



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월08일  
(11) 등록번호 10-1383530  
(24) 등록일자 2014년04월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H05H 1/34 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)  
C23C 16/50 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0049386  
(22) 출원일자 2012년05월09일  
심사청구일자 2012년05월09일  
(65) 공개번호 10-2013-0125685  
(43) 공개일자 2013년11월19일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2000306696 A\*  
유석재, 김성봉. 한국진공학회지, 2009. 5. 제18권, pp. 186-196.\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국기초과학지원연구원  
대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)  
(72) 발명자  
유 석재  
대전광역시 유성구 어은동 과학로 113  
김 성봉  
대전 유성구 송강로42번길 61, 103동 203호 (송강동, 송강청솔아파트)  
(74) 대리인  
주은희

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 이민형

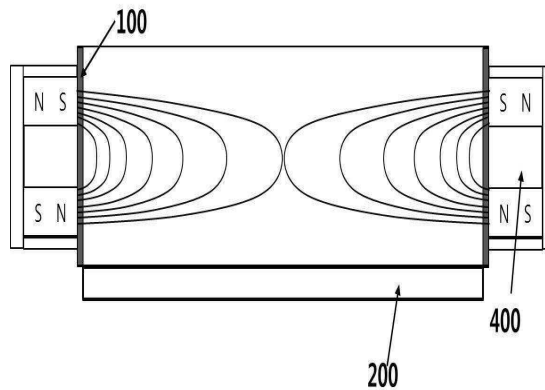
(54) 발명의 명칭 벨트형 자석을 포함한 플라즈마 발생원

(57) 요약

본 발명은 플라즈마 발생원 및 그 응용에 관한 것으로, 고 진공도에서 균일한 고 밀도 플라즈마를 발생시키며, 이와 같은 플라즈마 발생원을 스퍼터링 장치, 중성입자 빔 발생원, 스퍼터링 장치와 중성입자 빔 발생원의 조합으로 이루어진 박막 증착 시스템에 응용하여, 고품질 박막을 얻기 위한 것이다.

본 발명에 따르면, 한 쌍 이상의 벨트형 자석에 의한 자기장과 마이크로파 조사장치에 의한 마이크로파를 연동시켜 상기 목적을 달성할 수 있다.

대표도 - 도1a



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

플라즈마 발생 공간을 형성하는 플라즈마 챔버;

상기 플라즈마 챔버 외벽을 둘러싸는 형태로 배치되는 한 쌍 이상의 벨트형 자석; 및

상기 플라즈마 발생공간에 마이크로파를 조사하는 마이크로파 조사장치;를 포함하고,

상기 벨트형 자석은 틈새 없이 연속된 자석배열을 통해, 원형, 타원트랙, 또는 임의의 폐 다각형으로 구성되어 상기 벨트형 자석에 의한 자기장은 끊어짐이 없이 연속되며,

상기 마이크로파 조사장치는, 플라즈마 챔버 상단에 배치되고, 조사 방향을 조절하여, 마이크로파의 전기장이 한 쌍 이상의 벨트형 자석에 의해 플라즈마 발생 공간에 형성되는 자기장과 수직이 되도록 마이크로파를 조사하여 자기장 분포를 따라 플라즈마 밀도를 높이는 것을 특징으로 하는 플라즈마 발생원.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 챔버와 마이크로파 조사장치는 마이크로파가 조사되는 개구부로 서로 소통되고, 상기 플라즈마 챔버와 마이크로파 조사장치는 함께 진공화될 수 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 발생원.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 챔버는 실린더형, 타원 트랙의 밑면을 가진 실린더형, 또는 다각형 밑면의 다각기둥 중 어느 하나로 구성되고,

상기 마이크로파 조사장치는 사각 도파관, 실린더형 도파관, 고리형 도파관, 토러스형 도파관, 트랙형 도파관 또는 상기 도파관들에 슬릿을 형성한 슬릿형 도파관을 포함하고, 상기 마이크로파 조사장치는 마이크로파를 펄스 모드 또는 연속 모드로 조사하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 발생원.

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 플라즈마 발생원 및 그 응용에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는, 영구 자석의 배열을 이용하여 고밀도 플라즈마를 발생하는 플라즈마 발생원 및 이를 이용한 고효율, 대면적이 가능한 스퍼터링 장치와 고 플럭스 중성입자 빔을 발생하게 하는 중성입자 빔 발생원 및 스퍼터링 장치와 중성입자 빔 발생원을 조합한 박막 증착 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 플라즈마는 다양하게 응용되고 있으며, 특히, 박막을 형성하는 공정에 중요한 기술요소가 되고 있다. 반도체, OLED, 태양전지, LED, 다이아몬드 박막 등의 첨단 소재 분야에서는 고품질 박막 증착이 요구되고 있으며, 이러한 요구를 만족시킬 수 있는 대면적, 고밀도 플라즈마를 발생시키는 것은 매우 중요한 기술이다.

[0003] 최근 활용도가 높아지고 있는 플렉시블 전자 소자, 즉 플렉시블 디스플레이, 플렉시블 조명, 플렉시블 태양 전지, 플렉시블 이차전지 등에 적용되는 박막형성에서는 대면적에 걸쳐 고밀도 플라즈마를 생성함과 동시에 플라즈마에 의해 발생된 고 에너지 입자들과 플라즈마 전자에 의한 박막 손상을 최소화 할 수 있는 스퍼터링 기술이 필요하다. 또한, 플렉시블 플라스틱 기판을 사용할 수 있도록 저온에서 고품질 박막을 증착 시킬 수 있는 저온 공정 기술이 요구되고 있다.

[0004] 기존 마그네트론 스퍼터링 기술은 타겟에 -500 V 이상의 고전압을 인가하여 플라즈마 발생과 이온 가속을 동시에 해결하는 플라즈마 발생 전력과 이온 가속 전압이 일원화되어 있는 기술이다. 이와 같이 마그네트론 스퍼터링의 플라즈마 발생 전력과 이온 가속 전압이 일원화되어 있는 종래기술은 타겟에 고전압을 인가해야 하기 때문에 고 에너지 입자들의 발생을 피할 수 없다. 만약 고 에너지 입자들의 발생을 최소화시키기 위해서 타겟 인가 전압을 감소시키면 플라즈마가 불안정하거나 플라즈마 밀도가 현저히 낮아져서 증착 속도가 크게 떨어지는 문제점이 발생한다.

