



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0083412
(43) 공개일자 2016년07월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 39/00 (2006.01) B01D 17/00 (2006.01)
B01D 27/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0194740
(22) 출원일자 2014년12월31일
심사청구일자 2014년12월31일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
김형준
서울특별시 영등포구 국제금융로 108-6 B동 107호 (여의도동, 진주아파트)
오일권
서울특별시 관악구 남현길 144 101동 301호 (남현동, 홍화브라운빌아파트)
(74) 대리인
권혁수, 송윤호

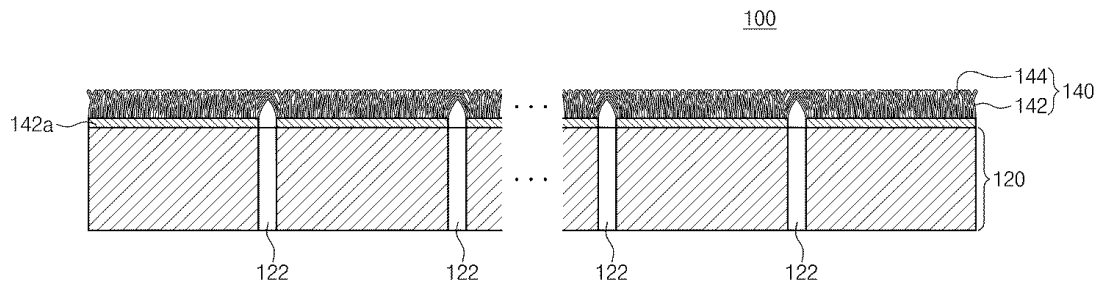
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 수분 제거 필터 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 수분 제거 필터 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 수분 제거 필터는 유체가 투과될 수 있는 투과 통로를 갖는 투과부재; 및 투과부재 상의 초소수성 수분 필터부를 포함한다. 수분 필터부는 유체로부터 수분을 제거하고, 수분이 제거된 유체를 통과시킨다. 수분 필터부는 투과부재 상의 3차원 나노구조체; 및 3차원 나노구조체 상의 필터막을 포함하며, 필터막은 희토류 금속 산화물을 포함한다.

대표도



(72) 발명자

윤창모

서울특별시 서대문구 신촌동 연세로 50 공학원
128C호

이한보람

서울특별시 강남구 삼성로85길 11 롯데캐슬아파트
101동 1503호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10041926

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업융합원천기술개발사업

연구과제명 초미세 반도체와 플렉서블 디스플레이 공정을 위한 무기물 박막증착용 고밀도 플라즈마 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 성균관대학교산학협력단

연구기간 2012.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

유체가 투과될 수 있는 투과 통로를 갖는 투과부재; 및
상기 투과부재 상의 수분 필터부를 포함하고,
상기 수분 필터부는,
상기 투과부재 상의 3차원 나노구조체; 및
상기 3차원 나노구조체 상의 필터막을 포함하며,
상기 필터막은 희토류 금속 산화물을 포함하는 수분 제거 필터.

청구항 2

제1 항에 있어서,
상기 필터막은 Y_2O_3 , Dy_2O_3 , La_2O_3 , CeO_2 및 Er_2O_3 을 포함하는 희토류 금속 산화물들의 그룹으로부터 선택된 적어도 일종의 희토류 금속 산화물을 포함하는 수분 제거 필터.

청구항 3

제1 항에 있어서,
상기 3차원 나노구조체는 다수의 나노와이어(nanowire)를 포함하는 수분 제거 필터.

청구항 4

제1 항에 있어서,
상기 투과부재는 다수의 투과 통로가 관통된 그물망 또는 해면상의 다공질 구조를 갖는 수분 제거 필터.

청구항 5

제1 항에 있어서,
상기 수분 필터부는 물과의 접촉각이 150° 이상인 초소수성을 갖는 수분 제거 필터.

청구항 6

제1 항에 있어서,
상기 유체는 수분과 기름의 혼합액을 포함하고,
상기 수분 필터부는 상기 유체로부터 수분을 제거하고, 기름을 통과시키는 유수 분리기로 제공되는 수분 제거 필터.

청구항 7

제1 항 내지 제6 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 필터막은 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만인 수분 제거 필터.

청구항 8

유체가 투과될 수 있는 투과 통로를 갖는 투과부재 상에 3차원 나노구조체를 형성하는 단계; 및
상기 3차원 나노구조체 상에 희토류 금속 산화물을 포함하는 필터막을 형성하는 단계를 포함하는 수분 제거 필

터의 제조 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 필터막을 형성하는 단계는,

- (a) 상기 3차원 나노구조체 상에 희토류 금속을 포함하는 전구체를 공급하는 단계;
- (b) 상기 3차원 나노구조체 상에 희토류 금속이 결합한 후 남은 전구체의 불순물을 퍼징(purging)하는 단계;
- (c) 상기 3차원 나노구조체 상에 반응가스를 공급하는 단계; 및
- (d) 상기 3차원 나노구조체 상에 희토류 금속 산화물이 형성된 후 남은 불순물을 퍼징하는 단계를 포함하는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 반응가스는 H_2O 및 플라스마 O_2 중의 적어도 하나를 포함하는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 11

제9 항에 있어서,

상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만인 되도록 처리 온도를 조절하여, 초소수성을 갖는 필터막을 형성하는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 희토류 금속은 이트륨(yttrium)을 포함하고,

상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만인 되도록 상기 처리 온도를 160 ~ 200 °C 로 조절하는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 13

제11 항에 있어서,

상기 희토류 금속은 디스프로슘(dysprosium)을 포함하고,

상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만인 되도록 상기 처리 온도를 145 ~ 230 °C 로 조절하는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 14

제11 항에 있어서,

상기 희토류 금속은 에르븀(erbium)을 포함하고,

상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만인 되도록 상기 처리 온도를 180 ~ 250 °C 로 조절하는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 15

제11 항에 있어서,

상기 희토류 금속은 란타넘(lanthanum)을 포함하고,

상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만인 되도록 상기 처리 온도를 250 ~ 350 °C 로 조절하는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 16

제11 항에 있어서,

상기 희토류 금속은 세륨(cerium)을 포함하고,

상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만인 되도록 상기 처리 온도를 200 ~ 300 °C 로 조절하는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 17

제9 항에 있어서,

상기 필터막과 물 간의 접촉각은 150° 이상이고, 상기 필터막은 500°C 온도에서 2시간 동안 열처리한 이후에도 초소수성이 유지되는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 18

제8 항에 있어서,

상기 3차원 나노구조체는 다수의 나노와이어(nanowire)를 포함하고,

상기 투과부재는 다수의 투과 통로가 관통된 그물망 또는 해면상의 다공질 구조를 갖는 수분 제거 필터의 제조 방법.

청구항 19

제18 항에 있어서,

상기 3차원 나노구조체를 형성하는 단계는,

상기 투과부재 상에 촉매를 포함하는 촉매층을 형성하는 단계; 및

상기 촉매층 상의 상기 촉매로부터 상기 나노와이어를 성장시키는 단계를 포함하는 수분 제거 필터의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 수분 제거 필터 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체, 조선, 화학, 기계, 철강, 난방 등 기름을 사용하는 다양한 산업 분야에서 공업유가 활용되고 배출된다. 산업 현장에서 활용된 후 배출된 공업유는 미량의 수분이 함유되어 있어, 배출된 공업유를 회수하여 재활용하기 위해서는 공업유로부터 수분을 제거하는 처리를 거쳐야 한다. 유수 분리기 내에서 일반 공업유는 보통 60 ~ 70 도 이상의 온도를 유지하며, 수 시간 이상의 장기간 동안 정제 작업을 거치기 때문에, 요소 필터의 소재로는 좋은 열적 안정성이 필요하다. 내구성 역시 초미량 수분 제거 필터 핵심 기술 중 하나이다. 반복사용을 통한 필터의 노후화는 기름내 잔류 수분 제거 특성을 저하시키는 중요한 요인이다. 종래의 수분 제거 필터의 방식은 단순히 중력에 의한 분리에 기초한다. 아울러 최근에 진공상태에서 물과 기름의 증발 온도를 낮추어 수분을 증발시키는 방법도 사용되고 있지만, 초미세(수백 ppm이하) 수분을 제거하기 힘들다.

[0003] 소수성 물질을 활용하면, 물과 기름을 분리할 수 있다. 최근에는 탄화수소를 이용한 소수성 물질이 각광받고 있다. 탄화수소는 작은 표면 에너지를 가지면서 동시에 적은 마찰, 마멸 저항성을 갖는 이점을 갖는다. 하지만, 소수성 탄화수소 소재는 250°C 이상의 온도에서 점차적으로 탈수소화 반응이 일어나면서 소재의 특성이 현저하게 나빠지고, 소수성을 유지하지 못하는 문제가 있다. 또한, 탄화수소 소재는 초소수성 특성을 나타내지 못하는 단점을 갖는다. 물과 기름을 분리해 내는 필터를 산업화하기 위해서는 내구성과 열적 안정성과 같은 신뢰성이 갖는 동시에 초소수성을 갖는 물질이 필요하지만, 현재까지는 이와 같은 특성을 동시에 갖는 수분 제거 필터가 개발되어 있지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명은 초소수성을 가지며, 고온 열처리 이후에도 초소수성이 유지되는 수분 제거 필터 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0005] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 원자층 증착법에 의하여 단차 피복성이 우수하고, 마찰 내구성, 마모 저항성, 고온 안정성 및 초소수성을 갖는 수분 제거 필터 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 일 측면에 따른 수분 제거 필터는, 유체가 투과될 수 있는 투과 통로를 갖는 투과부재; 및 상기 투과부재 상의 수분 필터부를 포함하고, 상기 수분 필터부는, 상기 투과부재 상의 3차원 나노구조체; 및 상기 3차원 나노구조체 상의 필터막을 포함하며, 상기 필터막은 희토류 금속 산화물을 포함한다.
- [0007] 상기 필터막은 Y_2O_3 , Dy_2O_3 , La_2O_3 , CeO_2 및 Er_2O_3 을 포함하는 희토류 금속 산화물들의 그룹으로부터 선택된 적어도 일종의 희토류 금속 산화물을 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 3차원 나노구조체는 다수의 나노와이어(nanowire)를 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 투과부재는 다수의 투과 통로가 관통된 그물망 또는 해면상의 다공질 구조를 가질 수 있다.
- [0010] 상기 수분 필터부는 물과의 접촉각이 150° 이상인 초소수성을 가질 수 있다.
- [0011] 상기 유체는 수분과 기름의 혼합액을 포함하고, 상기 수분 필터부는 상기 유체로부터 수분을 제거하고, 기름을 통과시키는 유수 분리기로 제공될 수 있다.
- [0012] 상기 필터막은 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만일 수 있다.
- [0013] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, 유체가 투과될 수 있는 투과 통로를 갖는 투과부재 상에 3차원 나노구조체를 형성하는 단계; 및 상기 3차원 나노구조체 상에 희토류 금속 산화물을 포함하는 필터막을 형성하는 단계를 포함하는 수분 제거 필터의 제조 방법이 제공된다.
- [0014] 상기 필터막을 형성하는 단계는, (a) 상기 3차원 나노구조체 상에 희토류 금속을 포함하는 전구체를 공급하는 단계; (b) 상기 3차원 나노구조체 상에 희토류 금속이 결합한 후 남은 전구체의 불순물을 퍼징(purging)하는 단계; (c) 상기 3차원 나노구조체 상에 반응가스를 공급하는 단계; 및 (d) 상기 3차원 나노구조체 상에 희토류 금속 산화물이 형성된 후 남은 불순물을 퍼징하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 반응가스는 H_2O 및 플라스마 O_2 중의 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만이 되도록 처리 온도를 조절하여, 초소수성을 갖는 필터막을 형성할 수 있다.
- [0017] 상기 희토류 금속은 이트륨(yttrium)을 포함하고, 상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만이 되도록 상기 처리 온도를 $160 \sim 200^\circ C$ 로 조절할 수 있다.
- [0018] 상기 희토류 금속은 디스프로슘(dysprosium)을 포함하고, 상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만이 되도록 상기 처리 온도를 $145 \sim 230^\circ C$ 로 조절할 수 있다.
- [0019] 상기 희토류 금속은 에르븀(erbium)을 포함하고, 상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만이 되도록 상기 처리 온도를 $180 \sim 250^\circ C$ 로 조절할 수 있다.
- [0020] 상기 희토류 금속은 란타넘(lanthanum)을 포함하고, 상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만이 되도록 상기 처리 온도를 $250 \sim 350^\circ C$ 로 조절할 수 있다.
- [0021] 상기 희토류 금속은 세륨(cerium)을 포함하고, 상기 필터막을 형성하는 단계는, 상기 필터막 중의 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만이 되도록 상기 처리 온도를 $200 \sim 300^\circ C$ 로 조절할 수 있다.
- [0022] 상기 필터막과 물 간의 접촉각은 150° 이상이고, 상기 필터막은 $500^\circ C$ 온도에서 2시간 동안 열처리한 이후에도 초소수성이 유지될 수 있다.

[0023] 상기 3차원 나노구조체는 다수의 나노와이어(nanowire)를 포함하고, 상기 투과부재는 다수의 투과 통로가 관통된 그물망 또는 해면상의 다공질 구조를 가질 수 있다.

[0024] 상기 3차원 나노구조체를 형성하는 단계는, 상기 투과부재 상에 촉매를 포함하는 촉매층을 형성하는 단계; 및 상기 촉매층 상의 상기 촉매로부터 상기 나노와이어를 성장시키는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 실시 예에 의하면, 초소수성을 가지며, 고온 열처리 이후에도 초소수성이 유지되는 수분 제거 필터가 제공된다.

[0026] 또한, 본 발명의 실시 예에 의하면, 원자층 증착법에 의하여 단차 피복성이 우수하고, 마찰 내구성, 마모 저항성, 고온 안정성 및 초소수성을 갖는 수분 제거 필터를 제조할 수 있다.

[0027] 본 발명의 효과는 상술한 효과들로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 효과들은 본 명세서 및 첨부된 도면으로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 수분 제거 필터의 사용 상태를 예시하는 단면도이다.

도 1b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 수분 제거 필터를 보여주는 단면도이다.

