

## (19)대한민국특허청(KR) (12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. <i>H01J 37/305</i> (2006.01)	(45) 공고일자 2006년06월19일 (11) 등록번호 10-0590644 (24) 등록일자 2006년06월09일
---	--

(21) 출원번호	10-2000-7013653	(65) 공개번호	10-2001-0052514
(22) 출원일자	2000년12월02일	(43) 공개일자	2001년06월25일
번역문 제출일자	2000년12월02일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1999/011527	(87) 국제공개번호	WO 1999/63572
국제출원일자	1999년05월25일	국제공개일자	1999년12월09일

(81) 지정국                      국내특허 : 일본, 대한민국,  
  
    EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

(30) 우선권주장                      09/089,014                      1998년06월02일                      미국(US)

(73) 특허권자                      베리안 세미콘덕터 이큅먼트 어소시에이츠, 인크.  
    미국 01930 매사추세츠주 글로스터 도리 로드 35

(72) 발명자                      레나우, 안토니  
    미국 01985 매사추세츠주 웨스트뉴베리 메인스트리트 323

   맥케나, 찰리스  
    미국 01921 매사추세츠주 박스포스헤릭 크로드 55

(74) 대리인                      장수길  
    위혜숙

심사관 : 조기덕

### (54) 이온 주입기에 대한 가속과 분석 구조

#### 요약

이온 빔 제너레이터(10)는 이온 빔(12)을 발생시키기 위한 이온 빔 소스(40), 바람직한 에너지에 이온 빔 내에서 이온을 선택적으로 가속 또는 감속시키기 위한 가속/감속 칼럼(44), 이온 빔 소스와 이온 빔으로부터 제1 바람직하지 않은 종류를 제거하기 위한 상기 가속/감속 칼럼 사이에 위치한 소스 필터(42) 및 이온 빔으로부터 제2 바람직하지 않은 종류를 제거하기 위한 가속/감속 칼럼의 하류에 위치한 질량 분석기(50)를 포함한다. 이온 빔 제너레이터는 저 레벨 에너지와 질량 오염 물질을 가지는 에너지 이온 빔을 제공한다. 이온 빔 제너레이터는 이온 주입기에 이용될수 있다.

#### 대표도

도 2

## 색인어

이온 빔 제너레이터, 소스 필터, 가속/감속 칼럼, 질량 분석기, 이온 주입기

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 반도체 웨이퍼로 이온을 주입하기 위한 방법과 시스템, 좀더 상세하게는 고순도 에너지 이온 빔을 발생시키기 위한 빔선(beamline) 구조에 관련된다.

### 배경기술

이온 주입은 도전율이 다른 불순물을 반도체 웨이퍼에 주입하기 위한 표준 기술이 되어왔다. 원하는 불순물 물질을 이온 소스에서 이온화시키고, 이 이온을 가속화시켜 정해진 에너지의 이온 빔을 형성하여 이온 빔이 웨이퍼의 표면을 향하게 한다. 빔 내의 에너제틱(energetic) 이온은 반도체 물질의 벌크(bulk) 내를 관통하고 원하는 도전율의 영역으로 형성하기 위해서 반도체 물질의 결정 격자내에 저장된다.

이온 주입 시스템은 대개 가스 또는 고체 물질을 분명한 이온 빔으로 변화시키기 위한 이온 소스를 포함한다. 이온 빔은 바람직하지 않은 이온 종류를 제거하기 위해서 질량 분석되며, 바람직한 에너지로 가속되며, 타겟(target) 평면상으로 향하게 된다. 빔은 빔 주사, 타겟 운동, 또는 빔 주사와 타겟 운동의 결합에 의해 타겟 영역 위에 분포된다. 종래 기술의 이온 주입기 예는 Enge 에게 1981.6.30에 허여된 미국 특허 번호 4,276,477; Turner 에게 1981.8.11에 허여된 미국 특허 번호 4,283,631; Freytsis 등에게 1990.2.6에 허여된 미국 특허 번호 4,899,059; Berrian 등에게 1990.5.1에 허여된 미국 특허 번호 4,922,106 에서 나타난다.

반도체 산업에서 분명한 경향은 더 작고, 더 고속의 장치에 대한 요구이다. 특히, 반도체 장치에서 피쳐(features)의 가로 차원과 깊이의 양자는 감소하고 있다. 장비 제조자는 주입된 도우펀트(dopants)의 깊이 분포를 정밀하게 제어할 것을 필요로 한다. 이것을 성취하기 위해서, 이온 주입기는 웨이퍼 평면상에 충돌하는 이온들의 에너지를 정밀하게 제어할 수 있다. 에너지 제어에 대한 요구는 전원 공급 장치의 안정성 같은 많은 요구에 영향을 미친다. 그러나, 이온 주입기의 성능은 바람직한 주입 에너지와는 다른 에너지를 가지는 입자의 이온 빔에서 실재하는 에너지 오염(energy contamination) 같은 더 적고 명백한 원인에 의해 제한되어 왔다.

에너지 오염은 빔 내의 이온들과 시스템 내의 잔류 가스 분자들 간의 상호작용에 기인한다. 전하 교환 반응은 시스템 내의 중성 분자들이 상호 작용 할때 빔 이온의 전하 상태를 변화시킬지도 모른다. 예상되는 바와 같이, 그런 교환 발생의 가능성은 중성 가스 밀도와 시스템 압력에 의존한다. 만약, 그런 반응후 빔이 전기장에 의해 가속된다면, 전하 상태를 변화시켰던 이온들은 한층 더한 분석없이 부정확한 에너지를 가지고 타겟에 도달할 것이다. 이것은 이온의 전하 상태에 비례하는 횡단 가속 또는 감속 전기장내의 이온에 의해 취득된 에너지 때문이다.

이온 주입기의 에너지 범위는 소스에 의해 생성되는 다중(multiply) 하전된 이온을 수송하는 시스템을 동조(tuning)시킴에 의해 종종 확장된다. 이런 방식으로, 예를 들면, 주입 200 keV 단일 충전된 이온에 200 KV 가속기를 사용하는 대신, 400 keV 이중으로 충전된 이온이 적절한 동조를 가지고 주입될 수 있다. 그러나, 이런 접근은 소스에 의해 생성되는 분자 이온에 기인한 문제점을 가지고 있다. 예를 들면, 타겟 상에 필요한 이온은  $P^{++}$  이다는 것을 고려하라. 비록 소스는  $P^{++}$  이온의 산물을 최대화 시키기 위해 동조될 수 있지만, 그것은 또한 다른 이온을 발생시키고 특히  $P_2^{+}$  이온을 발생시킬 것이다. 이 분자 이온은 에너지 오염의 잘 알려진 소스이다. 왜냐하면 그것은 거의 정확히 필요한  $P^{++}$  이온의 1/4 에너지에서  $P^{+}$  이온을 형성하기 위해 분해할 수 있기 때문이다. 자기 분석은 에너지의 1/4 에서  $P^{++}$  이온과  $P^{+}$  이온 사이를 구별할 수 없으며, 그래서 필요한 에너지 보다 더 낮은 에너지에서 이온들은 타겟에 도달한다.

필요한 종류의 이온들과 함께, 주입기는 오염 물질을 웨이퍼 표면에 종종 증착시킨다. 오염 물질은 입자 또는 이온 및 다른 종류의 분자 형태일 수 있다. 오염 물질은 이온 소스에 의해 생성될 수 있고, 빔선을 통해서 수송될 수 있거나 또는 양자 택일적으로 빔선내 표면 상에 충돌하는 에너제틱 이온에 의해 스퍼터링 함에 의해서 발생될 수 있다.

따라서, 반도체 웨이퍼에 주입되는 이온빔이 저 에너지 오염과 저 오염 물질 함유량을 가진 이온 주입기를 위한 요구가 있다.

