(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0032146
(43) 공개일자 2015년03월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/324 (2006.01) *H01L 21/20* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0007656
(22) 출원일자 2014년01월22일
심사청구일자 2014년01월22일
(30) 우선권주장
1020130111756 2013년09월17일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
박규창
서울 광진구 아차산로70길 17-21, 1동 1301호 (광장동, 삼성차아파트)
(74) 대리인
오세중

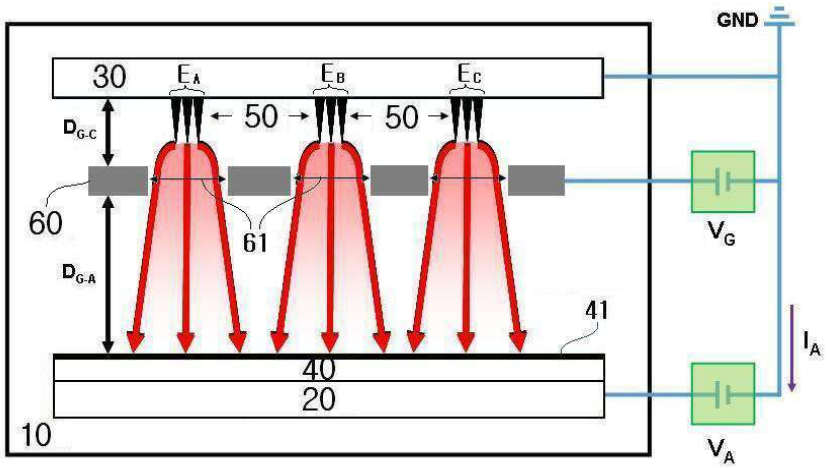
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 챔버; 상기 챔버 내에 서로 이격되게 마련된 애노드 및 상기 애노드 상의 캐소드; 상부에 박막을 구비하며, 상기 애노드 상에 마련된 기판; 상기 캐소드 하부에 마련된 다수의 에미터; 상기 에미터와 이격되게 마련된 게이트를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

챔버;

상기 챔버 내에 서로 이격되게 마련된 애노드 및 상기 애노드 상의 캐소드;

상부에 박막을 구비하며, 상기 애노드 상에 마련된 기판;

상기 캐소드 하부에 마련된 다수의 에미터;

상기 에미터와 이격되게 마련된 게이트를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 박막은 실리콘 박막, 절연 필름, 산화물 반도체, 전도성 필름 및 투명전극으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 게이트는 다수의 개구홈을 구비한 메쉬 구조로 형성되는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 각 에미터는 상기 개구홈 상에 위치하는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

2개 이상의 상기 에미터로 이루어진 다수의 에미터 그룹을 더 포함하고,

상기 각 에미터 그룹은 상기 개구홈 상에 위치하는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 각 에미터 그룹 내의 각 에미터는 해당 에미터 그룹 상에 위치한 개구홈의 중심점을 기준으로 대칭되게 배열된 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 캐소드와 에미터 사이에 마련된 전계방출기판을 더 포함하고,

상기 전계방출기판 상부에 마련된 금속성의 제1캐리어층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1캐리어층은 상기 전계방출기판에 열합착되는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환

장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 제1캐리어층은 금, 은, 구리, 주석, 알루미늄, 니켈, 아연, 백금, 몰리브텐, 티탄으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 금속 또는 이들 금속의 합금 중 어느 하나로 구성된 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 10

제7항에 있어서,

상부에 요철이 형성된 제1요철부를 구비하고, 상기 제1캐리어층의 상부에 마련된 금속성의 제2캐리어층을 더 포함하며,

상기 캐소드는,

하부에 상기 제2캐리어층의 제1요철부에 대응하는 반대 요철이 형성된 제2요철부를 구비하고, 상기 제2요철부가 상기 제2캐리어층의 제1요철부에 요철 결합되는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 11

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 캐소드와 에미터 사이에 마련된 전계방출기판을 더 포함하고,

상부에 요철이 형성된 제3요철부를 구비하며, 상기 전계방출기판의 상부에 마련된 금속성의 제3캐리어층을 더 포함하며,

상기 캐소드는,

하부에 상기 제3캐리어층의 제3요철부에 대응하는 반대 요철이 형성된 제4요철부를 구비하고, 상기 제4요철부가 상기 제3캐리어층의 제3요철부에 요철 결합되는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 박막에서 발생하는 음극선 발광의 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지나 조사시간을 조절하는 것을 특징으로 하는 박막 특성 변환 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 음극선 발광의 스펙트럼을 분석하는 스펙트럼 분석장치;

상기 스펙트럼 분석장치에 의해 분석된 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지 또는 조사시간을 조절하는 제어장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 특성 변환 장치.