도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 실시 예에 따라 투과부재 상에 3차원 나노구조체를 형성하는 과정을 예시적으로 설명하기 위한 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 필터막을 형성하는 과정을 예시적으로 보여주는 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터 상에 수분이 걸려진 것을 보여주는 주사 전자 현미경 이미지이다.

도 5는 투과부재 상에 실리콘 나노와이어만 형성되고, 필터막이 형성되지 않은 경우 수분이 걸리지 않는 것을 보여주는 주사 전자 현미경 이미지이다.

도 6은 이트륨 전구체의 노출 시간(exposure time)에 따른 이트륨 산화물 필터막의 성장률(growth rate)을 보여주는 그래프(a) 및 산화제의 노출 시간에 따른 이트륨 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다.

도 7은 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 이트륨 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 사이클 수에 따른 이트륨 산화물 필터막의 두께를 보여주는 그래프(b)이다.

도 8은 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 이트륨 산화물 필터막의 Y 3d 결합에너지(binding energy)를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

도 9는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 이트륨 산화물 필터막의 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 N 1s, Y 3s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

도 10은 비교 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 이트륨 산화물 필터막의 Y 3d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

도 11은 비교 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 이트륨 산화물 필터막의 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프이다.

도 12는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체(나노와이어) 상에 이트륨 산화물 필터막이 원자층 증착된 것을 보여주는 주사 전자 현미경 사진이다.

도 13은 도 12의 'B' 부에 대하여 Si 나노와이어의 중심으로부터 변위에 따른 실리콘, 산소 및 이트륨 원소의 분포를 에너지 분산 분광분석(energy dispersive spectroscopy)을 이용하여 측정한 그래프이다.

도 14는 3차원 나노구조체에 대한 디스프로슘 전구체의 노출 시간에 따른 디스프로슘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 3차원 나노구조체에 대한 산화제의 노출 시간에 따른 디스프로슘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다.

도 15는 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 디스프로슘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 사이클 수에 따른 디스프로슘 산화물 필터막의 두께를 보여주는 그래프(b)이다.

도 16은 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 디스프로슘 산화물 필터막의 Dy 4d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

도 17은 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 디스프로슘 산화물 필터막의 N 1s 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

도 18은 3차원 나노구조체에 대한 에르븀 전구체의 노출 시간에 따른 에르븀 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 에르븀 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다.

도 19는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 에르븀 산화물 필터막의 Er 4d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

도 20은 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 에르븀 산화물 필터막의 N 1s 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

도 21은 3차원 나노구조체에 대한 란타넘 전구체의 노출 시간에 따른 란타넘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 란타넘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다.

도 22는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 란타넘 산화물 필터막의 La 3d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

도 23은 3차원 나노구조체에 대한 세륨 전구체의 노출 시간에 따른 세륨 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 세륨 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다.

도 24는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 세륨 산화물 필터막의 Ce 3d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

도 25는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 세륨 산화물 필터막의 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프이다.

도 26은 본 발명의 일 실시 예에 따라 3차원 나노구조체(실리콘 나노와이어) 상에 희토류 산화물 박막이 형성된 것을 확대하여 보여주는 사진이다.

도 27은 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터 상에 수분이 걸려진 것을 보여주는 사진(a) 및 기름이 투과되는 것을 보여주는 사진(b)이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명의 다른 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술하는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 한정되지 않으며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 만일 정의되지 않더라도, 여기서 사용되는 모든 용어들(기술 혹은 과학 용어들을 포함)은 이 발명이 속한 종래 기술에서 보편적 기술에 의해 일반적으로 수용되는 것과 동일한 의미를 갖는다.

[0030] 본 발명의 도면에서 동일하거나 상응하는 구성에 대하여는 가급적 동일한 도면부호가 사용된다. 공지된 구성에 대한 일반적인 설명은 본 발명의 요지를 흐리지 않기 위해 생략될 수 있다. 본 명세서에서 '~ 상에 형성된다'의 의미는 물질의 상부에 다른 물질이 직접 형성되거나 물질을 직접 둘러싸도록 형성되어 있는 것과, 물질과 다른 물질 사이에 또 다른 물질이 매개되어 형성되어 있는 것을 포함하는 의미이다.

[0031] 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터는 유체가 투과될 수 있는 투과 통로를 갖는 투과부재; 및 투과부재 상의 수분 필터부를 포함한다. 수분 필터부는 투과부재 상의 3차원 나노구조체; 및 3차원 나노구조체 상의 필터막을 포함한다. 필터막은 희토류 금속 산화물을 포함한다. 3차원 나노구조체 상에 탄소의 원자%가 1% 미만인 필터막을 형성하여, 투과부재 상에 초소수성을 갖는 수분 필터부를 제조할 수 있으며, 이에 따라 초미세 수분을 제거할 수 있는 수분 제거 필터가 제공된다.

- [0032] 도 1a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100)의 사용 상태를 예시하는 단면도이고, 도 1b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100)를 보여주는 단면도이다. 도 1a 및 도 1b를 참조하면, 수분 제거 필터(100)는 예를 들어, 수분이 미량 함유되어 있는 공업유에서 수분을 제거하고, 순수 기름만을 통과시키는 유수 분리기로 제공될 수 있다.
- [0033] 이하에서, 수분과 기름이 섞여 있는 유체로부터 수분을 제거하고, 수분이 제거된 기름만을 통과시키는 유수 분리 필터를 예로 들어, 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100)를 설명하지만, 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100)는 기름 외의 다른 유체로부터 수분을 제거하기 위한 목적 및 용도로 활용될 수도 있다.
- [0034] 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100)는 절삭 가공 등의 공정에서 배출되는 공업유로부터 수분을 제거하고 기름을 회수하기 위하여, 도 1a에 도시된 바와 같이 공업유 배출관(10) 내에 설치될 수 있다. 수분 제거 필터(100)는 기름이 통과될 수 있는 투과 통로를 갖는 투과부재(120)와, 투과부재(120) 상의 수분 필터부(140)를 포함한다.
- [0035] 일 실시 예에서, 투과부재(120)는 다수의 투과 통로(122)가 관통된 그물망(예를 들어, 스테인레스스틸 메쉬) 또는 해면상의 다공질 구조(예를 들어, 철제 스펀지)를 갖는다. 투과부재(120)는 내구성 및 열적 안정성을 위하여 메탈 재질로 제공될 수 있다. 투과 통로(122)는 기름이 통과될 수 있는 크기, 예를 들어, 수백 나노 내지 수십 마이크로 크기로 형성될 수 있다. 투과 통로(122)들의 간격은 기름의 공급량, 투과 속도 등을 고려하여 적절히 결정될 수 있다.
- [0036] 수분 필터부(140)는 수분과 기름의 혼합액으로부터 수분을 제거하고, 기름을 통과시키는 유수 분리기로 제공될 수 있다. 수분 필터부(140)는 물과의 접촉각(contact angel)이 150° 이상인 초소수성 및 초친유성의 성질을 가질 수 있다. 여기서, 액적의 접촉각은 액적이 수분 필터부(140)의 표면에 닿는 부분에서 액적의 표면과 수분 필터부(140)의 표면이 이루는 각도를 측정한 값을 의미한다. 예를 들어, 접촉각이 클수록, 쉽게 말해 액적이 퍼지지 않고 구형의 형태를 나타낼수록, 수분 필터부(140)의 표면이 초소수성 특성을 갖는 것으로 평가될 수 있다.
- [0037] 수분 필터부(140)는 투과부재(120) 상의 3차원 나노구조체(142)와, 3차원 나노구조체(142) 상의 필터막(144)을 포함한다. 3차원 나노구조체(142)는 다수의 나노와이어(nanowire)를 포함할 수 있다. 3차원 나노구조체(142)는 수 내지 수백 나노미터 두께로 형성될 수 있다. 일 실시 예로, 3차원 나노구조체(142)는 투과부재(120) 상의 촉매층(142a)에 포함된 촉매(예를 들어, 실리콘, 산화아연 등)로부터 성장된 나노와이어로 제공될 수 있다.
- [0038] 본 발명의 실시 예에서, 3차원 나노구조체(142)는 투과부재(120)의 상면에 대해 대략 수직인 방향, 즉 투과 통로(122)와 나란한 방향으로 성장된 나노구조체들(예를 들어, 나노와이어들)의 집합을 의미할 수 있다. 3차원 나노구조체(142)는 이에 형성되는 필터막(144)이 초소수성을 갖도록 하기 위하여 형성될 수 있다. 본 명세서에서 초소수성은 물과의 접촉각이 150° 이상인 것으로 정의된다.
- [0039] 필터막(144)은 희토류 금속 산화물을 포함한다. 일 실시 예로, 필터막(144)은 Y_2O_3 , Dy_2O_3 , La_2O_3 , CeO_2 및 Er_2O_3 을 포함하는 희토류 금속 산화물들의 그룹으로부터 선택된 적어도 일종의 희토류 금속 산화물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 필터막(144)은 3차원 나노구조체(142)의 표면을 덮도록 형성될 수도 있고, 3차원 나노구조체(142)를 둘러싸도록 형성될 수도 있다.
- [0040] 일 실시 예로, 필터막(144)은 원자층 증착법(atomic deposition layer)에 의하여 3차원 나노구조체(142) 상에 형성될 수 있다. 일 실시 예로, 필터막(144)은 3차원 나노구조체(142) 상에 원자층 단위로 형성될 수 있다. 필터막(144)은 단일의 원자층으로 이루어질 수도 있고, 2층 이상의 원자층들로 이루어질 수도 있다. 원자층들은 같은 희토류 금속 산화물로 이루어질 수도 있고, 서로 다른 희토류 금속 산화물로 이루어질 수도 있다.
- [0041] 일 실시 예에 있어서, 필터막(144)은 필터막(144)을 이루는 원소들 중 탄소의 원자%가 0% 초과 1% 미만의 범위를 갖도록 이루어져, 물과의 접촉각이 150° 를 초과하는 초소수성 특성을 가질 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100)는 고온에서도 열적 안정성을 가지며, $500^\circ C$ 온도에서 2시간 동안 열처리한 이후에도 초소수성이 유지된다.
- [0042] 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100)의 제조 방법은 유체(예컨대, 기름)가 통과될 수 있는 투과 통로(122)를 갖는 투과부재(120)(예를 들어, 스테인레스스틸 메쉬 혹은 철제 스펀지 등) 상에 3차원 나노구조체(142)(예를 들어, 나노와이어)를 형성하는 단계; 및 3차원 나노구조체(142) 상에 희토류 금속 산화물을 포함하는 필터막(144)을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0043] 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 실시 예에 따라 투과부재(120) 상에 3차원 나노구조체(142)를 형성하는 과정을

예시적으로 설명하기 위한 단면도이다. 먼저, 도 2a에 도시된 바와 같이, 투과 통로(122)를 갖는 투과부재(120) 상에 촉매를 포함하는 촉매층(142a)을 형성한다. 일 실시 예로, 촉매는 산화아연(ZnO) 또는 실리콘(Si)을 포함할 수 있다.

[0044] 일 예로, 촉매층(142a)은 원자층 증착법에 의하여 투과부재(120) 상에 형성될 수 있다. 촉매층(142a)은 투과 통로(122)를 제외한 투과부재(120) 상에 형성될 수 있다. 예를 들어, 투과부재(120) 상에 디에틸아연(Diethylzinc)을 포함하는 전구체를 공급한 후, 아르곤과 같은 비활성 기체로 퍼징(purging)하고, H₂O 반응가스를 공급한 후 비활성 기체를 퍼징하는 과정으로 이루어진 사이클을 반복하여 투과부재(120) 상에 촉매층(142a)을 형성할 수 있다.

[0045] 투과부재(120) 상에 촉매층(142a)이 형성되면, 도 2b에 도시된 바와 같이, 촉매층(142a)이 형성된 투과부재(120)를 나노와이어 성장을 위한 용액(160)에 넣어, 촉매층(142a)으로부터 3차원 나노구조체(142)를 성장시킬 수 있다. 용액(160)은 예를 들어, 순수에 아연 니트레이트 헥사하이드레이트(Zinc nitrate hexahydrate, (Zn(NO₃)₂·6H₂O))와 헥사메틸렌테트라민(hexamethylenetetramine)을 녹인 용액으로 제공될 수 있다.

[0046] 3차원 나노구조체(142)가 성장되면, 용액에서 꺼내어 세정하고, 가열하여 수분을 증발시킨다. 도 2c에 도시된 바와 같이, 투과부재(120) 상에 3차원 나노구조체(142)가 성장되면, 3차원 나노구조체(142) 상에 필터막(144)을 형성하여 도 1b에 도시된 바와 같은 수분 제거 필터(100)를 제조할 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 필터막(144)을 형성하는 단계는 원자층 증착법에 의해 형성될 수 있다.

[0047] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 필터막을 형성하는 과정을 예시적으로 보여주는 흐름도이다. 도 1b 및 도 3을 참조하면, 3차원 나노구조체(142) 상에 필터막(144)을 형성하는 과정은 3차원 나노구조체(142) 상에 희토류 금속을 포함하는 전구체를 공급하는 단계(S11), 3차원 나노구조체(142) 상에 희토류 금속이 결합한 후 남은 전구체의 불순물을 퍼징(purging)하는 단계(S12), 3차원 나노구조체(142) 상에 반응가스를 공급하는 단계(S13) 및 3차원 나노구조체(142) 상에 희토류 금속 산화물이 형성된 후 남은 불순물을 퍼징하는 단계(S14)를 포함한다.

[0048] 불순물 중에는 탄소, 질소와 같은 불순물 원소들이 포함되어 있다. 초소수성을 갖는 필터막(144)을 형성하기 위해, 단계 S11 내지 S14에서 처리 온도, 예를 들어 3차원 나노구조체(142)의 온도는 필터막(144) 중의 탄소의 원자%가 1% 미만이 되도록 조절된다. 본 발명의 실시 예에 의하면, 3차원 나노구조체(142) 상에 희토류 산화물의 필터막(144)을 형성하여 초소수성 표면을 구현할 수 있으며, 필터막(144)의 초소수성 특성은 고온 열처리 후에도 유지되거나, 고온 열처리 전에 비해 향상된다. 따라서, 본 발명의 실시 예에 의하면, 초소수성 및 열적 안정성을 갖는 수분 필터부(140)를 형성할 수 있다.

