(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년01월11일
(11) 등록번호 10-1937917
(24) 등록일자 2019년01월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 1/28 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 1/2806 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0116727
(22) 출원일자 2017년09월12일
심사청구일자 2017년09월12일
(56) 선행기술조사문헌
JP2005521052 A
KR101663467 B1
KR1020130073359 A
KR1020130142794 A

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
이창영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김윤태
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

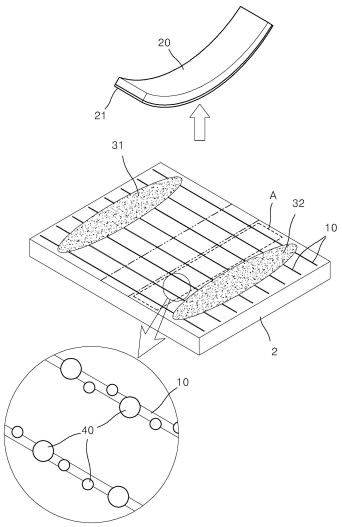
전체 청구항 수 : 총 17 항 심사관 : 전형태

(54) 발명의 명칭 **소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편, 이의 제조장치, 이의 제조방법 및 광학 시각화 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 1차원 탄소나노물질을 따라 소금 결정을 형성시킨 후, 광학 현미경을 통해 관찰함으로써, 고가의 SEM이나 TEM 장비를 사용할 필요가 없으므로 비용이 절감될 수 있으면서, 대면적 시각화가 가능한 이점이 있다. 또한, 1차원 탄소나노물질들 위에 형성된 소금 결정들을 물을 이용하여 제거함으로써, 1차원 탄소나노물질들의 구조 손상이나 물성 저하를 발생시키지 않으면서 원상태로 복원이 가능한 이점이 있다. 또한, 1차원 탄소나노물질들에 형성된 소금 결정들이 최소 1개월까지 유지가 가능하므로, 장시간 관찰이 가능한 이점이 있다.

대 표 도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711039412
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 개인연구지원
연구과제명 소금을 이용한 1차원 나노구조의 대면적 광학 시각화
기 여 율 1/1
주관기관 울산과학기술원
연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 1차원 탄소나노물질들이 미리 설정된 방향으로 길게 형성된 기판과;

상기 1차원 탄소나노물질들의 표면에 형성된 소금 결정들을 포함하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 1차원 탄소나노물질들은, 탄소나노튜브, 나노선 및 그래핀 나노리본 중 적어도 하나를 포함하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 소금 결정들은 상기 1차원 탄소나노물질들의 길이 방향을 따라 표면에 형성되어 있는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편.

청구항 4

복수의 1차원 탄소나노물질들이 형성된 기판과;

상기 1차원 탄소나노물질들의 표면에 형성된 소금 결정들을 포함하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 소금 결정들은 상기 1차원 탄소나노물질들의 길이 방향을 따라 표면에 형성되어 있는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편.

청구항 6

복수의 1차원 탄소나노물질들이 미리 설정된 방향으로 길게 형성된 기판이 놓이는 베드와;

상기 1차원 탄소나노물질들의 일부분 또는 전체를 덮도록 배치되고, 상기 1차원 탄소나노물질과 접촉하는 면에 전도성 물질이 구비된 커버와;

상기 기판 위에서 상기 1차원 탄소 나노물질들의 양측 단부측에 각각 소금물을 공급하는 소금물 공급장치와;

상기 소금물 중 어느 하나에는 플러스 전압을 인가하고, 나머지 하나에는 마이너스 전압을 인가하여, 상기 소금물의 나트륨 이온, 염소 이온 및 전자들이 상기 1차원 탄소나노물질을 따라 서로 다른 극으로 이동하도록 하여, 상기 1차원 탄소나노물질의 표면에서 상기 나트륨 이온과 상기 염소 이온이 만나서 소금 결정들이 형성되는 시편을 제조하기 위한 전원 공급장치를 포함하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편 제조장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 커버는, 탄성 소재로 형성된 탄성 필름인 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편 제조장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 전도성 물질은, 금(Au)이고,

상기 탄성 소재는, PDMS인 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편 제조장치.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 1차원 탄소나노물질들은, 탄소나노튜브, 나노선 및 그래핀 나노리본 중 적어도 하나를 포함하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편 제조장치.

청구항 10

1차원 탄소나노물질의 표면에 소금 결정을 형성하는 단계와;

광학 현미경을 이용하여 상기 소금 결정이 형성된 상기 1차원 탄소나노물질을 관찰하는 단계와;

상기 관찰이 완료되면, 물을 이용하여 상기 소금 결정을 제거하여 상기 1차원 탄소나노물질을 복원시키는 단계를 포함하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 방법.