청구항 14

제1항의 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치를 이용하여 박막의 특성을 변환시키는 방법으로서,

상기 박막에 전자빔을 조사하여 상기 박막의 특성을 변화시키는 제1단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제1단계 전에 소정의 박막 증착법을 이용하여 상기 기판의 상부에 박막을 증착하는 단계를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 박막 증착법은 스퍼터링법 또는 플라즈마 화학 기상 증착법인 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 전자빔은 10초 내지 60초 동안 조사되는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 박막에서 발생하는 음극선 발광의 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지나 조사시간을 조절하는 제2단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 전자방출에 의해 전자빔을 조사하여 기판에 형성된 박막의 특성을 변환하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 액정표시장치(LCD: Liquid Crystal Display)는 인가전압에 따라 변화되는 액정의 투과도를 이용하는 디스플레이 장치로서, 박막트랜지스터(Thin Film Transistor, TFT)를 화소 전극의 스위칭 소자로 사용하는 TFT-LCD가 대표적이다. TFT-LCD는 TFT 어레이 및 화소전극을 구비하는 하부기판, 컬러필터를 구비하는 상부기판, 상기 상부 기판 및 하부 기판의 사이에 충진되는 액정층을 포함하며, 이러한 TFT-LCD는 구동 드라이브 IC 및 회로기판과 연결되어 하나의 모듈로서 완성된다.

[0003] 일반적으로, TFT-LCD의 상부 및 하부 기판은 석영 등의 값비싼 기판 대신에 상대적으로 저가인 유리 기판이 사용된다. 하지만, 유리 기판은 570℃ 이상의 고온에서는 연화가 일어나 표면의 강도가 떨어지면서 공정중에 표면 평활도가 저하되고 뒤틀림이나 수축 현상이 발생하게 된다. 따라서, TFT-LCD는 400℃ 이하의 저온 공정에서 증착이 가능한 비정질 실리콘 박막(a-Si)으로 박막트랜지스터를 형성한다. 하지만, 비정질 실리콘의 경우 전자 이동도가 낮아 고해상도와 고집적화를 실현하는데 어려움이 있으며, 제조공정이 복잡하고 비경제적이다.

[0004] 이러한 단점들을 극복하는 방안으로서, 박막트랜지스터를 다결정 실리콘(polycrystalline silicon)으로 형성하는 방법이 있다. 다결정 실리콘(polycrystalline silicon)은 비정질 실리콘에 비하여 전자이동도가 수백 배 이상 크기 때문에 고해상도, 대화면 TFT-LCD의 제조에 적합할 뿐만 아니라 Memory, CPU, Controller와 Interface를 유리 위에 직접 집적화할 수 있는 차세대 SOG(System On Glass) 구현이 가능하여 제조공정의 단순화는 물론 소자의 크기를 축소하여 집적도 면에서 크게 유리한 장점이 있다.

[0005] 한편, 다결정 실리콘(polycrystalline silicon) 박막을 형성하기 위해서는 기판에 먼저 비정질 실리콘을 증착한 후에 이를 다결정 실리콘(polycrystalline silicon)으로 결정화하게 된다. 즉, 기판에 손상을 주지 않는 400℃ 내외의 저온으로 유지한 상태에서 기판에 비정질 실리콘을 증착한 후 후속적인 급속 열처리나 레이저 스캐닝 등과 같은 방법을 통해 재결정화 단계를 거쳐 다결정질화하는 과정을 거치게 된다. 이와 같은 방법을 통해 형성되는 다결정 실리콘(polycrystalline silicon)을 저온 다결정 실리콘(Low Temperature Polycrystalline Silicon, 'LTPS')이라 한다.

[0006] 이러한 poly-Si TFT는 높은 전자이동도로 인해 구동IC를 유리 기판 내에 집적화할 수 있어 슬림한 장치의 구현이 가능하다. 또한 빠른 응답속도로 인해 대면적, 고밀도 디스플레이에 사용가능하다는 장점을 가진다. 그 밖에 미세한 금속 배선 공정이 가능하므로 비정질 Si TFT보다 상대적으로 화소 개구율이 높고 광이나 온도 등의 외부

환경에 대해서도 안정적이다.

[0007] 비정질 실리콘층을 다결정 실리콘(polycrystalline silicon)으로 결정화하는 방법에는, 반응로(furnace) 속에서 로(爐)가열법을 이용하여 비정질 실리콘을 결정화하는 고상결정화법(Solid Phase Crystallization, SPC법), 빛을 이용하여 급속히 가열하는 방법으로 결정화시키는 고속열처리(Rapid Thermal Annealing, RTA)법, 엑시머 레이저를 순간 조사하여 비정질 실리콘층을 1400℃ 정도까지 순간적으로 가열하여 결정화하는 엑시머 레이저 어닐링(Eximer Laser Annealing, ELA)법, 비정질 실리콘층 상에 선택적으로 증착된 금속을 씨드로 하여 결정화를 유도하는 금속유도결정화(Metal Induced Crystallization, MIC)법 등이 있다.