#### <발명의 요약>

발명의 일 국면에 따르면, 이온 빔 제너레이터가 제공된다. 이온 빔 제너레이터는 이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 소스, 바람직한 에너지에 이온 빔 내에서 이온을 선택적으로 가속 또는 감속시키기 위한 가속/감속 칼럼, 이온 빔 소스와 이온 빔으로부터 제1 바람직하지 않은 종류를 제거하기 위한 가속/감속 칼럼 사이에 위치한 소스 필터, 및 이온 빔으로부터 제2 바람직하지 않은 종류를 제거하기 위한 가속/감속 칼럼의 하류에 위치한 질량 분석기를 포함한다.

소스 필터는 바람직한 이온 종류를 편향시키기 위한 제1 쌍극자 자석과 바람직한 이온 종류를 통과시키기 위한 제1 분해 개구를 포함할 수 있다. 질량 분석기는 바람직한 이온 종류를 편향시키기 위한 제2 쌍극자 자석과 바람직한 이온 종류를 통과시키기 위한 제2 분해 개구를 포함할 수 있다. 바람직한 실시예에서, 제1 쌍극자 자석은 약 25° 정도 바람직한 이온 종류를 편향시키고, 제2 쌍극자 자석은 약 90° 정도 바람직한 이온 종류를 편향시킨다. 가급적이면, 소스 필터는 상대적으로 저 분해능을 가지며, 질량 분석기는 상대적으로 고 분해능을 가진다.

소스 필터는 가급적이면 이온 빔 소스에 근접하여 위치하며, 이온 빔 소스를 가진 소스 인클로저(enclosure) 내에 위치할 수 있다. 바람직한 실시예에서, 소스 인클로저는 이온 빔 소스를 포함하는 제1 구획과 소스 필터를 포함하는 제2 구획을 포함한다. 통로가 제1 구획과 제2 구획간에 서로 연결시킨다. 제1 구획과 제2 구획이 차동적으로 진공 펌프되도록, 제1 진공 펌프는 제1 구획에 연결될 수 있고, 제2 진공 펌프는 제2 구획에 연결될 수 있다.

이온 빔 소스는 이온을 발생시키기 위한 이온 소스와 이온 빔을 형성하기 위해 이온 소스로부터 이온을 추출하기 위한 추출 전극을 포함할 수 있다. 추출 전원 공급 장치는 이온 소스에 관해 음으로 추출 전극을 바이어스 하기 위해 이온 소스와 추출 전극 사이에 연결될 수 있다. 가속 모드에서의 동작에 대해, 가속 전원 공급 장치는 접지에 관해 양으로 추출 전극을 바이어스 하기 위해 접지와 추출 전극 사이에 연결될 수 있다. 감속 모드에서의 동작에 대해, 감속 전원 공급 장치는 접지에 관해 양으로 이온 소스를 바이어스 하기 위해 접지와 이온 소스 사이에 연결될 수 있다.

가속/감속 칼럼은 단자 전극, 접지 전극 및 단자 전극과 접지 전극 사이에 위치한 초점 전극을 포함할 수 있다. 초점 전압은 이온 빔을 집속하기 위해 초점 전극에 결합된다. 초점 전압은 조정 가능하다.

본 발명의 또 다른 국면에 따르면, 이온 주입기가 제공된다. 이온 주입기는

에너지텍 이온의 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 제너레이터, 주사된 이온 빔을 형성하기 위해 에너지텍 이온의 빔을 편향시키기 위한 스캐닝 어셈블리(scanning assembly) 및 주사된 이온 빔내 이온들이 반도체 웨이퍼에 주입되도록 주사된 이온 빔의 통로에서 반도체 웨이퍼를 지지하는 종료 스테이션을 포함한다. 이온 빔 제너레이터는 이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 소스, 바람직한 에너지에 이온 빔 내에서 이온을 선택적으로 가속 또는 감속시키기 위한 가속/감속 칼럼, 이온 빔 소스와 이온 빔으로부터 제1 바람직하지 않은 종류를 제거하기 위한 가속/감속 칼럼 사이에 위치한 소스 필터, 및 이온 빔으로부터 제2 바람직하지 않은 종류를 제거하기 위한 가속/감속 칼럼의 하류에 위치한 질량 분석기를 포함한다.

본 발명의 한층더 또다른 국면에 따르면, 에너지텍 이온의 빔을 발생시키기 위한 방법이 제공된다. 그 방법은 이온 빔 소스 내에 이온 빔을 발생시키기 위한 단계, 필터된 이온 빔을 제공하기 위해 소스 필터를 가진 이온 빔으로부터 제1 바람직하지 않은 종류를 제거하는 단계, 바람직한 에너지의 이온 빔을 제공하기 위해 필터된 이온 빔내 이온을 선택적으로 가속 또는 감속하는 단계 및 에너지텍 이온 빔을 제공하기 위해 질량 분석기내 이온 빔으로부터 제2 바람직하지 않은 종류를 제거하는 단계를 포함한다.

#### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 이온 주입기의 단순화한 블록도.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 도 1의 이온 빔 제너레이터의 블록도.

도 3은 빔 가속에 대한 구성을 도시하는 이온 주입기의 블록도.

도 4는 이온 소스로부터의 추출에 따르는 빔 감속에 대한 구성을 도시하는 이온 주입기의 블록도.

도 5는 종래 기술의 붕소 이온 빔에서 현재하는 종류를 도시하는 분석기 자석 전류 함수로서 빔 전류의 그래프.

도 6은 본 발명에 따른 붕소 이온 빔에서 현재하는 종류를 도시하는 분석기 자석 전류 함수로서 빔 전류의 그래프.

도 7은 도 2의 이온 빔 제너레이터를 가진 이중으로 충전된 인 함유 이온의 발생을 도시하는 이온 빔 제너레이터의 개략도.

도 8은 차동 진공 펌핑 구성을 도시하는 이온 빔 소스와 소스 필터의 블록도.

### 발명의 상세한 설명

본 발명을 통합시키는 이온 주입기의 단순화한 블록도가 도 1에서 보여진다. 이온 빔 제너레이터(10)는 바람직한 종류의 이온 빔을 발생시키고, 바람직한 에너지의 발생을 위해 이온 빔에서 이온을 가속시키고, 에너지와 질량 오염 물질을 제거 하기 위해서 이온 빔의 질량/에너지 분석을 수행하고, 저수준의 에너지와 질량 오염 물질을 가지는 왕성한 이온 빔(12)을 제공한다. 이온 빔 제너레이터(10)는 이하에서 상세하게 설명된다. 예를 들면, 스캐너(20)와 각도 보정기(24)를 포함할수 있는 스캐닝 시스템(16)은 주사된 이온 빔(30)을 생산하기 위해서 이온 빔(12)을 편향시킨다. 종료 스테이션(end station:32)은 주사된 이온 빔(30)의 경로에서 반도체 웨이퍼(34) 또는 그외의 워크피스를 지지하여 바람직한 종류들의 이온이 반도체 웨이퍼(34) 내에 주입되도록 한다. 이온 주입기는 그 기술 분야에 있어 숙련된 기술자에게 잘 알려진 부가적인 구성요소들을 포함할수 있다. 예를 들면, 종료 스테이션(32)은 전형적으로 웨이퍼를 이온 주입기에 삽입하기 위한 목적과 주입후 웨이퍼 제거를 위한 목적의 자동화된 웨이퍼 조정 장비, 방사선의 조사량 측정 시스템, 전자 플로드 건(electron flood gun)등을 포함한다. 이온 빔이 통과하는 전 경로는 이온 주입 동안에 비워진다는 사실을 이해하게 될 것이다.

이온 빔 제너레이터(10)의 실시예에 대한 블록도가 도 2에서 도시된다. 이온 빔 제너레이터(10)의 주요 구성요소는 이온 빔 소스(40), 소스 필터(42), 가속/감속 칼럼(column:44), 질량 분석기(50)를 포함한다. 소스 필터(42)는 가급적이면 이온 빔 소스(40)에 근접하여 위치하게 된다. 가속/감속 칼럼(44)은 소스 필터(42)와 질량 분석기(50) 사이에 위치하게 된다.