[0049] 본 발명의 실시 예에 대해 보다 구체적으로 설명한다. 먼저, 원자층 증착 장비의 반응 챔버(chamber) 내에 3차원 나노구조체(142)가 형성된 투과부재(120)를 도입한다. 초소수성을 갖는 필터막(144)의 형성을 위해, 3차원 나노구조체(142) 상에 형성될 필터막(144) 중의 탄소의 원자%가 1% 미만이 되도록, 반응 챔버 내의 온도를 미리 조절할 수 있다.

[0050] 희토류 금속 원소를 포함한 전구체의 종류에 따라, 초소수성을 갖는 필터막(144)을 형성하기 위한 반응 챔버 내의 처리 온도는 변화될 수 있으며, 이에 대하여는 후술한다. 처리 온도는 예를 들어, 3차원 나노구조체(142) 혹은 투과부재(120)를 가열하는 히터나 그 밖의 방법에 의하여 조절될 수 있다. 처리 온도를 조절하는 방법은 특별히 제한되지 않으며, 전도, 대류 혹은 복사와 같은 다양한 가열 방식으로 수행될 수 있다.

[0051] 다시 도 3을 참조하면, 원자층 증착 장비의 반응 챔버 내에 희토류 금속을 포함하는 전구체가 공급된다(S11). 본 발명의 실시 예에서, 3차원 나노구조체(142)에 공급되는 전구체는 이트륨(yttrium, Y), 디스프로슘(dysprosium, Dy), 에르븀(erbium, Er), 란타넘(lanthanum, La) 및 세륨(cerium, Ce) 중 적어도 하나의 희토류 금속을 포함할 수 있다. 전구체는 예를 들어, Y(iPrCp)₂(N-iPr-amd), Dy(iPrCp)₂(N-iPr-amd), Er(MeCp)₂(N-iPr-amd), La(iPrCp)₃ 및 Ce(iPrCp)₃ 중의 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0052] 단계 S11에서 미리 설정된 시간 동안 전구체가 3차원 나노구조체(142)에 노출되고 나면, 3차원 나노구조체(142) 상에 희토류 금속이 결합한 후 남은 전구체의 불순물을 퍼징한다(S12). 이때, 전구체의 불순물은 예를 들어, 전구체를 이루는 이소프로필시클로펜타디에닐(isopropylcyclopentadienyl, iPrCp), N-이소프로필-아세트아미디네이트(N-isopropyl-acetamidinate, N-iPr-amd), 메틸시클로펜타디에닐(methylcyclopentadienyl, MeCp), 혹은 이로부터 분리된 탄소, 질소와 같은 불순물 원소들을 포함할 수 있다.

- [0053] 단계 S12에서 미리 설정된 시간 동안 불순물이 퍼징되고 나면, 3차원 나노구조체(142) 상에 예를 들어, 산화제와 같은 반응가스가 공급된다(S13). 산화제는 예를 들어, H₂O 및 플라즈마 O₂ 중의 적어도 하나를 포함할 수 있다. 본 발명의 실시 예에서, 전구체로 이트륨 전구체나 에르븀 전구체가 사용되는 경우, H₂O 산화제가 반응가스로 사용될 수 있다. 만약, 디스프로슘이나 세륨을 포함한 전구체가 사용되는 경우, 플라즈마 O₂ 산화제가 반응가스로 사용될 수 있다. 만약, 란타넘을 포함하는 전구체가 사용되는 경우, H₂O 혹은 플라즈마 O₂ 산화제가 반응가스로 사용될 수 있다.
- [0054] 단계 S13에서 미리 설정된 시간 동안 반응가스가 3차원 나노구조체(142) 상에 노출되고 나면, 3차원 나노구조체(142) 상에 희토류 금속 산화물이 형성된 후 남은 불순물을 소정의 시간 동안 퍼징한다(S14). 퍼징되는 불순물은 예를 들어, 전구체를 이루는 이소프로필시클로펜타디에닐(isopropylcyclopentadienyl, iPrCp), N-이소프로필-아세트아미디네이트(N-isopropyl-acetamidinate, N-iPr-amd), 메틸시클로펜타디에닐(methylcyclopentadienyl, MeCp), 탄소나 질소, 반응하지 않고 남은 산화제 혹은 산화제에서 분리된 수소와 같은 불순물 원소들을 포함할 수 있다.
- [0055] 단계 S11 내지 S14를 통해 한 사이클의 필터막(144) 형성 과정이 수행된다. 단계 S11 내지 S14는 미리 정해진 사이클 수만큼 반복될 수 있다. 즉, 단계 S15에서 원자층 단위의 필터막(144)을 더 형성하는 것으로 판단되면, 단계 S11 내지 S14의 과정이 반복적으로 수행될 수 있으며, 이에 따라 수십여 사이클의 반복을 통해 3차원 나노구조체(142) 상에 희토류 금속 산화물(예를 들어, Y₂O₃, Dy₂O₃, La₂O₃, CeO₂ 혹은 Er₂O₃)을 포함하는 필터막(144)이 형성될 수 있다.
- [0056] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100) 상에 수분이 걸려진 것을 보여주는 주사 전자 현미경 이미지이고, 도 5는 투과부재 상에 실리콘 나노와이어만 형성되고, 필터막이 형성되지 않은 경우 수분이 걸리지 않는 것을 보여주는 주사 전자 현미경 이미지이다. 도시된 예에서, 스테인레스스틸(stainless steel) 메쉬(mesh) 구조 위에 실리콘 나노와이어(Si nanowire)가 성장되고, 실리콘 나노와이어 위에 50 nm 두께의 이트륨 산화물(Y₂O₃)이 형성되었다.
- [0057] 3차원 나노구조체(142) 위에 이트륨 산화물이 원자층 증착된 경우, 도 4에 도시된 바와 같이, 수분 제거 필터(100) 상에 수분이 걸러지는 반면, 이트륨 산화물이 형성되지 않은 경우, 도 5에 도시된 바와 같이, 수분이 걸러지지 않는 것을 알 수 있다. 이트륨 산화물의 코팅 전의 물에 대한 접촉각은 0° 였으나, 이트륨 산화물의 코팅 후 접촉각이 158° 로 향상되었다.
- [0058] 도 6은 이트륨 전구체의 노출 시간(exposure time)에 따른 이트륨 산화물 필터막의 성장률(growth rate)을 보여주는 그래프(a) 및 산화제의 노출 시간에 따른 이트륨 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다. 도 6의 (b)에서 이트륨 전구체의 노출 시간은 2초로 설정되었다.
- [0059] 도 3 및 도 6을 참조하면, 단계 S11에서 Y(iPrCp)₂(N-iPr-amd) 전구체를 3차원 나노구조체에 노출시키고, 단계 S13에서 H₂O 산화제를 1초 동안 노출시켜 이트륨 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 단계 S12 및 단계 S14의 퍼징 시간은 각각 10초로 설정하였다. 원자층 증착 공정의 처리 온도는 180℃로 유지되었으며, 전구체와 산화제의 버블링(bubbling) 온도는 130℃로 설정되었다.
- [0060] 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 전구체의 노출 시간을 1.5초 이상으로 할 때, 사이클당 이트륨 금속 산화물 필터막의 성장률이 적정 수준(대략 0.4Å/cycle)으로 유지되는 것을 알 수 있다. 필터막의 성장률을 일정 수준으로 확보하는 동시에 공정 시간을 단축하기 위하여, 이트륨 전구체의 노출 시간을 1.5초 ~ 2초로 하는 것이 바람직하다.
- [0061] 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 산화제의 노출 시간을 0.5초 이상으로 할 때, 사이클당 이트륨 금속 산화물 필터막의 성장률이 적정 수준(대략 0.4Å/cycle)으로 유지되는 것을 알 수 있다. 필터막의 성장률을 일정 수준으로 확보하는 동시에 공정 시간을 단축하기 위하여, 산화제의 노출 시간을 0.5초 ~ 1초로 하는 것이 바람직한 것을 알 수 있다.
- [0062] 도 7은 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 이트륨 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 사이클 수에 따른 이트륨 산화물 필터막의 두께를 보여주는 그래프(b)이다. 전구체의 공급 시간(노출 시간)은 2초로 설정되었으며, 산화제의 노출 시간은 1초로 설정되었다. 그 밖의 실험 조건은 도 6과 동일하게 설정되었다.

- [0063] 도 7에 도시된 바와 같이, 이트륨 전구체가 사용된 경우에 있어, 처리 온도가 160 ~ 200 °C 범위일 때, 적정 수준의 필터막 성장률이 확보되는 것을 확인할 수 있다. 처리 온도를 200°C를 초과하는 온도(300°C)로 설정한 경우, 이트륨 산화물 필터막의 성장률이 과도하게 증가한다. 이는 이트륨 산화물 이외의 불순물이 필터막에 포함되기 때문이다.
- [0064] 즉, 이트륨 산화물의 3차원 나노구조체에 원자층 증착 공정시, 처리 온도가 200°C를 초과하면, 필터막을 이루는 원소들 중에서 탄소의 원자%가 1%를 초과하게 되고, 이에 따라 형성되는 필터막(144)은 초소수성의 특성을 갖지 못하게 된다. 이트륨 산화물 필터막을 형성하기 위하여 보다 바람직한 처리 온도는 180 ~ 200 °C 이다.
- [0065] 처리 온도를 160°C로 유지한 경우에도 이트륨 산화물 필터막은 초소수성의 특성을 갖기는 하지만, 처리 온도를 180°C로 유지한 경우에 비해, 필터막(144)의 성장률이 다소 높게 나타나며, 이는 필터막(144) 중의 탄소의 원자%가 1%에 근접한 수준으로 높아지는 것을 의미한다. 처리 온도를 160°C보다 낮은 온도로 설정한 경우, 필터막(144) 중의 탄소의 원자%가 1%를 초과하여 초소수성 특성을 얻지 못하게 된다.
- [0066] 도 7의 (b)에 도시된 그래프에서, 처리 온도는 180°C로 유지되었으며, 전구체의 노출 시간은 2초로 설정되었다. 50, 100, 150 사이클마다 이트륨 산화물 필터막의 두께를 측정하였으며, 나머지 실험 조건은 도 6과 동일하다. 도 7의 (b)를 참조하면, 이트륨 산화물 필터막(144)의 두께는 사이클 수에 비례하여 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서, 도 3의 단계 S11 ~ S14를 포함하는 필터막 형성 과정의 사이클 수를 조절하는 것에 의하여 원하는 두께의 필터막을 형성할 수 있으며, 필터막의 두께를 대략 0.1 nm 미만의 단위로 조절할 수 있다.
- [0067] < 실시 예 1 >
- [0068] 본 발명의 실시 예에 의하여 초소수성의 수분 필터부가 형성되는지 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 3차원 나노구조체에 $Y(iPrCp)_2(N-iPr-amd)$ 전구체를 2초간 노출시킨 후, 10초간 불순물을 퍼징하고, 이어서 H_2O 산화제를 0.5초간 노출시킨 후, 다시 10초간 불순물을 퍼징하는 사이클을 수회 반복하여, 50 nm 두께의 이트륨 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 전구체와 산화제의 버블링(bubbling) 온도는 130°C로 설정되었다. 본 발명의 실시 예로서 처리 온도를 180°C로 설정하고, 비교예로서 처리 온도를 300°C로 설정하였다.
- [0069] 본 발명의 실시 예에 의하여 형성된 수분 필터부(3차원 나노구조체 및 필터막)에 대하여 액적의 접촉각을 측정하여 초소수성의 구현 여부를 확인하였다. 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상의 필터막에 대한 액적의 접촉각을 측정한 결과, 액적의 접촉각이 150°를 초과하는 것으로 확인되었다. 이는 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터가 초소수성을 갖는 것을 의미한다.
- [0070] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 이트륨 산화물 필터막의 Y 3d 결합에너지(binding energy)를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다. 도 9는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 이트륨 산화물 필터막의 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 N 1s, Y 3s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.
- [0071] 결합에너지의 피크(peak) 강도가 크다는 것은 피크를 이루는 결합에너지를 나타내는 특정 원소의 비율이 많은 것을 의미하고, 결합에너지의 피크(peak) 강도가 크지 않다는 것은 그 반대를 의미한다. 따라서, 원소들의 결합에너지 분포를 통해 원소의 개수 비율(원자%)을 추정할 수 있다. 도 8 및 도 9를 참조하면, Y 3d, O 1s 결합에너지에 비해, C 1s, N 1s 결합에너지의 피크는 거의 나타나지 않는다.
- [0072] 결합에너지의 분포를 적분하여 분석한 결과, 필터막을 이루는 원소들 중의 탄소의 원자%는 1% 미만으로 측정되었으며, 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 필터막은 초소수성을 갖는 것으로 측정되었다. 비교 예(처리 온도 300°C)에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 이트륨 산화물 필터막 위에 액적을 떨어뜨려 접촉각을 측정한 결과, 비교 예에 따라 형성된 이트륨 산화물 필터막은 초소수성을 나타내지 않았다.
- [0073] 도 10은 비교 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 이트륨 산화물 필터막의 Y 3d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다. 도 11은 비교 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 이트륨 산화물 필터막의 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프이다. 도 10 및 도 11을 참조하면, Y-O-C, O=C-O, C=O, C=C, C-C 결합에너지에서 비교적 높은 피크가 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0074] 결합에너지의 분포를 적분하여 분석한 결과, Y:O:C 원소 비율은 27.8 : 38.6 : 33.7, O/Y 원소 비율은 1.39로 측정되었다. 처리 온도를 300°C로 한 비교 예의 경우, Y_2O_3 필터막이 아닌 YOC 수준으로 탄소 원소의 비율이 매우 크게 나타났으며, 비교 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 필터막은 초소수성을 갖지 않았다.

