조의 플라즈마 발생 장치는 ICP라 불린다. 상기 바이어스 전극(300)은 디스크 판(disk plate) 또는 실린더 각(cylindrical shell)의 형태일 수 있다.
- <41> 상기 바이어스 전극(300)의 형태는 다양하게 변형될 수 있으며, 상기 소오스 진공 용기(200)의 내벽에 접촉하여 배치됨이 바람직하다. 다만, 상기 바이어스 전극(300)과 대향하는 상기 소오스 진공 용기(200)의 부분이 도체인 경우, 상기 바이어스 전극(300)과 상기 소오스 진공 용기(200) 사이의 방전(discharge)을 방지하도록 절연막이 배치될 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)과 상기 이온 추출부(400) 사이에는 플라즈마가 배치되므로, 공간 전하 제한 전류의 문제가 발생하지 않는다. 또한, 상기 플라즈마의 표면적(A_p)에 대한 바이어스 전극(300)의 면적(A_b)의 면적비(A_b/A_p)는 1내지 0.01 중에서 어느 하나일 수 있다. 상기 면적비(A_b/A_p)에 따라 상기 플라즈마 전위는 영향을 받을 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)은 상기 이온 추출기(400)와 분리되어 있기 때문에, 유지 및 보수가 간편하다. 또한 상기 바이어스 전극(300)은 그리드의 형태를 가질 필요가 없다. 또한, 상기 바이어스 전극(300)이 디스크 형인 경우, 상기 바이어스 전극(300)에 고전압이 인가되어도 국소적으로 전계의 세기가 증가하는 영역을 줄일 수 있어, 아크 발생을 감소시킬 수 있다.
- <42> 종래의 기술에 의하면, 양 이온의 에너지 및 이온 전류를 증가시키기 위하여 스크린 그리드 전극과 가속 그리드 전극을 사용하였다. 그 결과, 상기 스크린 그리드 전극과 상기 플라즈마 사이의 전위차에 의하여 전자들은

배척되고, 양 이온들만 상기 스크린 그리드 전극을 통과할 수 있다. 이에 따라, 상기 스크린 그리드 전극과 상기 가속 그리드 전극 사이에는 양 이온만이 존재할 수 있다. 이에 따라, 공간 제한 전류가 흐를 수 있다. 따라서, 공간 제한 전류를 증가시키기 위하여, 상기 스크린 그리드 전극과 상기 가속 그리드 전극 사이의 전위차를 증가시키면, 상기 스크린 그리드 전극과 상기 가속 그리드 전극 사이에 강한 전계가 인가될 수 있다. 상기 강한 전계는 아크 방전을 발생시킬 수 있다. 또한, 상기 스크린 그리드에 높은 전압이 인가되면, 상기 스크린 그리드의 주위에 강한 전계가 발생하여 아크가 발생할 수 있다.