이온 빔 소스(40)는 이온 소스(60)로부터 이온 빔(66)을 추출하기 위하여 이온 소스(60)와 추출 전극(62)을 포함한다. 소스(40)는 압축 전극(64)을 포함할수 있다. 이온 빔 소스(40)의 예에서, 이온 소스(60)로부터의 이온들은 추출 전극(62)에 의해 약 20-80 keV의 에너지에서 가속된다. 이온 빔 소스의 구성과 동작은 그 분야의 숙련된 기술자에게는 잘 알려져 있다.

소스 필터(42)는 분해 개구(73)을 가지는 쌍극자 자석(70)과 마스크(72)를 포함한다. 소스 필터(42)는 이온 빔 소스(40)를 가지는 단자(74)에 위치한다. 단자(74)는 추출 전극(62)의 전위에서 유지된다. 쌍극자 자석(70)은 이온 빔 소스(40)로부터의 추출후 즉시 바람직한 각, 전형적으로 25°를 통하여 충전된 입자 빔을 편향시키는 컴팩트 이온 광소자이다. 쌍극자 자석(70)의 극점들 사이의 극점 간격(pole gap)이 예를 들면 약 30mm 정도로 상대적으로 작고, 그것에 의해 전체적인 자석의 크기를 감소시킨다. 자석은 이온 빔 소스(40)에 매우 가까이 위치하기 때문에, 작은 극점 간격은 빔이 쌍극자 자석(70)에 들어가기 전 크기에 있어 중요하게 확장되지 않도록 하는 것이 가능해진다.

바람직한 질량과 에너지의 이온들은 분해 개구(73)을 통과하기 위해서 쌍극자 자석(70)에 의해 편향된다. 다른 질량과 에너지를 가진 바람직하지 않은 이온들은 다른 양에 의해 편향되고 마스크(72)에 의해 차단된다. 이와 같이 소스 필터(42)는 바람직한 이온들이 분해 개구(73)을 통과할수 있도록 하기 위해서 쌍극자 자석(70)의 자석 코일에 인가된 전류를 조정함에 의해 바람직한 종류의 이온이 이동하도록 설정될수 있다. 이하에서 설명되는 것과 같이 소스 필터(42)는 가급적이면 상대적으로 낮은 분해능(resolution)을 가지고 있다.

쌍극자 자석(70)은 이온 빔을 초점에 가져가지 않는다. 대신에 빔 포락선(envelope)에 충격을 최소화 하기 위해서 또 이온 빔의 25°편향을 제외하고 그것에 의해 간단한 드리프트 공간을 에뮬레이트(emulate) 하기 위해서 특징적으로 디자인된다. 초점에 빔을 가져가지 않음에 의해, 분해 개구(73)에서 거절된 빔의 전력 밀도는 크게 감소된다. 이것은 침식에 의한 입자 발생과 스퍼터링에 의한 교차 오염(cross contamination) 뿐만 아니라 마스크(72)의 침식을 최소화 한다.

단자(74)의 출구(76) 근처에 위치하는 분해 개구(73)을 가진 소스 필터(42)는 상대적으로 낮은 분해능(resolving power)을 가지도록 구성된다. 가급적이면 소스 필터(42)는 약 2에서 10까지 범위에서 정의되는 분해능을 가지며, 바람직한 실시예에서 약 4의 분해능을 가진다. 4의 분해능을 가지고, 질량 분석기(42)는 1.25보다 더 크거나 또는 0.75 보다 더 작은 정규화된 강도(rigidity)를 가지는 이온들을 거절한다. 분해능과 정규화된 강도는 이하에서 정의된다.

쌍극자 자기장에서, 이온은 그 운동량(p)이 그 전하(q)에 의해 나누어진 값과 같은 자계 강도( $B_r$ )에 의해 결정되는 경로를 따른다. 이것들은 차례로 이온 질량(m), 전자 볼트에서의 에너지(E), 전하 상태(n)와 전자 전하(e)에 관련될 수 있다.

#### 수학식 1

$$B_r = p / q = \sqrt{2mE / n^2 e} \quad (\text{비상대적 이온에 대하여})$$

바람직하지 않은 강도의 이온들이 결합된 분해 개구를 통해서 전송되는 것을 방지하는 자석의 능력은 그 분해능에 의해서 특징지어 진다. 비록 분해능은 종종 질량 또는 운동량에 의해서 정의되지만, 우리는 분해능을 강도에 의해서 정의할 것이다.

#### 수학식 2

$$\text{분해 능} = R_p = \frac{B_{r0}}{(\Delta B_r)_{\text{critical}}}$$

여기서  $(\Delta B_r)_{\text{critical}}$ 은 시스템이 강도  $B_{r0}$ 를 가진 이온들을 이동시키기 위해 설정될 때 그것이 전송되지 않기 전에 이온 강도가 변해야 하는 양이다.

이것은 이온이 쌍극자 자석에 의해 전송되는지 여부를 결정하는 간단한 표준을 정의하는 것을 허용한다. 만약 우리가 이온의 정규화된 강도를 이온 강도( $B_r$ )가 필요한 이온 강도( $B_{r0}$ )로 나누어진 것이라고 정의한다면,

#### 수학식 3

$$\text{정규화된 강도} = B_{\text{norm}} = \frac{B_r}{B_{r0}} = \frac{p}{q} \frac{q_o}{p_o} = \frac{n_o}{n} \sqrt{\frac{mE}{m_o E_o}}$$

여기서 o 접미사는 필요한 이온을 의미하며, 이온은 단지

#### 수학식 4

$$|\Delta B_r| \leq |(\Delta B_r)_{\text{critical}}| \quad \text{또는 좀더 유용하게}$$

$$1 - \frac{1}{R_p} \leq B_{\text{norm}} \leq 1 + \frac{1}{R_p}$$

의 경우에만 분석 시스템에 의해 전송될 것이다.

도 2의 예에서, 가속/감속 칼럼(44)은 단자 전극(100), 접지 전극(102), 전극(100)과 (102) 사이에 위치한 초점 전극(104)을 포함한다. 단자 전극(100)과 초점 전극(104)은 간격(106)만큼 떨어져 위치하고; 초점 전극(104)과 접지 전극(102)은 간격(108)만큼 떨어져 위치한다. 전극(102)은 접지 전위에서 가급적이면 도 1에서의 웨이퍼(34)와 똑같은 전압이다. 단자 전극(100)은 단자(74)와 똑같은 전위에 있다. 초점 전극(104)은 도 3의 초점 전원 공급 장치(132)에 의해 설립되는 전위에 있다.

가속/감속 칼럼(44)은 두가지 주요한 기능을 가지고 있다. 그 첫번째는 추출로부터 마지막 에너지까지 이온 빔에서 이온을 감속 또는 가속시키는 것이다. 마지막 에너지는 이하에서 설명되는 것과 같이 추출 전압과 가속과/ 또는 감속 전압에 의해 결정된다. 두번째 기능은 빔이 질량 분석기(50)에 들어갈 때 빔 전류 및 에너지와는 별개로 모든 빔이 유사한 광학적 특성을 갖는다는 것을 보장하는 것이다. 전극(104)에 인가된 초점 전압은 빔의 광학적 특성을 제어한다. 일반적으로, 단자(74)

에 관한 좀더 많은 음의 초점 전압은 더 적은 발산하는 빔과 질량 분석기(50)로부터 더 먼 가상 물체 지점(object point)을 생성한다. 역으로 좀더 적은 음의 초점 전압은 더 많은 발산하는 빔과 질량 분석기(50)에 더 가까운 가상 물체 지점을 생성한다. 초점 전압은 가속/감속 칼럼(44)을 떠나는 빔의 마지막 에너지에 영향을 미치지 못한다.