[0008] 구체적으로, 고상 결정화법(Solid Phase Crystallization, SPC)이나 고속열처리법(Rapid Thermal Annealing, RTA)은 저압화학증착방법(Low Pressure Chemical Vapor Deposition, LPCVD)이나 플라즈마 화학증착방법(Plasma Enhanced CVD, PECVD), 스퍼터링 방법 등으로 비교적 저온인 200℃ ~ 400℃에서 유리기판상에 비정질 실리콘을 형성한 다음, 약 600℃ 이상의 열을 가하는 방법이다. 하지만, 이 방법은 후속 열처리 온도가 유리 기판에 사용하기에는 지나치게 높고 결정립 성장방향 및 균일성이 좋지 않아 높은 수율을 기대하기 어려운 문제점이 있다.

[0009] 또한, 금속유도 결정화법(Metal Induced Crystallization)은 실리콘의 핵생성을 유도하는 금속을 박막 성장시에 첨가하는 방법으로서, 일반적으로 실리콘과 공정계를 이루는 금, 알루미늄 등이나 실리사이드를 형성하는 니켈, 티타늄을 함께 첨가하는 방법이다. 하지만 이 방법은, 첨가된 금속들이 실리콘에 도펀트로 작용하여 박막의 전기적 성질을 변화시키고, 실리사이드 반응이 발생할 경우에는 박막 상당 부분이 전기적으로 통전되어 누설전류(leakage current)가 발생하는 등 박막 트랜지스터의 특성을 열화시키는 문제점이 있다.

[0010] 또한, 1980년대 중반에 소니 연구진에 의해서 개발된 엑시머 레이저 결정화(Excimer Laser Crystallization, ELC) 방법은, 유리 기판의 상부에 비정질 실리콘을 형성한 후 비정질 실리콘 위에 높은 에너지를 갖는 레이저 펄스를 조사하여 비정질 실리콘 박막의 부분 또는 전체를 용융시킴으로써 결정화시키는 방법으로서, 실리콘의 공정온도만 올라가고 그 하부의 기판온도는 크게 올라가지 않는다는 장점을 가진다.

[0011] 한편, 우수한 성능의 디스플레이를 얻기 위해서는 다결정 실리콘의 결정의 크기가 커야 하며, 결정 결함 및 표면의 거칠기가 작아야 한다. 이와 같은 다결정 실리콘 막을 얻기 위해서는 사용되는 레이저의 에너지 밀도를 임계 에너지 밀도에 근접하도록 하여 최소한의 결정핵 역할을 할 수 있는 비정질 실리콘 박막을 남겨두어야 한다.

[0012] 하지만, 엑시머 레이저 결정화법은 레이저의 에너지 밀도 구간이 매우 좁아 공정 진행시 허용되는 오차 내에서 레이저가 조사되도록 제어하는 것이 쉽지 않을 뿐만 아니라, 레이저 자체의 균일성 부족으로 박막 전체에 고른 에너지 전달이 어렵고, 이에 따라 형성된 다결정 실리콘 막에도 그레인이 임의로 위치하는 등 균일한 소자 특성을 확보하기 어려운 문제점이 있다.

[0013] 또한, 엑시머 레이저 결정화법은 최대 빔폭이 수십 밀리미터인 레이저를 이용하므로 대면적의 박막을 형성할 경우, 수많은 빔이 필요하여 각 빔을 적절하게 제어해야 하는 어려움이 발생하고, 각 빔의 조사 시점에 따른 빔의 균일성 문제가 발생하는 등 대면적의 결정화된 박막을 얻기 어려울 뿐만 아니라, 시스템의 가격 상승으로 제조 비용이 비싸지는 문제점이 발생한다.

[0014] 즉, 엑시머 레이저 결정화법은 레이저 빔의 한계, 고가의 시스템, 고가의 운영비, 불균일한 특성, 대면적화의 어려움으로 인해 고정세 대면적의 디스플레이 장치를 구현할 수 없어 이를 대체할 수 있는 새로운 박막 결정화 방법이 요청되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여, 전자방출 특성을 향상시켜 안정적이고 균일한 대면적의 결정화된 박막을 얻을 수 있도록 하는 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치 및 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는, (1) 챔버, (2) 상기 챔버 내에 서로 이격되게 마련된 애노드 및 상기 애노드 상의 캐소드, (3) 상부에 박막을 구비하며, 상기 애노드 상에 마련된 기판, (4) 상기 캐소드 하부에 마련된 다수의 에미터, (5) 상기 에미터와 이격되게 마련된 게이트를 포함하여 구성된다.

[0017] 이때, 상기 박막은 실리콘 박막, 절연 필름, 산화물 반도체, 전도성 필름 및 투명전극으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것이 바람직하다.

[0018] 특히, 상기 게이트는 다수의 개구홈을 구비한 메쉬 구조로 형성되는 것이 바람직하다.

[0019] 또한, 상기 각 에미터는 상기 게이트의 개구홈 상에 위치하는 것이 바람직하다.

[0020] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는, 2개 이상의 상기 에미터로 이루어진 다수의 에미터 그룹을 더 포함할 수 있으며, 이때 상기 각 에미터 그룹은 상기 개구홈 상에 위치하는 것이 바람직하다.