청구항 11

기판 위에 1차원 탄소나노물질을 미리 설정된 방향으로 길게 형성하는 단계와;

일면에 도전성 물질이 구비된 커버를 상기 1차원 탄소나노물질의 일부분을 덮고, 상기 도전성 물질이 상기 1차원 탄소나노물질에 접하도록 배치하는 단계와;

상기 1차원 탄소나노물질의 양단부측에 각각 소금물을 각각 떨어뜨려 좌,우측 소금물을 배치하는 단계와;

상기 좌,우측 소금물 중 어느 하나에 플러스 전압을 인가하고, 나머지 하나에는 마이너스 전압을 인가하는 단계와;

상기 전압을 인가하면, 상기 좌,우측 소금물로부터 나트륨 이온, 염소 이온 및 전자들이 상기 1차원 탄소나노물질을 따라 서로 다른 극으로 이동하면서 상기 1차원 탄소나노물질의 표면에서 소금 결정이 형성되는 단계와;

상기 소금 결정이 형성되면, 상기 커버를 떼어내는 단계와;

광학 현미경을 이용하여 상기 소금 결정이 형성된 상기 1차원 탄소나노물질을 관찰하는 단계와;

상기 관찰이 완료되면, 물을 이용하여 상기 소금 결정을 제거하여 상기 1차원 탄소나노물질을 복원시키는 단계를 포함하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 커버와 상기 좌,우측 소금물은 서로 소정간격 이격되게 배치되는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 방법.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

상기 1차원 탄소나노물질들은 복수개가 서로 소정간격 이격되게 배치되고,

상기 커버는, 상기 1차원 탄소나노물질들을 가로지르도록 길게 배치되어 상기 복수의 1차원 탄소나노물질들을 덮는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 방법.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

상기 커버는, 탄성 소재로 형성된 탄성 필름인 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 도전성 물질은, 금(Au)이고,

상기 탄성 소재는, PDMS인 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 방법.

청구항 16

청구항 10 또는 청구항 11에 있어서,

상기 1차원 탄소나노물질은, 탄소나노튜브, 나노선 및 그래핀 나노리본 중 적어도 하나를 포함하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 방법.

청구항 17

기판 위에 1차원 탄소나노물질을 미리 설정된 방향으로 길게 형성하는 단계와;

일면에 도전성 물질이 구비된 커버를 상기 1차원 탄소나노물질의 일부분을 덮고, 상기 도전성 물질이 상기 1차원 탄소나노물질에 접하도록 배치하는 단계와;

상기 1차원 탄소나노물질의 양단부측에 각각 소금물을 각각 떨어뜨려 좌,우측 소금물을 배치하는 단계와;

상기 좌,우측 소금물 중 어느 하나에 플러스 전압을 인가하고, 나머지 하나에는 마이너스 전압을 인가하는 단계와;

상기 전압을 인가하면, 상기 좌,우측 소금물로부터 나트륨 이온, 염소 이온 및 전자들이 상기 1차원 탄소나노물질을 따라 서로 다른 극으로 이동하면서 상기 1차원 탄소나노물질의 표면에서 소금 결정이 형성되는 단계와;

상기 소금 결정이 형성되면, 상기 커버를 떼어내어 시편을 제조하는 단계를 포함하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편, 이의 제조장치, 이의 제조방법 및 광학 시각화 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 탄소나노튜브, 나노선, 그래핀 나노리본 등의 1차원 나노구조의 표면에 소금 결정을 형성시켜 광학 현미경을 통해서 관찰할 수 있도록 하는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편, 이의 제조장치 및 광학 시각화 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 탄소나노튜브 등의 1차원 나노구조를 갖는 소재는 가시광선의 파장보다 짧은 직경을 가지기 때문에, 일반적인 광학 현미경에서는 관찰이 어려운 문제점이 있다.

[0003] 상기 1차원 나노구조를 관찰하기 위해 SEM이나 TEM 등과 같은 장비를 필요로 하나, 이러한 장비는 매우 고가이므로 범용성이 매우 낮다.

[0004] AFM이나 STM과 같은 원자 현미경을 이용한 이미징 기술은 시간이 매우 오래 걸리고, 대면적 시각화가 어려운 문제점이 있다.

[0005] 이러한 문제점을 해결하기 위해, 나노튜브의 표면에 금이나 산화티타늄을 형성하거나, 물방울/얼음을 형성한 후, 광학현미경으로 관찰하는 기술이 개발되었지만, 각각 금/산화티타늄 제거 과정에서 나노튜브가 손상되거나, 물방울이나 얼음을 유지시키기가 매우 어려우므로 짧은 시간만 가능하거나 특수 장치를 필요로 한다는 점에서 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-1672336

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은, 1차원 나노 구조의 손상 없이 나노 구조를 광학 현미경으로 관찰할 수 있는 소금을 이용한 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편, 이의 제조장치, 이의 제조방법 및 광학 시각화 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 따른 소금을 이용한 1차원 나노 구조의 광학 시각화 시편은, 복수의 1차원 탄소나노물질들이 미리 설정된 방향으로 길게 형성된 기판과; 상기 1차원 탄소나노물질의 표면에 형성된 소금 결정들을 포함한다.

[0009] 본 발명에 따른 소금을 이용한 1차원 나노 구조의 광학 시각화 시편의 제조장치는, 복수의 1차원 탄소나노물질들이 미리 설정된 방향으로 길게 형성된 기판이 놓이는 베드와; 상기 1차원 탄소나노물질들의 일부분 또는 전체를 덮도록 배치되고, 상기 1차원 탄소나노물질과 접촉하는 면에 전도성 물질이 구비된 커버와; 상기 기판 위에서 상기 1차원 탄소 나노물질들의 양측 단부측에 각각 소금물을 공급하는 소금물 공급장치와; 상기 소금물 중 어느 하나에는 플러스 전압을 인가하고, 나머지 하나에는 마이너스 전압을 인가하여, 상기 소금물의 나트륨 이온, 염소 이온 및 전자들이 상기 1차원 탄소나노물질을 따라 서로 다른 극으로 이동하도록 하여, 상기 1차원 탄소나노물질의 표면에서 상기 나트륨 이온과 상기 염소 이온이 만나서 소금 결정들이 형성된 시편을 제조하기 위한 전원 공급장치를 포함한다.