이온 소스로부터 이온 빔 추출의 물리적 현상을 지배하는 법칙들은 저 추출 전압에서 사용가능한 많은 양의 빔 전류를 추출하는 것을 어렵게 만든다. 예를 들면, 5 KV의 추출 전압을 가지고 추출된 사용가능한 빔 전류는 40 KV의 추출 전압에서 보다 충분히 더 적다. 이런 한계를 극복하기 위해서, 본 발명의 이온 빔 제너레이터는 가속/감속 칼럼(44)이 이온 빔을 가속시키거나 또는 감속시키는 것중의 어느 하나를 허용하도록 구성되어 있고, 그것으로 인해 타겟(target)에 필요한 마지막 에너지와는 별도로 충분히 높은 추출 전압이 사용되는 것을 허용한다. 가급적이면, 추출 전압은 약 20 KV에서 80 KV 범위 내에 있고, 전형적으로 충분한 양의 유용한 빔 전류가 모든 에너지에서 추출되게 하는 약 40 KV이다. 더 높은 또는 더 낮은 추출 전압이 본 발명의 관점내에서 이용될수 있다.

가속 모드에서 이온 빔 제너레이터(10)를 동작시키기 위한 구성이 도 3에서 보여진다. 도 1-3의 같은 구성 요소는 똑같은 참조 숫자를 가진다. 가속/감속 칼럼(44)의 접지 전극(102)은 접지 평면(120)에 연결된다. 도 2에서의 추출 전극(62)을 포함하는 단자(74)는 단자 전위에 있다. 추출 전원 공급 장치(124)는 이온 소스(60)에 관하여 음의 전압  $V_x$ 에서 단자(74)와 추출 전극(62)을 바이어스(bias) 하기 위해서, 단자(74)와 이온 소스(60) 사이에 연결된다. 가속 전원 공급 장치(130)는 접지에 관하여 양의 전압  $V_a$ 에서 단자(74)를 바이어스 하기 위해서, 단자(74)와 접지 평면(120) 사이에 연결된다. 초점 전원 공급 장치(132)는 단자(74)에 관하여 음의 전압  $V_f$ 에서 초점 전극(104)을 바이어스 하기 위해서, 단자(74)와 초점 전극(104) 사이에 연결된다.

웨이퍼(34)는 접지 전위에 있다. 그러므로 단독으로 충전된 이온에 대한 주입 에너지는 가속 전압과 추출 전압의 합( $V_a + V_x$ )인 이온 소스(60)의 전위에 의해 주어진다. 단자에서 빔의 에너지는  $V_x$  전자 볼트이다. 빔이 가속/감속 칼럼(44)을 통과할때, 그것은  $V_a$  전자 볼트를 얻는다. 초점 전압  $V_f$ 는 칼럼(44)의 중심에서 단지 그것의 에너지를 변화시킴에 의해 빔의 집속에 영향을 미친다. 초점 전압은 마지막 에너지에 영향을 주지 않는다.

감속 모드에서 이온 빔 제너레이터(10)를 동작시키는 구성이 도 4에서 보여진다. 도 1-4에서 같은 구성요소는 똑같은 참조 숫자를 가진다. 추출 전원 공급 장치(124)와 초점 전원 공급 장치(132)는 도 3과 관련하여 위에서 설명된 것과 똑같은 방식으로 연결된다. 감속 전원 공급 장치(140)는 이온 소스(60)가 접지 평면에 관하여 양의 전압  $V_d$ 에서 바이어스 될 정도로 이온 소스(60)와 접지 평면(120) 사이에 연결된다. 이와 같이, 이온 소스(60)의 전위는 감속 전압  $V_d$ 이다. 추출 전원 공급 장치(124)는 이온 소스(60)에 관하여 단자(74)를 음으로 바이어스 하고, 접지에 관하여  $V_d - V_x$ 의 전위에 있다. 단자(74)에서 빔의 에너지는 가속 모드의 경우와 같이  $V_x$  전자 볼트이다. 그러나, 빔이 가속/감속 칼럼(44)을 통과할때,  $V_d$  전자 볼트의 마지막 주입 에너지를 주기 위해서 그것은  $V_x - V_d$  전자 볼트를 잃는다.

다시 도 2를 참조하면, 질량 분석기(50)는 쌍극자 분석 자석(160)과 분해 개구를 가지는 마스크(162)를 포함한다. 쌍극자 자석(160)은 빔(12)이 분해 개구(163)을 통과할 만큼 90°정도에서 이온 빔 내의 바람직한 이온을 편향시킨다. 바람직하지 않은 입자는 90°이외의 각도에서 편향되고, 마스크(162)에 의해 차단된다. 가속/감속 칼럼(44)에 잇따른 질량 분석기(50)는 접지 전위에 있다. 쌍극자 자석(160)은 마지막 에너지에서 빔을 분해 개구(163)에서의 초점에 가져간다. 바람직한 실시예에서, 마스크(162)는 1997.5.13에 Jost등에게 허여된 미국 특허 번호 5,629,528에 발표된 것과 같이 회전하는 질량 슬릿을 포함할수 있다. 질량 분석기(50)는 위에서 정의된 것과 같이 약 80에서 250까지의 범위 내에서 분해능을 가지고 있고, 바람직한 실시예에서는 약 170의 분해능을 가지고 있다. 170의 분해능을 가지고, 질량 분석기(50)는 1.006 보다 더 크거나 또는 0.994 보다 더 적은 정규화된 강도를 가진 이온을 거부한다.

도 2의 이온 빔 제너레이터 동작의 예가 지금 주어진다. 제1 실시예에서, 붕소(B)가 소스 가스로서  $BF_3$ 를 사용하는 반도체 웨이퍼(34)에 주입된다. 바람직한 이온은  $^{11}B^+$ 이다. 추출후 정규화된 강도를 가지는 소스에 의해 생성되는 다른 주요한 이온이 아래 표 1에서 주어진다.

**【표 1】**

소스 필터 분석	$^{10}B^+$	$^{11}B^+$	$^{19}F^+$	$^{10}BF^+$	$^{10}BF^+$	$^{10}BF_2$	$^{10}BF_2$
이온 질량 (AMU)	10	11	19	29	30	48	49
정규화된	0.953	1	1.314	1.624	1.651	2.089	2.111

강도							
전송 여부	Y	Y	N	N	N	N	N

단지 필요한  $^{11}\text{B}^+$ 와 그 동위 원소  $^{10}\text{B}^+$ 가 소스 필터 전송 조건  $0.75 < B_{\text{morm}} < 1.25$ 에 적합하다는 것이 관찰될수 있다. 모든 다른 이온들은 거부된다. 이 예는 도 5와 도 6에서 도시된다.

도 5는 소스 필터를 가지지 않는 종래 기술의 이온 주입기에서 질량 분석기에 들어서는 빔 구성 요소를 보여준다. 빔의 구성 요소는 후자가 변하는 것과 마찬가지로 자석 코일 전류의 함수로서 전송된 빔 전류를 작도함에 의해 식별된다. 종래 기술의 구성에서, 두개의 붕소 동위 원소와 그것들의 모든 플루오르 디리버티브(fluoride derivatives)는 질량 분석기에 대해서 입력 빔에 나타난다.

도 6은 도 2의 이온 빔 제너레이터 내의 빔 구성요소를 보여준다. 소스 필터(42)는  $\text{BF}_3$  소스빔으로부터 붕소 동위원소  $^{11}\text{B}^+$ 와  $^{10}\text{B}^+$ 를 제외한 모두를 제거했다. 이것은 가속/감속 칼럼(44)에 의한 가속 전에 행해진다.