[0021] 특히, 상기 각 에미터 그룹 내의 각 에미터는 해당 에미터 그룹 상에 위치한 개구홈의 중심점을 기준으로 서로 대칭이 되게 배열되는 것이 바람직하다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 상기 캐소드와 에미터 사이에 마련된 전계방출기판을 더 포함할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 전계방출기판 상부에 마련된 금속성의 제1캐리어층을 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 제1캐리어층은 상기 전계방출기판에 열합착되는 것이 바람직하다.

[0024] 특히, 상기 제1캐리어층은 금, 은, 구리, 주석, 알루미늄, 니켈, 아연, 백금, 몰리브덴, 티탄으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 금속 또는 이들 금속의 합금 중 어느 하나로 구성되는 것이 바람직하다.

[0025] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 상부에 요철이 형성된 제1요철부를 구비하고, 상기 제1캐리어층의 상부에 마련된 금속성의 제2캐리어층을 더 포함할 수 있다. 이때 상기 캐소드는 상부에 상기 제2캐리어층의 제1요철부에 대응하는 반대 요철이 형성된 제2요철부를 구비하고, 상기 제2요철부가 상기 제2캐리어층의 제1요철부에 요철 결합되는 것이 바람직하다.

[0026] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 상부에 요철이 형성된 제3요철부를 구비하며, 상기 전계방출기판의 상부에 마련된 금속성의 제3캐리어층을 포함할 수 있다. 이때 상기 캐소드는 상부에 상기 제3캐리어층의 제3요철부에 대응하는 반대 요철이 형성된 제4요철부를 구비하고, 상기 제4요철부가 상기 제3캐리어층의 제3요철부에 요철 결합되는 것이 바람직하다.

[0027] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 상기 박막에서 발생하는 음극선 발광의 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지나 조사시간을 조절할 수 있다.

[0028] 즉, 본 발명의 상기 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 (1) 상기 음극선 발광의 스펙트럼을 분석하는 스펙트럼 분석장치, (2) 상기 스펙트럼 분석장치에 의해 분석된 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지 또는 조사시간을 조절하는 제어장치를 더 포함할 수 있다.

[0029] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법은 서로 이격되게 마련된 애노드와 상기 애노드 상의 캐소드, 상부에 박막을 구비하고 상기 애노드 상에 마련된 기판, 상기 캐소드 하부에 마련된 다수의 에미터 및 상기 에미터와 이격되게 마련된 게이트를 각각 내부에 포함하는 챔버를 이용하며, 구체적으로 상기 박막에 전자빔을 조사하여 상기 박막의 특성을 변화시키는 제1단계를 포함한다.

[0030] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법은 상기 제1단계 전에 소정의 박막 증착법을 이용하여 상기 기판의 상부에 박막을 증착하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 박막 증착법은 스퍼터링법 또는 플라즈마 화학 기상 증착법인 것이 바람직하다.

[0031] 또한, 상기 전자빔은 10초 내지 60초 동안 조사되는 것이 바람직하다.

[0032] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법은 상기 박막에서 발생하는 음극선 발광의 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지나 조사시간을 조절하는 제2단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0033] 상술한 바와 같이 구성되는 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치 및 및 방법은, 캐소드와 전계방출기판 간의 접착이 균일하게 유지되고 접촉 저항도 크게 감소시킬 수 있어 전자방출 특성을 향상시킬 수 있으며, 전자방출 특성이 향상된 전자빔을 이용함에 따라 균일한 대면적의 결정화된 박막을 얻을 수

있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치를 나타낸 도면.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 에미터와 전계방출기판을 나타낸 도면.

도 3은 전자방출 효율을 향상시키기 위한 본 발명의 제1실시예로서, 에미터와 에미터의 부가된 구성을 나타낸 도면.

도 4는 전자방출 효율을 향상시키기 위한 본 발명의 제2실시예로서, 에미터와 에미터의 부가된 구성을 나타낸 도면.

도 5는 전자방출 효율을 향상시키기 위한 본 발명의 제3실시예로서, 에미터와 에미터의 부가된 구성을 나타낸 도면.

도 6은 실리콘 웨이퍼로 형성된 전계방출기판 상에 에미터를 성장시키는 과정을 나타낸 도면.

도 7(a),(b)는 탄소나노튜브 에미터를 성장시키는 챔버 내의 구성 및 상기 챔버 내에서 탄소나노튜브 에미터를 성장시키는 조건을 나타낸 도면.

도 8은 성장된 탄소나노튜브 에미터를 전자 주사 현미경(SEM)으로 캡처한 이미지를 나타낸 도면.

도 9(a),(b)는 도 6 및 도 7에 따라 성장된 탄소나노튜브 에미터를 구비한 박막 특성 변환 장치의 구성과 사양 및 전자빔을 조사하는 조건을 나타낸 도면.

도 10(a),(b)는 도 6 및 도 7에 따라 성장된 탄소나노튜브 에미터 그룹과 다수의 개구홈을 구비한 게이트를 나타낸 도면.