- <43> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 이온 빔 발생 장치를 나타내는 도면이다. 상기 소오스 진공 용기(200)는 실린더, 또는 다각형 모양일 수 있고, 상기 소오스 진공 용기(200)의 상단부는 절연막이고 평면일 수 있다. 이 경우, 상기 소오스 진공 용기(200) 상단의 절연막 상에 안테나가 배치될 수 있다. 통상적으로, 이러한 구조의 플라즈마 발생 장치는 TCP(transformer coupled plasma)라 불린다. 이 경우, 상기 바이어스 전극(300)은 파라데이 실드(faraday shield)의 형태일 수 있다.
- <44> 구체적으로, 플라즈마 발생장치(300)는 부하(310)인 안테나를 포함할 수 있다. 상기 안테나에 RF 전류가 흐르면, 상기 안테나 주위에 유도 전계가 발생한다. 상기 유도 전계는 전자를 가속하여 플라즈마를 생성할 수 있다. 상기 안테나는 스파이럴(spiral) 모양일 수 있다.
- <45> 다만, 상기 안테나의 하부에 상기 바이어스 전극(300)이 배치된 경우, 상기 유도 전계는 상기 바이어스 전극(300)을 통과할 수 없으므로, 플라즈마를 생성할 수 없다. 따라서, 상기 유도 전계가 상기 플라즈마에 전달되도록, 상기 바이어스 전극(300)은 슬릿(310)을 가질 수 있다. 상기 슬릿(310)을 가진 상기 바이어스 전극(300)은 파라데이 실드(faraday shield)의 형태일 수 있다. 상기 파라데이 실드의 형태를 가진 상기 바이어스 전극(300)은 상기 안테나를 가로지르는 슬릿(310)을 가질 수 있다. 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 바이어스 전극(300)은 부하인 안테나에 의한 유도 전계를 통과시키는 한, 자유롭게 변형될 수 있다.
- <46> 도 3a 및 3b은 본 발명의 일 실시예에 따른, 바이어스 전극의 일 형태인 파라데이 실드를 나타내는 도면이다.
- <47> 도 3a를 참조하면, 상기 바이어스 전극(300)은 원판 모양일 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)의 형태는 사각형, 다각형 등 다양하게 변형될 수 있다. 상기 원판 모양의 상기 바이어스 전극(300)은 복수의 슬릿(slit)을 포함할 수 있다. 상기 슬릿의 간격과 길이는 상기 플라즈마 발생부(100)의 전원의 주파수에 의존할 수 있다.
- <48> 도 3b를 참조하면, 상기 바이어스 전극(300) 상에는 부하(310)인 안테나가 배치될 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)의 슬릿(310)은 상기 부하(110)인 안테나를 가로지를 수 있다. 상기 부하(110)인 안테나의 형태 및 상기 바이어스 전극(300)의 슬릿(310)의 모양은 다양하게 변형될 수 있다. 상기 안테나의 전류의 방향에 수직인 방향으로 상기 바이어스 전극(300)에 슬릿(310)이 배치될 수 있다.
- <49> 다시, 도1을 참조하며, 상기 이온 추출부(400)는 그리드 전극들을 포함할 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)은 이온의 포텐셜 에너지(potential energy)를 결정할 수 있다. 상기 바이어스 전극(300)의 전위에 의하여 상기 플라즈마의 플라즈마 전위(plasma potential)가 결정될 수 있다. 구체적으로, 상기 플라즈마 전위는 상기 바이어스 전극(300)의 전위보다 수 전자볼트(electron volt, eV) 정도 높을 수 있다. 상기 플라즈마 전위와 상기 바이어스 전극(300)의 전위차는 전자 온도(electron temperature)에 의존할 수 있다. 또한, 소오스 진공 용기(200)의 플라즈마의 이온의 온도는 상온(room temperature)일 수 있고, 방향성이 없을 수 있다.
- <50> 상기 이온 추출부(400)는 적어도 2개의 그리드 전극들을 포함할 수 있다.
- <51> 상기 이온 추출부(400)는 차례로 적층된 제1 그리드 전극(410), 제2 그리드 전극(420), 및 제3 그리드 전극(430)을 포함할 수 있다. 각 그리드 전극들(410,420,430)은 서로 전기적으로 절연될 수 있다. 상기 제1 그리드 전극(410)은 전기적으로 플로팅(floating)될 수 있다. 또한, 상기 제2 그리드 전극(420)은 음의 가속 전압이 인가될 수 있다. 상기 제3 그리드 전극(430)은 접지될 수 있다. 상기 소오스 진공 용기(200) 내부의 플라즈마 전위(plasma potential)는 상기 바이어스 전극(300)의 전압 보다 높을 수 있다. 이에 따라, 상기 플라즈마의 양 이온(positive ion)은 상기 바이어스 전극(300)의 인가 전압 이상의 높은 포텐셜 에너지(potential energy)를 가질 수 있다.
- <52> 상기 플라즈마의 양이온은 플로팅된 상기 제1 그리드 전극(410) 및 음의 전압이 인가된 상기 제2 그리드 전극(420)을 통하여 가속될 수 있다. 즉, 양이온의 상기 포텐셜 에너지는 운동 에너지로 전환될 수 있다. 다만, 상기 양 이온은 상기 제2 그리드 전극(420)과 접지된 상기 제3 그리드 전극(430) 사이에서 감속할 수 있다. 결국, 상기 플라즈마의 양이온은 상기 이온 추출부(400)를 통과하여 상기 바이어스 전극(300)에 인가된 전

압에 해당하는 운동 에너지를 얻을 수 있다.

