



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년08월20일
 (11) 등록번호 10-1175325
 (24) 등록일자 2012년08월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/20 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-0117398
 (22) 출원일자 2009년11월30일
 심사청구일자 2009년11월30일
 (65) 공개번호 10-2011-0020703
 (43) 공개일자 2011년03월03일
 (30) 우선권주장
 1020090078385 2009년08월24일 대한민국(KR)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020080015715 A*
 KR1020030087642 A*
 US20040256662 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국기초과학지원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)
 (72) 발명자
 이봉주
 대전광역시 유성구 대덕대로541번길 68, 103동
 1001호 (도룡동, 현대아파트)
 유석재
 대전광역시 유성구 엑스포로 448, 303동 1601호
 (전민동, 엑스포아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인다인

전체 청구항 수 : 총 7 항

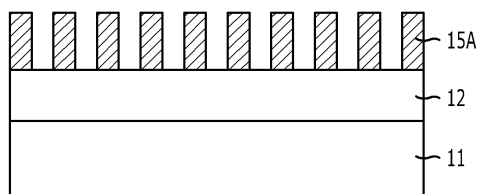
심사관 : 정성중

(54) 발명의 명칭 **양자점 형성방법**

(57) 요약

본 발명은 양자점 형성방법에 관한 것으로, 기판상에 제1고분자막과 제2고분자막이 결합된 블럭공중합체로 이루어진 희생막을 형성하는 단계; 상기 희생막에서 상기 제1고분자막을 선택적으로 제거하여 희생패턴을 형성하는 단계; 상기 희생패턴 사이를 매립하도록 물질막을 증착하는 단계; 및 상기 희생패턴을 제거하는 단계를 포함하고 있으며, 상술한 본 발명에 따르면, 자기조립구조를 갖는 블럭공중합체를 이용하여 양자점을 형성함으로써, 수~수십 나노미터의 선폭을 갖는 양자점을 전 기판에서 균일한 크기 및 형상을 갖도록 형성할 수 있으며, 결과적으로 양자점 형성공정시 재현성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1b



(72) 발명자

김영우

경기도 용인시 기흥구 한보라2로 93, 화성파크드림
아파트 303동 902호 (보라동)

김대철

대전광역시 유성구 어은로 57, 103동 903호 (어은
동, 한빛아파트)

오경숙

대전광역시 유성구 과학로 125, 국가핵융합연구소
내부기숙사 207호 (어은동)

최성웅

대전광역시 유성구 과학로 125, 국가핵융합연구소
내부기숙사 301호 (어은동)

특허청구의 범위

청구항 1

기판상에 제1고분자막과 제2고분자막이 결합된 블럭공중합체 박막을 형성하는 단계;
 상기 블럭공중합체 박막에서 상기 제1고분자막을 선택적으로 제거하여 제2고분자막 패턴을 형성하는 단계; 및
 상기 제2고분자막 패턴 사이를 매립하는 양자점용 물질막을 증착하는 단계를 포함하며,
 상기 블럭공중합체 박막을 형성하는 단계는 상온 내지 300℃ 범위의 온도에서 실시하는 양자점 형성방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 블럭공중합체 박막을 형성하는 단계는,
 상기 제1고분자막과 상기 제2고분자막이 상호 반복되는 기둥형태의 매트릭스 배열을 갖도록 형성하는 양자점 형성방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 제1고분자막 및 상기 제2고분자막은 폴리스틸렌(PS), 폴리카본에스테르(PC), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리이미드(PI), 폴리에테르설폰(PES), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에스테르(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리부타디엔(PB), 폴리에틸렌프로필렌(PEP), 폴리4비닐피리딘(P4VP), 폴리비닐피리딘(PVP), 폴리이소플렌(PI) 및 폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PCEMA)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함하는 양자점 형성방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 블럭공중합체 박막은 폴리스틸렌-블럭-폴리메틸메타크릴레이트(PS-b-PMMA), 폴리메틸스틸렌-블럭-폴리하이드록시스틸렌(PMS-b-PHOST), 폴리스틸렌-블럭-폴리에틸렌프로필렌(PS-b-PEP), 폴리스틸렌-블럭-폴리이소플렌(PS-b-PI), 폴리스틸렌-블럭-폴리부타디엔(PS-b-PBD), 폴리스틸렌-블럭-폴리4비닐피리딘(PS-b-P4VP), 폴리스틸렌-블럭-폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PS-b-PCEMA) 및 폴리스틸렌-블럭-폴리에테르설폰(PS-b-PFS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함하는 양자점 형성방법.

청구항 5

제2항에 있어서,
 상기 제1고분자막은 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)를 포함하고, 상기 제2고분자막은 폴리스틸렌(PS)를 포함하며, 상기 블럭공중합체 박막은 폴리스틸렌-블럭-폴리메틸메타크릴레이트(PS-b-PMMA)를 포함하는 양자점 형성방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,
 상기 물질막을 증착하는 단계 후,

상기 제2고분자막 패턴을 습식식각법, 건식식각법, 산소 플라즈마 처리법 및 자외선방사법으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 한 방법을 사용하여 제거하는 단계를 더 포함하는 양자점 형성방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1고분자막을 선택적으로 제거하기 이전에,

플라즈마 처리를 실시하여 상기 제2고분자막이 상기 제1고분자막 보다 큰 경도를 갖도록 경화시키는 단계를 더 포함하는 양자점 형성방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 반도체 장치의 제조 기술에 관한 것으로, 특히 양자점(Quantum Dot, QD) 형성방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 양자점(Quantum Dot, QD)의 우수한 효과가 증명됨에 따라 양자점을 이용한 다양한 장치들이 연구개발되고 있다. 일반적으로, 양자점은 포토리소스라피 기술(Photo Lithography)을 바탕으로한 패터닝 공정을 통해 형성하거나, 또는 물리기상증착법(PVD) 또는 화학기상증착법(CVD)과 같은 증착법을 사용하여 형성하고 있다.

[0003] 하지만, 종래기술에서 포토리소그래피기술을 바탕으로한 패터닝공정을 통한 양자점 형성방법으로는 수~수십나노미터의 선폭(또는 직경)을 갖는 양자점을 용이하게 형성할 수 없는 문제점이 있다. 구체적으로, 포토리소그래피 기술의 회절한계등으로 인해 전 기관에서 균일한 크기 및 형상을 갖는 양자점을 구현하기 어렵다는 문제점이 있다. 또한, 수~수십나노미터의 선폭을 갖는 양자점을 구현하기 위해서는 고가의 리소그래피 장비가 필요하기 때문에 양자점 형성공정시 많은 비용이 소모되는 문제점이 있다.

[0004] 또한, 물리기상증착법 또는 화학기상증착법과 같은 증착법을 이용한 양자점 형성방법 역시 양자점을 균일한 크기로 제어하는 문제와 이를 재현하는 문제 및 양자점의 분포를 균일하게 제어하지 못하는 문제점이 있다.