[0005] 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 플라즈마 발생 전력과 이온 가속 전압을 분리하여 각각을 독립적으로 제어하는 기술이 필요하다. 플라즈마 발생 전력과 이온 가속 전압을 분리 인가할 수 있다면 타겟 인가 전압 수준에 상관없이 타겟 근처에 고밀도 플라즈마의 발생을 원하는 경우 그 구현이 가능하지만 이와 같은 목적을 만족시키는 대면적, 고밀도 플라즈마 발생원의 기술 개발이 용이하지 않다.

[0006] 한편, 저온에서 고품질 박막을 증착하기 위해서는 기존의 기판 가열 대신 박막이 증착 되고 있는 동안에 박막 표면의 원자층을 동시적으로 가열할 수 있는 원자 단위 가열 (atomic scale heating) 기술이 필요하다. 중성입자 빔은 원자 단위 가열을 할 수 있어 대면적, 고품질 박막을 저온에서 증착하는데 유리한 기술이나, 중성입자 빔이 원자 단위 가열 효과를 발휘하기 위해서는 고티플럭스 중성입자 빔을 발생해야 한다. 기존의 중성입자 빔 발생원은 플라즈마 리미터가 중성화 반사판과 기판 사이에 설치되어 있어 중성입자 빔이 기판에 도달하는데 장애물 역할을 하는 문제점이 있다.

[0007] 기존의 중성입자 빔 발생원의 문제점을 해결하기 위해서는, 플라즈마 리미터가 없으면서 플라즈마와 기판의 상호작용을 최소화 하고 고티플럭스 중성입자 빔을 발생할 수 있는 고밀도 플라즈마를 발생시키는 기술이 필요하나 기술 개발이 용이하지 않다.

[0008] 따라서 플렉시블 전자 소자, 즉 플렉시블 디스플레이, 플렉시블 조명, 플렉시블 태양 전지, 플렉시블 이차전지 등의 제조 분야에 요구되는 박막을 증착하기 위해서는 새로운 스퍼터링 장치와 플라즈마 리미터가 없는 고티플럭스 중성입자 빔 발생원이 필요하다. 이와 같은 장치들은 새로운 박막의 목적에 적합한 대면적, 고밀도 플라즈마 발생원을 개발하면 쉽게 구현할 수 있다. 그러므로 대면적, 고밀도 플라즈마 발생원의 개발이 핵심적 기술이나 아직까지 만족스러운 정도로 제공되고 있지 않다.

[0009] 한편, 종래 기술에서는 고진공에서 고밀도 플라즈마를 얻기 위해서 영구자석 또는 전자석을 이용하여 자기장을 형성시키고, 마이크로파를 조사시켜 전자회전공진 (Electron Cyclotron Resonance, ECR) 플라즈마를 발생시켰다. 하지만, 종래 기술은 자기장의 구조 때문에 전자회전공진 영역에서 발생된 고밀도 플라즈마를 감금 (confinement)하는데 문제점이 있다. 예를 들면, 여러 개의 영구 자석을 소정의 간격을 두고 배열하여 컵스 장 (cups field)를 형성하는 경우, 컵스 장 안에서 형성된 전자회전공진 영역에서 발생된 플라즈마는 곡선의 자기장과 전기장에 인하여 ExB 표류(E-cross-B drift), 자기장 물매 표류 (gradient B drift), 자기장의 곡률 표류 (curvature drift)등의 표류 운동(drift motion)을 하는데, 표류 운동의 궤적이 일직선의 발산궤적(계곡선)을 이루고 있어 플라즈마 특히 전자가 자석의 양 끝으로 빠져나가 플라즈마 감금에 문제가 발생한다. 또 다른 종래 기술의 예는 컵스 장을 형성하여 플라즈마 감금 문제를 해결하기 위해서 자석의 배열을 보완하였지만 불연속적인 자기장의 분포로 인하여 플라즈마 표류 운동이 불연속적인 궤적을 이루고 있어 플라즈

마 가둠 효과가 감소하는 문제점이 있다.

[0010] 한편, 종래 기술에서는 마이크로파 조사장치와 플라즈마 사이에 유전체 윈도우를 사용하여 진공을 유지하는 동시에 마이크로파를 입사시켰다. 하지만 이와 같은 플라즈마 발생원에서 증착 공정을 하면, 증착 물질이 유전체 윈도우를 코팅하여 마이크로파의 투과율을 현저히 감소시켜 플라즈마 밀도를 감소시킴으로 공정의 신뢰성을 약화시키는 문제점이 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0011] 따라서 본 발명의 목적은 플라즈마 가둠 효과를 극대화할 수 있는 자석구조와 이에 따른 자기장과 마이크로파를 연동한 설계를 통해 대면적 고밀도 플라즈마를 발생할 수 있는 플라즈마 발생원을 제공하고자 하는 것이다.

[0012] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 플라즈마를 이용한 증착 공정 중 유전체 윈도우 코팅 문제를 해소할 수 있는 마이크로파 조사장치를 포함한 플라즈마 발생원을 제공하고자 하는 것이다.

[0013] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 상기 플라즈마 발생원을 이용한 스퍼터링 장치 및 중성입자 빔 발생원과 이들을 조합한 박막 증착 시스템을 제공하고자 하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0014] 본 발명은, 플라즈마 발생 공간을 형성하는 플라즈마 챔버;

[0015] 상기 플라즈마 챔버 외벽을 둘러싸는 형태로 배치되는 한 쌍 이상의 벨트형 자석; 및

[0016] 상기 플라즈마 발생공간에 마이크로파를 조사하는 마이크로파 조사장치;를 포함하고,

[0017] 상기 플라즈마 챔버는 실린더형, 타원트랙의 밀면을 가진 실린더형, 또는 다각형 밀면의 다각기둥 중 어느 하나로 구성되고,

[0018] 상기 벨트형 자석은 연속된 자석배열을 가지며,

[0019] 상기 마이크로파 조사장치는, 조사 방향을 조절하여, 마이크로파의 전기장이 한 쌍 이상의 벨트형 자석에 의해 플라즈마 발생 공간에 형성되는 자기장의 방향과 수직이 되도록 마이크로파를 조사하여 자기장 분포를 따라 플라즈마 밀도를 높이는 것을 특징으로 하는 플라즈마 발생원을 제공한다.