- [0075] 도 12는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체(Si 나노와이어)(NW) 상에 이트륨 산화물 필터막(REO)이 원자층 증착된 것을 보여주는 주사 전자 현미경 사진이고, 도 13은 도 12의 'B'부에 대하여 Si 나노와이어(NW)의 중심으로부터 변위에 따른 실리콘, 산소 및 이트륨 원소의 분포를 에너지 분산 분광분석(energy dispersive spectroscopy)을 이용하여 측정한 그래프이다.
- [0076] 도 12 및 도 13을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따라 Si 나노와이어(NW)의 표면에 이트륨 산화물 필터막(REO)이 균일한 두께와 조성으로 형성되는 것을 알 수 있다. 실리콘 나노와이어(NW)의 두께는 대략 300 nm 였으며, 이트륨 산화물 필터막(REO)의 두께는 대략 50 nm 였다. 이트륨과 산소의 원자% 비율로부터 나노와이어 둘레에 Y_2O_3 가 형성된 것으로 확인된다.
- [0077] 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 이트륨 산화물 필터막의 고온 안정성 특성을 평가하기 위하여, 3차원 나노구조체 상에 형성된 이트륨 산화물 필터막을 500℃ 온도로 2시간 동안 열처리한 후, 필터막의 접촉각을 측정하여 초소수성 특성을 평가하였다. 열처리 이후에도 필터막과 액적의 접촉각은 150°를 초과하였다. 이는 본 발명의 실시 예에 따라 제조된 수분 제거 필터는 고온의 장시간 열처리 이후에도 초소수성의 특성을 유지하는 것을 의미한다.
- [0078] 도 14는 3차원 나노구조체에 대한 디스프로슘 전구체의 노출 시간에 따른 디스프로슘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 3차원 나노구조체에 대한 산화제의 노출 시간에 따른 디스프로슘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다. $Dy(iPrCp)_2(N-iPr-amd)$ 전구체를 3차원 나노구조체에 노출시키고, 10초간 불순물을 퍼징한 후, 플라스마 O_2 산화제를 1초간 노출시킨 후, 다시 10초간 불순물을 퍼징하여, 디스프로슘 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 처리 온도는 180℃로 유지되었으며, 전구체와 산화제의 버블링(bubbling) 온도는 120℃로 설정되었다.
- [0079] 도 14의 (a)에 도시된 바와 같이, 전구체의 노출 시간을 2초 이상으로 할 때, 사이클당 디스프로슘 금속 산화물 필터막의 성장률이 적정 수준(대략 0.3Å/cycle)으로 유지되는 것을 알 수 있다. 필터막의 성장률을 일정 수준으로 확보하는 동시에 공정 시간을 단축하기 위하여, 디스프로슘 전구체의 노출 시간을 2초 ~ 3초로 하는 것이 바람직하다.
- [0080] 도 14의 (b)에서 디스프로슘 전구체의 노출 시간은 2초로 설정되었다. 도 14의 (b)에 도시된 바와 같이, 산화제의 노출 시간을 0.5초 이상으로 할 때, 사이클당 디스프로슘 금속 산화물 필터막의 성장률이 적정 수준(대략 0.3Å/cycle)으로 유지되는 것을 알 수 있다. 필터막의 성장률을 일정 수준으로 확보하는 동시에 공정 시간을 단축하기 위하여, 산화제의 노출 시간을 0.5초 ~ 1초로 하는 것이 바람직하다.
- [0081] 도 15는 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 디스프로슘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 사이클 수에 따른 디스프로슘 산화물 필터막의 두께를 보여주는 그래프(b)이다. 전구체의 공급 시간(노출 시간)은 2초로 설정되었으며, 산화제의 노출 시간은 1초로 설정되었다. 그 밖의 실험 조건은 도 14와 동일하게 설정되었다.
- [0082] 도 15의 (a)에 도시된 바와 같이, 디스프로슘 전구체가 사용된 경우에 있어, 처리 온도가 145 ~ 230℃ 범위일 때, 적정 수준의 필터막 성장률이 확보되는 것을 확인할 수 있다. 처리 온도를 230℃를 초과하는 온도(275℃, 325℃)로 설정한 경우, 디스프로슘 산화물 필터막의 성장률이 증가한다. 이는 디스프로슘 산화물 이외의 불순물이 필터막에 포함되기 때문이다. 즉, 처리 온도가 230℃를 초과하면, 필터막을 이루는 원소들 중에서 탄소의 원자%가 1%를 초과하여 높아지고, 이에 따라 형성되는 필터막은 초소수성의 특성을 갖지 못하게 된다.
- [0083] 도 15의 (b)에서 처리 온도는 180℃로 유지되었으며, 전구체의 노출 시간은 2초로 설정되었다. 50, 100, 150, 200 사이클마다 디스프로슘 산화물 필터막의 두께를 측정하였으며, 나머지 실험 조건은 도 14와 동일하다. 도 15의 (b)를 참조하면, 디스프로슘 산화물 필터막의 두께는 사이클 수에 비례하여 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서, 도 3의 단계 S11 ~ S14를 포함하는 필터막 형성 과정의 사이클 수를 조절하는 것에 의하여 원하는 두께의 필터막을 형성할 수 있다.
- [0084] < 실시 예 2 >
- [0085] 본 발명의 실시 예에 의하여 초소수성의 수분 필터부가 형성되는지 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 반응 챔버 내의 3차원 나노구조체에 $Dy(iPrCp)_2(N-iPr-amd)$ 전구체를 2초간 노출시킨 후, 10초간 불순물을 퍼징하고, 이어서 플라스마 O_2 산화제를 1초간 노출시킨 후, 다시 10초간 불순물을 퍼징하는 사이클을 수회 반복하여, 디스

프로슘 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 전구체와 산화제의 버블링(bubbling) 온도는 120℃로 설정되었다. 처리 온도는 180℃로 설정되었다. 본 발명의 실시 예에 따라 형성된 디스프로슘 금속 산화물 필터막은 초소수성 특성을 나타내었다.

[0086] 도 16은 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 디스프로슘 산화물 필터막의 Dy 4d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다. 도 17은 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 디스프로슘 산화물 필터막의 N 1s 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

[0087] 도 16 및 도 17을 참조하면, Dy 4d, O 1s에 비해 N 1s, C 1s 결합에너지의 피크는 거의 나타나지 않는다. 결합에너지의 분포를 적분하여 분석한 결과, 필터막을 이루는 원소들 중의 탄소의 원자%는 1% 미만으로 측정되었으며, 그 결과 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 디스프로슘 산화물 필터막은 초소수성 특성을 갖는 것으로 확인된다.

[0088] 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 디스프로슘 산화물 필터막의 고온 안정성 특성을 평가하기 위하여, 3차원 나노구조체 상에 형성된 디스프로슘 산화물 필터막을 500℃ 온도로 2시간 동안 열처리한 후, 필터막의 접촉각을 측정하여 초소수성 특성을 평가한 결과, 고온 열처리 이후에도 필터막의 초소수성 특성이 유지됨을 확인하였다.

[0089] 도 18은 3차원 나노구조체에 대한 에르븀 전구체의 노출 시간에 따른 에르븀 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 에르븀 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다. $\text{Er}(\text{MeCp})_2(\text{N}-i\text{Pr}-\text{amd})$ 전구체를 3차원 나노구조체에 노출시키고, 10초간 불순물을 퍼징한 후, H_2O 산화제를 1초간 노출시킨 후, 다시 10초간 불순물을 퍼징하여, 에르븀 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 처리 온도는 180℃로 유지되었으며, 전구체와 산화제의 버블링 온도는 110℃로 설정되었다.

[0090] 도 18에 도시된 바와 같이, 전구체의 노출 시간을 3초 이상으로 할 때, 사이클당 에르븀 금속 산화물 필터막의 성장률이 적정 수준(대략 0.5Å/cycle)으로 유지되는 것을 알 수 있다. 필터막의 성장률을 일정 수준으로 확보하는 동시에 공정 시간을 단축하기 위하여, 에르븀 전구체의 노출 시간을 3초 ~ 5초로 하는 것이 바람직하다. 에르븀 금속 산화물 필터막의 성장률을 적정 수준으로 유지하기 위해, H_2O 산화제의 노출 시간은 1초 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0091] 도 18의 (b)에서 전구체의 공급 시간(노출 시간)은 3초로 설정되었으며, 산화제의 노출 시간은 1초로 설정되었다. 도 18의 (b)에 도시된 바와 같이, 에르븀 전구체가 사용된 경우에 있어, 처리 온도가 180 ~ 250℃ 범위일 때, 적정 수준의 필터막 성장률이 확보되는 것을 확인할 수 있다. 처리 온도를 250℃를 초과하는 온도(270℃, 320℃)로 설정하거나, 처리 온도를 180℃보다 낮은 온도(130℃, 150℃, 160℃)로 설정한 경우, 에르븀 산화물 필터막의 성장률이 감소한다.

[0092] 이는 에르븀 산화물 대신 불순물이 필터막에 함유되어 에르븀 산화물의 증착을 방해하기 때문인 것으로 추정된다. 즉, 처리 온도가 적정 온도 범위에서 벗어나면, 필터막을 이루는 원소들 중에서 탄소의 원자%가 1%를 초과하여 높아지고, 이에 따라, 3차원 나노구조체 상에 형성되는 필터막은 초소수성의 특성을 갖지 못하게 된다.

[0093] < 실시 예 3 >

[0094] 본 발명의 실시 예에 의하여 초소수성의 수분 필터부가 형성되는지 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 반응 챔버 내의 3차원 나노구조체에 $\text{Er}(\text{MeCp})_2(\text{N}-i\text{Pr}-\text{amd})$ 전구체를 3초간 노출시킨 후, 10초간 불순물을 퍼징하고, 이어서 H_2O 산화제를 1초간 노출시킨 후, 다시 10초간 불순물을 퍼징하는 사이클을 수회 반복하여, 에르븀 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 전구체와 산화제의 버블링(bubbling) 온도는 110℃로 설정되었다. 처리 온도는 180℃로 설정하였다. 본 발명의 실시 예에 따라 형성된 에르븀 금속 산화물 필터막은 초소수성 특성을 나타내었다.

[0095] 도 19는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 에르븀 산화물 필터막의 Er 4d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다. 도 20은 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 에르븀 산화물 필터막의 N 1s 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다.

[0096] 도 19 및 도 20을 참조하면, Er 4d, O 1s에 비해 N 1s, C 1s 결합에너지의 피크는 거의 나타나지 않는다. 결합

에너지의 분포를 적분하여 분석한 결과, 필터막을 이루는 원소들 중의 탄소의 원자%는 1% 미만으로 측정되었으며, 그 결과 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 에르븀 산화물 필터막은 초소수성 특성을 갖는 것으로 확인되었다.

[0097] 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 에르븀 산화물 필터막의 고온 안정성 특성을 평가하기 위하여, 3차원 나노구조체 상에 형성된 에르븀 산화물 필터막을 500℃ 온도로 2시간 동안 열처리한 후, 필터막의 접착각을 측정하여 초소수성 특성을 평가한 결과, 고온 열처리 이후에도 초소수성 특성이 유지되는 것으로 확인되었다.

[0098] 도 21은 3차원 나노구조체에 대한 란타넘 전구체의 노출 시간에 따른 란타넘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 란타넘 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다. La(iPrCp)₃ 전구체를 3차원 나노구조체에 노출시키고, 10초간 불순물을 퍼징한 후, 산화제를 1초간 노출시킨 후, 다시 10초간 불순물을 퍼징하여, 란타넘 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 처리 온도는 300℃로 유지하였다. 산화제로는 H₂O 및 플라즈마 O₂가 사용되었으며, 각각의 산화제에 대하여 필터막의 성장률을 측정하였다.

[0099] 도 21에 도시된 바와 같이, 전구체의 노출 시간을 3초 이상으로 할 때, 사이클당 란타넘 금속 산화물 필터막의 성장률이 적정 수준으로 유지되는 것을 알 수 있다. 필터막의 성장률을 일정 수준으로 확보하는 동시에 공정 시간을 단축하기 위하여, 에르븀 전구체의 노출 시간을 3초 ~ 4초로 하는 것이 바람직하다. 란타넘 금속 산화물 필터막의 성장률을 적정 수준으로 유지하기 위해, 산화제의 노출 시간은 3초 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0100] 도 21의 (b)에서 전구체와 산화제의 공급 시간(노출 시간)은 각각 3초, 1초로 설정되었다. 도 21의 (b)에 도시된 바와 같이, 란타넘 전구체가 사용된 경우에 있어, 처리 온도가 250 ~ 350 ℃ 범위일 때, 적정 수준의 필터막 성장률이 확보되는 것을 확인할 수 있다. 처리 온도를 350℃를 초과하는 온도(400℃)로 설정하거나, 250℃보다 낮은 온도(200℃)로 설정한 경우, 란타넘 산화물 필터막의 성장률이 증가한다. 이는 란타넘 산화물 이외의 불순물이 필터막에 포함되기 때문이다. 즉, 처리 온도가 적정 범위에서 벗어나면, 필터막을 이루는 원소들 중에서 탄소의 원자% 비율이 1%를 초과하여 높아지고, 이에 따라 형성되는 필터막은 초소수성의 특성을 갖지 못하게 된다.

[0101] < 실시 예 4 >

[0102] 본 발명의 실시 예에 의하여 초소수성의 수분 필터부가 형성되는지 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 반응 챔버 내의 3차원 나노구조체에 La(iPrCp)₃ 전구체를 3초간 노출시킨 후, 10초간 불순물을 퍼징하고, 이어서 H₂O 혹은 플라즈마 O₂ 산화제를 1초간 노출시킨 후, 다시 10초간 불순물을 퍼징하는 사이클을 수회 반복하여, 란타넘 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 처리 온도는 300℃로 설정되었다. 본 발명의 실시 예에 따라 형성된 란타넘 금속 산화물 필터막은 초소수성 특성을 나타내었다.

[0103] 도 22는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 란타넘 산화물 필터막의 La 3d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이다. 결합에너지의 분포를 적분하여 분석한 결과, 필터막을 이루는 원소들 중의 탄소의 원자%는 1% 미만으로 측정되었으며, 그 결과 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 란타넘 산화물 필터막은 초소수성 특성을 나타내었다.

[0104] 도 23은 3차원 나노구조체에 대한 세륨 전구체의 노출 시간에 따른 세륨 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(a) 및 필터막의 성장 온도(처리 온도)에 따른 세륨 산화물 필터막의 성장률을 보여주는 그래프(b)이다. Ce(iPrCp)₃ 전구체를 3차원 나노구조체에 노출시키고, 10초간 불순물을 퍼징한 후, 플라즈마 O₂ 산화제를 1초간 노출시킨 후, 다시 10초간 불순물을 퍼징하여, 세륨 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 처리 온도는 250℃로 유지되었다.

