(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl. [7]
H01J 37/30

(11) 공개번호 특2002-0009503
(43) 공개일자 2002년02월01일

(21) 출원번호 10-2001-0044818
(22) 출원일자 2001년07월25일

(30) 우선권주장 09/625,153 2000년07월25일 미국(US)

(71) 출원인 액셀리스 테크놀로지스, 인크.
브라이언 알. 바흐맨
미합중국 매사츄세츠 (우편번호: 01915) 비벌리 체리 힐 드라이브 55

(72) 발명자 벤베니스트빅터모리스
미합중국메사츄세츠01930글러스터하버하이츠8
디버길리오윌리엄프랭크
미합중국메사츄세츠01915베벌리레이크뷰애비뉴10
신클레어프랭크
미합중국메사츄세츠02170콰인시로얄스트리트14

(74) 대리인 최재철
권동용
박병석
서장찬

심사청구 : 없음

(54) 이온 빔 가이드 내 플라즈마의 마이크로파 여기 방법 및장치

요약

이온 주입 설비들을 위한 저 에너지 고 전류 이온 빔을 제공하는 장치 및 방법이 개시되었다. 장치는 이온 빔(128)의 경로(129)를 따라 통로(139)에 장착되는 질량 분석 자석(114), 통로(139) 내의 전기장을 제공하는데 적용되는 전원(174), 및 통로(139) 안에 다중 커스프 자장을 제공하는데 적용되는 자기 장치(170)를 포함하며, 통로(139)의 적어도 한 부분을 따라 장착되는 다수의 자석(220)을 포함할 수 있다. 전원(174)과 자석들(220)은 통로(139)의 적어도 한 부분(234)을 따라 전자 싸이클로트론 공명(ECR) 조건을 제공하기 위해 연합하여 상호 작용할 것이다. 다중 커스프 자장은 질량 분석기 통로의 영역 안에 특정 장 세기로 쌍극자 장 안에 부가되어 주어진 저 에너지 이온 빔을 위해 알려진 RF 또는 마이크로파 주파수의 전기장과 상호 작용한다. 본 발명은 질량 분석기 도파관(250)을 더 포함하는데, 이것은 질량 분석기 통로의 길이를 따라 지속적으로 빔 플라즈마에 전기장을 연결하는데 적용되어 ECR 조건의 생성을 향상한다. 따라서, 본 발명은 외부에서 생성된 플라즈마의 도입 없이 저 에너지 이온 빔을 위한 질량 분석기 쌍극자 자장 안

에서의 빔 플라즈마의 향상을 제공한다. 본 발명은 이온 주입 설비뿐 아니라 저 에너지 이온 주입 설비에서의 이온 빔 제한을 제공하는 방법(300)을 더 포함한다.

대표도

도 1b

색인어

이온 주입 설비, 질량 분석기, ECR 조건

명세서

도면의 간단한 설명

도 1a는 본 발명의 빔 제한 장치 및 방법이 적용될 수 있는 질량 분석기를 갖는 전형적인 저 에너지 이온 주입 설비를 도시한 개략적인 블록 다이어그램;

도 1b는 본 발명에 따르는 빔 제한 장치를 포함하며, 가공품의 이온 빔 처리를 위한 이온 주입기의 개략도;

도 2는 본 발명의 일 특징에 따르는 예시적인 질량 분석기 빔 가이드의 평면도;

도 3a는 본 발명의 다른 특징에 따라 다중 커스프 자장을 형성하기 위한 다수의 자석들을 가지며, 도 2에 도시한 예시적인 질량 분석기의 정면도;

도 3b는 도 3a의 3B-3B선을 따라 절취한 예시적인 질량 분석기의 단면도;

도 4는 도 2의 4-4선을 따라 절취한 예시적인 질량 분석기의 단면도;

도 5는 도 2의 5-5선을 따라 절취한 예시적인 질량 분석기의 단면도;

도 6은 도 5의 예시적인 질량 분석기 내의 예시적인 다중 커스프 자장을 도시한 단면도;

도 7a는 본 발명의 다른 특징에 따라 도파관을 갖는 다른 예시적인 질량 분석기의 단면도;

도 7b는 도 7a의 예시적인 질량 분석기와 도파관의 다른 측의 단면도;

도 8A는 본 발명의 다른 특징에 따라 다중 커스프 자장을 생성하기 위한 질량 분석기 내의 예시적인 도파관과 자석들의 일부를 도시한 단면도;

도 8b는 도 8A의 예시적인 도파관과 자석들을 도시한 일부의 평면도;

도 8c는 도 8A와 도 8b에 도시한 예시적인 도파관의 일부를 도시한 도 8b의 8C-8C선을 따라 절취한 단면도;

도 8d는 도 8A 내지 도 8c에 도시한 예시적인 도파관의 일부를 나타낸 도 8b의 8D-8D선을 따라 절취한 단면도;

도 9는 본 발명의 다른 특징에 따라 다중 커스프 자장을 형성하기 위한 자석들을 갖는 예시적인 질량 분석기를 도시한 평면도;

도 10은 본 발명의 다른 특징에 따르는 예시적인 도파관을 도시한 평면도; 및

도 11은 본 발명의 다른 특징에 따라 이온 주입 설비 안의 이온 빔 제한을 제공하는 방법을 설명하는 개략적인 순서도이다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10 : 저 에너지 이온 주입기

114 : 질량 분석 자석

129 : 경로(path)

139 : 통로(passageway)

170: 자석

174 : 전원

250 : 도파관

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 일반적으로 이온 주입 설비에 관한 것이며, 더 상세히는 이온 빔 가이드 내 플라즈마를 마이크로파 여기하기 위한 개선된 방법 및 설비에 관한 것이다.

반도체 소자의 제조에 있어서 이온 주입은 불순물들로 반도체들을 도핑하는데 이용된다. 이온 빔 주입기들은 집적 회로를 제조할 때 n형 또는 p형 외래 물질(extrinsic material) 도핑을 형성하거나 패시베이션 층들(passivation layers)을 형성하기 위해 이온 빔으로 실리콘 웨이퍼들을 처리하는데 사용된다. 반도체들을 도핑하기 위해 사용될 때, 이온 빔 주입기는 선택된 이온 종들을 주사하여 원하는 외래 물질을 생성한다. 안티몬, 비소 또는 인과 같은 소스 물질들로부터 생성된 주입 이온들은 " n형" 외래 물질 웨이퍼들이 되는 반면, " p형" 외래 물질 웨이퍼를 원한다면, 붕소, 갈륨 또는 인듐이 주입될 것이다.

대표적인 이온 빔 주입기들은 이온화될 수 있는 소스 물질들로부터 양전기로 대전된 이온들을 생성하기 위한 이온 소스를 포함한다. 생성된 이온들은 빔의 형태로 바뀌어 주입 스테이션 쪽으로 소정의 빔 경로를 따라 향하게 된다. 이온 빔 주입기는 이온 소스와 주입 스테이션 사이로 뻗어 있는 빔 형성 · 조형 구성들을 포함할 것이다. 빔 형성 · 조형 구성들은 이온 빔을 유지하며, 주입 스테이션 쪽으로 가는 도중에 빔이 관통하여 지나는 연장된 내부 중공(cavity) 또는 통로의 경계를 이룬다. 주입기를 구동시킬 때, 이온들이 공기 분자들과 충돌하여 미리 정해진 빔 경로로부터 이탈하는 가능성을 줄이기 위해서 이 통로를 반드시 비워야 한다.

이온 위의 전하에 대한 이온의 질량(예를 들어, 전하 대 질량 비율(charge-to-mass ratio))은 정전기장 또는 자기장에 의해 축방향 및 횡단방향으로 가속되는 정도에 영향을 준다. 그러므로, 분자량이 바람직하지 않은 이온들이 빔에서 일탈되기 때문에 반도체 웨이퍼 또는 다른 타겟의 소정 영역에 도달하는 빔은 보다 순수하게 만들어 질 수 있으며, 바람

직한 물질들 이외의 주입을 피할 수 있다. 바람직한 그리고 바람직하지 않은 전하 대 질량 비율의 이온들을 선택적으로 분리하는 공정은 질량 분석으로 알려져 있다. 보통 질량 분석기들은 쌍극자 자장을 생성하는 질량 분석 자석을 구비하여, 전하 대 질량 비율들이 다른 이온들을 효과적으로 분리시키는 활 모양의 경로 내의 자기 편향을 통해 이온 빔 안에 있는 여러 이온들을 편향시킨다.

깊이가 얕은 이온 주입에서는 고 전류, 저 에너지 이온 빔들이 바람직하다. 이 경우, 줄어든 이온들의 에너지들은 같은 전하를 갖는 이온들의 상호 반발로 인하여 이온 빔의 수렴을 유지하는 데 약간 어려움을 야기한다. 높은 전류 이온 빔들은 보통 상호 반발에 의해 분산되는 경향이 있는 같게 대전된 이온들의 높은 집광을 포함한다.

낮은 압력에서 저 에너지, 고 전류 이온 빔 완전성을 유지하기 위해, 이온 빔 주위를 둘러싸도록 플라즈마가 생성될 수 있다. 보통, 고 에너지 이온 주입 빔들은 빔이 잔류 또는 배경 가스와 작용하여 생긴 부산물인 약한 플라즈마를 관통하여 전파된다. 이 플라즈마는 이온 빔에 의해 야기되는 공간 전하들을 중화시키는 경향이 있는데, 이렇게 함으로써 만일 제거하지 않으면 빔을 분산시키는 횡단 전기장을 대폭 감소시킨다. 그러나, 저 이온 빔 에너지에서는 배경 가스들과의 이온화된 충돌의 가능성은 매우 낮다. 게다가, 질량 분석기의 쌍극자 자기장에서, 자기장 선들을 지나는 플라즈마 확산이 현저하게 저감되는데 반해 이 장의 방향을 따르는 확산은 제한되지 않는다. 결과적으로, 질량 분석기 내의 저 에너지 빔 제한을 개선하기 위한 추가적인 플라즈마의 도입은 큰 효과가 없다. 그 이유는 도입된 플라즈마가 쌍극자 자기장 선들을 따라 경로 챔버 벽들 쪽으로 빠르게 전환되기 때문이다.

이온 주입 설비에서, 낮은 압력에서 가동될 수 있으며, 질량 분석기 빔 가이드의 전체 길이를 따라 균일한 빔 제한을 제공하는 고 전류 저 에너지 이온 빔들에 사용할 빔 제한 장치 및 방법의 필요성은 남아 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이온 주입 장치들에 사용되는 저 에너지 고 전류 이온 빔을 제공하기 위한 장치 및 방법을 위한 것이다. 본 발명은 보조 플라즈마의 도입 없이 이온 빔 제한을 제공하고 대신 빔 가이드 안의 배경 가스를 활용함으로써 이온 빔과 결합하는 빔 플라즈마를 향상시켜 적절한 빔 제한에 요구되는 부가 전극들을 생성한다. 이것은 제어되는 방식으로 ECR 조건을 생성하기 위해 빔 가이드 경로 안에 다중 커스프 자장(multi-cusped magnetic field)과 RF 또는 마이크로파 에너지를 제공함으로써 달성된다. 이에 대해 앞으로 더 상세히 설명될 것이다.