[0020] 또한, 본 발명은, 상기 플라즈마 챔버와 마이크로파 조사장치는 마이크로파가 조사되는 개구부로 서로 소통되고, 상기 플라즈마 챔버와 마이크로파 조사장치는 함께 진공화될 수 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 발생원을 제공한다.

[0021] 또한, 본 발명은, 상기 마이크로파 조사장치는 사각 도파관, 실린더형 도파관, 고리형 도파관, 토러스형 도파관 또는 상기 도파관들에 슬릿을 형성한 슬릿형 도파관을 포함하고, 상기 마이크로파 조사장치는 마이크로파를 펄스 모드 또는 연속 모드로 조사하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 발생원을 제공한다.

[0022] 또한, 본 발명은, 상기 플라즈마 발생원의 플라즈마 챔버 안에, 하나 이상의 타겟을 설치하고, 상기 타겟들에 바이어스 전압을 인가하여 스퍼터링을 일으키며,

[0023] 상기 타겟은 상기 벨트형 자석에 의해 플라즈마 발생 공간에 형성되는 자기장에 포위되도록 플라즈마 챔버의 내측벽을 따라 하나 이상 부착되고,

[0024] 상기 플라즈마 챔버의 상면에 나란한 방향으로 배치되는 하나 이상의 타겟을 더 설치하여,

[0025] 하나 이상의 물질을 기관에 동시 증착할 수 있는 것을 특징으로 하는 스퍼터링 장치를 제공한다.

[0026] 또한, 본 발명은, 상기 타겟에 인가되는 바이어스 전압은 직류전압, 교류전압, 펄스, 또는 이들의 혼합으로 이루어지는 전압인 것을 특징으로 하는 스퍼터링 장치를 제공한다.

[0027] 또한, 본 발명은, 상기 플라즈마 발생원의 플라즈마 챔버 안에, 하나 이상의 전기 전도성이 큰 물질로 구성된 중성화 반사판을 설치하고, 상기 중성화 반사판들에 바이어스 전압을 인가하여 중성입자 빔을 생성하며,

[0028] 상기 중성화 반사판은 상기 벨트형 자석에 의해 플라즈마 발생 공간에 형성되는 자기장에 포위되도록 플라즈마

챔버의 내측벽을 따라 하나 이상 부착되고,

- [0029] 상기 플라즈마 챔버의 상면에 나란한 방향으로 배치되는 하나 이상의 중성화 반사판을 더 설치하여, 중성입자 빔을 발생시키는 것을 특징으로 하는 중성입자 빔 발생원을 제공한다.
- [0030] 또한, 본 발명은, 상기 스퍼터링 장치 하나 이상을 설치하고, 상기 중성입자 빔 발생원 하나 이상을 조합한 것을 특징으로 박막 증착 시스템을 제공한다.
- [0031] 또한, 본 발명은, 상기 타겟 또는 중성화 반사판에 인가되는 바이어스 전압은 직류전압, 교류전압, 펄스, 또는 이들의 혼합으로 이루어지는 전압인 것을 특징으로 하는 박막 증착 시스템을 제공한다.
- [0032] 또한, 본 발명은, 상기 중성화 반사판은 금속, 실리콘 또는 그래파이트 중 하나로 구성하는 것을 특징으로 하는 박막 증착 시스템을 제공한다.

**발명의 효과**

- [0033] 본 발명에 따르면, 플라즈마 발생원은 벨트형 자석이 플라즈마 챔버 내에 형성하는 자기장과 마이크로파의 전기장의 상호작용으로 낮은 운전 압력에서 즉, 고진공에서 고밀도 플라즈마를 챔버 공간 내에 대면적에 걸쳐 균일하게 분포하게 할 수 있다.
- [0034] 또한, 본 발명에 따르면, 상기 플라즈마 발생원을 이용한 스퍼터링 장치는 플라즈마 발생 전력과 이온 가속 전압을 분리하여 독립적으로 조절함으로써 고에너지 입자에 의한 박막 손상을 최소화 하여 고품질 박막을 증착 시킬 수 있다. 또한, 낮은 운전 압력에서 고밀도 플라즈마를 타겟 근처에 발생시킴으로써 스퍼터링 효율, 스퍼터된 입자의 직진성을 향상 시킬 수 있다. 또한, 타겟의 종류 및 개수를 자유롭게 선택할 수 있어 동시 증착 (co-deposition) 등 다양한 공정이 가능하다.
- [0035] 또한, 본 발명에 따르면, 상기 스퍼터링 장치에서 타겟을 중성화 반사판으로 대체한 중성입자 빔 발생원은 고풍력 중성입자 빔을 대면적으로 공급할 수 있고, 특히 플라즈마 리미터 없이도 플라즈마-기판 상호작용을 최소화 시킬 수 있는 특징이 있다.
- [0036] 또한, 본 발명에 따르면, 상기 스퍼터링 장치와 상기 중성입자 빔 발생원을 한 개 이상 조합하여 박막 증착 요소 물질과 박막 증착에 필요한 에너지를 동시에 공급함으로써 고품질 박막을 형성할 수 있는 박막 증착 시스템을 구현할 수 있다.

[0037]

**도면의 간단한 설명**

- [0038] 도 1a는 본 발명의 플라즈마 발생원 구성의 개략 단면도이고, 도 1b 및 도 1c는 상기 플라즈마 발생원의 구성요소인 벨트형 자석을 이루는 자석구조물의 평면도들이고, 도 1d는 본 발명의 플라즈마 발생원의 절단 사시도이다.
- 도 2는 도 1a의 플라즈마 발생원에 적용되는 마이크로파 조사장치의 구성을 좀 더 명확하게 표현한 단면도이다.
- 도 3은 도 1a의 플라즈마 발생원에 적용되는 토러스형 마이크로파 조사장치의 구성을 표현한 단면도이다.
- 도 4는 도 1a의 플라즈마 발생원에 적용되는 사각형 또는 실린더형 마이크로파 조사장치의 구성을 표현한 단면도이다.
- 도 5는 도 1a의 플라즈마 발생원을 이용한 스퍼터링 장치 구성을 나타내는 단면도이다.
- 도 6은 도 5의 스퍼터링 장치를 변형하여 구성한 중성입자 빔 발생원을 나타내는 단면도이다.
- 도 7은 도 5의 스퍼터링 장치와 도 6의 중성입자 빔 발생원을 조합하여 구성된 박막 증착 시스템의 일실시예를 나타내는 단면도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0039] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예에 대해 첨부도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0040] 도 1a를 보면, 본 발명의 플라즈마 발생원의 구성이 나와 있다.

