(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0052669
(43) 공개일자 2025년04월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/20 (2012.01) *H01J 37/317* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03F 1/20 (2013.01)
H01J 37/3174 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0135725
(22) 출원일자 2023년10월12일
심사청구일자 2023년10월12일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김대식
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김성환
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
지명수
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인 무한

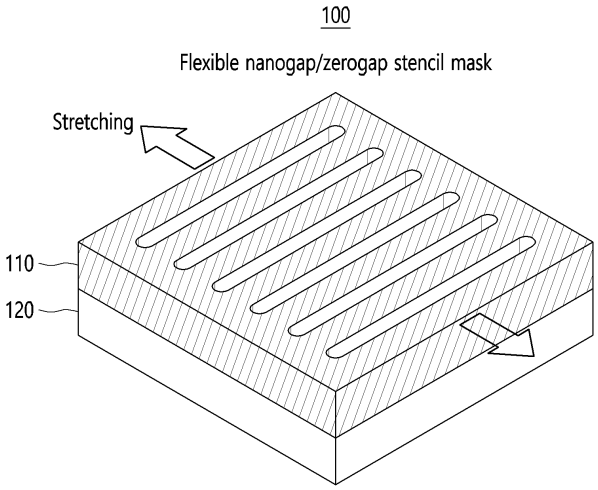
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **초고속, 대면적 전자 빔 패터닝을 위한 유연성 나노갭/제로갭 스텐실 마스크**

(57) 요 약

본 발명은 나노갭 또는 제로갭을 포함하는, 유연성 스텐실 마스크에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01J 2237/31788 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711191748
과제번호 2015R1A3A2031768
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 양자 스케일의 고전전자기적 조작
기 여 율 40/100
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711175771
과제번호 2022M3H4A1A04096465
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 나노소재기술개발
연구과제명 비냉각형 고속·고감도 장파장 적외선(LWIR) 센서를 위한 극한 신소재, 나노기술 연구
기 여 율 30/100
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.10.01 ~ 2023.06.30
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711198876
과제번호 00259676
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 정보통신방송혁신인재양성
연구과제명 양자센싱 융합기술 개발 및 인재양성
기 여 율 30/100
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2023.07.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

나노갭 또는 제로갭을 포함하는,

유연성 스텐실 마스크.

청구항 2

제1항에 있어서,

프리-스탠딩 나노갭 또는 프리-스탠딩 제로갭을 더 포함하는 것인,

유연성 스텐실 마스크.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제로갭의 크기는 0(zero)인 것이고,

상기 나노갭의 크기는 15 ㎛ 이하인 것인,

유연성 스텐실 마스크.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 유연성 스텐실 마스크에 스트레칭(stretching), 비틀림 (twisting), 구부림(bending) 또는 겹침(stacking)의 물리적 힘을 가하였을 때, 상기 물리적 힘에 따라 상기 나노갭의 크기가 조절되는 것인,

유연성 스텐실 마스크.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 유연성 스텐실 마스크에 초점 없는 전자 빔을 평행하게 통과시켜 나노갭 또는 제로갭의 모양대로 패턴을 얻어 전자 빔 리소그래피를 수행하는 것인,

유연성 스텐실 마스크.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 유연성 스텐실 마스크의 두께는 0.1 ㎜ 내지 5 ㎜ 인 것인,

유연성 스텐실 마스크.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 개수가 1 개 내지 10^4 개인 것인,

유연성 스텐실 마스크.

청구항 8

나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;

고분자 지지층을 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층 상에 형성하는 단계;

상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계; 및

상기 전사된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 고분자 지지층을 제거하는 단계;를 포함하는,

유연성 스텐실 마스크의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계;에서,

상기 프리-스탠딩 기판은 갭을 포함하고, 상기 갭이 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 나노갭 또는 제로갭보다 큰 것인,

유연성 스텐실 마스크의 제조방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계;에서,

상기 프리-스탠딩 기판은 유연성 기재, 유연성 수지, 폴리디메틸실록산(PDMS), Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) : poly(styrenesulfonate) (PEDOT : PSS), 폴리이미드(PI), 폴리에틸렌텔프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 에코플렉스(ecoflex) 및 스테인리스 스틸 테이프로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

유연성 스텐실 마스크의 제조방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

고분자 지지층을 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층 상에 형성하는 단계;에서,

상기 고분자 지지층은 poly(Methyl Methacrylate) (PMMA), polypropylene carbonate (PPC) 및

polycaprolactone (PCL)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

유연성 스텐실 마스크의 제조방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 전사된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 고분자 지지층을 제거하는 단계;는 유기 용매를 이용하는 것이고,

상기 유기 용매는 아세톤 (acetone), 클로로폼 (chloroform) 및 테트라하이드로퓨란 (tetrahydrofuran, THF)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

유연성 스텐실 마스크의 제조방법.

청구항 13

제8항에 있어서,

나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;에서,

상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층은, 금(Au), 은(Ag), 알루 미늄(Al), 구리(Cu), 티타늄(Ti), 바나듐(V), 크롬(Cr), 백금(Pt), 텅스텐(W), 니켈(Ni), 인듐(In), 주석(Sn) 및 갈륨(Ga)으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

유연성 스텐실 마스크의 제조방법.

