



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0102381
(43) 공개일자 2010년09월24일

(51) Int. Cl.

H01L 21/208 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0020728

(22) 출원일자 2009년03월11일

심사청구일자 2009년03월11일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

이철진

서울 강남구 신사동 622 신성아파트 101-201

김선국

서울특별시 양천구 목6동 목동2단지아파트
222-1402

(74) 대리인

리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 22 항

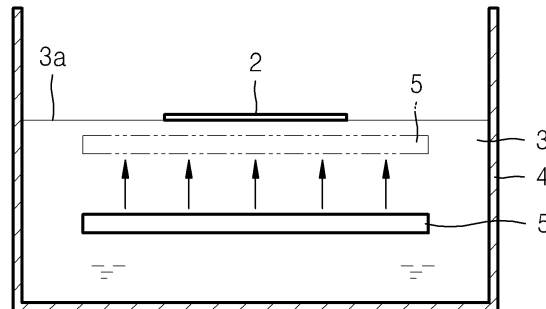
(54) 전자물질 막 형성 방법 및 이를 적용하는 전자 소자의 제조방법

(57) 요약

전자 물질 전사 방법 및 이를 적용하는 소자의 제조방법이 개시된다.

전사 방법은 전자물질 막이 형성되는 템플리트 기판을 액상 매체에 담그어서 템플리트로 부터 전자물질 막을 분리하여 액면에 부유시키는 단계; 상기 액면에 부유된 전자물질 막을 타겟 기판으로 떠 올려 타겟 기판 상에 전자물질 막을 옮기는 단계; 그리고 상기 전자물질 막을 상기 타겟 기판에 고정시키는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 K2060100000208E010000210, R32-2008-000-10082-0, R

부처명 국제과학기술협력재단, 한국과학재단, 한국과학재단, 서울시정개발연구원

연구관리전문기관

연구사업명 과학기술국제화사업, 세계적수준의연구중심대학육성사업, 국가지정연구실사업(NRL), 서울시 산학연 협력사업(사업명: 세계유수연구소 유치지원사업)

연구과제명 (3차년도)급성 호흡기 감염 조기진단을 위한 탄소나노튜브 기반 고감도 나노바이오센서 개발, 플렉서블 나노시스템 기반기술, [NRL-1차년도]플렉서블 투명전도성 CNT-Polymer박막 기술, 바텔연구 소 서울유치 및NBT연구기반조성사업

기여율

주관기관 한국과학재단, 고려대학교 산학협력단, 고려대학교 산학협력단, 고려대학교

연구기간 2009년 07월 01일 ~ 2010년 06월 30일, 2008년 12월 01일 ~ 2009년 10월 31일, 2008년 06월 01일 ~2009년 05월 31일, 2006년 03월 01일 ~ 2011년 08월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

전자물질 막을 액상 매체의 표면(액면)에 부유시키는 단계;

상기 액면 상의 전자 물질막의 하부로부터 타겟 기판을 떠 올려 타겟 기판 상에 상기 전자 물질막을 부착하는 단계;를 포함하는 전자 물질 막의 형성방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 액상 매체는 산 용액을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 물질막의 형성 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 산 용액은 HNO_3 (Nitric acid), HCl (hydrochloric acid), H_2SO_4 (Sulfuric acid), HF (Fluoric acid) 중의 어느 하나는 포함하는 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 형성 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 전자물질 막은 도전체, 반도체, 저항체 중의 어느 하나 인 것을 특징을 하는 전자물질 막의 형성 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 전자물질 막은 탄소나노튜브를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 형성 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는 SWCNT(Single-walled carbon nanotube), DWCNT(Double-walled carbon nanotube), 얇은 MWCNT(Multi-walled carbon nanotube), 두꺼운 MWCNT 중의 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 형성방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 투명 플라스틱 기판인 것을 특징으로 하는 전자 물질막의 형성방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 기판에 부착된 전자물질 막을 건조하는 단계와 고정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 제조방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 건조하는 단계는 진공 건조하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 물질막의 제조방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 친수성 또는 소수성 표면 처리되어 있는 것을 특징으로 하는 전자 물질막의 제조방법.

청구항 11

전자물질이 포함된 현탁액을 이용해 템플리트 기판에 전자물질 막을 형성하는 단계;

상기 템플리트 상의 전자물질 막을 액상 매체 내에서 분리하여 액상 매체의 표면(액면)에 부유시키는 단계;

상기 액상 매체에 부유된 전자물질 막을 액면 하부로 부터 떠 올려 타겟 기판의 표면에 부착하는 단계;

상기 전자물질막을 건조한 후 타겟 기판에 고정하는 단계;를 포함하는 전자물질 막의 형성 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 템플리트는 다공성 기판인 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 형성 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 다공성 기판은 AAO(Anodic Aluminium Oxide) 기판인 것을 특징으로하는 전자 물질 막의 형성 방법.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 액상 매체는 HNO_3 (Nitric acid), HCl (hydrochloric acid), H_2SO_4 (Sulfuric acid), HF (Fluoric acid) 중의 어느 하나는 포함하는 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 형성 방법.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 전자물질 막은 도전체, 반도체, 저항체 중의 어느 하나 인 것을 특징을 하는 전자물질 막의 형성 방법.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

상기 전자물질 막은 탄소나노튜브를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 형성 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는 SWCNT(Single-walled carbon nanotube), DWCNT(Double-walled carbon nanotube), 얇은 MWCNT(Multi-walled carbon nanotube), 두꺼운 MWCNT 중의 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 형성방법.

청구항 18

제 11 항에 있어서,

상기 현탁액은 용매 및 계면활성제를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 형성방법.

청구항 19

제 11 항에 있어서,

상기 기판에 부착된 전자물질 막을 건조하는 단계와 고정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전자물질 막의 제조방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 건조하는 단계는 진공 건조하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 물질막의 제조방법.

청구항 21

제 1 항에 기재된 방법을 이용하는 전자 소자의 제조방법.

청구항 22

제 11 항에 기재된 방법을 이용하는 전자 소자의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 전자분야에 응용되는 물질막의 형성 방법 및 이를 응용하는 전자소자의 제조방법에 관해 기술된다.

배경 기술

[0002] 전자 분야에는 다양한 형태의 전자 물질 막이 이용된다. 전자 물질 막은 도전체, 반도체 등을 포함하며, 응용대상에 따라 다양한 형태로 설계되고 제조된다.

[0003] 이러한 전자물질 막은 소위 성막이라는 보편적인 과정을 거치게 되며, 어떤 종류는 성막 후 목적하는 형태를 갖기 위한 패터닝 과정을 거친다.

[0004] 성막의 방법에는 목적하는 대상물에 전자 물질막을 직접 형성하는 방법과 중간과정의 대상에 형성된 후 이것이 최종 목적 대상으로 옮기는 소위, 전사 과정이포함될 수 있다.

[0005] 전자 물질 막의 일종인 도전성 박막은 디스플레이, 대전방지, 정전기 분산 등의 분야에서 중요한 요소로 인식되고 있는데, 특히 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube) 박막은 높은 전기전도도 뿐 아니라 높은 열전도도를 갖기 때문에 발열체, 방열체 분야에서 그 응용이 다각적으로 연구되고 있다.

[0006] 탄소나노튜브는 전하 전달특성이 좋고 종횡비(Aspect Ratio)가 커서 다수의 전하전달 통로를 확보하는데 유리하다. 또한, 높은 전하 이동도와 높은 투명도를 가지면서도 탄성이 좋아 큰 구부러짐에 대해 전기적 및 기계적으로 안정한 특성을 가지기 때문에 도전성 박막으로의 응용이 연구되고 있다.

[0007] 탄소나노튜브 박막의 제조는 탄소나노튜브가 분산된 액상 매체를 이용하여 기판 상부에 직접 박막을 형성하는 방법과 탄소나노튜브를 성장시킨 후, 성장된 형태 그대로를 기판으로 전사시키는 두 가지 방법으로 크게 나눌 수 있다. 전자의 경우는 여과법(filtration), 스프레이(spray) 방법, 롤투롤(roll to roll) 방법, 바 코팅(bar coating) 방법, 유전영동(dielectrophoresis) 법, 잉크젯 프린팅(inkjet printing) 방법 등에 의해 형성된다. 성막 조건은 기판의 재료나 가판의 표면 상태에 제약되기 때문에, 기판 상태에 자유롭지 못하고 때로는 박막의 품질이 저하되는 원인이 되기도 한다. 후자의 경우는 주로 CVD(Chemical vapor deposition) 방법에 의해 Si 등의 기판 상부에 형성된 탄소나노튜브 박막을 이용하는 것으로써, 대표적으로 스탬핑 방법(stamping method)과 같은 전사 인쇄법(transfer printing)과 희생층을 이용한 탄소나노튜브의 분리 방법이 있다. 전사 인쇄 방법의 경우, 전사 과정에서 금속과 고분자가 사용되는데, 이 과정에서 원치 않는 이물질(異物質)이 탄소나노튜브 박막에 혼입될 수 있을 뿐 아니라 여러 단계의 공정이 요구되는 관계로 경제성 면에서 불리하다. 희생층을 이용한 분리방법은, 카본나노튜브 합성 시, Si 기판에 SiO₂ 등의 희생층을 형성하고, 이 위에 탄소나노튜브를 성장시킨 후 희생층을 제거하는 과정을 포함한다. 이렇게 합성을 통해 형성된 탄소나노튜브 박막은 수율이 낮아 적용에 한계가 있으며 경제성이 떨어진다.