잔류 가스 또는 배경 가스와 빔 상호 작용으로 생성된 빔 플라즈마와 같은 플라즈마를 관통하여 전파되는 이온 빔들은 이온화에 의해 생성된 전하들과 정상 상태 평형에 도달하는데, 이 정상 상태 평형에서는 이온화와 하전 교환에 의해 생성되는 전하들이 빔 가이드에서 제거된다. 남아있는 플라즈마 밀도는 이온화 충돌의 가능성에 의해 형성된 전하와, 남은 공간 전하에 의한 양 전하들의 반발 및 운동 에너지의 결과로 생기는 전자의 탈출에 의한 빔 부피로부터의 손실 간의 균형의 결과로 결정된다.

외부에서 생성된 플라즈마 또는 빔 플라즈마의 향상의 도입을 통한 플라즈마 향상이 없다면, 매우 낮은 이온 빔 에너지에서의 배경 가스와의 이온화 충돌의 가능성은 낮다. 이와 같은 방식으로 생성된 전자들은 빔의 높은 포텐셜 안에서 잘 포획되는데, 이들 전자들은 빔 센터를 관통하여 그 주위를 선회하며, 쿨롱 충돌(Coulomb collision)에 의해 서로 작용하며, 전자 에너지 분포의 열화를 야기한다. 잔류 가스 분자의 이온화 포텐셜보다 높은 에너지를 가지는 분포 안의 이러한 전자들은 한 분자와 같은 이온화 가능성을 갖는다. 이온화 가능성은 전자 에너지가 감소함에 따라 감소한다.

저 에너지 빔 플라즈마에서, 이온화의 대다수는 포획된 전자들에 의해 생성된다. 이 전자들은 그들의 에너지를 중앙에서 가장자리로의 빔 포텐셜 차이로부터 얻는데, 이것은 빔 " 블로우-업(blow-up)" 을 야기하는 같은 요인이다. 따라서, 외부에서 생성된 플라즈마 또는 빔 플라즈마의 향상 없이 저 에너지 이온 빔들의 전송은 어렵다. 질량 분석기들은 원래 자기장들을 포함하기 때문에, 외부에서 생성된 플라즈마는 질량 분석기 빔 가이드의 활 모양의 길이를 따라 적합하게 확산이 잘 되지 않으며, 대신 자기장 선들의 방향을 따라 빨리 확산된다. 본 발명에 따라 다중 커스프 자장과 함께 질량 분석기 빔 가이드 경로에서 RF 또는 마이크로파 에너지를 사용하는 것은 경로 안의 ECR 조건의 제어된 생성을 통해 저 압력 저 에너지 고 전류 이온 빔 설비에서의 빔 플라즈마의 향상을 위해 제공된다. 추가적으로 다중 커스프 자장은 자기 미러 효과(magnetic mirror effect)에 의해 플라즈마 밀도를 향상한다.

따라서, 추가적인 플라즈마는 RF 또는 마이크로파 주파수에서의 전기장에 의해 이온 빔 공간 안에서 생성될 수 있다. 이 RF 또는 마이크로파 에너지는 적절한 자기장이 존재하는 경우 ECR 조건을 조성할 정도의 크기로 플라즈마 전자들에 효과적으로 전달된다. RF 또는 마이크로파 에너지는 개수에 상관없는 커플링 방법들(예를 들면, 윈도우들, 안테나들 등)을 통해 이온 빔 가이드 안의 적절한 포트에 경로 안으로 도입될 수 있다. 비록 ECR 조건의 생성을 위해 쌍극자 자장만이 사용되지만, 질량 분석 자석에 사용되는 쌍극자 자장의 강도의 선택은 주입에 선택된 파티클의 운동량에 의해 결정된다. 결국, RF 또는 마이크로파 전원 주파수는 쌍극자 자장의 세기에 따르는 ECR 조건을 제공할 수 있게 조정될 필요가 있을 것이다.

예를 들어, 매우 낮은 에너지 붕소 빔에 있어서, 쌍극자 자장은 보통 2.45 ㎓ 마이크로파 주파수에서 ECR 조건 하에 적당하다. 더 낮은 주파수 에너지 소스들(또는 가변 주파수 소스들)이 사용될 수 있으나, 고가이다. 추가적으로 사용 가능한 주파수 중 최고값을 사용할 때 이점이 있는데, 그것은 플라즈마 밀도 한계가 사용되는 주파수의 제곱에 비례한다는 것이다. 따라서, 제어된 다중 커스프 자장의 선택적인 적용을 통해 저 에너지 빔 설비에서의 높은 주파수 전원을 사용할 수 있는 능력은 저가일 뿐 아니라 높은 플라즈마 밀도를 가능하게 한다.

발명의 구성 및 작용

본 발명의 한가지 특징에 의하면, 장치는 이온 빔의 경로를 따라 경로의 주변에 장착된 질량 분석 자석, 경로내의 전기장을 제공하기 위해 사용된 RF 전원, 경로 내에 다중 커시브 자장을 제공하기 위해 사용된 자기 장치를 포함한다. 따라서, 경로는 빔의 가이드 뿐 아니라 도파관의 역할을 한다. 본 발명의 다른 특징에 의하면, 자기 장치는 경로의 적어도 일부를 따라 장착된 다수의 자석으로 구성되어, 경로의 적어도 일부를 따라 전자 싸이클로트론 공명(ECR) 조건을 제공하도록 전원과 자석들이 연합하여 상호 작용한다.

다중 커스프 자장은 질량 분석기 경로의 한 영역에 장의 특정 세기로 쌍극자 장에 첨가되어 주어진 저 에너지 이온 빔에 사용되는 알려진 RF 또는 마이크로파 주파수의 전기장과 상호 작용하게 된다. 이러한 방법에서, 질량 분석기 쌍극자 자장 안의 빔 플라즈마는 외부에서 생성된 플라즈마의 도입 없이 저 에너지 이온 빔에 대해 향상된다. RF 또는 마이크로파 에너지는 ECR 조건을 조성하는 자기장의 존재 안에 있는 플라즈마 전자들에게 효과적으로 전달된다. 본 발명의 일 특징에 따르면, 특정 이온 빔 유형에 대한 ECR 조건은 전기장 주파수와 자기장의 세기에 의존한다. 그러나, 질량 분석 자석의 쌍극자 자장은 보통 이온 전하 대 질량 비율의 원하는 선택과 타겟 웨이퍼에 가해지는 빔 에너지의 크기에 따라 고정된다.

따라서, 다른 ECR 조건 변수들이 고정되며, 전기장 에너지 소스 주파수가 결정된다. 본 발명에 따라 질량 분석기의 경로 안에서 다중 커스프 자장이 생성되는 것은 이롭게도 경로 안의 자기장 세기에 대한 부분적인 제어를 제공하는데, 이것은 보통 또는 상업적으로 사용 가능한 주파수들(예를 들어 2.45 ㎓)에서 RF 또는 마이크로파 에너지 소스들의 사용을 가능하게 한다. 적절한 주파수에 대한 ECR 조건을 만족하는 자기장 세기의 영역들을 제공함에 더하여, 다중 커스프 자장이 또한 자기 미러 효과를 통한 플라즈마 제한을 증가시키는데, 이것은 손실들을 줄임으로써 플라즈마 밀도를 현저하게 향상시킨다.

본 발명의 다른 특징에 따르면, 자기 장치가 질량 분석기 빔 가이드 경로의 상부면 및 바닥면들에 배치되며 길이 방향으로 떨어져 측 방향으로 뻗어 있는 다수의 자석들로 구성될 수 있다. 자석들은 반대의 자석 극성의 길이 방향으로 반대 자기 극들을 포함하는데, 즉 서로 마주보는 인접 자석들에 같은 극성을 갖는 극으로 구성되어, 다중 커스프 자장이 경로 안에서 생성된다. 이러한 방법에서, ECR 조건은 적어도 두 개의 인접한 자석들의 적어도 길이 방향으로 마주보는 자기 극들 근처에서 달성되며, 상부면 및 바닥면들 중 하나로부터 소정의 간격으로 이격될 것이다.

본 발명의 다른 특징에 의해 이온 주입 설비가 제공되는데, 이것은 경로를 따라 이온 빔을 생성하기 위해 적용되는 이온 소스와 내부 경로를 갖는 질량 분석기를 포함한다. 질량 분석기는 고 주파수 전원, 내부 경로 안에 장착되는 질량 분석 자석, 및 내부 경로 안에 장착되는 자기 장치를 포함하는데, 여기서 질량 분석기는 이온 소스로부터 이온 빔을 수용하고 웨이퍼 쪽으로 경로를 따라 적절한 전하 대 질량 비율을 갖는 이온들을 유도하는데 사용된다. 고 주파수 전원은 내부 통로 안의 RF 또는 마이크로파 전기장을 제공하는데 사용되며, 자기 장치는 내부 통로 안에 다중 커스프 자장을 제공하는데 사용된다. 자기 장치는 통로의 적어도 일부에 따라 장착되는 다수의 자석들을 포함하여, 다중 커스프 자장을 생성한다. 자기장과 전기장은 질량 분석기 안에 빔 플라즈마를 이롭게 향상시키는 ECR 조건을 형성하도록 상호 작용할 것이며, 이렇게 함으로써 이온 빔의 공간 대전을 중화한다.

본 발명의 다른 특징에 따르면 저 에너지 이온 주입 설비에서 이온 빔 제한을 제공하는 방법이 제안된다. 이 방법은 이온 소스를 사용하여 길이 방향 경로를 따라 이온 빔을 생성하는 단계, 내부 통로와 이 내부 통로를 따라 장착된 질량 분석 자석을 가지는 질량 분석기를 제공하는 단계, 및 이온 소스로부터 질량 분석기 안에 이온 빔을 수용하는 단계를 포함한다. 이 방법은 웨이퍼 쪽으로의 경로를 따라 질량 분석기로부터 적절한 전하 대 질량 비율과 에너지를 갖는 이온들을 향하게 하는 단계, 통로 안에서 고 주파수 전원을 사용하여 전기장을 형성하는 단계, 및 통로를 따라 장착된 자기 장치를 사용하며 통로의 적어도 일부 안에 다중 커스프 자장을 형성하는 단계를 더 포함한다. 이에 더하여 이 방법은 전기장과 자기장을 이용하는 통로 안의 적어도 한 영역에 전자 싸이클로트론 공명 조건을 조성하는 단계를 더 포함한다.

플라즈마 향상과 결과적인 빔 제한은 질량 분석기의 통로 내의 제어된 전기장 에너지의 제어된 제공에 의해 더 도움을 받을 수 있다. 통로 내에 전기장을 형성은 제어된 방법으로 통로 내부에 전기장 에너지를 일관되게 분산시키기 위해 분리 도파관을 더 사용할 수 있다. 이 방법에서, 에너지 분포가 빔 가이드의 길이 방향 통로를 따라 더 균일하게 될 수 있어서 그 전체 길이를 통한 전자 싸이클로트론 공명 영역들의 형성을 가능하게 한다.