[0105] 도 23의 (a)에 도시된 바와 같이, 전구체의 노출 시간을 4초 이상, 보다 바람직하게는 5초 이상으로 할 때, 사이클당 세륨 금속 산화물 필터막의 성장률이 적정 수준으로 유지되는 것을 알 수 있다. 필터막의 성장률을 일정 수준으로 확보하는 동시에 공정 시간을 단축하기 위하여, 세륨 전구체의 노출 시간을 4초 ~ 7초로 하는 것이 바람직하다. 세륨 금속 산화물 필터막의 성장률을 적정 수준으로 유지하기 위해, 플라즈마 O₂ 산화제의 노출 시간을 1초 이상으로 할 수 있다.

[0106] 도 23의 (b)에서 전구체와 산화제의 공급 시간(노출 시간)은 각각 4초, 1초로 설정되었다. 도 23의 (b)에 도시

된 바와 같이, 세륨 전구체가 사용된 경우에 있어, 처리 온도가 200 ~ 300 °C 범위일 때, 적정 수준의 필터막 성장물이 확보되는 것을 확인할 수 있다. 처리 온도가 적정 온도 범위에서 벗어날 경우, 세륨 산화물 이외의 불순물이 필터막에 포함될 수 있으며, 필터막을 이루는 원소들 중에서 탄소의 원자%가 1%를 초과하여 높아져, 초소수성 특성을 갖는 필터막을 얻지 못하게 된다.

[0107] < 실시 예 5 >

[0108] 본 발명의 실시 예에 의하여 초소수성의 수분 필터부가 형성되는지 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 반응 챔버 내의 3차원 나노구조체에 $\text{Ce}(\text{iPrCp})_3$ 전구체를 4초간 노출시킨 후, 10초간 불순물을 퍼징하고, 이어서 플라즈마 O_2 산화제를 1초간 노출시킨 후, 다시 10초간 불순물을 퍼징하는 사이클을 수회 반복하여, 세륨 금속 산화물 필터막을 형성하였다. 처리 온도는 250°C로 설정되었다. 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 세륨 금속 산화물 필터막은 초소수성 특성을 나타내었다.

[0109] 도 24는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 세륨 산화물 필터막의 Ce 3d 결합에너지를 측정한 그래프(a) 및 O 1s 결합에너지를 측정한 그래프(b)이고, 도 25는 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체에 형성된 세륨 산화물 필터막의 C 1s 결합에너지를 측정한 그래프이다. 도 24 및 도 25를 참조하면, Ce 3d, O 1s에 비해 C 1s 결합에너지의 피크는 거의 나타나지 않는다. 결합에너지의 분포를 적분하여 분석한 결과, 필터막을 이루는 원소들 중의 탄소의 원자%는 1% 미만으로 측정되었으며, 그 결과 본 발명의 실시 예에 따라 3차원 나노구조체 상에 형성된 세륨 산화물 필터막은 초소수성 특성을 나타낸다.

[0110] 도 26은 본 발명의 일 실시 예에 따라 3차원 나노구조체(실리콘 나노와이어) 상에 희토류 산화물 박막이 형성된 것을 확대하여 보여주는 사진이다. 실리콘 나노 와이어 상에 희토류 산화물 박막이 균일하게 증착되지 않으면, 실리콘 나노와이어와 산화물 박막 간의 열 팽창계수 차이로 인해 열에 의하여 두 물질이 분리될 수 있으며, 이로 인해 결국 초소수성 특성을 저하시키게 된다. 그러나, 본 발명의 실시 예에 의하면, 원자층 증착법에 의하여 3차원 나노구조체 상에 산화물 박막이 균일하게 형성되며, 이에 따라 필터에 열을 가한 이후에도 초소수성 특성을 유지하게 된다.

[0111] < 실시 예 6 >

[0112] 50 ~ 250 °C 온도 범위에서, 스테인레스스틸 메쉬(stainless steel mesh) 위에 디에틸아연(Diethylzinc)을 포함하는 전구체를 0.1 ~ 1 초간 공급하고, 아르곤(Ar) 가스로 5 ~ 20 초간 퍼징한 후, H_2O 반응가스를 0.1 ~ 1 초간 공급하고, 아르곤 가스로 5 ~ 20 초간 퍼징하는 과정을 한 사이클로 하여, 963 사이클을 반복하여 100 nm 두께의 산화아연(ZnO) 촉매층을 형성하였다.

[0113] 산화아연 나노와이어를 성장시키기 위해, 200 ml 의 순수(DI water)에 0.1 mol 아연 니트레이트 헥사하이드레이트(Zinc nitrate hexahydrate, $(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$)와, 헥사메틸렌테트라민(hexamethylenetetramine)을 녹인 후, 95 °C로 가열하였다. 준비된 ZnO 시료(촉매층)를 가열된 용액에 넣고, 3 ~ 4시간 동안 산화아연 나노와이어를 성장시켰다. 성장된 산화아연 나노와이어 시료를 용액에서 꺼내어, 순수로 충분히 세정(cleaning)한 후, 핫플레이트(hot plate)에서 80°C로 가열하여 수분을 증발시켰다.

[0114] 이어서, 산화아연 나노와이어에 대해 200 ~ 300 °C 온도 범위에서, $\text{Ce}(\text{iPrCp})_3$ 전구체를 4 ~ 6 초간 공급하고, 9 ~ 20 초간 아르곤 가스로 퍼징한 후, 3 ~ 6 초간 O_2 플라즈마 처리하고, 9 ~ 20 초간 아르곤 가스로 퍼징하는 과정을 한 사이클로 하여 1143 사이클을 반복하여 40 nm 두께의 CeO_2 필터막을 원자층 증착하였다.

[0115] 유리병에 물을 담고, 유리병의 입구에 본 발명의 실시 예에 따라 제조된 수분 제거 필터를 부착한 후, 유리병을 뒤집어 1시간 이상 유지한 결과, 수분은 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터를 통과하지 않은 채로 유지되었다. 또 다른 유리병에 기름을 담고, 유리병의 입구에 본 발명의 실시 예에 따라 제조된 수분 제거 필터를 부착한 후, 유리병을 뒤집은 결과, 기름은 수분 제거 필터를 원활하게 통과하여 배출되는 것으로 확인되었다.

[0116] 도 27은 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100) 상에 수분이 걸려진 것을 보여주는 사진(a) 및 기름이 투과되는 것을 보여주는 사진(b)이다. 도시된 예에서, 스테인레스스틸 메쉬(stainless steel mesh) 구조 위에 실리콘 나노와이어(Si nanowire)가 성장되고, 실리콘 나노와이어 위에 50 nm 두께의 이트륨 산화물(Y_2O_3)이 형성되었다. 도 27을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 수분 제거 필터(100)는 수분 제거 필터(100) 상에 수분을 걸러내고, 기름을 투과시키는 초소수성 및 초친유성을 갖는 것을 알 수 있다.

[0117] 본 발명의 실시 예에 따라 제조된 초소수성 수분 제거 필터는 수백 ppm 이하의 초미세 수분을 제거할 수 있을 뿐 아니라, 고온에서도 열적 안정성을 가지며, 500℃ 온도에서 2시간 동안 열처리한 이후에도 초소수성의 특성이 유지된다. 본 발명의 실시 예에 따르면, 마찰 내구성, 마모 저항성, 고온 안정성을 갖는 초소수성 코팅을 구현할 수 있다.

[0118] 본 실시 예는 다양한 3차원 나노구조체 위의 초소수성 표면 코팅 구현을 통해 물과 기름 분리막과 같은 수분 제거 필터로 활용될 수 있다. 본 실시 예에 따른 수분 제거 필터는 기존의 중력 기반, 비등점 강하 기반의 필터를 대체하거나, 기존의 필터와 함께 공업유 배출관 내에 설치되어 사용될 수 있으며, 폐유를 고품질의 청정도를 갖는 기름으로 재활용할 수 있다.

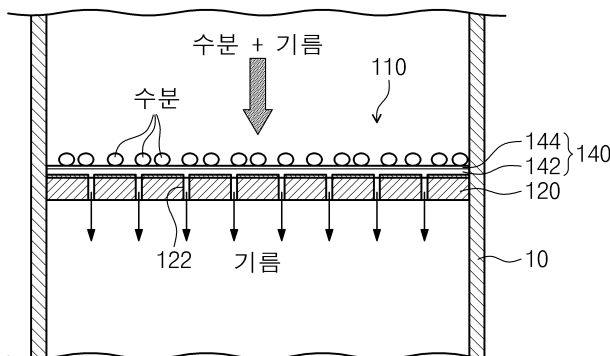
[0119] 이상의 실시 예들은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 제시된 것으로, 본 발명의 범위를 제한하지 않으며, 이로부터 다양한 변형 가능한 실시 예들도 본 발명의 범위에 속하는 것임을 이해하여야 한다. 본 발명의 기술적 보호 범위는 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이며, 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 문언적 기재 그 자체로 한정되는 것이 아니라 실질적으로는 기술적 가치가 균등한 범주의 발명에 대하여까지 미치는 것임을 이해하여야 한다.

부호의 설명

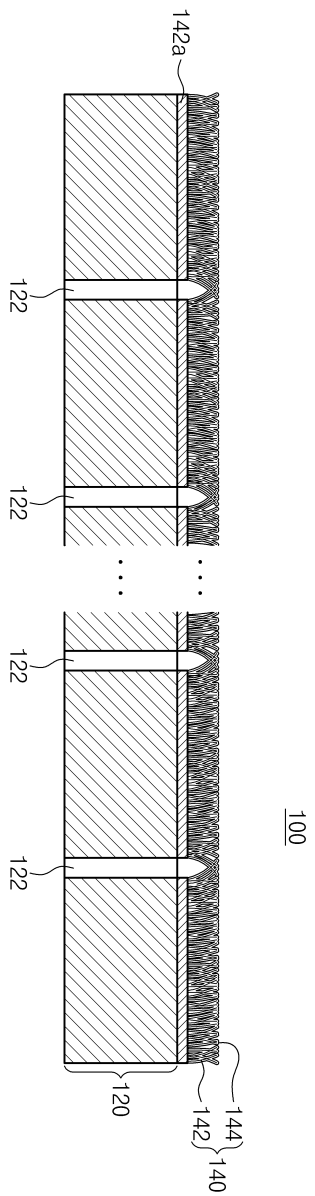
- [0120] 100: 수분 제거 필터
120: 투과부재
122: 투과 통로
140: 수분 필터부
142: 3차원 나노구조체
142a: 촉매층
144: 필터막