[0010] 본 발명에 따른 소금을 이용한 1차원 나노 구조의 광학 시각화 시편의 제조방법은, 1차원 탄소나노물질의 표면에 소금 결정을 형성하는 단계와; 광학 현미경을 이용하여 상기 소금 결정이 형성된 상기 1차원 탄소나노물질을 관찰하는 단계와; 상기 관찰이 완료되면, 물을 이용하여 상기 소금 결정을 제거하여 상기 1차원 탄소나노물질을 복원시키는 단계를 포함한다.

[0011] 본 발명에 따른 소금을 이용한 1차원 나노 구조의 광학 시각화 시편의 제조방법은, 기판 위에 1차원 탄소나노물질을 미리 설정된 방향으로 길게 형성하는 단계와; 일면에 도전성 물질이 증착된 커버를 상기 1차원 탄소나노물질의 일부분을 덮고, 상기 도전성 물질이 상기 1차원 탄소나노물질에 접하도록 배치하는 단계와; 상기 1차원 탄소나노물질에서 상기 커버를 중심으로 좌,우측에 소금물을 각각 떨어뜨려 좌,우측 소금물을 배치하는 단계와; 상기 좌,우측 소금물에 각각 전압을 거는 단계와; 상기 전압을 걸면, 상기 좌,우측 소금물로부터 나트륨 이온, 염소 이온 및 전자들이 상기 1차원 탄소나노물질을 따라 서로 다른 극으로 이동하면서 상기 1차원 탄소나노물질에서 소금 결정이 형성되는 단계와; 상기 소금 결정이 형성되면, 상기 커버를 떼어내는 단계와; 광학 현미경을 이용하여 상기 소금 결정이 형성된 상기 1차원 탄소나노물질을 관찰하는 단계와; 상기 관찰이 완료되면, 물을 이용하여 상기 소금 결정을 제거하여 상기 1차원 탄소나노물질을 복원시키는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명은, 1차원 탄소나노물질을 따라 소금 결정을 형성시킨 후, 광학 현미경을 통해 관찰함으로써, 고가의 SEM 이나 TEM 장비를 사용할 필요가 없으므로 비용이 절감될 수 있으면서, 대면적 시각화가 가능한 이점이 있다.

[0013] 또한, 1차원 탄소나노물질들 위에 형성된 소금 결정들을 물을 이용하여 제거함으로써, 1차원 탄소나노물질들의 구조 손상이나 물성 저하를 발생시키지 않으면서 원상태로 복원이 가능한 이점이 있다.

[0014] 또한, 1차원 탄소나노물질들에 형성된 소금 결정들이 최소 1개월까지 유지가 가능하므로, 장시간 관찰이 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편의 제조 방법에서 1차원 탄소나노물질을 형성하는 단계를 나타낸 도면이다.

도 2는 도 1에 도시된 1차원 탄소나노물질에 커버를 덮는 단계를 나타낸 도면이다.

도 3은 도 2에 도시된 시편 위에 소금물을 떨어뜨리는 단계를 나타낸 도면이다.

도 4는 도 3에 도시된 소금물에 전압을 인가하여 소금 결정을 형성하는 단계를 나타낸 도면이다.

도 5는 도 4에서 커버를 떼어내는 단계를 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 소금 결정 형성 전,후의 라만 스펙트럼을 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 소금 결정 후 광학 현미경으로 관찰한 이미지와 전자 현미경으로 관찰한 이미지를 나타낸다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 소금 결정 후 시간 경과에 따른 관찰 상태를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예에 대해 설명한다.

[0017] 본 발명의 실시예에 따른 1차원 나노 구조의 광학 시각화 시편은, 광학 현미경(미도시)을 통해 1차원 탄소나노물질들을 이미징화할 수 있는 시편이다.

[0018] 상기 시편은, 기판(2), 1차원 탄소나노물질들(10) 및 소금 결정들(40)을 포함한다.

[0019] 상기 기판(2)은, Si/SiO_2기판을 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 기판(2)은 상기 광학 현미경에 직접 장착되는 것도 가능하고, 별도의 베드 위에 장착되는 것도 가능하다.

[0020] 상기 1차원 탄소나노물질(10)은, 1차원 나노 구조를 가지며 탄소 소재를 포함하여 전도성을 갖는 물질이다. 상기 1차원 탄소나노물질은, 탄소나노튜브, 나노선 및 그래핀 나노리본을 포함하며, 본 실시예에서는 탄소나노튜브인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0021] 상기 소금 결정들(40)은, 상기 1차원 탄소나노물질들(10)의 표면에서 상기 1차원 탄소나노물질들(10)을 따라 형성된다. 상기 소금 결정들(40)의 형성방법은 뒤에서 상세히 설명한다.

