



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년09월03일
 (11) 등록번호 10-0754369
 (24) 등록일자 2007년08월27일

(51) Int. Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0059194
 (22) 출원일자 2006년06월29일
 심사청구일자 2006년06월29일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2001319923 A
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자

한국기초과학지원연구원
 대전광역시 유성구 어은동 52번지

(72) 발명자

유석재
 대전 유성구 전민동 엑스포아파트 303동 1601호
이봉주
 대전광역시 유성구 도룡동 현대아파트 103동 403호

(74) 대리인

김진학

전체 청구항 수 : 총 10 항

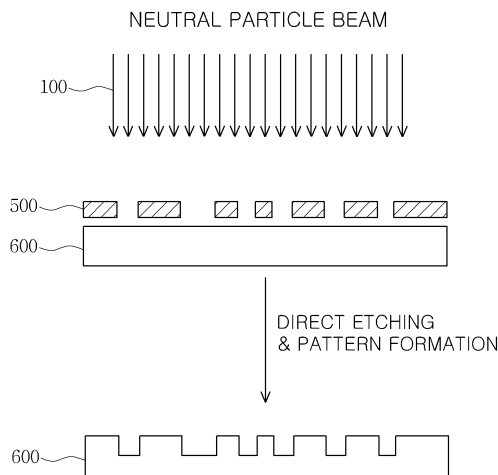
심사관 : 정해곤

(54) 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의패턴을 형성하는 방법

(57) 요약

본 발명에서는 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법이 제공된다. 본 발명에 따르면, a) 중성입자빔을 소정의 패턴이 형성된 마스크를 통과시키는 단계, b) 상기 마스크를 통과한 중성입자빔을 포토레지스트로 도포되지 아니한 기판과 직접 접촉시키는 단계, 및 c) 상기 중성입자빔과 접촉한 기판표면으로부터 기판을 형성하는 물질을 직접 에칭에 의해 제거하여, 상기 중성입자빔과 접촉한 영역에 네가티브 패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법이 제공된다. 상기한 방법은 소정의 패턴을 기판에 형성시키기 위해 통상 수행되는 공정들, 예를 들면, 포토레지스트 도포, 노광, 현상, 포토레지스트 제거 공정들을 전혀 수행하지 아니하고도, 원하는 패턴을 직접 기판 상에 형성시킬 수 있는 장점을 갖고 있다. 또한, 상기 방법은 기판 상에 직접 접촉하지 아니하는 마스크를 이용함으로써 기판의 표면에 차폐물을 직접 접촉시켜 배치하는 방법의 문제점들, 구체적으로 차폐물의 규칙적 배열의 곤란함과 차폐물에 의한 기판의 손상 등을 해결할 수 있는 장점을 갖는다.

대표도 - 도2



(56) 선행기술조사문헌

KR1020010102628 A

KR1020020039840 A

KR1020060081849 A

KR1020060085049 A

특허청구의 범위

청구항 1

- a) 중성입자빔을 소정의 패턴이 형성된 마스크를 통과시키는 단계와,
 b) 상기 마스크를 통과한 중성입자빔을 포토레지스트로 도포되지 아니한 기판과 직접 접촉시키는 단계와, 그리고
 c) 상기 중성입자빔과 접촉한 기판표면으로부터 기판을 형성하는 물질을 직접 에칭에 의해 제거하여, 상기 중성입자빔과 접촉한 영역에 네가티브 패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 a)의 중성입자빔이,

- a-1) 플라즈마 방전공간에서 플라즈마 방전에 의해 처리가스의 플라즈마를 생성하는 단계와,
 a-2) 상기 플라즈마 방전공간에서 생성된 플라즈마의 양이온을 상기 플라즈마 방전공간의 상부에 위치한 금속판과 충돌시켜 중성입자를 생성하는 단계와, 그리고
 a-3) 생성된 중성입자를, 상기 플라즈마 방전공간의 하부에 위치한, 슬릿 또는 홀을 갖는 플라즈마 리미터를 통과시켜, 상기 플라즈마 방전공간에서 생성된 플라즈마 이온 또는 전자의 간섭을 배제하는 단계에 의해 생성되는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 단계 a-1)의 플라즈마 방전을 수행하면서, 상기 금속판을 가로질러 플라즈마 방전공간에 자기장을 인가하여, 금속판 근방에서의 플라즈마 이온의 분포를 증가시키는 단계를 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 단계 a-1)의 플라즈마 방전을 수행하면서, 중앙폴과 상기 중앙폴을 둘러싸는 사이드폴로 이루어진 레이스 트랙 배열을 갖는 마그네트론 유닛에 의해 상기 금속판을 가로질러 플라즈마 방전공간에 자기장을 인가하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 단계 a-3)의 플라즈마 리미터를 통과한 중성입자빔을, 상기 플라즈마 리미터의 하부에 위치한, 홀을 갖는 칼러메이터를 통과시켜 칼러메이팅하는 단계를 추가로 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 칼러메이터에 형성된 홀의 길이는 중성입자빔의 평균자유이동거리로 설정되고, 상기 홀의 직경은 상기 홀의 길이를 기판에 형성하고자 하는 패턴형상의 깊이와 넓이의 비로 나눈 값으로 설정되는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

청구항 7

제2항에 있어서, 상기 금속판은 오목거울 형상을 갖고, 상기 마스크와 기판의 사이에 애퍼츄어를 갖는 판을 위치시켜, 상기 금속판에 의해 반사된 중성입자빔을 상기 애퍼츄어의 중심에 집속하는 단계를 추가적으로 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

청구항 8

제2항에 있어서, 상기 기판이 실리콘 기판이고, 상기 처리가스가 불소 또는 염소-함유 기체인, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

청구항 9

제2항에 있어서, 상기 기관과 직접 접촉하지 아니한 채, 1 - 20 범위 내의 배율을 갖는 마스크를 사용하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기관 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 기관과 직접 접촉하지 아니한 채, 상기 기관의 상부에서, 근접 배치된 배율이 1인 스텐실 마스크를 사용하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기관 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <7> 본 발명은 기관 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기관 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법에 관한 것이다.
- <8> 도 1에 도시된 바와 같이, 종래 리소그래피에 널리 사용되어온 방법은 광학 리소그래피(optical lithography)이다. 이러한 광학 리소그래피는 기관(20) 상에 포토레지스트(30) 코팅을 수행하고, 포토레지스트(30)가 형성된 기관(20) 상에 소정의 패턴이 형성된 마스크(10)를 근접배치한 후 빛에 노출시키는 노광 단계와 빛에 노출된 영역(또는 빛에 노출되지 아니한 영역)을 현상액으로 제거하는 현상 단계로 구성된다. 상기한 광학 리소그래피의 이론적 해상도(resolution)는 수학식 1에 의해 정해진다.

