



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월24일
 (11) 등록번호 10-1410743
 (24) 등록일자 2014년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01J 37/22 (2006.01) H01J 37/317 (2006.01)
 H01L 21/302 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0142435
 (22) 출원일자 2012년12월10일
 심사청구일자 2012년12월10일
 (65) 공개번호 10-2014-0074464
 (43) 공개일자 2014년06월18일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2006108697 A*
 KR101048057 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국전기연구원
 경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)
 (72) 발명자
 김판겸
 경상남도 김해시 진영읍 김해대로361번길 34 김해진영코아루아파트 408동 2005호
 오현석
 경상남도 밀양시 점필재로 65 롯데인벤스가아파트 105동 902호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 한라특허법인

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 안지현

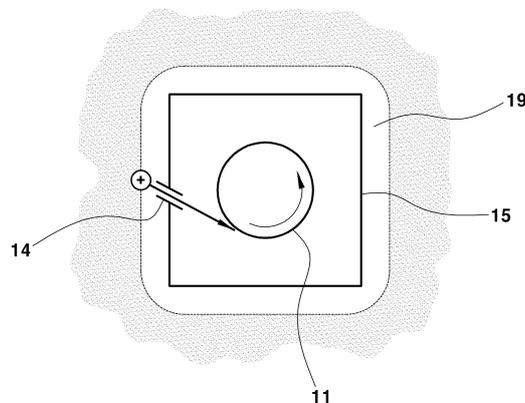
(54) 발명의 명칭 **플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치 및 방법**

(57) 요약

본 발명은 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 가속 이온을 이용한 저온 플라즈마 잠입 이온으로 시편의 표면에 다양한 형태의 나노패턴을 형성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

이에 본 발명은, 전기적으로 절연되며, 플라즈마가 채워지는 진공 챔버; 가공물이 놓여지는 부분으로서, 진공 챔버의 내부에 설치되어 가공물과 함께 회전가능한 받침대; 상기 가공물 및 받침대의 회전을 위한 회전수단; 전도성을 가지면서 가공물을 둘러싸서 가공물을 플라즈마로부터 분리시키며, 전기적으로 가공물과 연결되는 덮개; 적어도 상기 덮개의 한 면 이상에 회전가능하게 구비되고, 가공물의 표면을 따라 배치되는 슬롯;을 포함하며, 상기 슬롯을 회전시켜 형성하고자 하는 나노패턴의 형상에 따라 소정의 각도로 세팅함으로써, 플라즈마로부터 나온 이온이 슬롯을 통해 덮개와 가공물 사이의 공간으로 이끌리게 되어 가공물의 표면에 충돌하게 될 때, 상기 슬롯의 각도에 따라 가공물의 표면에 원하는 나노패턴을 형성할 수 있도록 된 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치를 제공한다.

대표도 - 도7



(72) 발명자

정성일

경상남도 김해시 진영읍 김해대로361번길 31 진영
자이아파트 312동 204호

니키브로프

경상남도 밀양시 중앙로 238-8 유성청구타운 101동
1303호

김중문

경상남도 밀양시 삼문2길 3 세광아파트 101동 131
0호

전정우

경상남도 밀양시 미리별로 26 대림아트빌 401호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415122366

부처명 지식경제부

연구사업명 한국전기연구원연구운영비지원

연구과제명 대면적 원통 나노금형 및 장비 기술 개발(제1세부과제)

기여율 1/1

주관기관 한국전기연구원

연구기간 2012.01.01 ~ 2012.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

전기적으로 절연되며, 플라즈마가 채워지는 진공 챔버(10);

가공물(11)이 놓여지는 부분으로서, 진공 챔버(10)의 내부에 설치되어 가공물(11)과 함께 회전가능한 받침대(12);

상기 가공물(11) 및 받침대(12)의 회전을 위한 회전수단(13);

전도성을 가지면서 가공물(11)을 둘러싸서 가공물(11)을 플라즈마로부터 분리시키며, 전기적으로 가공물(11)과 연결되는 덮개(15);

적어도 상기 덮개(15)의 한 면 이상에 회전가능하게 구비되고, 가공물(11)의 표면을 따라 배치되는 슬롯(14);

을 포함하며,

상기 슬롯은 가공물의 표면에 형성하고자 하는 나노패턴에 따라 사전에 결정한 소정의 경사 각도로 가변 조절된 형태로 이루어지고, 소정의 각도를 형성하도록 기울어지게 조절된 슬롯에 의해 덮개 내부로 입사되는 이온이 소정의 입사각을 형성하면서 입사되어, 덮개와 가공물 사이의 공간에 제공된 이온이 가공물의 일정 위치에 수직 방향이 아닌 경사진 각도로 도달하여 충돌함에 따라 가공물의 돌출된 부분을 선택적으로 제거하며 패턴을 형성할 수 있도록 된 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 가공물(11)과 덮개(15)에 전원을 공급하는 전원공급원(16)을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 가공물(11)은 원통형 가공물 또는 평판형 가공물인 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 가공물(11)은 덮개(15)에 대해 상대적으로 일정각도 기울어져 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 덮개(15)는 사각단면의 덮개로 이루어지고, 슬롯(14)이 사각단면의 각 면에 하나 이상 형성되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 덮개(15)는 서로 소정의 갭을 유지하는 내측의 인너 덮개(15a)와 외측의 아웃터 덮개(15b)로 구성되고, 내측의 전도성 인너 덮개(15a)는 가공물(11)과 연결되며, 아웃터 덮개(15b)는 플로팅 또는 접지되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 받침대(12) 및 회전장치(13)와 덮개(15)는 1세트 또는 2세트 이상으로 구비되어, 하나의 진공 챔버(10) 내에 나란히 배치되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치.

청구항 8

전기적으로 절연되며, 플라즈마가 채워지는 진공 챔버(10);

가공물(11)이 놓여지는 부분으로서, 진공 챔버(10)의 내부에 설치되는 받침대(12);

전도성을 가지면서 가공물(11)을 둘러싸서 가공물(11)을 플라즈마로부터 분리시키며, 전기적으로 가공물(11)과 연결되는 동시에 회전가능한 덮개(15) 및 상기 덮개(15)의 회전을 위한 회전수단(13);

적어도 상기 덮개(15)의 한 면 이상에 회전가능하게 구비되고, 가공물(11)의 표면을 따라 배치되는 슬롯(14);

을 포함하며,

상기 슬롯은 가공물의 표면에 형성하고자 하는 나노패턴에 따라 사전에 결정한 소정의 경사 각도로 가변 조절된 형태로 이루어지고, 소정의 각도를 형성하도록 기울어지게 조절된 슬롯에 의해 덮개 내부로 입사되는 이온이 소정의 입사각을 형성하면서 입사되어, 덮개와 가공물 사이의 공간에 제공된 이온이 가공물의 일정 위치에 수직 방향이 아닌 경사진 각도로 도달하여 충돌함에 따라 가공물의 돌출된 부분을 선택적으로 제거하며 패턴을 형성할 수 있도록 된 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치.