[0022] 상기와 같이 구성된 시편의 제조장치는, 상기 기판(2)이 놓이는 베드(미도시), 커버(20), 소금물 공급장치(미도시) 및 전원 공급장치(미도시)를 포함한다.

[0023] 상기 커버(20)는, 일면에 도전성 물질이 구비되고, 추후 착탈가능하도록 신축성 및 유연성을 갖도록 형성된다. 상기 커버(20)는, PDMS로 형성되고 소정의 두께를 갖도록 형성된 탄성 필름인 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 커버(20)의 일면에는 상기 도전성 물질이 증착되어 도전성 막(21)을 형성한다. 상기 도전성 물질은 금(Au)인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0024] 상기 소금물 공급장치(미도시)는, 상기 기판(2)에 놓인 상기 1차원 탄소나노물질의 양측 단부에 소금물을 일정량 공급하기 위한 장치이다.

[0025] 상기 전원 공급장치(미도시)는, 상기 1차원 탄소나노물질의 양측 단부에 놓인 좌,우측 소금물 중 어느 하나에는 플러스 전압을 인가하고, 나머지 하나에는 마이너스 전압을 인가하기 위한 장치이다.

[0026] 본 발명의 실시예에 따른 1차원 나노구조의 광학 시각화 방법을 설명하면 다음과 같다.

[0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 1차원 나노구조의 광학 시각화 시편의 제조 방법에서 1차원 탄소나노물질을 형성하는 단계를 나타낸 도면이다.

[0028] 먼저, 도 1을 참조하면, 기판(2)위에 1차원 탄소나노물질(10)을 형성한다.

[0029] 상기 기판(2)은 Si/SiO_2기판을 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 기판은 광학 현미경에 장착 가능하다.

[0030] 상기 1차원 탄소나노물질(10)은, 1차원 나노 구조를 가지며 탄소 소재를 포함하여 전도성을 갖는 물질이다. 상기 1차원 탄소나노물질은, 탄소나노튜브, 나노선 및 그래핀 나노리본을 포함하며, 본 실시예에서는 탄소나노튜브인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0031] 상기 1차원 탄소나노물질(10)은, 상기 기판(2)위에서 미리 설정된 방향으로 길게 복수개를 형성한다. 상기 1차

원 탄소나노물질들(10)은 복수개가 서로 평행하게 배치되고, 서로 소정간격 이격되게 배치된다.

[0032] 이후, 도 2를 참조하면, 상기 1차원 탄소나노물질들(10)이 형성된 상기 기판(2)위에 커버(20)를 덮는다.

[0033] 상기 커버(20)는, 일면에 도전성 물질이 구비되고, 추후 착탈가능하도록 신축성 및 유연성을 갖도록 형성된다.

[0034] 상기 커버(20)는, PDMS로 형성되고 소정의 두께를 갖도록 형성된 탄성 필름인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0035] 상기 커버(20)의 일면에는 상기 도전성 물질이 증착되어 도전성 막(21)을 형성한다. 상기 도전성 물질은 금(Au)인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0036] 상기 커버(20)는, 상기 복수의 1차원 탄소나노물질들(10)을 가로지도록 배치된다. 즉, 상기 커버(20)는 상기 1차원 탄소나노물질들(10)의 길이방향에 수직한 방향으로 길게 배치되어, 상기 1차원 탄소나노물질들(10)을 덮도록 배치된다. 이 때, 상기 커버(20)는, 상기 1차원 탄소나노물질들(10) 전체를 덮지 않고, 상기 1차원 탄소나노물질들(10)의 중심부를 포함한 일부분을 덮도록 배치된다.

[0037] 상기 커버(20)의 크기와 형상은 관찰하고자 하는 부분의 면적 등에 따라 다양하게 설정될 수 있다.

[0038] 또한, 상기 도전성 막(21)이 상기 1차원 탄소나노물질들(10)에 접촉하도록 배치된다.

[0039] 다음으로, 도 3을 참조하면, 상기 커버(20)에서 좌,우측으로 소정간격 이격된 위치에 소금물(30)을 각각 떨어뜨린다.

[0040] 상기 커버(20)와 좌,우측 소금물(30)은 서로 소정간격 이격되게 배치된다. 상기 좌,우측 소금물(30)은 상기 1차원 탄소나노물질들(10) 위에 배치된다.

[0041] 이후, 도 4를 참조하면, 상기 좌,우측 소금물(30)에 전압을 건다.

[0042] 상기 좌,우측 소금물(30) 중 일측에는 플러스 전압을 걸고, 나머지에는 마이너스 전압을 건다. 본 실시예에서는, 상기 좌,우측 소금물(30)에 백금(Pt)으로 형성된 전극을 담구어 전압을 인가하는 것으로 예를 들어 설명한다. 이하, 상기 좌,우측 소금물(30) 중에서 마이너스 전압이 걸린 쪽을 음극 소금물(31)이라 하고, 플러스 전압이 걸린 소금물을 양극 소금물(32)이라 칭한다.

[0043] 상기 좌,우측 소금물(30)에 전압을 걸면, 상기 좌,우측 소금물(30)로부터 나트륨 이온(Na+), 염소 이온(cl-) 및 전자(electron)들이 서로 다른 방향으로 이동한다.

