



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년12월12일
 (11) 등록번호 10-1092906
 (24) 등록일자 2011년12월06일

(51) Int. Cl.
H05H 3/00 (2006.01) *H05H 3/06* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-0051750
 (22) 출원일자 2009년06월11일
 심사청구일자 2009년06월11일
 (65) 공개번호 10-2010-0133056
 (43) 공개일자 2010년12월21일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR100754370 B1*
 KR1020050051195 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기초과학지원연구원
 대전광역시 유성구 어은동 52-9번지
 (72) 발명자
유석재
 대전시 유성구 전민동 엑스포 아파트 303-1601
김성봉
 대전시 유성구 송강동 청솔 아파트 103동 203호
김대철
 대전시 유성구 어은동 한빛아파트 103동 903호
 (74) 대리인
김성호

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 정종한

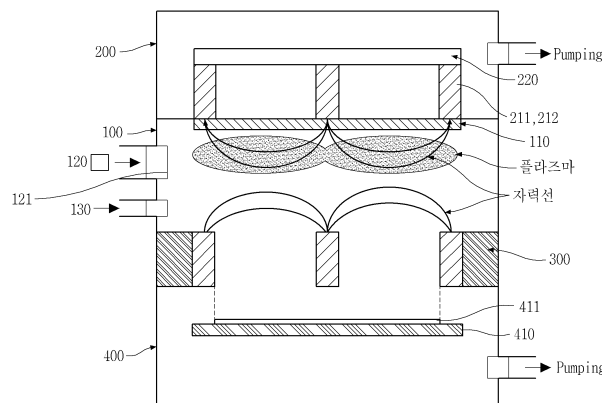
(54) 빔 플럭스 및 수송효율이 향상된 중성입자빔 생성장치 및 생성 방법

(57) 요약

본 발명은 전자회전공명(ECR: Electron Cyclotron Resonance)에 의한 플라즈마 발생 방식을 채용하여 기관 표면을 중성입자빔으로 증착 또는 식각 처리할 수 있는 중성입자빔 생성장치에 관한 것으로, 플라즈마의 이온을 가속 충돌시켜 중성입자빔을 생성하는 중성화반사판 위쪽에 자석구조물을 설치하고, 상기 자석구조물에 의한 자기장과 공명을 일으킬 수 있는 전기장을 제공하는 마이크로웨이브를 조사하여 플라즈마를 방전시키고 플라즈마층의 온도를 적절히 가열하며, 레이스트랙 구조의 자기력선 분포에 의해 고밀도의 얇은 플라즈마층을 형성하며, 대면적의 균일한 중성입자빔의 효과를 얻어 증착막의 두께가 불균일해지는 문제점을 해결하기 위해 상기 자석구조물을 반사판 위쪽에서 적당한 운동(예를들어, 왕복운동)을 시키며, 상기 자석구조물을 진공 챔버 내에 배치하여 자력선의 세기가 감쇄되는 것을 최소화하였다.

본 발명에 따르면, 높은 플럭스의 중성입자빔을 낮은 운전압력에서 생성할 수 있으므로 빔 수송 효율이 크게 향상되어, 기관에 도달하는 중성입자빔 플럭스가 증가되고, 증착막의 두께를 균일하게 할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

플라즈마를 생성하는 플라즈마 방전 공간을 제공하는 플라즈마 챔버;

플라즈마 이온을 충돌에 의해 중성입자로 변환시키기 위해 상기 플라즈마 챔버 내부에 설치되는 중성화 반사판;

중성 입자 외의 플라즈마 이온 및 전자를 상기 플라즈마 방전 공간에 제한하도록 상기 플라즈마 방전 공간의 하단에 설치되는 리미터;

상기 중성화 반사판의 상단에 설치되어 플라즈마 방전 공간 내에 레이스트랙(racetrack) 구조의 자기장을 형성하기 위한 자석구조물;

상기 자석구조물을 덮어 자기장의 세기를 강화시키는 자기장 차폐제로 구성된 자석 덮개;

상기 자석구조물에 의해 형성된 자기장의 크기와 공진을 이루는 주파수의 마이크로웨이브를 상기 플라즈마 방전 공간으로 입사시키는 마이크로웨이브 조사 장치; 및

상기 리미터로부터 하단으로 연장되고 증착 공정 수행을 위한 기판 탑재대를 내장한 공정 챔버;를 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 자석구조물은 중앙 폴과 상기 중앙 폴을 둘러싸는 사이드 폴을 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 사이드 폴은 원형 또는 타원형으로 배열되는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 중성입자빔 생성장치는, 상기 자석구조물과 자석 덮개가 설치된 공간을 진공으로 만들기 위한 자석구조물 진공 챔버를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 챔버의 천정을 이루는 플레이트의 두께는 상기 자석구조물과 자석 덮개의 하층을 대기압이 아닌 진공 중에서 지지하는 임계치로 형성하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 자석구조물 및 상기 자석 덮개는 일체적으로 상기 중성화 반사판 위쪽에서 운동하여, 상기 플라즈마 방전 공간 내의 플라즈마의 분포를 균일하게 하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치.