필요한  $^{11}\text{B}^+$  이온에 대한 경우를 제외하고, 단지  $^{10}\text{B}^+$  이온이 칼럼(44)에 의해 마지막 에너지에 가속된다. 그 때 질량 분석기(50)는  $^{10}\text{B}^+$  이온이 분해 개구(163)을 통하여 전송되는 것을 방지한다.  $^{10}\text{B}^+$  이온의 정규화된 강도는 0.953이고 이것은 질량 분석기(50)를 통한 전송을 위해서는 너무 낮다. 단지  $^{10}\text{B}^+$  이온이 마지막 에너지에서 제거되기 때문에, 스퍼터와 입자 오염(particle contamination)의 충분히 감소된 위험이 있다. 모든 다른 소스 제품들은 저 에너지에서 소스 필터(42)에 의해 제거되고, 빔이 심지어 소스 인클로저(enclosure)를 떠나기 전에, 웨이퍼(34)로부터 멀리 떨어져 있다.

제2 실시예는 소스 피드(feed) 가스로서  $\text{PH}_3$ 를 이용하는 주입  $\text{P}^{++}$  이온에 관련된다. 바람직한 이온은  $^{31}\text{P}^{++}$ 이다. 소스와 그것들의 정규화된 강도에 의해 생성된 다른 주요한 이온은 아래 표 2에서 보여진다. 추출 전압이 70KV이라는 것이 추정된다.

[표 2]

소스 필터 에서	$\text{P}^{+++}$	$\text{P}^{++}$	$\text{P}^+$	$\text{P}_2^+$	$\text{P}^+$ (해리된 $\text{P}_2^+$ 로 부터)
이온 질량 (AMU)	31	31	31	62	31
전하 상태 (n)	3	2	1	1	1
에너지 (keV)	210	140	70	70	35
정규화된 강도	0.816	1	1.414	2.000	1.000
전송 여부	Y	Y	N	N	Y

표 2 에서 마지막 열은 원천적인 분자 에너지의 약 절반을 취득하는 양  $\text{P}_0$ 와  $\text{P}_2^+$ 를 형성하기 위한 추출후 분해될수 있는 분자  $\text{P}_2^+$ 로부터 나온다.

소스 필터(42)에 따라, 빔은 칼럼(44)에 의해 가속된다. 만약 예를 들면, 가속 전압이 150KV 이라면, 소스 필터(42)에 의해 거부되지 않았었던 이온들의 강도는 아래 표 3에서 보여지는 것과 같을 것이다.

[표 3]

분석기 에서	$P^{++}$	$P^{++}$	$P^+$ (해리된 $P_2^+$ 로 부터)
이온 질량 (AMU)	31	31	31
전하 상태 (n)	3	2	1
에너지 (keV)	660	440	185
정규화된 강도	0.816	1	1.30
전송 여부	N	Y	N

단지 필요한  $P^{++}$  이온이 질량 분석기(50)의 강도 전송 요구에 부합하고 웨이퍼에 전송된다.

요약 하면, 소스 필터(42)는 그것에 도달하기 전에 분해되지 않았던 다이머(dimer) 이온을 제거하고, 질량 분석기(50)는 소스 필터(42)에 도달하기 전에 분해되었던 이온을 제거한다. 질량 분석기(50)가 일찍 분해된 다이머 이온과 필요한 빔을 구별하도록 하는 것은 가속 시스템의 동작이다. 사전과 사후 가속 분석 모두를 행함 없이, 다이머 분해된 오염 물질은 자석 분석에 의해 제거되지 않을 것이다.

이 실시예에서 모든 오염 물질을 제거하는데 있어 소스 필터(42), 가속/감속 칼럼(44)과 질량 분석기(50)의 결합된 동작은 도 7의 단순화한 개략도에 도시된다. 해리되지 않았던 다이머 이온  $P_2^+$ 는 가속전에 소스 필터(42)에 의해 제거된다. 분해된  $P_2^+$  이온의 산물  $P^+$  이온은 가속후 질량 분석기(50)에 의해 제거된다. 만약 소스 필터(42)가 활용되지 않았었다면,  $P_2^+$  이온은 가속후 빔에 여전히 존재할 것이며, 분석전에 분해할수 있었고 웨이퍼에 전송될수 있었다.

단자(74)에 대한 적절한 구성의 블록도가 도 8에서 보여진다. 단자(74)는 전기적으로 추출 전극(62)에 연결되는 소스 인클로저(200)를 포함한다. 이온 빔 소스(40)의 영역에서 압력은 이온 발생 과정의 부산물에 기인하여 상대적으로 높다. 이온 빔 소스(40)의 영역에서 발생된 가스가 웨이퍼(34)를 향하여 빔 방향에서 하류로 확산하는 것을 방지하는 것이 바람직하다. 바람직한 구성에서, 소스 인클로저(200)는 이온 빔 소스(40)를 포함하는 제1 구획(210)과 소스 필터(42)를 포함하는 제2 구획(212)을 포함한다. 구획(210)과 구획(212)는 이온 빔 소스(40)로부터 소스 필터(42)까지 이온 빔이 통과 하기 위하여 직경 약 20mm 정도 될수 있는 개구(218)를 가지는 벽(216)에 의해 분리된다. 이온 빔은 틸(76)을 통하여 구획(212)으로부터 탈출한다. 제1 구획(210)은 진공 펌프(220)에 적절한 콘duit(220)에 의해 연결되고, 제2 구획(212)은 진공 펌프(222)에 적절한 콘duit(222)에 의해 연결된다. 도 8의 구성은 구획(212)에서의 압력이 구획(210)에서의 압력보다 더 낮고 틸(76)을 통하여 탈출하는 가스량이 상대적으로 적도록 구획(210)과 구획(212)에 대한 차별화된 진공 펌프를 제공한다.

현재 본 발명의 바람직한 실시예로서 간주되고 있는 것을 설명하고 보여주었지만, 다양한 변화와 변경들이 첨부된 청구항에 의해 정의된 발명의 범위를 벗어나지 않고서 만들어질 수 있다는 점이 본 분야의 통상의 전문가에게 명백할 것이다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 소스;

상기 이온 빔 내의 이온을 바람직한 에너지를 갖도록 선택적으로 가속 또는 감속시키기 위한 가속/감속 칼럼;

상기 이온 빔 소스와 상기 가속/감속 칼럼 사이에 위치하며, 상기 이온 빔으로부터 제1 바람직하지 않은 종류들을 제거하기 위한 소스 필터; 및

상기 가속/감속 칼럼의 하류에 위치하고, 상기 이온 빔으로부터 제2 바람직하지 않은 종류들을 제거하기 위한 질량 분해능 질량 분석기(mass resolution mass analyzer)

를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

## 청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 소스 필터는 상기 이온 빔 소스에 근접하여 위치하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

## 청구항 3.

제 1항에 있어서, 소스 인클로저를 더 포함하고, 상기 이온 빔 소스와 상기 소스 필터가 상기 소스 인클로저 내에 위치하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

## 청구항 4.

제 3항에 있어서, 상기 소스 인클로저는, 상기 이온 빔 소스를 포함하는 제1 구획과 상기 소스 필터를 포함하는 제2 구획 및 상기 제1 구획과 상기 제2 구획을 상호 연결하는 통로를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

## 청구항 5.

제 4항에 있어서, 상기 제1 구획에 결합된 제1 진공 펌프와 상기 제2 구획에 결합된 제2 진공 펌프를 더 포함하고, 상기 제1 구획과 상기 제2 구획이 차별적으로 진공 펌핑되는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

## 청구항 6.

제 1항에 있어서, 상기 이온 빔 소스는 이온을 발생시키기 위한 이온 소스와, 상기 이온 빔을 형성하기 위해 상기 이온 소스로부터 상기 이온을 추출하기 위한 추출 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

## 청구항 7.

제 6항에 있어서, 가속 모드에서 동작하기 위한 수단을 더 포함하고, 상기 수단은, 상기 이온 소스에 대해 음으로 상기 추출 전극을 바이어스 하기 위해 상기 이온 소스와 상기 추출 전극 사이에 결합된 추출 전원 공급 장치, 및 접지에 대해 양으로 상기 추출 전극을 바이어스 하기 위해 상기 접지와 상기 추출 전극 사이에 결합된 가속 전원 공급 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

## 청구항 8.

제 6항에 있어서, 감속 모드에서 동작하기 위한 수단을 더 포함하고, 상기 수단은, 상기 이온 소스에 대해 음으로 상기 추출 전극을 바이어스 하기 위해 상기 이온 소스와 상기 추출 전극 사이에 결합된 추출 전원 공급 장치, 및 접지에 대해 양으로 상기 이온 소스를 바이어스 하기 위해 상기 이온 소스와 상기 접지 사이에 결합된 감속 전원 공급 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 9.