도면

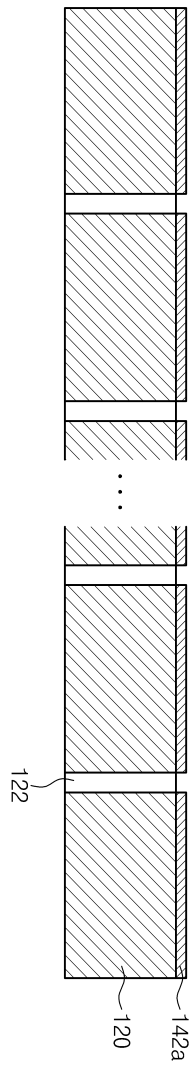
도면1a



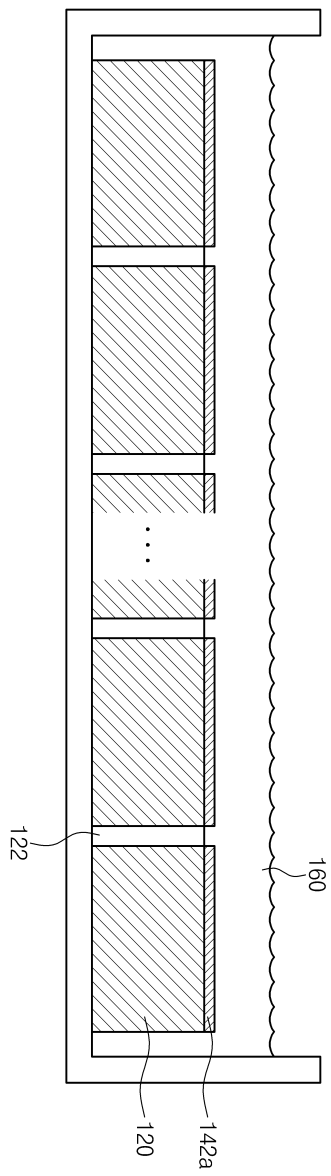
도면1b



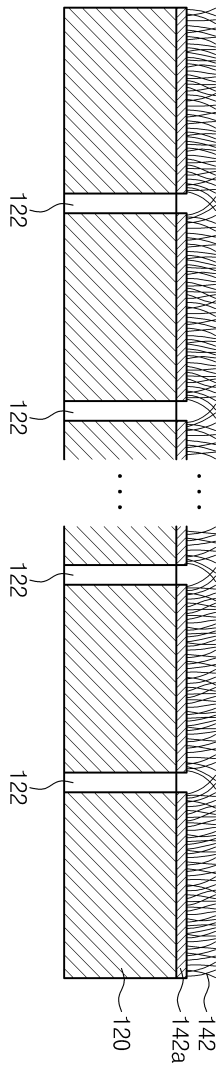
도면2a



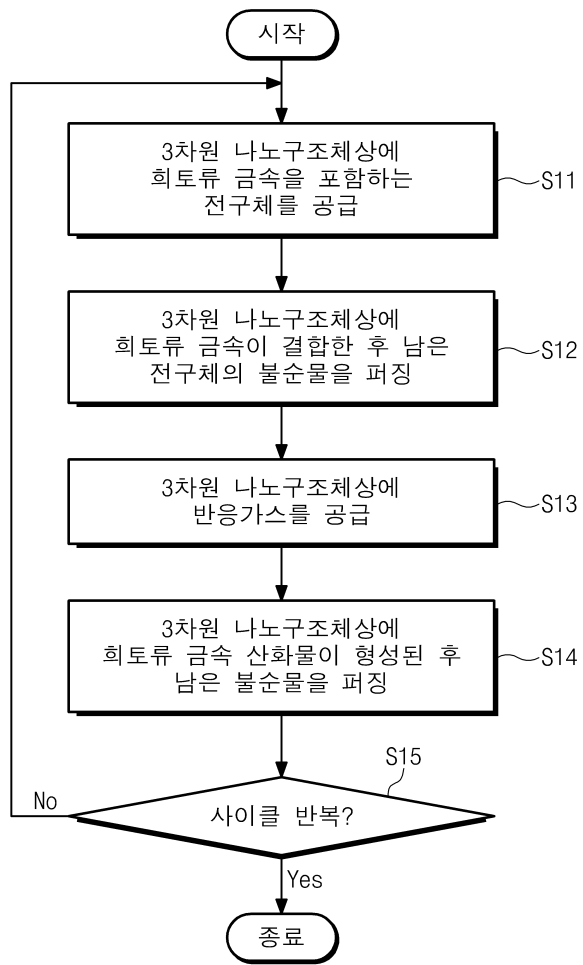
도면2b



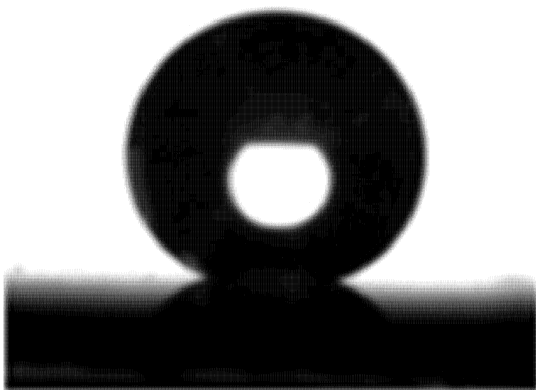
도면2c



도면3



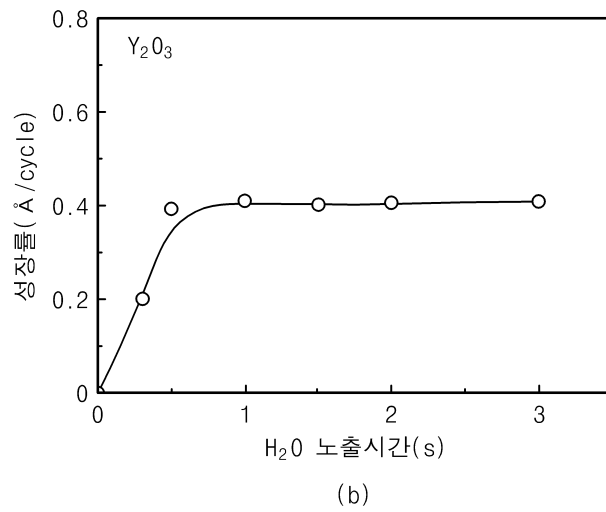
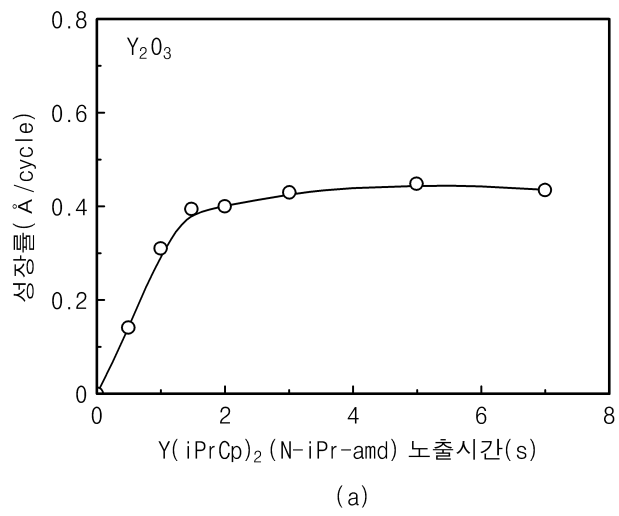
도면4



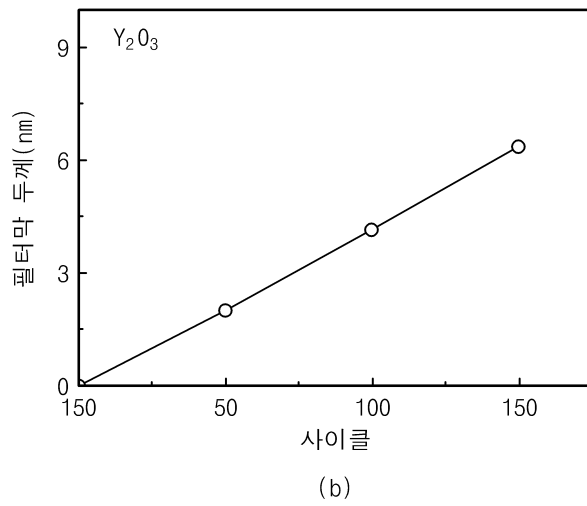
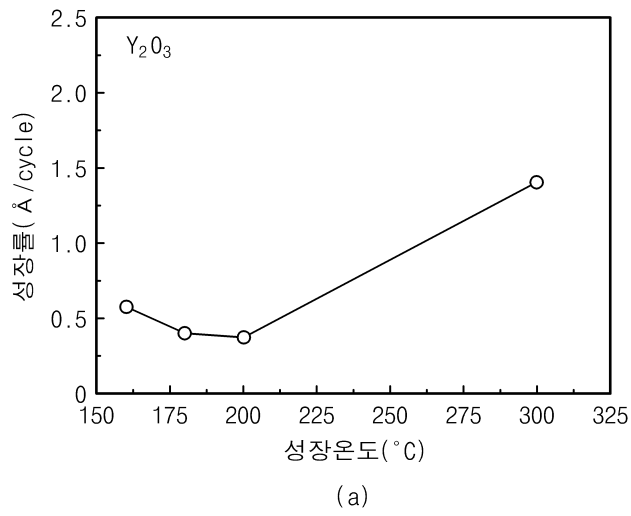
도면5



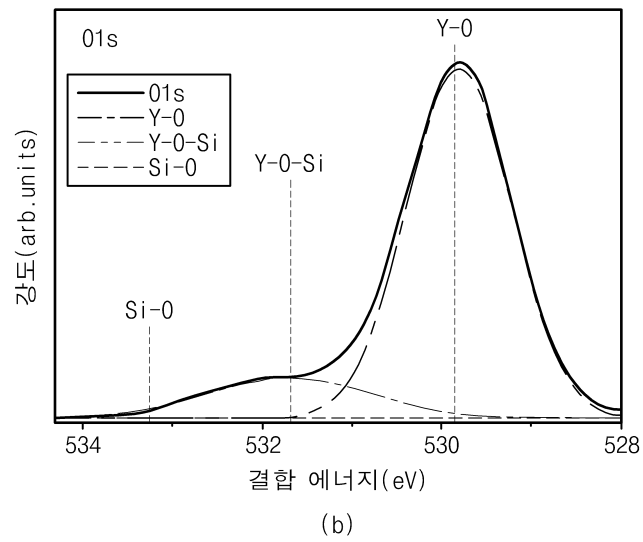
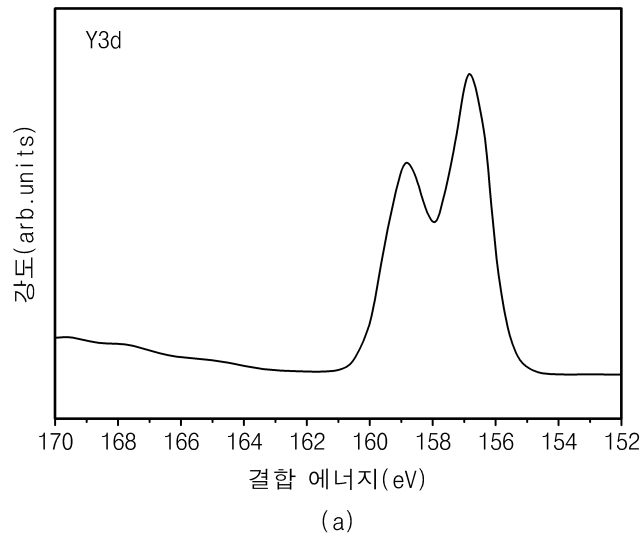
도면6



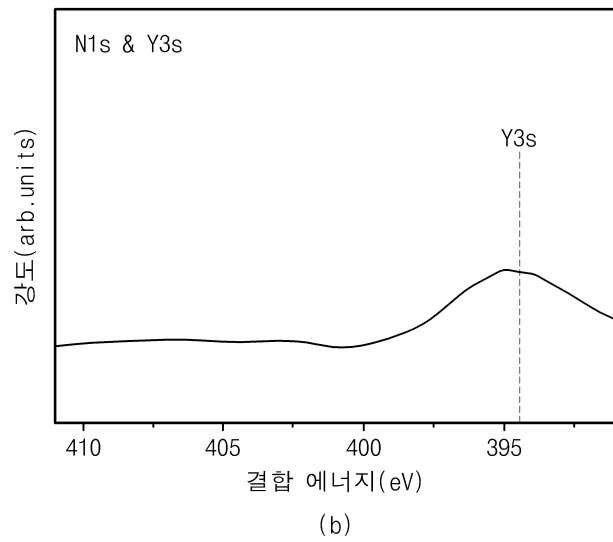
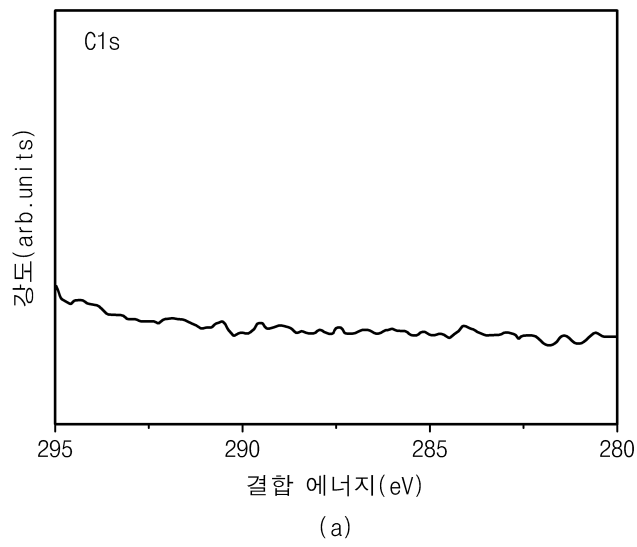
도면7



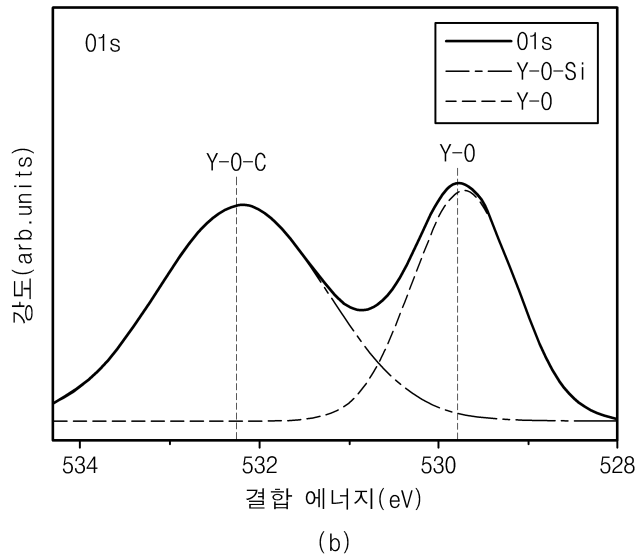
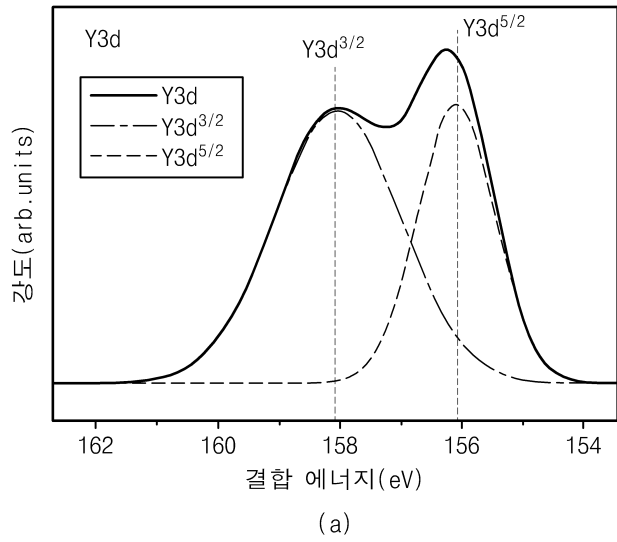
도면8