청구항 14

제8항에 있어서,

나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;에서,

상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층은, 두께가 10 nm 내지 1 ㎛인 것인,

유연성 스텐실 마스크의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 초고속, 대면적 전자 빔 패터닝을 위한 유연성 나노갭/제로갭 스텐실 마스크에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 전자 빔 리소그래피는 1 나노미터 (1 nm) 선 폭의 패턴이 가능할 정도로 높은 해상도를 가지고 있지만, 너무 낮은 생산성으로 인해 관련된 산업에서 주력이 되지 못하고 있으며, 국소적인 패턴 확인과 광학 리소그래피에 사용되는 포토마스크 제작 등으로만 활용되고 있다. 최근 EUV 광학 리소그래피의 해상도가 점차 한계를 보이기 시작하면서 전자 빔 리소그래피 기술의 진보가 요구되고 있는 상황이다.

[0004] 기존 전자 빔 리소그래피는 빔 주사 방식의 패터닝으로 인해 미리 전체 샘플 사이즈에 맞춰 빔의 초점을 맞춰야 하는 과정이 필요하다. 또한, 빔의 중심 축에서 벗어날 수록 수차가 커져서 패턴 크기가 상당히 제한된다. 따라서, 매우 작은 패턴 면적과 많은 작업 소요 시간은 전자 빔 리소그래피의 생산성을 낮추는 주요 원인이 된다.

[0005] 따라서, 전자 빔 리소그래피의 생산성을 높이기 위해 대면적으로 매우 미세한 패턴을 대량으로 생산해 낼 수 있거나, 빠른 속도로 원하는 모양을 패터닝 할 수 있는 스텐실 마스크의 중요성이 대두되고 있다. 이에 따라, 초고속, 대면적 전자 빔 패터닝을 위한 유연성 나노갭/제로갭 스텐실 마스크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0006] 전술한 배경기술은 발명자가 본원의 개시 내용을 도출하는 과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 문제를 해결하기 위해, 유연성 나노갭/제로갭 스텐실 마스크를 제공하고자 한다.

[0009] 구체적으로 본 발명은, 상기 유연성 스텐실 마스크에 초점 없는 전자 빔을 평행하게 통과시켜 나노갭 또는 제로갭의 모양대로 패턴을 얻어 전자 빔 리소그래피를 수행할 수 있어, 대면적으로 패턴을 얻을 수 있고, 특히, 능동적인 나노갭 또는 제로갭의 크기 조절을 통해 패턴의 선 폭이 정해지는 것일 수 있어, 더욱 정교한 서브-나노미터 패턴을 얻을 수 있다.

[0010] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 유연성 스텐실 마스크는 나노갭 또는 제로갭을 포함한다.

[0013] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크는 프리-스탠딩 나노갭 또는 프리-스탠딩 제로갭을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따르면, 상기 제로갭의 크기는 0(zero)인 것이고, 상기 나노갭의 크기는 15 ㎛ 이하인 것일 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크에 스트레칭(stretching), 비틀림 (twisting), 구부림(bending) 또는 겹침 (stacking)의 물리적 힘을 가하였을 때, 상기 물리적 힘에 따라 상기 나노갭의 크기가 조절되는 것일 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크에 초점 없는 전자 빔을 평행하게 통과시켜 나노갭 또는 제로갭의 모양대로 패턴을 얻어 전자 빔 리소그래피를 수행하는 것일 수 있다.

[0017] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크의 두께는 0.1 ㎜ 내지 5 ㎜ 인 것일 수 있다.

[0018] 일 실시예에 따르면, 상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 개수가 1 개 내지 10^4 개인 것일 수 있다.

[0019] 본 발명의 유연성 스텐실 마스크의 제조방법은 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계; 고분자 지지층을 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층 상에 형성하는 단계; 상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계; 및 상기 전사된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 고분자 지지층을 제거하는 단계;를 포함한다.

[0020] 일 실시예에 따르면, 상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계;에서, 상기 프리-스탠딩 기판은 갭을 포함하고, 상기 갭이 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 나노갭 또는 제로갭보다 큰 것일 수 있다.

[0021] 일 실시예에 따르면, 상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계;에서, 상기 프리-스탠딩 기판은 유연성 기재, 유연성 수지, 폴리디메틸실록산(PDMS), Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) : poly(styrenesulfonate) (PEDOT : PSS), 폴리이미드(PI), 폴리에틸렌텔프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 에코플렉스(ecoflex) 및 스테인리스 스틸

테이프로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0022] 일 실시예에 따르면, 고분자 지지층을 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층 상에 형성하는 단계;에서, 상기 고분자 지지층은 poly(Methyl Methacrylate) (PMMA), polypropylene carbonate (PPC) 및 polycaprolactone (PCL) 로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0023] 일 실시예에 따르면, 상기 전사된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 고분자 지지층을 제거하는 단계;는 유기 용매를 이용하는 것이고, 상기 유기 용매는 아세톤 (acetone), 클로로폼 (chloroform) 및 테트라하이드로퓨란 (tetrahydrofuran, THF)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0024] 일 실시예에 따르면, 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;에서, 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층은, 금(Au), 은(Ag), 알루 미늄(Al), 구리(Cu), 티타늄(Ti), 바나듐(V), 크롬(Cr), 백금(Pt), 텅스텐(W), 니켈(Ni), 인듐(In), 주석(Sn) 및 갈륨(Ga)으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0025] 일 실시예에 따르면, 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;에서, 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층은, 두께가 10 nm 내지 1 ㎛인 것일 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명은 초고속, 대면적 전자 빔 패터닝을 위한 나노갭 또는 제로갭을 포함하는, 유연성 스텐실 마스크를 제공할 수 있다.