제 1항에 있어서, 상기 가속/감속 칼럼은, 단자 전극, 접지 전극, 및 상기 이온 빔의 집속을 위해 상기 단자 전극과 상기 접지 전극 사이에 위치한 초점 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 10.

제 1항에 있어서, 상기 가속/감속 칼럼은, 상기 이온 빔을 집속시키기 위한 초점 전극, 및 상기 초점 전극에 결합된 초점 전원 공급 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 11.

제 10항에 있어서, 상기 초점 전원 공급 장치에 의해 상기 초점 전극에 인가된 초점 전압이 조정 가능한 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 12.

제 1항에 있어서, 상기 소스 필터는, 바람직한 이온 종류들을 약 25°정도 편향시키기 위한 제1 쌍극자 자석, 및 상기 바람직한 이온 종류들을 통과시키기 위한 제1 분해 개구(resolving aperture)를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 13.

제 12항에 있어서, 상기 질량 분석기는 상기 바람직한 이온 종류들을 약 90°정도 편향시키기 위한 제2 쌍극자 자석과, 상기 바람직한 이온 종류들을 통과시키기 위한 제2 분해 개구를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 14.

제 1항에 있어서, 상기 소스 필터는 상대적으로 저 분해능을 가지며, 상기 질량 분석기는 상대적으로 고 분해능을 가지는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 15.

제 1항에 있어서, 상기 소스 필터는 약 2 내지 10의 분해능을 가지고 상기 질량 분석기는 약 80 내지 250의 분해능을 가지는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 16.

제 1항에 있어서, 다중 하전된(multiply charged) 이온을 발생시키기 위해 구성된 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

## 청구항 17.

이온 빔 제너레이터로서,

이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 소스;

상기 이온 빔 내의 이온을 바람직한 에너지를 갖도록 선택적으로 가속 또는 감속시키기 위한 가속/감속 칼럼;

상기 이온 빔 소스와 상기 가속/감속 칼럼 사이에 위치하며, 상기 이온 빔으로부터 제1 바람직하지 않은 종류들을 제거하기 위한 소스 필터; 및

상기 가속/감속 칼럼의 하류에 위치하고, 상기 이온 빔으로부터 제2 바람직하지 않은 종류들을 제거하기 위한 질량 분석기를 포함하고, 에너제틱(energetic) 이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 제너레이터와,

주사된 이온 빔을 형성하기 위해 에너제틱 이온의 상기 빔을 편향시키기 위한 스캐닝 어셈블리(scanning assembly)와,

상기 주사된 이온 빔의 통로에서 반도체 웨이퍼를 지지하는 종료 스테이션

을 포함하고, 상기 주사된 이온 빔 내 이온들이 상기 반도체 웨이퍼에 주입되는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

## 청구항 18.

제 17항에 있어서, 상기 이온 빔 제너레이터는 소스 인클로저를 더 포함하고, 상기 이온 빔 소스와 상기 소스 필터가 상기 소스 인클로저 내에 위치하는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

## 청구항 19.

제 18항에 있어서, 상기 소스 인클로저는, 상기 이온 빔 소스를 포함하는 제1 구획과 상기 소스 필터를 포함하는 제2 구획, 및 상기 제1 구획과 상기 제2 구획을 상호 연결하는 통로를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

## 청구항 20.

제 19항에 있어서, 상기 제1 구획에 결합된 제1 진공 펌프와 상기 제2 구획에 결합된 제2 진공 펌프를 더 포함하고, 상기 제1 구획과 상기 제2 구획이 차별적으로 진공 펌핑되는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

## 청구항 21.

제 17항에 있어서, 상기 이온 빔 소스는 이온을 발생시키기 위한 이온 소스와, 상기 이온 빔을 형성하기 위해 상기 이온 소스로부터 상기 이온을 추출하기 위한 추출 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

## 청구항 22.

제 21항에 있어서, 가속 모드에서 동작하기 위한 수단을 더 포함하고, 상기 수단은, 상기 이온 소스에 대해 음으로 상기 추출 전극을 바이어스 하기 위해 상기 이온 소스와 상기 추출 전극 사이에 결합된 추출 전원 공급 장치, 및 접지에 대해 양으로 상기 추출 전극을 바이어스 하기 위해 상기 접지와 상기 추출 전극 사이에 결합된 가속 전원 공급 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

### 청구항 23.

제 21항에 있어서, 감속 모드에서의 동작을 위한 수단을 더 포함하고, 상기 수단은, 상기 이온 소스에 대해 음으로 상기 추출 전극을 바이어스 하기 위해 상기 이온 소스와 상기 추출 전극 사이에 결합된 추출 전원 공급 장치, 및 접지에 대해 양으로 상기 이온 소스를 바이어스 하기 위해 상기 이온 소스와 상기 접지 사이에 결합된 감속 전원 공급 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

### 청구항 24.

제 17항에 있어서, 상기 가속/감속 칼럼은, 단자 전극, 접지 전극, 상기 단자 전극과 상기 접지 전극 사이에 위치한 초점 전극, 및 상기 초점 전극에 결합된 초점 전원 공급 장치를 포함하고, 상기 초점 전극은 상기 이온 빔을 집속하는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

### 청구항 25.

제 24항에 있어서, 상기 초점 전원 공급 장치에 의해 상기 초점 전극에 인가된 초점 전압은 조정 가능한 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

### 청구항 26.

제 17항에 있어서, 상기 소스 필터는 바람직한 이온 종류들을 약  $25^{\circ}$  정도 편향시키기 위한 제1 쌍극자 자석, 및 상기 바람직한 이온 종류들을 통과시키기 위한 제1 분해 개구를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

### 청구항 27.

제 26항에 있어서, 상기 질량 분석기는 상기 바람직한 이온 종류들을 약  $90^{\circ}$  정도 편향시키기 위한 제2 쌍극자 자석과 상기 바람직한 이온 종류들을 통과시키기 위한 제2 분해 개구를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

### 청구항 28.

제 17항에 있어서, 상기 소스 필터는 약 2 내지 10의 분해능을 가지고 상기 질량 분석기는 약 80 내지 250의 분해능을 가지는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

### 청구항 29.

에너지틱 이온 빔을 발생시키기 위한 방법에 있어서,

이온 빔 소스 내에서 이온 빔을 발생시키는 단계,

필터된 이온 빔을 제공하기 위해 상기 이온 빔으로부터 제1 바람직하지 않은 종류들을 소스 필터에 의해 제거하는 단계,  
바람직한 에너지의 이온 빔을 제공하기 위해 필터된 이온 빔의 이온을 선택적으로 가속 또는 감속하는 단계, 및  
상기 에너지 이온 빔을 제공하기 위해 질량 분석기에서 바람직한 에너지의 이온 빔으로부터 제2 바람직하지 않은 종류들을 제거하는 단계  
를 포함하는 것을 특징으로 하는, 에너지 이온 빔을 발생시키기 위한 방법.