[0008] 따라서 합성된 탄소나노튜브를 분산한 탄소나노튜브 현탁액을 사용하여 탄소나노튜브 박막을 형성하는 것이 바람직하다. 그러나 종래의 박막 형성 기술은 액상 매체를 이용한 공정이기 때문에 용매가 증발되면서 탄소나노튜브가 기판에 접촉되는 원리이므로, 용매가 증발 시 액상 매체상의 탄소나노튜브의 분산도가 떨어지게 되어 품질을 저하시키게 된다. 따라서 이에 대한 문제를 해결하기위해 용매의 제거가 빠른 탄소나노튜브 박막의 제작 및 전사하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

발명의 내용

- [0009] 예시적 실시예들은 타겟 기관에 목적하는 전자 물질 막을 형성하는 방법 및 이를 응용하는 전자 소자의 제조방법을 제시한다.
- [0010] 예시적 실시예는 간접적으로 형성된 전자물질 막을 타겟 기관으로 옮기는 전사 방법에 관련되며, 기관의 재료나 표면 상태에 무관하게 목적하는 전자 물질 막을 형성할 수 있는 방법 및 이를 응용하는 전자 소자의 제조방법을 제시한다.
- [0011] 예시적 실시예에 따른 전자 물질 막의 형성방법은:
- [0012] 템플릿에 전자물질 막을 형성하는 단계;
- [0013] 상기 전자물질 막을 용기에 저장된 액상매체를 이용하여 템플릿로부터 분리하여 상기 액상 매체의 표면(액면)에 부유시키는 단계;
- [0014] 상기 액면 상의 전자 물질막의 하부로부터 타겟 기관을 떠 올려 타겟 기관 상에 상기 전자 물질막을 부착하는 단계;를 포함한다.
- [0015] 예시적 실시예에 따른 전자 물질 막의 형성방법은:
- [0016] 템플릿 상에 나노 크기의 전자 물질을 포함하는 전자물질 막을 형성하는 단계;
- [0017] 상기 템플릿 상의 전자물질 막을 액상 매체가 담긴 용기에 내에서 분리하여 상기 액상 매체의 표면(액면) 상에 부유시키는 단계;
- [0018] 상기 액면 상의 전자물질 막의 하부로부터 타겟 기관으로 떠 올려 타겟 기관 상에 상기 전자물질 막을 부착하는 단계;를 포함한다.
- [0019] 다른 실시예에 따르면, 상기 전자 물질은 예를 들어 나노 크기의 침상, 입상, 2차원적 면상 물질 등 다양한 형태의 미세 물질을 포함할 수 있다. 침상 물질로서는 일정한 길이를 가지는 튜브, 로드 또는 리본 형태의 침상 전자방출 물질 또는 침상 전자운송 물질 또는 다차원적인 입상 전자방출 물질 또는 입상 전자운송 물질을 포함할 수 있다. 또한, 그래핀(graphene)과 같은 나노 크기의 2차원적 물질도 포함될 수 있다.
- [0020] 구체적인 한 실시 예로서 침상 전자방출 물질 또는 침상 전자운송 물질로 이용될 수 있는 CNT 분말을 현탁액 필터링법을 이용하여 잘 분산된 CNT 콜로이드 현탁액을 제조하고, 이들을 미세구멍을 가진 여과 템플릿 위에 현탁액을 공급한 후, 이를 여과 건조시켜 전계 전자방출 또는 전자 운송에 최적화된 밀도의 CNT 막을 형성한다. 현탁액에 분산된 CNT는 매우 균일하게 분산되어 있고, 따라서 이를 이용해 템플릿에 형성되는 CNT 층 역시 균일한 분포의 CNT를 가진다.
- [0021] 그리고 CNT 막이 형성되는 템플릿을 액상 매체 내에 침지시켜 CNT 막을 템플릿으로 분리시키고 이때에 CNT 막은 액상 매체 상에 부유시킨다.
- [0022] 이와 같은 상태에서 최종 타겟 기관을 액상 매체 내에 집어 넣어서 CNT 막을 그 하부로 부터 액면 상의 CNT 막을 떠 올려 타겟 기관의 상면에 CNT 막을 부착시킨다. 이에 의해 적절한 열처리에 의해 상기 CNT 막을 건조시킨 후 타겟 기관에 확고히 고정한다.
- [0023] 실시 예들에 따르면, 전자 물질막, 예를 들어 CNT 막이 고온이 아닌 저온 또는 상온의 상태에서 CNT 막의 형성이 가능하므로 종래의 고온에서 합성하여 적용 및 상업화에 한계가 있었던 문제점을 가지지 않는다. 또한, 이러한 과정을 통해 얻어지는 CNT 막을 포함하는 전자방출원 또는 전자운송원은 구조적으로 매우 안정되면서도 CNT 간의 전기적 접촉 특성이 좋아서 우수한 성능의 전자소자 제작이 가능하다. 또한, 전자 물질막을 형성함에 있어, 전자방출 또는 전자운송 특성에 나쁜 영향을 주는 전도성 유기/무기물 및 바인더 등을 사용하지 않고 복잡한 공정 없이 상온에서 간단히 제조할 수 있어 상용화가 용이하다. 또한, 현탁액을 이용해 CNT 막을 형성하므로 현탁액 중의 CNT 농도의 조절에 의해 CNT 층의 밀도 조절이 용이하고 따라서 목적하는 최적의 전자방출원 또는 전자운송원의 구현이 가능하다. 전자방출원은 전계를 이용하는 전자방출구조를 가지는 것이며, 전자운송원은 TFT 나 각종 센서에서와 같이 전계 또는 다른 팩터 등에 의해 전자운송이 제어되는 것을 의미한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하에서, 전자물질 막(전자물질 필름)은 다양한 전자 소자 분야에 응용되는 것으로, 예를 들어, 전계방출소자

에서 전자 방출원으로 적용되고 그리고 TFT에서는 채널물질로 이용되고 또한, 광전 소자에서는 광자에 의한 전하의 운송이 제어되는 광감응층 등으로 이용되고, 또는 가스 센서에서는 가스에 접촉에 의해 전하의 운송이 제어되는 가스 센서등의 가스 감응층으로 이용될 수 있다. 따라서 전자물질 막 또는 전자물질 필름은 사용되는 물질 및 이를 응용하는 분야에 따라 그 기능은 선택될 것이며, 따라서 본 실시 예에서 전자 물질 막은 특정 기능에 의해 그 기술적 범위가 제한되지 않는다. 이하에서 이러한 다양한 기능을 가질 수 있는 전자물질 막의 형성 및 이를 응용하는 전자 소자의 제조방법에 대해 설명한다.