도 11(a),(b)는 전자빔을 조사하기 전의 비정질 실리콘 박막과 도 9의 박막 특성 변환 장치를 이용하여 전자빔을 조사한 후의 실리콘 박막을 캡처한 이미지를 나타낸 도면.

도 12(a),(b)는 전자빔을 조사하기 전의 비정질 실리콘 박막과 도 9의 박막 특성 변환 장치를 이용한 전자빔 조사에 의해 변환된 다결정 실리콘 박막을 전자 주사 현미경(SEM)으로 캡처한 이미지를 나타낸 도면.

도 13(a),(b)는 전자빔을 조사하기 전의 비정질 실리콘 박막과 도 9의 박막 특성 변환 장치를 이용하여 전자빔을 조사한 후의 다결정 실리콘 박막의 X-선 회절분석(XRD : X-ray Diffraction Analysis) 결과를 나타낸 도면.

도 14(a),(b),(c)는 도 9의 박막 특성 변환 장치를 이용한 전자빔 조사에 의해 변환된 다결정 실리콘에 대한 라만 스펙트럼(Raman spectrum) 및 그 결과값을 나타낸 도면.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치에서 비정질 실리콘 박막에 전자빔을 조사하여 다결정 실리콘 박막으로 변환시키는 모습을 나타낸 사진.

도 16은 전자빔이 조사되지 않은 비정질 실리콘 박막의 영역과 전자빔이 조사된 비정질 실리콘 박막의 영역에서 나타나는 음극선 발광(Cathodoluminescence) 스펙트럼을 나타낸 도면.

도 17(a),(b)는 전자빔이 조사된 비정질 실리콘 박막에서 나타나는 음극선 발광(Cathodoluminescence)의 스펙트럼을 디콘볼루션(deconvolution)한 결과를 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0036] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다

(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0037] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 실시예들을 첨부 도면을 참조하면서 보다 상세하게 설명하고자 한다.

[0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치를 나타낸다.

[0039] 도 1에는 애노드(20)가 하부에 마련되고 캐소드(30)가 상부에 마련되는 것으로 도시하였으나, 이에 제한되는 것은 아니고 도 1과 반대로 애노드(20)가 상부에 마련되고 캐소드(30)가 하부에 마련될 수도 있다. 이하, 도 1을 참고하여 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치의 구성을 상세하게 설명하도록 한다.

[0040] 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 챔버(10), 상기 챔버(10) 내에 서로 이격되게 마련된 애노드(20) 및 상기 애노드 상의 캐소드(30), 상부에 박막(41)을 구비하며, 상기 애노드(20) 상에 마련된 기판(40), 상기 캐소드 하부에 마련된 다수의 에미터(50), 상기 에미터(50)와 이격되게 마련된 게이트(60)를 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

[0041] 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 냉음극 전자 방출(cold cathode emission)에 의해 전자빔을 조사하여 상기 기판(40) 상의 박막의 특성 변환시킨다. 전자빔에 의하여 박막이 결정화되는 원리는 다음과 같다. 즉, 상기 게이트(60)와 캐소드(30) 사이에 인가된 전압(V_{G-C})에 따라 상기 에미터(50)로 공급된 전자들은 상기 게이트(60)와 애노드(20) 사이에 인가된 전압(V_{G-A})에 의해 가속화되어 상기 챔버(10) 내에 방출되면서 운동 에너지를 가지게 되며, 이 전자들이 이후 상기 기판(40) 상의 박막(41)과 충돌하게 된다. 이때, 전자의 운동 에너지가 열에너지로 전환되면서 박막(41)을 녹이고 핵을 형성하게 된다. 그리고 온도가 하강하면서 이 핵을 중심으로 결정화가 발생한다.

[0042] 상기 챔버(10)는 진공 상태로 유지되는 것이 바람직하다.

[0043] 상기 애노드(20) 및 캐소드(30)는 통상적으로 사용되는 양극 및 음극으로서, Au, Ni, Ti, Cr 등의 금속, ITO(indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), AZO(aluminum zinc oxide), IZTO(indium zinc tin oxide) 등의 투명전도성산화물(TCO), 도전성 폴리머, 그래핀 등의 전도성 있는 물질로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 애노드(20)에는 상기 기판(40)을 안치시키는 기판 홀더가 구비될 수도 있다.

[0044] 상기 기판(40)은 실리콘 웨이퍼, 금속 기판, 폴리머 기판, 유리(glass) 기판, 석영(quartz) 기판 및 사파이어(sapphire) 기판으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다. 상기 기판(40)이 폴리머 기판일 경우의 재질은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리메틸메타아크릴레이트(PMMA), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에테르술폰(PES), 고리형 올레핀 고분자(COC), TAC(Triacetylcellulose) 필름, 폴리비닐알코올(Polyvinyl alcohol; PVA) 필름, 폴리이미드(Polyimide; PI) 필름, 폴리스틸렌(Polystyrene; PS), 이축연신폴리스틸렌(K레진 함유 biaxially oriented PS; BOPS), 폴리프로필렌(PP), 트리아세틸셀룰로오스(TAC)로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 것이 바람직하다.