[0005] 정리하면, 균일한 형상 및 분포를 갖는 양자점을 보다 손쉽게 재현할 수 있는 양자점 형성방법에 대한 연구가 절실히 요구되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0006] 본 발명은 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 균일한 크기 및 분포를 갖는 양자점을 용이하게 형성할 수 있는 양자점 형성방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0007] 또한, 본 발명은 수~수십나노미터의 선폭을 갖는 양자점에 형성공정시 재현성을 향상시킬 수 있는 양자점 형성방법을 제공하는데 다른 목적이 있다.

과제 해결수단

- [0008] 상기 목적을 달성하기 위한 일 측면에 따른 본 발명의 양자점 형성방법은, 기판상에 제1고분자막과 제2고분자막이 결합된 블럭공중합체로 이루어진 희생막을 형성하는 단계; 상기 희생막에서 상기 제1고분자막을 선택적으로 제거하여 희생패턴을 형성하는 단계; 상기 희생패턴 사이를 매립하도록 물질막을 증착하는 단계; 및 상기 희생패턴을 제거하는 단계를 포함하고 있다. 이때, 상기 희생막은 상기 제1고분자막이 상기 희생막을 관통하는 기둥 형태로 매트릭스 배열을 갖도록 형성할 수 있다.
- [0009] 상기 목적을 달성하기 위한 다른 일 측면에 따른 본 발명의 양자점 형성방법은, 기판상에 제1고분자막과 제2고분자막이 결합된 블럭공중합체로 이루어진 희생막을 형성하는 단계; 상기 희생막에서 상기 제1고분자막 또는 상기 제2고분자막 중 어느 하나를 선택적으로 제거하여 희생패턴을 형성하는 단계; 상기 희생패턴을 식각장벽으로 상기 기판을 일부 식각하는 단계; 및 상기 희생패턴을 제거하는 단계를 포함하고 있다. 이때, 상기 희생막은 상기 제1고분자막 내에 상기 제2고분자막이 구형대로 매트릭스 배열을 갖도록 형성할 수 있다.
- [0010] 여기서, 상기 제2고분자막을 선택적으로 제거하여 상기 희생패턴을 형성한 경우에 상기 희생패턴을 식각장벽으로 식각되어 상기 기판에 형성된 홈이 양자점으로 작용하고, 상기 제1고분자막을 선택적으로 제거하여 상기 희생패턴을 형성한 경우에는 상기 희생패턴을 식각장벽으로 식각되어 상기 기판 표면으로부터 돌출된 돌출부가 양자점으로 작용한다.
- [0011] 상기 목적을 달성하기 위한 또 다른 일 측면에 따른 본 발명의 양자점 형성방법은, 기판상에 제1희생막을 형성하는 단계; 상기 제1희생막 상에 제1고분자막과 제2고분자막이 결합된 블럭공중합체로 이루어진 제2희생막을 형성하는 단계; 상기 제2희생막에서 상기 제2고분자막을 선택적으로 제거하여 제2희생패턴을 형성하는 단계; 상기 제2희생패턴을 식각장벽으로 상기 제1희생막을 식각하여 제1희생패턴을 형성하는 단계; 상기 제1희생패턴 사이를 매립하도록 물질막을 증착하는 단계; 및 상기 제1 및 제2희생패턴을 제거하는 단계를 포함한다.

효과

- [0012] 상술한 과제 해결 수단을 바탕으로 하는 본 발명은, 블럭공중합체를 이용하여 양자점을 형성함으로써, 수~수십 나노미터의 선폭을 갖는 양자점을 용이하게 형성할 수 있는 효과가 있다.
- [0013] 또한, 본 발명은 자기조립구조를 갖는 블럭공중합체를 이용하여 양자점을 형성함으로써, 전 기판에서 균일한 크기 및 형상을 갖는 양자점을 형성할 수 있는 효과가 있다.
- [0014] 이로써, 본 발명은 양자점 형성공정시 재현성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여, 본 발명의 가장 바람직한 실시예를 첨부도면을 참조하여 설명하기로 한다.
- [0016] 후술할 본 발명의 실시예들에서는 수~수십 나노미터의 선폭을 갖는 양자점을 전 기판에서 균일한 크기 및 형상을 갖도록 형성할 수 있는 재현성이 향상된 양자점 형성방법을 제공한다. 이를 위해, 서로 다른 고분자막이 결합된 블럭공중합체(Block CoPolymer, BCP)를 사용하여 양자점을 형성하는 것을 기술적 원리로 한다.