### 청구항 30.

제1항에 있어서,  
상기 질량 분석기는 분석 자석 및 분해 개구를 구비한 마스크를 포함하며,  
상기 이온 빔 내의 바람직한 이온들은, 상기 분해 개구를 통과하도록 상기 분석 자석에 의해 편향되는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

### 청구항 31.

제17항에 있어서,  
상기 질량 분석기는 분석 자석 및 분해 개구를 구비한 마스크를 포함하며,  
상기 이온 빔 내의 바람직한 이온들은, 상기 분해 개구를 통과하도록 상기 분석 자석에 의해 편향되는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

### 청구항 32.

제29항에 있어서, 제2 바람직하지 않은 종류들을 상기 이온 빔으로부터 제거하는 상기 단계는, 분해 개구를 통과하도록 분석 자석에 의해 상기 이온 빔 내의 바람직한 종류들을 편향시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 에너지 이온 빔을 발생시키기 위한 방법.

### 청구항 33.

이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 소스;  
상기 이온 빔 내의 이온들을 바람직한 에너지를 갖도록 선택적으로 가속 또는 감속시키기 위한 가속/감속 칼럼;  
상기 이온 빔 소스와 상기 가속/감속 칼럼 사이에 위치하는 비교적 낮은 분해능의 소스 필터;  
상기 가속/감속 칼럼의 하류에 위치하는 비교적 높은 분해능의 질량 분해능 질량 분석기; 및  
상기 이온 빔을 편향시켜 주사된 이온 빔을 형성하기 위한 스캐닝 어셈블리  
를 포함하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 34.

제33항에 있어서, 소스 인클로저를 더 포함하고, 상기 이온 빔 소스와 상기 소스 필터가 상기 소스 인클로저 내에 위치하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 35.

제34항에 있어서, 상기 소스 인클로저는, 상기 이온 빔 소스를 포함하는 제1 구획, 상기 소스 필터를 포함하는 제2 구획 및 상기 제1 및 제2 구획들을 상호 연결하는 통로를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 36.

제35항에 있어서, 상기 제1 구획에 결합된 제1 진공 펌프 및 상기 제2 구획에 결합된 제2 진공 펌프를 더 포함하고, 상기 제1 및 제2 구획들은 차별적으로 진공 펌핑되는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 37.

제33항에 있어서, 상기 가속/감속 칼럼은, 단자 전극, 접지 전극, 및 상기 이온 빔의 집속을 위해 상기 단자 전극과 상기 접지 전극 사이에 위치한 초점 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 38.

제33항에 있어서, 상기 가속/감속 칼럼은, 상기 이온 빔을 집속시키기 위한 초점 전극, 및 상기 초점 전극에 결합된 초점 전원 공급 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 39.

제33항에 있어서, 상기 소스 필터는, 바람직한 이온 종류들을 약  $25^\circ$  정도 편향시키기 위한 제1 쌍극자 자석, 및 상기 바람직한 이온 종류들을 통과시키기 위한 제1 분해 개구를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 40.

제39항에 있어서, 상기 질량 분석기는 상기 바람직한 이온 종류들을 약  $90^\circ$  정도 편향시키기 위한 제2 쌍극자 자석과, 상기 바람직한 이온 종류들을 통과시키기 위한 제2 분해 개구를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 41.

제33항에 있어서, 상기 소스 필터는 약 2 내지 10의 분해능을 가지며, 상기 질량 분석기는 약 80 내지 250의 분해능을 가지는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 42.

이온 주입기에 있어서,

상기 이온 주입기는 에너지 이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 제너레이터  
를 포함하고,  
상기 이온 빔 제너레이터는,  
이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 소스;  
상기 이온 빔 내의 이온들을 바람직한 에너지를 갖도록 선택적으로 가속 또는 감속시키기 위한 가속/감속 칼럼;  
상기 이온 빔 소스와 상기 가속/감속 칼럼 사이에 위치하는 비교적 낮은 분해능의 소스 필터;  
상기 가속/감속 칼럼의 하류에 위치하는 비교적 높은 분해능의 질량 분석기;  
상기 에너지 이온 빔을 편향시켜 주사된 이온 빔을 형성하기 위한 스캐닝 어셈블리; 및  
상기 주사된 이온 빔의 통로에서 반도체 웨이퍼를 지지하기 위한 종료 스테이션  
을 포함하고, 상기 주사된 이온 빔 내 이온들이 상기 반도체 웨이퍼에 주입되는 것을 특징으로 하는 이온 주입기.

#### 청구항 43.

이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 소스;  
상기 이온 빔 내의 이온들을 바람직한 에너지를 갖도록 감속시키기 위한 감속 칼럼;  
상기 이온 빔 소스와 상기 감속 칼럼 사이에 위치하고, 상기 이온 빔으로부터 제1 바람직하지 않은 종류들을 제거하기 위  
한 소스 필터; 및  
상기 감속 칼럼의 하류에 위치하고, 상기 이온 빔으로부터 제2 바람직하지 않은 종류들을 제거하기 위한 질량 분해능 질량  
분석기  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 44.

제43항에 있어서, 상기 이온 빔 소스는 이온을 발생시키기 위한 이온 소스와, 상기 이온 빔을 형성하기 위해 상기 이온 소  
스로부터 상기 이온을 추출하기 위한 추출 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 45.

제44항에 있어서, 상기 이온 소스에 대해 음으로 상기 추출 전극을 바이어스 하기 위해 상기 이온 소스와 상기 추출 전극  
사이에 결합된 추출 전원 공급 장치, 및 접지에 대해 양으로 상기 이온 소스를 바이어스 하기 위해 상기 이온 소스와 접지  
사이에 결합된 감속 전원 공급 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 46.

이온 빔을 발생시키기 위한 이온 빔 소스;

상기 이온 빔 내의 이온들을 바람직한 에너지를 갖도록 감속시키기 위한 감속 칼럼;

상기 이온 빔 소스와 상기 감속 칼럼 사이에 위치하고, 상기 이온 빔으로부터 제1 바람직하지 않은 종류들을 제거하기 위한 소스 필터; 및

상기 감속 칼럼의 하류에 위치하고, 상기 이온 빔으로부터 제2 바람직하지 않은 종류들을 제거하기 위한 질량 분해능 질량 분석기

를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 47.

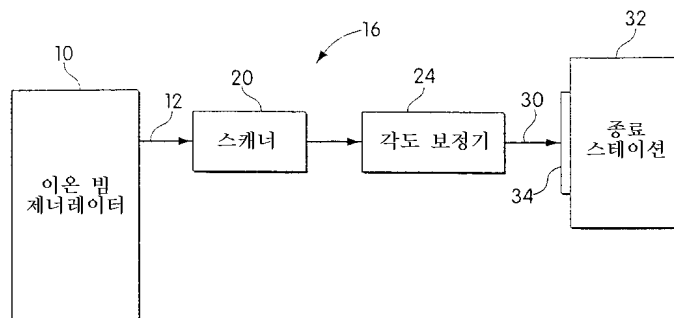
제46항에 있어서, 상기 이온 빔 소스는 이온을 발생시키기 위한 이온 소스와, 상기 이온 빔을 형성하기 위해 상기 이온 소스로부터 상기 이온을 추출하기 위한 추출 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 청구항 48.

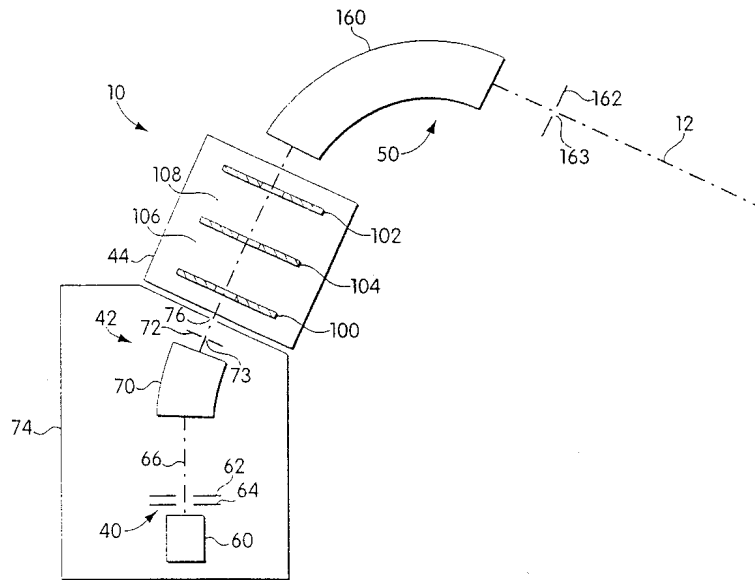
제47항에 있어서, 상기 이온 소스에 대해 음으로 상기 추출 전극을 바이어스 하기 위해 상기 이온 소스와 상기 추출 전극 사이에 결합된 추출 전원 공급 장치, 및 접지에 대해 양으로 상기 추출 전극을 바이어스 하기 위해 상기 추출 전극과 상기 접지 사이에 결합된 가속 전원 공급 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제너레이터.