- <53> 상기 제1 그리드 전극(410)은 플로팅된 경우, 상기 제1 그리드 전극(410)과 상기 플라즈마 사이에는 시스 영역(sheath region)이 존재할 수 있다. 상기 시스 영역에는 전계가 존재할 수 있다. 상기 시스 영역에서의 전계의 형태는 이온의 방향성에 영향을 줄 수 있다.
- <54> 종래의 기술에 의하면, 스크린 그리드 전극에 양의 전압이 인가될 수 있고, 이에 따라, 상기 플라즈마 전위와 상기 스크린 그리드 전극 사이의 시스 영역에 강한 전계가 인가될 수 있다. 결국, 상기 시스 영역의 전계는 심하게 왜곡될 수 있고, 이에 따라, 상기 플라즈마에서 스크린 그리드 전극을 통과하는 이온들의 속도는 z축 방향 성분 이외의 성분을 가질 수 있다.
- <55> 이에 반하여, 본 발명에 따르면, 상기 제1 그리드 전극(410)은 플로팅되어 있으므로, 상기 플라즈마와 상기 제1 그리드 전극(410) 사이의 전압차는 크지 않다. 따라서, 상기 플라즈마와 상기 제1 그리드 전극(410) 사이의 전압차는 작을 수 있다. 이에 따라, 상기 플라즈마와 상기 제1 그리드 전극(410) 사이의 시스 영역에서 전계는 심하게 왜곡되지 않을 수 있다. 이에 따라, z축 방향의 성분을 가진 이온 빔을 형성할 수 있다.
- <56> 본 발명에 따르면, 상기 제1 그리드 전극(410)이 플로팅된 경우, 상술한 공간 전하 제한 전류(space charge limited current)의 원리는 적용되지 않을 수 있다. 상기 공간 전하 제한 전류는 두 전극의 전위가 정해지고, 상기 두 전극 사이의 한 종류의 전하가 존재하는 경우에 적용될 수 있다. 그러나, 본 발명에 따르면, 상기 제1 그리드 전극(410)이 플로팅되어 있어, 공간 전하 제한 전류의 원리가 적용되지 않을 수 있다. 다만, 상기 제2 그리드 전극과 상기 제3 그리드 전극 사이에는 공간 전하 제한 전류의 원리가 적용될 수 있다. 이에 따라, 상기 제3 그리드 전극(430)이 접지된 경우, 이온 전류를 증가시키기 위하여 상기 제2 그리드 전극(420)과 상기 제3 그리드 전극(430)의 전위차를 증가시킬 필요가 있다.
- <57> 본 발명에 따르면, 상기 제1 그리드 전극(410)이 플로팅된 경우, 상기 플라즈마에서 상기 제1 그리드 전극(410)의 표면에 입사하는 이온의 에너지가 작을 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 전극(410) 스퍼터링이 작게 일어날 수 있으므로, 이온 빔 발생 장치의 유지 보수 및 신뢰성이 향상될 수 있다.
- <58> 본 발명에 따르면, 상기 제2 그리드 전극(420)에 음의 전압을 인가한 경우, 상기 제1 그리드 전극(410)과 상기 제2 그리드 전극(420) 사이의 아크 방전의 발생은 감소할 수 있다. 왜냐하면, 상기 제1 그리드 전극(420)이 플로팅되어, 상기 아크 방전의 전류의 이동 통로가 없기 때문으로 해석된다.
- <59> 상기 그리드 전극들(410, 420, 430)의 표면은 도전성 물질을 포함할 수 있다. 상기 그리드 전극들(410, 420, 430)은 금속 메쉬(mesh), 카본 메쉬, 도금된 마이크로 캐필러리(micro capillary) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 금속 메쉬(mesh)는 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 니켈(Ni), 금(Au), 은(Ag) 또는 이들의 합금 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 그리드 전극들(410, 420, 430)의 구조는 전산 모사, 이론적 계산, 실험결과에 의하여 적절한 모양을 갖도록 선택될 수 있다. 상기 카본 메쉬는 포토 리소그래피(photo lithography)와 패터닝 공정 또는 소결 공정(sintering process)을 통하여 형성될 수 있다. 상기 그리드 전극들의 구조와 물질은 다양하게 변형될 수 있다.
- <60> 상기 그리드 전극들(410, 420, 430)은 서로 절연되어 있을 수 있다. 상기 그리드 전극들(410, 420, 430)은 DC 전원에 전기적으로 연결되어 있을 수 있다. 상기 DC 전원은 - 수백 kV 내지 +수백 kV 중에서 하나의 값을 출력할 수 있다.
- <61> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 제1 그리드 전극(410), 상기 제2 그리드 전극(420), 상기 제3 그리드 전극(430)의 전위는 다양하게 변형될 수 있다.
- <62> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 바이어스 전극의 전압(bias electrode voltage) 및 이온 추출부의 전압, 그리고 이온 운동 에너지(ion kinetic energy)를 나타내는 도면들이다.
- <63> 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 상기 이온 추출부(400)를 통과한 이온의 운동 에너지는 상기 바이어스 전극(300)에 인가한 전압보다 작을 수 있다. 다만, 이온의 운동 에너지는 바이어스 전극(300)의 전압에 비례하였다.
- <64> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 바이어스 전극의 전압과 이온 추출부를 통과한 이온의 운동 에너지를 나타내는 도면이다.
- <65> 상기 소오스 진공 용기(200)의 내부에 삽입한 바이어스 전극(300)의 전압은 상기 이온 추출부(400)를 빠져나온 양이온의 운동 에너지에 비례하였다. 다만, 상기 바이어스 전극(300)의 전압과 이온 추출부(400)를 빠져나온