[0028] 본 발명에 따른 유연성 스텐실 마스크를 전자 빔 리소그래피의 스텐실 마스크로 활용할 경우, 상기 유연성 스텐실 마스크로부터 대면적으로 매우 미세한 패턴을 대량으로 생산해 낼 수 있고, 패터닝 속도가 빠른 장점이 있을 수 있다. 이러한 장점으로 인해 상기 유연성 스텐실 마스크는 전자 빔 리소그래피의 생산성을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유연성 스텐실 마스크(100)의 변형 전 원형을 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연성 스텐실 마스크의 제조방법의 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계를 나타낸 것이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유연성 스텐실 마스크를 전자 빔 리소그래피의 스텐실 마스크로 활용하는 일 예를 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연성 스텐실 마스크를 회전 및 겹침하여 제작한 전자 빔 리소그래피 패턴을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

[0032] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0033] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적

인 의미로 해석되지 않는다.

[0034] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0035] 어느 하나의 실시 예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시 예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시 예에 기재한 설명은 다른 실시 예에도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0036] 이하, 본 발명의 초고속, 대면적 전자 빔 패터닝을 위한 유연성 나노갭/제로갭 스텐실 마스크에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.

[0038] 본 발명의 유연성 스텐실 마스크는 나노갭 또는 제로갭을 포함한다.

[0039] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유연성 스텐실 마스크(100)의 변형 전 원형을 나타낸 것이다.

[0040] 도 1을 참조하면, 유연성 스텐실 마스크(100)는, 프리-스탠딩 기판(120) 및 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층(110)을 포함한다.

[0041] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크에 양쪽 방향으로 스트레칭(stretching)의 물리적 힘을 가하였을 때, 상기 물리적 힘에 따라 상기 나노갭 또는 제로갭의 크기가 미세하게 조절되는 것일 수 있다.

[0042] 일 실시예에 따르면, 물리적 힘이 인가됨에 따라 상기 나노갭 또는 제로갭의 크기는 상기 물리적 힘에 따른 가변성을 가지게 되는 것일 수 있다.

[0043] 일 실시예에 따르면, 상기 물리적 힘에 따라 변형의 방향이나 크기를 제어함으로써 상기 나노갭 또는 제로갭의 크기 조절이 가능한 것일 수 있고, 상기 나노갭 또는 제로갭의 크기를 0 에서 연속적으로 변화시킬 수 있는 것일 수 있다.

[0045] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크는 프리-스탠딩 나노갭 또는 프리-스탠딩 제로갭을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0046] 일 실시예에 따르면, 프리-스탠딩 (free-standing) 나노갭 또는 프리-스탠딩 제로갭은 Si 또는 SiO_2/Si 기판 위에 나노갭 또는 제로갭을 제작한 후, 이것을 유연성의 프리-스탠딩(free-standing) 기판으로 전사함으로써 제작되는 것일 수 있다. 상기 프리-스탠딩 기판은 갭 영역 부근에서 상대적으로 넓게 구멍이 뚫려 있으며, 나머지 부분이 나노갭 또는 제로갭을 지지하는 기판을 나타내는 것일 수 있다.

[0047] 일 실시예에 따르면, 상기 프리-스탠딩 나노갭 또는 프리-스탠딩 제로갭은 전자 빔을 통과시킬 수 있다.

[0049] 일 실시예에 따르면, 상기 제로갭의 크기는 0(zero)인 것이고, 상기 나노갭의 크기는 15 ㎛ 이하인 것일 수 있다.

[0050] 일 실시예에 따르면, 상기 나노갭의 크기는 바람직하게는, 7 ㎛ 이하인 것일 수 있다.

[0051] 일 실시예에 따르면, 상기 나노갭의 크기는 유연성의 프리-스탠딩 기판의 변형에 관련된 것일 수 있다.

[0052] 예를 들어, 기판 변형률 (Strain) = 갭의 크기변화(△w) / 갭의 간격(P)으로 구할 수 있다. 예를 들어, 기판의 변형률 20 %, 갭의 간격 5 ㎛일 때, 나노갭의 크기는 1 ㎛까지 커질 수 있다. 따라서, 상기 나노갭 크기의 한계는 유연성 기판 물질의 변형률 최대에 의존하는 것일 수 있다.

[0054] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크에 스트레칭(stretching), 비틀림 (twisting), 구부림 (bending), 또는 겹침 (stacking)의 물리적 힘을 가하였을 때, 상기 물리적 힘에 따라 상기 나노갭의 크기가 조

절되는 것일 수 있다.

[0055] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크는 상기 물리적 힘을 이용하여 전자 빔 리소그래피의 스텐실 마스크로 활용될 때, 복잡한 전자 빔 리소그래피 패턴을 간단하게 만들 수 있다.

[0056] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연성 스텐실 마스크를 회전 및 겹침하여 제작한 전자 빔 리소그래피 패턴을 나타낸 것이다.

[0057] 도 4를 참조하면, 유연성 스텐실 마스크가 포함하는 선 모양의 나노갭을 90 ° 돌려서 겹치는 부분만을 전자빔에 노출시킨 후, 에칭 과정을 거치면 4 × 4 개의 양자점 패턴을 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있다. 전자 빔이 두 번 노출된 부분만 남고 나머지는 제거되어 원하는 부분만 남길 수 있다. 이는, 한 번 노출된 부분도 제거될 정도의 에칭 소재를 쓰면 원하는 부분만 남길 수 있다.