- [0017] 여기서, 블럭공중합체는 두 개 이상의 화학적으로 다른 결합을 가진 고분자를 결합시킨 물질 즉, 서로 다른 두 종류 이상의 고분자 사슬이 화학결합을 통해 강제로 연결되어 있는 독특한 형태의 고분자를 의미한다.
- [0018] 블럭공중합체는 아주 긴 분자 고리를 가지고 있어서 화학적 및 물리적 성질이 단일 고분자 또는 단일 중합체에 비하여 특이하며, 독특한 형태의 화학결합으로 인해 수~수십나노미터 수준의 균일한 크기 및 배열을 갖는 구(sphere), 원통(cylinder), 기둥(pillar) 또는 층상(lamellae) 형태의 자기조립구조(self assembled structure)들을 형성할 수 있다. 구체적으로, 블럭공중합체는 두 가지 이상의 고분자가 공유결합으로 서로 연결된 구조를 가지며, 두 가지 이상의 서로 다른 성질을 갖는 고분자가 공유결합에 의해 연결되어 있기 때문에 일정온도와 압력에서 분자간의 상호인력에 의하여 상분리가 발생한다. 이때, 상분리로 인해 형성되는 도메인의 크기 및 모양은 각각의 고분자 세그먼트(segment) 들의 크기, 분자량 및 결합력에 따라 달라지며, 이들을 적절한 조건에서 조절하면 균일한 크기 및 배열을 갖는 구, 원통, 기둥, 층상구조등을 포함하는 다양한 자기조립구조물을 만들수 있다. 이를 통해, 현재 산업계에서 이용되고 있는 반도체 제조 기술로는 구현하기 힘든 수~수십 나노미터 크기의 미세한 점이나 선형태의 구조들을 매우 쉽게 만들어 낼 수 있다는 장점이 있다(도 5 참조).
- [0019] 본 발명의 양자점 형성방법에 대한 실시예들에서 블럭공중합체를 형성하기 위한 고분자물질로는 폴리스티렌(PolyStyrene, PS), 폴리카본에스테르(PolyCarbonate, PC), 폴리메틸메타크릴레이트(PolyMethylMetaAcrylate, PMMA), 폴리디메틸실록산(PolyDiMethylSiloxane, PDMS), 폴리에테르이미드(Polyetherimide, PEI), 폴리에테르에테르케톤(polyetheretherketone, PEEK), 폴리이미드(Polyimide, PI), 폴리에테르설포(Polyethersulfone, PES), 폴리에테르이미드(Polyetherimide, PEI), 폴리에스테르(Polyester, PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphthalate, PEN) 폴리부타디엔(PolyButadiene, PB), 폴리에틸렌프로필렌(PolyEthylene-alt-Propylene, PEP), 폴리4비닐피리딘(poly(4-vinylpyridine), P4VP), 폴리비닐피리딘(polyVinylpyridine, PVP), 폴리이소플렌(polyisoprene, PI), 폴리시나모일에틸메타에크릴에트(poly(2-cinnamoylethylmethacrylate), PCEMA)등을 사용할 수 있다.
- [0020] 그리고, 본 발명의 양자점 형성방법에 대한 실시예들에서 상술한 고분자물질들 중에서 둘 이상이 서로 결합된 블럭공중합체로는 폴리스티렌-블럭-폴리메틸메타크릴레이트(PolyStyrene-b-PolyMethylMetaAcrylate, PS-b-PMMA), 폴리메틸스틸렌-블럭-폴리히이드록시스틸렌(Poly(α-methylstyrene)-b-(4hydroxyrene), PMS-b-PHOST), 폴리스틸렌-블럭-폴리에틸렌프로필렌(polystyrene-block-poly(ethylene-alt-propylene), PS-b-PEP), 폴리스틸렌-블럭-폴리이소플렌(polystyrene-b-polyisoprene, PS-b-PI), 폴리스틸렌-블럭-폴리부타디엔(polystyrene-b-polybutadiene, PS-b-PBD), 폴리스틸렌-블럭-폴리4비닐피리딘(poly(styrene) and poly(4-vinylpyridine), PS-b-P4VP), 폴리스틸렌-블럭-폴리시나모일에틸메타에크릴에트(polystyrene-b-poly(2-cinnamoylethylmethacrylate), PS-b-PCEMA), 폴리스틸렌-블럭-폴리에테르설포(polystyrene-b-poly(ferrocenylsilane), PS-b-PFS)등을 사용할 수 있다.
- [0021] 이하, 본 발명의 실시예들을 통해 본 발명의 기술적 원리를 적용한 양자점 형성방법에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0022] [제1실시예]
- [0023] 도 1a 내지 도 1d는 본 발명의 제1실시예에 양자점 형성방법을 도시한 공정단면도이다.
- [0024] 도 1a에 도시된 바와 같이, 기판(11)상에 절연막(12)을 형성한다. 이때, 절연막(12)은 후속 공정을 통해 형성될 양자점과 기판(11) 사이를 전기적으로 분리시키는 역할을 수행하는 것으로, 산화막, 질화막, 산화질화막(oxyntiride)등으로 형성할 수 있다. 한편, 경우에 따라 후속 공정을 통해 형성될 양자점과 기판(11)을 전기적으로 분리시킬 필요가 없는 경우에는 절연막(12) 형성공정을 생략할 수도 있다.
- [0025] 다음으로, 절연막(12) 상에 제1고분자막(13)과 제2고분자막(14)이 결합된 블럭공중합체로 이루어진 희생막(15)을 형성한다. 이때, 블럭공중합체로 이루어진 희생막(15)은 상온 내지 300℃ 범위의 온도에서 형성하는 것이 바람직하다. 이는 300℃를 초과하는 온도에서 블럭공중합체로 이루어진 희생막(15)을 형성할 경우에 화학적으로 서로 다른 결합을 가진 고분자를 결합이 손상 또는 파괴되어 블럭공중합체 내 자기조립구조가 형성되지 않을 우려가 있으며, 상온 미만의 온도에서는 서로 다른 결합을 가진 고분자들의 결합이 용이하지 않아 블럭공중합체 내 자기조립구조가 형성되지 않을 우려가 있다.
- [0026] 희생막(15)은 화학기상증착법(CVD), 스퍼터링법(sputtering), 스핀코팅법(spin coating) 또는 증성입자빔증착법

(Hyperthermal Neutral Beam, HNB)등을 사용하여 형성할 수 있다. 일례로, 중성입자증착법을 사용하여 희생막(15)을 형성하는 경우에 중성입자 변환기를 통해 중성입자빔의 에너지를 낮게(예컨대, 10eV ~ 100eV) 조절할 수 있기 때문에 중성입자빔을 이용하여 박막을 증착하면 기관(11)을 가열하는 것과 동일한 효과를 구현하면서도 박막에 열 또는 플라즈마에 의한 손상이 방지할 수 있어 상온 내지 300℃ 범위의 온도에서 블럭공중합체로 이루어진 희생막(15)을 안정적으로 형성할 수 있다.

[0027] 희생막(15)을 구성하는 제1 및 제2고분자막(13, 14)으로는 폴리스틸렌(PS), 폴리카본에스테르(PC), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리이미드(PI), 폴리에테르설폰(PES), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에스테르(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 폴리부타디엔(PB), 폴리에틸렌프로필렌(PEP), 폴리4비닐피리딘(P4VP), 폴리비닐피리딘(PVP), 폴리이소플렌(PI) 및 폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PCEMA)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 사용할 수 있다. 즉, 희생막(15)은 상술한 물질들 중에서 선택된 어느 둘 이상의 고분자 물질이 결합된 블럭공중합체로 형성할 수 있다.

[0028] 예를 들어, 본 발명의 제1실시예에 따른 희생막(15)으로 적용가능한 상술한 고분자 물질들 중 어느 둘 이상이 결합된 블럭공중합체로는 폴리스틸렌-블럭-폴리메틸메타크릴레이트(PS-b-PMMA), 폴리메틸스티렌-블럭-폴리하이드록시스티렌(PMS-b-PHOST), 폴리스틸렌-블럭-폴리에틸렌프로필렌(PS-b-PEP), 폴리스틸렌-블럭-폴리이소플렌(PS-b-PI), 폴리스틸렌-블럭-폴리부타디엔(PS-b-PBD), 폴리스틸렌-블럭-폴리4비닐피리딘(PS-b-P4VP), 폴리스틸렌-블럭-폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PS-b-PCEMA) 및 폴리스틸렌-블럭-폴리에테르설폰(PS-b-PFS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 사용할 수 있다.

[0029] 본 발명의 제1실시예에 따른 희생막(15)은 양자점을 용이하게 형성하기 위해 제1고분자막(13)이 희생막(15)을 관통하는 기둥형태를 갖고, 기둥형태를 갖는 제1고분자막(13)이 매트릭스 형태로 배열되도록 형성할 수 있다.

[0030] 일례로, 제1고분자막(13)이 기둥형태를 갖고 매트릭스로 배열된 희생막(15)은 제1고분자막(13)으로 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 제2고분자막(14)으로 폴리스틸렌(PS)를 사용하여 형성할 수 있다. 구체적으로, 절연막(12) 상에 스핀코팅법을 사용하여 폴리스틸렌-블럭-폴리메틸메타크릴레이트(PS-b-PMMA)를 도포한 후에 기관(11)을 150℃ ~ 250℃ 범위의 온도로 가열하면 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 내에 폴리스틸렌(PS)이 기둥형태로 매트릭스 배열된 희생막(15)을 형성할 수 있다.

[0031] 도 1b에 도시된 바와 같이, 희생막(15)에서 제1고분자막(13)만을 선택적으로 제거하여 희생패턴(15A)을 형성한다. 물론, 제2고분자막(14)만을 선택적으로 제거하여 희생패턴(15A)을 형성할 수도 있다.