청구항 9

전기적으로 절연된 진공 챔버 내부에 가공물을 배치하되, 챔버와 전기적으로 절연되고 회전가능한 받침대 위에 배치하는 단계;

가공물과 전기적으로 연결되고 슬롯을 갖는 덮개를 이용하여 가공물 주변을 덮는 단계;

상기 가공물의 표면에 형성하고자 하는 나노패턴의 형상에 따라 슬롯을 소정의 각도로 세팅하는 단계;

상기 챔버의 내부에 플라즈마를 제공하는 단계;

상기 가공물과 덮개에 음의 바이어스를 부가하고, 상기 가공물과 덮개를 상대 회전시키는 단계;

상기 덮개 주변에 형성된 쉬스층 내부로 가속된 이온이 상기 슬롯을 통해 덮개와 가공물 사이로 이끌리면서 상기 가공물에 충돌하게 되어 가공물의 표면에 나노패턴을 형성하되,

상기 슬롯은 가공물의 표면에 형성하고자 하는 나노패턴에 따라 사전에 결정한 소정의 경사 각도로 가변 조절된 형태로 이루어지고, 소정의 각도를 형성하도록 기울어지게 조절된 슬롯에 의해 덮개 내부로 입사되는 이온이 소정의 입사각을 형성하면서 입사되어, 덮개와 가공물 사이의 공간에 제공된 이온이 가공물의 일정 위치에 수직 방향이 아닌 경사진 각도로 도달하여 충돌함에 따라 가공물의 돌출된 부분을 선택적으로 제거하며 패턴을 형성할 수 있도록 하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 바이어스는 RF 자기 바이어스, 단극 반복 펄스 바이어스, 이극 반복 펄스 바이어스 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 플라즈마는 내부 안테나를 갖는 ICP 소스, 불활성 가스, 반응성 가스 중 어느 하나에 의해 만들어지는 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 가속 이온을 이용한 저온 플라즈마 잠입 이온으로 시편의 표면에 다양한 형태의 나노패턴을 형성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 에너지를 가지고 있는 이온을 이용한 표면 처리는 반도체 공정, MEMS 및 NEMS 양산, 패턴 전사 기술, 경질 코팅 등의 분야에 필수적이다. 이온 충돌은 세정, 기판 표면의 활성화, 젖음성의 변화, 경도 향상, 다양한 필름의 증착, 이온 주입에 의한 반도체 도핑 공정 등 다양한 분야에 사용되고 있다.

[0003] 통상적으로 모든 이온 가공은 다음과 같은 두 종류로 나눌 수 있다.

[0004] 첫째, 이온 소스로부터 이온빔을 추출하여 진공 챔버 내부에 일정한 거리를 두고 놓여져 있는 기판 쪽으로 보내는 방식이 있다. 이 방식은 원하는 결과를 얻기 위해서 이온빔과 기판을 따로 또는 동시에 이송시키며, 이때 이온 전하(Charge)는 보조 전자 전극(Emitter)에 의해 중화될 수 있다. 이러한 기술의 예로, 이온 빔 응용 증착, 이온 빔 식각 또는 가공(Milling), 이온 빔 주입 등을 들 수 있다.

[0005] 둘째, 가공물이 플라즈마 분위기 내에 놓여지고, 일정한 값의 음전위(negative potential)에 전기적으로 편(bias)시킨 장치가 있다. 여기서, 이온은 가공물 앞에 형성된 쉬스 내부로 가속되며 이러한 가속을 유발하기 위하여 DC, RF, 그리고, 펄스로 공급되는 바이어스 (bias) 등이 사용된다. PVD, PECVD, PI3D, RIE 등이 이러한 기술 범주에 속한다.

[0006] 한편, 이온 에칭 또는 이온 가공(milling)은 중요한 이온 가공 중의 한 분야이다. 그것은 에너지를 갖는 이온에 의한 표면 스퍼터링에 기반을 둔다.

[0007] 이온 스퍼터링의 핵심적인 특징은 이온 입사각에 대한 스퍼터링 속도가 도 1에서 정성적으로 나타내어 진 것과 같이 비선형적으로 의존한다는 것이다.

[0008] 물리적 또는 반응성(reactive) 가공 둘 다에 적용이 가능하다.

[0009] 이온 가공의 많은 적용 사례는 반도체 공정, 나노 구조의 형성, 표면 구조물 형성, 표면 조도의 개선 등을 포함한다.

[0010] 이온 빔 가공은 첨단 가공기술인데, 이 기술은 광학 부품의 양산에 있어서 마지막 단계로 적용되어 왔다.

[0011] 표면 조도 개선 적용은 광학 부품 및 고전력 디바이스, 또는 SIMS와 TEM 등의 시편 준비와 같이 중요한 경계면

에서의 마이크로 표면 조도값의 개선을 포함한다.

- [0012] 도 2는 원통형 가공물에 대한 이온 빔 식각 공정의 개념도로서, 여기서 선형 이온 소스로부터 나온 리본 모양의 이온 빔은 회전하는 가공물의 축을 따라 진공 챔버 내부로 향하게 된다.
- [0013] 그리고, 도 3은 평판형 가공물을 위한 이온 빔 식각 공정의 개념도로서, 여기서 이온 소스로부터 나온 원형 모양의 빔은 임의의 각도(θ) 만큼 기울어진 채로 회전하는 가공물에 대해 진공 챔버 내부로 향하게 된다. 도면에서 보여지는 전자총이 대전된 이온을 중화시키게 된다.
- [0014] 최근에는 평판 기판의 경우 이온빔을 입사시켜 시편의 표면에 여러 형상의 나노 패턴을 형성시키는 연구가 수행되고 있다. 나노 패턴의 형상을 결정하는 주요변수는 이온의 에너지와 입사각이며 기판의 물질에 따라 변수의 값이 달라진다.
- [0015] 나노 미터 크기의 패턴을 구현하기 위해서는 여러 차례의 공정을 거쳐 결과물을 얻는 것이 일반적이다. 여러 차례의 공정을 거칠 경우 각 공정에서 발생하는 비용 및 오염요인들로 인해 여러 공정을 거칠수록 결과물의 품질을 유지하기가 힘든 것이 현실이다. 이러한 문제는 대량생산 체제에서는 더욱 심화될 것이 분명하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명은 상기와 같은 점을 개선하기 위해 고안한 것으로서, 진공 챔버 내부에서 플라즈마로부터 나온 이온이 가공물 표면에 충돌함에 의해 나노패턴을 형성할 수 있도록 한 것으로, 가공물을 둘러싸고 있는 덮개의 슬롯 각도를 사전에 결정한 바에 의해 조절함으로써 원하는 다양한 나노패턴의 형성을 가능하게 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 전기적으로 절연되며, 플라즈마가 채워지는 진공 챔버; 가공물이 놓여지는 부분으로서, 진공 챔버의 내부에 설치되어 가공물과 함께 회전가능한 받침대; 상기 가공물 및 받침대의 회전을 위한 회전수단; 전도성을 가지면서 가공물을 둘러싸서 가공물을 플라즈마로부터 분리시키며, 전기적으로 가공물과 연결되는 덮개; 적어도 상기 덮개의 한 면 이상에 회전가능하게 구비되고, 가공물의 표면을 따라 배치되는 슬롯;을 포함하며, 상기 슬롯을 회전시켜 형성하고자 하는 나노패턴의 형상에 따라 소정의 각도로 세팅함으로써, 플라즈마로부터 나온 이온이 슬롯을 통해 덮개와 가공물 사이의 공간으로 이끌리게 되어 가공물의 표면에 충돌하게 될 때, 상기 슬롯의 각도에 따라 가공물의 표면에 원하는 나노패턴을 형성할 수 있도록 된 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치를 제공한다.
- [0018] 또한 본 발명은, 전기적으로 절연된 진공 챔버 내부에 가공물을 배치하되, 챔버와 전기적으로 절연되고 회전가능한 받침대 위에 배치하는 단계; 가공물과 전기적으로 연결되고 슬롯을 갖는 덮개를 이용하여 가공물 주변을 덮는 단계; 상기 가공물의 표면에 형성하고자 하는 나노패턴의 형상에 따라 슬롯을 소정의 각도로 세팅하는 단계; 상기 챔버의 내부에 플라즈마를 제공하는 단계; 상기 가공물과 덮개에 음의 바이어스를 부가하고, 상기 가공물과 덮개를 상대 회전시키는 단계; 상기 덮개 주변에 형성된 쉬스층 내부로 가속된 이온이 상기 슬롯을 통해 덮개와 가공물 사이로 이끌리면서 상기 가공물에 충돌하게 되어 가공물의 표면에 나노패턴을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명에 따른 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 장치 및 방법에 의하면, 대면적의 원통형 가공물의 표면에 나노사이즈의 구조물을 형성할 수 있으며, 특히 전후의 공정 없이 단일 공정에서 공정 조건의 변경만으로 원통형 가공물의 표면에 다양한 사이즈 및 형상의 나노패턴을 형성할 수 있다.
- [0020] 이렇게 대면적의 원통형 기판에 전 또는 후공정 없이 나노패턴 형성이 가능하게 됨으로써 여러 나노 분야, 특히