$$Resolution = k_1 \frac{\lambda}{NA}$$

- <9>
- <10> 여기서, k_1 은 시스템 상수이며, λ 는 파장이고, NA는 구경수(Numerical Aperture)이다.
- <11> 상기 수학식 1에서 알 수 있는 바와 같이, 빛의 파장(λ)이 작을수록 해상도가 좋아지게 되며, 따라서 작은 가공크기를 얻을 수 있게 된다. 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 광원의 예로는 248 nm의 파장을 갖고 있는 KrF 레이저 또는 193 m의 파장을 갖고 있는 ArF 레이저를 들 수 있다. ArF 레이저를 채용하는 광학 리소그래피의 경우, 이론적 해상도는 70 nm까지이며, 현재 약 75 nm 정도의 가공 크기가 구현되고 있다. 보다 낮은 파장의 F₂ 레이저(파장: 157 nm, 해상도: 65 nm - 50 nm 정도)를 이용한 광학 리소그래피가 시도되고 있기는 하나, 장비 교체에 요구되는 비용이 문제되어 아직 광범위하게 사용되고 있지는 않고 있다.
- <12> 70 nm 이하의 미세패턴을 형성하기 위한 차세대 리소그래피(NGL: Next generation lithography)의 예로는 EUV(Extreme Ultraviolet)(파장: 10 - 100 nm) 또는 x-레이와 같이 빛의 개념을 갖는 소스를 이용한 리소그래피와 전자빔이나 이온빔과 같은 입자의 개념을 소스를 이용한 리소그래피가 있다. EUVL(Extreme Ultraviolet lithography)의 예로는 13.5 nm의 파장을 갖는 광원을 사용하고 배율은 4배 정도로 마스크를 축소하여 기관 상에 이미지를 형성하는 방법이다. 상기 EUVL은 현재 세계적으로 가장 관심을 갖고 개발 중인 소스의 하나이긴 하나, 렌즈 광학계를 사용 못하고 반사경을 사용하고 있다. 그러나, 반사경을 이용할 경우 반사효율이 현저히 낮아진다는 문제점을 안고 있다. 더 나아가, 새로운 EUV 소스를 개발하는 것이 어렵다는 단점이 있다. X-레이를 광원으로 이용한 예로는 1.3 nm의 파장의 x-레이를 이용하여 소정의 이미지가 새겨진 마스크를 기관에 근접하게 배치한 후 리소그래피를 수행하는 PXL(Proximity X-ray Lithography)을 들 수 있다. 그러나, 상기한 방법은 배율이 1배이므로 미세 패턴이 형성된 마스크가 요구된다는 단점이 있다.

- <13> 광자(빛의 입자: photon)와 달리, 전자빔이나 이온빔의 경우 그 파장은 드 브로이(de Broglie)에 의해 제안된 수학식 2로부터 얻어진다.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

- <14>
- <15> 여기서 λ 는 파장, h는 플랑크 상수, m은 입자의 질량, v는 입자의 속도이다.

<16> 상기 수학식 2에서 알 수 있는 바와 같이, 입자 빔의 파장은 입자의 질량 및 속도를 조절함으로써 파장을 현저히 줄일 수 있다. 예를 들면, 100 keV를 갖는 전자의 파장은 0.004 nm로서, 파장의 관점에서 보면, 광자에 비해 현저히 유리하다. 전자빔을 이용한 리소그래피의 예로는 소정의 이미지가 새겨진 마스크를 기판에 근접하게 배치한 후 전자빔을 조사하는 PEL(Proximity Electron Lithography) 및 렌즈 광학계를 이용한 EPL(Electron Projection Lithography)을 들 수 있다. 그러나, 상기한 방법은 전자가 갖고 있는 전하 때문에 초점 근처에서 전자빔이 모이면서 발생하는 공간전하에 의해 전자의 궤도(trajecctory)가 변경되며, 따라서 이미지가 흐려지거나 훼손되는 블러링(blurring)이 발생한다는 문제점을 안고 있다.

<17> 상기한 문제점을 해결하기 위해 중성입자빔을 이용하여 리소그래피를 수행하는 방법이 제안되었다. 미국특허 제5,894,058호는 기판 상에 미세패턴을 형성하는 방법을 개시하고 있다. 상기 특허에 개시된 방법은 차폐물(shield)로서 작용하는 복수의 미세입자를 기판 위에 직접 분산시키고, 상기 표면에 일정한 방향성을 갖는 중성의 원자빔을 조사하여 기판의 표면에 미세패턴을 형성하는 단계를 포함한다. 그러나, 상기 방법은 기판 상에 복수의 미세입자를 규칙적으로 배열하는 것이 용이하지 않을 뿐만 아니라, 기판 상에 복수의 미세입자가 직접 접촉함으로써 미세입자에 의해 기판이 훼손될 염려가 있다는 단점이 있다. 또한 상기 방법은 차폐물에 의해 가려진 부분을 제외한 영역이 제거되고, 이것은 파지티브 패턴을 형성한다. 그러나, 파지티브 패턴에 의해서는 통상 정밀한 패턴을 형성하기 곤란하다는 문제점을 갖는다. 그 이유는 70 nm 이하의 구조물을 차폐물로서 사용하여야 하나, 70 nm 이하의 구조물을 제작하기는 쉽지 않기 때문이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<18> 본 발명의 목적은 간단하고 효율적으로 기판 상에 패턴을 형성하는 방법을 제공하는 것이다.

<19> 본 발명의 다른 목적은 기판의 표면에 직접 차폐물(shield)을 분산시킴으로서 발생할 수 있는 차폐물에 의한 영향을 배제할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

<20> 본 발명의 또 다른 목적은 기판 상에 소정의 패턴을 형성하되, 네가티브 패턴을 형성함으로써 매우 정교한 패턴을 기판 상에 형성하는 것을 목적으로 한다.

<21> 본 발명의 바람직한 구현예에 따르면, a) 중성입자빔을 소정의 패턴이 형성된 마스크를 통과시키는 단계, b) 상기 마스크를 통과한 중성입자빔을 포토레지스트로 도포되지 아니한 기판과 직접 접촉시키는 단계, 및 c) 상기 중성입자빔과 접촉한 기판표면으로부터 기판을 형성하는 물질을 제거하여, 상기 중성입자빔과 접촉한 영역에 네가티브 패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법이 제공된다.