본 발명의 다른 특징에 의하면, 전원으로부터의 마이크로파 에너지와 이온 빔 질량 분석기 빔 가이드의 통로 안에서 빔 플라즈마를 연결하는데 사용되는 도파관이 제공된다. 도파관은 금속 코팅에 의해 둘러 싸여진 제1유전체 층을 포함하는데, 이것은 빔 가이드 통로의 길이를 통해 전원으로부터 마이크로파 에너지를 전파하는데 사용된다. 따라서 금속 코팅은 제1층의 상부 및 바닥 표면들에 제2 및 제3층을 형성한다. 제1층은 제1평면에서 활 모양 경로를 따라 길이 방향으로 입구단에서 출구단으로, 그리고 안쪽 반경 측과 바깥쪽 반경 측 사이에 측 방향으로 뻗는다. 도파관은 빔 가이드 통로 쪽을 향하는 측 상의 금속 코팅을 관통하여 측 방향으로 뻗어 있으며 길이 방향으로 이격되어 있는 포트들 또는 슬롯들을 더 포함한다. 길이 방향으로 이격되어 있는 포트들 또는 슬롯들은 정재파의 노드들에 해당하는 도파관을 따라 이

롭게 배치되어 빔 가이드로의 효과적인 전원의 전송을 일으킨다.

이러한 점에서, 도파관을 따라 측 방향으로 뻗어 있으며 길이 방향으로 떨어져 배치된 다수의 자석이 제공되어, 빔 가이드 통로 내에 다중 커스프 자장을 형성하는데 적용된다. 이 방법에서, 다중 커스프 자장과 전원으로부터의 마이크로파 에너지는 빔 제한을 위해 통로의 적어도 일부를 따라 전자 싸이클로트론 공명 조건을 형성하기 위해 연합하여 상호 작용할 것이며, 플라즈마는 자기 미러 효과에 의해 더 향상될 것이다.

본 발명의 다른 특징에 의하면, 이온 주입 설비 내 경로를 따라 이온 빔을 조절하기 위해 질량 분석기 빔 가이드 장치가 제공된다. 이 장치는 통로 안에 경로를 따라 장착되는 질량 분석 자석, 통로 안에 전기장을 제공하기 위해 사용되는 전원, 이온 빔과 함께하는 빔 플라즈마를 전기장과 결합시키기 위해 사용되는 도파관, 및 통로 내 다중 커스프 자장을 제공하기 위해 사용되는 자기 장치를 포함한다. 따라서, 전원, 도파관, 및 자기 장치는 통로의 적어도 일부에서의 이온 빔의 제한을 제공하는데 연합하여 적용된다. 빔 제한은 전자 싸이클로트론 조건을 통해 유익하게 달성되는데, 이 조건은 전원과 자기 장치에 의해 에너지를 공급받은 RF 또는 마이크로파 전기장의 통로 내에서의 연합의 상호 작용을 통해 달성되는데, 이것은 통로의 내부에 다중 커스프 자장을 형성한다.

본 발명의 다른 특징에 의하면, 도파관이 이온 빔 질량 분석기 통로 안에서 플라즈마와 전기장을 결합하기 위해 제공된다. 이 도파관은 마이크로파 에너지를 전원으로부터 전파하는데 사용되며 제1평면에 위치한 베이스 층을 포함하며, 이 베이스 층은 상부, 바닥 및 측면 금속 층들을 가지는데, 이들은 입구단으로부터 출구단으로의 활 모양 경로를 따라 길이 방향으로 그리고 안쪽 반경 측과 바깥 반경 측 사이에 측 방향으로 뻗어 있다. 바닥 층은 그것을 통해 통로의 내부와 베이스 층 사이에서 측면 방향으로 뻗어 있으며 길이 방향으로 떨어져 배치되어 있는 다수의 포트 또는 슬롯을 포함할 것이다. 전원으로부터 베이스 층을 따라 전파되는 마이크로파 에너지는 측 방향으로 뻗어 있으며 길이 방향으로 이격된 포트들 또는 슬롯들 부근의 통로의 내부에 있는 플라즈마와 결합된다.

앞에서 말한 그리고 이와 관련된 목적들을 달성하기 위해, 발명은 이하에서 상세히 설명될 특징들을 포함하며, 특히 청구범위에서 지적된다. 아래 설명과 첨부 도면들은 본 발명의 특정한 예가 되는 측면으로 설명된다. 그러나, 이러한 특징들은 본 발명의 원칙들이 적용될 수 있는 무수한 방법들 중 단지 설명하기 위한 작은 수에 불과하다. 본 발명의 다른 목적들, 이점들 및 신규한 특징들이 아래에서 도면들과 함께 본 발명의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

본 발명은 동일한 구성 요소들에 대해 같은 도면 부호를 사용한 도면들을 참고하여 설명될 것이다. 본 발명은 외부에서 생성된 플라즈마의 도입을 필요로 하지 않으며 낮은 압력에서 저 에너지 고 전류 이온 주입 설비에서 빔 제한을 위해 제공되는데, 이것은 질량 분석기 내의 ECR 조건을 생성하기 위해 RF 또는 마이크로파 에너지의 조합 내에서 다중 커스프 자장을 사용하는 빔 플라즈마를 향상함으로써 달성된다. 그러나, 여기서 예시되고 설명된 적용예 외에도 유익하게 채용될 수 있을 것으로 이해되어야 할 것이다.

이제 도면들을 참고하면, 도 1a에 터미널(12), 빔라인 어샘블리(14) 및 엔드 스테이션(16)을 갖는 저 에너지 이온 주입기(10)가 도시되어 있다. 터미널(12)은 고 전압 동력 공급부(22)에 의해 동력이 공급되는 이온 소스(20)를 포함한다. 이온 소스(20)는 빔라인 어샘블리(14)에 제공되는 이온 빔(24)을 생성한다. 이온 빔(24)은 질량 분석 자석(26)에 의해 조절된다. 질량 분석 자석(26)은 적합한 전하 대 질량 비율을 갖는 이온들만 웨이퍼(30)로 통과시킨다. 조절된 이온 빔(24)은 엔드 스테이션(16)에 있는 타겟 웨이퍼(30) 쪽으로 향해진다.

또한, 도 1b를 참조하면, 이온 주입기(100)가 본 발명의 예시적인 특징에 따라 더 상세히 도시되어 있는데, 이것은 이온 소스(112), 질량 분석 자석(114), 빔라인 어샘블리(115), 및 타겟 또는 엔드 스테이션(116)을 포함한다. 빔라인 어샘블리(115)에 대한 엔드 스테이션(116)의 운동을 허용하는, 연성이 있는 스테인레스 강 벨로우즈 어샘블리(118)가 엔드 스테이션(116)과 빔라인 어샘블리(115)를 연결한다. 비록 도 1b가 초 저 에너지(ultra low energy: ULE) 이온 주입기를 도시하고 있지만, 본 발명은 다른 유형의 주입기들에도 또한 적용될 수 있다.

이온 소스(112)는 플라즈마 챔버(120)와 이온 추출 어샘블리(122)를 포함한다. 이온화될 수 있는 도판트 가스에 에너지가 부여되어 플라즈마 챔버(120) 안에서 이온들을 생성한다. 본 발명은 음이온들이 소스(112)에 의해 생성되는 시스템에 적용 가능하지만, 일반적으로 양 이온들이 생성된다. 양 이온들은 플라즈마 챔버(120) 내의 슬릿을 통해 다수의 전극(127)을 구비한 이온 추출 어샘블리(122)에 의해 추출된다. 따라서, 이온 추출 어샘블리(122)는 플라즈마 챔버(120)로부터 양이온들의 빔(128)을 추출하고 추출된 이온들을 질량 분석 자석(114) 안으로 가속시키는 기능을 한다.

질량 분석 자석(114)은 적합한 전하 대 질량 비율을 갖는 이온들만을 빔라인 어샘블리(115)로 통과시키는 기능을 하며, 리졸버 하우징(resolver housing)(123)과 빔 중화기(124)를 포함한다. 질량 분석 자석(114)은 측벽(130)들을 갖는 알루미늄 빔 가이드에 의해 정의되는 통로(139) 안의 휘어진 빔 경로(129)를 포함하며, 이 것의 진공은 진공 펌프(131)에 의해 제공된다. 이 경로(129)를 따라 전파되는 이온 빔(128)은 질량 분석 자석(114)에 의해 생성된 자기장에 의해 영향을 받아 부적절한 전하 대 질량 비율을 갖는 이온들을 방출한다. 이 쌍극자 자장의 세기 및 방향은 자석 커넥터(133)를 통해 자석(114)에 필드 와인딩들을 통해 전류를 조절하는 제어 전자 장치(132)에 의해 제어된다.

쌍극자 자장은 이온 빔(128)이 굽은 빔 경로(129)를 따라 이온 소스(112) 부근에 있는 제1 또는 입구 경로(134)로부터 리졸버 하우징(123) 부근에 있는 제2 또는 탈출 경로(135)로 이동하도록 한다. 부적합한 전하 대 질량 비율을 갖는 이온들로 구성된 빔(128)의 부분들(128', 128")은 굽은 경로로부터 떨어져 편향되어 알루미늄 빔 가이드(130)의 벽들 안으로 향해진다. 이런 방법으로, 자석(114)은 빔(128) 안에서 바람직한 전하 대 질량 비율을 갖는 이런 이온들만을 리졸버 하우징(123) 안으로 통과시킨다.

통로(139)는 빔 경로(129)를 따라 측면에 배치된 하나 이상의 자석들(170)을 갖는 자기 장치를 더 포함한다. 자석들(170)은 빔 경로(129)의 위아래에 장착되어 통로(139) 안에 다중 커스프 자장(도 1b에는 도시하지 않음)을 형성한다. 또한, 고 주파수 전기장(도 1b에는 도시하지 않음)은 통로(139)와 전원(174)을 결합하는 마이크로파 주입 포트(172)를 통해 통로(139) 안에 제공된다. 이온 빔(128)의 빔 제한을 제공하기 위해 통로(139) 안의 다중 커스프 자장과 고 주파수 전기장은 연합하여 상호 작용하여 통로의 적어도 한 구역(도 1b에 도시하지 않음) 안에 전자 싸이클로트론 공명 조건을 조성한다. 이것은 아래에 상세히 설명된다.

리졸버 하우징(123)은 터미널 전극(137), 이온 빔(128)을 집중하기 위한 정전 렌즈(138), 및 파라데이 플랙(Faraday flag)(142)과 같은 선량 측정기를 포함한다. 빔 중화기(124)는 양 전하를 중화하기 위한 플라즈마 샤워(145)를 포함하는데, 이것은 이렇게 하지 않으면 양으로 대전된 이온 빔(128)의 주입으로 인하여 타겟 웨이퍼 상에 축적된다. 빔 중화기와 리졸버 하우징은 진공 펌프(143)에 의해 진공으로 된다.

