



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년02월25일
(11) 등록번호 10-0885666
(24) 등록일자 2009년02월19일

(51) Int. Cl.

B82B 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0051020

(22) 출원일자 2007년05월25일

심사청구일자 2007년05월25일

(65) 공개번호 10-2008-0103812

(43) 공개일자 2008년11월28일

(56) 선행기술조사문헌

US7056455 B2*

US20060205875 A1

KR1020060017532 A

US20030091752 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국과학기술원

대전 유성구 구성동 373-1

(72) 발명자

김상욱

대전 유성구 구성동 한국과학기술원 신소재공학과
연성나노소재연구실

정성준

대전 유성구 구성동 한국과학기술원 신소재공학과
연성나노소재연구실

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이처영

전체 청구항 수 : 총 28 항

심사관 : 박종철

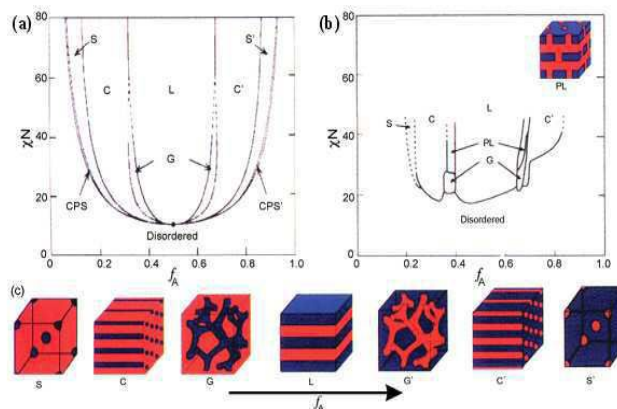
(54) 유기단분자층 및 블록공중합체를 포함하는 나노구조체 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 블록공중합체의 나노구조체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, (a) 산화물 기관을 형성하는 단계, (b) 상기 산화물 표면에 블록공중합체 박막을 형성시키는 단계 및 (c) 상기 블록공중합체를 열처리하여 자기조립 나노구조체를 형성시키는 단계를 포함하는, 블록공중합체의 나노구조체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 다양한 종류의 산화물 기관 상에 블록공중합체 나노구조를 포함하는 나노구조체를 제공하는 효과가 있으며, 나노구조체 제조시에 사용된 블록공중합체를 구성하는 각 블록의 상대적인 조성비에 따라 블록공중합체의 자기조립 나노구조의 형태가 달라지므로, 이렇게 여러가지 형태로 나타내는 나노구조를 이용하여 다양한 용도로 상기 나노구조체를 용이하게 활용할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김봉훈

대전 유성구 구성동 한국과학기술원 신소재공학과
연성나노소재연구실

신동욱

대전 유성구 구성동 한국과학기술원 신소재공학과
연성나노소재연구실

특허청구의 범위

청구항 1

다음의 단계를 포함하는 블록공중합체의 나노구조체를 제조하는 방법:

- (a) 산화물 기관을 형성하는 단계;
- (b) 상기 산화물 기관 상에 중성층을 형성시키는 단계;
- (c) 상기 중성층 표면에 블록공중합체 박막을 형성시키는 단계; 및
- (d) 상기 블록공중합체를 열처리하여 자기조립 나노구조체를 형성시키는 단계.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 (a) 단계의 산화물 기관은 증착법, 단결정 형성법, 고상법 및 졸겔법으로 구성된 군에서 선택되는 방법으로 형성하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 (a) 단계의 산화물은 전도성 산화물 또는 비전도성 산화물인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 전도성 산화물은 이성분계 전도성 산화물 또는 삼성분계 전도성 산화물인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 이성분계 전도성 산화물은 RuO_x, PdO_x, IrO_x, PtO_x, OsO_x, RhO_x, ReO_x 및 ZnO_x로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 삼성분계 전도성 산화물은 SrRuO₃, In_{1-x}Sn_xO₃ 및 Na_xW_{1-x}O₃으로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제3항에 있어서, 상기 비전도성 산화물은 이성분계 비전도성 산화물 또는 삼성분계 비전도성 산화물인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 이성분계 비전도성 산화물은 AlO_x, TiO_x, TaO_x, HfO_x, BsO_x, VO_x, MoO_x, SrO_x, NbO_x, MgO_x, SiO_x, FeO_x, CrO_x, NiO_x, CuO_x 및 ZrO_x로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 삼성분계 비전도성 산화물은 SiTiO₃, BaTiO₃, Al_xTi_{1-x}O_y, HfSi_{1-x}O_y, HfAl_{1-x}O_y, TixSi_{1-x}O_y 및 LaTiO₃로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제2항에 있어서, 상기 단결정 형성법은 Nb-SrTiO₃ 단결정을 이용하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 중성층은 유기단분자층 박막 또는 식각을 이용하여 형성된 중성층인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 유기단분자층은 자기조립 단분자층(Self-assembled Monolayer: SAM), 폴리머 브러쉬(Polymer Brush) 및 MAT(cross-linked random copolymer mat)로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 자기조립 단분자층은 페닐트리클로로시란(Phenethyltrichlorosilane: PETCS), 페닐트리클로로실란(Phenyltrichlorosilane: PTCS), 벤질트리클로로실란(Benzyltrichlorosilane: BZTCS), 토일트리클로로실란(Tolyltrichlorosilane: TTCS), 2-[(트리메톡시실일)에틸]-2-피리딘(2-[(trimethoxysilyl)ethyl]-2-pyridine: PYRTMS), 4-바이페닐일트리메톡시실란(4-biphenyltrimethoxysilane: BPTMS), 옥타데실트리클로로실란(Octadecyltrichlorosilane: OTS), 1-나프틸트리메톡시실란(1-Naphthyltrimethoxysilane: NAPTMS), 1-[(트리메톡시실일)메틸]나프탈렌(1-[(trimethoxysilyl)methyl]naphthalene: MNATMS) 및 (9-메틸안트라세닐)트리메톡시실란{(9-methylanthracenyl)trimethoxysilane: MANTMS}으로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 폴리머 브러쉬는 PS-random-PMMA인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제13항에 있어서, 상기 MAT(cross-linked random copolymer mat)는 BCB-functionalized polystyrene-r-poly(methylmethacrylate) copolymer [P(S-r-BCB-r-MMA)]인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

제12항에 있어서, 상기 식각은 불산(hydrofluoric acid)을 사용하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18