[0058] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크는 대면적 양자점 패터닝에 적용될 수 있다. 또한, 스트레칭과 위치의 미세한 조정으로 더욱 정교한 서브-나노미터 패턴을 얻을 수 있다.

[0060] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크에 초점 없는 전자 빔을 평행하게 통과시켜 나노갭 또는 제로갭의 모양대로 패턴을 얻어 전자 빔 리소그래피를 수행하는 것일 수 있다.

[0061] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유연성 스텐실 마스크를 전자 빔 리소그래피의 스텐실 마스크로 활용하는 일 예를 나타낸 것이다.

[0062] 도 3을 참조하면, 전자 방출체(Electron emitter)에서 전자 빔(Electron beam)이 평행하게 방출되어, 유연성 스텐실 마스크를 통과해 전자 빔 레지스트(E-beam resist)까지 닿아 패턴을 만드는 것을 확인할 수 있다. 유연성 스텐실 마스크에 초점 없는 전자 빔을 평행하게 통과시켜 나노갭 또는 제로갭의 모양대로 패턴을 얻어 전자 빔 리소그래피를 수행하는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 유연성 나노갭 또는 제로갭 스텐실 마스크를 이용한 전자 빔 리소그래피 패턴은 나노갭 또는 제로갭의 모양인 것일 수 있다.

[0063] 일 실시예에 따르면, 전자 빔이 초점 없이 나노갭 또는 제로갭을 통과함으로써 패턴을 얻는 것일 수 있다.

[0064] 일 실시예에 따르면, 상대적으로 넓은 면적을 갖는 평행 전자 빔이 초점 없이 한 번에, 원하는 부분만 통과할 수 있어, 대면적으로 패턴을 얻는 것일 수 있다. 나노갭 또는 제로갭의 패턴 모양에 따라 점, 선, 면으로 한 번에 같은 패턴을 얻을 수 있고, 특히, 능동적인 나노갭 또는 제로갭의 크기 조절을 통해 패턴의 선 폭이 정해지는 것일 수 있다.

[0066] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크의 두께는 0.1 ㎜ 내지 5 ㎜인 것일 수 있다.

[0067] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크의 두께는 0.1 ㎜ 내지 5 ㎜; 0.2 ㎜ 내지 5 ㎜; 0.5 ㎜ 내지 5 ㎜; 0.7 ㎜ 내지 5 ㎜; 0.9 ㎜ 내지 5 ㎜; 1 ㎜ 내지 5 ㎜; 1.5 ㎜ 내지 5 ㎜; 2 ㎜ 내지 5 ㎜; 2.5 ㎜ 내지 5 ㎜; 3 ㎜ 내지 5 ㎜; 3.5 ㎜ 내지 5 ㎜; 4 ㎜ 내지 5 ㎜; 4.5 ㎜ 내지 5 ㎜; 0.1 ㎜ 내지 4 ㎜; 0.1 ㎜ 내지 3 ㎜; 0.1 ㎜ 내지 2 ㎜; 0.1 ㎜ 내지 1 ㎜; 0.1 ㎜ 내지 0.5 ㎜;인 것일 수 있다.

[0068] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크의 두께는 0.1 ㎜ 미만인 경우, 갭의 변화가 너무 클 문제가 있을 수 있고, 5 ㎜ 초과인 경우 압력을 많이 가할 수 없어 상기 유연성 스텐실 마스크를 사용하기 어려울 문제가 있을 수 있다.

[0070] 일 실시예에 따르면, 상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 개수가 1 개 내지 10^4 개인 것일 수 있다.

[0071] 일 실시예에 따르면, 바람직하게는 상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 개수가 1 개 내지 5,500 개인 것일 수 있다.

[0072] 일 실시예에 따르면, 상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 개수가 갭의 간격에 의존하기 때문에 갭의 간격이 더 작을수록 상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 개수가 늘어나는 것일 수 있다.

[0073] 일 실시예에 따르면, 상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 간격은 10 ㎚ 내지 10 ㎝인 것일 수 있다.

[0074] 일 실시예에 따르면, 상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 간격은 10 nm 내지 100 nm; 10 nm 내지 1 ㎛; 10 nm 내지 10 ㎛; 10 nm 내지 100 ㎛; 10 nm 내지 1 mm; 10 nm 내지 10 mm; 10 nm 내지 100 mm; 10 nm 내지 5 cm; 10 nm 내지 10 cm; 100 nm 내지 10 cm; 500 nm 내지 10 cm; 1 ㎛ 내지 10 cm; 10 ㎛ 내지 10 cm; 100 ㎛ 내지 10 cm; 1 mm 내지 10 cm; 10 mm 내지 10 cm; 100 mm 내지 10 cm; 5 cm 내지 10 cm;인 것일 수 있다.

[0075] 일 실시예에 따르면, 상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 간격은 제작방식에 따라 달라질 수 있다. 예를 들면, 상기 나노갭, 제로갭 또는 이 둘의 간격은 EUV 방식으로 제작하면 수십 nm가 가능한 것일 수 있고, DUV 방식으로 제작하면, 수백 nm가 가능한 것일 수 있고, I-line 방식으로 제작하게 되면, 수 ㎛ 내지 수 cm 가 가능한 것일 수 있다.