[0032] 여기서, 제1고분자막(13)을 선택적으로 제거하는 식각공정은 습식식각법(wet etch), 건식식각법(dry etch), 산소 플라즈마 처리법(O₂ plasma treatment), 자외선방사법(UV radiation)등을 사용하여 선택적으로 제거할 수 있다. 이때, 습식식각법 또는 건식식각법을 사용하여 제1고분자막(13) 또는 제2고분자막을 선택적으로 제거하는 경우에는 이들에 대해 식각선택비를 갖는 식각용액 또는 식각가스를 사용하여 실시할 수 있다. 그리고, 산소 플라즈마 처리법 또는 자외선방사법을 사용하여 제1고분자막(13) 또는 제2고분자막을 선택적으로 제거하는 경우에는 제1고분자막(13)과 제2고분자막(14) 사이의 분자크기, 분자량, 결합력 차이등을 이용하여 이들 중 어느 하나를 선택적으로 제거할 수 있다.

[0033] 상술한 공정과정을 통해 직경이 수~수십나노미터인 홀 -즉, 기둥형태의 제1고분자막(13)이 제거된 영역-을 복수개 구비하는 희생패턴(15A)을 형성할 수 있다. 이때, 홀의 직경은 제1고분자막(13)의 직경을 조절하거나, 또는 희생패턴(15A) 형성공정시 제1고분자막(13)이 식각되는 정도를 조절하여 원하는 직경을 구현할 수 있다.

[0034] 한편, 희생패턴(15A)을 형성하기 이전에 희생패턴(15A)으로 잔류할 제2고분자막(14)을 경화시키는 단계를 추가적으로 실시할 수도 있다. 이는, 희생패턴(15A)을 형성하는 과정에서 잔류해야되는 제2고분자막(14)이 제1고분자막(13)을 제거하는 과정에서 손상 또는 손실되는 것을 방지하기 위함이다. 여기서, 제2고분자막(14)의 경화는 제1 및 제2고분자막(13, 14)의 분자크기, 분자량, 결합력등이 서로 다르다는 차이점을 이용하여 플라즈마 처리를 통해 제2고분자막(14)만을 선택적으로 경화시킬 수 있다.

[0035] 도 1c에 도시된 바와 같이, 기관(11) 전면에 희생패턴(15A) 사이를 매립하도록 양자점을 형성하기 위한 물질막(16)을 증착한다. 이때, 후속 공정에서 양자점 사이를 효과적으로 분리시키기 위하여 물질막(16)은 희생패턴(15A) 사이를 일부 매립하도록 증착하는 것이 바람직하다. 예컨대, 실리콘양자점을 형성하고자 할 경우에는 희생패턴(15A) 사이를 일부 매립하도록 실리콘막을 증착한다. 이때, 양자점을 형성하기 위한 물질에는 제한을 두지 않는다. 즉, 양자점을 형성하기 위한 물질막(16)으로 금속성막, 반도체막, 유기물질막등을 모두 사용할 수

있다.

- [0036] 도 1d에 도시된 바와 같이, 잔류하는 희생패턴(15A)을 제거함과 동시에 희생패턴(15A) 사이에 매립된 물질막(16)을 제외한 나머지 영역에 잔류하는 물질막(16)을 제거한다. 이때, 절연막(12) 상에 잔류하는 물질막(16)이 양자점(16A)으로 작용한다.
- [0037] 희생패턴(15A)은 습식식각법, 건식식각법, 산소 플라즈마 처리법 및 자외선방사법으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 한 방법을 사용하여 제거할 수 있다.
- [0038] 상술한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따르면 제1고분자막(13)과 제2고분자막(14)이 결합되어 자기조립구조를 갖는 블럭공중합체를 사용하여 희생패턴(15A)을 형성함으로써, 수~수십나노미터의 선폴을 갖는 양자점(16A)을 균일한 크기 및 형상을 갖도록 손쉽게 형성할 수 있다.
- [0039] [제2실시예]
- [0040] 도 2a 내지 도 2e는 본 발명의 제2실시예에 양자점 형성방법을 도시한 공정단면도이다.
- [0041] 도 2a에 도시된 바와 같이, 기판(21)상에 제1고분자막(22)과 제2고분자막(23)이 결합된 블럭공중합체로 이루어진 희생막(24)을 형성한다. 이때, 희생막(24)은 상온 내지 300℃ 범위의 온도에서 형성하는 것이 바람직하며, 화학기상증착법(CVD), 스퍼터링법(sputtering), 스핀코팅법(spin coating) 또는 중성입자빔증착법(Hyperthermal Neutral Beam, HNB)등을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0042] 희생막(24)을 구성하는 제1 및 제2고분자막(22, 23)으로는 폴리스틸렌(PS), 폴리카본에스테르(PC), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리이미드(PI), 폴리에테르설폰(PES), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에스테르(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 폴리부타디엔(PB), 폴리에틸렌프로필렌(PEP), 폴리4비닐피리딘(P4VP), 폴리비닐피리딘(PVP), 폴리이소플렌(PI) 및 폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PCEMA)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 사용할 수 있다. 즉, 희생막(24)은 상술한 물질들 중에서 선택된 어느 둘 이상의 고분자 물질이 결합된 블럭공중합체로 형성할 수 있다.
- [0043] 예를 들어, 본 발명의 제2실시예에 따른 희생막(24)으로 적용가능한 상술한 고분자 물질들 중 어느 둘 이상이 결합된 블럭공중합체로는 폴리스틸렌-블럭-폴리메틸메타크릴레이트(PS-b-PMMA), 폴리메틸스틸렌-블럭-폴리하이드록시스틸렌(PMS-b-PHOST), 폴리스틸렌-블럭-폴리에틸렌프로필렌(PS-b-PEP), 폴리스틸렌-블럭-폴리이소플렌(PS-b-PI), 폴리스틸렌-블럭-폴리부타디엔(PS-b-PBD), 폴리스틸렌-블럭-폴리4비닐피리딘(PS-b-P4VP), 폴리스틸렌-블럭-폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PS-b-PCEMA) 및 폴리스틸렌-블럭-폴리에테르설폰(PS-b-PFS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 사용할 수 있다.
- [0044] 본 발명의 제2실시예에 따른 희생막(24)은 양자점을 용이하게 형성하기 위해 제1고분자막(22) 내에 제2고분자막(23)이 구형태로 매트릭스 배열을 갖도록 형성할 수 있다.
- [0045] 일례로, 제1고분자막(22) 내에 제2고분자막(23)이 구형태로 매트릭스 배열된 희생막(24)은 제1고분자막(22)으로 폴리스틸렌(PS)을 사용하고, 제2고분자막(23)으로 폴리부타디엔(PB)을 사용하여 형성할 수 있다. 즉, 폴리스틸렌-블럭-폴리부타디엔(PS-b-PBD)을 사용하여 상술한 구조를 갖는 희생막(24)을 형성할 수 있다. 이때, 구형태를 갖는 제2고분자막(23)의 크기 및 간격을 조절하여 후속 공정을 통해 형성될 양자점의 크기 및 간격을 조절할 수 있다.
- [0046] 도 2b에 도시된 바와 같이, 희생막(24)에서 제2고분자막(23)만을 선택적으로 제거하여 희생패턴(24A)을 형성한다. 희생패턴(24A)은 습식식각법, 건식식각법, 산소 플라즈마 처리법 및 자외선방사법으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 한 방법을 사용하여 형성할 수 있다. 이때, 제2고분자막(23)이 제거된 희생패턴(24A)은 내부에 구형태를 갖는 복수개의 공극이 매트릭스 형태로 배열된 구조를 가질 수 있다.
- [0047] 상술한 공정과정을 통해 직경이 수~수십나노미터인 공극 -즉, 구형태의 제2고분자막(23)이 제거된 영역-을 복수개 구비하는 희생패턴(24A)을 형성할 수 있다. 이때, 제2고분자막(23)의 직경을 조절하거나, 또는 희생패턴(24A) 형성공정시 제2고분자막(23)이 식각되는 정도를 조절하여 원하는 공극의 직경을 구현할 수 있다.
- [0048] 도 2c에 도시된 바와 같이, 반응성이온식각법(Reactive Ion Etching, RIE)을 사용하여 공극이 노출되도록 희생패턴(24A)을 식각하는 1차 식각공정을 실시한다. 이때, 1차 식각공정은 불화탄소가스 또는 불화탄소가스와 산소