[0044] 즉, 상기 양극 소금물(32)의 나트륨 이온은 상기 음극 소금물(31)을 향해 이동하고, 상기 음극 소금물(31)의 염소 이온과 전자들은 상기 양극 소금물(32)으로 이동한다.

[0045] 상기 나트륨 이온과 상기 염소 이온은 각각 상기 1차원 탄소나노물질(10)을 따라 이동하다가 서로 결합되어 소금 결정(40)을 형성한다.

[0046] 상기 소금 결정(40)은, 상기 음극 소금물(31)과 상기 커버(20)사이, 상기 양극 소금물(32)과 상기 커버(20)사이에서 상기 1차원 탄소나노물질(10)의 표면에 형성된다. 특히, 상기 소금 결정(40)은, 상기 양극 소금물(32)과 상기 커버(20)사이에 주로 형성된다. 상기 음극 소금물(31)에서 나온 전자들의 영향으로 상기 양극 소금물(32)과 상기 커버(20)사이의 부분(A)에서 상기 소금 결정들(40)이 보다 많이 형성된다. 또한, 상기 양극 소금물(32)과 상기 커버(20)사이의 부분(A)에서 생성된 상기 소금 결정들(40)에는 나트륨 이온이 염소 이온보다 많이 검출된다.

[0047] 이 때, 상기 기판(2), 상기 1차원 탄소나노물질(10) 및 상기 도전성 물질의 조합으로 인해 상기 나트륨 이온, 상기 염소 이온 및 상기 전자들의 이동이 매우 빠르며, 상기 소금 결정들(40)의 크기도 빠르게 커지기 때문에, 상기 1차원 탄소나노물질(10)의 표면에 상기 소금 결정들(40)의 생성 여부를 쉽게 육안으로도 확인할 수 있다.

[0048] 이후, 도 5를 참조하면, 상기 커버(20)를 떼어낸다.

[0049] 즉, 상기 소금 결정(40)이 형성되면, 상기 커버(20)를 떼어낼 수 있다. 상기 커버(20)는 신축성 및 유연성있는 재질로 형성된 필름이기 때문에, 떼어내는 것이 용이하다.

[0050] 상기 소금 결정들(40)은, 상기 커버(20)로 덮히지 않는 부분에서 형성되므로, 상기 커버(20)를 떼어낼 때 상기 소금 결정들(40)의 이탈이 발생하지 않는다.

[0051] 또한, 상기 좌,우측 소금물들(30)은, 마이크로 피펫 등을 이용하여 제거할 수 있더,

[0052] 따라서, 상기와 같은 방법으로 상기 1차원 탄소나노물질(10) 위에 상기 소금 결정들(40)이 형성된 시편을 제조할 수 있다.

[0053] 상기 커버(20)를 떼어낸 후, 광학 현미경(미도시)에 상기 시편을 장착한 후, 소금 결정이 형성된 상기 1차원 탄소나노물질(10)을 관찰할 수 있다.

[0054] 상기 관찰이 완료되면, 물을 이용하여 상기 소금 결정들(40)을 제거할 수 있다.

[0055] 상기 소금 결정들(40)은 마이크로 피펫을 이용하여 물로 녹인 후 제거할 수 있다.

[0056] 상기 소금 결정들(40)이 물에 잘 녹기 때문에, 별도의 화학적 제거제나 제거방법이 필요하지 않고 간단하게 상기 소금 결정들(40)을 제거할 수 있다.

[0057] 또한, 상기 소금 결정들(40)이 물에 쉽게 녹기 때문에, 상기 1차원 탄소나노물질들의 손상이나 물성 저하가 발생되지 않는다. 종래에 금이나 티타늄 등과 같은 나노 입자를 형성시켜 관찰하는 경우, 나노 입자를 화학적 식각등을 이용하여 제거해야하기 때문에, 1차원 탄소나노물질들(10)의 손상이나 물성 저하가 발생되는 문제점이 있었으나, 본 발명에서는 상기 소금 결정들(40)의 제거가 용이하면서도 상기 1차원 탄소나노물질들(10)의 손상이나 물성 저하가 발생되지 않는 이점이 있다.

[0058] 도 6을 참조하면, 라만 스펙트럼을 비교해 본 결과, 상기 소금 결정들(40)이 형성되기 이전(A)과 상기 소금 결정들(40)이 형성되어 제거된 후(B)의 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

[0059] 따라서, 상기 소금 결정들(40)을 형성하여 관찰한 후, 상기 소금 결정들(40)을 제거한 이후에 상기 1차원 탄소나노물질들(10)의 손상이 없음을 확인할 수 있었다.

[0060] 일반적으로, D-peak(D)는, 탄소나노튜브를 포함한 탄소 동소체의 결정구조에 결합 또는 손상이 있을 경우 나타나는 피크이며, 보통 1350cm^{-1} 부근에서 관측되는 것이다. 즉, D-peak의 유무와 세기에 따라 손상 정도를 판단할 수 있다.

[0061] 도 6에서는 D-peak(D)가 나타나지 않았으므로, 상기 소금 결정들(40)이 제거된 이후에 상기 1차원 탄소나노물질들(10)의 손상이 없음을 확인할 수 있었다.

[0062] 도 6에서 G-peak(G)는, 1580cm^{-1} 부근에서 관측되는 피크이다. 흑연관련 물질들에서 공통적으로 나타나는 피크이며 흑연(Graphite)의 앞 글자를 따서 G-peak으로 칭한다.