[0041] 플라즈마를 발생하는 공간을 제공하는 플라즈마 챔버(100) 측벽에는 한 쌍 이상의 벨트형 자석(400)이 장착되어 있고, 플라즈마 챔버(100) 상단에는 마이크로파 조사장치(200)(launcher라고도 부른다)가 장착되어 있고, 상기 마이크로파 조사장치(200)에서 마이크로파를 플라즈마 챔버(100) 안으로 방출하게 된다.

[0042] 특히, 본 발명은, 상기 마이크로파 조사장치(200)로부터 마이크로파가 플라즈마 챔버(100) 안으로 입사되는 곳을 유전체 윈도우 없이 완전한 개구부로 구성하여, 증착 공정 진행 중 증착물이 윈도우를 오염시켜 마이크로파 투과율이 떨어지는 문제를 해결하였다.

[0043] 도 1b 및 도 1c는 도 1a의 플라즈마 발생원 외벽에 설치되는 한 쌍의 벨트형 자석(400)에 대한 평면도들이다. 즉, A형의 벨트형 자석(도 1b)과 B형의 벨트형 자석(도 1c)을 상하로 배열하여 도 1a와 같은 형상의 자기장을 형성할 수 있다. 이러한 벨트형 자석은 한 쌍이 아닌 여러 쌍을 배치할 수 있으며, 이로 인하여 플라즈마 발생 공간 내부에 도 1a와 같은 곡선의 자기장을 연속적으로 분포하게 한다. 도 1b 및 도 1c에 나타난 벨트형 자석은 원형이나 타원 트랙, 또는 임의의 폐 다각형으로 구성할 수 있음은 물론이다. 상기 자기장은 끊어짐이 없이 연속되며, 이는 벨트형 자석(400) 자체가 연속적인 구성을 가지기 때문이며, 이러한 연속 구조는 마이크로파를 플라즈마 챔버(100) 측벽이 아닌 상단 개구부를 통해 입사시키기 때문이다. 연속적으로 형성된 자기장은 발생된 플라즈마의 전자를 포획하여 플라즈마 챔버 측벽을 따라 토로이달(toroidal)형 궤적을 그리며 계속적으로 표류운동(drift motion)하게 하여 플라즈마 가둠(plasma confinement) 효과를 현저히 향상시킬 수 있다. 즉, 전자의 운동을 평균적으로 볼 때, 도 1d의 절단 사시도와 같이, 연속적인 회귀궤적을 나타내어 플라즈마 가둠 효과를 현저히 향상시킬 수 있게 된다.

[0044] 플라즈마 챔버(100)는 실린더형, 타원 트랙의 밑면을 가진 실린더형, 또는 다각형 밑면의 다각기둥일 수 있고, 상기 벨트형 자석(400)은 플라즈마 챔버(100)의 구조에 따라 원형, 트랙, 사각 그 이외의 여러 모양으로 플라즈마 챔버(100) 옆벽에 장착되고, 플라즈마 챔버(100) 안에 전자회전공진(Electron Cyclotron Resonance, ECR) 자기장이 형성되도록 한다. 여기서 전자회전공진 자기장,  $B_{res}$ 은 다음 수식과 같다.

$$B = \frac{2\pi m_e}{e} f$$

[0045]

[0046] f: 마이크로파 주파수, e:전자 전하,  $m_e$ : 전자 질량

[0047] 마이크로파 조사장치(200)를 위에서 보면 원형, 타원형, 그들을 이용한 트랙형 또는 사각형 같은 모양으로 보인다. 도 2에는 상기 마이크로파 조사장치(200)에 슬릿(250)을 형성한 경우를 나타내며, 도 3은 토러스형 마이크로파 조사장치(200)에 슬릿을 형성한 경우를 나타내며, 도 4는 사각형 또는 실린더형 마이크로파 조사장치(200)를 나타내며, 이와 같은 마이크로파 조사장치(200)는 다수로 구성하여 출력을 강화할 수 있다.

[0048] 또한, 마이크로파 조사장치(200)에서 조사되는 마이크로파 주파수는 플라즈마 이온 주파수보다 높은 것을 사용한다. 여기서 플라즈마 이온 주파수,  $\Omega_i$ 는 다음 수식과 같다.

$$\Omega_i = \sqrt{4\pi n_i Z^2 e^2 / m_i}$$

[0049]

[0050]  $n_i$ : 이온 밀도, Z: 원자번호, e:전자 전하,  $m_i$ : 이온 질량

[0051] 상기와 같은 플라즈마 발생원은 외벽을 둘러싸도록 설치된 한 쌍 이상의 벨트형 자석(400)에 의한 자기장과 마이크로파 조사장치(200)에 의해 조사되는 마이크로파의 전기장은 서로 수직을 이루어 ECR(Electron Cyclotron Resonance) 플라즈마를 형성하며, 플라즈마 밀도를 높일 수 있으며, 또한 이와 같은 고밀도 플라즈마를 대면적에 걸쳐 발생시킬 수 있다. 또한, 고밀도 플라즈마를 1 mTorr 이하의 저압 고진공에서도 발생시킬 수 있어 입자의 평균자유행정을 증가시켜 응용에 유리하다.

[0052] 한편, 상기 플라즈마를 발생시키는 마이크로파 조사장치(200)의 마이크로파 조사모드를 필요에 따라 펄스 모드 또는 연속 모드로 조절하여 응용성을 넓힐 수 있다.

[0053] 도 5를 보면, 상기 플라즈마 발생원을 응용한 스퍼터링 장치(800)가 나와 있다. 상기 스퍼터링 장치(800)은 마이크로파의 주파수가 플라즈마 이온 주파수보다 높아 플라즈마 이온 운동에 영향을 미치지 않고 전자를 가열하

여 플라즈마를 발생시킬 수 있고, 상기 타겟(700, 710, 720)에 인가하는 바이어스 전압은 플라즈마 이온 주파수보다 낮은 주파수로 인가하여 타겟에 입사하는 이온의 에너지를 조절할 수 있어, 플라즈마 발생 전력과 이온 가속 전압을 분리하는 것을 특징으로 한다. 상기 스퍼터링 장치(800)에서 플라즈마 발생 전력과 이온 가속 전압을 이원화함으로써, 타겟 바이어스 전압에 상관없이 안정적인 고밀도 플라즈마가 유지됨으로써 낮은 타겟 인가 전압에서 플라즈마가 불안정하게 되는 기존의 스퍼터링 장비와 차별화 된다. 또한, 기존 스퍼터링 장비는 타겟 바이어스 전압이 높기 때문에 고 에너지 입자들이 발생하여 박막에 손상을 주는 반면, 본 실시 예의 스퍼터링 장치(800)는 타겟 바이어스 전압을 낮출 수 있어 상기 문제점을 최소화 시킬 수 있는 장점이 있다.