제12항에 있어서, 상기 중성층은 블록공중합체의 자기조립 나노구조체가 수직으로 성장할 수 있도록 하는 역할을 수행하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

제1항에 있어서, 상기 블록공중합체의 각 블록의 조성비에 따라 자기조립 나노구조가 변화하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제1항에 있어서, 상기 나노구조체의 제조시 사용된 블록공중합체는 폴리스티렌(polystyrene)과 폴리스티렌 이외의 고분자가 공유결합한 형태인 블록공중합체인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 블록공중합체는 PS-b-PMMA [polystyrene-block-poly(methylmethacrylate)], PS-b-PEO [polystyrene-block-poly(ethylene oxide)], PS-b-PVP [polystyrene-block-poly(vinyl pyridine)], PS-b-PEP [Polystyrene-block-poly(ethylene-alt-propylene)] 및 PS-b-PI [polystyrene-block-polyisoprene]로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 22

제20항에 있어서, 상기 블록공중합체의 폴리스티렌:폴리스티렌 이외의 고분자의 조성비는 0.5 : 0.5인 것을 특

징으로 하는 방법.

청구항 23

폴리스틸렌:폴리스틸렌 이 외의 고분자의 조성비가 0.5:0.5이고, 중성층을 포함하는 블록공중합체의 판상형 나노구조체.

청구항 24

제20항에 있어서, 상기 블록공중합체의 폴리스틸렌:폴리스틸렌 이 외의 고분자의 조성비는 0.65~0.60:0.35~0.40 또는 0.35~0.40:0.65~0.60인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 25

폴리스틸렌:폴리스틸렌 이 외의 고분자의 조성비가 0.65~0.60:0.35~0.40 또는 0.35~0.40:0.65~0.60이고, 중성층을 포함하는 블록공중합체의 자이로이드(gyroid)형 나노구조체.

청구항 26

제20항에 있어서, 상기 블록공중합체의 폴리스틸렌:폴리스틸렌 이 외의 고분자의 조성비는 0.70~0.65:0.30~0.35 또는 0.30~0.35:0.70~0.65인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

폴리스틸렌:폴리스틸렌 이 외의 고분자의 조성비가 0.70~0.65:0.30~0.35 또는 0.30~0.35:0.70~0.65이고, 중성층을 포함하는 블록공중합체의 실린더(cylinder)형 나노구조체.

청구항 28

제20항에 있어서, 상기 블록공중합체의 폴리스틸렌:폴리스틸렌 이 외의 고분자의 조성비는 0.82~0.77:0.18~0.23 또는 0.18~0.23:0.82~0.77 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

폴리스틸렌:폴리스틸렌 이 외의 고분자의 조성비가 0.82~0.77:0.18~0.23 또는 0.18~0.23:0.82~0.77이고, 중성층을 포함하는 블록공중합체의 구(sphere)형 나노구조체.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<5> 발명의 분야

<6> 본 발명은 블록공중합체의 나노구조체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, (a) 산화물 기판을 형성하는 단계, (b) 상기 산화물 표면에 블록공중합체 박막을 형성시키는 단계 및 (c) 상기 블록공중합체를 열처리하여 자기조립 나노구조체를 형성시키는 단계를 포함하는, 블록공중합체의 나노구조체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

<7> 발명의 배경

<8> 자연계에서는 스스로 구조를 형성하는 자기조립(self assembly)을 통해 고차구조(hierarchiral structure)를 가지는 생물체가 발견되고 있다. 따라서 이들 생물체로부터 형성된 나노 구조물의 화학적인 생성방법을 재현하고, 더 나아가 이를 학문적으로는 물론 상업적으로 적용하기 위한 관련 연구가 주목을 받고 있으며, 이와 같은 자기조립 현상은 유기 화학적으로 합성이 가능한 고분자 중 하나인 블록 공중합체에서도 발견되고 있다.

<9> 블록 공중합체는 고분자 재료의 한 종류로서, 두 가지 이상의 고분자가 공유결합을 통해 서로의 끝을 연결하고 있는 형태를 나타낸다. 블록 공중합체의 가장 간단한 구조인 이중 블록 공중합체(diblock copolymer)는 서로 다

른 성향을 갖는 두 고분자가 서로 연결되어 하나의 고분자를 형성하며, 이때, 연결되어 있는 두 고분자는 상이한 재료적 성질로 인해 이들은 상분리를 하게되고, 결국 자기 조립되는 블록 공중합체의 도메인 크기는 5~100nm 정도로 광범위하여 다양한 형태의 나노 구조의 제작이 가능하다 (도 1).