[0077] 본 발명의 유연성 스텐실 마스크의 제조방법은 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계; 고분자 지지층을 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층 상에 형성하는 단계; 상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계; 및 상기 전사된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 고분자 지지층을 제거하는 단계;를 포함한다.

[0078] 일 실시예에 따르면, 상기 기판은 Si 또는 SiO_2/Si 기판인 것일 수 있고, 상기 기판의 종류는 특별히 제한되지 않는다.

[0079] 일 실시예에 따르면, 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;에서 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층과 기판 사이의 접착층은 사용되지 않는 것일 수 있다. 접착층을 사용하지 않는 이유는, 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계;를 위한 것일 수 있다.

[0080] 일 실시예에 따르면, 본 발명의 유연성 스텐실 마스크는 웨이퍼 크기의 대면적으로 제작이 가능하며, 조절 해상도는 서브-나노미터가 가능한 것일 수 있다.

[0081] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크를 전자 빔 리소그래피의 스텐실 마스크로 활용할 경우, 상기 유연성 스텐실 마스크로부터 대면적으로 매우 미세한 패턴을 대량으로 생산해 낼 수 있고, 패터닝 속도가 빠른 장점이 있을 수 있다. 이러한 장점으로 인해 상기 유연성 스텐실 마스크는 전자 빔 리소그래피의 생산성을 높일 수 있다.

[0082] 일 실시예에 따르면, 상기 전사된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층은 물리적 힘이 평형 상태이며, 그 상태를 유지하게 되는 것일 수 있다.

[0083] 일 실시예에 따르면, 상기 제조된 유연성 스텐실 마스크에 물리적 힘을 가한 후에는 복원 상태로 돌아오는 것일 수 있다.

[0085] 일 실시예에 따르면, 상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계;에서, 상기 프리-스탠딩 기판은 갭을 포함하고, 상기 갭이 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 나노갭 또는 제로갭보다 큰 것 일 수 있다.

[0086] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연성 스텐실 마스크의 제조방법의 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계를 나타낸 것이다.

[0087] 도 2를 참조하면, 상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층(130)을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판(140)으로 전사하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 상기 프리-스탠딩 기판(140)은 갭을 포함하고, 상기 갭이 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층(130)의 나노갭 또는 제로갭보다 큰 것을 확인할 수 있다.

[0088] 일 실시예에 따르면, 상기 유연성 스텐실 마스크에 초점 없는 전자 빔을 평행하게 통과시켜 나노갭 또는 제로갭의 모양대로 패턴을 얻어 전자 빔 리소그래피를 수행하는 것이므로, 상기 프리-스탠딩 기판의 갭의 크기가 나노갭 또는 제로갭의 크기보다 커야 원하는 패턴을 얻을 수 있다.

[0091] 일 실시예에 따르면, 상기 고분자 지지층이 형성된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 상기 기판으로부터 떼어낸 후, 프리-스탠딩 기판으로 전사하는 단계;에서, 상기 프리-스탠딩 기판은 유연성 기재, 유연성 수지, 폴리디메틸실록산(PDMS), Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) : poly(styrenesulfonate) (PEDOT : PSS), 폴리이미드(PI), 폴리에틸렌텔프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 에코플렉스(ecoflex) 및 스테인리스 스틸 테이프로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0092] 일 실시예에 따르면, 상기 프리-스탠딩 기판은 신축성이 있는 유연한 재료로 만들어진 것일 수 있으며, 여기서 상기 재료는 금속층 증착 또는 금속층이 상기 프리-스탠딩 기판으로의 전사와 같은 공정을 견딜 수 있고 신축성 및 유연성이 있는 재료라면 특별히 제한되지 않는다.

[0093] 일 실시예에 따르면, 상기 프리-스탠딩 기판은 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층을 지지할 수 있는 구조체인 것일 수 있다.

[0095] 일 실시예에 따르면, 고분자 지지층을 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층 상에 형성하는 단계;에서, 상기 고분자 지지층은 poly(Methyl Methacrylate) (PMMA), polypropylene carbonate (PPC) 및 polycaprolactone (PCL) 로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0096] 일 실시예에 따르면, 상기 고분자 지지층은 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 구성을 고려하여 다양한 종류의 고분자를 사용할 수 있으며 특별히 제한되지 않는다.

[0097] 일 실시예에 따르면, 상기 고분자 지지층은 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 전사된 후, 유기 용매를 이용하여 제거되는 것일 수 있다.

[0099] 일 실시예에 따르면, 상기 전사된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 고분자 지지층을 제거하는 단계;는 유기 용매를 이용하는 것이고, 상기 유기 용매는 아세톤 (acetone), 클로로폼 (chloroform), 및 테트라하이드로퓨란 (tetrahydrofuran, THF)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0100] 일 실시예에 따르면, 상기 전사된 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층의 고분자 지지층을 제거하는 단계;에서 전사를 위해 사용된 상기 고분자 지지층은 유기용매에 담궈서 제거할 수 있다.

[0102] 일 실시예에 따르면, 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;에서, 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층은, 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 티타늄(Ti), 바나듐(V), 크롬(Cr), 백금(Pt), 텅스텐(W), 니켈(Ni), 인듐(In), 주석(Sn) 및 갈륨(Ga)으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0103] 일 실시예에 따르면, 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층은, 단일 금속 뿐만 아니라 2종 이상의 금속의 합금일 수도 있고, 이에 제한되진 않는다.