#### 도면

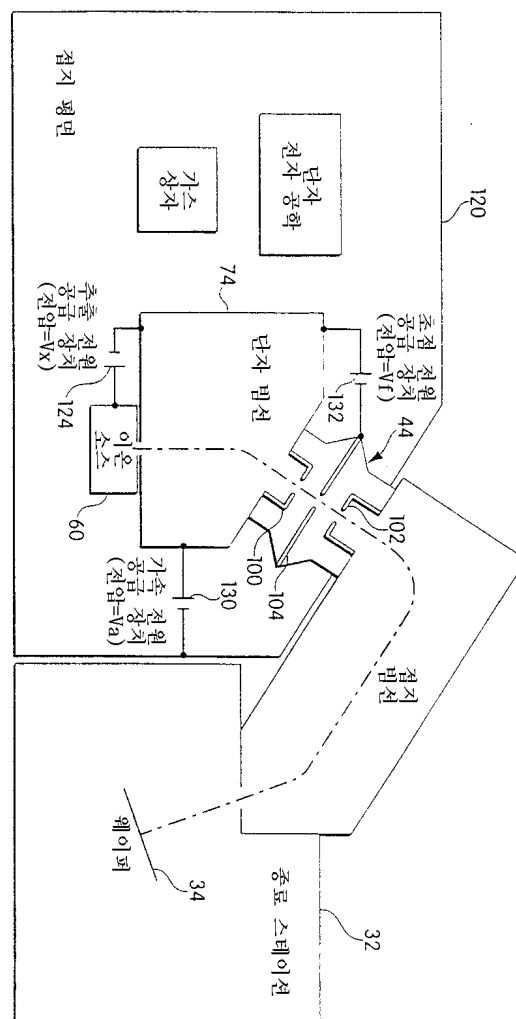
도면1



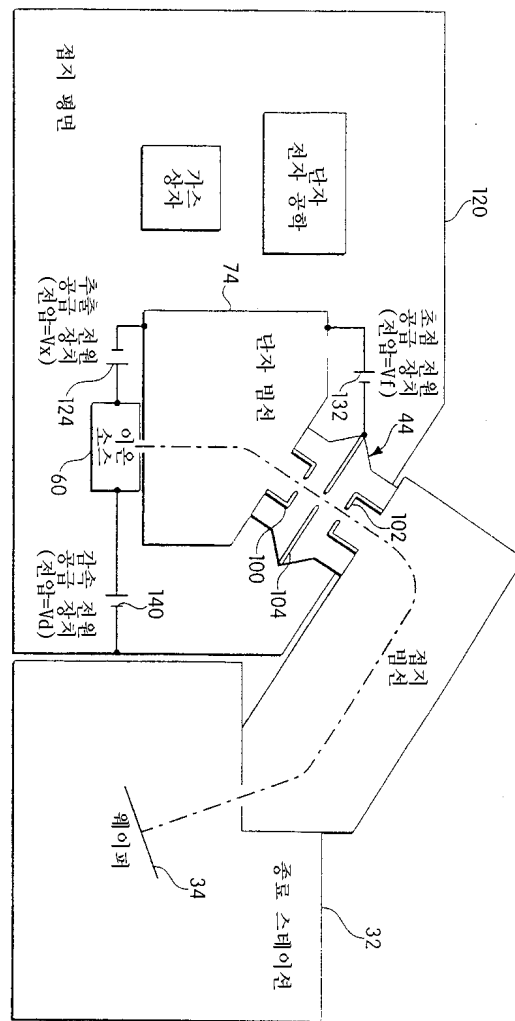
도면2



도면3



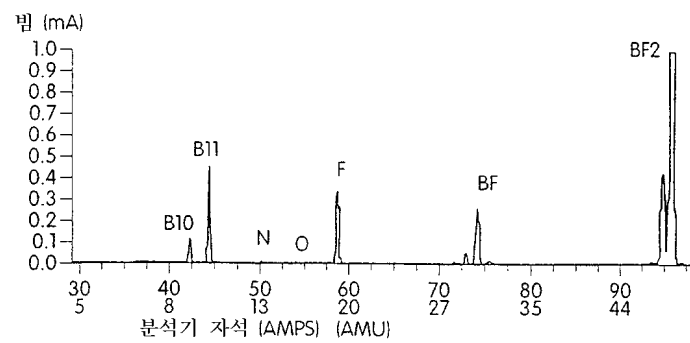
도면4



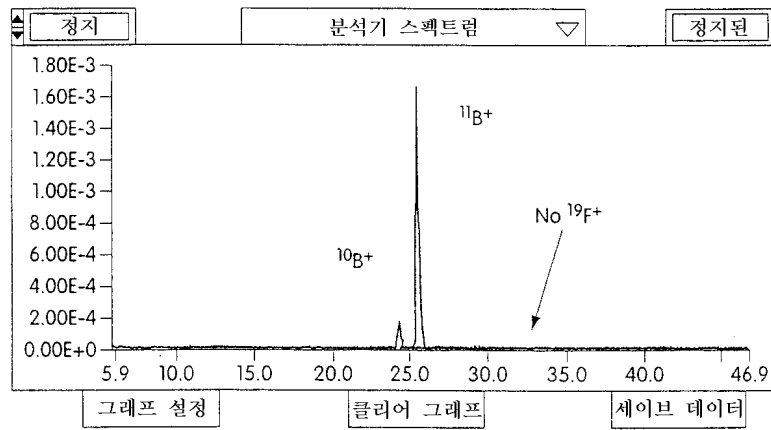
도면5

(종래 기술)

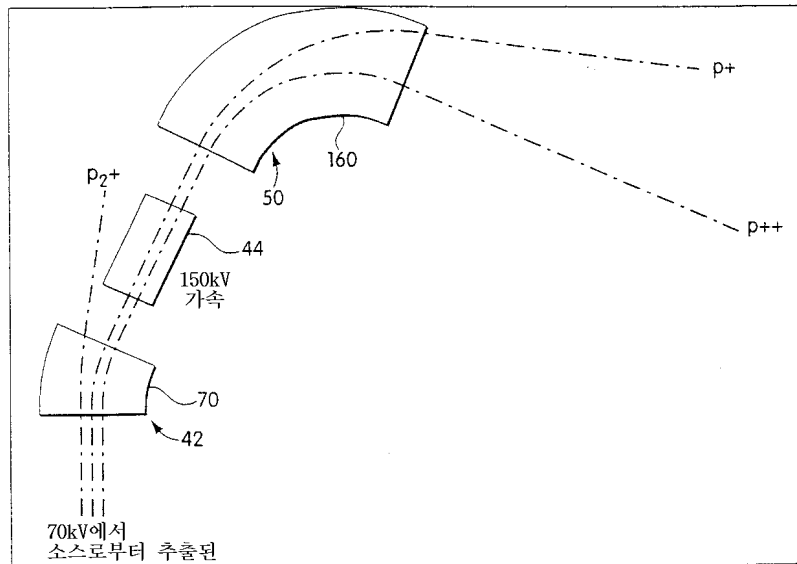
E220 붕소 스펙트럼



도면6



도면7



도면8