<22> 본 발명의 보다 바람직한 구현예에 따르면, 상기 단계 a)의 중성입자빔이 a-1) 플라즈마 방전공간에서 플라즈마 방전에 의해 처리가스의 플라즈마를 생성하는 단계와, a-2) 상기 플라즈마 방전공간에서 생성된 플라즈마의 양이온을 상기 플라즈마 방전공간의 상부에 위치한 금속판과 충돌시켜 중성입자를 생성하는 단계와, 그리고 a-3) 생성된 중성입자를, 상기 플라즈마 방전공간의 하부에 위치한, 슬릿 또는 홀을 갖는 플라즈마 리미터를 통과시켜, 상기 플라즈마 방전공간에서 생성된 플라즈마 이온 또는 전자의 간섭을 배제하는 단계에 의해 생성되는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법이 제공된다.

<23> 본 발명의 더더욱 바람직한 구현예에 따르면, 상기 단계 a-1)의 플라즈마 방전을 수행하면서, 상기 금속판을 가로질러 플라즈마 방전공간에 자기장을 인가하여, 금속판 근방에서의 플라즈마 이온의 분포를 증가시키는 단계를 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법이 제공된다.

<24> 본 발명의 가장 바람직한 구현예에 따르면, 상기 단계 a-1)의 플라즈마 방전을 수행하면서, 중앙폴과 상기 중앙폴을 둘러싸는 사이드폴로 이루어진 레이스 트랙 배열을 갖는 마그네트론 유닛에 의해 상기 금속판을 가로질러 플라즈마 방전공간에 자기장을 인가하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법이 제공된다.

<25> 본 발명의 또 다른 바람직한 구현예에 따르면, 상기 단계 a-3)의 플라즈마 리미터를 통과한 중성입자빔을, 상기 플라즈마 리미터의 하부에 위치한 홀을 갖는 칼리메이터를 통과시켜 칼리메이팅하는 단계를 추가로 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법이 제공된다.

<26> 본 발명의 또 다른 바람직한 구현예에 따르면, 상기 금속판은 오목거울 형상을 갖고, 상기 마스크와 기판의 사이에 에퍼츄어를 갖는 판을 위치시켜, 상기 금속판에 의해 반사된 중성입자빔을 상기 에퍼츄어의 중심에 집중하는 단계를 추가적으로 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방

법이 제공된다.

<27> 본 발명에 따른 방법은 불소 또는 염소-함유 기체를 이용하여 실리콘 기판 상에 소정의 패턴을 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 효과적으로 형성시킬 수 있었다. 여기서, 상기 마스크는, 상기 기판과 직접 접촉하지 아니한 채, 1 - 20 범위 내의 배율을 갖는 것이 바람직하였다.

발명의 구성 및 작용

<28> 본 발명은 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, a) 중성입자빔을 소정의 패턴이 형성된 마스크를 통과시키는 단계, b) 상기 마스크를 통과한 중성입자빔을 포토레지스트로 도포되지 아니한 기판과 직접 접촉시키는 단계, 및 c) 상기 중성입자빔과 접촉한 기판표면으로부터 기판을 형성하는 물질을 직접 에칭에 의해 제거하여, 상기 중성입자빔과 접촉한 영역에 네가티브 패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법이 제공된다.

<29> 본 명세서에서, "직접 에칭"이라 함은, 기판 상에 어떠한 포토레지스트가 코팅되지 아니한 채, 원하는 패턴이 형성된 마스크를 통과한 중성입자빔이 기판의 표면과 충돌하고, 상기 충돌에 의해 상기 마스크에 형성된 패턴으로 기판의 표면을 에칭하는 것을 의미한다. 따라서, "직접 에칭"이라 함은 포토레지스트 코팅층을 갖지 아니하는 기판이 중성입자빔과 충돌하고, 이것에 의해 소정의 패턴이 형성됨을 의미한다. 이 때, 상기 마스크는 기판과 접촉하지 않고 일정한 거리를 두고 형성된다. 상기 마스크로서, 1의 배율을 갖는 스텐실 마스크가 사용될 수 있다. 이 때, 상기 스텐실 마스크는 기판 상에서 근접 배치된다. 스텐실 마스크를 이용한 에칭은 근접에칭(proximity etching)이라 불릴 수 있다. 집속 시스템이 채용될 경우, 상기 마스크의 배율은 1-20의 사이에서 결정되는 것이 바람직하고 고배율인 경우에는 투사에칭(projection etching)이라 불릴 수 있다. 보다 상세한 사항은 후술한다.

<30> 도 2는 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법을 설명하는 개략도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 방법은 기판(600) 상에 소정의 패턴을 형성하기 위해 중성입자빔(100)을 이용한다. 중성입자빔(100)은, 전자빔이나 이온빔과 달리, 전하를 갖지 아니한다. 따라서, 공간 전하에 의해 발생하는 궤도 변경이 배제되고, 패턴 형성에서 블러링(blurring)이 방지된다.

<31> 본 발명에 따른 방법은 기판(600) 상에 소정의 패턴을 형성하기 위해 마스크(500)를 사용한다. 상기 마스크(500)에는 소정의 패턴이 형성되어 있다. 이 때, 상기 마스크(500)는 기판(600)에 접촉되어 있는 것이 아니라, 소정의 간격을 두고 이격되어 있다. 이것은 종래의 미국특허 제5,894,058호에서 개시된 차폐물을 직접 기판 상에 접촉시키는 것과 구별된다.

<32> 상기 마스크(500)를 통과한 중성입자빔(100)은 기판(600)과 접촉하여 접촉한 영역을 에칭한다. 이 때, 상기 기판(600)에는 어떠한 포토레지스트에 의해 도포되어 있지 아니하다. 기판(600)을 형성하는 물질을 직접 에칭한다. 따라서, 이것은 종래의 패턴 형성방법, 예를 들면 포토레지스트 도포 --> 노광 --> 현상 공정의 순차적 수행의 문제점을 해소한다. 더 나아가, 본 발명에 따른 방법은 네가티브 에칭(negative etching)에 의해 패턴을 형성한다. 다시 말해, 상기 기판(600) 상에 형성된 패턴은 마스크(500)에 형성된 패턴이 투영되어 형성된다. 이것은 종래의 미국특허 제5,894,058호에서 개시된 차폐물에 의해 형성되는 퍼지티브 에칭(positive etching)과 구별된다.