[0054] 플라즈마 챔버 측벽에 설치된 타겟(700, 710) 근처의 자기장에 고밀도 플라즈마를 발생시킬 수 있어 고효율의 스퍼터링을 기대할 수 있다.

[0055] 뿐만 아니라, 벨트형 자석(400)의 자기장 구조 때문에 타겟(720) 근처에 매우 균일한 고밀도 플라즈마 분포를 이루어 타겟(720)의 식각분포가 균일하여 타겟(720) 사용효율을 높일 수 있다. 또한, 상기 타겟(720)은 대면적으로 구성할 수 있으며, 이는 플라즈마 분포가 대면적에 걸쳐 고밀도로 형성될 수 있기 때문이다.

[0056] 한편, 본 스퍼터링 장치(800)의 타겟(700, 710, 720)의 바이어스 전압은 공정의 목적에 따라 직류전압, 교류전압, 직류 펄스, 교류 펄스 또는 이들의 혼합으로 이루어지는 전압 등 다양하게 변화시킬 수 있어 박막의 특성을 조절할 수 있다.

[0057] 또한, 상면과 나란히 설치된 타겟(720)과 측벽에 설치하는 타겟(700, 710)은 각각 다른 물질로 구성하여 호스트 물질과 도펀트 물질을 동시 증착할 수 있는 편리함을 제공한다.

[0058] 구체예로, 하나의 타겟(700)으로부터 Zn을, 다른 타겟(710)으로부터는  $In_2O_3$ 을, 또 다른 타겟(720)으로부터는  $Ga_2O_3$ 을 형성하여 기판상에 IGZO를 형성할 수 있다. 이와 같은 배열에서는 산소 음이온(negative ion)에 의한 박막 손상을 최소화할 수 있는 동시에 증착 속도를 높일 수 있는 장점을 지닌다.

[0059] 플라즈마 챔버 내벽에 설치되는 타겟(700, 710)은 여러 개의 단편을 방사상으로 배치할 수 있고, 플라즈마 챔버에 수평면으로 배치되는 타겟(720)은 플라즈마 챔버 상면에 부착하거나, 챔버 내 중앙부에 배치할 수도 있으며, 이들도 여러 개의 단편으로 구성할 수도 있으며, 타겟들은 여러 가지 다른 물질로 구성될 수도 있으나 고속, 고효율, 균일박막 증착을 위해 배열이 조절된 동일한 물질일 수도 있다.

[0060] 따라서 대면적 타겟 등 타겟 구성이 자유로우며, 플라즈마 챔버 내벽에 설치되는 타겟(700, 710)은 벨트형 자석(400)에 의한 자기장에 포위되어 타겟 가까이 고밀도 플라즈마를 발생시킬 수 있어 고효율 스퍼터링이 가능하게 된다.

[0061] 또한, 이와 같이 플라즈마 챔버 내벽에 다수의 타겟(700, 710)을 설치할 경우, 플라즈마 챔버(100)를 타원트랙의 밀면을 가진 실린더형이나 다각기둥으로 구성하면 박막의 구성 요소의 개수 및 함량에 최적이 되도록 다수의 타겟을 설치하는데 매우 편리하며, 벨트형 자석(400)에 의한 자기장 효과도 조절할 수 있는 장점이 있다.

[0062] 또한, 본 실시 예의 스퍼터링 장치는 고진공에서 고 밀도 플라즈마를 발생시켜 스퍼터된 입자의 직진성이 향상되어, 트렌치 패턴이 있는 박막 증착시 종횡비(aspect ratio)를 향상시킬 수 있다.

[0063] 본 실시 예의 스퍼터링 장치는 플라즈마 발생 전력과 이온 가속 전압을 독립적으로 조절하고, 벨트형 자석(400)을 이용하여 형성한 자기장에 의해서 플라즈마 하전입자를 구속시켜 별도의 플라즈마 리미터 없이도 플라즈마-기판 상호작용을 최소화 시킬 수 있어 플라즈마에 의한 박막 손상을 최소화 시킬 수 있다. 그러나 필요에 따라 챔버 경계부에 플라즈마 리미터를 더 설치할 수 있음은 당업자에게 자명한 사항이다.

[0064] 도 6은 상기 스퍼터링 장치(800)를 변형한 중성입자 빔 발생원(900) 구성을 나타낸다.

[0065] 스퍼터링 장치(800)에서 타겟(700, 710, 720)을 전기 전도성이 큰 물질로 구성된 중성화 반사판(300)으로 대체하면 중성입자 빔 발생원(900)이 된다. 텅스텐 등의 금속, 실리콘, 그래파이트 등의 전기 전도성이 큰 물질로 구성된 중성화 반사판(300)에 -100 V 이하의 낮은 바이어스 전압을 인가하여 중성입자 빔을 발생시킬 수 있으며, 바이어스 전압의 다양한 모드 또한 상기 스퍼터링 장치 구성에서와 동일하게 적용될 수 있다. 본 실시 예에 따른 중성입자 빔 발생원(900)은 상기한 스퍼터링 장치(800)에서와 같은 원리로 고밀도 플라즈마가 발생되어 높은 플럭스의 중성입자 빔을 발생할 수 있다. 본 실시 예의 중성입자 빔 발생원은 플라즈마 리미터의 설치 없이도 플라즈마-기판 상호작용을 최소화 시킬 수 있어 기존 중성입자 빔 발생원과 차별화 된다. 또한, 고 진공

하에서 고 밀도 플라즈마 발생으로 인한 중성입자 빔의 고 플럭스와 더불어 평균자유행정의 증가로 인한 장점도 동일하게 나타난다. 그러나 필요에 따라 챔버 경계부에 플라즈마 리미터를 더 설치할 수 있음은 당업자에게 자명한 사항이다.