청구항 7

제4항에 있어서, 상기 자석구조물 및 자석 덮개의 운동은, 왕복운동, 대각선 방향 운동 또는 회전 운동 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 자석구조물 및 자석 덮개의 운동은, 모터, 모터의 회전 운동을 병진 운동으로 전환하는 동력 전달 수단, 병진 운동 수단 또는 동력 전달 및 병진 운동 수단 중 어느 하나인 샤프트를 포함하는 구동 수단으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치.

청구항 9

중성입자빔을 생성하기 위한 방법으로서,

플라즈마 생성을 위해, 플라즈마 방전 공간에 자석구조물을 이용하여 자기력을 인가함과 동시에 마이크로웨이브

조사 장치를 이용하여 상기 자기력과 공명을 이루는 주파수의 마이크로웨이브를 조사하고,

생성된 플라즈마층의 두께 분포를 균일하게 하기 위해, 상기 자석구조물에 움직임을 주는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 1 eV 내지 100 eV 수준의 하이퍼써멀(hyperthermal) 에너지 영역에서의 중성입자빔 생성장치에 관한 것이며, 보다 상세하게는, 자석구조물(마그네트론)에 의한 자기장 구조와 전자회전공명(ECR: Electron Cyclotron Resonance)에 의한 플라즈마 발생 방식을 채용하여 기판 표면을 중성입자빔으로 증착 또는 식각 처리할 수 있는 중성입자빔 생성장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 본 발명은 높은 플럭스를 갖는 하이퍼써멀 중성입자빔 발생장치에 관한 것이다.

[0003] 일반적으로 하이퍼써멀 중성입자빔 생성을 위한 플라즈마 발생원으로 유도결합 플라즈마 (Inductive Coupled Plasma: ICP)를 사용한다. 유도결합 플라즈마 경우에 플라즈마 방전에 필요한 최저압력이 1 mTorr 이상으로 운전압력이 높아 입자 간의 평균충돌거리가 짧아서 중성입자빔 수송 효율이 매우 떨어진다. 예를 들어 아르곤의 경우, 입자 간 평균 충돌거리가 1 mTorr에서 약 5 cm 정도인데, 유도결합 플라즈마는 수 mTorr에서 운전을 해야 하므로 평균 충돌거리가 수 cm 이하가 되므로 중성입자빔이 생성되어 처리하고자 하는 기판까지 수송되는 동안 플라즈마 기층 내에서 대부분 손실되고 만다.

[0004] 본 발명자들에 의해 출원된 특허(대한민국 특허 등록공보 제10-0754370호)에서도 유도결합플라즈마를 사용하여 중성입자빔을 생성하려고 시도하였고, 자석구조물을 중성화 반사판 위에 설치하여 중성화 반사판 표면 근처에서 플라즈마 밀도를 높이려고 하였다. 그러나 플라즈마를 발생시키는 코일 형태의 안테나가 자기장 밖에 존재하고 있어서 중성화 반사판 표면에 만들어진 자기장이 오히려 중성화 반사판 근처의 플라즈마를 밀어내는, 원하지 않는 역할을 하게 되어 플라즈마 밀도를 낮추는 문제가 발생하였다.

발명의 내용

해결하고자하는 과제

[0005] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 중성화반사판 근처에 플라즈마 밀도를 극대화 시켜 중성입자빔의 생성 효율을 높이고 낮은 운전압력을 통하여 중성입자빔 수송 효율을 향상시킨 전자회전공명 (Electron Cyclotron Resonance: ECR)을 활용한 플라즈마 발생을 위한 구조 및 그 운전 방법을 제공하는 데에 있다.

[0006] 또한, 본 발명의 다른 목적은 전자회전공명 플라즈마 발생과 더불어 높은 플럭스를 갖는 중성입자빔의 생성이 용이하도록 최적화된 시스템을 제공하는 데에 있다.