<33> 도 3은 본 발명에 따른 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법의 바람직한 구현예를 보여주는 도면으로서, 근접에칭(proximity etching)에 의한 패턴형성을 구체적으로 보여준다. 상기한 바와 같이, 본 발명에 따른 직접 에칭에 의한 기판(600) 상으로의 패턴 형성은 중성입자빔(100)을 이용한다. 이 때, 중성입자빔(100)은 플라즈마 방전공간(101)에서 플라즈마 방전에 의해 생성된 처리가스의 플라즈마 이온(102b)과 상기 플라즈마 방전공간(101)의 상부에 위치하는 금속판(200)의 충돌에 의해 생성된다. 상기 중성입자빔(100)이 플라즈마와 중성 처리가스의 충돌에 의해 생성될 수 있으나, 이러한 방식에 의해 생성된 중성입자빔은 방향성을 제어하기 곤란하고, 중성입자빔(100)의 생성 효율이 낮다. 따라서, 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 사용되기 곤란하다. 플라즈마 이온(102b)을 중성입자로 전환하는데 사용되는 금속판(200)은 특별히 제한되지 아니한다. 탄탈륨(Ta), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 금(Au), 백금(Pt), 스테인레스강 또는 이들의 합금에 의해 형성된 또는 이들에 의해 코팅된 판이 금속판(200)으로 사용될 수 있다. 플라즈마 이온(102b)을 플라즈마 방전공간(101)의 상부에 위치하는 금속판(200)으로의 유도는 상기 금속판(200)에 음의 바이어스 전압을 인가함에 의해 용이하게 성취된다. 바이어스 전압은, 요구되는 중성입자빔(100)의 에너지를 고려하여 적절히 조절할

수 있다. 통상 10 - 100 V, 바람직하게는 30 - 50 V의 음의 바이어스 전압이 인가된다. 상기 금속관(200)에 음의 바이어스 전압을 인가할 경우, 플라즈마 이온(102b)은 상기 금속관(200)에 수직 또는 근사 수직으로 입사하고, 상기 금속관(200)과 충돌한다. 금속관(200)과의 충돌에 의한 중성입자 전환효율의 향상 및 충돌에 의한 에너지 손상을 방지하기 위해, 금속관(200)의 표면 중에서 상기 플라즈마 이온(102b)과 충돌하는 면은 폴리싱되는 것이 바람직하다.

<34> 이 때, 상기 플라즈마 이온(102b)의 생성 효율을 향상시키기 위해, 상기 금속관(200)의 상부에서 상기 금속관(200)을 가로질러 자기장이 인가된다. 상기 자기장은 중앙폴(701)과 상기 중앙폴(701)을 둘러싸는 사이드폴(702)을 포함하여 이루어진 레이스 트랙 배열을 갖는 마그네트론 유닛(700)에 의해 수행된다. 상기 레이스 트랙 배열을 갖는 마그네트론 유닛(700)에 의해 플라즈마 방전공간(101)에서 생성되는 플라즈마 이온(102b)의 밀도가 증가된다. 도 4는 레이스 트랙 배열을 갖는 마그네트론 유닛에 의한 플라즈마 방전공간에서 플라즈마 분포 제어의 원리를 설명하는 사시도이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 마그네트론 유닛(700)은 중앙폴(701)과 상기 중앙폴(701)을 둘러싸는 사이드폴(702)이 레이스 트랙(race track) 형태의 배열을 갖는다. 여기서, 상기 중앙폴(701)의 상부는 N극(또는 S극), 하부는 S극(또는 N극)을 갖고, 상기 사이드폴(702)은 상기 중앙폴(701)과 반대배열을 갖는다. 레이스 트랙의 배열을 갖는 마그네트론 유닛(700)에 의해 금속관(200)을 가로질러 인가된 자기장은 전자(102a)의 운동방향을 제한한다. 다시 말해, 플라즈마 방전공간(101) 내부의 전자(102a)를 레이스 트랙을 따라 회전하게 한다. 레이스 트랙을 따라 회전하는 전자(102a)는 주위의 플라즈마로 전환되지 아니한 중성가스(102c)와 충돌하게 되고, 상기 중성가스를 플라즈마화한다. 생성된 플라즈마 이온(102b)은 바이어스 전압에 의해 금속관(200)으로 유도된다. 결과적으로, 상기 금속관(200)을 가로질러 인가되는 자기장은 전자(102a)를 레이스 트랙에 캡처함으로써, 플라즈마 이온(102b)의 밀도를 금속관(200)의 근방에서 증가시킨다. 상기 마그네트론 유닛(700)에 의해 인가되는 자기장의 세기는 처리가스의 종류 및 양 등을 고려하여 적절히 조절할 수 있다. 통상 1000 - 5000 가우스의 세기를 갖는 자기장이 인가된다. 1000 가우스 미만의 자기장을 인가할 경우 방전 공간 내에 자기장의 크기가 충분하지 않아 효과적으로 전자를 구속하기 어려워 바람직하지 않다. 5000 가우스를 초과하는 자기장을 인가할 경우 불필요하게 제작비용이 높아지고 제작 및 조립 상의 문제점이 생길 수 있다. 상기 마그네트론 유닛(700)은 영구자석에 의해 형성되는 것이 좋다. 그리고, 상기 마그네트론 유닛(700)에 의해 금속관(200)을 가로질러 플라즈마 방전공간(101)으로 인가되는 자기장의 세기를 보다 강화시키기 위해, 상기 마그네트론 유닛(700)은 자기장 차폐체에 의해 형성된 덮개(703)에 의해 밀봉된다. 상기 덮개(703)는 자기 투자율이 큰 물질로 형성되는 것이 좋다. 자기 투자율이 클 경우, 자기력선을 모아 주어 외부로 빠져 나가는 자기력선 손실을 최소화하여 방전 공간 내에 자기장의 크기를 강화해 준다. 통상, 연철(soft iron)이 자기장 차폐체로서 일반적으로 사용되고 있다.