[0105] 일 실시예에 따르면, 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;에서, 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층은, 두께가 10 nm 내지 1 ㎛ 인 것일 수 있다.

[0106] 일 실시예에 따르면, 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;에서, 상기 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층은, 두께가 10 nm 내지 1 ㎛; 50 nm 내지 1 ㎛; 100 nm 내지 1 ㎛; 200 nm 내지 1 ㎛; 300 nm 내지 1 ㎛; 500 nm 내지 1 ㎛; 600 nm 내지 1 ㎛; 700 nm 내지 1 ㎛; 800 nm 내지 1 ㎛; 900 nm 내지 1 ㎛; 10 nm 내지 0.9 ㎛; 10 nm 내지 0.7 ㎛; 10 nm 내지 0.5 ㎛; 10 nm 내지 0.3 ㎛; 10 nm 내지 0.1 ㎛; 10 nm 내지 0.09 ㎛; 10 nm 내지 0.07 ㎛; 10 nm 내지 0.05 ㎛; 10 nm 내지 0.03 ㎛; 10 nm 내지 0.02 ㎛; 인 것일 수 있다.

[0107] 일 실시예에 따르면, 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층이 기판 위에 형성되는 단계;에서, 상기 나노갭 또

는 제로갭을 포함하는 금속층은, 두께가 10 ㎚ 미만인 경우 균일한 금속층이 형성되지 않을 문제가 있을 수 있고, 1 ㎛ 초과인 경우 전자빔이 갭을 투과하기 힘들어질 문제가 있을 수 있다.

[0109] 이상과 같이 실시예들이 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가 진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들 어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스 템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조 합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0110] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후 술하는 청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