[0045] 상기 박막(41)은 화학기상증착법(CVD), 플라즈마 여기 CVD(plasma enhanced CVD, PECVD), 저압 CVD(low pressure CVD, LPCVD), 물리기상증착법(physical vapor deposition, PVD), 스퍼터링(sputtering), 원자층 증착법(atomic layer deposition, ALD) 등의 증착 방법에 의하여 상기 기판(40) 상에 형성될 수 있으나, 이러한 방법으로 한정되는 것은 아니다. 구체적으로, 상기 박막(41)은 비정질 실리콘 박막; 마이크로 실리콘 등의 실리콘 박막; 산화실리콘, 질화실리콘, 알루미늄산화막(AlOx) 등의 절연 필름; ZnO, InGaZnO, AlZnO 등의 산화물 반도체; CNT film, Graphene film, Metal mesh film 등의 전도성 필름; 및 ITO, IZO, ZnO 등의 투명전극으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상이 사용될 수 있다. 특히, 상기 박막(41)은 비정질 실리콘(amorphous silicon)인 것이 가장 바람직하며, 이때 상기 에미터(50)에서 조사된 전자빔은 비정질 실리콘(amorphous silicon)의 특성을 변환시켜 다결정 실리콘(polycrystalline silicon)으로 결정화시킨다.

[0046] 상기 에미터(50)는 상기 캐소드(30)에 의해 공급받은 전자를 상기 애노드(20)를 향해 방출시키는 구성으로서, 다수 개의 에미터(50)가 상기 캐소드(30) 상에 가로 방향 및 세로 방향으로 각각 일정한 간격을 가지고 배열되

는 것이 바람직하다. 상기 에미터(50)는 탄소나노튜브(CNT) 외에도 탄소나노파이버, 반도체 나노와이어, 도전성 나노막대, 그래파이트 등으로 구성될 수 있으며, 침상의 형상 외에도 뿔형, 삼각형 등 다양한 형상으로 형성될 수 있다. 특히, 본 발명의 실시예에서는 탄소나노튜브로 제조된 에미터(50)가 사용됨으로써 탄소나노튜브 특유의 고효율 전계 방출 특성을 얻을 수 있다. 탄소나노튜브 에미터(50)는 레이저 기상증착법(laser vaporization), 아크방전법(arc discharge), 열-CVD(thermal-CVD), 플라즈마-CVD, HF-CVD(hot filament chemical vapor desposition) 등의 방법으로 형성될 수 있으며, 그 외에 전자방출 특성을 향상시키기 위해 본 출원인의 특허 제10-0920296호, 제10-0916458호, 제10-0926219호 등에 개시된 탄소나노튜브 에미터 제조 공정을 이용할 수도 있다.

[0047] 상기 게이트(60)는 입력되는 전압에 따라 상기 에미터(50)에서 방출되는 전자의 흐름을 조절하는 구성으로서, 도 1에 도시된 바와 같이, 다수의 개구홈(61)을 구비한 메쉬 구조로 형성되는 것이 바람직하다. 이때, 상기 각 에미터(50)는 상기 개구홈(61) 상에 위치하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 상기 게이트(60)는 상기 에미터(50)에서 방출된 전자를 확산시켜 상기 기판(40)의 박막(41)에 전자가 골고루 부딪히도록 하는 역할을 한다. 상기 게이트(60)는 도전성을 가지는 물질로 형성되는 것이 바람직하다. 구체적으로, 상기 게이트(60)는 Au, Ni, Ti, Cr 등의 금속, ITO(indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), AZO(aluminum zinc oxide), IZTO(indium zinc tin oxide) 등의 투명전도성산화물(TCO), 도전성 폴리머, 그래핀 등의 전도성 물질로 형성되는 것이 바람직하다.

[0048] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 2개 이상의 에미터(50)로 이루어진 다수의 에미터 그룹(E_A, E_B, E_C …)을 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 각 에미터 그룹(E_A, E_B, E_C …)은 상기 개구홈(61) 상에 위치하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 각 에미터 그룹(E_A, E_B, E_C …) 내의 각 에미터(50)는 해당 에미터 그룹(E_A, E_B, E_C …) 상에 위치한 개구홈(61)의 중심점을 기준으로 서로 대칭이 되게 배열되는 것이 바람직하다. 이에 따라, 각 에미터 그룹(E_A, E_B, E_C …) 내의 각 에미터(60)에서 방출된 전자는 상기 기판(40)의 박막(41)에 골고루 분사되어, 상기 박막(41)의 특성이 균일하게 변화되도록 유도한다.