가능성 나노 필름 또는 디스플레이 분야에 사용가능한 금형 제작이 가능하게 된다.

[0021] 또한, 가공물 준비를 제외하면 단일 공정으로 진공상태에서 패터닝이 이루어지기 때문에 제작된 금형의 오염 요소를 완벽하게 차단할 수 있으며, 또한 단일 공정이기 때문에 공정의 최적화 후에는 금형의 신뢰성을 보장할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 입사각에 따른 가속 이온에 의한 스퍼터링 속도의 경향을 보여주는 그래프
 도 2는 원통형 가공물에 대한 이온 빔 식각 공정을 나타내는 개념도
 도 3은 평판형 가공물에 대한 이온 빔 식각 공정을 나타내는 개념도
 도 4는 본 발명의 플라즈마 잠입 이온을 이용한 가공 공정시 입사각을 통한 나노 패터닝을 나타내는 개념도
 도 5는 본 발명의 플라즈마 잠입 이온을 이용한 가공 공정을 위한 장치를 나타내는 도면
 도 6은 본 발명에 따라 원통형 가공물의 표면에 나노패턴을 형성하는 공정을 나타내는 개념도
 도 7은 본 발명의 일 예로서, 가공물을 둘러싸고 있는 덮개의 일면에 있는 추출전극의 슬릿에 각도를 준 상태에서 원통형 가공물의 표면을 가공하는 공정을 나타내는 개념도
 도 8은 본 발명의 다른 예로서, 가공물을 둘러싸고 있는 덮개의 4면에 있는 슬릿에 각도를 준 상태에서 원통형 가공물의 표면을 가공하는 공정을 나타내는 개념도
 도 9는 본 발명의 또 다른 예로서, 도 5의 구조를 포함하며, 2개의 원통형 가공물을 하나의 배치에서 처리하는 가공을 나타낸 개념도
 도 10은 본 발명의 또 다른 예로서, 이중 가공물 덮개를 보여주는 도면
 도 11은 실제로 구현된 본 발명의 실험 장비의 사진을 나타내고 있는 도면
 도 12는 도 11에 나타낸 실험 장치를 이용하여 실리콘 시편에 대해 다양한 형상의 나노패턴을 형성시킨 결과

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 본 발명을 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 설명하기로 한다.

[0024] 본 발명의 플라즈마 잠입 이온을 이용한 가공 장치 및 방법은 대면적의 가공물, 예를 들어 원통형 가공물의 표면에 나노사이즈의 다양한 패턴을 형성하기 위한 것으로, 특히 플라즈마 잠입 이온을 이용하여 가공물의 표면에 나노패턴을 형성할 때 상기 가공물과 일정 거리를 두고 배치되어 있는 추출전극의 슬릿 각도를 조절함으로써 가공물의 표면으로 입사되는 다양한 나노패턴의 형성이 가능하게 됨에 특징이 있다.

[0025] 도 4는 본 발명의 개념도로서, 플라즈마 잠입 이온을 이용한 가공 공정시 입사각을 통한 나노 패터닝을 나타내는 개념도이다.

[0026] 도 4에 나타낸 바와 같이, 본 발명에서는 가공물 표면에 입사되는 이온의 입사각을 조절하여 가공물 표면에 형성되는 나노패턴의 형상을 결정한다.

[0027] 도 5와 도 6에는 본 발명에 따라 가공물의 표면에 나노패턴을 형성하는 공정을 위한 가공 장치가 도시되어 있다.

[0028] 도 5 및 도 6에 나타낸 바와 같이, 상기 가공 장치는 전기적으로 절연되면서 플라즈마가 덮개 주변에 균일하게 채워지는 진공 챔버(10), 원통형이나 평판형의 가공물(11)이 놓여지는 부분으로서 진공 챔버(10)의 내부에 설치되어 회전가능한 받침대(12) 및 회전수단(13), 적어도 한 면 이상에 가공물 표면을 따라 배치되는 슬릿(14)이 구비되고 전도성을 가지면서 가공물(11)을 둘러싸서 플라즈마로부터 분리시키며 전기적으로 가공물(11)과 연결되는 덮개(15), 상기 가공물(11)과 덮개(15)에 전원을 공급하는 전원공급원(16) 등을 포함하는 형태로 이루어진다.

[0029] 여기서, 상기 덮개(15)의 경우 다양한 단면 형태, 예를 들면 사각 단면이나 오각 단면 등의 형태를 가질 수 있

으며, 다시 말해 가공물(11)을 둘러싸는 4개 이상의 측면을 가진 단면 형태를 가질 수 있으며, 상기 덮개(15)와 가공물(11)에 공급되는 바이어스는 RF 자기(self) 바이어스, 단극 반복 펄스 바이어스, 축적된 양의 전하가 매 펄스마다 음의 전하와 상쇄될 수 있는 이극 반복 펄스 바이어스 등이 적용될 수 있고, 상기 진공 챔버(10)에 조성되는 플라즈마는 내부 안테나를 갖는 ICP 소스, 아르곤 등과 같은 불활성 가스, 반응성 가스 등이 적용될 수 있다.