- [0025] 도 1에 도시된 바와 같이 템플리트(1) 상에 소정 물질로 된 전자물질 막(2)을 형성한다.
- [0026] 도 2에 도시된 바와 같이 상기 템플리트(1)를 액상 매체(3)가 저장된 용기(4) 내에 집어 넣어서 템플리트(1)로부터 전자물질 막(2)을 분리한다. 이때에 전자물질 막(2)은 액상 매체(3)의 표면(액면, 3a)에 부유될 수 있는 조건을 가진다. 예를 들어, 액상 매체에 비해 비중이 낮아서 액면(3a) 상에 부유된다. 상기 액상 매체로 물을 적용할 수 있으며, 이에 는 유기 용매 또는 산 용액 등이 포함될 수 도 있다.
- [0027] 도 3에 도시된 바와 같이 상기 전자물질 막(2)의 하부로 타겟 기관(5)을 집어넣어 전자물질 막(2)을 타겟 기관(5)으로 서서히 떠올린다.
- [0028] 도 4에 도시된 바와 같이 타겟 기관(5)이 이의 표면에 놓인 전자물질 막(3)을 건조시킨 후 전자물질 막(3)을 타겟 기관(5) 상에 고정한다. 건조 및 고정 과정에는 적절한 가열이 필요할 수 있으며, 완전 건조된 전자물질 막(3)은 타겟 기관(5)에 분자력 또는 반데르발스 힘 등에 의해 고정된다.
- [0029] 상기 템플리트(1)에 대한 전자물질 막(2)의 형성은, 전자물질 막(2)이 액상 매체 내에서 템플리트(1)로부터 전자물질 막(2)의 박리가 가능하도록 하는 것이 필요하다. 즉, 적절한 힘이나 수단에 의해 박리가 가능한 전자물질막의 형성법, 예를 들어 기존의 분산액을 이용한 여과법이 적용될 수 있을 것이다. 이때에 템플리트(1)는 치밀한 조직이 아닌 성근 조직, 예를 들어 다공성 재료로 형성 될 수 있다.
- [0030] 전술한 바와 같이, 실시예는 타겟 기관에 도전체, 반도체 또는 저항체 등의 소정의 재료로 된 전자물질 막을 형성함에 있어서, 타겟 기관에 직접 전자물질 막을 형성하는 것이 아닌 일종의 전사법(轉寫法)을 이용하는데 그 매개로 액상 매체를 이용하는 것이다. 액상 매체의 액면에 부유된 전자물질 막은 특정한 형태, 즉 특정 패턴을 가지는 것으로서, 타겟 기관의 재료에 무관하게 부착될 수 있다. 이는 액상 매체 상에 부유된 전자물질 막을 타겟 기관으로 액상 매체 상에 부유된 전자물질 막을 떠올려 타겟 기관 상에 전자물질 막을 위치시킬 수 있기 때문이다.
- [0031] 이러한 실시예에 적용될 수 있는 전자물질에는 도전성 물질, 반도체 물질, 저항성 물질 등이 있으며, 결과적으로 디스플레이, 박막트랜지스터, RFID(Radio Frequency Identification), 전자파차폐, 정전분산, 전자방출원, 방열체 및 발열체 등의 제조에 적용될 수 있다.
- [0032] 이하의 실시예 설명에서는 전자 물질은 예를 들어 나노 크기의 침상, 입상, 2차원적 면상 물질 등 다양한 형태의 미세 물질을 포함할 수 있다. 침상 물질로서는 일정한 길이를 가지는 튜브, 로드 또는 리본 형태의 침상 전자방출 물질 또는 침상 전자운송 물질 또는 다차원적인 입상 전자방출 물질 또는 입상 전자운송 물질을 포함할 수 있다. 또한, 그래핀(graphene)과 같은 나노 크기의 2차원적 물질도 포함될 수 있다.
- [0033] 구체적인 한 실시 예로서 침상 물질에 의한 전자물질 막(필름)의 형성에 대해 구체적으로 설명한다. 특히, 이하의 실시 예들의 설명에서 전자물질 막의 대표 물질로 CNT의 응용이 설명되며, 또한 CNT 막(또는 CNT 필름)의 분리 및 부유를 위한 액상 매체로 수용액이 이용되는 것으로 기술한다. 그러나 이러한 전자물질 막 및 액상 매체에 대한 특정 재료의 언급은 본 실시 예의 기술적 범위를 제한하지 않는다.
- [0034] 먼저, CNT 콜로이드 현탁액(이하 현탁액)과 템플리트로서 테프론, 세라믹, AAO(Anodic Aluminum oxide), 폴리카보네이트 등의 재료로 된 여과지(템플리트)를 준비한다. 현탁액은 용매 및 계면활성제에 분말 상태의 CNT를 분산시켜 만든 콜로이드 상태의 액체이다. 보다 고른 분산을 위해 초음파 처리하는 것도 무방하다. 여과 기능을 가지는 템플리트는 현탁액을 필터링하여 그 표면에 CNT 만 남기게 되는데, CNT 현탁액을 제거하고 CNT 만 소정 패턴의 막형태로 잔류시켜 차후 타겟 기관으로 전사(transfer)하기 위한 것이다. 그러나, 다른 실시 예에 따르면, 템플리트는 여과 기능을 가지지 않을 수도 있다.
- [0035] CNT에는 SWCNT(Single-walled carbon nanotube), DWCNT(Double-walled carbon nanotube), 얇은 MWCNT(Multi-walled carbon nanotube), 두꺼운 MWCNT 등이 있다.
- [0036] 이러한 CNT는 전기방전법(Arc discharge), 화학 기상 촉매 합성법(Catalytic Chemical Vapor Deposition), 플

라즈마 화학기상 증착법(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), 레이저 증착법(Laser Ablation) 등의 방법에 의해 합성되는 것으로 탄소를 함유한 물질이 소스로 이용되며, 촉매로는 전이 금속(Fe, Co, Ni, Au) 등이 이용된다.

- [0037] 상기와 같은 방법으로 합성된 CNT는, SDS(sodium dodecyl sulfate), SC(sodium cholate), SDBS(sodium dodecylbenzenesulfonate), DOC(sodium deoxy cholate), Triton-X, CTAB(Cetyl trimethylammonium bromide), CPC(Cetylpyridinium chloride), POEA(Polyethoxylated tallow amine), BAC(Benzalkonium chloride), BZT(Benzethonium chloride), Dodecyl betaine 등의 계면활성제 및 DMF(Dimethylformamide), DCB(Dichlorobenzene), DCE(Dichloroethane), Chloroform, NMP(N-Methylpyrrolidone), THF(Tetrahydrofuran), Propanol, Ethanol, Methanol 등의 유기용매 중 하나 또는 둘 이상을 사용하여 초음파 처리되며, 그리고 원심분리를 통해 일정한 형태의 CNT가 얻어진다.
- [0038] 도 5에 도시된 바와 같이, 여과지(filter) 등으로 된 다공성 템플리트(21)에 CNT가 분산된 현탁액을 소정 패턴으로 도포한 후 이를 건조시켜 CNT 막(12)을 형성한다. 다공성 템플리트(21)로서는 AAO 멤브레인(Anodized Aluminium Oxide membrane)이 이용될 수 있다.
- [0039] 이와 같이 액체에 CNT가 분산되어 있는 현탁액을 여과지에 도포하게 되면, CNT가 균일하게 분산되어 있는 균일한 두께의 CNT 막을 얻을 수 있게 된다. 여기에서 현탁액의 액체의 용량을 조절함으로써 CNT의 밀도 및 CNT 막의 두께를 조절할 수 있다. AAO와 같은 다공성 템플리트의 경우 공극의 크기(pore size) 및 구성물질을 적절한 선택에 의해 이와는 다른 물질로 된 CNT 막의 균일도를 높일 수 있고, 그리고 템플리트로 부터 분리에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0040] 현탁액의 도포 영역은 목적하는 패턴을 가질 수 있는데, 응용분야의 요구에 따라 적절히 설정될 수 있다. 여기에서, 현탁액의 용매와 계면활성제 및 CNT의 비율 또는 농도를 제어함으로써 CNT 밀도를 자유로이 조절할 수 있고 주변 전기적 조건에 따른 최적의 전자방출 밀도 또는 최적의 전자 운송 제어의 구현이 가능하고, 이러한 최적의 조건을 반복 제현 및 균질한 밀도의 CNT 막을 형성할 수 있다. 현탁액을 템플리트(11)에 소정 패턴으로 도포하면, CNT 만 잔류하고 액상 물질은 템플리트를 통과한다. 이 상태에서 건조 과정을 진행하면 템플리트(11) 표면에 CNT 막(12)이 형성되게 되는데 이러한 과정은 상온 또는 고온 상태에서 자연 건조 또는 진공 건조 과정을 포함할 수 있다.
- [0041] 도 6에 도시된 바와 같이, 액상 매체로서 수용액(13)과 이를 수용하는 용기(14) 내에 상기 템플리트(11)를 집어 넣는다. 이때에 템플리트(11)를 액상 매체인 수용액(13)의 액면에 떠 있게 된다. 여기에서 액상 매체에는 첨가물로서 질산(HNO_3)가 이용될 수 있다.
- [0042] 도 7에 도시된 바와 같이 템플리트(11)를 일측에서 액면 아래로 가압하면서 템플리트(11)와 그 표면의 CNT 막(12)의 분리를 시도한다. 템플리트(11)가 일측으로 기울어지면서 템플리트(11)와 CNT막(12)의 사이로 수용액(13)이 침투하면서 템플리트(11)에 대한 CNT 막(12)의 박리가 진행된다.
- [0043] 도 8에 도시된 바와 같이 박리가 완료되면 CNT 막(12)은 액면에 부유되어 있으며, 템플리트(11)는 용기(14)의 바닥으로 가라앉는다.
- [0044] 도 9에 도시된 바와 같이 상기 템플리트(11)를 용기(14)로 부터 제거한 후, 타겟 기판(15)을 용기(14)의 바닥으로 집어 넣은 후 이를 위로 떠올려 CNT 막(12)이 그 상면에 놓이게 한 후 이를 완전히 들어 올린다.
- [0045] 도 10에 도시된 바와 같이 타겟 기판(15)을 용기(14)로 부터 들어낸 후 CNT 막의 건조 및 타겟 기판(15)에 대한 고정을 진행한다. 이때에는 전술한 바와 같이 적절한 가열이 진행될 수 있다.
- [0046] 도 11 내지 도 15는 도 6 내지 도 10에 도시된 방법과는 다른 실시 예를 보인다.
- [0047] 도 11에 도시된 바와 같이, CNT 막(12)이 형성된 템플리트(11)를 용기(14) 내의 액면에 대해 수직으로 유지시킨 상태에서 수용액(13)에 템플리트(11)를 집어 넣는다.
- [0048] 도 12에 도시된 바와 같이, 템플리트(11)가 수직방향으로 수용액(13)에 잠기게 되면, 템플리트(11)과 CNT 막(12)의 계면에 압력 및 모세관 현상이 작용하여 CNT 막(12)의 분리가 진행된다.
- [0049] 도 13에 도시된 바와 같이 도 12에 도시된 방법으로 템플리트(11)를 수용액(13) 내로 완전히 집어넣으면 CNT 막(12)은 템플리트(11)로 부터 완전히 분리되게 된다.
- [0050] 도 14, 15에 도시된 바와 같이 수용액(13)의 액면에 부유되어 있는 CNT 막(12)의 하부로 부터 타겟 기판(15)을