빔 중화기(124)의 하류에는 엔드 스테이션(116)이 있는데, 이것은 처리될 웨이퍼들이 그 위에 놓여져 있는 디스크 모양의 웨이퍼 서포트(144)를 포함한다. 웨이퍼 서포트(144)는 일반적으로 주입 빔의 방향에 수직 방향인 타겟 평면 안

에 놓여진다. 엔드 스테이션(116)에 있는 디스크 모양의 웨이퍼 서포트(144)는 모터(146)에 의해 회전한다. 따라서, 이온 빔은 원형 경로로 움직임에 따라 웨이퍼에 장착된 웨이퍼를 가격한다. 엔드 스테이션(116)은 이온 빔과 웨이퍼(W)의 경로(164)가 교차하는 점(162)을 중심으로 회전할 수 있어서 타겟 평면이 이 점을 중심으로 조절될 수 있다.

도 2는 저 에너지 이온 주입 설비(예를 들면, 도 1b의 저 에너지 이온 주입기(10)) 안에서 사용되는 예시적인 질량 빔 가이드(200)를 도시한 것인데, 이것은 활 모양의 내부 및 외부 측벽들(204, 206)에 의해 이온 빔 경로(208)를 따라 정의된 활 모양의 길이 방향 통로(202)를 갖는다. 빔 가이드(200)는 경로(208)를 따라 입구단(210)으로부터 출구단(212) 쪽으로 예를 들어 대략 135°인 아크 각(θ)으로 길이 방향으로 뻗어 있다. 빔 가이드(200)는 케이블(218)을 통해 통로(202)와 전원(216)의 RF 또는 마이크로파 에너지의 연결을 제공하는 마이크로파 주입 포트(214)를 더 포함한다. 빔 가이드는 질량 분석 자석을 더 포함하는데, 이 자석은 선택된 전하 대 질량 비율의 이온들이 경로(208)를 따라 출구단(212)에 도달하도록 허용하는 통로(202) 안의 쌍극자 자장을 제공하기 위해 두 개의 활 모양 자석 극들(도 2에는 도시하지 않음)을 포함한다.

도 3a와 도 3b는 본 발명의 일 특징에 따라 다중 커스프 자장을 형성하기 위해 그 위에 다수의 자석(220)을 가지는 도 2에 도시한 예시적인 질량 분석기 빔 가이드(200)의 정면도 및 단면도를 각각 나타낸다. 자석들(220)은 통로(202) 안에 안쪽 반경(R1)과 바깥쪽 외경(R2) 사이에 측 방향으로 뻗어 있으며, 각(θ2) (예를 들어 5.326°)의 공간으로 경로(208)를 따라 길이 방향으로 떨어져 배치된 관계를 가진다. 본 발명의 하나의 예시적인 주입기에서, 안쪽 반경(R1)은 약 300 ㎜이며, 바깥 반경(R2)은 약 500 ㎜이다. 통로(202)는 상부 및 바닥 벽(222, 224)에 의해 각각 더 정의된다. 쌍극 장은 전자석(도시하지 않음)에 의해 빔 가이드(200)로 외부에서 생성될 것이다. 본 발명의 다른 주입기에서, 자석들(220)은 빔 가이드 벽들(222, 224)의 한 쪽 또는 양쪽에 그 바깥으로부터 가공된 슬롯들 안에 박아 넣어져, 자석들(220)이 진공 챔버 외부에 남아 있게 된다. 이에 더하여, 자석들(220)은 상부 및 바닥 벽(222, 224)의 하나 또는 양쪽에 각각 제공되거나, 측 벽들(204, 206)의 하나 또는 양쪽에 각각 제공되거나, 또는 이들의 조합으로 제공되는 것으로 이해되어야 할 것이다.

도 4와 도5는 도 2의 4-4선과 5-5선을 따라 절취한 길이 방향 및 측 방향 단면으로 질량 분석기 빔 가이드(200)를 각각 도시한 도면이다. 도 5에 도시한 바와 같이 자석들(220)은 이온 빔 경로(208)가 전파되는 방향을 따라 길일 방향으로 자화되어 있으며, 서로 엇걸리게 되어 있어서 인접하는 자석들이 같은 극으로 서로 마주보게 된다. 명확하게 설명하면, 빔 가이드(200)의 입구단(210) 쪽으로 S극을 갖는 자석(220)들을 '220A'로 나타내었으며, 가이드(200)의 출구단(212) 쪽에 S극을 갖는 자석(220)들을 '220B'로 나타내었다. 질량 분석 기능을 촉진하게 하기 위해, 쌍극 자장이 통로(206) 안에 조성되는데, 예를 들어, 도 4에 도시한 수직 자장 선들(230)을 갖는 외부 전자석(도시하지 않음)을 통해 조성된다.

도 6을 참조하면, 예시적인 양극이 있는 자석들(220A, 220B)은 각자의 자장들을 형성하는데, 예시적인 자장 선들(232A, 232B)로 간략하게 도시되어 있으며, 이 것은 서로 연합하여 통로(206) 안에서 상부 및 바닥 벽들(222, 224) 부근에 약간 떨어져 각각 다중 커스프 자장들을 형성한다. 여러 도면들에서 도시된 자석들(220A, 220B)의 예시적인 배치는 동일하게 향하는 자석들이 수직으로 정렬되어 있음을 나타내고 있다.(예를 들어, 자석(220A)은 자석(220A)의 바로 위에, 자석(220B)은 자석(220B)의 바로 위에) 그러나, 이렇게 특정하여 도시되고 설명된 것 외의 배치가 가능하며 이러한 배치는 본 발명의 범위 안에 있는 것으로 의도된 것으로 이해될 것이다.

예를 들어, 비록 본 발명에 필요한 것은 아니지만, 도 5와 도6에 도시한 자석들(220A, 220B)의 배치는 유익하게 인접하는 자석들(220) 사이의 영역에 추가적인 자장 선들을 제공한다. RF 또는 마이크로파 에너지가 통로(206) 안에 제공되면(예를 들어, 도 2의 전원(216)과 마이크로파 주입 포트(214)를 통해), 자기장과 전기장의 연합하는 상호 작용이 자석들(220)로부터 간격(236A, 236B) 만큼 떨어진 영역(234)에 전자 싸이클로트론 공명(ECR) 조건을 형성하게 한다.

영역(234) 내 ECR 조건은 유익하게는 경로(208)를 따라 통로(206)를 관통하는 이온빔과 연합하는 빔 플라즈마의 향상을 제공하는데, 그것으로 인하여 빔 무결성이 질량 분석기 빔 가이드(200)의 길이 방향의 길이를 따라 개선된다. 이온 빔 둘레의 하나 이상의 영역들(234)에서 ECR 조건이 생성되는 것은 빔 둘레의 플라즈마에 에너지를 전달하도록 도와줌으로써 빔 " 블로우-업(blow-up)" 을 방지하며, 이렇게 함으로써 플라즈마를 향상시킨다. 전자 싸이클로트론 공명 조건은 교류 전기장이 정자기장 안의 대전된 입자에 적용될 때 발생하여, 전기장의 주파수가 정자기장 선들 주위로 대전된 입자가 회전하는 고유 진동수와 같게 된다. 이러한 공명 조건이 얻어지는 곳에(예를 들어 영역들(234)에서) 단일 주파수 정자기 파동이 대전된 입자를 매우 효과적으로 가속시킬 수 있다.

통로(206) 안에 있는 자석들(220)의 크기, 방향 및 부피는 원하는 이온 빔 제한 목표에 따라 생성될 ECR 영역(234)의 위치를 허용하는 것으로 이해될 것이다. 예를 들어, 자석들(220)의 세기는 자석들(220)의 안쪽 표면들과 ECR 영역(234) 사이의 간격(236A 및/또는 236B)을 변화시키도록 변경될 수 있다. 이러한 방법에서, 간격(236A, 236B)은 통로의 크기 및/또는 원하는 이온 빔 크기에 따라 조절될 것이다. 이에 더하여, 자석들(220) 사이의 공간은 인접하는 ECR 영역들(234) 사이의 공간을 변화시키기 위해 변경될 수 있다. 게다가, 인접한 자석들의 자기 극 표면들의 상대적 방향은 인접하는 자석들(220) 사이에 부가적인 자장 라인들을 제공하기 위해 변경될 수 있다. 많은 다른 자석 크기들, 방향들 및 공간들이 가능하며 본 발명의 범위 안에 있는 것으로 예상된다.

본 발명에 따르면, ECR 조건을 얻기 위해 사용된 다중 커스프 자장이 쌍극 장의 가장자리들 부근에 성공적으로 부가될 것이다. 올바른 자장 세기 값이 얻어지는 곳인 공명 표면에서 생성된 플라즈마는 자장 구배(field gradient)의 반대 방향인 쌍극 자장 라인들을 따라 이온 빔의 중앙 쪽으로 뻗어나간다. 빔 가이드 통로(202) 안으로의 전기장의 도입은 아래에서 상세히 예시되고 설명되는 바와 같이 통로 안의 도파관의 사용에 의해 더 도움을 받는다.

이제 도 7a와 도 7b를 참조하면, 본 발명의 다른 특징이 질량 분석기 빔 가이드(200)와 관련되어 도시되어 있으며, 이 도면에는 측 단면도가 제공된다. 빔 가이드(200)는 각각의 상부 및 바닥 벽들(222, 224), 바깥 측벽(206), 및 안쪽 측벽(도시하지 않음)을 포함하여 통로(202)를 정의하는데, 이 통로를 통해 이온 빔(도시하지 않음)이 경로(208)를 통해 전파된다. 다수의 자석들(220A, 220B)('220'으로 총칭함)이 도 3a 내지 도 6의 자석들(220)과 유사한 방법으로 제공되는데, 이 들은 안쪽 측벽과 바깥 측벽(206) 사이로 측 방향으로 뻗어 있으며, 인접하는 자석들(220)의 반대 자기 극성들이 길이 방향으로 서로 마주보게 떨어져 있는 관계에 있다. 이와 같은 방법으로 배치됨으로 인하여, 자석들(220)은 상부 및 바닥 벽들(222, 224) 부근의 통로(202) 안에 다중 커스프 자장을 제공하는데, 이 장은 예시적인 장 라인들(232A, 232B)로 도시되어 있다. 빔 가이드 밖에 있는 질량 분석 전자석(도시하지 않음)은 위에서 논의된 질량 분석 기능을 제공하기 위해 제공되는 쌍극자 자장(도시하지 않음)을 제공할 것이다.

전 그림들의 질량 분석기 주입기와 달리, 도 7a와 도 7b의 빔 가이드(200)는 하나 이상의 도파관들(250)을 더 포함한다. 도파관은 석영과 같은 적합한 전파 매체로 만들어지며, 이것은 모든 측면에 얇은 코팅에 의해 금속화된다.(예: 알루미늄) 2.54 ㎓에서의 투과 깊이가 1 마이크로미터보다 작기 때문에 금속화된 층 코팅 두께는 수 미크론이 적합하다. 도파관(250)로부터 빔 가이드(200)의 통로(202) 안으로 RF 또는 마이크로파 에너지를 연결하기 위해, 측 방향으로 연장되어 있는 포트들 또는 슬롯들(254)이 도파관들(250)의 안쪽의 마주보는 금속 층들 상에 제공된다. 이에 대해서는 아래에서 상세히 설명한다. 도파관들(250)은 공지된 어떠한 방법(예를 들어 윈도우들, 안테나들 등)에 의해 RF 또는

마이크로파 전원(예를 들어 도 2의 소스(216))에 결합될 것인데, 이렇게 함으로써 지속적인 파동 공명이 그 길이 방향의 길이를 따라 도파관들(250) 안에 형성될 것이다. 비록 도면들에서는 두 개의 도파관들(예를 들어 상 및 하)(250)이 도시되어 있으나 단일 도파관(250)을 포함하는 다른 구성들이 본 발명에 따라 사용될 수 있는 것으로 이해될 것이다.