양이온의 운동에너지는 차이를 보였다. 상기 바이어스 전극(300)의 전압은 150V, 200V, 250V, 300V로 변경하면서 인가하였다. 이에 따라, 이온의 운동에너지는 비례하여 증가하였다.

<66> 한편, 상기 바이어스 전극(300)의 전압을 일정하게 유지하면서, 상기 제2 그리드 전극(420)의 전압은 -400V, -500V, -600V로 변경하면서 인가하였다. 상기 제2 그리드 전극(420)의 전압의 변화에 따라, 상기 양 이온에너지는 거의 차이를 보이지 않았다.

<67> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 이온 전류 밀도(ion current density)와 이온 에너지(ion energy)의 관계(a) 및 종래 기술에 의한 이온 전류밀도와 이온 에너지 관계(b)를 나타내는 도면이다.

<68> 양이온 에너지는 바이어스 전극(300)의 전압을 통하여 조절하였다. 또한, 본 발명에 따른 이온 빔 발생장치의 이온의 전류밀도는 상기 제 2 그리드 전극(420)의 음의 전압을 증가시킴에 따라, 증가함을 알 수 있었다. 상기 양 이온의 전류밀도의 증가는 상기 제2 그리드 전극(420)과 상기 제3 그리드 전극(430)의 전위차의 증가에 따른, 공간 전하 제한 전류의 증가로 해석된다. 또한, 본 발명에 따른 이온 빔 발생 장치의 상기 이온 전류밀도는 종래의 이온 빔 발생 장치에 비하여, 120 퍼센트(percent)에서 350 퍼센트(percent)까지 증가함을 알 수 있었다.

<69> 또한, 본 발명의 이온 빔 발생장치는 아크 발생에 있어서, 종래의 기술에 비하여 아크 발생의 빈도가 감소하였다. 이에 따라, 상기 제2 그리드 전극(420)에 인가하는 전압을 종래의 기술보다 증가시킬 수 있었다.