- <10> 또한, 블록 공중합체는 단지 두 고분자의 상대적인 길이를 조절하는 것만으로도 보다 다양하고 열역학적으로 안정한 미세구조들을 형성할 수 있는 능력을 가지고 있으며, 자기조립되는 나노구조의 형성이 전체적으로 동시에 병렬적으로 진행되는 뛰어난 양산능력으로 인해 탑다운(top down) 방식에 의한 기술들과 함께 나노미터 크기의 균일한 구조를 형성할 수 있는 주요방법으로서 연구되고 있다.
- <11> 블록 공중합체가 형성하는 나노구조의 실제적인 활용범위를 극대화하기 위해서는 특정 기판 위에 박막을 형성시킨 다음, 그 내부에 안정된 나노구조형성을 유도하는 것이 중요하다. 그러나, 현재 박막상태의 블록 공중합체는 자기조립 물질과 기판과의 상호작용에 의해 벌크 상에서와는 다른 나노구조가 형성되거나 원하지 않는 형태로 나노구조가 배열되는 등의 문제점이 빈번히 발생한다. 따라서, 박막상태의 시료에 대해 나노구조의 배향이나 배열도를 조절하는 기술이 필요하게 되었다.
- <12> 다음은 지금까지 개발된 박막상태의 나노구조 배향 또는 배열화를 제어하는 기술이다.
- <13> 전기장을 이용하여 나노구조 배향 또는 배열화를 제어하는 방법은, 전기장을 적용하였을 경우 블록공중합체의 나노구조가 갖는 서로 다른 유전상수(dielectric constant)로 인하여 상기 나노구조가 이방성(anisotropy)을 나타내는 원리를 이용하여 원하는 방향으로 나노구조를 배향하는 방법이다. 최근, 상기 방법을 블록공중합체의 박막에 적용하여 수직 배향된 실린더형 나노구조체를 형성하는데 성공하였다. 하지만, 이 방법은 블록공중합체의 양면에 전기장을 적용할 수 있는 전극을 설치해야 한다는 단점이 있다.
- <14> 그래포에피택시(graphoepitaxy) 방법은 블록공중합체 나노구조를 제어하기 위해 탑다운(topdown)방식의 마이크로 패턴을 이용하는 방법이다. 일반적으로는, 리소그래피와 같은 패터닝방법을 이용하여 기판에 마이크로론 혹은 서브-마이크론 패턴을 제조하고, 여기에 블록공중합체의 박막을 적용하여 블록공중합체의 나노구조와 패턴의 커플링을 유도하여 나노구조의 배향을 조절한다. 이때 커플링은 기판으로 사용된 패턴의 크기가 블록공중합체 나노구조체 크기의 정수배가 될 때 발생하며, 기판 패턴의 크기가 지나치게 커지게 되면 정수배를 만족하더라도 나노구조체의 배향정도는 떨어지게 된다. 이와 같은 배향법을 그래포에피택시라 하는데, 이 방법은 패터닝을 통해 기판에 요철을 형성해주어야 하므로 궁극적으로 그 활용범위가 한정된다는 문제점이 있다.
- <15> 에피택시얼 셀프어셈블리(Epitaxial self-assembly)방법은 블록공중합체 나노구조를 제어하기 위해 유기단분자층에 탑다운방식의 리소그래피 패터닝방법을 사용하여 블록공중합체의 나노구조 형태와 일치하는 화학적 패턴을 형성시키고, 이로부터 자기조립 현상을 유도하여 완벽하게 조절된 자기조립 나노구조를 얻을 수 있는 방법이다. 이 방법은 그동안 진행되어온 대부분의 연구들에서 문제점으로 지적되어왔던 제한된 면적 내에서만 원하는 형태의 구조를 나타내는 자기조립물질의 한계를 극복한 결과로서, 이들이 형성하는 나노구조를 실제 디바이스 제작 공정에서 활용할 수 있는 가능성을 발견한 연구결과로 평가받고 있다. 이 방법에서는 블록공중합체의 나노구조와 일치하는 수준의 미세한 화학적 패턴을 형성시키는 방법이 기술적으로 가장 중요하다. 그러나, 근본적으로 화학적 패턴을 형성하기 위한 유기단분자층의 형성이 이산화규소(SiO₂)나 산화주석막(InSnO) 같은 극히 한정된 기판에서만 가능한 것으로 그 활용범위에 한계를 가지고 있다.
- <16> 한편, 블록공중합체의 자기조립을 이용하여 블록공중합체의 나노패턴을 형성하고, 이를 이용하여 형성된 바이오 리셉터와 친화력이 있는 금속의 나노패턴에 표적 바이오물질과 결합하는 바이오 리셉터가 선택적으로 부착되어 있는 나노-바이오칩에 대한 연구결과가 공개된 바 있으나, 상기 연구에서 블록공중합체의 나노패턴을 형성할 수 있는 기질로는 바이오 리셉터와 친화력이 있는 금속의 박막이 형성된 기질에 제한되며, 구체적으로 이러한 기질 상에 박막을 형성할 수 있는 금속으로는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 니오비움(Nb), 탄탈륨(Ta), 지르코늄(Zr), 또는 코발트(Co)와 크롬(Cr)의 합금에 제한되는 바, 더욱 다양한 기질 상에 블록공중합체의 다양한 나노패턴을 형성하여, 이를 여러 가지 용도로 사용할 수 있는 기술에 대한 요구를 충족시키지 못하고 있다 (대한민국 등록특허 제532812호).
- <17> 따라서, 당업계에서는 상기의 문제점들을 해결하기 위하여, 여러 종류의 기판 상에 다양한 형태의 블록공중합체 나노구조를 포함하는 나노구조체를 형성함으로써, 상기 나노구조체를 각기 다른 용도로 여러 분야에 활용할 수 있도록 하는 기술개발이 절실하게 요구되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<18> 이에, 본 발명자들은 상기 종래기술의 문제점을 개선하고자 예의 노력한 결과, 여러가지 종류의 산화물을 기판에 증착시켜 블록공중합체의 나노구조체를 제조할 수 있다는 것을 확인하고, 본 발명을 완성하게 되었다.

<19> 본 발명의 목적은 산화물 기판 상에 형성되는, 블록공중합체의 나노구조체 및 그 제조방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

<20> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 (a) 산화물 기판을 형성하는 단계; (b) 상기 산화물 표면에 블록공중합체 박막을 형성시키는 단계; 및 (c) 상기 블록공중합체를 열처리하여 자기조립 나노구조체를 형성시키는 단계를 포함하는 블록공중합체의 나노구조체를 제조하는 방법을 제공한다.

<21> 본 발명에 있어서, 상기 (a) 단계의 산화물 기판은 증착법, 단결정 형성법, 고상법 및 졸겔법으로 구성된 군에서 선택되는 방법을 이용하여 형성하는 것을 특징으로 할 수 있으며, 상기 (a) 단계의 산화물은 전도성 산화물 또는 비전도성 산화물인 것을 특징으로 할 수 있다.

<22> 본 발명에 있어서, 상기 전도성 산화물은 이성분계 전도성 산화물 또는 삼성분계 전도성 산화물인 것을 특징으로 할 수 있다.

<23> 본 발명에 있어서, 상기 이성분계 전도성 산화물은 RuO_x, PdO_x, IrO_x, PtO_x, OsO_x, RhO_x, ReO_x 및 ZnO_x로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 할 수 있고, 상기 삼성분계 전도성 산화물은 SrRuO₃, In_{1-x}Sn_xO₃ 및 Na_xW_{1-x}O₃로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 할 수 있다. 또한, 상기 전도성 산화물로서 Zn_x(Al,Mn)_{1-x}O 또는 La_{0.5}Sr_{0.5}CoO₃을 사용할 수도 있다.

<24> 본 발명에 있어서, 상기 비전도성 산화물은 이성분계 비전도성 산화물 또는 삼성분계 비전도성 산화물인 것을 특징으로 할 수 있다.