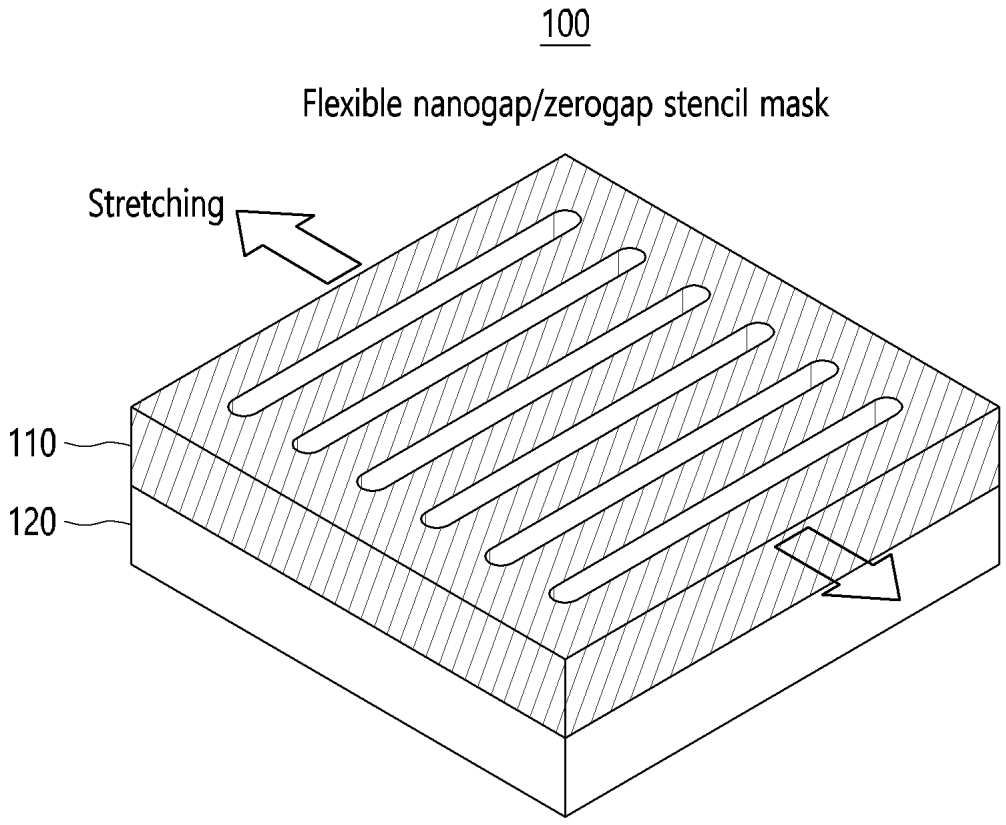
[0112] 100 : 유연성 스텐실 마스크

110,130 : 나노갭 또는 제로갭을 포함하는 금속층

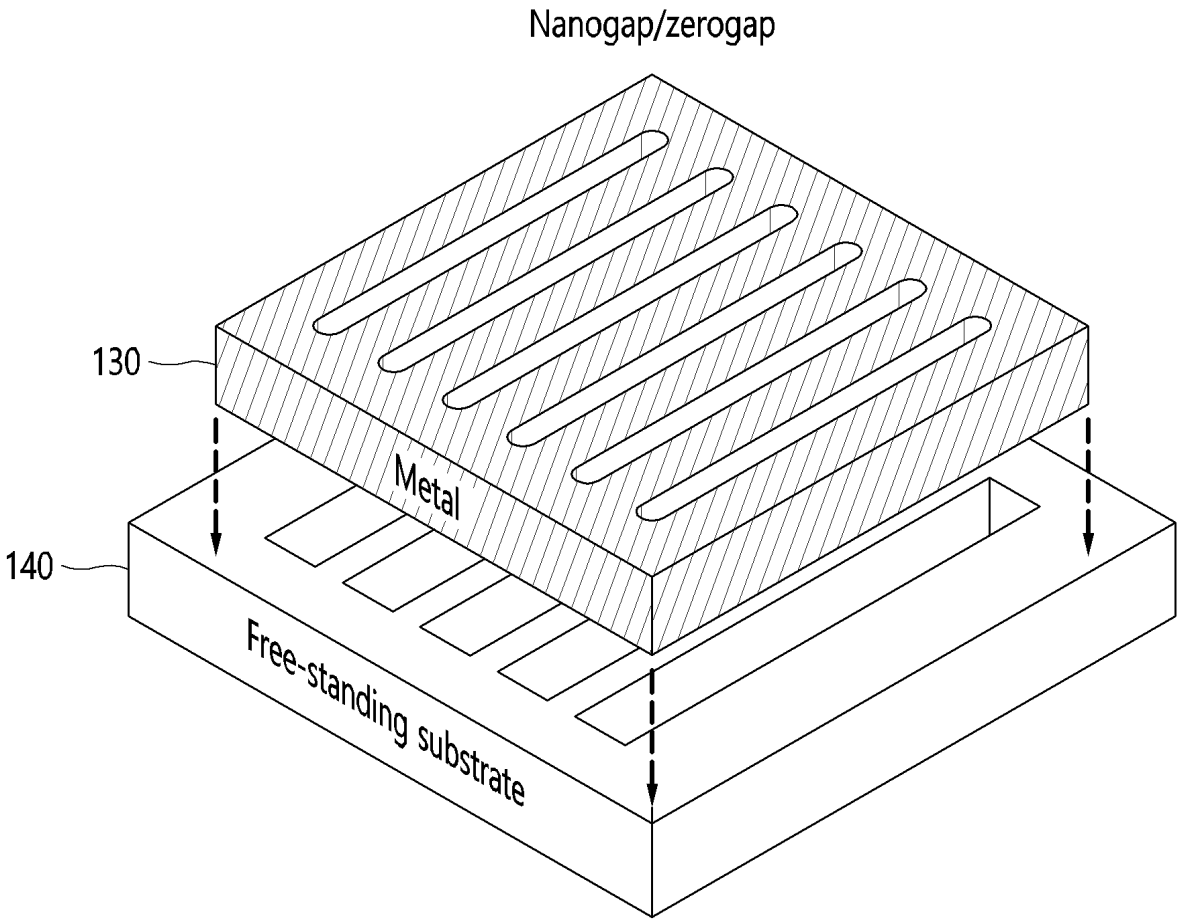
120,140 : 프리-스탠딩 기판

도면

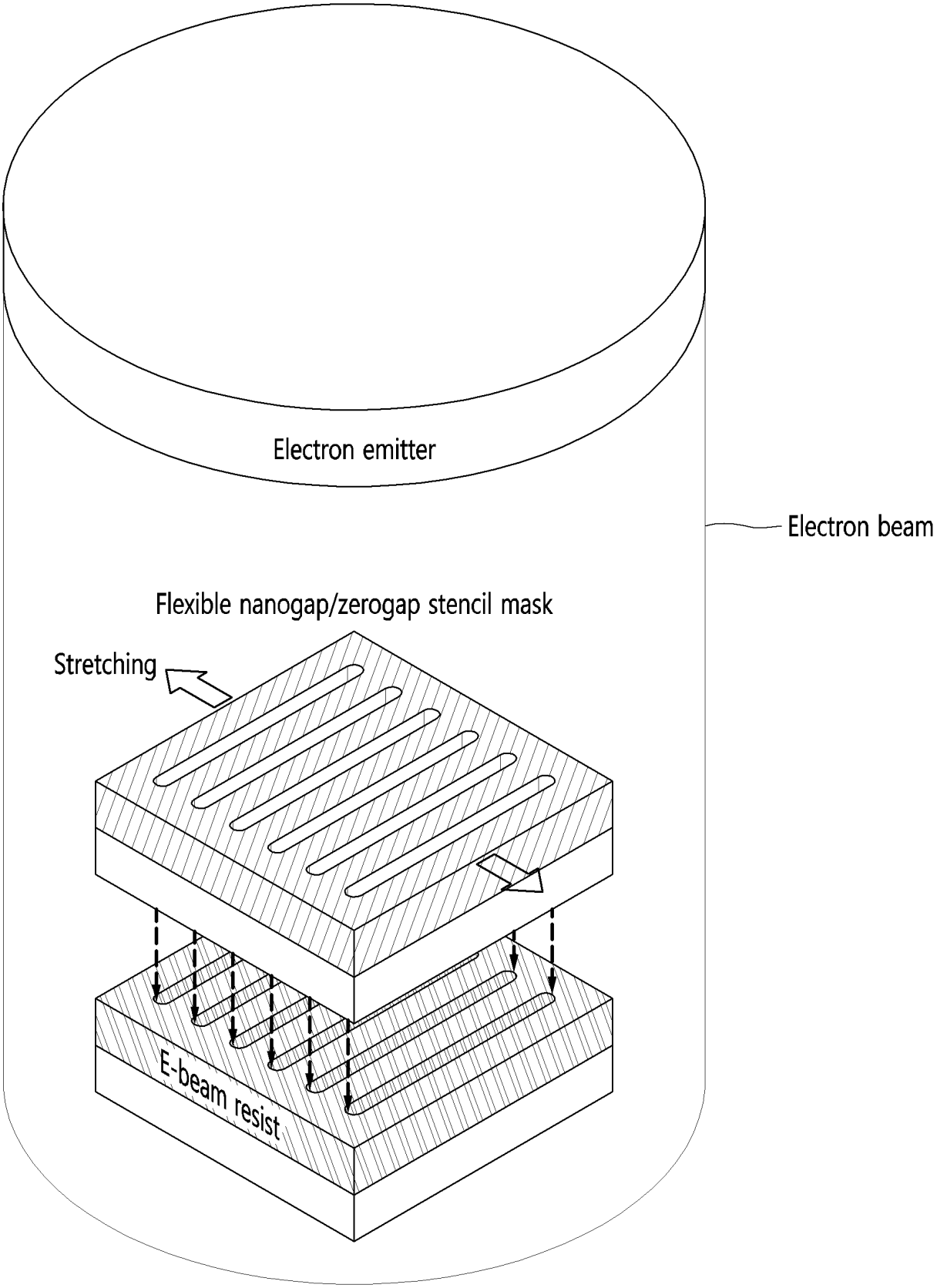
도면1



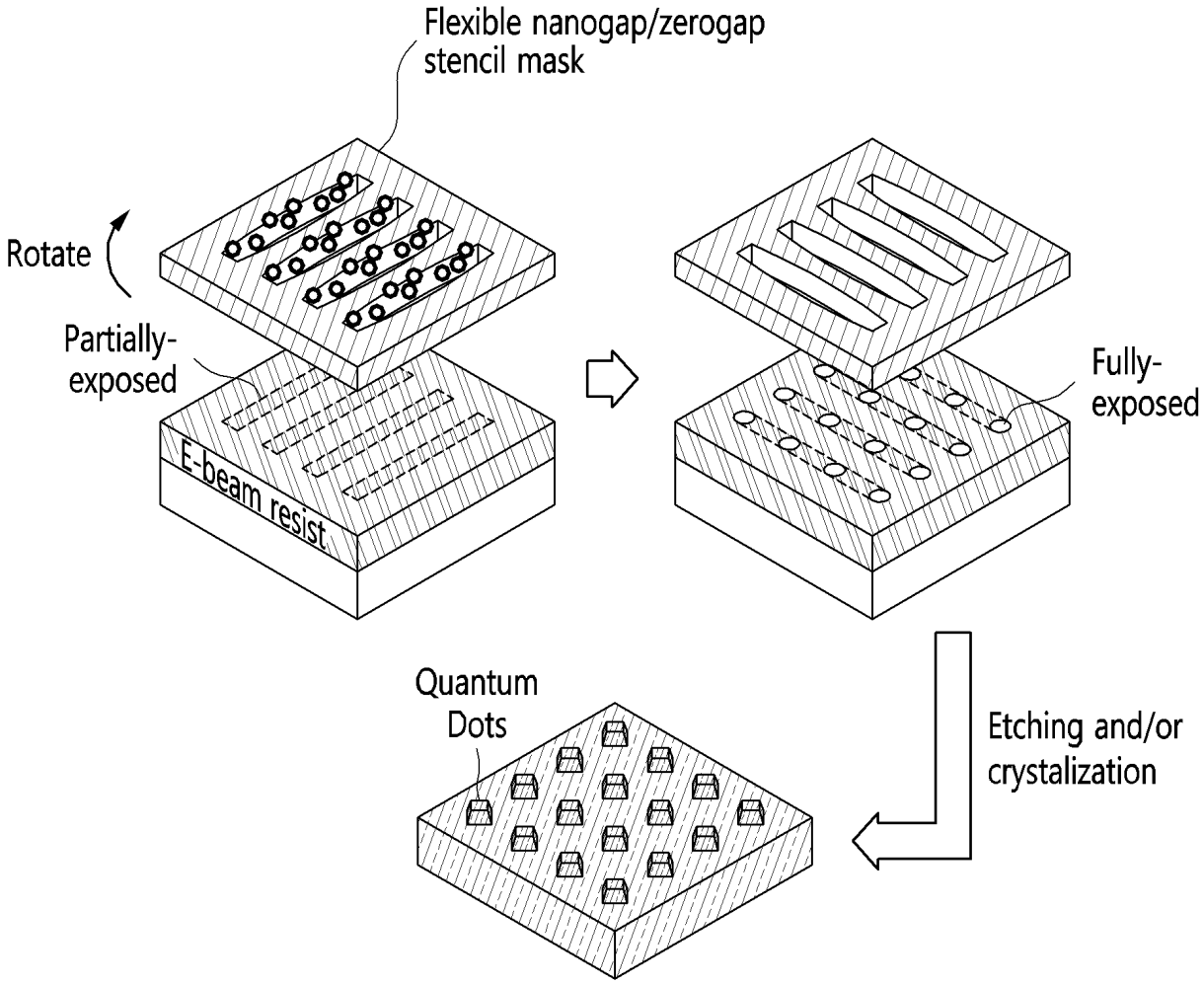
도면2



도면3


Electron emitter
Electron beam
Flexible nanogap/zerogap stencil mask
Stretching
E-beam resist

도면4


Flexible nanogap/zerogap
stencil mask
Rotate
Partially-
exposed
E-beam resist
Fully-
exposed
Quantum
Dots
Etching and/or
crystalization