- [0030] 상기 전기적인 바이어스는 직류(DC), 단극 또는 이극의 펄스 또는 RF 바이어스를 이용할 수 있다.
- [0031] 그리고, 상기 가공물(11)의 세팅을 위해 마련되는 받침대(12)의 경우 베어링 수단을 포함하고, 이 가공물(11)의 회전을 위하여 받침대(12)를 회전시켜주는 회전수단(13)은 모터 등을 구동원으로 하는 통상의 회전장치를 적용할 수 있다.
- [0032] 또한, 상기 진공 챔버(10)의 경우 챔버 내부를 고진공으로 만들어줄 수 있는 펌프(17)와, 덮개(15)를 따라 가스를 분사해줄 수 있는 가스사위기(18)를 포함한다.
- [0033] 따라서, 전기적으로 절연된 진공 챔버(10)의 내부에는 원통형 가공물(11)이 받침대(12) 상에 부착된 상태로 배치되고, 이렇게 배치되는 가공물(11)의 주위로는 원통형의 축을 따라 균일하게 분포되어 있는 저온 플라즈마가 둘러싸게 된다.
- [0034] 그리고, 상기 가공물(11)은 덮개(15) 내에 수용되면서 플라즈마와 격리된다.
- [0035] 상기 덮개(15)에는 슬롯(14)이 형성되고, 이때의 슬롯(14)은 덮개(15) 내 수용되어 있는 원통형 가공물(11)의 표면을 따라가면서 배치되며, 가공물(11)과 일정 거리를 두게 된다.
- [0036] 또한, 스퍼터링을 유발시키기에 충분한 음전위가 전기적으로 서로 연결된 가공물(11)과 덮개(15)에 부가된다. 상기 스퍼터링은 아르곤과 같은 불활성 기체가 플라즈마를 형성할 때, 또는 반응성 가스로부터 플라즈마가 형성될 때에 물리적으로 행해진다.
- [0037] 이에 따라서, 플라즈마로부터 나온 이온은 덮개(15)와 플라즈마층 사이에 형성된 쉬스층(Sheath; 19), 예를 들면 플라즈마 분위기 내에 놓여져 있는 덮개나 가공물 표면 주변에 조성되는 플라즈마가 존재하지 않는 층인 쉬스층(19) 안으로 가속되고, 슬롯(14)을 통과하여 가공물(11)과 덮개(15) 사이의 간격 내부에서 리본 파형의 빔을 형성한 후, 가공물(11)의 표면 거칠기 감소를 발생시킬 수 있도록 사전에 결정된 경사 각도 범위 내에서 원통형 가공물(11)에 충돌하게 된다.
- [0038] 이를 위해 상기 슬롯(14)은 덮개(15)의 측면에 형성됨에 있어, 사전에 결정된 경사 각도로 각도 가변 및 조절이 가능하게 형성된다.
- [0039] 도면으로 도시하지는 않았으나, 예를 들면, 상기 슬롯(14)은 그 길이방향의 상단과 하단에 덮개(15)에 지지된 형태로 축을 기준으로 회전가능하게 해주는 수단을 구비하며, 또한 결정한 소정의 경사 각도로 슬롯(14)의 각도를 변경 조절한 뒤 조절된 각도 상태로 고정될 수 있게 된다.
- [0040] 도 7은 본 발명의 일 예로서 가공물을 둘러싸고 있는 덮개의 일면에 있는 슬롯에 각도를 준 상태에서 원통형 가공물의 표면을 가공하는 공정을 나타내는 개념도이고, 도 8은 본 발명의 다른 예로서 가공물을 둘러싸고 있는 덮개의 4면에 있는 슬롯에 각도를 준 상태에서 원통형 가공물의 표면을 가공하는 공정을 나타내는 개념도이다.
- [0041] 도 7의 일 예에 나타난 바와 같이, 덮개(15)의 일면에만 각도 조절이 가능한 슬롯(14)을 형성할 수 있다.
- [0042] 여기서, 상기 슬롯(14)은 가공물(11)의 표면에 형성하고자 하는 나노패턴에 따라 사전에 결정한 소정의 경사 각도로 가변 조절된 형태로 도시되어 있다.
- [0043] 이렇게 소정 각도를 형성하도록 기울어지게 조절된 슬롯(14)은 쉬스층(19)을 통해 덮개(15) 내부로 입사되는 이온이 소정의 입사각을 형성하며 입사되도록 해주며, 이에 덮개(15)와 가공물(11) 사이의 공간으로 제공된 이온은 리본 파형의 빔을 형성하면서 가공물(11)의 일정 위치에 수직 방향이 아닌 경사진 각도로 도달하여 충돌하게 되므로, 가공물(11)의 돌출된 부분을 선택적으로 제거하며 패턴을 형성하게 된다.
- [0044] 다시 말해, 슬롯(14)을 통해 입사된 이온 빔이 소정의 각도를 형성하며 가공물(11)의 표면에 도달하도록 설정함으로써 가공물(11)의 일정 부분만 이온이 충돌하게 되므로, 원통형 가공물(11)의 임의의 지점에서 원통 표면에 도달하는 이온의 입사각을 조절 및 제한할 수 있다.
- [0045] 이때, 슬롯(14)의 각도 설정에 따라 가공물(11)에 충돌하는 이온이 가공물(11)의 표면에 수직방향이 아닌 비스

듬히 경사진 방향으로 진행하여 충돌하게 됨으로써 원하는 나노패턴을 형성할 수 있게 되며, 상기 슬롯(14)의 각도를 원하는 바에 따라 변경 조절함으로써 다양한 형태의 나노패턴을 형성할 수 있게 된다.