들어 올리되, CNT 막(12)의 일측부터 타겟 기판(15)에 부착된 상태에서 수직으로 들어 올린다. 이와 같이 방법은 CNT 막(13)이 부착된 타겟 기판(15)은 전술한 바와 같은 방법의 건조 및 고정을 진행한다.

[0051] 한편, 도 11~16의 과정에서 CNT 막(12)의 분리와 전사를 동시에 수행할 수 도 있다. 즉, 도 16에 도시된 바와 같이, 먼저, 타겟 기판(15)을 수직으로 용기 내의 수용액(13)에 집어 넣은 상태에서, 타겟 기판(15)과 소정 간격을 둔 나란한 방향으로 템플리트(11)를 집어 넣는다.

[0052] 도 17에 도시된 바와 같이 템플리트(11)가 수용액(13)에 접촉되면서 CNT막(12)의 분리가 시작되면 타겟 기판(15)을 근접시켜 분리된 CNT 막(12)을 접촉시킨 상태에서 템플리트(11)와는 반대 방향으로 상승시킨다.

[0053] 도 18에 도시된 바와 같이 템플리트(11)를 계속 하강시켜 CNT 막(12)의 분리를 진행하면서 타겟 기판(15)을 상승시켜 템플리트(11)로 부터 분리되는 CNT 막(12)을 타겟 기판(156)으로 완전히 전사한다.

[0054] 도 19는 템플리트의 일 레로서 AAO 멤브레인에 CNT 막이 형성된 상태를 보이는 SEM 이미지이다. 도 20은 전술한 실시예의 방법에 의해 CNT 막이 제거(박리)된 AAO 멤브레인의 표면을 보이는 SEM 이미지이다. 도 21은 타겟 기판으로서 PET 가요성 기판에 전사된 상태를 보이는 SEM 이미지이다. 도 19 내지 도 21을 통해, 다공성 템플리트 상에 형성되는 CNT 막이 수용액에서 완전하게 분리된 후, 타겟 기판에 성공적으로 전사되었음을 알 수 있다.

[0055] 아래의 표는 전사 전후의 CNT 막의 면저항의 변화를 보이는 6개 샘플(#1~6)에 대한 데이터이다.

[0056]

		#1	#2	#3	#4	#5	#6
투과도(%T at 550nm)		95.112	91.622	84.217	79.664	75.971	70.827
면저항(Ω /sq)	전사 전	2493.71	1040.71	375.939	295.065	225.688	153.048
	전사 후	1298.46	513.181	198.393	150.109	118.988	80.4664
감소율(%)		52.0695	49.3106	52.7726	50.8732	52.72232	52.5759

[0057] 본 실시예의 잇점 중은 하나는 기판에 의존적이지 않으며 향상된 전기전도도를 갖는 CNT 막을 얻는 것인데, 템플리트 상에서 측정된 전사 전의 면저항에 비해 전사 후의 면저항이 크게 감소했음을 알 수 있다. 이러한 면저항의 감소는 전사과정을 통해 물리적으로 연계된 네트워크 구조의 CNT 간의 접점이 증가함에 기인한 것으로, 액상 매체인 수용액에 의하여 CNT 간의 접점수가 증가하고 따라서 이를 통한 전기적 통로(electrical path)가 증가하였기 때문이다. 위의 표에서 투과도 (또는 투명도)는 550nm 파장의 광에 대한 것이다.

[0058] 도 19는 전술한 바와 같은 방법에 의해 PET 타겟 기판에 전사된 CNT 막들을 도시한다. 또한, 도 20은 CNT 막이 형성된 PET 타겟 기판을 등글게 변형한 상태로 보인 광학 이미지이며, 도 21은 CNT 막을 확대해 보인 SEM 이미지이며, 도 22는 상기 CNT 막을 보다 더 확대해 보인 SEM 이미지이다.

[0059] 실시 예에 CNT 막의 전사과정은 합성된 CNT를 준비하는 단계, CNT를 용매에 분산시키는 단계, 여과법을 이용하여 CNT 막을 템플리트에 형성하는 단계, 액상 매체, 예를 들어 수용액을 이용하여 CNT 막을 템플리트로부터 분리하는 단계, 분리된 박막이 액상 매체의 부유된 상태에서 타겟 기판에 부착하는 단계를 포함한다.

[0060] 전술한 실시예들에 있어서, 전자물질 막의 분리, 예를 들어 CNT 막의 분리에서 액상 매체인 수용액에 HNO_3 (Nitric acid), HCl (hydrochloric acid), H_2SO_4 (Sulfuric acid), HF (Fluoric acid) 등의 산성 용액이 첨가될 수 있다. 산성용액은 CNT 막과 기판의 사이로 침투하여 CNT 막이 균일하고 안정적으로 분리되도록 한다. 이때 다공성 템플리트는 CNT 막이 분리된 후 용액 하부로 가라 앉으며, CNT 막은 산성용액의 액면에 부유하게 된다. 한편, CNT 표면에서 산성용액의 적절한 선택에 의해 경계면에 침투하는 산성 용액의 속도를 조절함으로써 신뢰성 있는 CNT 막의 분리를 유도할 수 있다. 또한 템플리트의 가라앉히는 속도를 조절함으로써 분리되는 박막의 결함을 줄일 수 있다. CNT 막을 분리시키고 템플리트가 가라앉는 과정에서 산성 용액을 적절히 가열함으로써 CNT 막 분리의 신뢰성을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0061] 분리된 CNT 막의 타겟 기판에 대한 부착 과정은 타겟 기판을 액상 매체인 산성 용액에 담근 후 이를 이용해 액면에 부유되어 있는 CNT 막을 떠내는 과정을 포함한다. 여기에서, 타겟 기판의 표면 처리를 통해 표면에 적절히 조절된 친수성 또는 소수성으로 부여함으로써 CNT 막과 기판의 부착성을 높일 수 있으며, CNT 막에 생길 수 있는 결함을 저감할 수 있으며, 또한 기판에 부착된 CNT 막에 잔류하는 산성용액을 효과적으로 제거할 수 있다.

[0062] 위에서 기술된 실시예가 예를 들어 박막트랜지스터의 제조에 응용되는 경우, 전술한 전자 물질 막의 형성은 채널층의 제조 과정 중 성막공정에 해당할 것이며, 이러한 성막 공정 후에는 목적하는 채널 형태로의 패터닝 과

정이 포함될 수 있다. 이러한 박막트랜지스터의 제조는 기존 박막트랜지스터의 제조방법과 전술한 실시 예의 충분한 이해를 통해 용이하게 수행될 있다.