<35> 상기 금속관(200)과 플라즈마 이온(102b)이 충돌한 후 금속관 내부에서 중성화 과정(대표적 중성화 과정: Auger 중성화)에 의해 생성된 중성입자빔(100)은 상기 플라즈마 방전공간(101)을 가로질러 상기 플라즈마 방전공간(101)의 하부에 배치되는 플라즈마 리미터(300)를 통과한다. 상기 플라즈마 리미터(300)는 홀 또는 슬릿(301)을 갖고 있으며, 바람직하게는 슬릿을 갖는 것이다. 홀 또는 슬릿(301)을 갖는 플라즈마 리미터(300)에 의해 중성입자로 전환되지 아니한 플라즈마에 의한 악영향이 배제된다. 상기 플라즈마 리미터(300)는 홀 또는 슬릿(301)에 자기장 또는 전기장을 인가하는 유닛(302)을 추가로 포함할 수 있다. 상기 자기장 또는 전기장 인가 유닛(302)은 플라즈마 이온(102b) 또는 전자(102a)의 이동방향을 변화시켜, 이들에 의해 중성입자빔(100)의 진행경로가 방해받거나, 기관(600)이 손상되는 것을 방지한다. 따라서, 중성입자빔(100)의 투과 통로인 슬릿 또는 홀(301)과 상기 슬릿 또는 홀(301)에 자기장 또는 전기장 인가 유닛(302)을 갖는 플라즈마 리미터(300)에 의해 플라즈마 이온(102b) 및 전자(102a)에 의한 악영향을 충분히 배제된다. 보다 바람직하게는, 확대 삽입도에 나타낸 바와 같이, 플라즈마 리미터(300)는, 중앙에 위치하는, 홀 또는 슬릿(301)에 자기장을 인가하는 마그넷(302a)과, 상기 마그넷(302a)의 양측면에 배치된, 홀 또는 슬릿(301)에 전기장을 인가하기 위한 전도성 금속막(302b)과, 상기 전도성 금속막(302b)을 절연시키는 절연막(303)으로 구성되는 것이 바람직하다. 상기 마그넷(302a)에 의해 인가된 자기장의 손실을 막기 위해, 차폐체로 이루어진 필름(304)이 상기 마그넷(302a)의 하부에 부착될 수 있다. 차폐체로는 당해 분야에서 일반적으로 사용되는 물질이 채용될 수 있다. 통상 연철(soft iron)이 사용된다. 상기 전도성 금속막(302b)은 전력을 공급하는 전원(미도시)에 연결되며, 상기 절연막(303)은 절연체로 형성되거나 상기 전도성 금속막(302b)의 표면을 산화시켜 형성시킬 수 있다. 상기 전도성 금속막(302b)은 상기 마그넷(302a)의 일부 영역에만 형성되어도 무방하며, 필요할 경우, 상기 자기장을 차폐하는 필름(304)에 의해 전기장이 형성될 수 있다.

<36> 도 5는 본 발명에 따른 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기관 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법의 보다 바람직한 구현예를 보여주는 도면이다. 본 발명의 보다 바람직한 구현예에 따르면, 상기 플라즈마 리미터(30

0)를 통과한 중성입자빔(100)의 방향성을 충분히 향상시키기 위해, 칼러미터(400)가 채용된다. 상기 칼러미터(400)는 내부에 홀(401)을 갖는다. 상기 중성입자빔(100) 중에서 정해진 일정한 방향으로의 운동성을 갖지 아니하는 중성입자들은 상기 칼러미터(400)를 통과하면서 홀(401)의 측벽과 충돌한다. 칼러미터(400)와 충돌한 중성입자빔(100)은 충돌에 의해 에너지가 손실되고, 이들에 의한 영향이 배제된다. 상기 칼러미터(400)는 통상 세라믹과 같은 유전체를 그 재질로 갖는다. 세라믹은, 충돌에 의해, 중성입자의 에너지를 충분히 흡수한다. 이 때, 상기 칼러미터(400) 내부에 형성된 홀(401)의 길이(L)와 직경(R)의 비(L/R)는 운전조건(처리 가스의 압력, 운전 온도 등)과 제작하고자 하는 에칭형상에 따라 정해진다. 가장 바람직하게는, 상기 홀의 길이(L)는 중성입자의 평균자유이동거리(mean free path) (중성입자의 충돌없이 이동할 수 있는 평균거리)에 의해 정해지고, 상기 직경(R)은 홀의 길이/(제작하고자 하는 에칭형상의 깊이와 넓이의 비)에 의해 정해진다. 예를 들어, 제작하고자 하는 에칭형상의 깊이와 넓이의 비가 10:1이라면 칼러미터(400) 내부에 형성된 홀(401)의 길이(L)와 직경(R)의 비(L/R)는 10이면 된다. 이 때, 처리가스의 압력이 1 mTorr 라고 하면, 칼러미터(400)에 형성된 홀의 길이(L)는 중성입자의 평균자유이동거리(약 2 cm)로 설정되고, 이 때의 가공할 에칭형상의 깊이와 넓이 비가 10:1이라면 칼러미터(400)의 홀(401)의 직경은 2 mm가 된다.

<37> 상기 칼러미터(400)에 의해 칼러메이팅된 중성입자빔(100)은, 상기 칼러미터(400)의 하부에 위치한 마스크(500)로 입사된다. 상기 마스크(500)에는 소정의 패턴이 형성되어 있다. 또한, 상기 마스크(500)는 기판(600)에 근접배치되어 있다. 상기 마스크(500)를 통과한 중성입자빔(100)은 기판(600)과 충돌하고, 상기 마스크(500)에 형성된 패턴을 상기 기판(600) 상에 형성한다. 이 때, 상기 기판(600)에는 어떠한 포토레지스트도 요구되지 아니하며, 중성입자빔(100)에 의한 기판(600)의 직접 에칭에 의해, 상기 기판(600)의 표면에 원하는 패턴이 형성된다. 예를 들면, 상기 기판(600)은 실리콘 산화막(SiO₂)일 수 있으며, 이 때, 상기 중성입자빔(100)은 불소-함유 기체(예를 들면 SF₆, CF₄)가 처리가스로서 채용된다. 이들 처리가스는 플라즈마 방전에 의해 플라즈마로 전환되고, 금속판(200)과의 충돌에 의해 하이퍼서멀 중성입자(hyperthermal neutral particle)로 전환된다. 이 때, 상기 중성입자는 통상 1 - 100 eV, 보다 바람직하게는 10 - 30 eV의 에너지를 갖는다. 1 eV 이하의 에너지를 갖는 중성입자는 충분한 에칭능력을 갖고 있지 못하며, 100 eV 이상의 에너지를 갖는 중성입자는 기판(600)에 물리적 손상을 야기할 수 있는 문제점이 있다.

<38> 미설명된 참조번호 601은 탑재대로서 승강부재(미도시)에 접속되어 있는 승강부재의 작동에 의해 상하방향으로 승강할 수 있게 되어 있어서, 새로이 처리할 기판(600)을 반입하고 처리가 완료된 기판(600)을 반출할 수 있다.