- [0046] 여기서, 슬롯(14)을 통해 이온을 입사시킴으로써 가공물(11)의 표면에 일부분에만 패턴을 형성하거나, 또는 슬롯(14)을 통해 이온을 입사시키는 동시에 가공물(11)을 일정 각도 이상으로 회전시킴으로써 회전 범위에 따라 가공물(11)의 표면에 일정 구간 이상에 패턴을 형성할 수 있다.
- [0047] 한편, 도 8의 다른 예에 나타낸 바와 같이, 덮개(15)의 4개의 측면에 모두 각도 조절이 가능한 슬롯(14)을 형성하는 것도 가능하다.
- [0048] 여기서, 상기 덮개(15)의 측면에 구비된 각 슬롯(14)은 앞서 설명한 같은 동일한 성능을 발휘할 수 있으며, 또한 각 슬롯(14)의 각도를 원하는 바에 따라 동일하게 또는 서로 다르게 설정할 수 있다.
- [0049] 예를 들면, 상기의 각 슬롯(14)은 둘 이상이 동일한 각도를 가지거나 또는 서로 다른 각도를 가지도록 가변 조절될 수 있으며, 이 외에도 각 슬롯(14)의 각도를 패턴 형성이 가능한 범위 내에서 제한 없이 다양하게 설정할 수 있다.
- [0050] 다시 말해, 가공물 표면에 형성하고자 하는 나노패턴의 형태에 따라 덮개(15)에 구비된 복수 개의 슬롯(14)의 각도를 사전에 결정된 소정의 각도로 가변 조절할 수 있으며, 각 슬롯(14)의 각도는 다른 슬롯의 가변 각도에 관계없이 독립적으로 가변 조절이 가능하며, 이에 의해 가공물 표면에 더욱 다양한 형태의 나노패턴을 형성할 수 있게 된다.
- [0051] 도 8의 경우, 슬롯(14)을 통해 이온을 입사시킴으로써 가공물(11)의 표면에 원하는 부분에만 패턴을 형성하거나, 또는 슬롯(14)을 통해 이온을 입사시키는 동시에 가공물(11)을 일정 각도 이상으로 회전시킴으로써 회전 범위에 따라 가공물(11)의 표면에 원하는 범위의 구간에 패턴을 형성할 수 있다.
- [0052] 또한, 도 7 및 도 8의 실시예에서는 덮개(15)의 일면에 하나의 슬롯(14)이 구비된 형태를 도시하여 설명하였으나, 덮개(15)의 일면에 복수 개의 다중 슬롯(14)이 구비되는 것도 가능하며, 또한 덮개(15)의 일면에 구비된 복수 개의 슬롯 역시 상호 관계없이 다양한 각도로 가변 조절 가능하게 된다.
- [0053] 여기서 각 슬롯(14)의 길이는 가공물(11)의 길이와 동일하게 된다.
- [0054] 상기와 같이 슬롯(14)의 각도 조절을 통한 이온의 입사각과 더불어, 사전에 결정된 이온 에너지와 가공물(11)의 소재에 따라 나노패턴의 형상을 결정할 수 있게 된다.
- [0055] 또한, 가공물(11)은 그 축이 덮개(15)와 일정한 각도를 가지고 기울어지게 될 수 있다.
- [0056] 본 발명은 전도성 또는 비전도성의 물질로 이루어진 원통형 가공물 모두에 적용할 수 있으며, 이때의 가공물은 직경이 1~40cm, 길이는 10~200cm 정도까지 가공이 가능하다.
- [0057] 한편, 본 발명에서는 가공물(11)의 회전을 통한 일반적인 플라즈마 잠입 이온 가공을 통해 원통형 가공물(11)의 표면을 균일하게 처리하는 것도 가능하다.
- [0058] 또한, 본 발명에서는 가공물이 회전되는 구성을 예로 들었지만, 가공물을 고정시키고 덮개를 회전시키는 구성도 가능하다.
- [0059] 다시 말해, 가공물(11)과 덮개(15)의 상대 회전 운동을 통해 원통형 가공물(11)의 표면을 균일하게 처리할 수도 있다.
- [0060] 도 9는 본 발명의 구체화된 또 다른 예로서, 도 6에서 나타낸 구조를 포함하고 있으며, 평행하게 연결된 두 개의 원통형 가공물(11)을 한 배치에서 처리할 수 있는 플라즈마 잠입 이온 가공의 예를 보여주고 있다.
- [0061] 도 9에서와 같이 받침대(12) 및 회전수단(13)과 덮개를 둘 또는 그 이상의 세트에 구비하여, 하나의 진공 챔버(10) 내에서 복수 개의 가공물(11)을 동시에 가공할 수 있도록 함으로써 단일 공정으로 많은 수의 가공물(금형) 가공 작업이 가능하게 된다.
- [0062] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예로서, 이중 가공물 덮개(15)를 보여준다.
- [0063] 도 10에서 가공물(11)을 둘러싸고 있는 덮개(15)는 서로 소정의 갭을 유지하는 내측의 인너 덮개(15a)와 외측의 아웃터 덮개(15b)로 구성되고, 내측의 전도성 인너 덮개(15a)는 가공물(11)과 연결되며, 외측의 아웃터 덮개(15b)는 플로팅(Float ing) 또는 접지된다.

- [0064] 이때 본 발명에서 구현하고자 하는 가공 장치를 보다 효율적으로 활용하기 위해서는 아웃터 덮개는 플로팅 상태가 바람직하며, 공정 특성상 플로팅 상태를 유지하기 힘들 경우에는 접지하는 방법을 선택할 수 있다.
- [0065] 사각의 단면을 갖는 인너 덮개(15a)와 아웃터 덮개(15b)의 각 면에는 2개씩의 슬롯(14)이 구비되어 있고, 이때의 각 슬롯(14)은 가공물(11)의 중심이 아닌 외곽쪽을 향해 위치되어 있다.
- [0066] 이렇게 슬롯(14)이 위치됨에 따라 가공물(11)에 충돌하는 이온은 충돌 후 빗겨가면서 부분적으로 우수한 연마특성을 보일 수 있게 된다.
- [0067] 이때, 슬롯(14)의 폭은 가공물(11)의 일부 면적을 커버할 수 있는 좁은 폭을 갖는다.
- [0068] 도 11은 실제로 구현된 본 발명의 실험 장비의 사진을 나타내고 있다. 여기서는 덮개(15)의 측면에 두 개의 슬롯(14)이 구비된 형태를 보여주고 있으며, 일면의 슬롯(14) 중 하나는 소정 각도로 기울어진 구조를 보여주고 있다.
- [0069] 도 12는 도 11에 나타낸 실험 장치를 이용하여 실리콘 시편에 대해 다양한 형상의 나노패턴을 형성시킨 결과이다.
- [0070] 좌측 사진은 슬롯(14)을 통해 입사하는 이온의 입사각을 7°로 설정한 경우 도트(dot) 형태로 나노패턴이 형성된 결과를 보여주고 있고, 가운데 사진은 슬롯(14)을 통해 입사하는 이온의 입사각을 58°로 설정한 경우 웨이브(wave) 구조 위에 도트가 오버랩 된 형태의 나노패턴이 형성된 결과를 보여주고 있고, 우측 사진은 슬롯(14)을 통해 입사하는 이온의 입사각을 68°로 설정한 경우 스텝(step) 형태의 나노패턴이 형성된 결과를 보여주고 있다.
- [0071] 여기서, 슬롯(14)을 통해 입사하는 이온의 입사각을 제외한 조건은 모두 동일하게 하고 상기와 같은 패턴 결과를 얻었다.
- [0072] 한편, 본 발명에서 제공하는 플라즈마 잠입 이온을 이용한 나노패턴 가공 방법에 대해 살펴보면 다음과 같다.
- [0073] 상기 나노패턴 가공 방법은 가공물(11)과 덮개(15)에 연결되어 있는 전원공급원(16)을 통해 가공물(11)과 덮개(15)에 플라즈마 전위에 비해 상대적으로 음의 값을 갖는 바이어스가 제공되면, 덮개(15)에 있는 슬롯을 통해서 덮개 주변에 형성된 쉬스층(19) 내부로 가속된 이온이 덮개(15)와 가공물(11) 사이의 간격 내부로 이끌리게 되고, 이때 덮개(15)와 가공물(11) 사이로 제공되는 이온은 슬롯(14)의 경사 각도에 의해 사전에 결정된 각도를 형성하며 가공물(11)의 표면에 도달하여 충돌하게 된다.
- [0074] 즉, 이온은 회전하는 가공물(11)의 표면에 사전에 정해진 범위의 입사각을 갖고 충돌하게 되며, 이로 인해 가공물(11)의 표면을 연마하여 원하는 바의 패턴을 형성하는 공정이 이루어지게 된다.
- [0075] 이를 좀더 상세히 설명하면, 먼저 전기적으로 절연된 진공 챔버(10) 내부에 가공물(11)을 배치하는 단계로서, 진공 챔버(10)와 전기적으로 절연되고 회전가능한 받침대(12) 위에 가공물(11)을 배치 및 부착하는 단계를 수행한다.
- [0076] 다음, 가공물(11)에 전기적으로 절연된 덮개(15)를 씌우는 단계를 수행한다, 상기 덮개(15)는 가공물(11)과 전기적으로 연결되어 이온 추출전극으로서의 역할을 하게 된다.
- [0077] 이어서, 가공물(11)의 표면에 형성하고자 하는 나노패턴에 따라 상기 덮개(15)의 슬롯(14)을 소정의 각도로 조절하여 세팅한다.
- [0078] 계속해서, 상기 진공 챔버(10)의 내부에 플라즈마를 제공하는 단계를 수행한다. 즉, 덮개(15) 주변에 저온의 고밀도 플라즈마를 형성하는바, 이때의 플라즈마는 가공물(11)에 따라 균일하게 조성하는 것이 바람직하다.
- [0079] 그 다음, 상기 가공물(11)과 덮개(15)에 음의 바이어스를 부가하고, 가공물(11)과 덮개(15)의 상대 회전 운동을 형성한다. 이는 받침대(12) 및 회전수단(13)을 통해 가공물(11)을 회전시킴으로써 수행할 수 있다.
- [0080] 그리고, 이때의 바이어스로는 DC, 단극 또는 이극의 펄스 또는 RF를 이용할 수 있다.
- [0081] 이어서, 사전에 결정된 값의 입사각 및 이온 에너지를 갖는 이온 충돌에 의해 가공물(11)의 표면을 연마한다.
- [0082] 즉, 덮개(15) 주변에 형성된 쉬스층(19) 내부로 가속된 이온이 슬롯(14)을 통해 덮개(15)와 가공물(11) 사이의 간격 내부로 이끌리면서 그 내부의 가공물(11)에 충돌하게 됨으로써 가공물(11)의 표면을 가공하여 나노패턴을 형성한다.