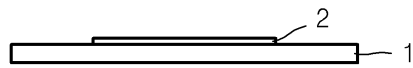
- [0063] 도 26과 도 27은 전술한 실시예를 응용하여 제조될 수 있는 CNT 박막트랜지스터의 두 가지 예를 보이는데, 도 26은 바텀 게이트 방식의 박막트랜지스터를 나타내며, 도 27은 탑게이트 방식의 박막트랜지스터를 나타낸다.
- [0064] 먼저 도 26을 살펴보면, 기판(100) 위에 게이트 층(200g)이 형성되고 그 위에 게이트 절연층(110)이 형성된다. 그리고 게이트 절연층(110)의 위에는 상기 게이트 층(200g)을 중앙으로 그 양측에 배치되는 소스(200s)와 드레인(200d)이 형성되고, 그 위에 채널(200c)이 형성된다. 채널(200c)의 양단 부분은 상기 소스(200s) 및 드레인(200d)에 겹쳐져 있다. 상기 채널(200c) 위에는 채널(200c)과 그 하부 구조를 보호하는 패시베이션층(120)이 형성되어 있다.
- [0065] 도 27을 살펴보면, 기판(100) 소스(200s)와 드레인(200d)이 소정 간격을 두고 배치되고 그 위에 그 양단이 소스(200s) 및 드레인(200d)에 겹쳐져 지는 채널(200c)이 형성된다. 그리고 채널(200c) 위에는 게이트 절연층(110)이 형성되며, 게이트 절연층(110) 위에는 상기 채널(200c)에 대응하는 게이트(200g')가 형성되고, 게이트(200g') 위에는 게이트(200g')과 그 하부 구조를 보호하는 패시베이션층(120)이 형성되어 있다.
- [0066] 도 26과 도 27에 도시된 박막트랜지스터에서 채널(200c)은 전술한 실시예의 전자물질 막으로 부터 얻어지는 최종 결과물이다.
- [0067] 이러한 실시예들에 의해 어떤 전자물질 막이라도 목적하는 기판에 성공적으로 형성할 수 있게 된다. 즉, 본 실시예들에 따르면, 기판의 재료에 무관하게 목적하는 전자물질 막(또는 전자물질 필름)을 기판에 형성할 수 있다. 이러한 전술한 다양한 형태의 실시 예는 전계에 의한 전자의 방출, 전계 또는 광자 또는 다른 인자 등에 의한 전하(전자)의 이송 제어 등이 요구되는 다양한 분야에 적용될 수 있다. 예를 들어, 디스플레이, 박막트랜지스터, RFID, 전자파차폐, 정전분산, 방열체, 발열체, 전자방출원, 각종 센서 등의 제조에 응용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

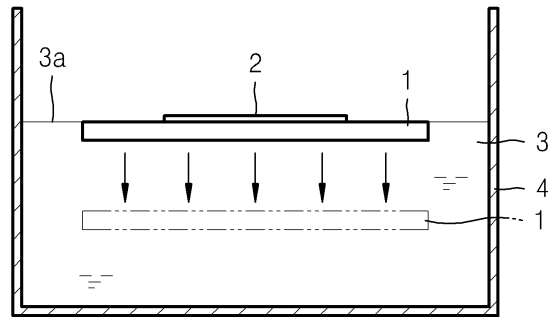
- [0068] 도 1 내지 도 4는 일 실시예에 따른 전자물질 막의 형성 과정을 보이는 공정도이다.
- [0069] 도 5 내지 도 10은 다른 실시예에 따른 전자물질 막의 형성 과정을 보이는 공정도이다.
- [0070] 도 11 내지 도 15는 또 다른 실시예에 따른 전자물질 막의 형성 과정을 보이는 공정도이다.
- [0071] 도 16 내지 도 18은 또 다른 실시예에 따른 전자물질 막의 형성 과정을 보이는 공정도이다.
- [0072] 도 19는 템플리트의 일 레인 AAO 멤브레인에 CNT 막이 형성된 상태를 보이는 SEM 이미지이다.
- [0073] 도 20은 CNT 막이 제거(박리)된 AAO 멤브레인의 표면을 보이는 SEM 이미지이다.
- [0074] 도 21은 PET 가요성 타겟 기판에 CNT 막이 전사된 상태를 보이는 SEM 이미지이다.
- [0075] 도 22는 CNT 막이 전사된 PET 타겟 기판의 여러 샘플을 보인다.
- [0076] 도 23은 CNT 막이 형성된 PET 타겟 기판을 둥글게 변형한 상태로 보인 광학 이미지이다.
- [0077] 도 24는 PET 가요성 타겟 기판에 전사된 CNT 막을 확대해 보인 SEM 이미지이다.
- [0078] 도 25는 PET 가요성 타겟 기판에 전사된 CNT 막을 보다 더 확대해 보인 SEM 이미지이다.
- [0079] 도 26은 본 실시 예에 따라 제조될 수 있는 CNT 박막트랜지스터의 일 레를 보인다.
- [0080] 도 27은 본 실시 예에 따라 제조될 수 있는 CNT 박막트랜지스터의 다른 레를 보인다.