[0007] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 대면적 중성입자빔을 얻을 수 있도록 장치의 운전 방법을 제공하는 데 있다. 즉, 자석구조물을 중성화 반사판 위에서 일정하게 이동시켜서, 예를들어, 왕복운동 하게 하여 중성화 반사판 아래에 형성되어 있는 플라즈마층이 마치 중성화 반사판 전면을 스캐닝하는 것과 같은 효과를 내어 플라즈마층의 분포가 일정 두께를 갖는 것과 동일한 결과를 얻을 수 있고, 그로 인해 기판상에 증착되는 증착막의 두께가 균일하게 되는 증착 공정을 구현할 수 있다.

과제 해결수단

[0008] 본 발명은, 플라즈마를 생성하는 플라즈마 방전 공간을 제공하는 플라즈마 챔버;

[0009] 플라즈마 이온을 충돌에 의해 중성입자로 변환시키기 위해 상기 플라즈마 챔버 내부에 설치되는 중성화 반사판;

- [0010] 중성 입자 외의 플라즈마 이온 및 전자를 상기 플라즈마 방전 공간에 제한하도록 상기 플라즈마 방전 공간의 하단에 설치되는 리미터;
- [0011] 상기 중성화 반사판의 상단에 설치되어 플라즈마 방전 공간 내에 레이스트랙(racetrack) 구조의 자기장을 형성하기 위한 자석구조물;
- [0012] 상기 자석구조물을 덮어 자기장의 세기를 강화시키는 자기장 차폐제로 구성된 자석 덮개;
- [0013] 상기 자석구조물에 의해 형성된 자기장의 크기와 공진을 이루는 주파수의 마이크로웨이브를 상기 플라즈마 방전 공간으로 입사시키는 마이크로웨이브 조사 장치; 및
- [0014] 상기 리미터로부터 하단으로 연장되고 증착 공정 수행을 위한 기관 탐재대를 내장한 공정 챔버;를 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명은, 상기 자석구조물은 중앙 폴과 상기 중앙 폴을 둘러싸는 사이드 폴을 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0016] 또한, 본 발명은, 상기 사이드 폴은 원형 또는 타원형으로 배열되는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명은, 상기 중성입자빔 생성장치는, 상기 자석구조물과 자석 덮개가 설치된 공간을 진공으로 만들기 위한 자석구조물 진공 챔버를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명은, 상기 플라즈마 챔버의 천정을 이루는 플레이트의 두께는 상기 자석구조물과 자석 덮개의 하중을 대기압이 아닌 진공 중에서 지지하는 임계치로 형성하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명은, 상기 자석구조물 및 상기 자석 덮개는 일체적으로 상기 중성화 반사판 위쪽에서 운동하여, 상기 플라즈마 방전 공간 내의 플라즈마의 분포를 균일하게 하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명은, 상기 자석구조물 및 자석 덮개의 운동은 왕복운동, 대각선 방향 운동 또는 회전 운동을 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0021] 또한, 본 발명은, 상기 자석구조물 및 자석 덮개의 운동은, 모터, 모터의 회전 운동을 병진 운동으로 전환하는 동력 전달 수단 및 병진 운동 수단인 샤프트를 포함하는 구동 수단으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명은, 중성입자빔을 이용한 증착 또는 식각 공정에 있어서,
- [0023] 플라즈마 생성을 위해, 플라즈마 방전 공간에 자석구조물에 의해 자기력을 인가함과 동시에 상기 자기력과 공명을 이루는 주파수의 마이크로웨이브를 조사하고,
- [0024] 생성된 플라즈마층의 두께 분포를 균일하게 하기 위해, 상기 자석구조물에 움직임을 주는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성 방법을 제공할 수 있다.
- [0025] 또한, 본 발명은, 상기 리미터가 홀 또는 슬릿을 구비하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명은, 중성입자빔 생성장치가, 상기 리미터를 통과한 중성입자를 칼리메이팅하는 칼리메이터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은, 중성입자빔 생성장치가, 상기 플라즈마 방전 공간으로 기상의 중성원자를 공급하는 스퍼터링 유닛을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은, 상기 칼리메이터는 홀을 구비하는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성장치를 제공할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명은, 중성입자빔을 이용한 증착 또는 식각 공정에 있어서,
- [0030] 플라즈마 생성을 위해, 플라즈마 방전 공간에 자석구조물에 의해 자기력을 인가함과 동시에 상기 자기력과 공명

을 이루는 주파수의 마이크로웨이브를 조사하고,

[0031] 생성된 플라즈마층의 두께 분포를 균일하게 하기 위해, 상기 자석구조물을 왕복운동시키는 것을 특징으로 하는 중성입자빔 생성 방법을 제공할 수 있다.