<39> 도 6은 본 발명에 따른 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법의 다른 바람직한 구현예를 보여주는 도면으로서, 투사에칭(projection etching)에 의한 패턴형성을 구체적으로 보여준다. 도 6에 도시된 바와 같이, 투사에칭에 의한 기판(600) 상에 소정의 패턴형성은 중성입자빔(100)의 집속이 요구된다. 중성입자빔(100)의 집속을 위해, 오목거울 형상의 금속판(200)이 채용된다. 상기 오목 거울 형태의 금속판(200)과 조합하여, 마스크(500)와 기판(600)의 사이에 중심에 작은 관통구(에퍼츄어)(미도시)(801)가 형성된 판(800)이 추가된다. 여기서, 상기 금속판(200)의 초점은 상기 에퍼츄어(801)의 중심과 일치하도록 설정된다. 도 5에 도시된 투사에칭에 의한 패턴 형성은 상기 마스크(500)에 형성된 패턴이 상기 기판(600) 상에 투영되어 형성되되, 역전된 패턴이 형성된다. 이 때, 기판(600) 상에 형성되는 가공 크기(feature size)의 조절은 마스크(500)의 가공크기와, 마스크(500)와 에퍼츄어 판(800) 사이의 거리(L) 및 기판(600)과 에퍼츄어 판(800)사이의 거리(L')의 비를 변경시킴으로써 용이하게 성취될 수 있다. 예를 들면, 기판(600) 상에 20 nm의 미세패턴이 요구되는 경우, 배율 M(M=L'/L)을 5로 유지한 채 마스크(500)의 가공 크기를 100 nm로 하면 된다. 만약, 100 nm의 가공 크기를 갖는 마스크(500) 대신에 200 nm의 가공 크기를 갖는 마스크(500)를 사용하여 20 nm의 미세패턴을 기판(600) 상에 형성하고 싶은 경우, 배율 M을 10으로 조절함으로써 20 nm의 미세패턴이 기판(600) 상에 용이하게 형성될 수 있다. 따라서, 이러한 방법은, 선형성을 갖지 아니하는 중성입자에 의한 영향을 배제하고, 마스크(500)의 가공크기를 줄이지 않고도 70 nm 이하의 미세패턴이 형성된 기판(600)이 얻어질 수 있다는 장점을 갖는다. 바람직하게는, 상기 배율 M이 20 이하인 것이 바람직하다. 배율이 20을 초과할 경우, 마스크(500)와 에퍼츄어 판(800)사이의 공간에 존재할 수 있는 입자에 의해 영향을 받을 수 있다. 도 6에서 미설명된 도면부호는 이전의 도면에서 설명한 것과 동일하다.

발명의 효과

<40> 본 발명에 따른 방법은 다음의 효과를 제공한다.

<41> (1) 종래의 광학 리소그래피에서 채용되는 공정들, 예를 들면, 포토레지스트 도포, 노광, 현상, 포토레지스트

제거 공정들을 전혀 수행하지 아니하고도, 본 발명에 따른 방법은 원하는 패턴을 직접 기판 상에 형성시킬 수 있는 장점을 갖고 있다.

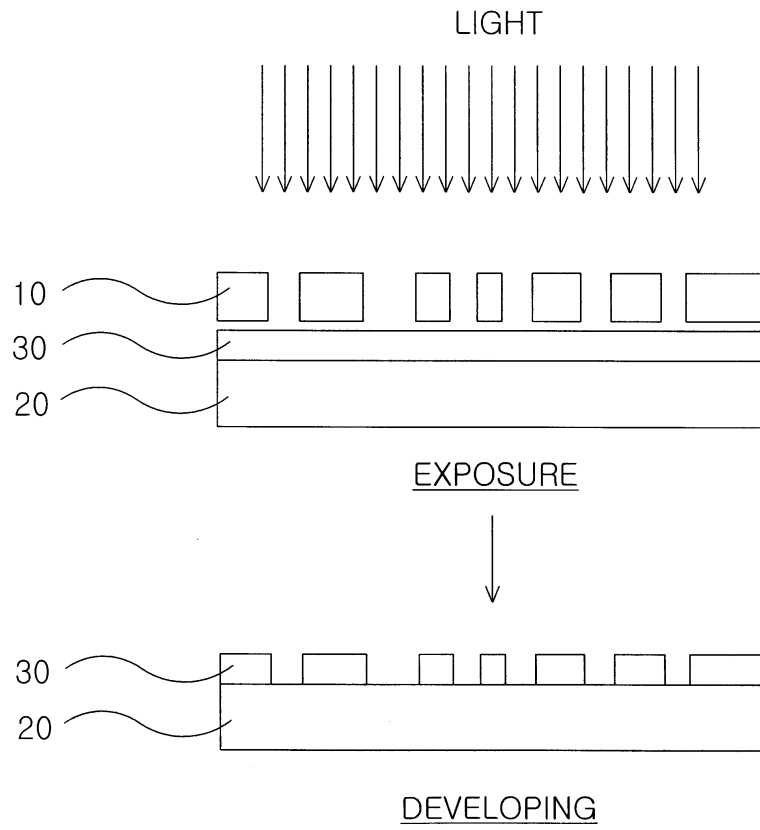
- <42> (2) 본 발명에 따른 방법은 기판 상에 직접 접촉하지 아니하는 마스크를 이용함으로써 기판의 표면에 차폐물을 직접 접촉시켜 배치하는 방법의 문제점들, 구체적으로 차폐물의 규칙적 배열의 곤란함과 차폐물에 의한 기판의 손상 등을 해결할 수 있는 장점을 갖는다.
- <43> (3) 집속 시스템을 채용할 경우, 본 발명에 따른 방법은 마스크의 배율을 추가로 증진시킬 수 있다. 구체적으로, 배율 M을 적절히 조절하여 마스크의 가공크기에 관계없이 70 nm 이하의 미세패턴을 용이하게 제조할 수 있음으로 인해, 마스크의 가공 크기에 의존하지 아니한다는 장점이 있다. 따라서, 50 nm - 200 nm의 가공크기를 갖는 마스크의 경우 현재 용이하게 제작될 수 있으므로, 이것을 이용하여 미세패턴을 용이하게 제조할 수 있다.
- <44> (4) 방전에 의한 처리가스의 플라즈마 생성, 생성된 플라즈마의 양이온의 금속판과의 충돌에 의한 중성입자의 생성은 중성입자의 진행 방향성의 제어와 중성입자 변환효율을 증가시킨다.