[0063] 일반적으로 탄소나노튜브가 손상을 받을 경우 D-peak의 증가, G-peak의 감소, G-peak의 폭 증가가 나타나게 된다. 따라서, D-peak과 G-peak의 비율인 D/G ratio를 통해서 그 손상 정도를 정량화할 수 있다.

[0064] 도 6을 참조하면, 상기 소금 결정들(40)이 제거된 이후에 D-peak가 생성되지 않았으며, G-peak의 세기 및 폭의 차이가 거의 없음을 확인할 수 있으므로, 상기 1차원 탄소나노물질들(10)의 손상이 없다고 판단할 수 있다.

[0065] 따라서, 상기 광학 현미경을 통해 상기 1차원 탄소나노물질들(10)을 관찰한 후, 상기 소금 결정들(40)을 제거하여, 상기 1차원 탄소나노물질들(10)을 상기 소금 결정들(40)이 형성되기 이전의 상태 그대로 복원될 수 있다.

[0066] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 소금 결정 후 광학 현미경으로 관찰한 이미지와 전자 현미경으로 관찰한 이미지를 나타낸다.

[0067] 도 7a는 상기 소금 결정들(40)이 형성된 상기 1차원 탄소나노물질들(10)을 광학 현미경을 이용하여 관찰한 사진이고, 도 7b는 SEM을 이용하여 관찰한 사진이다.

[0068] 상기 1차원 탄소나노물질들(10) 위에 상기 소금 결정들(40)을 형성함으로써, 상기 광학 현미경을 통해 상기 1차원 탄소나노물질들(10)의 이미징이 가능한 것을 알 수 있다.

[0069] 상기 광학 현미경을 이용하여 상기 1차원 탄소나노물질들(10)의 이미징이 가능함으로써, 고가의 장비인 SEM이나 TEM을 사용하지 않아도 되므로 비용이 절감될 수 있으며 관찰이 보다 쉽고 용이해질 수 있다.

[0070] 또한, 상기 광학 현미경은 대면적 시각화가 가능하여, 보다 넓은 영역을 보다 자세하게 볼 수 있는 이점이 있다.

[0071] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 소금 결정 후 시간 경과에 따른 관찰 상태를 나타낸다.

[0072] 도 8a는 소금 결정이 형성된 직후 광학 현미경으로 시각화한 이미지이고, 도 8b는 4일이 경과한 후 광학 현미경으로 시각화한 이미지이며, 도 8c는 28일이 경과한 후 광학 현미경으로 시각화한 이미지이다.

[0073] 도 8a 내지 8c를 참조하면, 상기 소금 결정들(40)이 형성된 상기 1차원 탄소나노물질들(10)이 경과 시간에 영향을 받지 않고 상태가 유지되어, 경과 시간에 따른 이미지의 차이가 거의 없는 것을 알 수 있다.

[0074] 따라서, 본 발명에 따른 소금을 이용한 광학 시각화 방법은, 장기간 관찰이 가능한 것을 알 수 있다. 즉, 최소 1개월까지 시각화가 가능함을 알 수 있다.

[0075] 따라서, 물방울이나 얼음을 이용하는 경우에 비해, 상기 소금 결정들(40)을 형성하는 경우 보다 오랜시간 관찰이 가능한 이점이 있다.