RF 또는 마이크로파 에너지는 도 7b에서 예시적인 전기장 라인들(256A, 256B)로 도시된 통로(202) 안의 전기장들을 제공하는데, 이것은 자석들(220)에 의해 생성된 다중 커스프 자장들과 연합하여 상호 작용하여 상부 및 바닥 벽들(222, 224)로부터 떨어진 ECR 영역들(234)을 제공한다.

위에서 설명한 바와 같이, ECR 조건은 경로(208)를 따라 빔 가이드(200)의 통로(202)를 따라 전파되는 이온 빔(도시하지 않음)과 연합하는 빔 플라즈마의 향상을 촉진하며, 이렇게 함으로써 빔 " 블로우-업" 의 감소 또는 제거에 의해 빔의 무결성이 유지된다. 도파관(250) 내의 포트들 또는 슬롯들(254)은 안쪽 측벽(도 7a와 도 7b에는 도시되어 있지 않음)과 바깥쪽 측벽(206) 사이에 측 방향으로 뻗어 있으며, 폭(260)을 가지며, 인접하는 포트들 및 슬롯들(254)은 각 피치 거리(262)에 의해 길이 방향으로 떨어져 있는데, 이것은 자석들(220)의 피치 공간이다.

이제 도 8A와 도 8b를 참조하여, 벽(222)과 다중 커스프 자장 자석들(220) 사이에 배치되는 다른 예시적인 도파관(250)이 여기서 설명된다. 본 발명의 다른 특징에 따르면, 도파관(250)은 빔 가이드(200)의 통로(202) 안으로 도입하기 위한 RF 또는 마이크로파 에너지를 전파하는데 적용되는 베이스 층(284) 위와 아래에 각각 상부 및 하부 금속화된 층들(280, 282)을 포함한다. 측면으로 연장되어 있는 포트들 및 슬롯들(254)은 통로(202)의 안으로 베이스 층(284)을 노출하는 하부 지지 층(282)에 제공된다. 게다가, 진공 영역으로부터 자석들을 봉하기 위해 O-링(286)이 슬롯들(254)을 에워싸게 제공될 수 있다. 본 발명의 다른 예시적인 특징에 따르면, 베이스 층(284)은 석영으로 만들어질 수 있으며, 상부 및 하부 금속화된 층들(280, 282)은 각각 알루미늄으로 만들어 질 수 있으며, O-링(286)은 적합한 엘라스토머로 만들어질 수 있으며 빔 가이드 커버(288)는 알루미늄으로 만들어질 수 있다. 그러나, 대안으로써 다른 물질들이 사용될 수 있으며 이것은 본 발명의 범위 안에 있는 것으로 의도될 것이다.

이제 도 8c와 8D를 참고하면, 예시적인 빔 가이드(200)와 도파관(250)의 측단면도가 도시되어 있다. 본 발명에 따르면, 상부 벽(222)은 슬롯(254) 주위에 O-링(286)을 가압하기 위해 사용되는 시팅 표면뿐 아니라 도파관(250)을 지지하기 위한 리세스를 포함한다. 빔 가이드(200)는 상부 벽(222)에 도파관(250)을 제거가 가능하게 장착할 수 있도록 하는 탑 커버(290)를 더 포함할 수 있다. 도 8d를 참고하면, 상부 벽(222)은 그 안에 자석들(220)이 장착되는 리세스 또는 포켓을 또한 포함한다. 따라서, 슬롯들(254) 주변의 O-링들(286)은 내부 통로(202)의 진공으로부터 자석을 격리하기 위해 제공된다.

이제 도 9를 참조하면, 도파관(250)이 빔 가이드(200) 안에 설치된 것이 도시되어 있는데, 여기서 도파관(250)은 이온 빔 전파의 경로(208)를 따라 뻗어 있다. 자석들(220)의 피치 배치 간격은 도파관 포트들 또는 슬롯들(254)의 그것 즉, 예를 들어 5.326° 인 각 값 θ2와 같아서, 예를 들어 약 135° 인 빔 가이드 길이인 θ1을 따라 25개로 같은 간격으로 배치되는 자석들(220)을 제공한다.

작동 중에, RF 또는 마이크로파 에너지(예를 들어 케이블(218)과 마이크로파 주입 포트(214)를 통해 전원(216)으로 공급되는)가 다중 커스프 자장 발생 자석들(220)의 후방에 위치하는 도파관(250) 안에서 전파된다. 빔 제한에 적용된 플라즈마 향상에 대해 전도성이 있는 ECR 조건(예를 들어 도 7a와 도 7b의 영역들(234))의 형성을 위해, 에너지가 주기적으로 분배되는 포트들 또는 슬롯들(254)을 통해 빔 플라즈마(도시하지 않음)와 결합된다.

도 10에 더 도시된 바와 같이, 도파관(250)은 빔 전파 경로(208)를 따라 많은 위치들(예를 들어 도 7a와 도 7b의 영역들(234))의 고정된 자기장들에 직교하기에 충분한 크기의 RF 또는 마이크로파 전기장의 발생을 촉진한다. 이를 위하여, 도파관(250)의 길이가 RF 또는 마이크로파 전원 주파수(예를 들어 2.45 ㎓)에 대응하는 파동 길이들(예를 들어 nλ/2, 여기서 n은 정수)의 복수로 설정될 것이며, 커플링 포트들 또는 슬롯들(254)은 1/2 파동 길이 위치들에 설치된다. 따라서, 도파관(250)은 E 필드(E field)이 최소이고 H 필드(H field)이 최대인(예를 들어 " H" 커플링) 포트들 또는 슬롯들(254)과 함께 정재파들이 그 안에서 생성될 수 있는 공명 구조를 구성한다. 도파관(250) 안에서의 포트들 또는 슬롯들(254)의 길이는 최대화할 수 있을 것(예를 들어, 슬롯들(254)은 거의 도파관(250)의 폭만큼 길다)이고, 이 폭은 공칭 임피던스 정합(nominal impedance matching)을 위해 최적화 될 수 있다. 예를 들어, 예시적인 도파관(250)에서 각 슬롯 공간(즉, 자석들(220)의 공간)은 약 5.326 ° 이며, 안쪽 반경 R1은 약 370 ㎜이며, 바깥 반경 R2는 약 430 ㎜이다. 이 예에서 포트들 또는 슬롯들(254)의 길이는 약 50 ㎜이며 그 폭은 약 5 ㎜이다.

빔 가이드(200) 안에서 일관성 있는 전기장 패턴을 얻기 위해, 단일 우세 전파 모드를 일으키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 직사각형 단면의 도파관들에 사용되는 TE10 전파 모드는 브로드월(broadwall)의 중앙의 (1) 피크가 있는 가이드의 브로드월에 보통인 전기장을 제공한다. 장의 크기는 좁은 벽에 평행한 방향을 따라 일정하다.(예를 들어, " 0" 피크) 이 TE10 은 가장 작은 컷-오프(cut-off) 주파수를 갖는다. TEx0 모드들에 대한 컷-오프 주파수들은 브로드월 치수에만 의존한다. 가장 높은 차수 모드 TEn0는 진보적으로 가장 높은 컷-오프 주파수들을 갖는다. 본 발명의 일 특징에 따르면, TE20 모드에 대한 컷-오프 주파수가 작동 주파수(예를 들어, 2.45 ㎓)보다 약간 크게 브로드월의 크기를 선택함으로써, 가장 넓게 가능한 도파관(250)이 선택되어 단일 TE10 모드를 전달할 수 있게 된다. 도파관의 치수들이 그렇게 선택되면 전파 파동 길이가 결정된다.

전기장이 빔 가이드 통로(202)의 안쪽에서 도파관(250)의 바깥쪽 포트들 또는 슬롯들(254)을 관통하여 전개되며, 이것은 이온 빔 전파 방향(예를 들어 경로(208))을 따라 향하게 된다. 자기장(예를 들어, 다중 커스프 장)이 전기장에 수직으로 그리고 통로(202)의 영역들(234) 안에 ECR 공명 조건을 형성할 정도의 적합한 크기로 발생한다. 예를 들어, 에너지가 1.19 keV인 BF2+ 이온 빔은 ECR 조건을 생성하기 위한 공칭 400 ㎜의 휨 반경인 질량 분석기 안에서의 적합한 경로를 따르기 위해서 873 가우스의 자기장 세기가 필요하다. 유익하게는, ECR 영역들(234)은 높은 전기장 강도로부터 이익을 얻도록 도파관(250) 안의 슬롯들(254)에 충분히 가깝게 배치되나, 플라즈마 손실을 최소화하기 위해 어떤 표면(예를 들어 자석들(220), 도파관(250) 등)으로부터 충분히 떨어진다. 예를 들어, 도 7a와 도 7b의 ECR 영역들(234)은 자석들(220)로부터 간격(236)만큼 떨어져 위치될 것인데, 이는 약 4 6 ㎜의 범위일 것이며, 적합한 작동을 제공하는 공칭 간격은 약 5 ㎜이다.

이제 도 11을 참조하여, 저 에너지 이온 주입 설비에서의 이온 빔 제한을 제공하는 방법(300)이 도시되어 있다. 방법은 302 단계로 시작되는데, 이 단계에서 이온 소스들 사용하여 길이 방향 경로를 따라 이온 빔을 생성한다. 질량 분석기가 304 단계에서 제공되는데, 이 분석기는 내부 통로, 고 주파수 전원, 내부 통로 안에 장착되는 질량 분석 자석, 및 내부 통로 안에 장착되는 자기 장치를 포함한다. 306 단계에서, 이온 빔이 이온 소스로부터 질량 분석기 안으로 수용되고, 308 단계에서 전하 대 질량 비율이 적합한 이온들이 질량 분석기로부터 이온으로 주입될 웨이퍼 또는 다른 타겟 쪽으로 경로를 따라 향하게 된다. 310 단계에서, 고 주파수 전원을 사용하는 전기장이 통로 안에 생성된다. 312 단계에서, 통로 안에 장착된 자기 장치를 사용하여 다중 커스프 자장이 형성되는데, 이것은 유익하게 ECR 조건을 조성한다.