<70> 본 발명에 의하면, 상기 제2 그리드 전극(420)의 전압은 -600V 이상까지 증가시킬 수 있었다. 하지만, 종래의 기술에 의하면, 스크린 그리드 전극에 -400V이상의 전압이 인가된 경우, 아크가 발생하여 안정적인 이온 빔을 생성할 수 없었다.

<71> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 이온 빔 발생장치는 이온 중성화부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 상기 이온 중성화부는 상기 이온 추출부(400)의 높은 에너지를 가진 이온들을 중성화하는 장치일 수 있다. 구체적으로 상기 이온 중성화부는 금속판일 수 있다. 이에 따라, 높은 에너지의 이온 빔은 상기 금속판에 입사하여, 높은 에너지를 가진 중성빔(neutral beam)이 형성될 수 있다.

<72> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 이온 빔 발생장치는 음이온 빔을 발생시킬 수 있다. 즉, 산소(O₂)나 염소(Cl₂), SF₆, CF₄ 등의 가스를 이용하여 플라즈마를 발생시키면, 음이온이 발생할 수 있다. 이 경우, 상기 바이어스 전극(300)에 음의 전압을 인가하고, 이온 추출부(400)에서 음이온을 추출하면, 음 이온 빔을 생성할 수 있다. 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 플라즈마 발생장치(100)는 펄스 형태로 동작할 수 있으며, 상기 바이어스 전극(300)에 인가되는 전압도 펄스 형태일 수 있다.

<73> 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른, 음이온 빔의 발생장치에 인가되는 전압을 나타내는 도면이다. 부하에 인가되는 전력(a)은 펄스형으로 인가될 수 있다. 또한, 바이어스 전극(300)에 인가되는 전압(b)은 상기 부하에 인가되는 전력과 동기(synchronization)화되어 펄스형으로 인가될 수 있다. 제2 그리드 전극(420)에 인가되는 전압(c)은 상기 바이어스 전극(300) 또는 상기 안테나의 전력에 동기화되어 펄스형으로 인가될 수 있다.

<74> 구체적으로, 상기 안테나에 파워가 인가되어 플라즈마를 형성하는 동안, 상기 바이어스 전극은 양의 전압이 인가되고, 상기 제2 그리드 전극은 음의 전압이 인가된다. 이에 따라, 소스 진공 용기(200)의 플라즈마의 양이온은 상기 이온 추출부(400)를 통하여 배출된다.

<75> 상기 부하에 파워가 인가되지 않은 경우, 상기 바이어스 전극(300)은 음의 전압이 인가되고, 상기 제2 그리드 전극(420)에는 양의 전압이 인가된다. 이에 따라, 소오스 진공 용기(200)내의 플라즈마의 음이온은 이온 추출부(400)를 통하여 배출된다.

<76> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 부하, 상기 바이어스 전극(300), 및 상기 제2 그리드 전극(420)의 전압은 다양하게 변형될 수 있으며, 이들간의 시간 지연(time delay)이 있을 수 있다.

<77> 본 발명의 일 실시예에 따른 이온 빔의 형성 방법은 소오스 진공 용기(200)에서 플라즈마를 형성하는 단계, 상기 플라즈마의 플라즈마 전위를 바이어스 전극(300)에 전압을 인가하여 변경하는 단계, 상기 플라즈마의 이온을 이온 추출부(400)를 통하여 추출하는 단계를 포함한다.