[0076] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

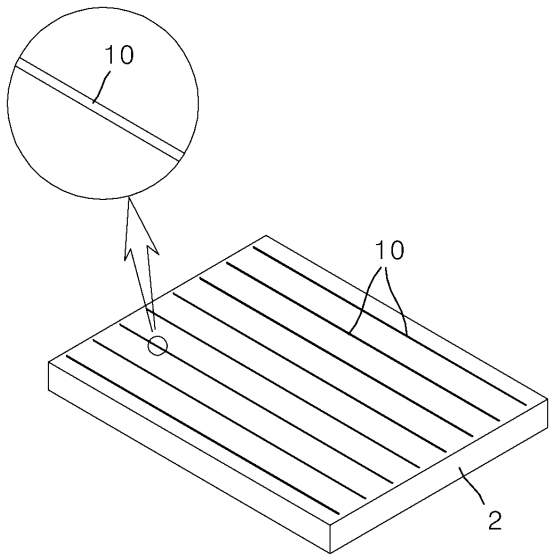
[0077] 2: 기판 10: 1차원 탄소나노물질

20: 커버 21: 도전성 막

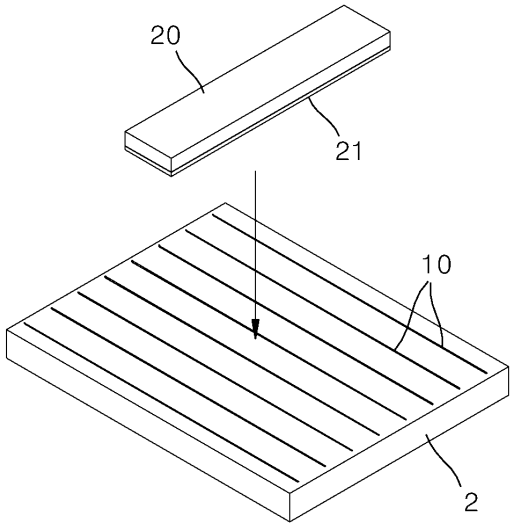
30: 소금물 40: 소금물

도면

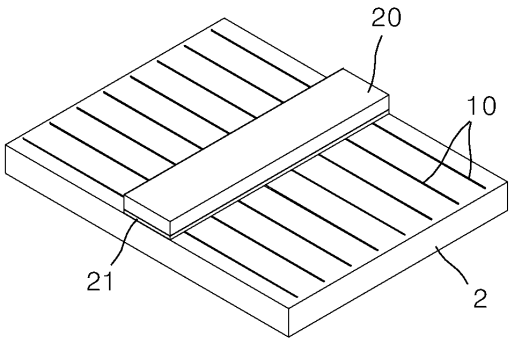
도면1



도면2

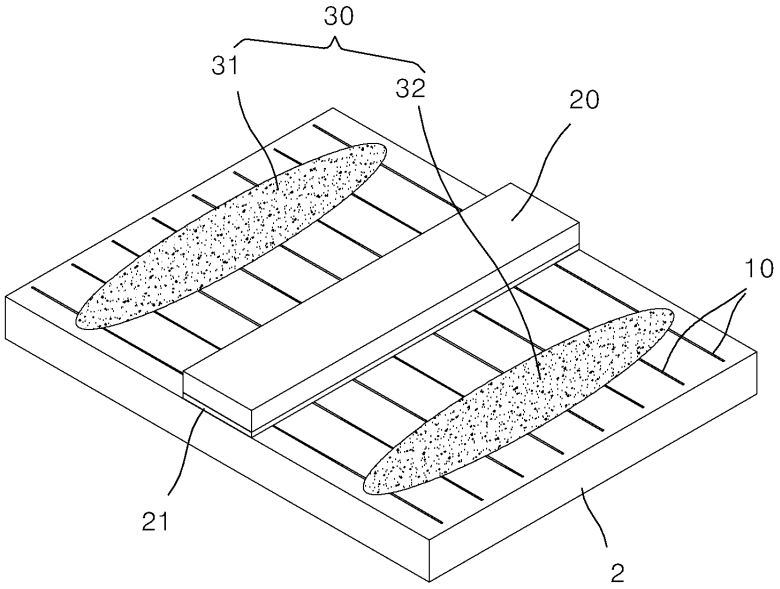


(a)

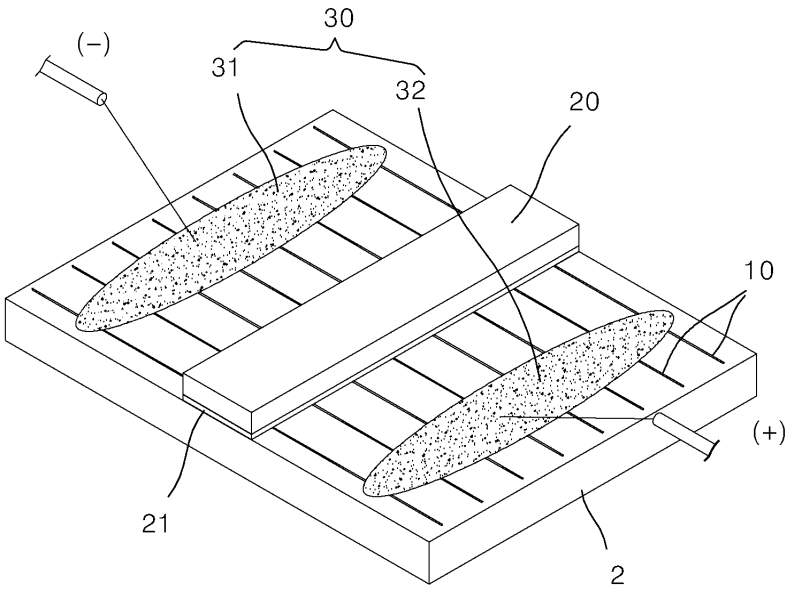


(b)