<25> 본 발명에 있어서, 상기 이성분계 비전도성 산화물은 AlO_x, TiO_x, TaO_x, HfO_x, BsO_x, VO_x, MoO_x, SrO_x, NbO_x, MgO_x, SiO_x, FeO_x, CrO_x, NiO_x, CuO_x 및 ZrO_x로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 할 수 있고, 상기 삼성분계 비전도성 산화물은 SiTiO₃, BaTiO₃, Al_xTi_{1-x}O_y, HfSi_{1-x}O_y, HfAl_{1-x}O_y, TixSi_{1-x}O_y 및 LaTiO₃로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 할 수 있다.

<26> 본 발명에 있어서, 상기 단결정 형성법은 Nb-SrTiO₃ 단결정을 이용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

<27> 본 발명에 있어서, 상기 산화물 기판 상에 중성층 박막을 형성시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 할 수 있으며, 상기 중성층은 유기단분자층 박막 또는 식각을 이용하여 형성된 중성층인 것을 특징으로 할 수 있다.

<28> 본 발명에 있어서, 상기 유기단분자층은 자기조립 단분자층(Self-assembled Monolayer: SAM), 폴리머 브러쉬(Polymer Brush) 및 MAT(cross-linked random copolymer mat)로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 할 수 있다.

<29> 본 발명에 있어서, 상기 자기조립 단분자층은 펜틸트리클로로시란(Phenethyltrichlorosilane: PETCS), 페닐트리클로로실란(Phenyltrichlorosilane: PTCS), 벤질트리클로로실란(Benzyltrichlorosilane: BZTCS), 톨일트리클로로실란(Tolyltrichlorosilane: TTCS), 2-[(트리메톡시실일)에틸]-2-피리딘(2-[(trimethoxysilyl)ethyl]-2-pyridine: PYRTMS), 4-바이페닐일트리메톡시실란(4-biphenyltrimethoxysilane: BPTMS), 옥타데실트리클로로실란(Octadecyltrichlorosilane: OTS), 1-나프틸트리메톡시실란(1-Naphthyltrimethoxysilane: NAPTMS), 1-[(트리메톡시실일)메틸]나프탈렌(1-[(trimethoxysilyl)methyl]naphthalene: MNATMS) 및 (9-메틸안트라세닐)트리메톡시실란{(9-methylantraceny)trimethoxysilane: MANTMS}으로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 할 수 있고, 상기 폴리머 브러쉬는 PS-random-PMMA인 것을 특징으로 할 수 있으며, 상기 MAT(cross-linked random copolymer mat)는 BCB(benzocyclobutene)-functionalized polystyrene-r-poly(methylmethacrylate) copolymer [P(S-r-BCB-r-MMA)]인 것을 특징으로 할 수 있다.

<30> 본 발명에 있어서, 상기 식각은 불산(hydrofluoric acid)을 사용하는 것을 특징으로 할 수 있고, 상기 중성층은 블록공중합체 자기조립 나노구조체가 수직으로 성장할 수 있도록 하는 역할을 수행하는 것을 특징으로 할 수 있다.

- <31> 본 발명에 있어서, 상기 블록공중합체의 각 블록의 조성비에 따라 자기조립 나노구조가 변화하는 것을 특징으로 할 수 있고, 상기 나노구조체의 제조시 사용된 블록공중합체는 폴리스티렌(polystyrene)과 폴리스티렌 이 외의 고분자가 공유결합한 형태인 블록공중합체인 것을 특징으로 할 수 있으며, 상기 블록공중합체는 PS-b-PMMA [polystyrene-block-poly(methylmethacrylate)], PS-b-PEO [polystyrene-block-poly(ethylene oxide)], PS-b-PVP [polystyrene-block-poly(vinyl pyridine)], PS-b-PEP [Polystyrene-block-poly(ethylene-alt-propylene)] 및 PS-b-PI[polystyrene-block-polyisoprene]로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- <32> 본 발명에 있어서, 상기 블록공중합체의 폴리스티렌:폴리스티렌 이 외의 고분자의 조성비는 약 0.5 : 0.5인 방법을 특징으로 할 수 있다.
- <33> 본 발명은 폴리스티렌:폴리스티렌 이 외의 고분자의 조성비가 약 0.5 : 0.5인 블록공중합체의 판상형 나노구조체를 제공한다.
- <34> 본 발명에 있어서, 상기 블록공중합체의 폴리스티렌:폴리스티렌 이 외의 고분자의 조성비가 약 0.65~0.60:0.35~0.40 또는 약 0.35~0.40:0.65~0.60인 방법을 특징으로 할 수 있다.
- <35> 본 발명은 또한, 폴리스티렌:폴리스티렌 이 외의 고분자의 조성비가 약 0.65~0.60:0.35~0.40 또는 약 0.35~0.40:0.65~0.60인 블록공중합체의 자이로이드(gyroid)형 나노구조체를 제공한다.
- <36> 본 발명에 있어서, 상기 블록공중합체의 폴리스티렌:폴리스티렌 이 외의 고분자의 조성비가 약 0.70~0.65:0.30~0.35 또는 약 0.30~0.35:0.70~0.65인 방법을 특징으로 할 수 있다.
- <37> 본 발명은 또한, 폴리스티렌:폴리스티렌 이 외의 고분자의 조성비가 약 0.70~0.65:0.30~0.35 또는 약 0.30~0.35:0.70~0.65인 블록공중합체의 실린더(cylinder)형 나노구조체를 제공한다.
- <38> 본 발명에 있어서, 상기 블록공중합체의 폴리스티렌:폴리스티렌 이 외의 고분자의 조성비가 약 0.82~0.77:0.18~0.23 또는 약 0.18~0.23:0.82~0.77인 방법을 특징으로 할 수 있다.
- <39> 본 발명은 또한, 폴리스티렌:폴리스티렌 이 외의 고분자의 조성비가 약 0.82~0.77:0.18~0.23 또는 약 0.18~0.23:0.82~0.77인 블록공중합체의 구(sphere)형 나노구조체를 제공한다.
- <40> 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- <41> 본 발명은 기관 위에 전도성 산화물 및 비전도성 산화물을 포함하는 여러 종류의 산화물 박막을 증착시켜 산화물 기관을 형성한 다음, 상기 산화물 기관 상에 블록공중합체 박막을 생성하고, 열처리를 통하여 상기 블록공중합체 박막의 자기조립 나노구조를 유도함으로써, 여러 종류의 산화물 기관상에 형성된, 블록공중합체 의 나노구조체의 제조방법 및 상기 나노구조체에 관한 것이다.
- <42> 본 발명에서 산화물은 그 위에 블록공중합체 박막을 형성하게 하는 역할을 하며, 구체적인 예로서 전도성 산화물 또는 비전도성 산화물을 들 수 있다. 특히, 상기 전도성 산화물은 전극의 역할을 하여, 전기장을 이용한 나노구조 제어시 별도의 전극을 설치하지 않고도 나노구조의 배향을 제어할 수 있게 한다.
- <43> 본 발명에서 상기 전도성 산화물 또는 비전도성 산화물을 이용하여 산화물 기관을 형성할 경우, 증착법, 단결정 형성법, 고상법 및 졸겔법으로 구성된 군에서 선택되는 방법을 이용하는 것이 바람직하다.
- <44> 여기서, 증착법은 습식 증착법과 건식 증착법으로 구분되는데, 습식 증착법으로는 전기분해의 원리를 이용하여 물체의 표면을 다른 금속의 얇은 막으로 덮어 씌우는 전기도금(Electroplating)과 콜로이드 용액 속에 전극을 넣고 직류 전압을 가했을 때 콜로이드 입자가 어느 한쪽의 전극을 향해 이동시켜 막을 덮어 씌우는 전기영동(Electrophoresis)이 있으며, 건식 증착법으로는 물리적 증착법(Physical Vapor Deposition), 화학적 증착법(Cheical Vapor Deposition) 및 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition)이 있다. 물리적 증착법은 금속관에 아르곤 등의 불활성 원소를 부딪쳐서 금속 분자를 쫓아낸 후, 그 금속 분자를 표면에 부착하는 스퍼터링(Sputtering)과 진공 내에서 물질을 가열하여 증발시킨 다음, 그 증발물을 다른 물질의 표면에 입혀 붙임으로서 막을 형성하는 증발과정(Evaporation) 등을 가리키고, 화학적 증착법(CVD)은 기체상의 성분들이 화학적으로 반응하여 기관표면위에 박막을 형성시키는 방법이다. 원자층 증착법(ALD)은 2종이상의 반응가스를 펄스 형태의 시분할로 공급하여 원자층 단위로 박막을 증착하는 기술을 말하며, 특히 본 발명에서는 상기 증착법 중에서 원자층 증착법을 이용하여 산화물 기관을 형성하는 것이 바람직하다.
- <45> 단결정 형성법은 결정의 핵으로부터 결정입자가 구성원소의 규칙적인 배열을 이뤄가도록 결정입자를 성장시키