가스가 혼합된 혼합가스를 사용하여 실시할 수 있다. 불화탄소가스로는 CF₄를 사용할 수 있다.

- [0049] 도 2d에 도시된 바와 같이, 공극을 노출시키는 1차 식각공정에 연속해서-또는 인시튜(in situ)로- 공극의 형성 여부에 따른 희생패턴(24A)의 두께를 차이를 이용하여 기관(21)을 일부 식각하는 2차 식각공정을 실시한다. 즉, 공극이 형성된 영역은 공극이 형성되지 않은 영역에 비하여 상대적으로 그 두께가 얇기 때문에 식각공정간 모두 소모되어 기관(21)이 노출되는데 반해, 공극이 형성되지 않은 영역은 상대적으로 그 두께가 두껍기 때문에 식각공정간 식각장벽(etch barrier) 즉 마스크로서 기능을 지속적으로 수행하게 된다.
- [0050] 2차 식각공정은 반응성이온식각법을 사용하여 실시할 수 있으며, 1차 식각공정과 동일한 식각가스를 사용하여 실시하거나, 또는 다른 식각가스를 사용하여 실시할 수 있다.
- [0051] 도 2e에 도시된 바와 같이, 희생패턴(24A)을 제거한다. 이때, 희생패턴(24A)은 습식식각법, 건식식각법, 산소 플라즈마 처리법 및 자외선방사법으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 한 방법을 사용하여 제거할 수 있다.
- [0052] 여기서, 희생패턴(24A)을 식각장벽으로 식각되어 기관(21)에 형성된 홈이 양자점(21A)으로 작용하게 된다.
- [0053] 상술한 바와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따르면 제1고분자막(22)과 제2고분자막(23)이 결합되어 자기조립구조를 갖는 블럭공중합체를 사용하여 희생패턴(24A)을 형성함으로써, 수~수십나노미터의 선폭을 갖는 양자점(21A)을 균일한 크기 및 형상을 갖도록 손쉽게 형성할 수 있다.
- [0054] [제3실시예]
- [0055] 도 3a 내지 도 3e는 본 발명의 제3실시예에 양자점 형성방법을 도시한 공정단면도이다.
- [0056] 도 3a에 도시된 바와 같이, 기관(31)상에 제1고분자막(32)과 제2고분자막(33)이 결합된 블럭공중합체로 이루어진 희생막(34)을 형성한다. 이때, 희생막(34)은 상온 내지 300℃ 범위의 온도에서 형성하는 것이 바람직하며, 화학기상증착법(CVD), 스퍼터링법(sputtering), 스핀코팅법(spin coating) 또는 중성입자빔증착법(Hyperthermal Neutral Beam, HNB)등을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0057] 희생막(34)을 구성하는 제1 및 제2고분자막(32, 33)으로는 폴리스틸렌(PS), 폴리카본에스테르(PC), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리이미드(PI), 폴리에테르설폰(PES), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에스테르(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 폴리부타디엔(PB), 폴리에틸렌프로필렌(PEP), 폴리4비닐피리딘(P4VP), 폴리비닐피리딘(PVP), 폴리이소플렌(PI) 및 폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PCEMA)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 사용할 수 있다. 즉, 희생막(34)은 상술한 물질들 중에서 선택된 어느 둘 이상의 고분자 물질이 결합된 블럭공중합체로 형성할 수 있다.
- [0058] 예를 들어, 본 발명의 제3실시예에 따른 희생막(34)으로 적용가능한 상술한 고분자 물질들 중 어느 둘 이상이 결합된 블럭공중합체로는 폴리스틸렌-블럭-폴리메틸메타크릴레이트(PS-b-PMMA), 폴리메틸스틸렌-블럭-폴리하이드록시스틸렌(PMS-b-PHOST), 폴리스틸렌-블럭-폴리에틸렌프로필렌(PS-b-PEP), 폴리스틸렌-블럭-폴리이소플렌(PS-b-PI), 폴리스틸렌-블럭-폴리부타디엔(PS-b-PBD), 폴리스틸렌-블럭-폴리4비닐피리딘(PS-b-P4VP), 폴리스틸렌-블럭-폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PS-b-PCEMA) 및 폴리스틸렌-블럭-폴리에테르설폰(PS-b-PFS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 사용할 수 있다.
- [0059] 본 발명의 제3실시예에 따른 희생막(34)은 양자점을 용이하게 형성하기 위해 제1고분자막(32) 내에 제2고분자막(33)이 구형태로 매트릭스 배열을 갖도록 형성할 수 있다.
- [0060] 일례로, 제1고분자막(32) 내에 제2고분자막(33)이 구형태로 매트릭스 배열된 희생막(34)은 제1고분자막(32)으로 폴리스틸렌(PS)을 사용하고, 제2고분자막(33)으로 폴리부타디엔(PB)을 사용하여 형성할 수 있다. 즉, 폴리스틸렌-블럭-폴리부타디엔(PS-b-PBD)을 사용하여 상술한 구조를 갖는 희생막(34)을 형성할 수 있다. 이때, 구형태를 갖는 제2고분자막(33)의 크기 및 간격을 조절하여 후속 공정을 통해 형성될 양자점의 크기 및 간격을 조절할 수 있다.
- [0061] 도 3b에 도시된 바와 같이, 제2고분자막(33)이 제1고분자막(32)보다 큰 경도(hardness)를 갖도록 제2고분자막(33)을 경화시킨다. 이하, 경화된 제2고분자막(33)의 도면부호를 '33A'로 변경하여 표기한다.
- [0062] 여기서, 제2고분자막(33A)의 경화는 제1 및 제2고분자막(32, 33A)의 분자크기, 분자량, 결합력등이 서로 다르다

는 차이점을 이용하여 플라즈마 처리를 통해 제2고분자막(33A)만을 선택적으로 경화시킬 수 있다.