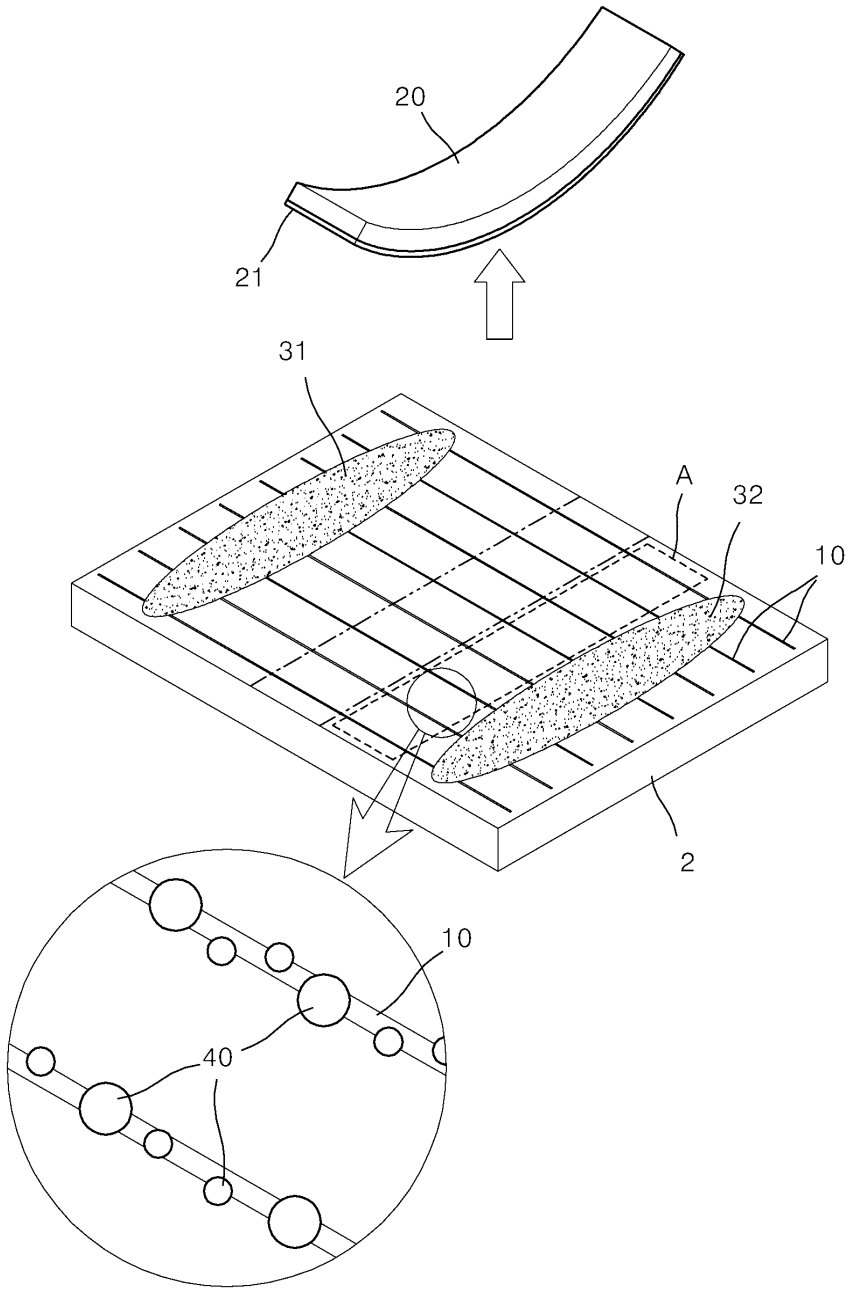
도면3



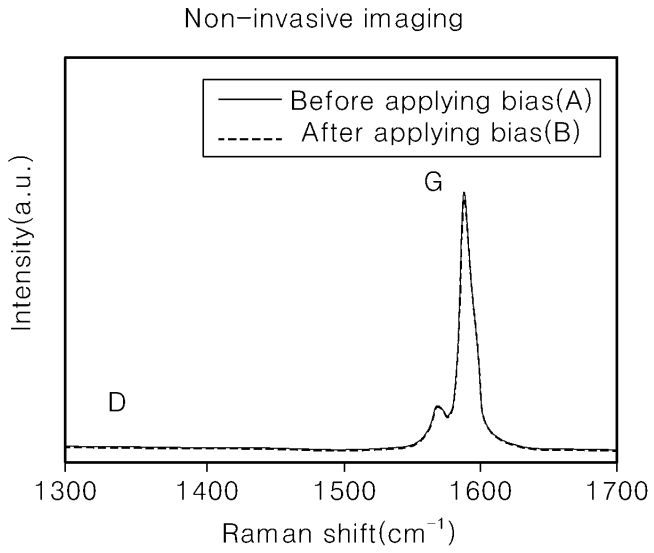
도면4



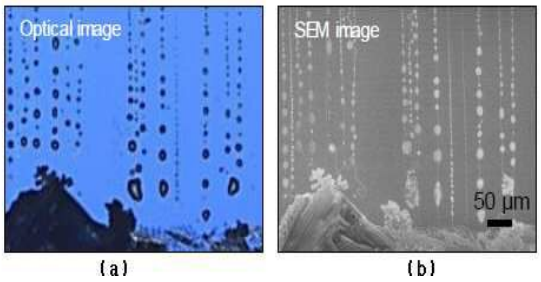
도면5



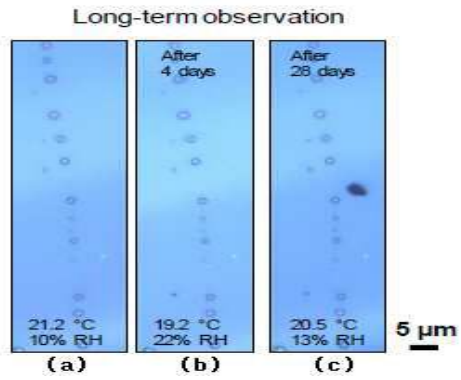
도면6


Non-invasive imaging
Before applying bias(A)
After applying bias(B)
G
D
Intensity(a.u.)
1300
1400
1500
1600
1700
Raman shift(cm-1)

도면7


Optical image
SEM image
50 μm
(a)
(b)

도면8


Long-term observation
After 4 days
After 28 days
21.2 °C 10% RH
19.2 °C 22% RH
20.5 °C 13% RH
5 μm
(a)
(b)
(c)