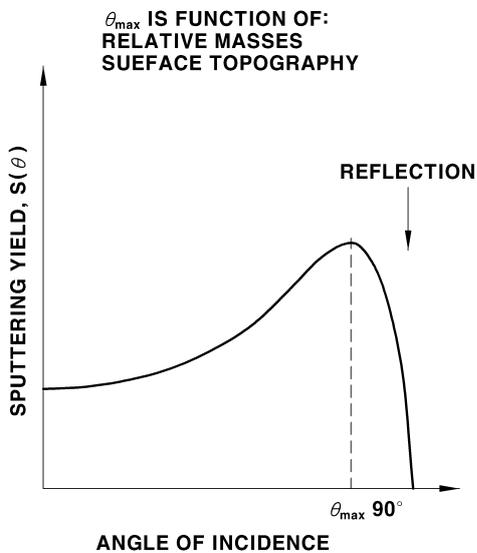
- [0083] 이와 같이, 본 발명은 다양한 종류의 가공물에 대한 이온 빔 또는 플라즈마 가공과 관련되어 선공정 없이 여러 형상의 나노패턴을 원통형 기판에 형성하는 작업을 수행할 수 있으며, 기능성 필름, 평판형 디스플레이와 같은 제품의 생산에 적용할 수 있다.
- [0084] 보다 구체적으로는, 대면적 원통 기판에의 플라즈마 잠입 이온을 이용하여 여러 나노 패턴을 형성함으로써 나노 스탬퍼(stamper)를 제작하여, 나노 패턴을 이용한 기능성 필름, 평판형 디스플레이 등에 적용이 가능하다.
- [0085] 본 발명에서 설명한 플라즈마 공정 및 장비는 간단한 설계와 타공정 없이 대면적의 원통형 및 평판형 가공물의 표면에 나노미터 사이즈의 구조물을 형성할 수 있다.

부호의 설명

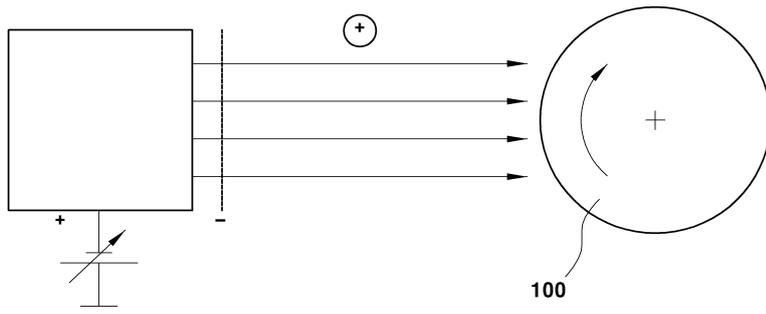
- [0086] 10 : 진공 챔버
- 11 : 가공물
- 12 : 받침대
- 13 : 회전수단
- 14 : 슬롯
- 15 : 덮개
- 16 : 전원공급원
- 17 : 펌프
- 18 : 가스샤워기
- 19 : 쉬스층