비록 본 발명이 특정 설비들과 방법들에 대하여 보여지고 설명되었지만, 당업자가 이 명세서와 첨부된 도면들을 읽고 이해한 후 등가인 수정 및 변경을 생각할 수 있는 것으로 이해될 것이다. 특히, 위에서 설명한 구성 요소들(어샘블리들, 장치들, 회로들, 설비들 등)에 의해 수행되는 여러 기능들에 관하여, 비록 여기서 설명된 본 발명의 예시적인 방법을 수행하는 개시된 구조와 그 구조가 등가가 아닐지라도, 용어들(" 수단" 으로 참조하는 것을 포함)은 설명된 구성 요소들

(예를 들어 기능적으로 같은)의 특정 기능을 수행하는 어떤 구성 요소에 대응하도록 한 구성 요소로 표현된 것이다.

게다가, 본 발명의 특정한 특성은 여러 방법들 중 단지 하나에 대해서만 개시되었는데, 이런 특징은 어떤 주어진 또는 특정 장치에 유익하고 바람직한 경우에 다른 방법들의 하나 이상의 특징들과 조합될 수 있을 것이다. 게다가, " 포함한다" , " 포함하는" , " 갖는다" , " 가진" , 및 그 외 기타 상세한 설명과 청구항에서 사용된 용어들에 있어서는, 이들 용어들은 용어 " 구성되는(comprising)" 과 유사한 방식으로 포괄적인 의도로 사용되었다.

발명의 효과

이온 빔 가이드 안에서의 플라즈마의 마이크로파 여기를 제공하기 위해 본 발명의 설비 및 방법은 이온 주입과 같은 반도체 공정 분야에서 사용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

이온 주입 설비 내 경로를 따라 이온 빔을 조절하기 위한 질량 분석 장치에 있어서:

상기 경로를 따르는 통로(139)를 따라 장착되는 질량 분석 자석(114);

상기 통로(139) 안에 전기장을 제공하는데 적용되는 전원(174); 및

상기 통로(139) 안에 다중 커스프 자장을 제공하는데 적용되는 자기 장치(170)를 포함하며,

상기 전원(170)과 상기 자기 장치(170)는 상기 통로(139)의 적어도 한 부분에 이온 빔(128)의 제한을 제공하도록 연합하여 적용되는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 자기 장치(170)는 상기 통로(139)의 적어도 한 부분을 따라 장착된 다수의 자석(220)을 포함하는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 전원(174)과 상기 자기 장치(170)는 상기 통로(139)의 적어도 한 부분(234)을 따라 전자 싸이클로트론 공명 조건을 제공하기 위해 연합하여 적용되는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 질량 분석 장치는 상기 통로(139)를 정의하는 상부면(222), 바닥면(224), 및 측 방향으로 마주보는 제1 및 제2측면(204, 206)을 더 포함하며, 상기 상부면(222), 바닥면(224), 제1 및 제2측면(204, 206)은 입구단(210)과 출구단(212) 사이의 경로(129)를 따라 길이 방향으로 뻗어 있으며, 상기 자기 장치(170)는 상기 입구단(210)과 출구단(212) 사이에 상기 상부면(222) 및 바닥면(224) 중 하나 상에 통로(139) 안에 길이 방향으로는 떨어져 배치되며 측 방향으로 뻗어 있는 다수의 자석(220)을 포함하는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 5.

제4항에 있어서, 상기 질량 분석 장치는 상기 입구단(210)과 상기 출구단(212) 사이의 경로(129)를 따라 길이 방향으로 뻗어 있으며, 길이 방향으로 떨어져 배치되어 있는 상기 자석들(220)과 상기 상부면(222)과 상기 바닥면(224) 중 하나의 사이에 있는 도파관(250)을 더 포함하며, 상기 도파관은 인접하는 자석들(220) 사이에 위치하며 측 방향으로 뻗어 있는 다수의 슬롯(254)을 가지며, 상기 도파관(250)은 상기 전원(174)으로부터 상기 통로(139)의 내부 쪽으로 전기장의 형태로 에너지를 연결하도록 적용되며, 상기 전기장과 상기 다중 커스프 자장은 연합하여 상호 작용하여 상기 통로(139)의 적어도 한 부분(234)을 따라 전자 싸이클로트론 공명 조건을 만드는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 6.

제4항에 있어서, 적어도 두 개의 자석들(220A, 220B)은 반대의 자기 극성의 반대 자극을 길이 방향으로 가지며, 상기 두 개의 자석들은 서로 같은 극성으로 마주보며 인접하게 배치되며, 이로 인해 상기 다중 커스프 자장이 상기 통로(139) 안에 생성되는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 전원(174)과 상기 자기 장치(170)는 상기 통로(139)의 적어도 한 부분(234)을 따라 전자 싸이클로트론 공명 조건을 제공하도록 연합하여 적용되는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 8.

제1항에 있어서, 상기 자기 장치(170)는 상기 입구단(210)과 상기 출구단(212) 사이의 상부면(222) 및 바닥면(224) 상에 통로(139) 안에 배치된 길이 방향으로 떨어져 배치되어 있으며 측 방향으로 뻗어 있는 다수의 자석(220)을 포함하며, 상기 전기장과 상기 자기장은 상기 통로(139) 안의 적어도 한 영역(234) 안에 전자 싸이클로트론 공명 조건을 형성하도록 연합하여 적용되며, 상기 적어도 한 영역(234)은 적어도 2개의 인접한 자석들(220A, 220B)의 길이 방향으로 마주보는 적어도 2개의 자극들 부근에 있고, 상기 적어도 2개의 인접한 자석들 중 하나로부터 약 4 6 ㎜의 범위의 간격으로 떨어져 있는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 9.

제8항에 있어서, 상기 통로(139)는 길이 방향으로 활 형상의 측 단면을 갖는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 10.

제8항에 있어서, 상기 적어도 하나의 영역(234)은 적어도 2개의 인접하는 자석들(220A, 220B)의 길이 방향으로 마주보는 적어도 2개의 자극들 부근에 있으며, 상기 적어도 2개의 인접하는 자석들 중 하나로부터 약 5 ㎜의 간격으로 떨어져 있는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 11.

제8항에 있어서, 상기 전원(174)은 약 2.45 ㎓의 고정된 주파수로 상기 통로(139) 안에 전기장 에너지를 공급하며, 상기 통로 안의 상기 적어도 하나의 영역(234)에서의 자기장의 세기는 약 873 가우스이며, 상기 이온 빔은 약 1.19 keV의 에너지를 갖는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 12.

제8항에 있어서, 상기 질량 분석 장치는 상기 입구단(210)과 상기 출구단(212) 사이의 경로(129)를 따라 길이 방향으로 뻗어 있으며, 길이 방향으로 떨어져 배치되어 있는 상기 자석들(220)과 상기 상부면(222)과 상기 바닥면(224) 중 하나의 사이에 있는 도파관(250)을 더 포함하며, 상기 도파관은 인접하는 자석들(220) 사이에 위치하며 측 방향으로 뻗어 있는 다수의 슬롯(254)을 가지며, 상기 도파관(250)은 상기 전원(174)으로부터 상기 통로(139)의 내부 쪽으로 전기장의 형태로 에너지를 연결하도록 적용되며, 상기 전기장과 상기 다중 커스프 자장은 연합하여 상호 작용하여 상기 통로(139)의 적어도 한 부분(234)을 따라 전자 싸이클로트론 공명 조건을 만드는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 13.

경로(129)를 따라 이온 빔(128)을 생성하는데 적용되는 이온 소스; 및

내부 통로(139), 전원(174), 상기 내부 통로(139) 안에 장착되는 질량 분석 자석(114), 및 상기 내부 통로(139) 안에 장착되는 자기 장치를 가지는 질량 분석기를 포함하며,

상기 질량 분석기는 상기 이온 소스(112)로부터 이온 빔(128)을 수용하고 웨이퍼 쪽으로의 상기 경로(129)를 따라 적합한 전하 대 질량 비율을 갖는 이온들을 향하게 하도록 적용되며, 상기 전원(174)은 상기 내부 통로(139) 안에 전기장을 제공하도록 적용되며, 상기 자기 장치(170)는 상기 내부 통로(139) 안에 다중 커스프 자장을 제공하기 위해 적용되며, 상기 전기장과 상기 다중 커스프 자장은 상기 내부 통로(139)의 적어도 한 부분에 이온 빔 제한을 제공하도록 연합하여 상호 작용하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 설비.

청구항 14.

제13항에 있어서, 상기 자기 장치(170)는 상기 통로(139)의 적어도 한 부분을 따라 장착되는 다수의 자석(220)을 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 설비.

청구항 15.

제13항에 있어서, 상기 전원(174)은 상기 통로(139) 안에 전기장을 제공하여 상기 통로(139)의 적어도 한 부분(234)을 따라 전자 싸이클로트론 공명 조건을 제공하도록 다중 커스프 자장과 연합하여 상호 작용하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 설비.

청구항 16.

제13항에 있어서, 상기 질량 분석기는 상기 통로(139)를 정의하는 상부면(222), 바닥면(224), 및 측 방향으로 마주보는 제1 및 제2측면(204, 206)을 더 포함하며, 상기 상부면(222), 바닥면(224), 제1 및 제2측면(204, 206)은 입구단(210)과 출구단(212) 사이의 경로(129)를 따라 길이 방향으로 뻗어 있으며, 상기 자기 장치(170)는 상기 입구단(210)과 출구단(212) 사이에 상기 상부면(222) 및 바닥면(224) 중 하나 상에 통로(139) 안에 길이 방향으로는 떨어져 배치되며 측 방향으로 뻗어 있는 다수의 자석(220)을 포함하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 설비.

청구항 17.

제16항에 있어서, 적어도 두 개의 자석들(220A, 220B)은 반대의 자기 극성의 반대 자극을 길이 방향으로 가지며, 상기 두 개의 자석들은 서로 같은 극성으로 마주보며 인접하게 배치되며, 이로 인해 상기 다중 커스프 자장이 상기 통로(139) 안에 생성되는 것을 특징으로 하는 이온 주입 설비.

청구항 18.

제17항에 있어서, 상기 자기 장치(170)는 상기 입구단(210)과 상기 출구단(212) 사이의 상부면(222)과 바닥면(224) 상의 통로(139)에 배치된 길이 방향으로 떨어져 배치되어 있으며 측 방향으로 뻗어 있는 다수의 자석(220)을 포함하며, 상기 전기장과 상기 자기장은 통로(139) 안의 적어도 한 영역(234) 안에 전자 싸이클로트론 공명 조건을 형성하도록 연합하여 적용되며, 상기 적어도 한 영역(234)은 적어도 2개의 인접한 자석들(220A, 220B)의 길이 방향으로 마주보는 적어도 2개의 자극들 부근에 있고, 상기 상부면(222)과 바닥면(224) 중 하나로부터 약 4 6 ㎜의 범위의 간격으로 떨어져 있는 것을 특징으로 하는 이온 주입 설비.

청구항 19.