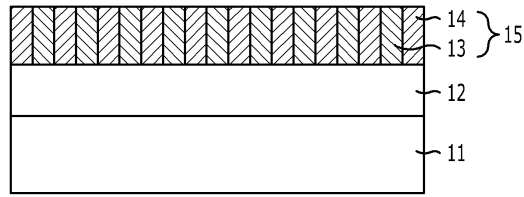
- [0063] 도 3c에 도시된 바와 같이, 반응성이온식각법(RIE)을 사용하여 구형태의 제2고분자막(33A)이 노출되도록 희생막(34)을 식각하는 1차 식각공정을 실시한다. 이때, 1차 식각공정은 불화탄소가스 또는 불화탄소가스와 산소가스 가 혼합된 혼합가스를 사용하여 실시할 수 있다. 불화탄소가스로는 CF₄를 사용할 수 있다.
- [0064] 도 3d에 도시된 바와 같이, 구형태의 제2고분자막(33A)을 노출시키는 1차 식각공정에 연속해서(또는 인시튜로) 제1 및 제2고분자막(32, 33A) 사이의 경도차이를 이용하여 희생패턴(34A)을 형성하는 2차 식각공정을 실시한다. 2차 식각공정은 반응성이온에칭법을 사용하여 실시할 수 있으며, 1차 식각공정과 동일한 식각가스를 사용하여 실시할 수 있다.
- [0065] 상술한 공정과정을 통해 형성된 희생패턴(34A)은 복수의 기둥이 매트릭스 형태로 배열된 구조를 가질 수 있다. 이때, 희생패턴(34A)의 선폭 및 간격은 수~수십나노미터일 수 있다. 또한, 희생패턴(34A)의 선폭 및 간격은 희생막(34)에서의 제2고분자막(33) 직경을 조절하거나, 또는 희생패턴(34B) 형성공정시 제2고분자막(33A)이 식각되는 정도를 조절하여 원하는 선폭 및 간격을 구현할 수 있다.
- [0066] 다음으로, 마스크패턴(34B)을 식각장벽으로 기관(31)을 일부 식각하는 3차 식각공정을 실시한다. 이때, 3차 식각공정은 반응성이온식각법을 사용하여 실시할 수 있으며, 1차 및 2차 식각공정과 동일한 식각가스를 사용하여 실시하거나, 또는 다른 식각가스를 사용하여 실시할 수 있다.
- [0067] 도 3e에 도시된 바와 같이, 희생패턴(34A)을 제거한다. 이때, 희생패턴(34A)은 습식식각법, 건식식각법, 산소 플라즈마 처리법 및 자외선방사법으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 한 방법을 사용하여 제거할 수 있다.
- [0068] 여기서, 희생패턴(34A)을 식각장벽으로 식각되어 기관(31) 표면으로부터 돌출된 도트타입(dot type)의 돌출부가 양자점(31A)으로 작용하게 된다.
- [0069] 상술한 바와 같이, 본 발명의 제3실시예에 따르면 제1고분자막(32)과 제2고분자막(33)이 결합되어 자기조립구조를 갖는 블럭공중합체를 사용하여 희생패턴(34A)을 형성함으로써, 수~수십나노미터의 선폭을 갖는 양자점(31A)을 균일한 크기 및 형상을 갖도록 손쉽게 형성할 수 있다.
- [0070] [제4실시예]
- [0071] 도 4a 내지 도 4g는 본 발명의 제4실시예에 따른 양자점 형성방법을 도시한 공정단면도이다.
- [0072] 도 4a에 도시된 바와 같이, 기관(41) 상에 제1희생막(42)을 형성한다. 제1희생막(42)은 후속 공정을 통해 형성될 양자점의 크기를 보다 효과적으로 감소시키는 역할을 수행한다. 제1희생막(42)은 다양한 물질로 형성할 수 있으나, 후속 공정간 편의를 위해 고분자막으로 형성할 수 있다. 제1희생막(42)으로 적용가능한 고분자막으로는 폴리스틸렌(PS), 폴리카본에스테르(PC), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리이미드(PI), 폴리에테르설포(PES), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에스테르(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 폴리부타디엔(PB), 폴리에틸렌프로필렌(PEP), 폴리4비닐피리딘(P4VP), 폴리비닐피리딘(PVP), 폴리이소플렌(PI) 및 폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PCEMA)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 사용할 수 있다.
- [0073] 다음으로, 제1희생막(42) 상에 마스크막(43)을 형성한다. 마스크막(43)은 후속 제1희생패턴 형성공정시 식각마진을 제공하는 역할을 수행하며, 제1희생막(42)에 대해 식각선택비를 갖는 물질로 형성하는 것이 바람직하다. 예컨대, 제1희생막(42)을 고분자막으로 형성하는 경우에 마스크막(43)은 산화막, 질화막, 산화질화막(oxyntride)과 같은 무기 절연막으로 형성할 수 있다.
- [0074] 다음으로, 마스크막(43) 상에 제1고분자막(44)과 제2고분자막(45)이 결합된 블럭공중합체로 이루어진 제2희생막(46)을 형성한다. 이때, 제2희생막(46)은 상온 내지 300℃ 범위의 온도에서 형성하는 것이 바람직하며, 화학기상증착법(CVD), 스퍼터링법(sputtering), 스핀코팅법(spin coating) 또는 중성입자빔증착법(Hyperthermal Neutral Beam, HNB)등을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0075] 제2희생막(46)을 구성하는 제1 및 제2고분자막(44, 45)으로는 폴리스틸렌(PS), 폴리카본에스테르(PC), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리이미드(PI), 폴리에테르설포(PES), 폴리에테르이미드(PEI), 폴리에스테르(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 폴리부타디엔(PB), 폴리에틸렌프로필렌(PEP), 폴리4비닐피리딘(P4VP), 폴리비닐피리딘(PVP), 폴리이소플렌(PI) 및

폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PCEMA)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 사용할 수 있다. 즉, 제2회생막(46)은 상술한 물질들 중에서 선택된 어느 둘 이상의 고분자 물질이 결합된 블럭공중합체로 형성할 수 있다.