도면

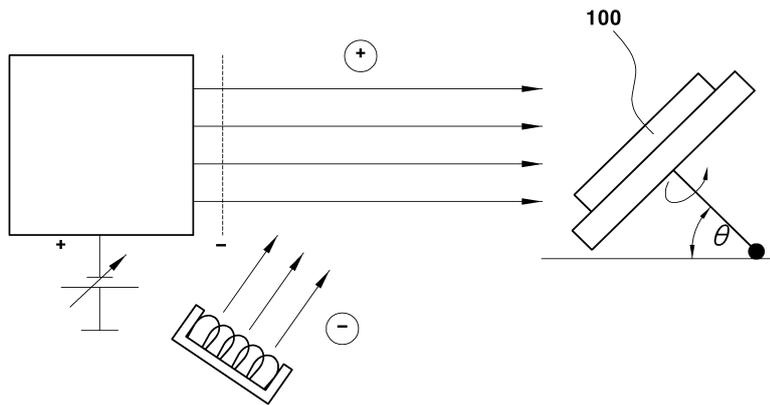
도면1



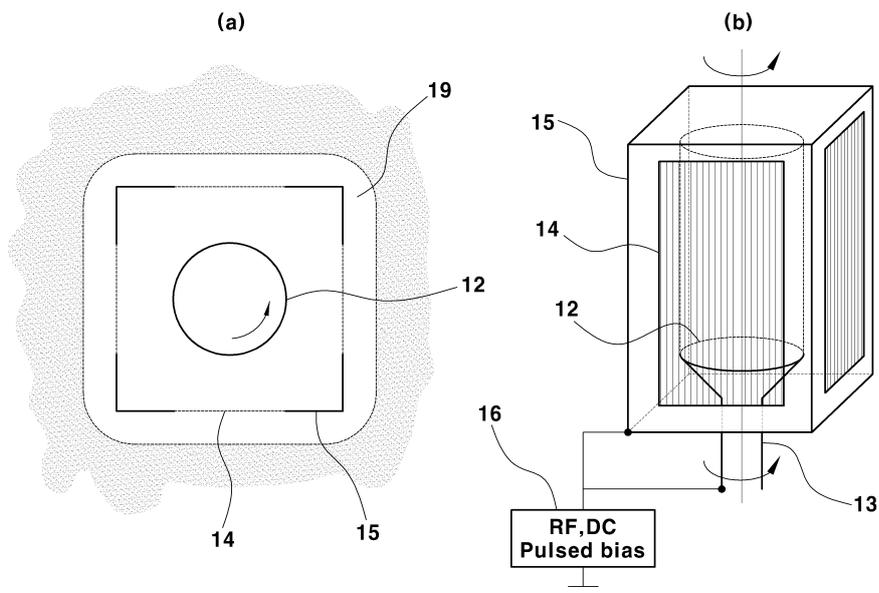
도면2



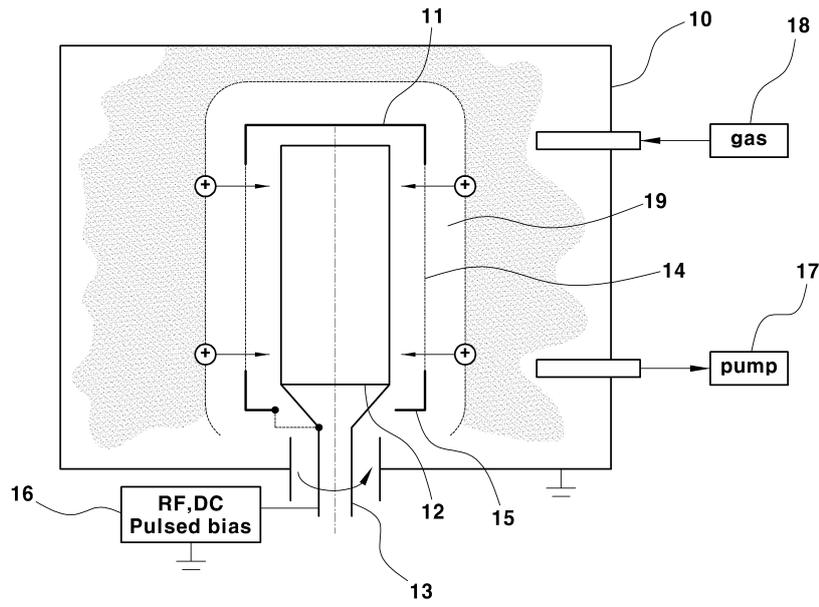
도면3



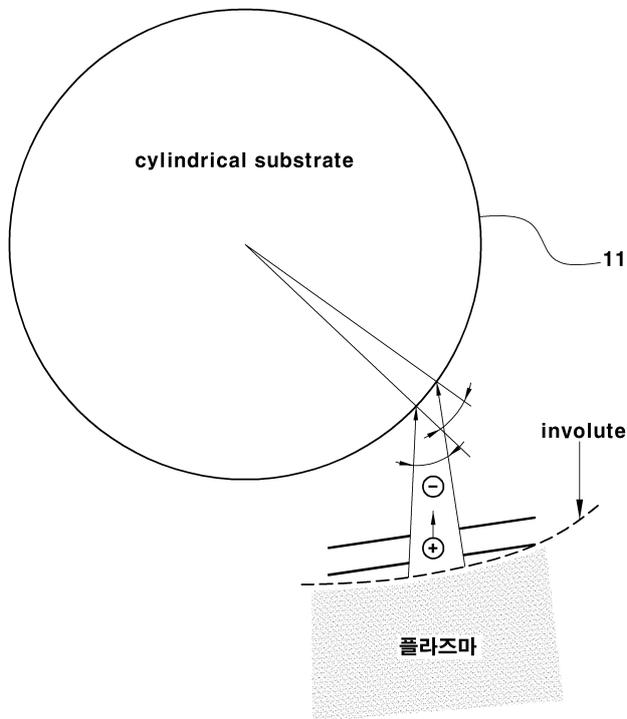
도면4



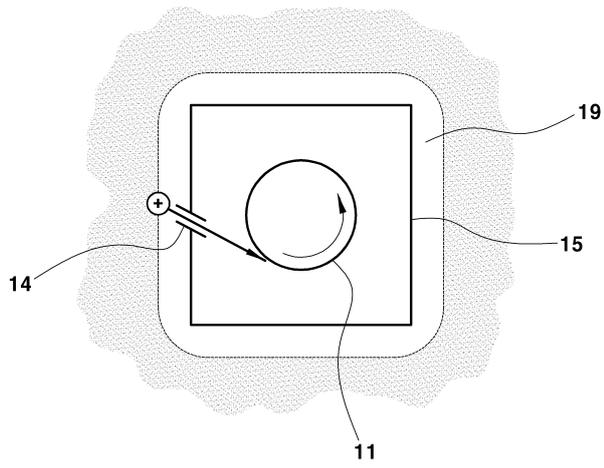