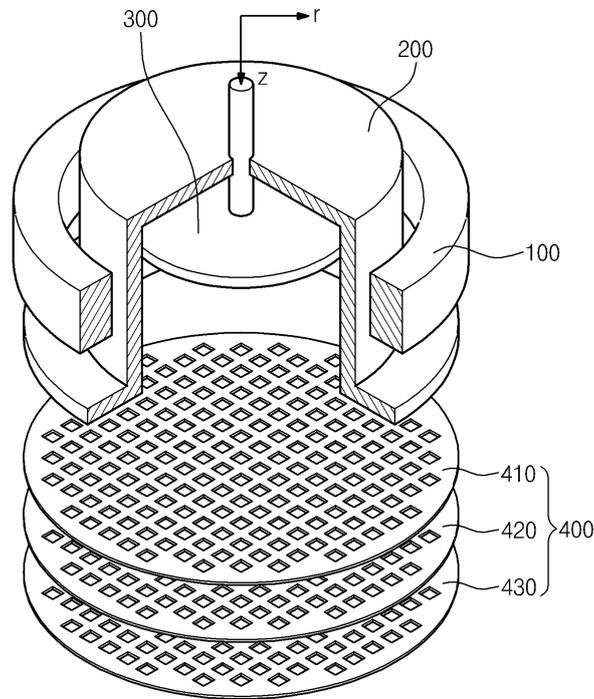
도면의 간단한 설명

<78> 도 1 및 도2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 이온 빔 발생 장치를 나타내는 도면들이다.

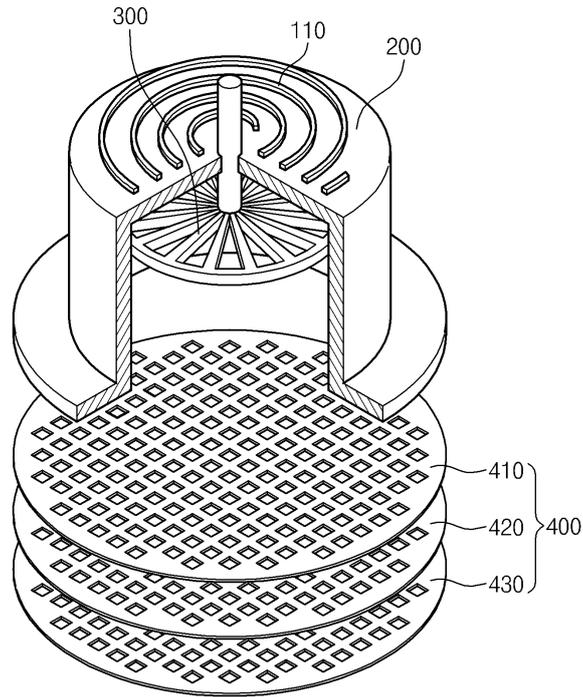
- <79> 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 바이어스 전극의 일 형태인 파라데이 실드를 나타내는 도면이다.
- <80> 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 바이어스 전극의 전압(bias electrode voltage) 및 이온 추출부의 전압, 그리고 이온 운동 에너지(ion kinetic energy)를 나타내는 도면들이다.
- <81> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 바이어스 전극의 전압과 이온 추출부를 통과한 이온의 운동에너지를 나타내는 도면이다.
- <82> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 이온 전류 밀도(ion current density)와 이온 에너지(ion energy)의 관계(a) 및 종래 기술에 의한 이온 전류밀도와 이온 에너지 관계(b)를 나타내는 도면이다.
- <83> 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른, 음이온 빔의 발생장치에 인가되는 전압을 나타내는 도면이다.