도면의 간단한 설명

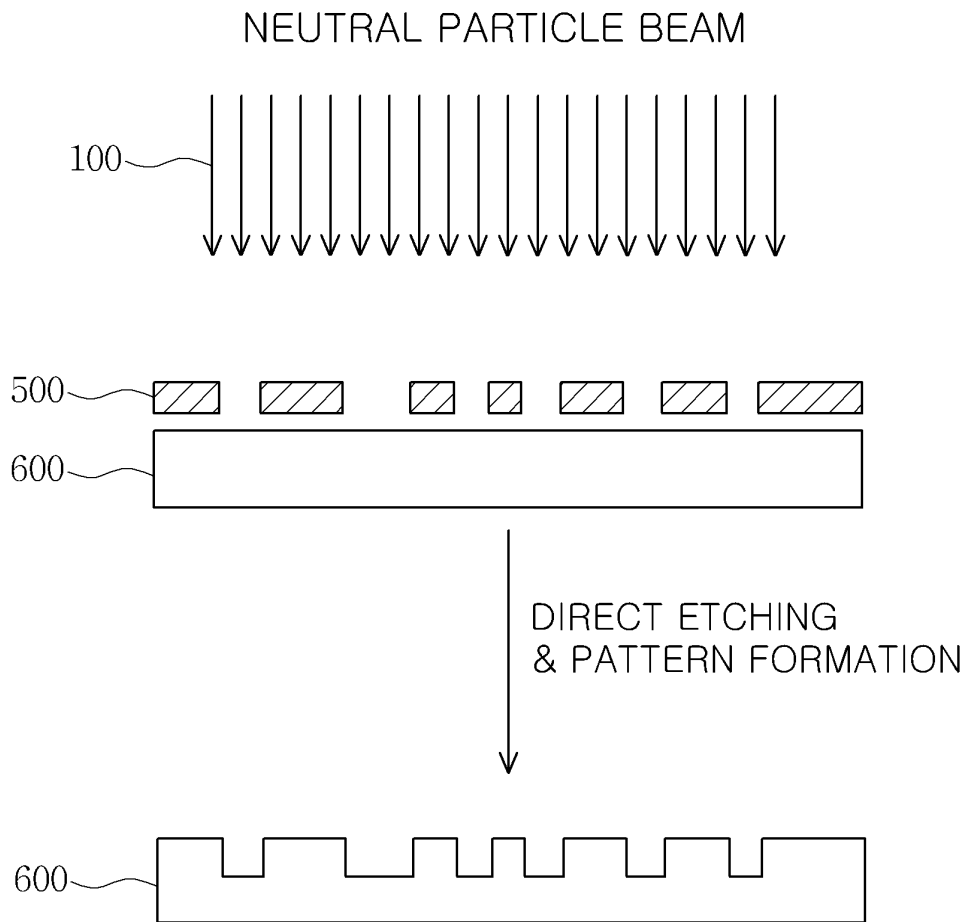
- <1> 도 1은 종래의 광학 리소그래피에 의한 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법을 보여주는 도면이다.
- <2> 도 2는 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법을 설명하는 개략도이다.
- <3> 도 3은 본 발명에 따른 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법의 바람직한 구현예를 보여주는 도면으로서, 근접에칭(proximity etching)에 의한 패턴형성을 구체적으로 보여준다.
- <4> 도 4는, 플라즈마 방전공간에서, 레이스 트랙 배열을 갖는 마그네트론 유닛에 의한 플라즈마 분포 제어의 원리를 설명하는 사시도이다.
- <5> 도 5는 본 발명에 따른 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법의 보다 바람직한 구현예를 보여주는 도면이다.
- <6> 도 6은 본 발명에 따른 중성입자빔을 이용한 직접 에칭에 의해 기판 상에 소정의 패턴을 형성하는 방법의 다른 바람직한 구현예를 보여주는 도면으로서, 투사에칭(projection etching)에 의한 패턴형성을 구체적으로 보여준다.