효과

[0032] 위에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따르면, 레이스트랙(racetrack) 구조의 자석구조물에 의한 자기장을 이용하여 중성화 반사판 표면 근처에 얇은 층 구조를 갖는 플라즈마를 생성할 수 있다.

[0033] 또한, 자기장의 크기를 플라즈마층에 조사되는 마이크로웨이브 주파수와 공진을 이루게 하여 전자의 에너지를 높여 플라즈마층의 온도를 적당히 높여서 높은 밀도의 플라즈마를 생성할 수 있으며 이를 통해 높은 플럭스의 중성입자빔을 얻을 수 있다.

[0034] 또한, 본 발명에 따르면, 얇은 플라즈마 층과 더불어 운전압력을 최적화하여 생성된 중성입자빔을 기관까지 효율적으로 수송할 수 있는 장점이 있다.

[0035] 또한, 본 발명에 따르면, 중성화 반사판 위에 설치한 자석구조물을 적당하게 운동 (예를 들어, 왕복운동)시켜 중성화 반사판 밑에 형성된 플라즈마 분포를 조절하여 플라즈마층의 두께 분포가 균일한 것과 동일한 결과를 얻을 수 있고, 그에 따라 균일한 막두께 증착을 구현할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0036] 이하에서는 상기한 바와 같은 본 발명에 의한 중성입자빔 생성장치의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참고로 하여 상세하게 설명한다.

[0037] 실시예

[0038] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른, 중성입자빔 발생장치를 개략적으로 보여주는 시스템의 단면도이고, 도 2는 본 발명의 자석 구조물에 대한 사시도이고, 도 3은 본 발명의 자석구조물에 의한 자기장과 입사된 마이크로웨이브에 의한 전자회전공명 자기장의 상태를 표시한 개념도 이다.

[0039] 본 발명에 따른 중성입자빔 생성장치는, 도 1에서와 같이 플라즈마를 생성하는 플라즈마 반응 챔버(100)와 상기 플라즈마 반응 챔버(100) 상단에 위치하는 자석구조물을 포함하는 자석구조물 진공 챔버(200)와 상기 플라즈마 반응 챔버(100)의 하단에 설치되는 리미터(300)와 상기 리미터(300)의 하단으로 연장되는 공정 챔버(400)로 이루어진다.

[0040] 상기 플라즈마 반응 챔버(100) 내부는 플라즈마 방전 공간을 제공하며, 플라즈마 생성을 위한 처리가스가 유입되는 가스 유입구(130)를 구비한다.

[0041] 또한, 중성입자빔 생성을 위해 플라즈마 방전 공간 상부, 즉, 플라즈마 챔버(100)의 천정부에 금속으로 된 중성화반사판(110)을 설치하며, 상기 중성화반사판(110)의 재질 또는 코팅막의 재질은 Ta, Mo, W, Au, Pt, 스테인레스강 또는 이들의 합금이 될 수 있다(대한민국 등록특허 제10-0754370호 참조).

[0042] 플라즈마 방전 공간으로 유입된 처리가스를 플라즈마로 전환하는 방식은 여러가지가 있다. 예를 들면, 축전 용량성 플라즈마 방전(Capacitively coupled plasma discharge), 유도결합형 플라즈마 방전(Inductively coupled plasma discharge), 플라즈마 웨이브를 이용한 헬리콘 방전(Plasma wave helicon discharge), 마이크로웨이브 플라즈마 방전(Microwave plasma discharge) 및 전자회전공명(ECR:Electron Cyclotron Resonance) 플라즈마 방전 방식을 들 수 있다.

[0043] 본 실시예에서는 플라즈마 운전 압력을 10^{-3} Torr 이하로 낮추어 생성된 중성 입자들이 증착하고자 하는 기관에 도달하는 비율을 높이기 위해 전자회전공명 플라즈마 방전 방식을 채택한다.

[0044] 특히, 이러한 선택의 이유는 중성화반사판(110)에서 생성된 중성입자빔이 30 cm 정도 떨어져있는 기관에서의 50% 이상의 수송효율을 갖기 위해서는 3×10^{-4} Torr 이하의 운전압력을 요하기 때문이다. 본 실시예의 경우는 3×10^{-4} Torr 이하의 운전압력을 유지하도록 하였다.