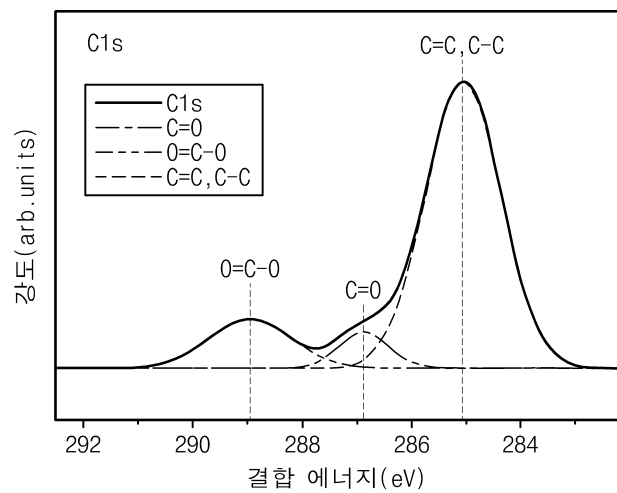
도면9



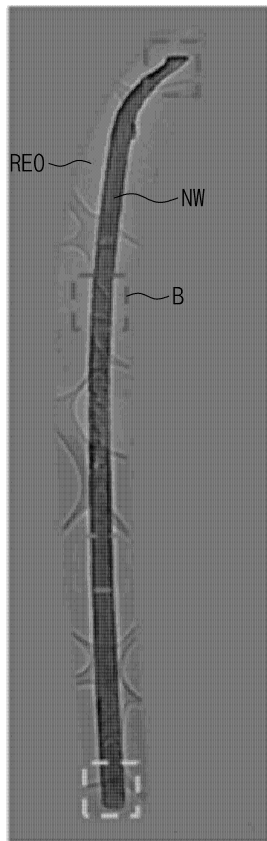
도면10



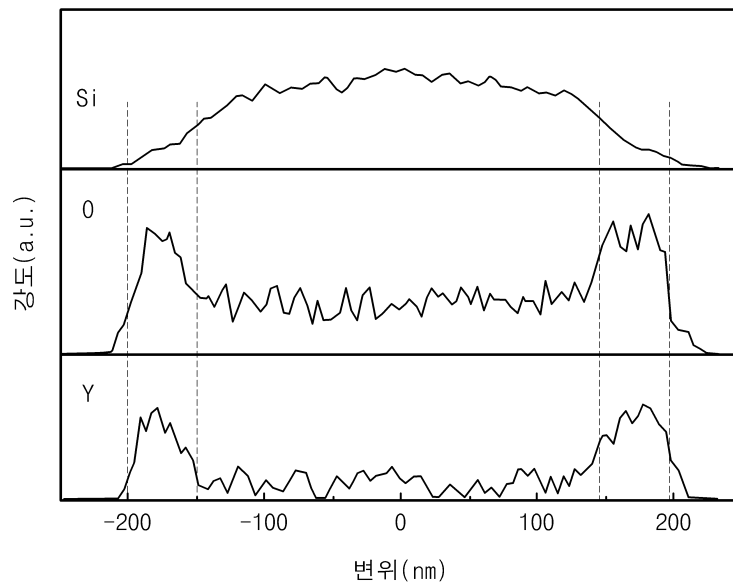
도면11



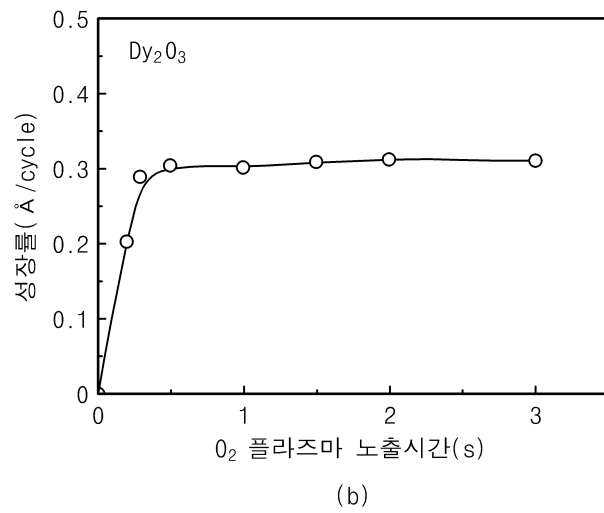
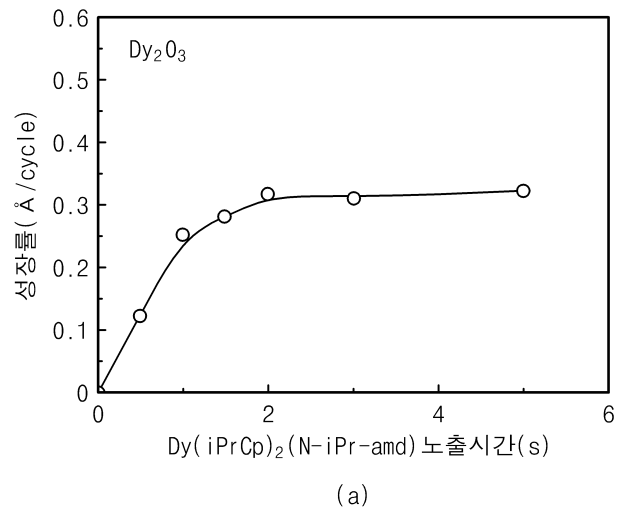
도면12



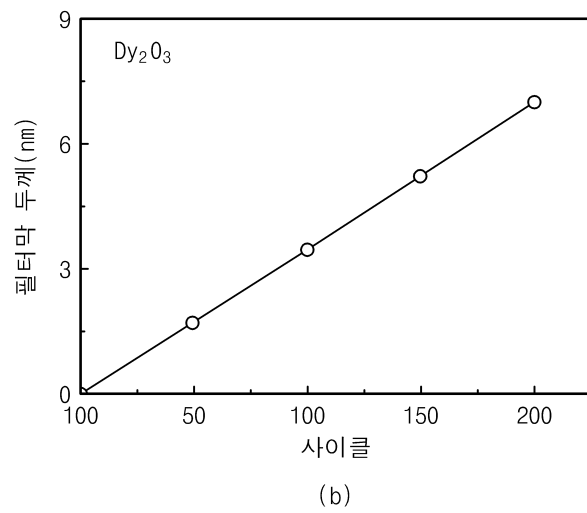
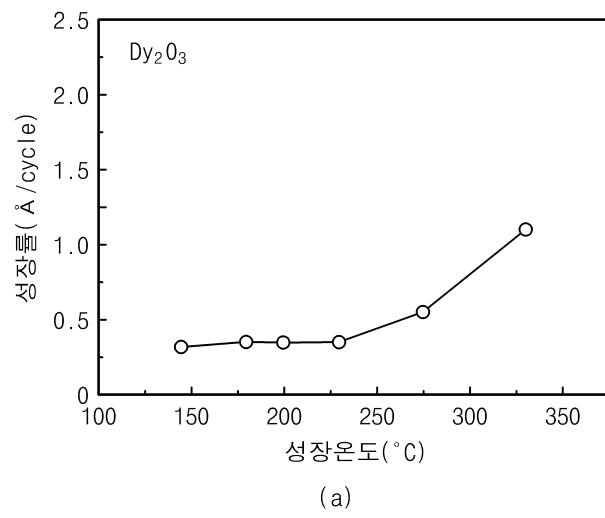
도면13



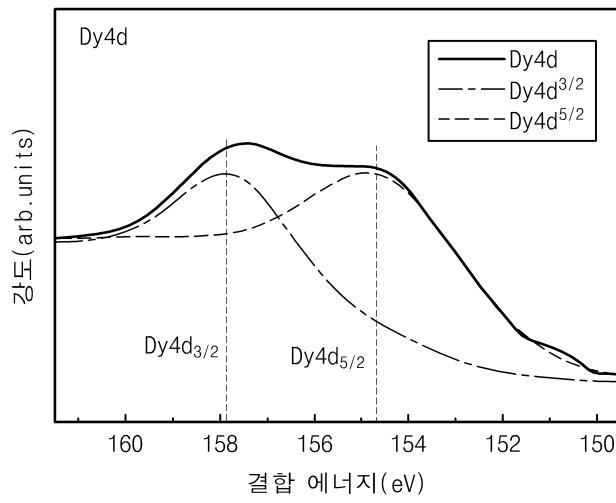
도면14



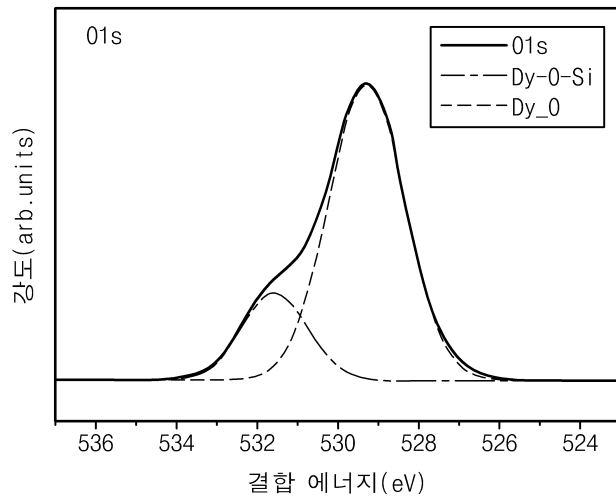
도면15



도면16

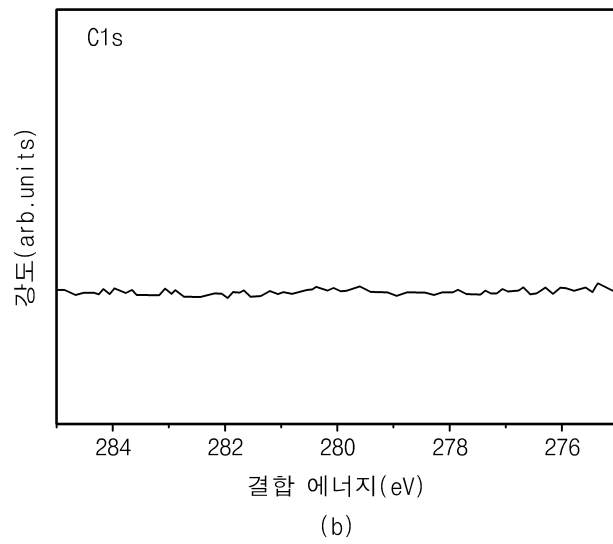
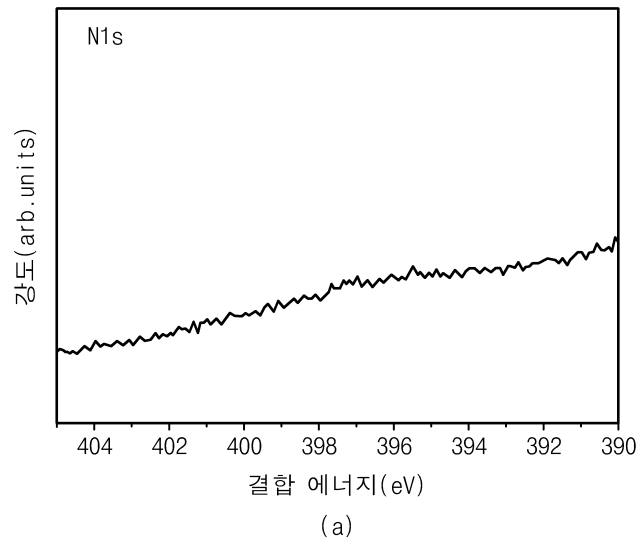


(a)

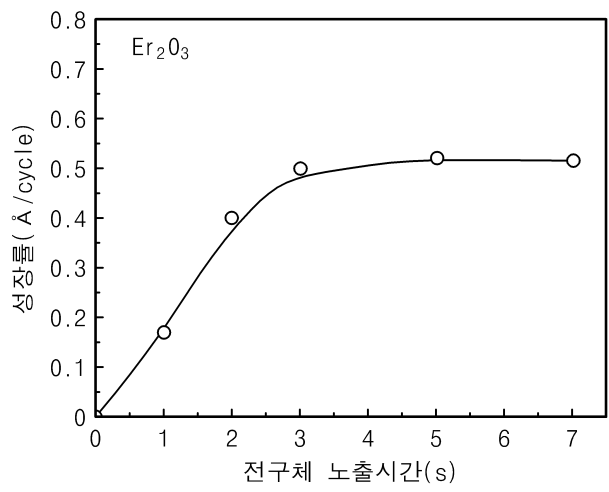


(b)

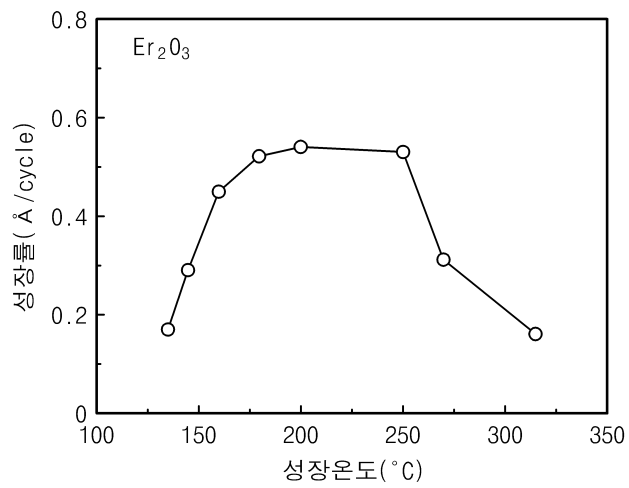
도면17



도면18

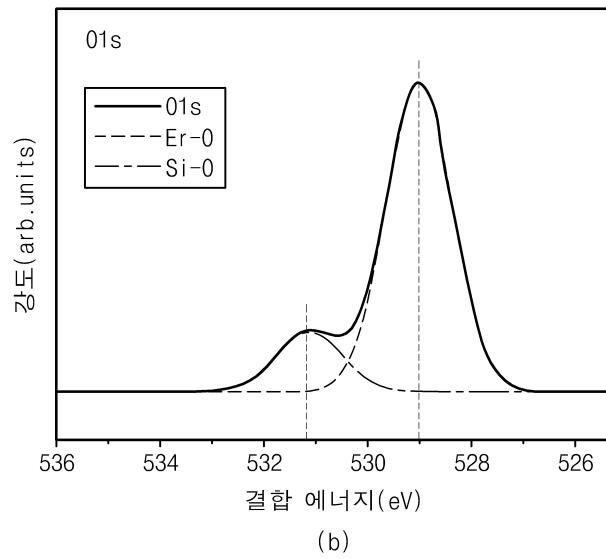
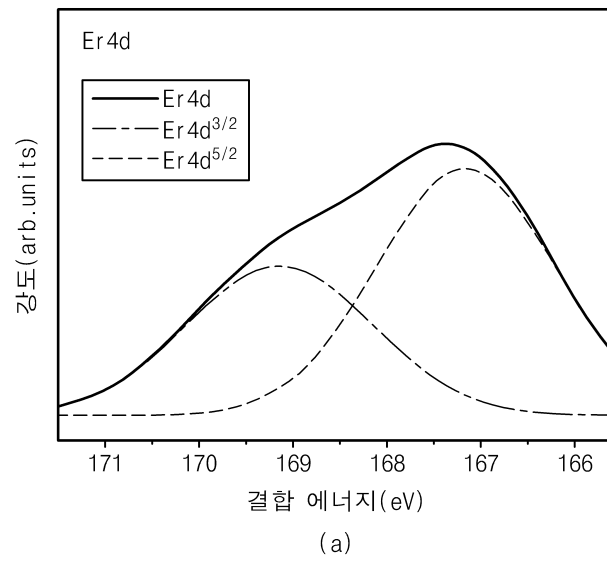