도면

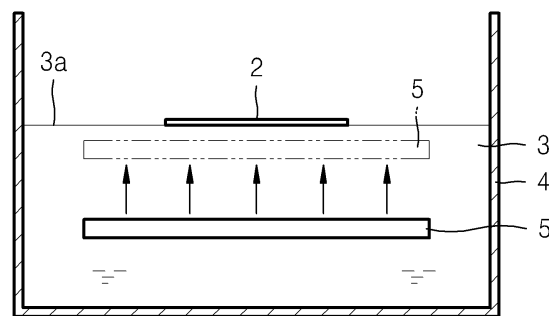
도면1



도면2



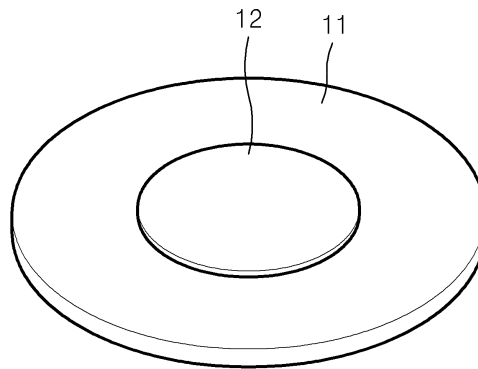
도면3



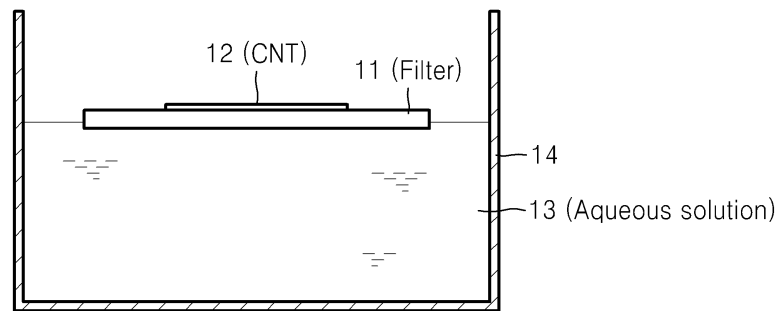
도면4



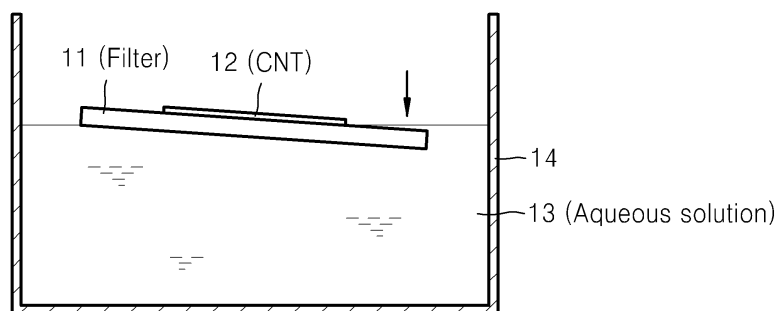
도면5



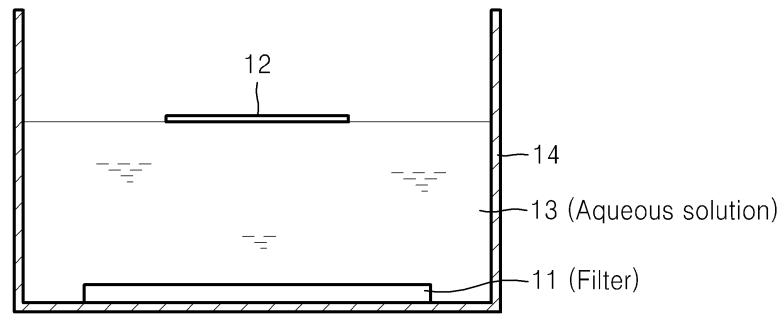
도면6



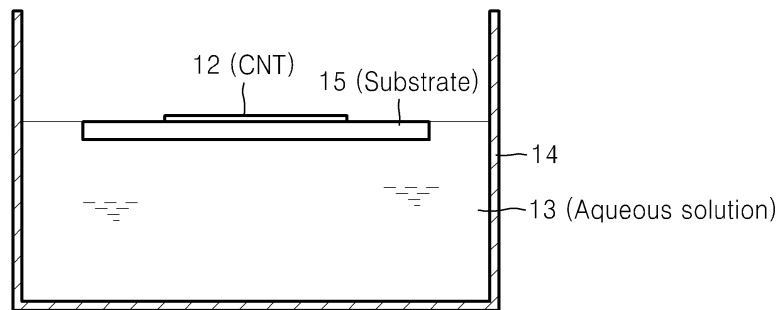
도면7



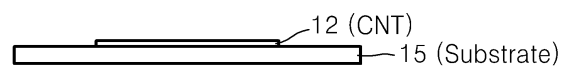
도면8



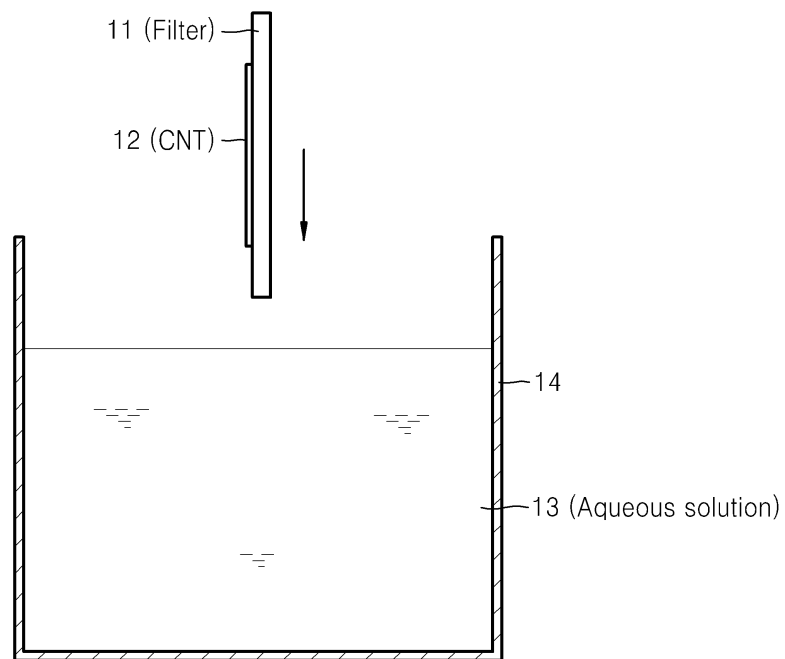