- [0045] 그에 따라, 본 중성입자빔 생성장치는, 상기 플라즈마 챔버(100)의 상단에 자석구조물(211, 212)을 설치하여, 상기 플라즈마 챔버(100) 내에 있는 중성화반사판(110)의 아래쪽으로 자기장을 형성하게 한다. 상기 자석구조물(211, 212)로부터 생성되는 자기력은 그 크기가 자석구조물(211, 212)로부터의 거리가 멀어짐에 따라 급속히 감쇄되므로(대략 거리³에 반비례하여 감쇄) 자기력의 세기를 최대한 손실되지 않도록 하기 위해, 상기 플라즈마 챔버(100)의 천장을 이루는 플레이트의 두께를 얇게 함이 바람직하다. 이러한 이유로 본 발명자는 자석구조물(212, 212)이 탑재된 공간에서 대기를 제거하여 진공화하였고, 그에 따라 플라즈마 챔버(100)의 상단으로는 도 1에서와 같이 자석구조물 진공 챔버(200)가 연장되어 진공펌프와 연결된다.
- [0046] 따라서, 플라즈마 챔버(100)의 천장을 이루는 플레이트의 두께는 자석구조물(211, 212)과 자석 덮개(220)가 대기압이 아닌 진공 중에서 나타내는 하중만을 지지할 수 있는 임계치의 두께로 얇게 형성할 수 있다.
- [0047] 그러나, 상술한 장점에도 불구하고, 진공 챔버(200)의 설치 비용과 노력의 절감을 위해, 진공 챔버(200) 없이도 본 실시예의 중성입자빔 생성장치를 구성할 수도 있다.
- [0048] 상기 자석구조물(211, 212)은 도 2에 사시도로 나타내었다. 즉, 발생된 플라즈마를 가두어 놓기 위해, 막대형의 중앙 폴(211)과 그를 둘러싼 타원의 트랙형으로 된 사이드 폴(212)로 구성하여, 전자 또는 플라즈마는 상기 사이드 폴(212)의 트랙을 따라 회전운동하게 된다.
- [0049] 상기 자석구조물(211, 212)은 도 2에 나타낸 구조 외에, 원형 트랙으로 된 사이드 폴(212)로 배열될 수도 있다. 이 경우, 중앙 폴(211)은 원의 중심에 원기둥 형태로 구성할 수 있다.
- [0050] 또한, 자기력의 세기를 강화하기 위해, 상기 자석구조물(211, 212)은 연철로 된 자석 덮개(220)로 밀폐한다. 상기 자석 덮개(220)는 상기 자석구조물(211, 212)과 견고히 결합하도록 리세스 또는 홈을 구비하여 억지 끼움 맞춤식으로 결합할 수 있다. 그외 다른 방식의 결합도 가능하다.
- [0051] 또한, 상기 자석구조물(211, 212)에 의해 플라즈마 방전 공간 내에 생성되는 자기장에 대해 공진할 수 있는 마이크로웨이브를 상기 중성화 반사판(110)의 바로 아래 부분에 조사하여 생성된 플라즈마층 내부의 전자 온도를 높이고 그 두께를 보다 얇게 만든다. 이에 따라, 본 실시예에서는 상기 플라즈마 챔버(100)에 인접하여 마이크로웨이브를 발생 및 입사시키는 마이크로웨이브 조사 장치(120)를 구비하고, 상기 플라즈마 챔버(100)는 중성화반사판(110)의 바로 아래 부분에 해당하는 위치에 마이크로웨이브 입사 윈도우(121)를 구비한다(도 1 참조). 마이크로웨이브 입사는 도파관 또는 안테나를 통해서 가능하다. 도파관을 사용하는 경우에는 진공 윈도우를 통하여 마이크로웨이브를 입사시키고, 안테나를 사용하는 경우에는 진공 윈도우 대신에 진공 피드쓰루(Vacuum feedthrough)를 통하여 마이크로웨이브 입사가 가능하다. 안테나 및 진공 피드쓰루를 사용하는 경우는 도면에 도시하지 않았으나 당업자라면 용이하게 실시할 수 있다.
- [0052] 도 3을 보면, 상기 자석구조물(211, 212)이 형성하는 자기력선이 화살표 실선으로 표시되고, 그와 공명을 일으키는 마이크로웨이브가 사인파 모양으로 표시되며, 공명을 일으킬 수 있는 자기장 크기 부분이 점선으로 표시되어 있다. 따라서, 플라즈마는 자기장과 전기장의 공동 영향으로 생기는 표류 속도를 가지고 자석구조물의 사이드 폴(212)의 트랙을 따라 회전 운동하게 되고, 그 회전운동 동안 공명에 의해 에너지를 얻어 플라즈마층의 온도를 올리게 되며, 결과적으로 낮은 운전압력에서도 고밀도의 플라즈마층을 방전시킬 수 있다. 또한, 마이크로웨이브와 공명을 일으키지 않는 자기력선은 발생된 플라즈마층을 자기력선 안에 가두어 두는 역할을 하기 때문에 생성된 플라즈마층은 보다 얇은 두께와 고밀도로 중성화반사판(110) 아래에 갇히게 된다.
- [0053] 상기와 같은 방식의 플라즈마 방전은 운전압력이 낮아 중성화반사판(110)에 충돌한 플라즈마로부터 생성된 중성입자빔이 기관(411)에 도달하는 비율을 획기적으로 높일 수 있다.
- [0054] 또한, 얇은 두께로 밀집된 플라즈마 층도 두꺼운 플라즈마 층에 비해, 중성화반사판(110)과의 충돌에 의해 생성된 중성입자들이 아래 쪽에 설치된 공정 챔버(400) 내의 기관(411)에 까지 도달하는 데 유리한 상태를 제공한다. 두껍게 형성된 플라즈마 층은 중성화반사판(110)과의 충돌에 의해 생성된 중성입자들이 아래쪽으로 이동하는 도중에 다시 전하를 얻게 되어 중성입자 손실을 유발하기 때문이다.
- [0055] 따라서, 본 발명이 제공하는 플라즈마 방전 방식에 의해, 생성된 중성입자빔 플럭스 대비 기관 도달 중성입자빔 플럭스는 매우 향상될 수 있다. 이에 대한 이론적 계산 결과 자료는 도 4의 그래프에 나타내며 별도로 상세히 후술할 것이다.
- [0056] 상기에서 공명을 일으킬 수 있는 조건은 자기력 875 Gauss 와 마이크로웨이브 주파수 2.45GHz 가 일반적으로 알려져 있으나, 자기장의 세기의 강약을 변화시킬 경우, 그에 맞게 마이크로웨이브의 주파수의 높낮이로 공명