(a)

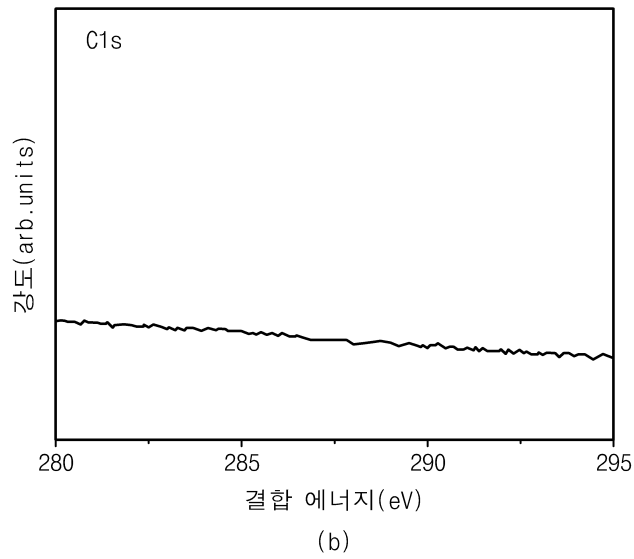
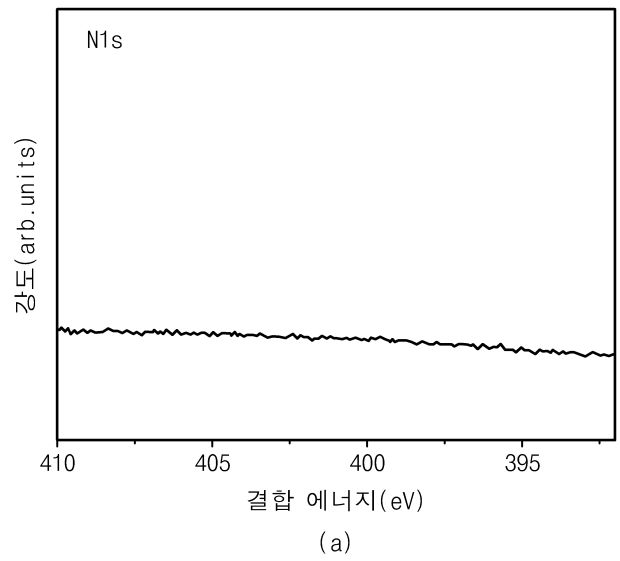


(b)

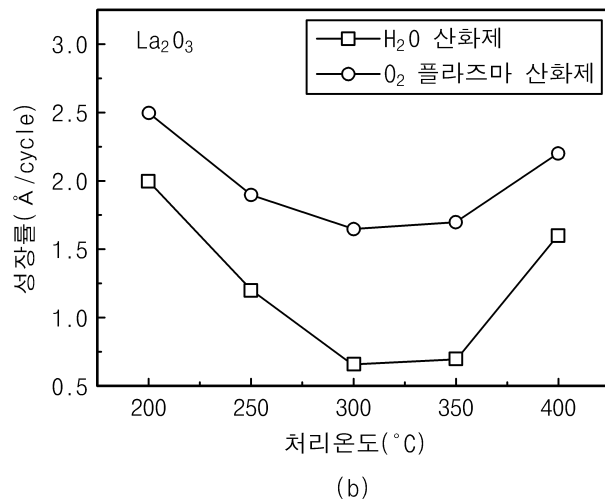
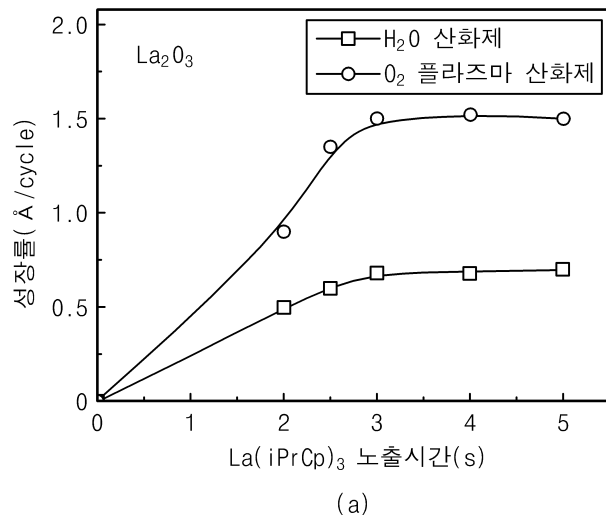
도면19



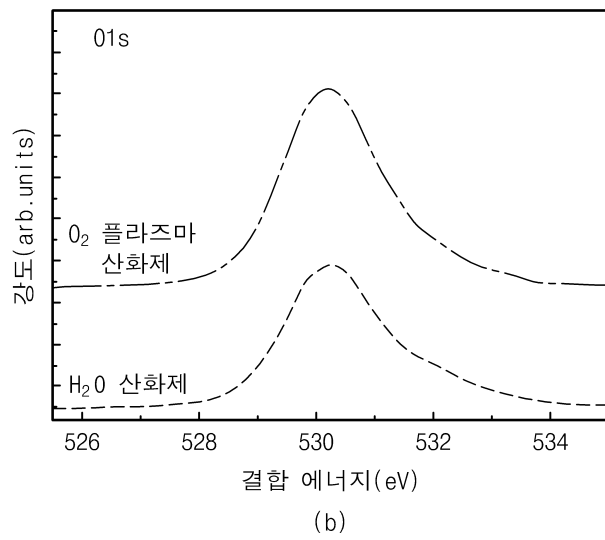
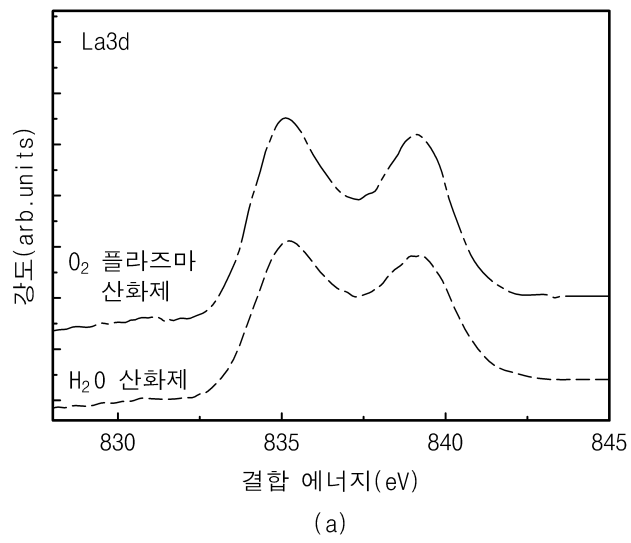
도면20



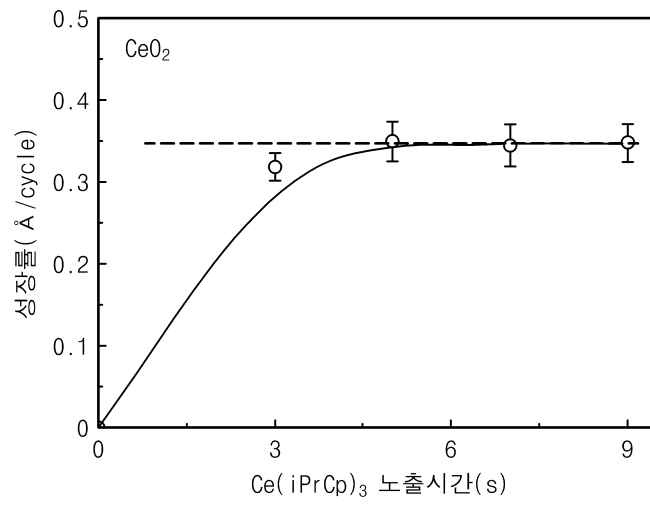
도면21



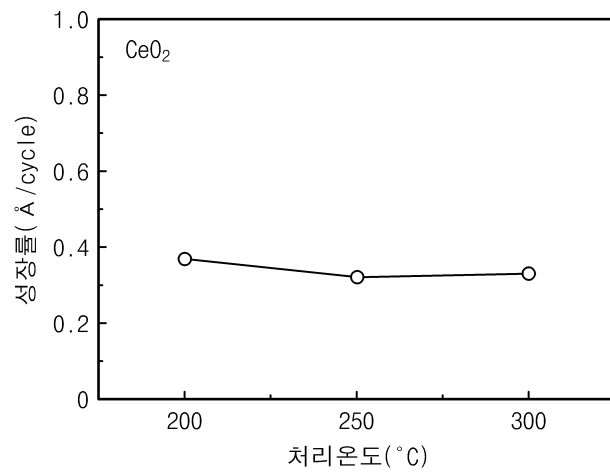
도면22



도면23

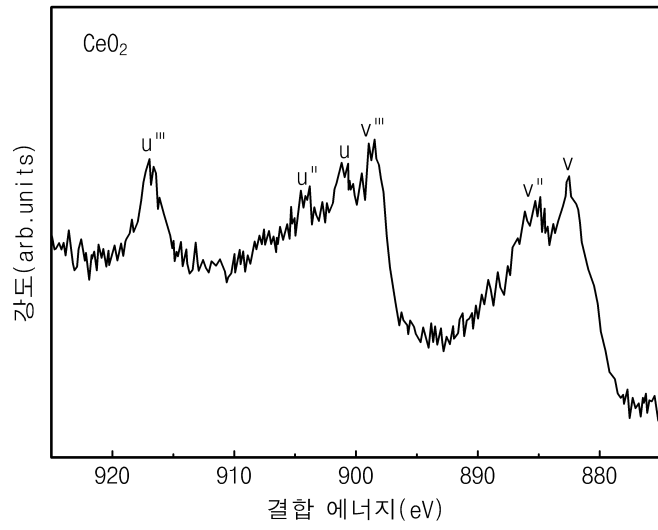


(a)

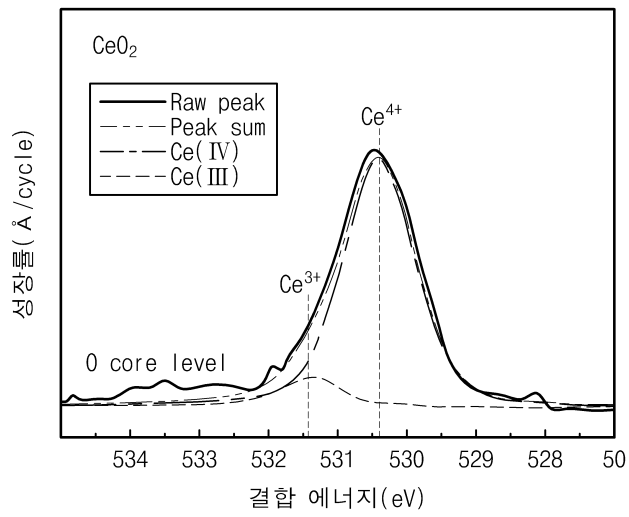


(b)

도면24

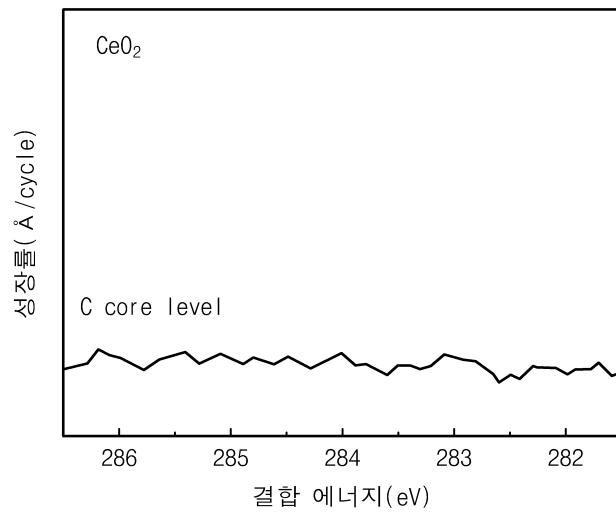


(a)

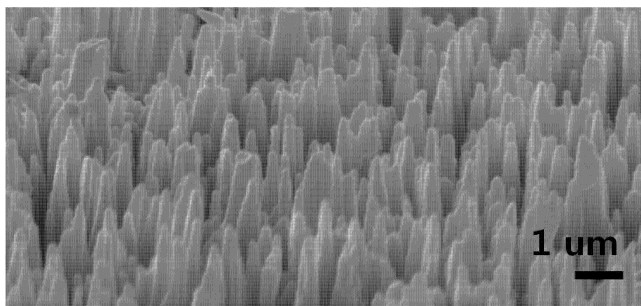


(b)

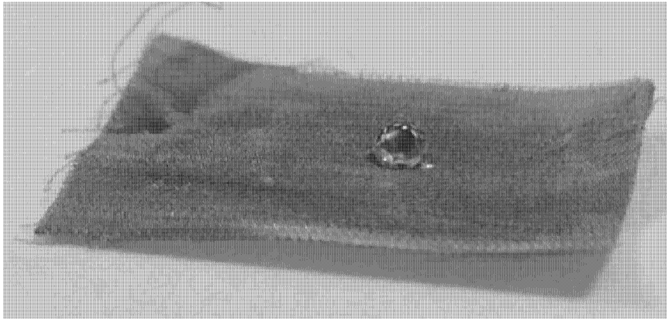
도면25



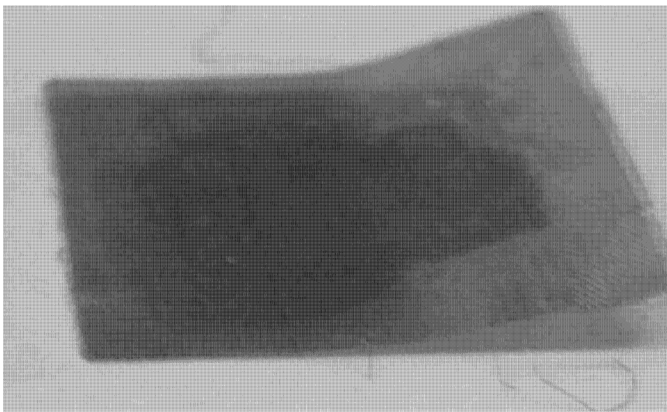
도면26



도면27



(a)



(b)