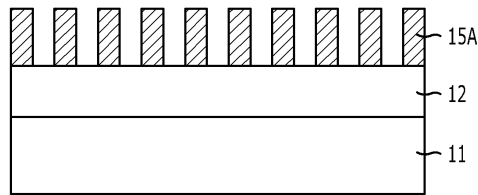
- [0076] 예를 들어, 본 발명의 제4실시예에 따른 제2회생막(46)으로 적용가능한 상술한 고분자 물질들 중 어느 둘 이상이 결합된 블럭공중합체로는 폴리스틸렌-블럭-폴리메틸메타크릴레이트(PS-b-PMMA), 폴리메틸스틸렌-블럭-폴리아이드록시스티렌(PMS-b-PHOST), 폴리스틸렌-블럭-폴리에틸렌프로필렌(PS-b-PEP), 폴리스틸렌-블럭-폴리이소플렌(PS-b-PI), 폴리스틸렌-블럭-폴리부타디엔(PS-b-PBD), 폴리스틸렌-블럭-폴리4비닐피리딘(PS-b-P4VP), 폴리스틸렌-블럭-폴리시나모일에틸메타에크릴레이트(PS-b-PCEMA) 및 폴리스틸렌-블럭-폴리에테르설폰(PS-b-PFS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 사용할 수 있다.
- [0077] 본 발명의 제4실시예에 따른 제2회생막(46)은 양자점을 용이하게 형성하기 위해 제1고분자막(44) 내에 제2고분자막(45)이 구형태로 매트릭스 배열을 갖도록 형성할 수 있다.
- [0078] 일례로, 제1고분자막(44) 내에 제2고분자막(45)이 구형태로 매트릭스 배열된 제2회생막(46)은 제1고분자막(44)으로 폴리스틸렌(PS)을 사용하고, 제2고분자막(45)으로 폴리부타디엔(PB)을 사용하여 형성할 수 있다. 즉, 폴리스틸렌-블럭-폴리부타디엔(PS-b-PBD)을 사용하여 상술한 구조를 갖는 제2회생막(46)을 형성할 수 있다. 이때, 구형태를 갖는 제2고분자막(45)의 크기 및 간격을 조절하여 후속 공정을 통해 형성될 양자점의 크기 및 간격을 조절할 수 있다.
- [0079] 도 4b에 도시된 바와 같이, 제2회생막(46)에서 제2고분자막(45)을 선택적으로 제거하여 제2회생패턴(46A)을 형성한다. 이때, 제2회생패턴(46A)은 습식식각법, 건식식각법, 산소 플라즈마 처리법 및 자외선방사법으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 한 방법을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0080] 상술한 공정과정을 통해 직경이 수~수십나노미터인 공극 -즉, 구형태의 제2고분자막(45)이 제거된 영역-을 복수개 구비하는 제2회생패턴(46A)을 형성할 수 있다. 이때, 공극의 직경은 제2고분자막(45)의 직경을 조절하거나, 또는 제2회생패턴(46A) 형성공정시 제2고분자막(45)이 식각되는 정도를 조절하여 원하는 직경을 구현할 수 있다.
- [0081] 도 4c에 도시된 바와 같이, 반응성이온식각법(RIE)을 사용하여 공극이 노출되도록 제2회생패턴(46A)을 식각하는 1차 식각공정을 실시한다. 이때, 1차 식각공정은 불화탄소가스 또는 불화탄소가스와 산소가스가 혼합된 혼합가스를 사용하여 실시할 수 있다. 불화탄소가스로는 CF₄를 사용할 수 있다.
- [0082] 도 4d에 도시된 바와 같이, 공극을 노출시키는 1차 식각공정에 연속해서 공극이 형성여부에 따른 제2회생패턴(46A)의 두께를 차이를 이용하여 마스크막(43)을 식각하는 2차 식각공정을 실시하여 마스크패턴(43A)을 형성한다. 이때, 2차 식각공정은 반응성이온식각법을 사용하여 실시할 수 있으며, 1차 식각공정과 동일한 식각가스를 사용하여 실시하거나, 또는 다른 식각가스를 사용하여 실시할 수 있다.
- [0083] 한편, 마스크패턴(43A)을 형성하는 과정에서 제2회생패턴(46A)이 모두 소실되어 제거되거나, 또는 별도의 제거공정을 통해 제2회생패턴(46A)을 제거한 후에 후속 공정을 진행할 수 있다. 도면에 도시하지는 않았지만, 제2회생패턴(46A)이 잔류한 상태에서 후속 공정을 진행하여도 무방하다.
- [0084] 도 4e에 도시된 바와 같이, 마스크패턴(43A)을 식각장벽으로 제1회생막(42)을 식각하는 3차 식각공정을 실시하여 기관(41)을 노출시키는 제1회생패턴(42A)을 형성한다. 이때, 3차 식각공정은 반응성이온에칭법을 사용하여 실시할 수 있으며, 제1회생막(43)을 고분자막으로 형성한 경우에 산소가스를 식각가스로 이용하여 실시할 수 있다. 그리고, 3차 식각공정조건을 조절하여 제1회생패턴(42A)의 측벽이 음의 기울기를 갖도록 형성하여 양자점이 형성된 영역의 선포를 최초 제2회생패턴(46A)이 정의한 선포보다 감소시킬 수 있다. 이때, 측벽이 음의 기울기를 갖는 패턴이란 상부영역에서 하부영역으로 갈수록 패턴의 오픈부 선포가 감소하는 패턴을 의미한다.
- [0085] 도 4f에 도시된 바와 같이, 기관(41) 전면에 양자점을 형성하기 위한 물질막(47)이 제1회생패턴(42A) 사이를 매립하도록 증착한다. 이때, 후속 공정시 인접한 물질막(47) 사이를 용이하게 분리시키기 위해 물질막(47)이 제1회생패턴(42A) 사이를 일부 매립하도록 형성하는 것이 바람직하다.
- [0086] 여기서, 양자점을 형성하기 위한 물질막(47)에는 제한을 두지 않는다. 즉, 양자점을 형성하기 위한 물질막(47)으로 금속성막, 반도체막, 유기물질막등을 모두 사용할 수 있다.
- [0087] 도 4g에 도시된 바와 같이, 제1회생패턴(42A)을 제거함과 동시에 불필요한 지역에 형성된 구조물을 함께 제거하