도면9



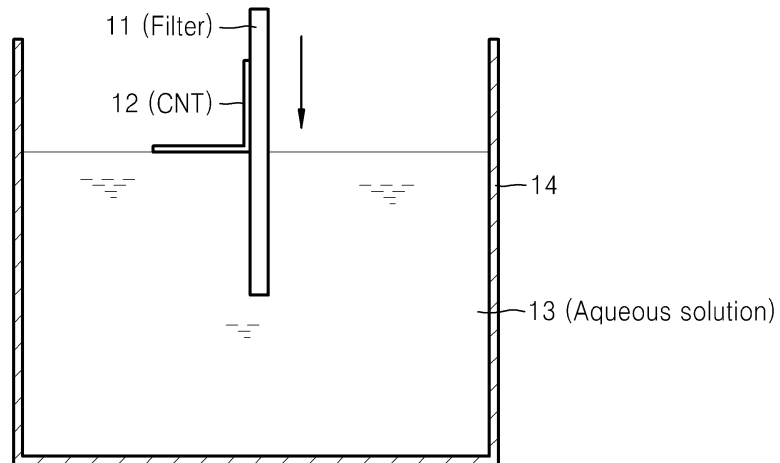
도면10



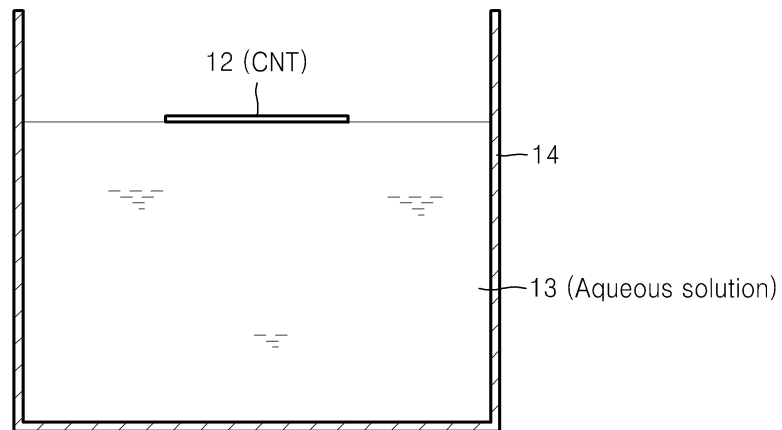
도면11



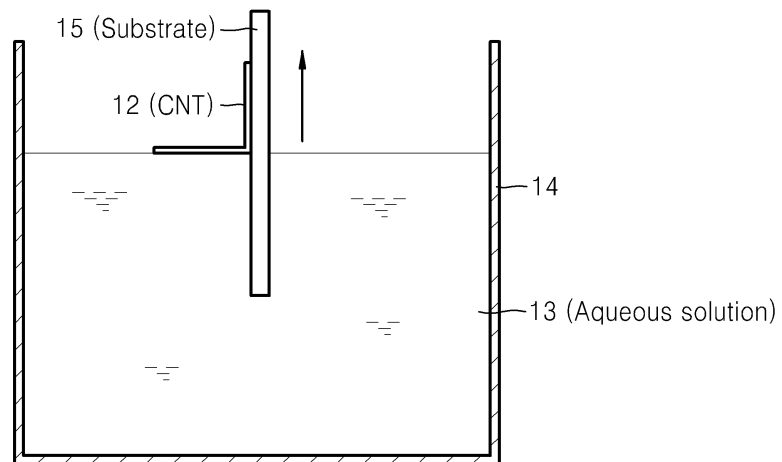
도면12



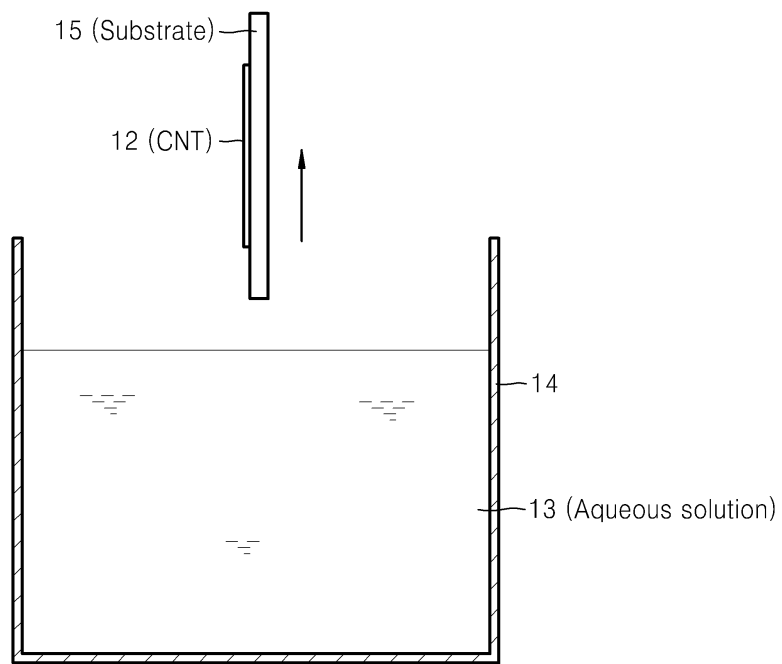
도면13



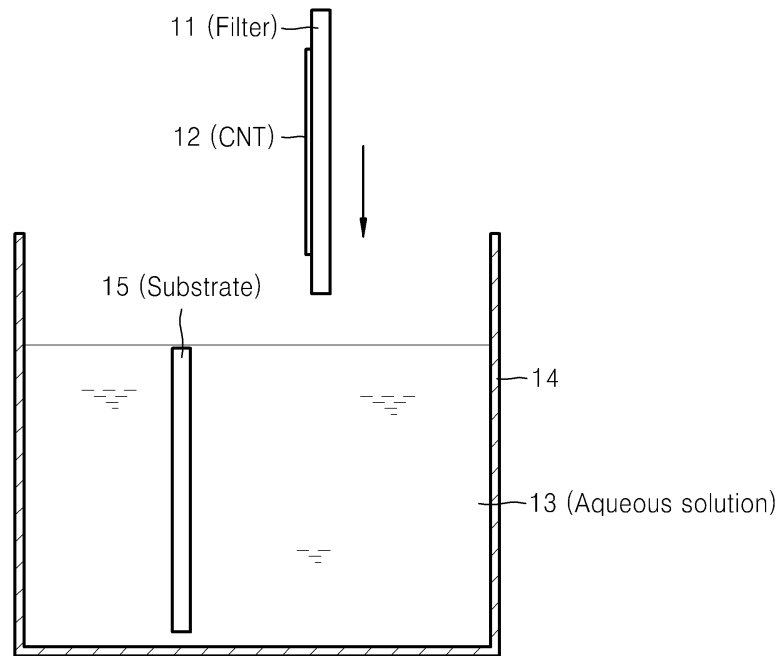
도면14



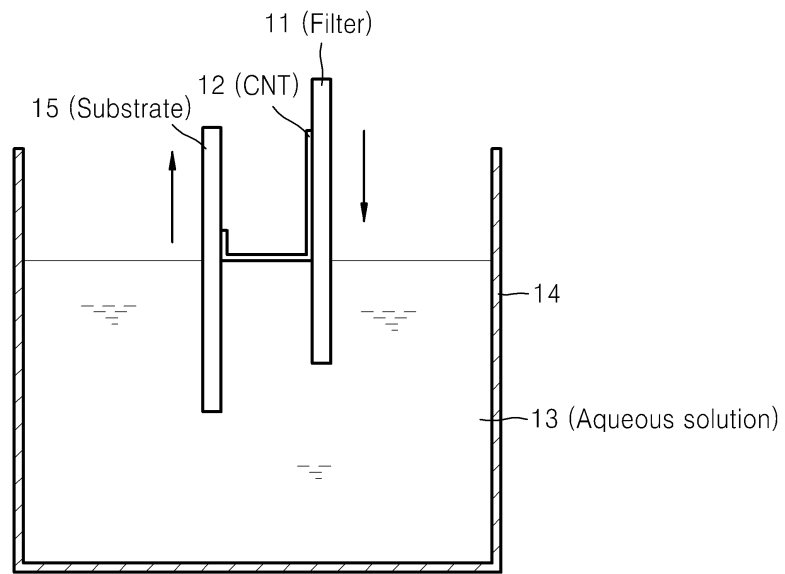
도면15



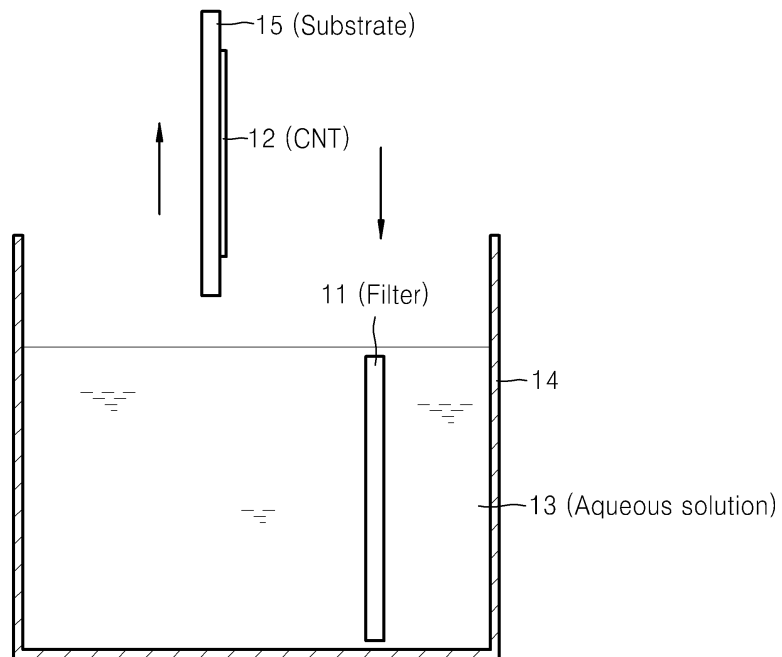
도면16



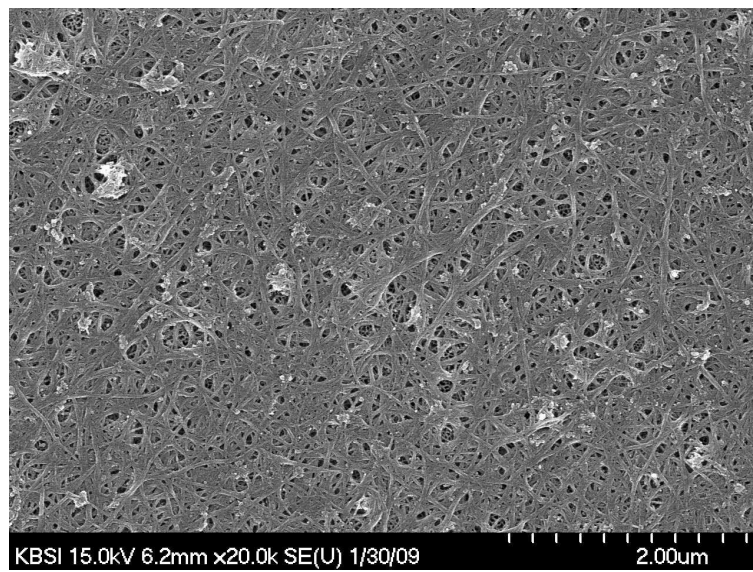