는 방법으로 수용액법, Czochralski법, Slow Cooling 법, Bridgman-Stockbarger법, Hydrothermal법, Mongra-vitizing법 등이 있다.

- <46> 고상법은 고체입자의 확산을 이용하여 원하는 입자를 제조하는 방법으로 산화물 상태의 고체 입자들을 잘 섞은 다음 반복적인 고온에서의 열처리와 밀링공정을 거쳐 원하는 화합물을 만들 수 있는 방법이다.
- <47> 졸겔법은 “졸겔 세라믹스(sol-gel derived ceramics)”를 제조하는 방법으로 여기서 졸(sol)이란 일반적으로 1~1000nm 정도의 입자들로 이루어져 인력이나 중력의 작용이 무시할 정도로 작아 반데르 발스 인력이나 표면전하가 주로 작용하여 침전이 발생하지 않고 분산된 콜로이드 서스펜전을 말한다. 이렇게 형성된 졸은 그 분산매인 용매의 제거에 의해 겔로 전이된다. 졸과는 달리 유동성이 상실된 겔을 열처리 하여 일반적인 세라믹스를 만드는 방법이다.
- <48> 또한, 본 발명에서는 산화물 기판 위에 블록공중합체 박막을 형성하기 전에, 중성층을 형성할 수도 있으며, 이때, 상기 중성층은 그 위에 형성되는 블록공중합체 내에 형성되는 자기조립 나노구조가 수직 방향으로 안정적으로 성장하게 하는 역할을수행한다.
- <49> 본 발명에서 블록공중합체는 열처리를 하여 자기조립 나노구조를 유도 및 형성하는 것이 바람직하고, 상기 블록공중합체의 각 블록의 조성비를 변화시켜, 본 발명의 나노구조체 제조시에 사용할 수 있다. 이때, 상기 블록공중합체의 각 블록의 조성비에 따라 본 발명의 방법에 따라 수득된 나노구조체의 형태가 달라지므로, 상기 서로 다른 조성비를 가지는 블록공중합체는 유기단분자층 박막과 결합하여 형성된 고분자 유기물질을 전기·전자부품의 주형, 센서, 촉매 및 그 밖의 유용한 용도로 광범위하게 활용된다.
- <50> 본 발명의 나노구조체는 상기 나노구조체 제조시에 사용된 전도성 산화물이 전극의 역할을 하므로 전기장을 이용한 나노구조 제어시에 필요한 전극 설치 없이도 높은 종횡비(asepect ratio)를 가지는 나노구조를 가질 수 있다. 또한, 블록공중합체의 각 블록의 조성비에 따라 다양한 형태의 나노구조의 형성이 가능해지므로, 상기 다양한 형태의 나노구조를 가지는 나노구조체는 나노와이어 트랜지스터 및 FeRAM, MRAM, PRAM등과 같은 메모리의 제작을 위한 주형, 나노 스케일의 도선 패터닝을 위한 나노구조물과 같은 전기·전자부품의 주형, 태양전지(solar cell)와 연료전지(fuel cell)의 촉매제작을 위한 주형, 식각마스크와 유기다이오드(OLED) 셀 제작을 위한 주형, 및 가스센서 제작을 위한 주형에 적용가능하다.
- <51> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다.
- <52> 도 1은 이중 블록공중합체의 블록의 조성비에 따라 형성되는 다양한 나노구조를 나타낸 것이다.
- <53> 도 1의 (a)는 Self-consistent mean field theory에 따라 이중 블록 공중합체의 자기조립 나노구조를 예상하는 상태도이고, 도 1의 (b)는 본 발명의 실시예에 예에 따라 실험적으로 이중 블록공중합체의 자기조립 나노구조의 형태를 검증한 상태도를 나타낸 것이며, 도 1의 (c)는 두 블록의 상대적인 조성비에 따라 형성되는 이중 블록공중합체의 자기조립 나노구조를 나타낸 것이다.
- <54> 도 1의 (a)에서, N(degree of polymerization)은 고분자의 크기이고, χ (segment interaction)는 두 블록 간의 상호반응도이며, A는 이중 블록공중합체(PS-b-PS 이외의 고분자)의 PS 이외의 고분자 블록을 나타내고, B는 상기 이중 블록공중합체의 PS 블록을 나타내는 바, f_A 및 f_B 는 각각 A의 상대적인 조성비 및 B의 상대적인 조성비를 나타내는 것이다.
- <55> 도 1의 (a)에 나타난 바와 같이, $\chi N < 10$ 일 경우에는 블록 공중합체가 무질서하게 형성되고, $10 < \chi N < 100$ 일 경우, $f_A = N_A / (N_A + N_B) \leq 0.23$ 일 때에는 B 블록 기질로 둘러싸인 체심입방격자(body centered cubic)의 구형(sphere)의 나노구조가 형성된다. 또한, $f_A \leq 0.35$ 일 때에는 상기 구형을 형성하는 나노도메인(nanodomain)이 육방격자(hexagonal lattice)로 실린더(cylinder)의 나노구조를 형성하며, f_A 가 더욱 증가하여 $0.35 \leq f_A \leq 0.40$ 일 때에는 상기 실린더 형태가 둘씩 연속적으로 연결되는 자이로이드(gyroid)의 나노구조가 형성된다. 최종적으로 $f_A \approx 0.5$ 일 때에는 판상(lamellae)의 나노구조가 형성된다.
- <56> 이와 관련하여, $f_B = N_B / (N_A + N_B) \leq 0.23$ 일 때에는 A 블록 기질로 둘러싸인 체심입방격자(body centered cubic)의 구형(sphere)의 나노구조가 형성된다. 또한, $f_B \leq 0.35$ 일 때에는 상기 구형을 형성하는 나노도메인(nanodomain)이 육방격자(hexagonal lattice)로 실린더(cylinder)의 나노구조를 형성하며, f_B 가 더욱 증가하여 $0.35 \leq f_B \leq 0.40$ 일 때에는 상기 실린더 형태가 둘씩 연속적으로 연결되는 자이로이드(gyroid)의 나노구조가