제18항에 있어서, 상기 이온 주입 설비는 상기 입구단(210)과 상기 출구단(212) 사이의 경로를 따라 길이 방향으로 그리고 길이 방향으로 떨어져 배치되어 있는 다수의 자석(220) 후방에 뻗어 있으며, 인접하는 자석들(220) 사이에 배치되는 측 방향으로 뻗어 있는 다수의 슬롯(254)을 가지는 도파관(250)을 더 포함하며, 상기 도파관(250)은 고 주파수 전원(174)으로부터 통로(139, 202)의 내부로 전기장의 형태로 에너지를 연결하기 위해 적용되며, 상기 전기장과 상기 다중 커스프 자장은 상기 통로(139, 202)의 적어도 한 부분(234)을 따라 전자 싸이클로트론 공명 조건을 형성하도록 연합하여 상호 작용하는 것을 특징으로 하는 이온 주입 설비.

청구항 20.

제18항에 있어서, 상기 적어도 하나의 영역(234)은 적어도 2개의 인접하는 자석들(220A, 220B)의 길이 방향으로 마주보는 적어도 2개의 자극들 부근에 있으며, 상기 상부면(222)과 상기 바닥면(224) 중 하나로부터 약 5 ㎜의 간격으로 떨어져 있는 것을 특징으로 하는 이온 주입 설비.

청구항 21.

제20항에 있어서, 상기 전원(174)은 약 2.45 ㎓의 주파수로 상기 통로(139) 안에 전기장 에너지를 공급하며, 상기 통로 안의 상기 적어도 하나의 영역(234)에서의 자기장의 세기는 약 873 가우스이며, 상기 이온 빔은 약 1.19 keV의 에너지를 갖는 것을 특징으로 하는 이온 주입 설비.

청구항 22.

이온 주입 설비의 경로를 따라 이온 빔을 조절하기 위한 질량 분석 장치에 있어서:

상기 경로를 따라 통로(139) 안에 장착되는 질량 분석 자석(114);

상기 통로(139) 안에 전기장을 제공하는데 적용되는 고정 주파수 전원(174); 및

상기 통로(139) 안에 다중 커스프 자장을 제공하는데 적용되는 자기 장치(170)를 포함하며,

상기 고정 주파수 전원(174)과 자기 장치(170)는 상기 통로(139)의 적어도 한 부분에 이온 빔(138)의 제한을 제공하도록 연합하여 적용되는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치.

청구항 23.

이온 주입 설비 안에서의 이온 빔 제한을 제공하기 위한 방법(300)에 있어서:

이온 소스를 사용하여 길이 방향 경로를 따라 이온 빔을 생성(302)하는 단계;

내부 경로 안에 장착되는 질량 분석기와 상기 내부 경로 안에 장착되는 질량 분석 자석을 제공(304)하는 단계;

상기 이온 소스로부터 질량 분석기 안에 이온 빔을 수용(306)하는 단계;

상기 질량 분석기로부터 상기 웨이퍼로의 경로를 따라 적합한 전하 대 질량 비율을 갖는 이온들을 향하게(308) 하는 단계; 및

상기 내부 통로의 적어도 한 부분에서 전자 싸이클로트론 공명 조건을 생성(310, 312)하는 단계를 포함하며,

상기 전자 싸이클로트론 공명 조건은 그 곳에서의 이온 빔 제한을 제공하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제한 방법.

청구항 24.

제23항에 있어서, 상기 내부 통로의 적어도 한 부분에서 전자 싸이클로트론 공명 조건을 생성하는 단계는,

상기 통로 안에 장착된 고 주파수 전원을 사용하여 상기 통로 내의 전기장(310)을 생성하는 단계; 및

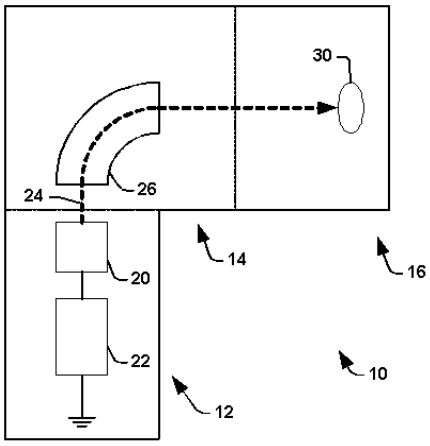
상기 통로 안에 장착되는 자기 장치를 사용하여 상기 통로의 적어도 한 부분 안에 다중 커스프 자장(312)을 생성하는 단계를 포함하며,

상기 전기장과 상기 다중 커스프 자장은 상기 내부 통로의 적어도 한 부분에서 전자 싸이클로트론 공명 조건을 생성하도록 연합하여 상호 작용하는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제한 방법.

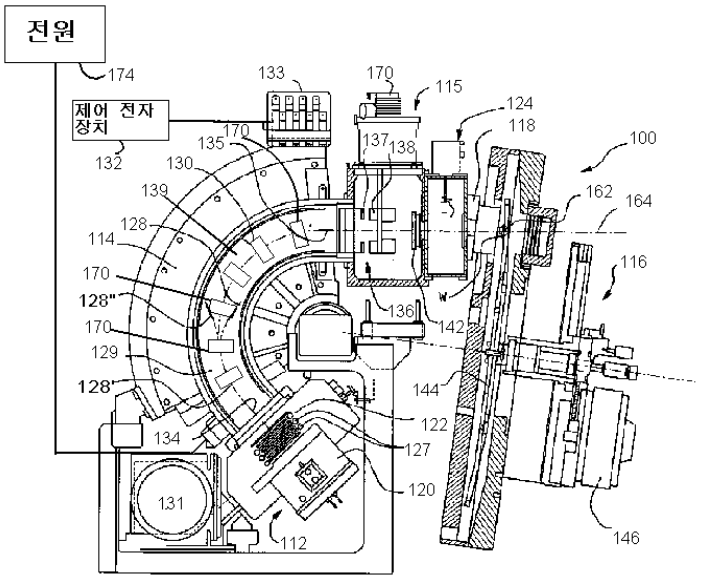
청구항 25.

제24항에 있어서, 상기 자기 장치는 입구단과 출구단 사이에 상부면 및 바닥면 상에 통로 안에 배치되며 길이 방향으로 떨어져 배치되어 있으며 측 방향으로 뻗어 있는 다수의 자석을 포함하며, 상기 이온 빔 제한 방법은 상기 전기장과 상기 자기장을 이용하여 상기 통로 안에서 적어도 한 영역에 전자 싸이클로트론 공명 조건을 형성하는 단계를 더 포함하며, 상기 적어도 한 영역은 2개의 인접하는 자석들의 길이 방향으로 마주보는 적어도 2개의 자극들 부근에 있으며, 상기 상부면과 상기 바닥면 중 하나로부터 약 4 6 ㎜의 범위의 간격으로 떨어져 있는 것을 특징으로 하는 이온 빔 제한 방법.