- [0066] 도 7은 상기 스퍼터링 장치(800)와 중성입자 빔 발생원(900)을 조합하여 구현한 박막 증착 시스템(1000)의 일실시예를 나타낸다.
- [0067] 상기 박막 증착 시스템(1000)에 따르면, 스퍼터링 장치(800)에 의해 박막을 구성하는 입자를 공급함과 동시에 중성입자 빔에 의해 박막형성에 필요한 에너지를 추가로 공급하여 저온 공정에서도 고 품질의 박막을 형성할 수 있는 장점이 있다.
- [0068] 상기 도 7에서는 하나의 스퍼터링 장치(800)를 중심으로 양옆에 각각 하나씩 두개의 중성입자 빔 발생원(900)을 설치하여 박막 증착 시스템(1000)을 구현하였으나, 스퍼터링 장치(800) 하나와 중성입자 빔 발생원(900) 하나를 조합할 수도 있으며, 그 조합방법은 당업자에 의해 얼마든지 다양하게 변형 될 수 있음은 물론이다.
- [0069] 한편, 벨트형 자석(400)은 영구자석이 아닌 전자석으로도 구성할 수 있으며, 이 경우 마이크로파의 주파수를 증가시킬 수 있고 따라서 플라즈마 밀도를 향상시킬 수 있다.
- [0070]
- [0071] 본 발명의 권리는 위에서 설명된 실시예에 한정되지 않고 청구범위에 기재된 바에 의해 정의되며, 본 발명의 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 청구범위에 기재된 권리범위 내에서 다양한 변형과 개작을 할 수 있다는 것은 자명하다.

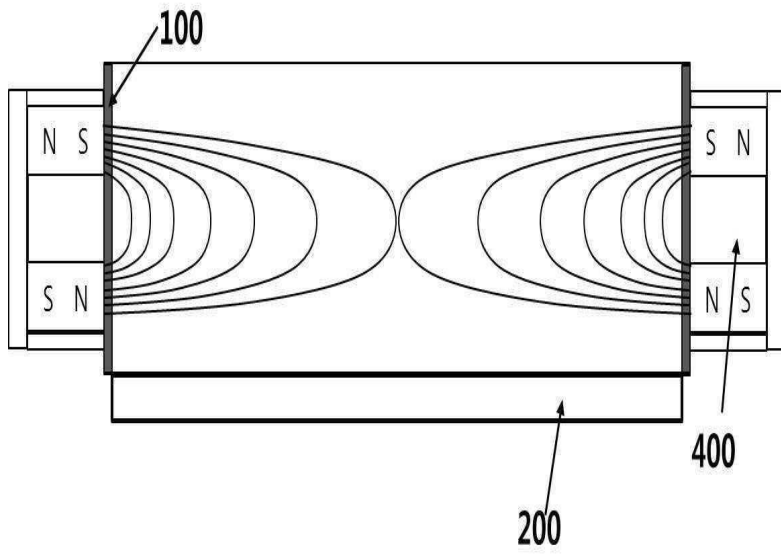
**부호의 설명**

- [0072] 100: 플라즈마 챔버
- 200: 마이크로파 조사장치
- 250: 슬릿
- 300: 중성화 반사판
- 400: 벨트형 자석
- 600: 기관
- 700, 710, 720: 타겟
- 800: 스퍼터링 장치
- 900: 중성입자 빔 발생원
- 1000: 박막 증착 시스템