형성된다. 최종적으로 $f_B \approx 0.5$ 일 때에는 판상(lamellae)의 나노구조가 형성된다.

- <57> 본 발명의 실시예에 따른 도 1의 (b)는 상기 도 1의 (a)와 유사한 형태를 나타내는 바, 본 발명의 실시예에 따른 도 1의 (b)의 결과가 도 1의 (a)의 결과에 포함되는 것은 당업자에게 자명한 사항이라 할 것이다.
- <58> 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.
- <59> 실시예 1: 산화된 Pt 기판을 이용하여 유기단분자층 및 블록공중합체를 포함하는 나노구조체 제조
- <60> 규소(Si) 기판 위에 직류 스퍼터링(DC sputtering)을 이용하여 Pt을 증착시켜 500nm의 Pt 박막이 형성된 Pt 기판을 제조하였다. 상기 제조된 Pt 기판 표면의 불순물을 제거하기 위하여, SC-1(Standard Clean-1) 방법을 이용하여 Pt 기판을 세정하여, 산화된 Pt 기판을 획득하였다. 여기서, SC-1 방법은 디클로로메탄(dichloromethan)에 기판을 10초 동안 담근채 10초 동안 초음파분해(sonication) 하는 단계, 메탄올(methanol) 및 탈이온수(deionized water)에서 상기와 동일한 방식으로 처리하는 단계와 물, 과산화수소 및 암모니아수를 5:1:1의 비율로 혼합한 혼합용액에 담구어 100℃에서 1시간 동안 처리하는 단계를 거쳐 수행하였다.
- <61> 상기 세정되어 산화된 Pt 기판을 PS-r-PMMA(polystyrene-r-methyl methacrylate)로 스핀코팅(spincoating)한 다음, 160℃에서 48시간 동안 열처리를 통해 유기단분자층을 형성한 후, 상기 유기단분자층을 톨루엔(toluene)으로 세정하여 약 6nm 두께의 유기단분자층으로 이루어진 중성의 표면으로 만들었다.
- <62> 상기 유기단분자층을 블록공중합체인 PS-b-PMMA(polystyrene-b-methyl methacrylate)로 스핀코팅 및 190℃에서 48시간 동안 열처리하여 자기조립 나노구조를 가지는 블록공중합체 박막을 형성함으로써, 최종적으로 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체를 획득하였다. 이때, 상기 블록공중합체, PS-b-PMMA의 각 블록의 분자량은 PS : PMMA = 25,000 : 26,000이며, 상기 PMMA의 f_A 는 약 0.5이다.
- <63> 상기 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체의 나노구조의 형태를 주사전자현미경(scanning electron microscope)을 이용하여 상기 나노구조체의 상부에서 관찰하였으며, 그 결과는 도 2에 나타난 바와 같다. 또한, 최종적으로 생성된 나노구조는 PS가 기질이고, PMMA가 판상형인 나노구조를 형성하였다.
- <64> 실시예 2: 산화된 이산화티타늄(TiO₂) 기판을 이용하여 유기단분자층 및 블록공중합체를 포함하는 나노구조체 제조
- <65> 규소(Si) 기판 위에 원자층 증착법(atomic layer deposition)을 이용하여 이산화티타늄을 증착시켜 100nm의 이산화티타늄 박막이 형성된 이산화티타늄 기판을 제조하였다. 상기 제조된 이산화티타늄 기판 표면의 불순물을 제거하기 위하여, SC-1(Standard Clean-1) 방법을 이용하여 이산화티타늄 기판을 세정하여, 산화된 이산화티타늄 기판을 획득하였다.
- <66> 상기 세정되어 산화된 이산화티타늄 기판을 PS-r-PMMA로 스핀코팅(spincoating)한 다음, 160℃에서 48시간 동안 열처리를 통해 유기단분자층을 형성한 후, 상기 유기단분자층을 톨루엔(toluene)으로 세정하여 약 6nm 두께의 유기단분자층으로 이루어진 중성의 표면으로 만들었다.
- <67> 상기 유기단분자층을 블록공중합체인 PS-b-PMMA(polystyrene-b-methyl methacrylate)로 스핀코팅 및 190℃에서 48시간 동안 열처리하여 자기조립 나노구조를 가지는 블록공중합체 박막을 형성함으로써, 최종적으로 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체를 획득하였다. 이때, 상기 블록공중합체, PS-b-PMMA의 각 블록의 분자량은 PS : PMMA = 25,000 : 26,000이며, 상기 PMMA의 f_A 는 약 0.5이다.
- <68> 상기 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체의 나노구조의 형태를 주사전자현미경(scanning electron microscope)을 이용하여 상기 나노구조체의 상부에서 관찰하였으며, 그 결과는 도 3에 나타난 바와 같다. 또한, 최종적으로 생성된 나노구조는 PS가 기질이고, PMMA가 판상형인 나노구조를 형성하였다.
- <69> 실시예 3: 산화된 Ru 기판을 이용하여 유기단분자층 및 블록공중합체를 포함하는 나노구조체 제조
- <70> 규소(Si) 기판 위에 원자층 증착법(atomic layer deposition)을 이용하여 Ru을 증착시켜 100nm의 Ru 박막이 형성된 Ru 기판을 제조하였다. 상기 제조된 Ru 기판 표면의 불순물을 제거하기 위하여, 피라나 처리방법을 이용하여 Ru 기판을 세정하여, 산화된 Ru 기판을 획득하였다. 여기서, 피라나 처리방법은 황산과 과산화수소를 약 7:3의 비율로 혼합한 혼합용액에 담구어 110℃에서 1시간 동안 처리하는 단계를 거쳐 수행하였다.