도면

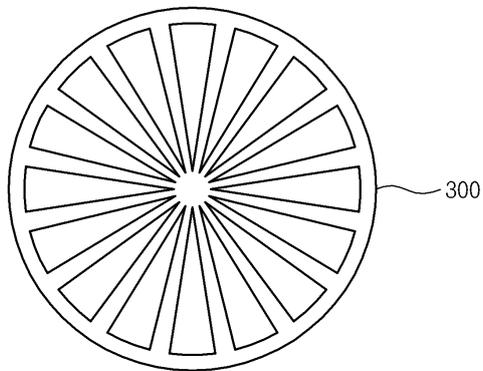
도면1



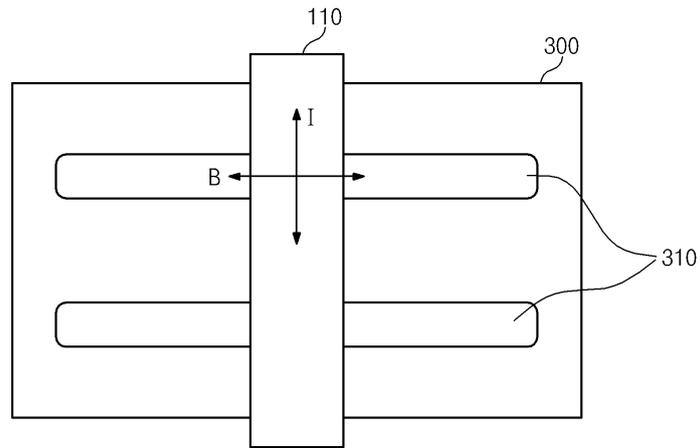
도면2



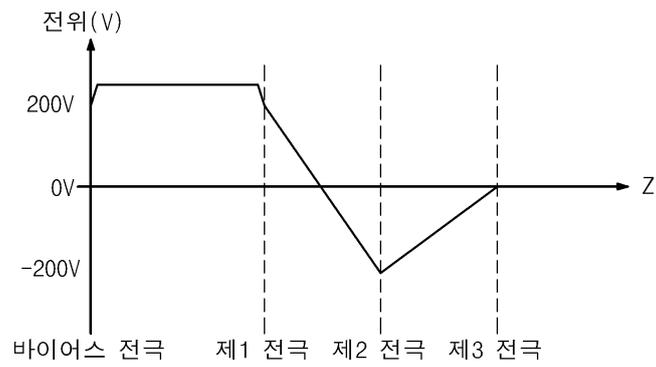
도면3a



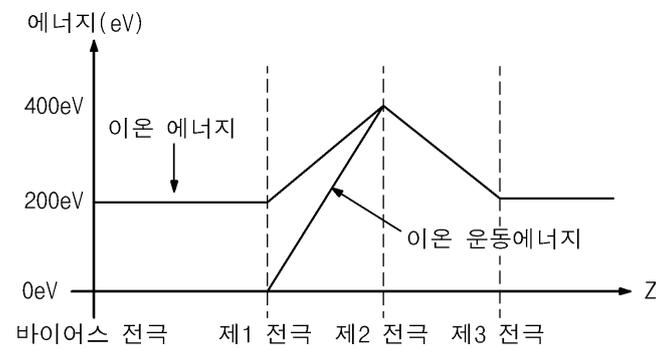
도면3b



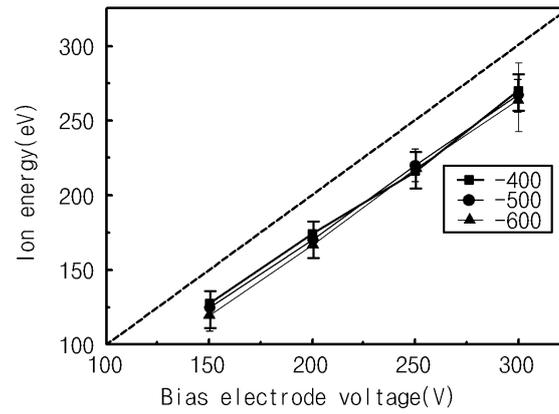
도면4a



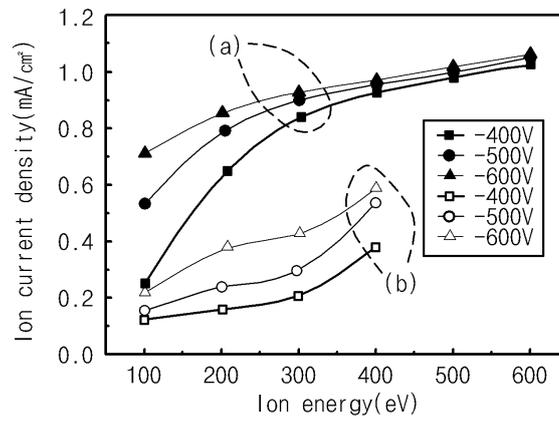
도면4b



도면5



도면6



도면7