을 일으키도록 조절할 수 있다.

[0057] 다시 도 1을 보면, 플라즈마 방전 공간 내에 생성된 플라즈마 층의 두께 분포가 나타나 있다. 중성화 반사판(110) 아래로 형성된 자기력선 근처에 두 개의 중첩된 타원형으로 어둡게 표시된 부분이 플라즈마 층 분포이며, 보는 바와 같이, 자기력선이 거의 수평으로 형성된 중앙 부분에는 플라즈마 층이 두껍게 분포하고, 자기력선의 에지(edge) 효과가 나타나는 자석구조물의 끝 부분들에는 플라즈마 층이 얇게 분포한다. 이러한 플라즈마 층의 두께 분포의 불균일은 곧 생성되는 중성입자빔의 플럭스 분포 불균일 및 기관(411)에 도달하는 중성입자빔 플럭스의 분포 불균일로 나타나고, 궁극적으로 기관에 증착되는 막두께의 불균일로 귀착될 수 있다.

[0058] 이러한 경우, 증착 공정을 수행하는 동안, 기관(411)을 중성입자빔 플럭스에 대해 스캔하여 증착되는 막두께를 균일하게 만들 수도 있으나, 기관의 스캔은 기관탐재대(410)의 이동에 의해 이루어지고 기관 외의 부분인 기관탐재대(410)에도 증착물질이 증착되며, 이러한 증착물질은 기관탐재대(410)에 존재하는 이물질과 함께 기관 쪽으로 확산되어 결과적으로 증착막의 품위에 나쁜 영향을 미친다. 따라서, 공정 챔버(400) 내에서는 가급적 이동 없이 증착을 수행함이 바람직하다.

[0059] 따라서, 본 발명자는 상기와 같은 문제를 해결하기 위해, 다음과 같은 방안을 마련하였다.

[0060] 즉, 기관(411)은 고정하되, 자석구조물(211, 212)을 적당하게 운동시켜, 예를들어, 왕복운동시켜 플라즈마 층의 분포를 균일하게 하는 것이다. 그에 따라, 자석구조물(211, 212)과 그 위에 덮여진 자석 덮개(220)의 운동수단은 모터, 모터의 회전 운동을 병진 운동으로 전환하는 동력 전달 수단 및/또는 병진 운동 수단인 샤프트로 이루어진 이동 수단으로 구성되어 있다. 상기 이동 수단은 도면에 도시하지는 않았다.

[0061] 따라서, 도 5에 나타난 바와 같이, 자석구조물(211, 212)과 자석 덮개(200)는 중성화반사판(110)의 위쪽에서 적당한 운동(예를들어, 왕복운동)을 하여 플라즈마층의 두께 분포 불균일을 해소한다.

[0062] 왕복 운동 경우에는 그 방향은 도 5에서와 같이, 자석구조물이 놓여진 평면 내에서 중앙 폴(211)의 길이 방향과 직교하는 방향이다.