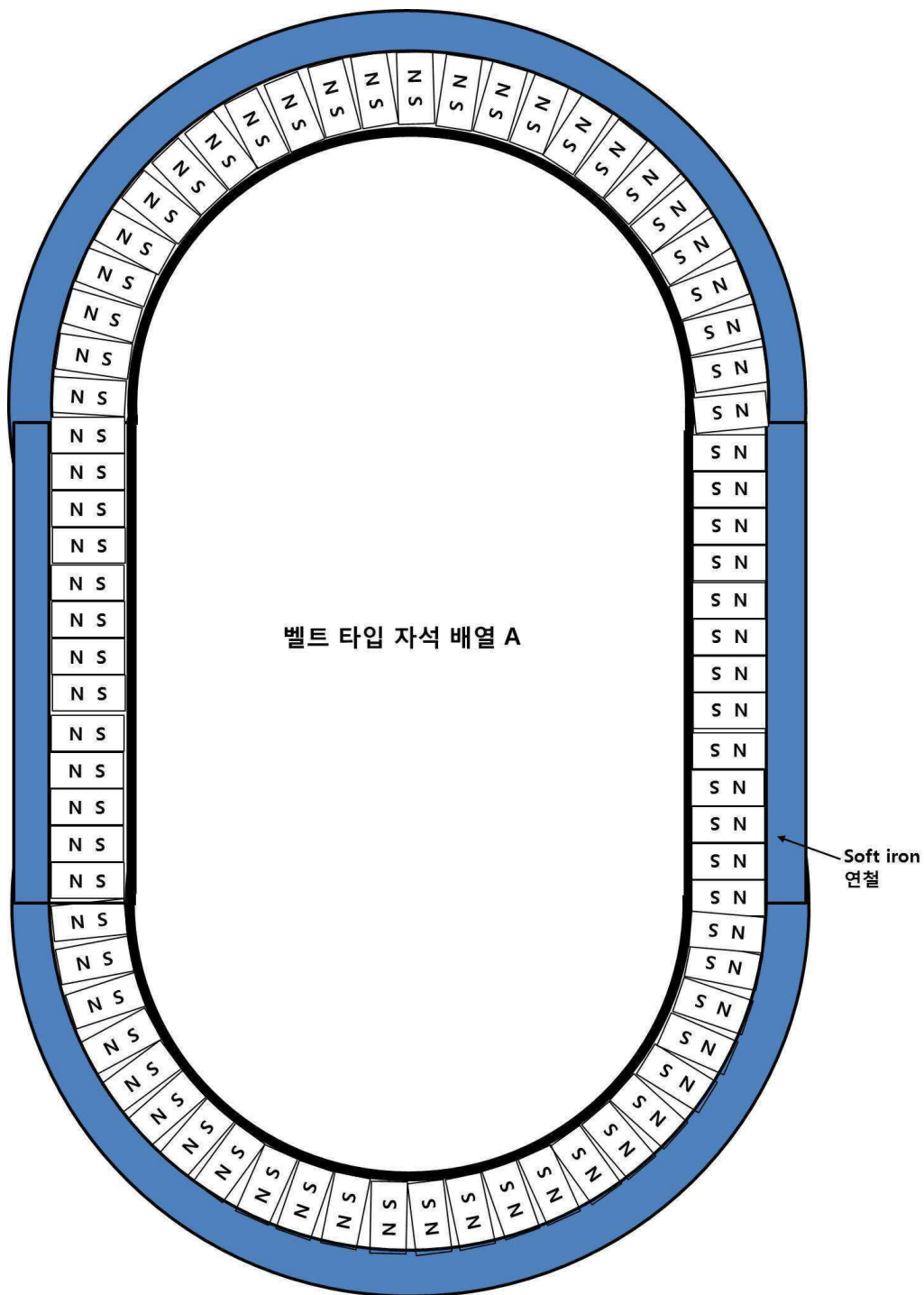


도면

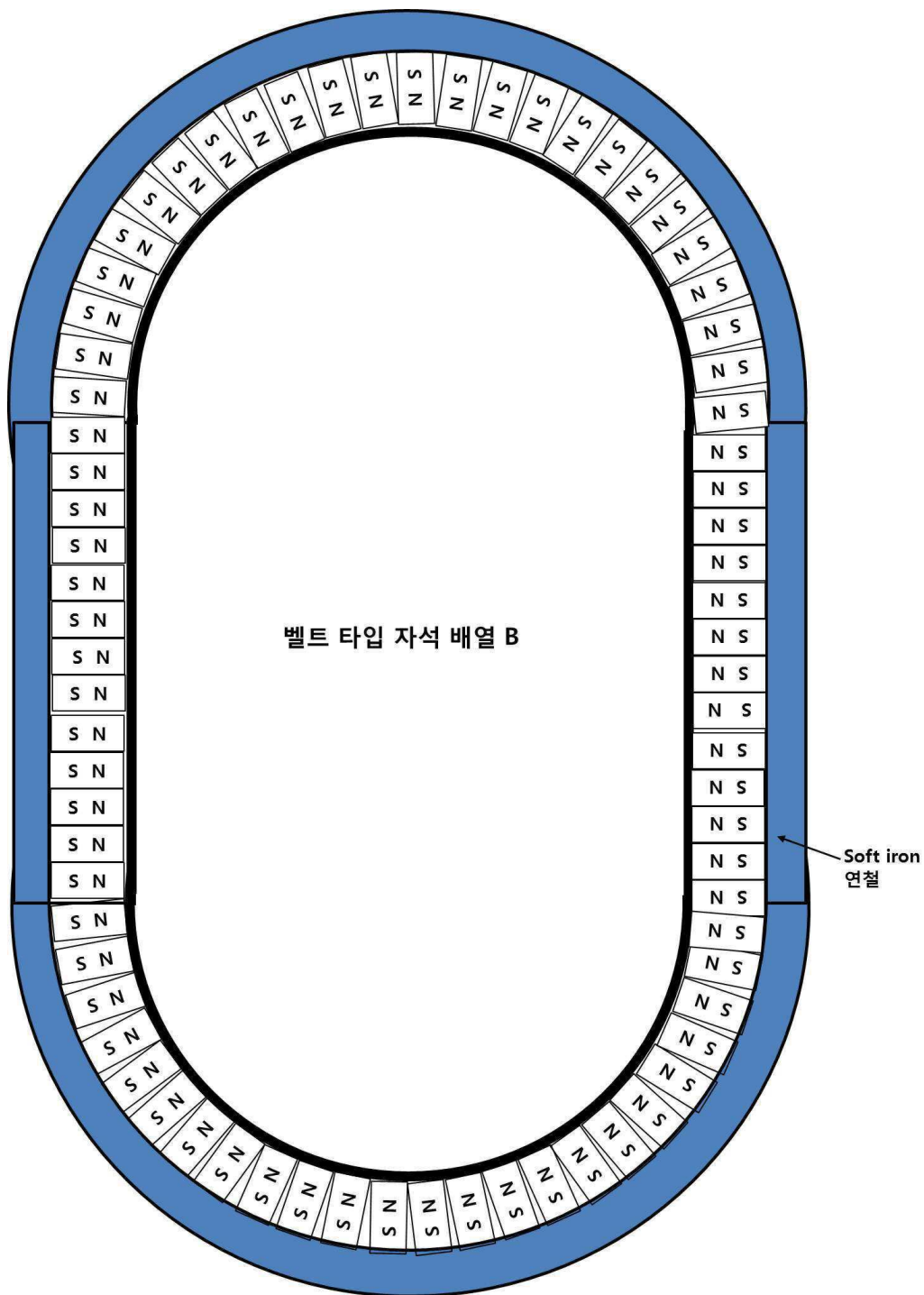
도면1a



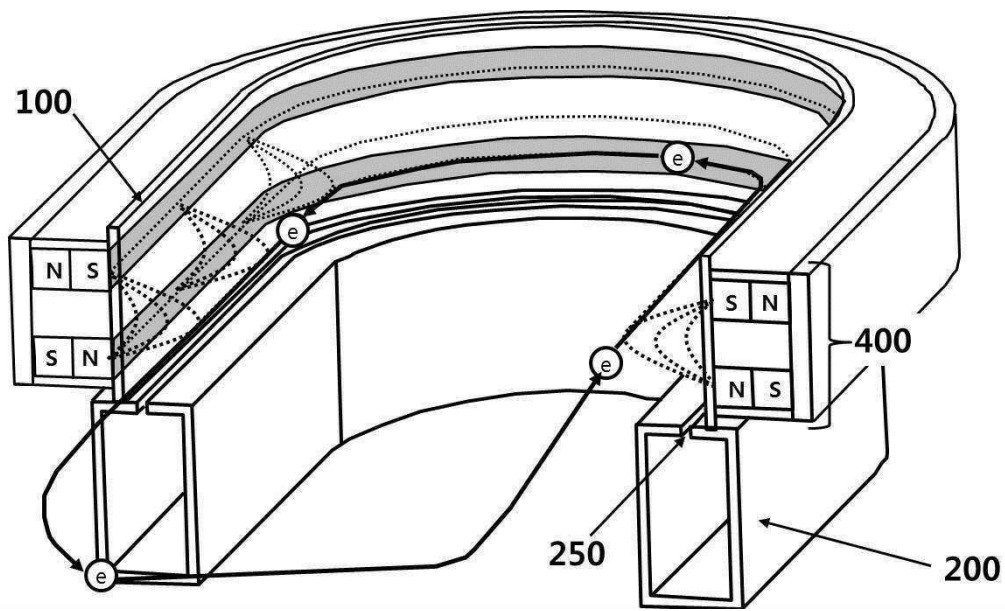
도면1b



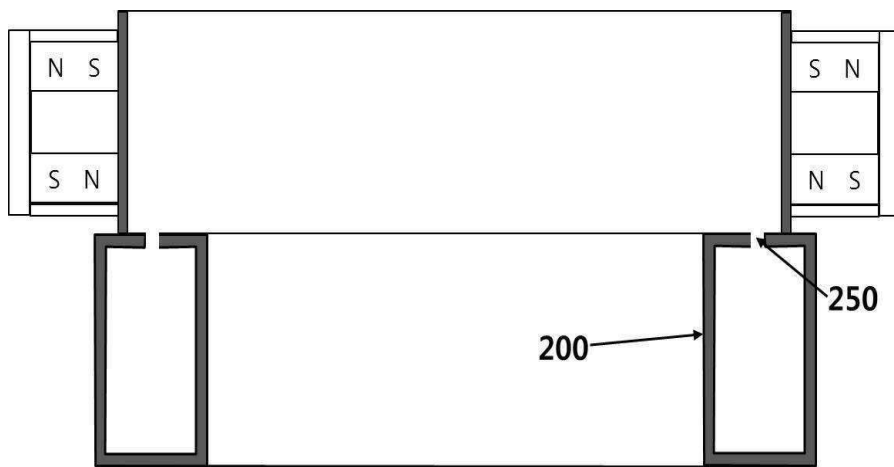
도면1c