도면

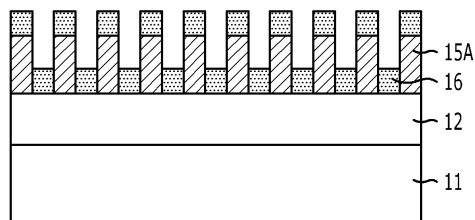
도면1a



도면1b



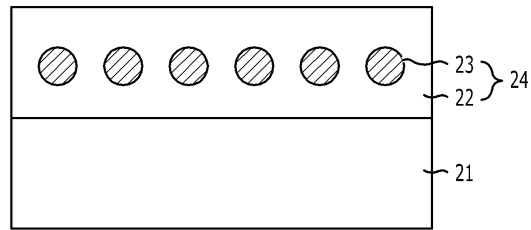
도면1c



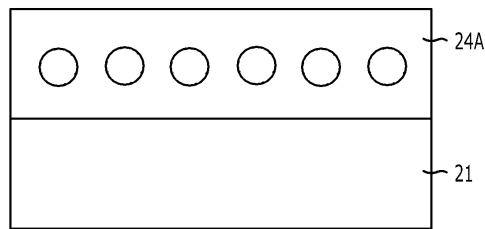
도면1d



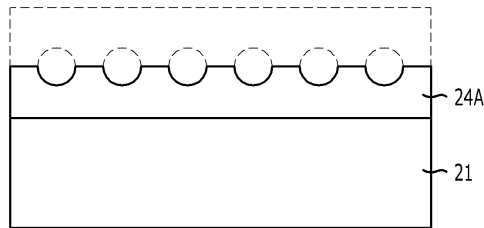
도면2a



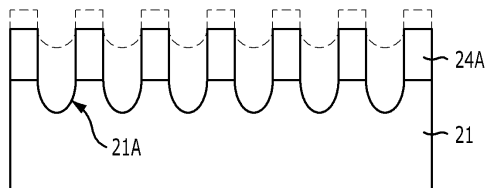
도면2b



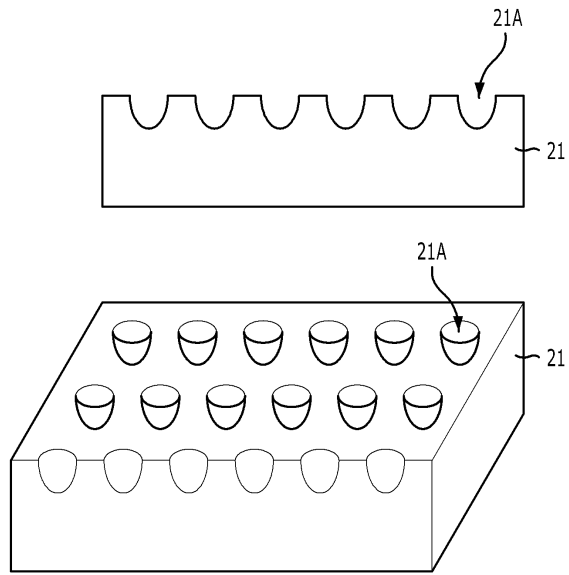
도면2c



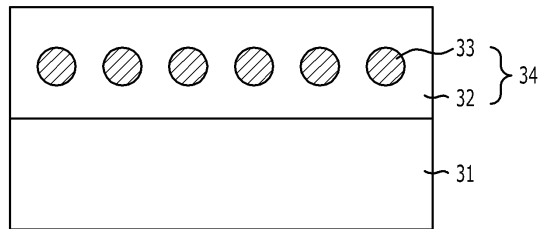
도면2d



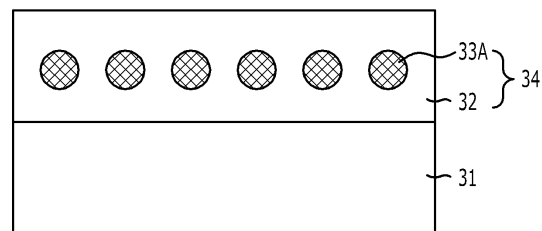
도면2e



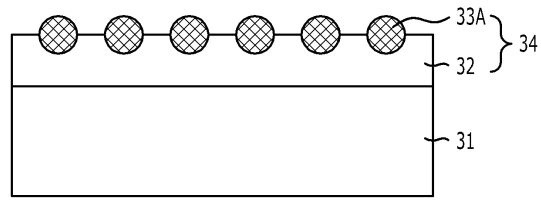
도면3a



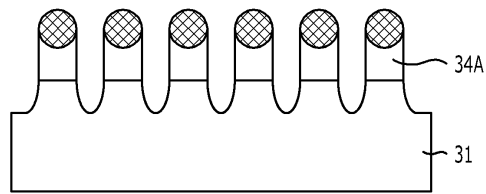
도면3b



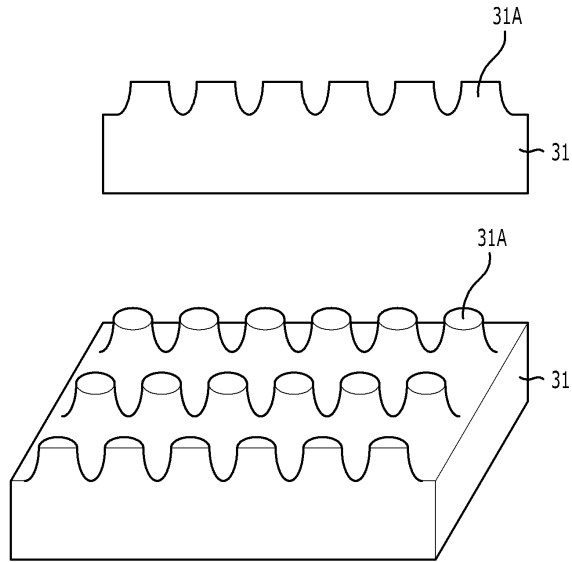
도면3c



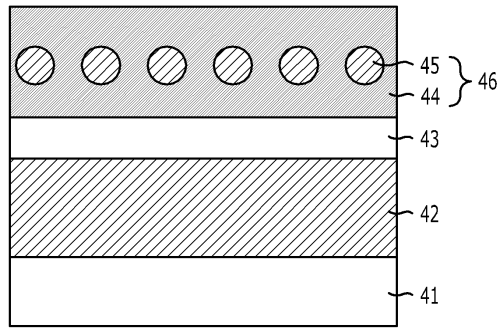
도면3d



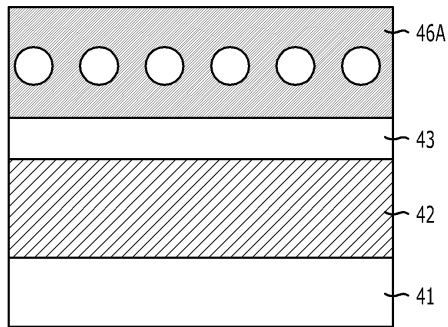
도면3e



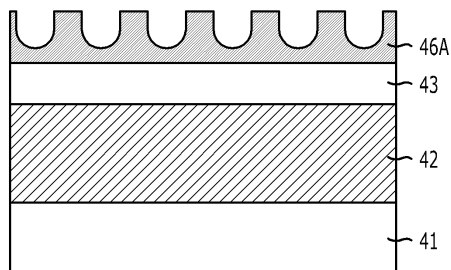
도면4a



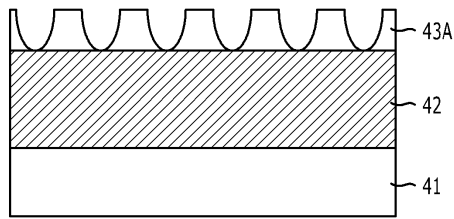
도면4b



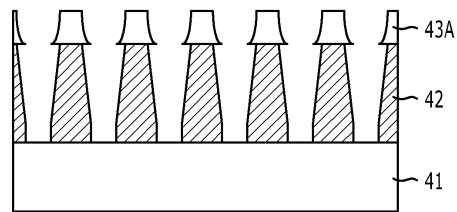
도면4c



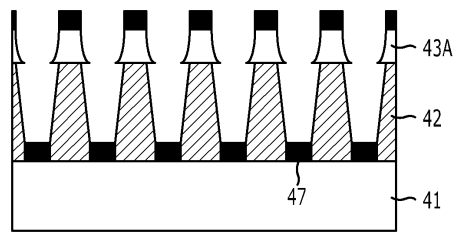
도면4d



도면4e



도면4f



도면4g



도면5