도면17



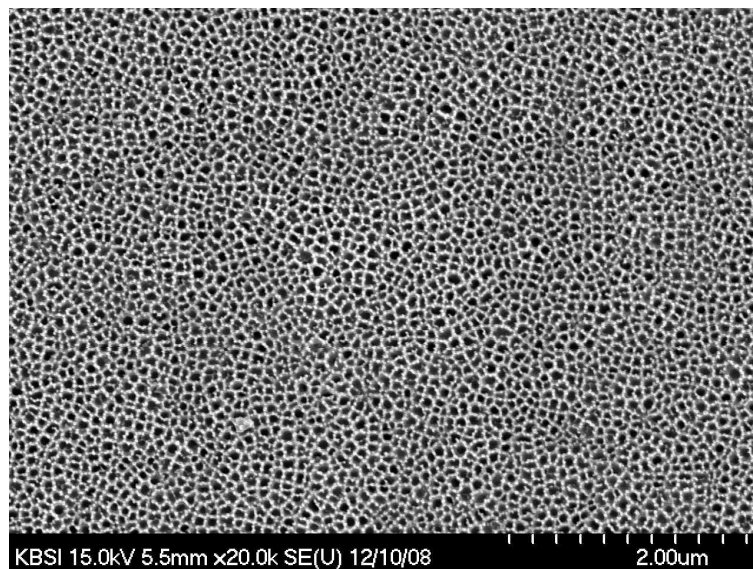
도면18



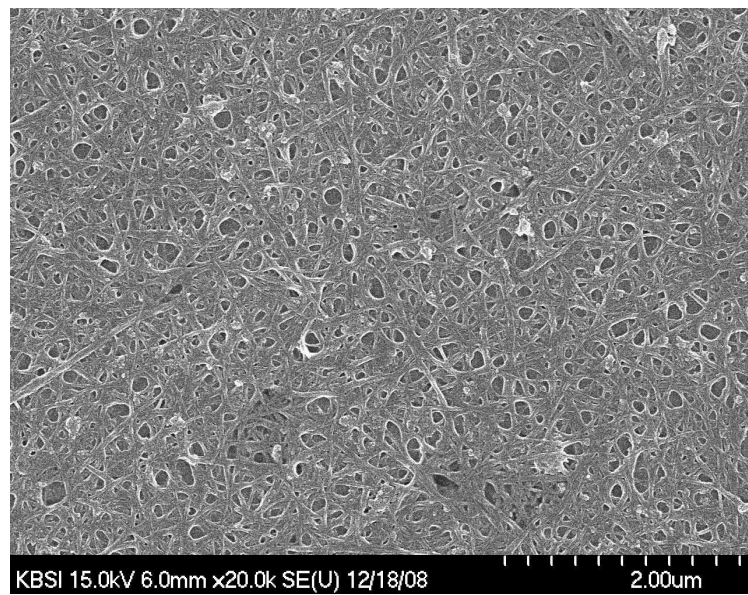
도면19



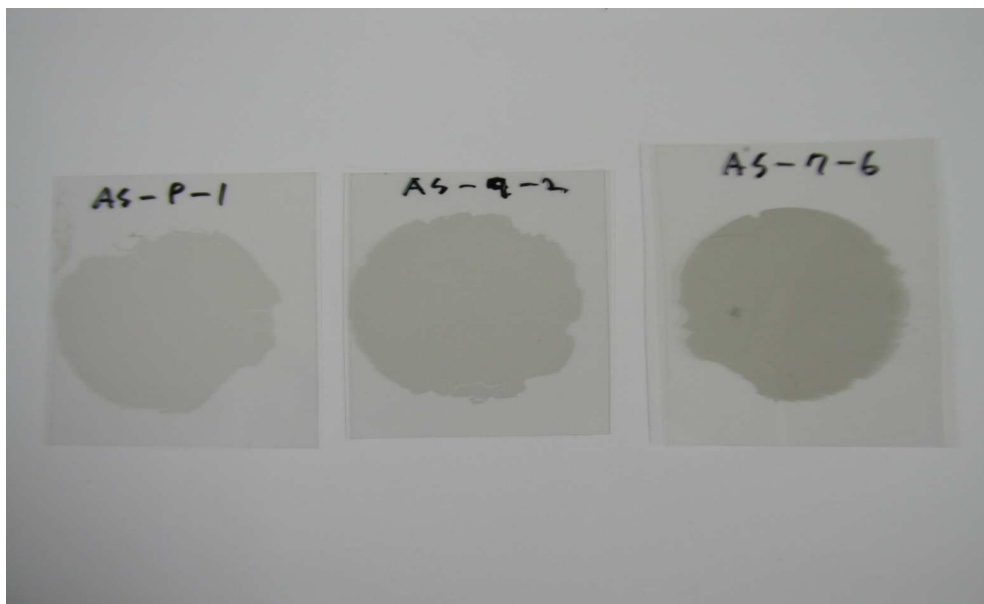
도면20



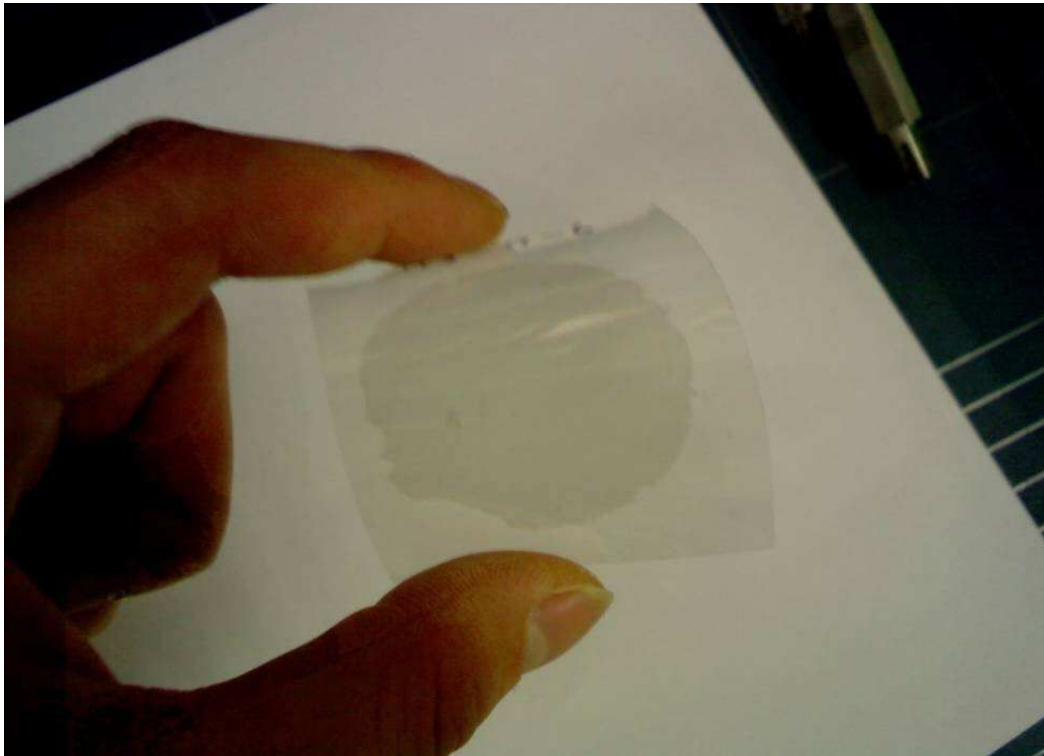
도면21



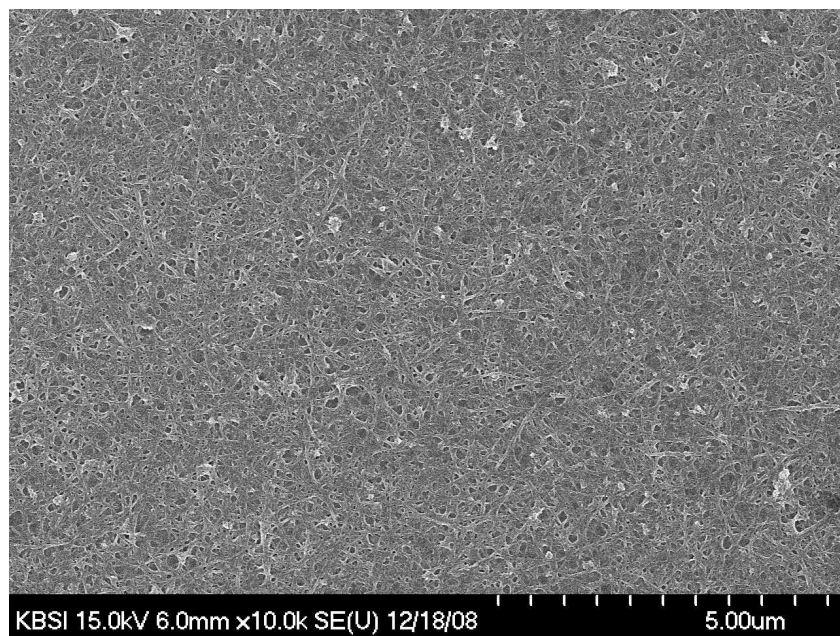
도면22



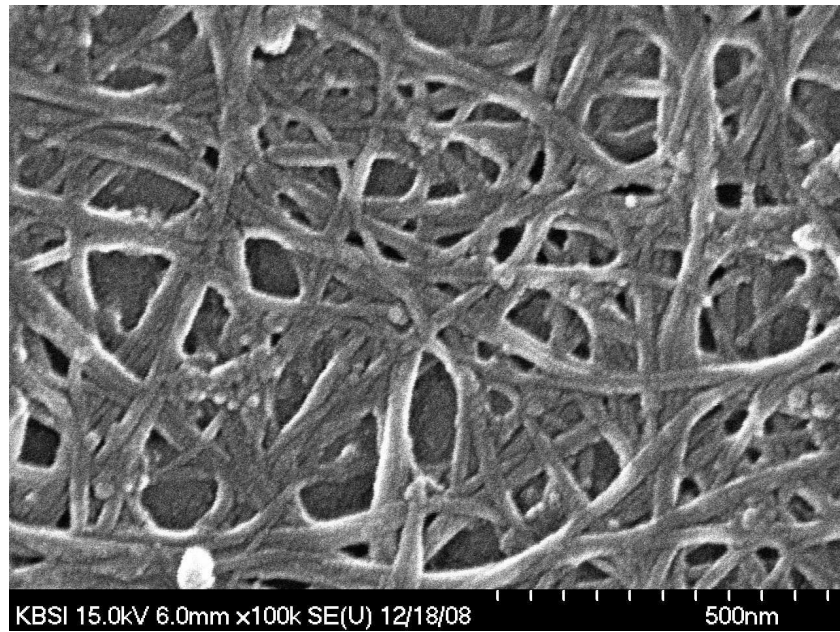
도면23



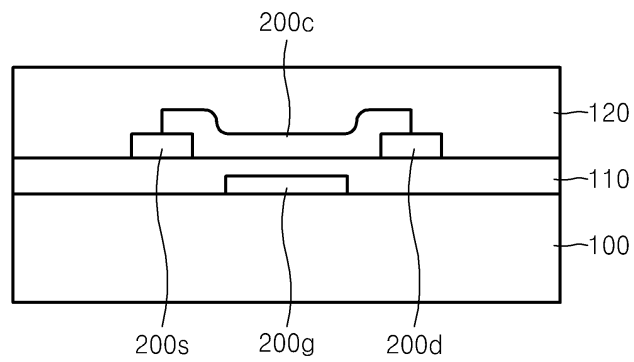
도면24



도면25



도면26



도면27