[0049] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 상기 박막(41)에서 발생하는 음극선 발광(Cathodoluminescence)의 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지 또는 전자빔의 조사시간을 조절하는 것이 바람직하다. 즉, 전자빔이 상기 박막(41)에 조사됨에 따라 전자들이 상기 박막(41)과 부딪히면서 포톤(photon)이 방출되며, 이에 따라 발광하는 색은 상기 박막(41)의 재질에 따라 다르게 된다. 예를 들어 상기 박막(41)이 비정질 실리콘일 경우, 노란색의 음극선 발광(Cathodoluminescence)이 발생하게 된다. 따라서 음극선 발광(Cathodoluminescence)의 스펙트럼은 상기 박막(41)의 특성을 나타내므로, 상기 음극선 발광(Cathodoluminescence)의 스펙트럼에 따라 조사되는 전자빔의 에너지 또는 조사시간을 조절하여 상기 박막(41)의 특성을 변화시키는 것이 바람직하다. 이를 위해 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 상기 음극선 발광(Cathodoluminescence)의 스펙트럼을 분석하는 스펙트럼 분석장치와 상기 스펙트럼 분석장치에 의해 분석된 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지 또는 조사시간을 조절하는 제어장치를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0050] 이하에서는 도 2 내지 도 5를 참조하여 본 발명에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치에서 에미터(50)의 전자방출 특성을 향상시키기 위해 부가되는 구성에 관하여 설명한다.

[0051] 먼저, 에미터(50)의 전자방출 특성을 향상시키기 위해, 본 발명에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는, 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 캐소드(30)와 에미터(50) 사이에 마련된 전계방출기판(70)을 더 포함한다.

[0052] 상기 전계방출기판(70)은 전계방출소자에서 에미터를 구비하도록 마련되는 통상적인 웨이퍼이다. 즉, 상기 전계방출기판(70)은 상기 에미터(50)를 하부에 실장한다.

[0053] 상기 전계방출기판(70) 하부에 형성된 에미터(50)의 전자방출 특성은 캐소드(30)와 전계방출기판(70) 간의 접촉 저항에 영향을 크게 받는다. 만일, 상기 캐소드(30)와 전계방출기판(70) 간의 접촉이 균일하지 않을 경우에는 접촉 저항의 증가로 인해 전자방출 특성이 크게 저하된다. 특히, 캐소드(30)와 전계방출기판(70)을 접착제를 이용하여 접착하게 되면 가스배출(outgasing)과 진공 접합 공정 중의 열에 의한 접착특성 저하, 접착제 확산에 의해 단선(Short) 또는 이물질에 의한 아킹(arcing)이 발생할 수도 있다.

[0054] 즉, 캐소드(30)와 전계방출기판(70)을 균일하게 안정적으로 접착시키면서 동시에 접착 저항을 감소시킴으로써, 전자방출의 특성을 향상시킬 필요가 있다.

[0055] 이를 위한 제1실시예로서, 본 발명에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 전계방출기판(70)의 상부에 마련된 금속성의 제1캐리어층(80)을 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

[0056] 상기 제1캐리어층(80)은 금속층으로서, 균일하고 안정적으로 접착되고 접착 저항이 감소될 수 있도록 열합착 공정을 통해 상기 전계방출기판(70)에 접착되는 것이 바람직하다. 구체적으로, 상기 제1캐리어층(80)은 금, 은, 구리, 주석, 알루미늄, 니켈, 아연, 백금, 몰리브텐, 티탄으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 금속 또는 이들 금속의 합금 중 어느 하나로 구성되는 것이 바람직하다.

[0057] 또한, 전자방출의 특성을 향상시키기 위한 제2실시예로서, 본 발명에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 상기 전계방출기판(70) 및 제1캐리어층(80) 외에도, 도 4에 도시된 바와 같이, 상부에 요철이 형성된 제1요철부(101)를 구비하고, 상기 제1캐리어층(80)의 상부에 마련된 금속성의 제2캐리어층(100)을 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

[0058] 상기 제2실시예에 따라, 상기 캐소드(30)는, 하부에 상기 제2캐리어층(100)의 제1요철부(101)에 대응하는 반대 요철이 형성된 제2요철부(31)를 구비하고, 상기 제2요철부(31)가 상기 제2캐리어층(100)의 제1요철부(101)에 요철 결합된다.

[0059] 상기 제2캐리어층(100)은 금속층으로서, 열합착 공정을 통해 상기 제1캐리어층(80)에 접착될 수 있으나, 중간재(90)를 이용하여 상기 제1캐리어층(80)에 접착되는 것이 바람직하다. 구체적으로, 상기 제2캐리어층(100)은 금, 은, 구리, 주석, 알루미늄, 니켈, 아연, 백금, 몰리브텐, 티탄으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 금속 또는 이들 금속의 합금 중 어느 하나로 구성될 수 있으며, 특히, 알루미늄, 서스(Sus), 코바(Covar)로 구성되는 것이 가장 바람직하다.