- <71> 상기 세정되어 산화된 Ru 기판을 PS-r-PMMA로 스핀코팅(spincoating)한 다음, 약 160℃에서 48시간 동안 열처리를 통해 유기단분자층을 형성한 후, 상기 유기단분자층을 톨루엔(toluene)으로 세정하여 약 6nm 두께의 유기단분자층으로 이루어진 중성의 표면으로 만들었다.
- <72> 상기 유기단분자층을 블록공중합체인 PS-b-PMMA(polystyrene-b-methyl methacrylate)로 스핀코팅 및 약 190℃에서 48시간 동안 열처리하여 자기조립 나노구조를 가지는 블록공중합체 박막을 형성함으로써, 최종적으로 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체를 획득하였다. 이때, 상기 블록공중합체, PS-b-PMMA의 각 블록의 분자량은 PS : PMMA = 25,000 : 26,000이며, 상기 PMMA의 f_A 는 약 0.5이다.
- <73> 상기 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체의 나노구조의 형태를 광학현미경과 AFM(atomic force microscopy)을 이용하여 상기 나노구조체의 상부에서 관찰하였으며, 그 결과는 도 4의 a 및 b에 나타난 바와 같다. 또한, 최종적으로 생성된 나노구조는 PS가 기질이고, PMMA가 관상형인 나노구조를 형성하였다.
- <74> 실시예 4: 산화된 Ir 기판을 이용하여 유기단분자층 및 블록공중합체를 포함하는 나노구조체 제조
- <75> 규소(Si) 기판 위에 원자층 증착법(atomic layer deposition)을 이용하여 Ir을 증착시켜 100nm의 Ir 박막이 형성된 Ir 기판을 제조하였다. 상기 제조된 Ir 기판 표면의 불순물을 제거하기 위하여, SC-1(Standard Clean-1) 방법을 이용하여 Ir 기판을 세정하여, 산화된 Ir 기판을 획득하였다.
- <76> 상기 세정되어 산화된 Ir 기판을 PS-r-PMMA로 스핀코팅(spincoating)한 다음, 약 160℃에서 48시간 동안 열처리를 통해 유기단분자층을 형성한 후, 상기 유기단분자층을 톨루엔(toluene)으로 세정하여 약 6nm 두께의 유기단분자층으로 이루어진 중성의 표면으로 만들었다.
- <77> 상기 유기단분자층을 블록공중합체인 PS-b-PMMA(polystyrene-b-methyl methacrylate)로 스핀코팅 및 약 190℃에서 48시간 동안 열처리하여 자기조립 나노구조를 가지는 블록공중합체 박막을 형성함으로써, 최종적으로 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체를 획득하였다. 이때, 상기 블록공중합체, PS-b-PMMA의 각 블록의 분자량은 PS : PMMA = 25,000 : 26,000이며, 상기 PMMA의 f_A 는 약 0.5이다.
- <78> 상기 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체의 나노구조의 형태를 광학현미경과 AFM(atomic force microscopy)을 이용하여 상기 나노구조체의 상부에서 관찰하였으며, 그 결과는 도 4의 a 및 b에 나타난 바와 같다. 또한, 최종적으로 생성된 나노구조는 PS가 기질이고, PMMA가 관상형인 나노구조를 형성하였다.
- <79> 실시예 5: 산화된 아연산화알루미늄(Zn-Al-O) 기판을 이용하여 유기단분자층 및 블록공중합체를 포함하는 나노구조체 제조
- <80> 규소(Si) 기판 위에 직류 스퍼터링(DC sputtering)을 이용하여 Zn-Al-O를 증착시켜 500nm의 Zn-Al-O 박막이 형성된 Zn-Al-O 기판을 제조하였다. 상기 제조된 Zn-Al-O 기판 표면의 불순물을 제거하기 위하여, SC-1방법을 이용하여 Zn-Al-O 기판을 세정하여, 산화된 Zn-Al-O 기판을 획득하였다.
- <81> 상기 세정되어 산화된 Zn-Al-O 기판을 PS-r-PMMA로 스핀코팅(spincoating)한 다음, 약 160℃에서 48시간 동안 열처리를 통해 유기단분자층을 형성한 후, 상기 유기단분자층을 톨루엔(toluene)으로 세정하여 약 6nm 두께의 유기단분자층으로 이루어진 중성의 표면으로 만들었다.
- <82> 상기 유기단분자층을 블록공중합체인 PS-b-PMMA(polystyrene-b-methyl methacrylate)로 스핀코팅 및 약 190℃에서 48시간 동안 열처리하여 자기조립 나노구조를 가지는 블록공중합체 박막을 형성함으로써, 최종적으로 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체를 획득하였다. 이때, 상기 블록공중합체, PS-b-PMMA의 각 블록의 분자량은 PS : PMMA = 25,000 : 26,000이며, 상기 PMMA의 f_A 는 약 0.5이다.
- <83> 상기 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체의 나노구조의 형태를 광학현미경과 AFM(atomic force microscopy)을 이용하여 상기 나노구조체의 상부에서 관찰하였으며, 그 결과는 도 4의 a 및 b에 나타난 바와 같다. 또한, 최종적으로 생성된 나노구조는 PS가 기질이고, PMMA가 관상형인 나노구조를 형성하였다.
- <84> 실시예 6: 산화된 니오브 도핑된 티탄산스트론튬(Nb-SrTiO₃) 기판을 이용하여 유기단분자층 및 블록공중합체를 포함하는 나노구조체 제조
- <85> 단결정형성법을 통하여 제조된 Nb-SrTiO₃ 단결정 기판(CYSTEC) 표면의 불순물을 제거하기 위하여, SC-1 방법을 이용하여 상기 Nb-SrTiO₃ 단결정 기판을 세정하여, 산화된 Nb-SrTiO₃ 기판을 획득하였다.