도면

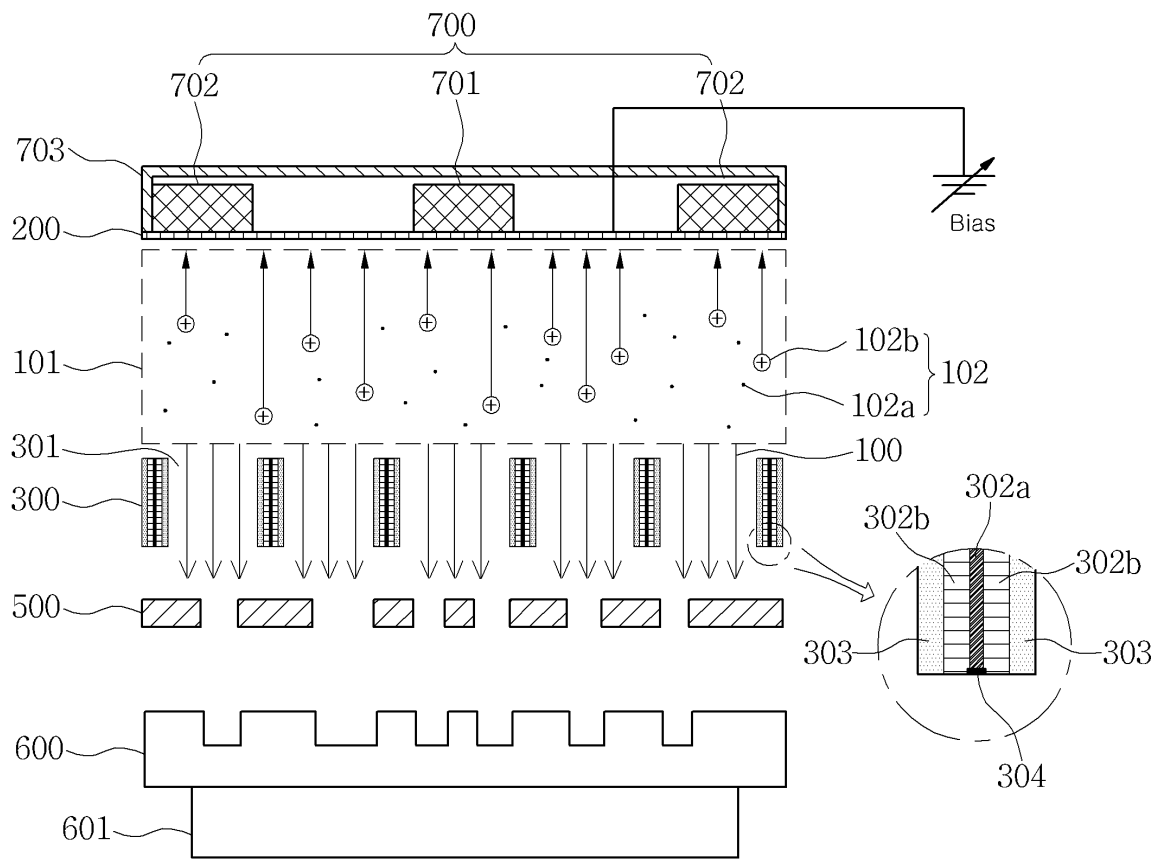
도면1



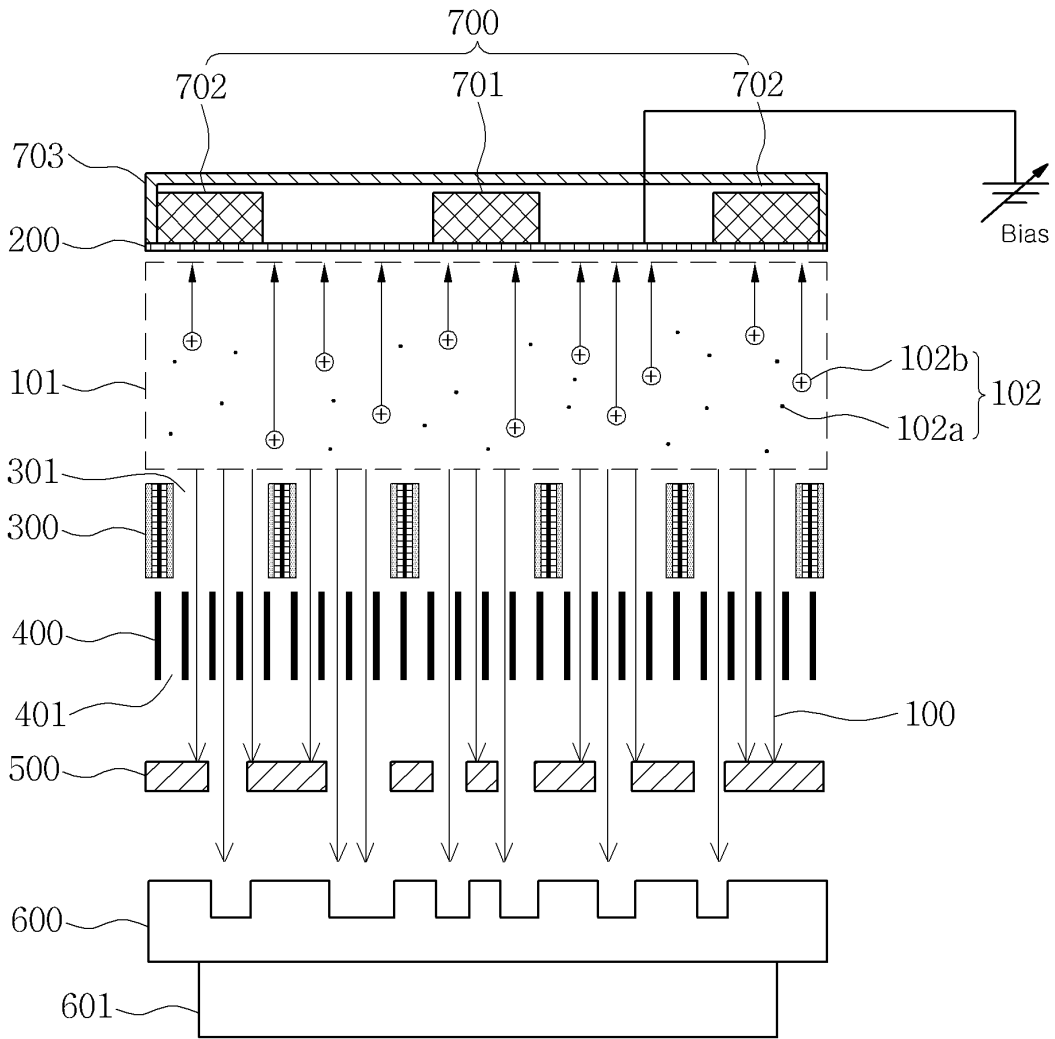
도면2



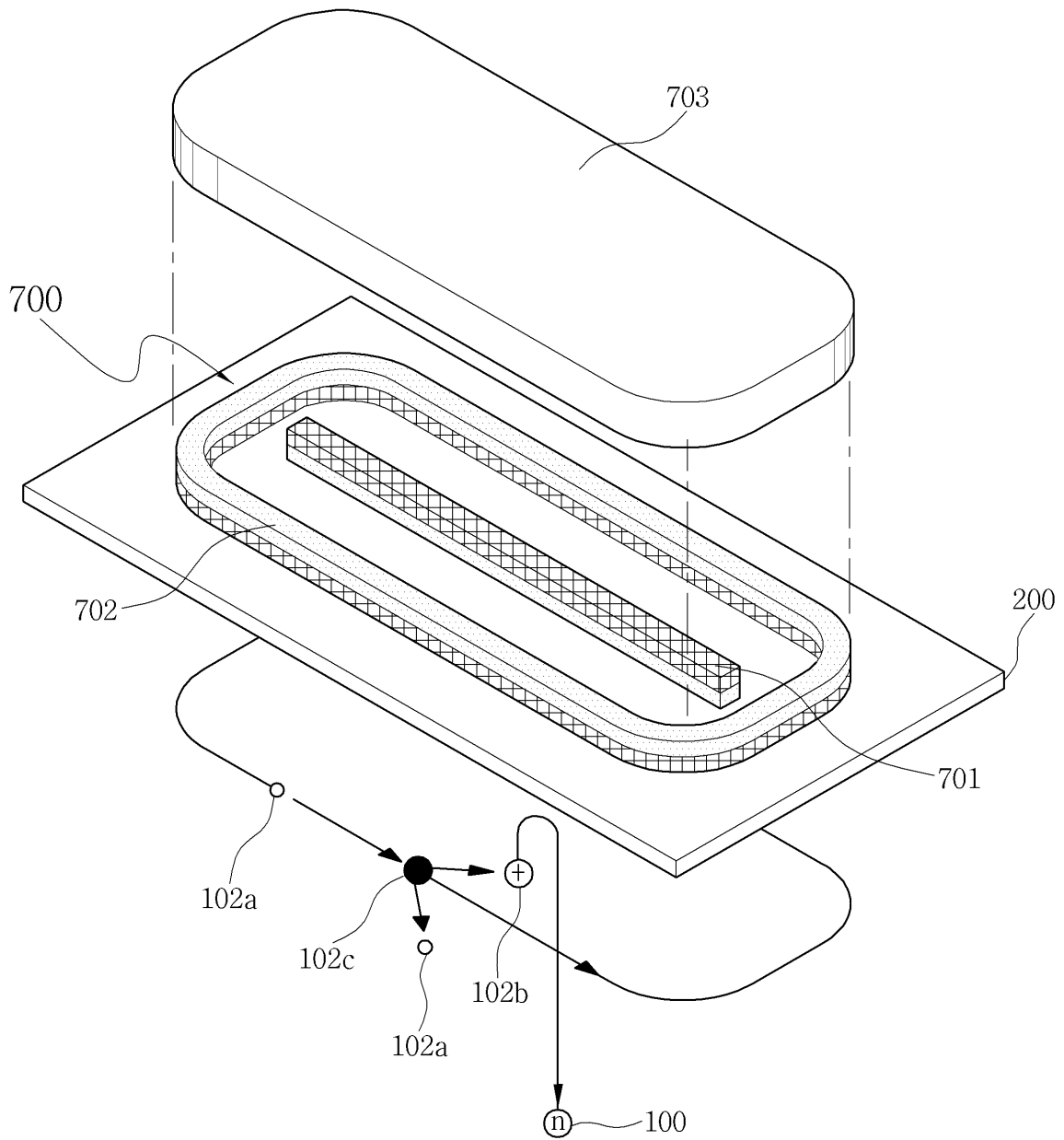
도면3



도면4



도면5



도면6