[0063] 왕복 운동의 속도는 구체적인 공정 조건에 따라 결정되며, 이는 증착하고자 하는 물질, 형성하고자 하는 증착막의 최종 두께 및/또는 증착 공정 수행시 기관 온도에 따라 달라지며 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$v = d_t \frac{\Gamma_s}{\rho_s} \frac{1}{t_d} (1 - \gamma) S$$

[0064]

[0065] 여기서 v 는 자석구조물 운동 속도, d_t 은 증착물질의 격자상수, Γ_s 는 기관에서의 중성입자빔 플럭스, ρ_s 는 기관물질의 표면 원자 밀도, t_d 증착 두께, S 는 기관의 크기(스캔 방향 길이), $\gamma = \omega/S$ 이고 ω 는 레이스트랙에서 총 플라즈마 너비이다. 예를들어, $d_t = 0.3 \text{ nm}$, $\Gamma_s = 5 \times 10^{15} \text{ \#/cm}^2 \text{ s}$, $\rho_s = 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$, $t_d = 150 \text{ nm}$, $S = 30 \text{ cm}$, $\omega = 6 \text{ cm}$ 경우에 3.6 cm/분 정도가 된다.

[0066] 또한, 상기 자석구조물(211, 212)의 운동은 상기와 같은 왕복운동뿐만 아니라, 대각선 운동, 회전 운동을 포함할 수 있다.

[0067] 발생된 플라즈마 층을 중성화반사판(110)에 충돌시켜 중성입자를 발생시키기 위해, 상기 중성화반사판(110)에 바이어스를 걸어주고, 그에 따라 발생된 중성입자빔만이 공정 챔버(400) 내의 기관(411)에 도달하게끔 플라즈마 방전공간과 공정 챔버(400) 사이에 설치된 리미터(300)의 구조와 작용은 본 발명자의 이전 발명인 대한민국 등록특허 제10-0754370호에 기재된 바와 동일하다.

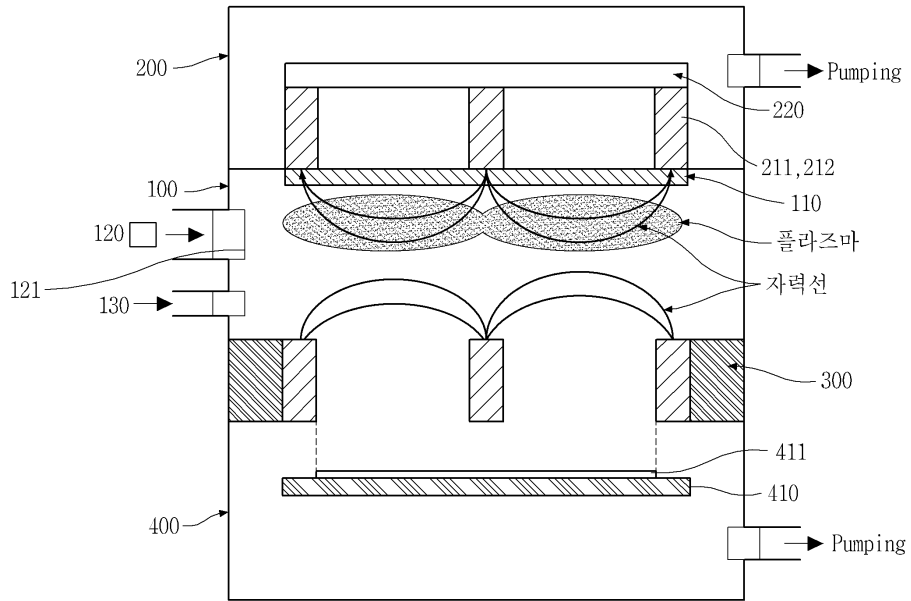
[0068] 즉, 액티브 리미팅 또는 패시브 리미팅 구조가 모두 가능하다.

[0069] 또한, 리미터(300) 하단에 중성입자빔의 방향성을 향상시키는 컬리메이터와, 플라즈마 방전 공간으로 기상의 중성원자를 공급하는 스퍼터링 유닛도 상기 공보에서와 동일하게 본 실시예에도 채용할 수 있다.