- <86> 상기 세정되어 산화된 Nb-SrTiO₃ 기판을 PS-r-PMMA로 스핀코팅(spincoating)한 다음, 약 160℃에서 48시간 동안 열처리를 통해 유기단분자층을 형성한 후, 상기 유기단분자층을 톨루엔(toluene)으로 세정하여 약 6nm 두께의 유기단분자층으로 이루어진 중성의 표면으로 만들었다.
- <87> 상기 유기단분자층을 블록공중합체인 PS-b-PMMA(polystyrene-b-methyl methacrylate)로 스핀코팅 및 약 190℃에서 48시간 동안 열처리하여 자기조립 나노구조를 가지는 블록공중합체 박막을 형성함으로써, 최종적으로 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체를 수득하였다. 이때, 상기 블록공중합체, PS-b-PMMA의 각 블록의 분자량은 PS : PMMA = 46,000 : 21,000이며, 상기 PMMA의 f_A는 약 0.31이다.
- <88> 상기 유기단분자층 및 블록공중합체 박막을 포함하는 나노구조체의 나노구조의 형태를 광학현미경과 AFM(atomic force microscopy)을 이용하여 상기 나노구조체의 상부에서 관찰하였으며, 그 결과는 도 4의 a 및 b에 나타난 바와 같다. 또한, 최종적으로 생성된 나노구조는 PS가 기질이고, PMMA가 실린더형인 나노구조를 형성하였다.
- <89> 이상으로 본 발명 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는 바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적 기술은 단지 바람직한 실시양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

발명의 효과

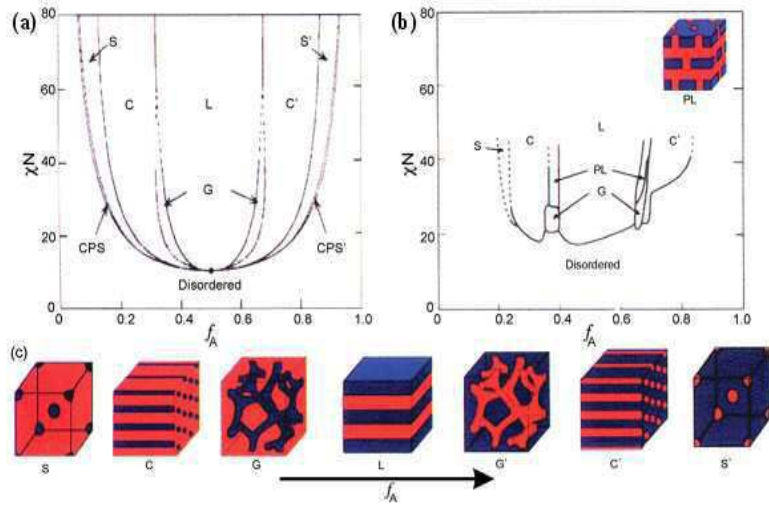
- <90> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 다양한 종류의 산화물 기판 상에 블록공중합체 나노구조를 포함하는 나노구조체를 제공하는 효과가 있으며, 나노구조체 제조시에 사용된 블록공중합체를 구성하는 각 블록의 상대적인 조성비에 따라 블록공중합체의 자기조립 나노구조의 형태가 달라지므로, 이렇게 여러가지 형태로 나타내는 나노구조를 이용하여 다양한 용도로 상기 나노구조체를 용이하게 활용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

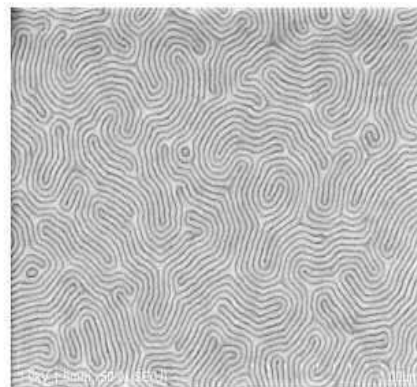
- <1> 도 1은 블록의 조성비에 따라 형성되는 블록공중합체의 다양한 나노구조를 나타낸 것이다.
- <2> 도 2는 본 발명의 실시예 1에 따라 제조한 Pt 기판에 형성된 나노구조체를 주사전자현미경을 이용하여 상기 나노구조체의 상부에서 관찰한 것이다.
- <3> 도 3은 본 발명의 실시예 2에 따라 제조한 이산화티타늄 기판에 형성된 나노구조체를 주사전자현미경을 이용하여 상기 나노구조체의 상부에서 관찰한 것이다.
- <4> 도 4는 실시예 3 내지 실시예 6에 따라 제조한 루테튬(Ru), 이리듐(Ir), 아연산화알루미늄(Zn-Al-O) 및 니오브 도핑된 티탄산스트론튬(Nb-SrTiO₃) 기판에 형성된 나노구조체를 광학현미경(a) 및 AFM(b)을 이용하여 상기 나노구조체의 상부에서 관찰한 결과를 나타낸 것이다.

도면

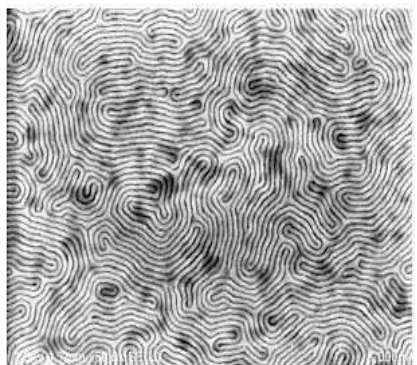
도면1



도면2



도면3



도면4