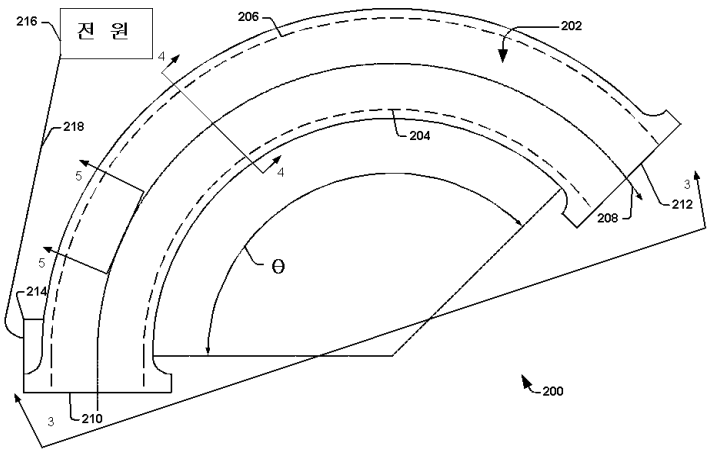
도면 1a



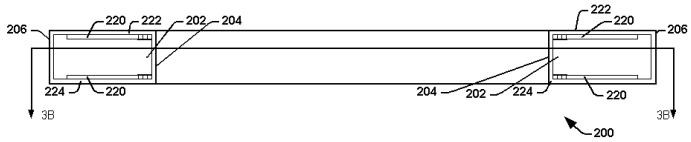
도면 1b



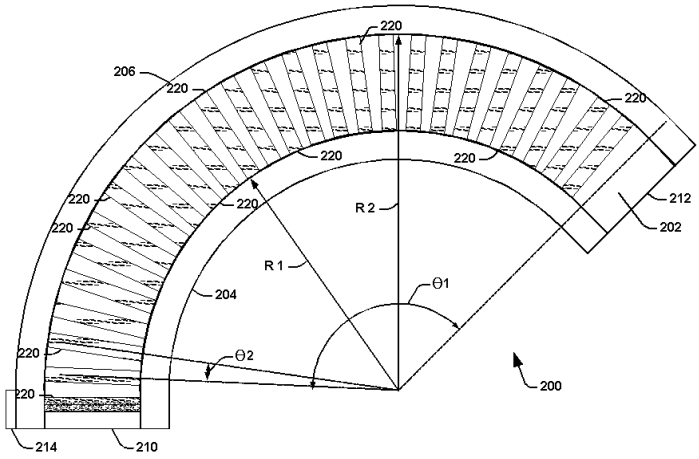
도면 2



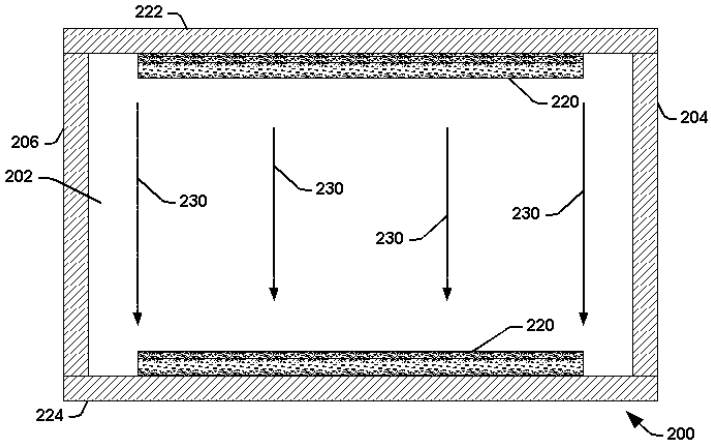
도면 3a



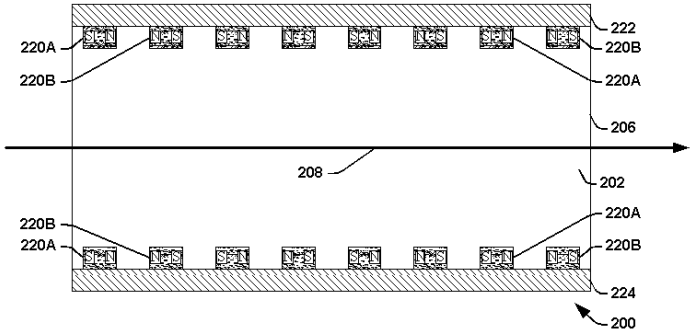
도면 3b



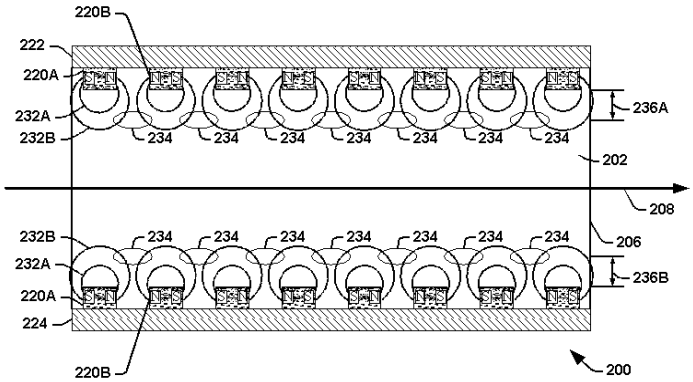
도면 4



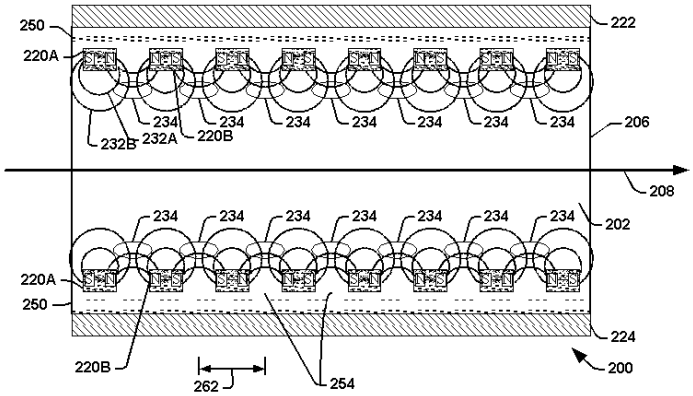
도면 5



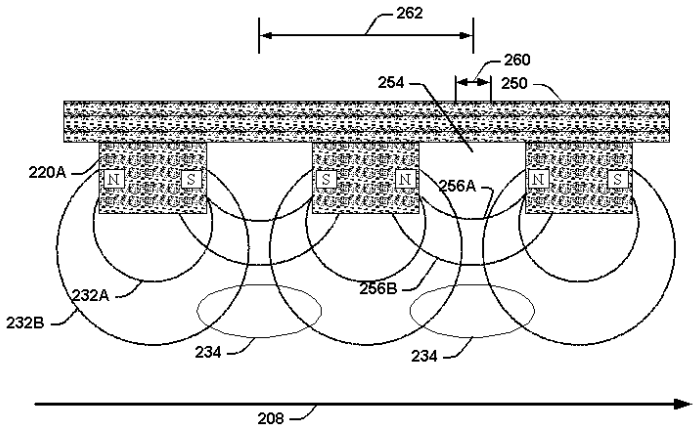
도면 6



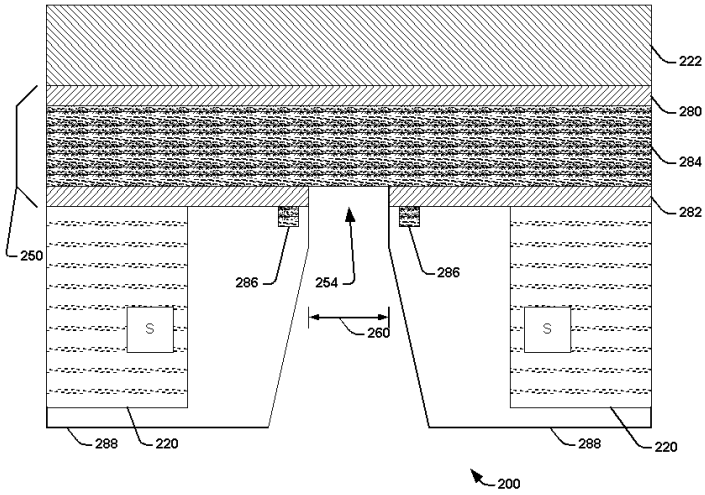
도면 7a



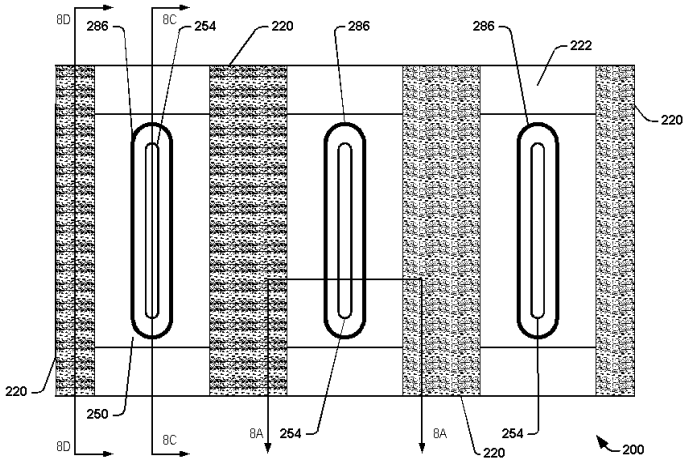
도면 7b



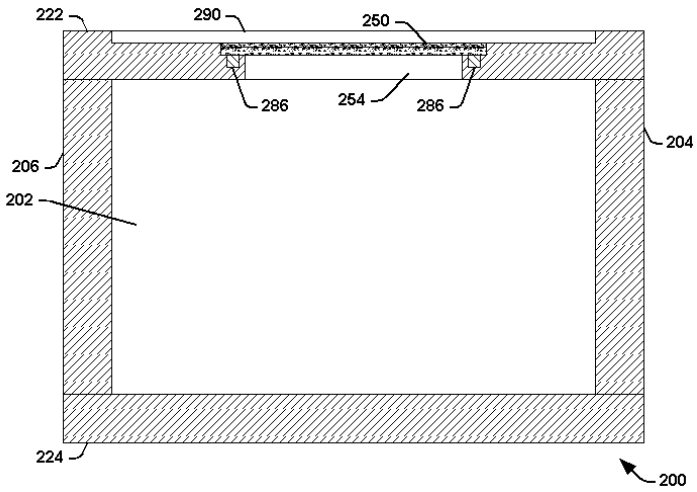
도면 8a



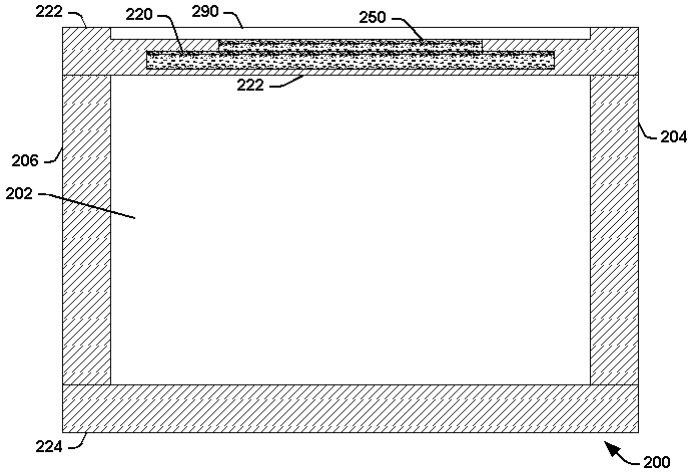
도면 8b



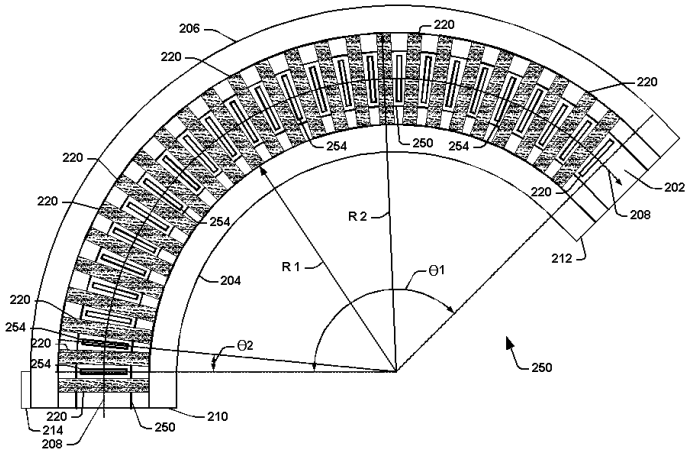
도면 8c



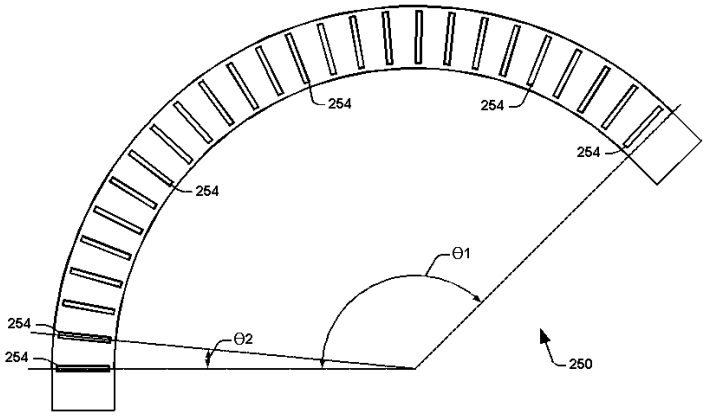
도면 8d



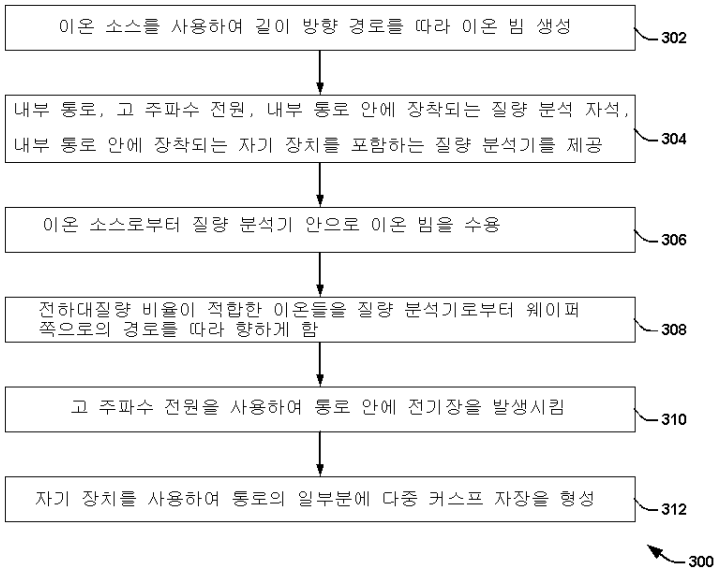
도면 9



도면 10



도면 11


이온 소스를 사용하여 길이 방향 경로를 따라 이온 빔 생성
302
내부 통로, 고 주파수 전원, 내부 통로 안에 장착되는 질량 분석 자석, 내부 통로 안에 장착되는 자기 장치를 포함하는 질량 분석기를 제공
304
이온 소스로부터 질량 분석기 안으로 이온 빔을 수용
306
전하대질량 비율이 적합한 이온들을 질량 분석기로부터 웨이퍼 쪽으로의 경로를 따라 향하게 함
308
고 주파수 전원을 사용하여 통로 안에 전기장을 발생시킴
310
자기 장치를 사용하여 통로의 일부분에 다중 커스프 자장을 형성
312
300