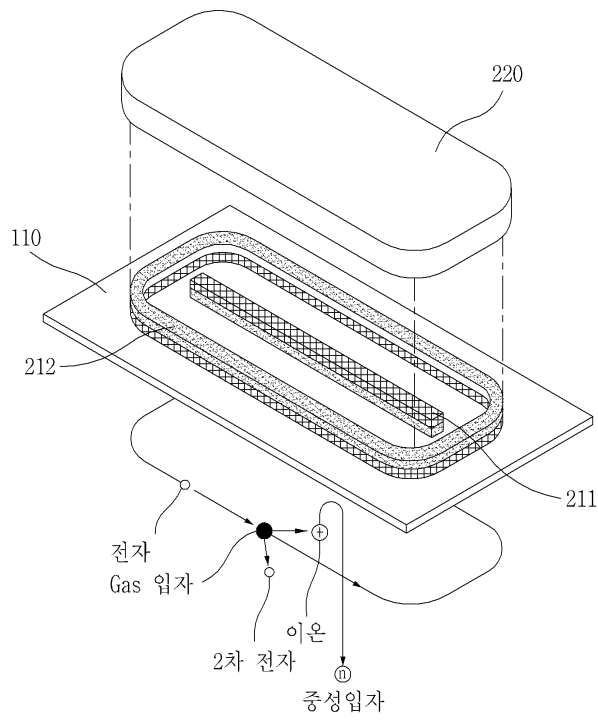
[0070] 도 4는 본 발명의 실시예에 따라 제작된 중성입자빔 발생장치에 대해 계산한 빔 수송 효율에 관한 그래프이다.

도면

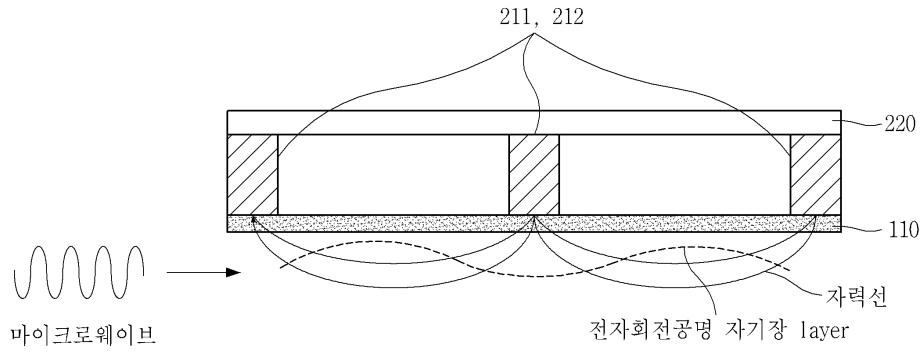
도면1



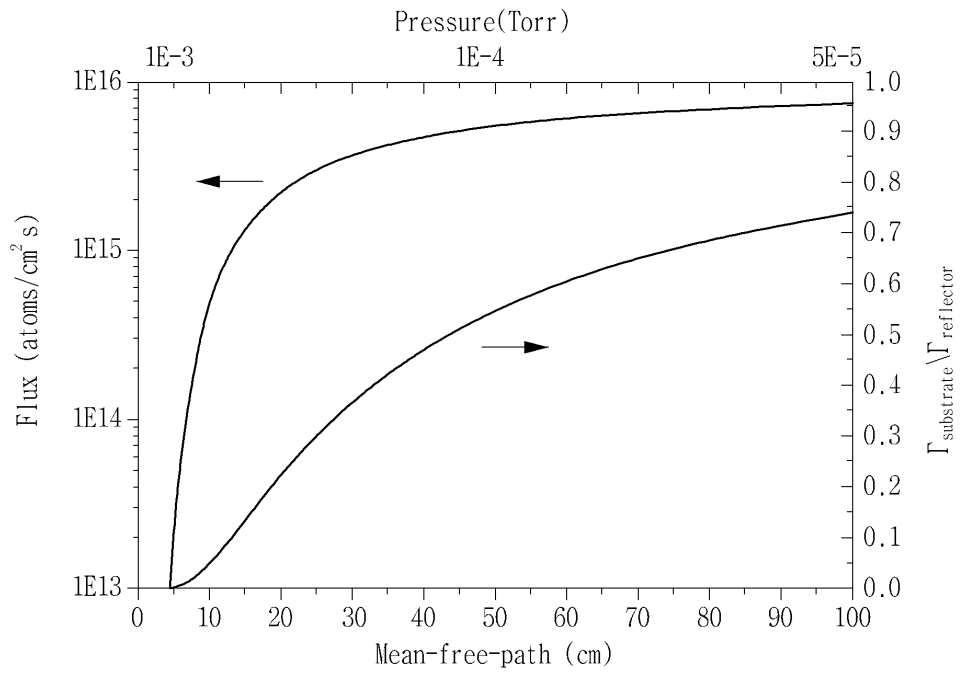
도면2



도면3



도면4



도면5