도면5



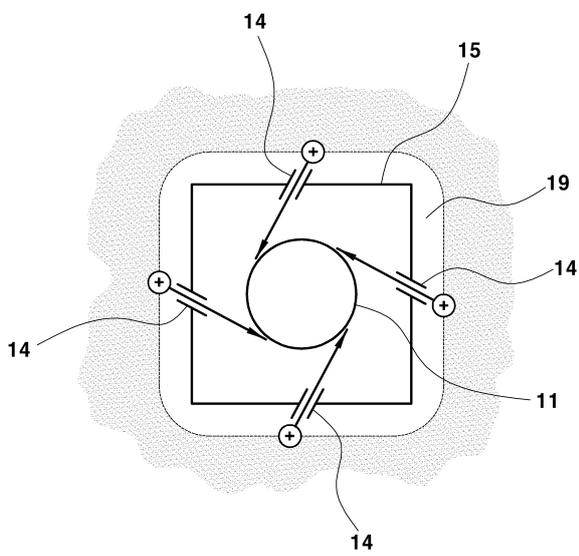
도면6



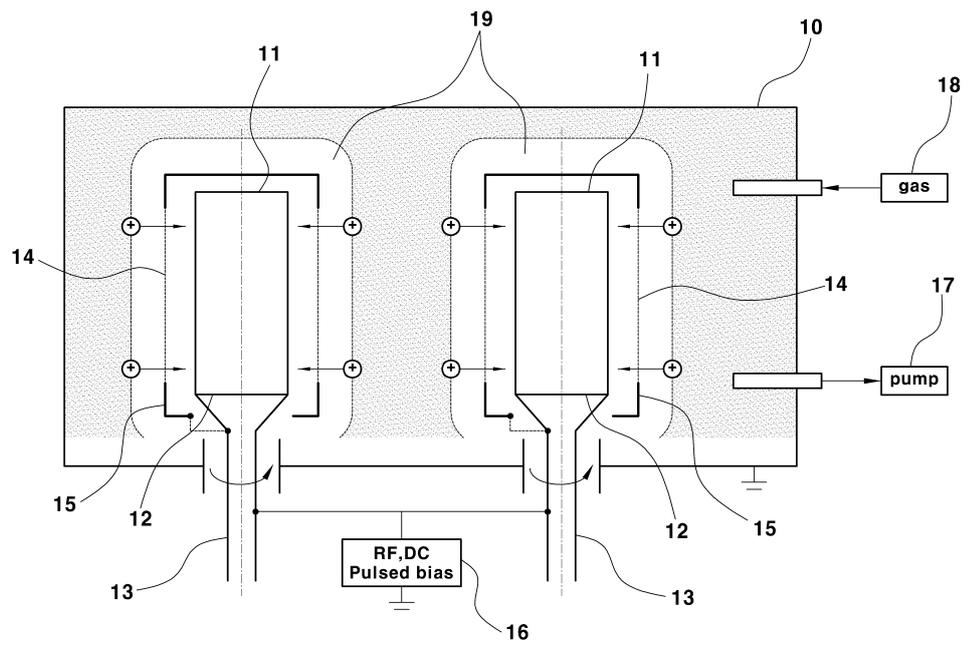
도면7



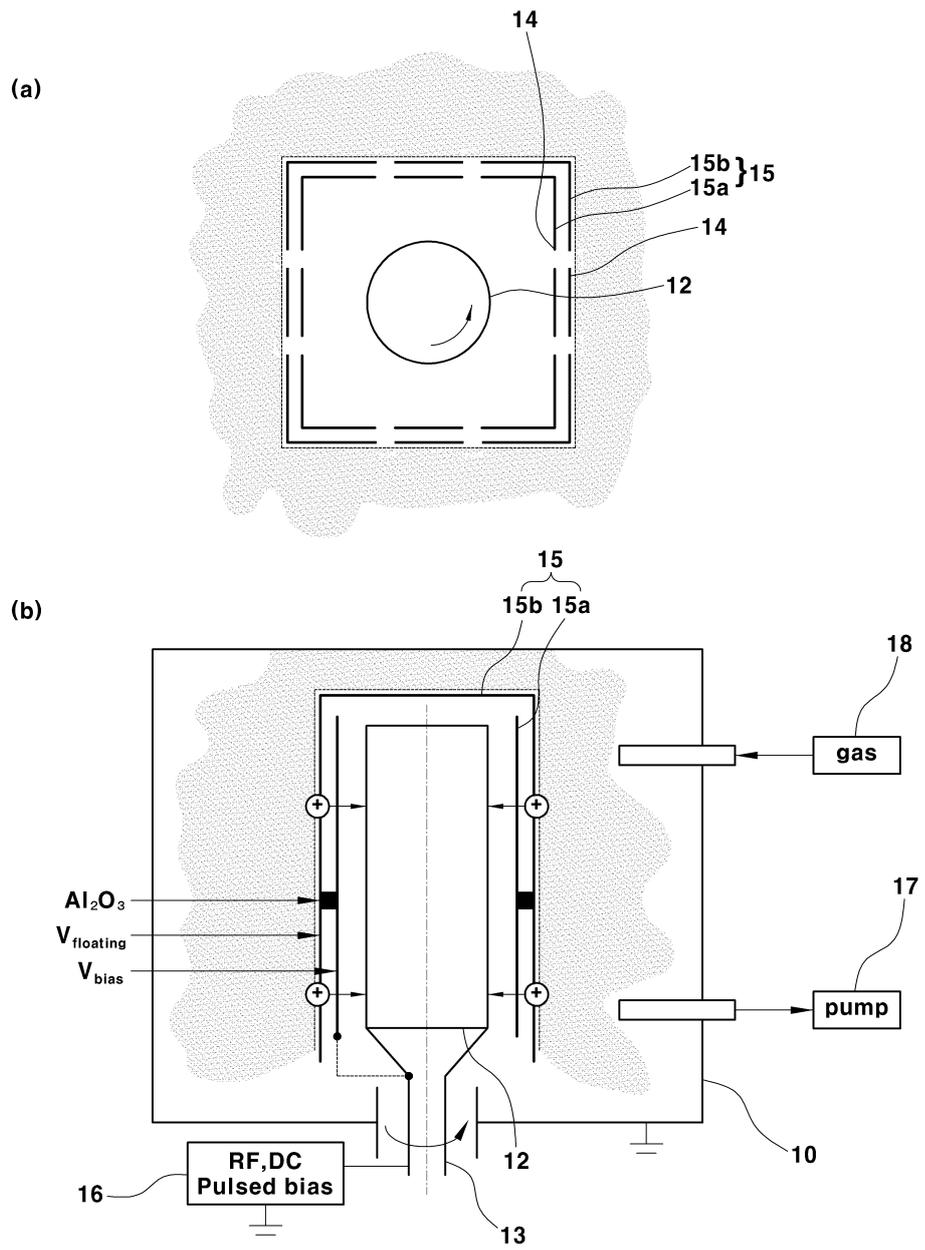
도면8



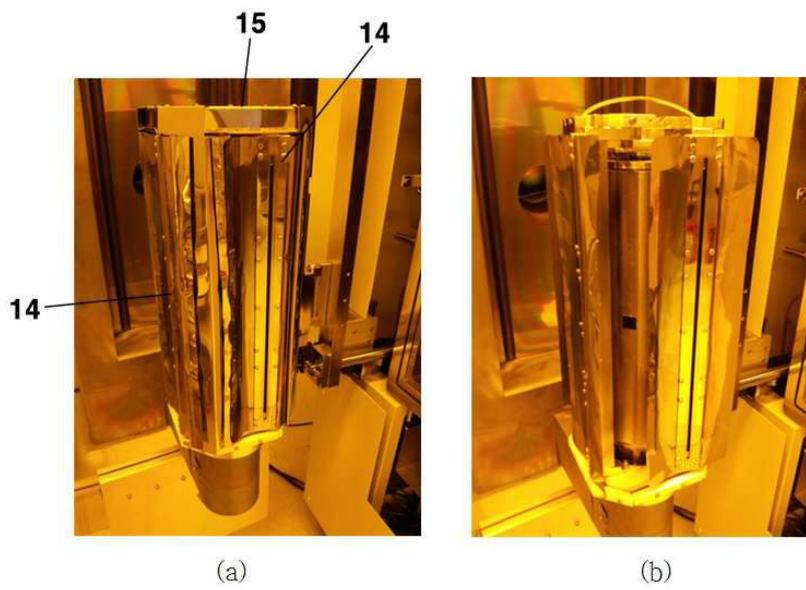
도면9



도면10



도면11



도면12