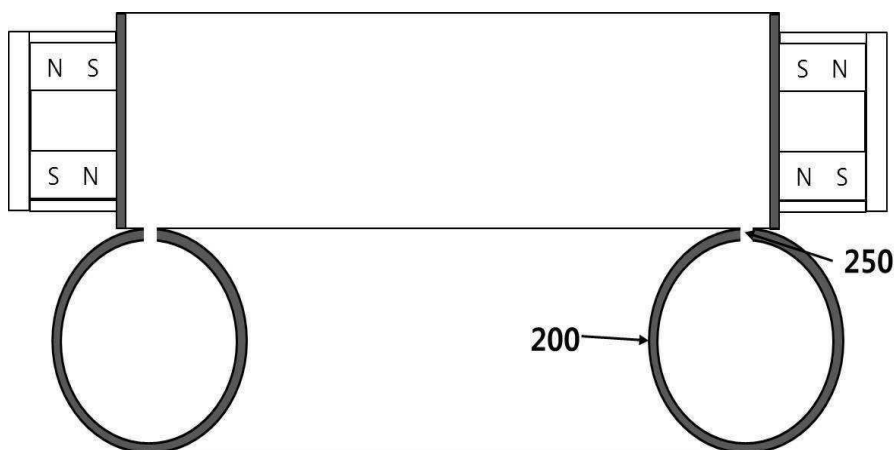
도면1d



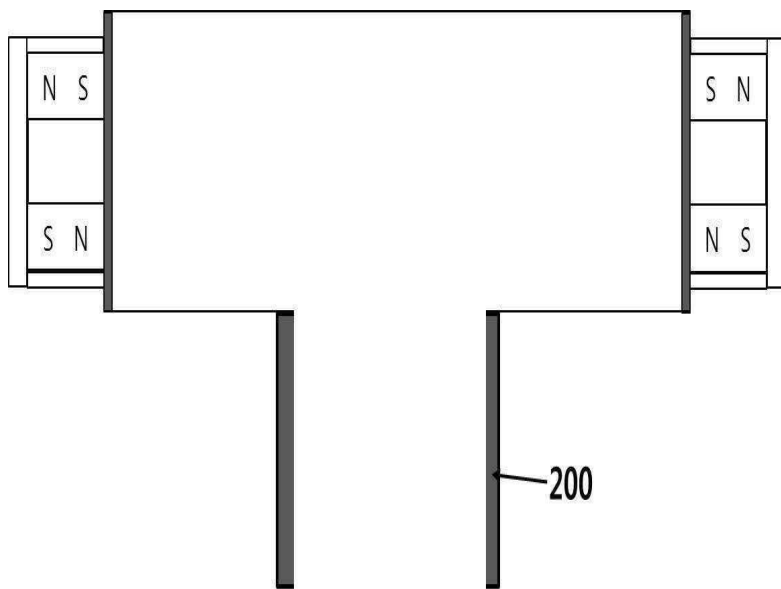
도면2



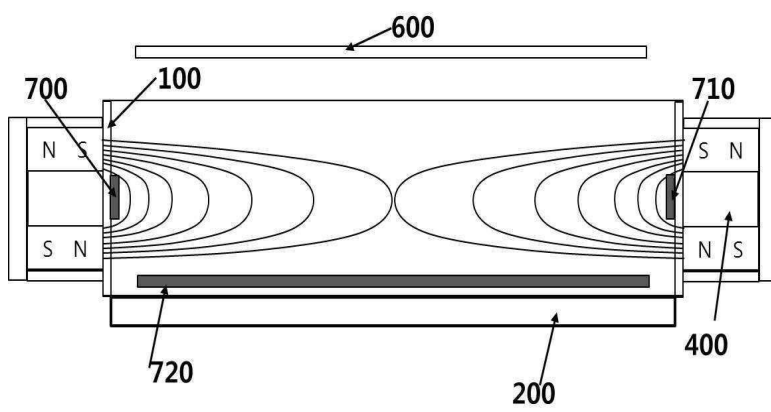
도면3



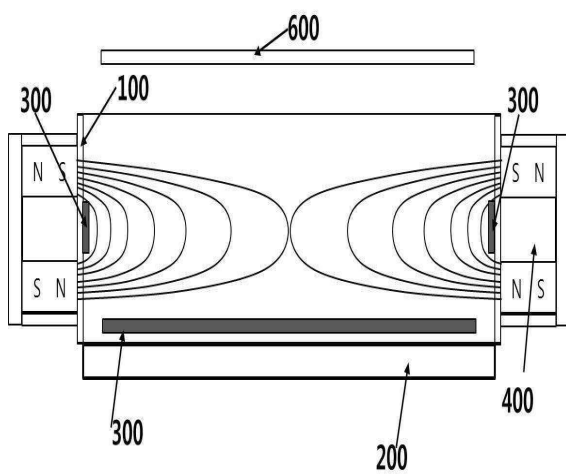
도면4



도면5



도면6



도면7