[0060] 상기 중간재(90)는 상기 제1캐리어층(80)과 제2캐리어층(100)을 라미네이팅하는 전도성 재질의 금속 접착제로서, 공지의 접착제, 탄성중합체 및 수지가 사용될 수 있다. 예컨대, 상기 중간재(90)는 시아노아크릴레이트(cyanoacrylate) 접착제, 에폭시 접착제, 아크릴 접착제, 폴리우레탄 접착제, 나일론 수지 및 열경화성 수지인 페놀 수지일 수 있으며, 이것으로만 제한되는 것은 아니다.

[0061] 특히, 상기 요철 결합은 상기 제2캐리어층(100)과 캐소드(30) 간에 분리 및 재결합이 가능한 형태인 것이 바람직하다. 즉, 상기 제2캐리어층(100)에 형성된 요철은 나사산이나 핀 형상으로 형성된다. 이에 따라, 본 발명에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 상기 에미터(50)의 수명이 다할 경우에 새로운 에미터(50)로 교체할 수 있어 비용 경제적이다. 이와 같이, 상기 제2캐리어층(100)을 캐소드(30)에 결합할 때, 열합착 방식, 볼트·너트 결합방식, 또는 핀고정 방식 등을 이용하는 것이 바람직하다.

[0062] 또한, 전자방출의 특성을 향상시키기 위한 제3실시예로서, 본 발명에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는, 도 5에 도시된 바와 같이, 상부에 요철이 형성된 제3요철부(111)를 구비하며, 상기 전계방출기판(70)의 상부에 마련된 금속성의 제3캐리어층(110)을 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

[0063] 상기 제3실시예에 따라, 상기 캐소드(30)는, 하부에 상기 제3캐리어층(110)의 제3요철부(111)에 대응하는 반대 요철이 형성된 제4요철부(32)를 구비하고, 상기 제4요철부(32)가 상기 제3캐리어층(110)의 제3요철부(111)에 요철 결합된다.

[0064] 상기 제3캐리어층(110)은 금속층으로서, 균일하고 안정적으로 접착되고 접착 저항이 감소될 수 있도록 열합착 공정을 통해 상기 전계방출기판(70)에 접착되는 것이 바람직하다. 구체적으로, 상기 제3캐리어층(110)은 금, 은, 구리, 주석, 알루미늄, 니켈, 아연, 백금, 몰리브텐, 티탄으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 금속 또는 이들 금속의 합금 중 어느 하나로 구성될 수 있으며, 특히, 알루미늄, 서스(Sus), 코바(Covar)로 구성되는 것이 가장 바람직하다.

[0065] 특히, 상기 요철 결합은 상기 제3캐리어층(110)과 캐소드(30) 간에 분리 및 재결합이 가능한 형태인 것이 바람직하다. 즉, 상기 제3캐리어층(110)에 형성된 요철은 나사산이나 핀 형상으로 형성된다. 이에 따라, 본 발명에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치는 상기 에미터(50)의 수명이 다할 경우에 새로운 에미터(50)로 교체할 수 있어 비용 경제적이다. 이와 같이 상기 제3캐리어층(110)을 캐소드(30)에 결합할 때, 열합착 방식, 볼트·너트 결합방식, 또는 핀고정 방식 등을 이용하는 것이 바람직하다.

[0066] 이상과 같이 설명한 상기 제1캐리어층(80), 제2캐리어층(100) 및 제3캐리어층(110)은 상기 캐소드(30)와 전계방

출기판(70) 간의 접착을 균일하게 유지시키고, 저항을 감소시키며, 이에 따라 이들을 구비한 상기 에미터(70)는 전자방출 특성이 향상된다.

[0067] 또한, 서로 요철 결합되는 상기 제1요철부(101)와 제2요철부(31), 상기 제3요철부(111)와 제4요철부(32)는 각각 다수의 요철이 형성되어 요철 겹합될 수도 있다.

[0068] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법에 대하여 설명하도록 한다.

[0069] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법은 서로 이격되게 마련된 애노드와 상기 애노드 상의 캐소드, 상부에 박막을 구비하고 상기 애노드 상에 마련된 기판, 상기 캐소드 하부에 마련된 다수의 에미터 및 상기 에미터와 이격되게 마련된 게이트를 각각 내부에 포함하는 챔버를 이용하여 박막의 특성을 변환시킨다. 상기 애노드, 캐소드, 에미터, 기판 및 게이트에 대한 구체적인 내용은 본 발명의 상술한 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 장치에서 도 1 내지 도 5를 참조하여 설명한 구성과 동일하므로 이하 설명은 생략하도록 한다.

[0070] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법은 상기 박막에 전자빔을 조사하여 상기 박막의 특성을 변화시키는 제1단계(S20)를 포함한다. 즉, 상기 애노드, 캐소드 및 게이트에 전압을 인가하여 상기 에미터로부터 전자빔이 조사되도록 한다. 예를 들어, 상기 애노드에는 8 kV 내지 10 kV 전압과 0.5 mA 내지 2 mA의 전류를 인가하고, 상기 게이트에는 1.5 kV 내지 3.5 kV의 전압을 인가하며, 상기 캐소드에는 전지전압을 연결한다. 이때, 상기 전자빔은 10초 내지 60초 동안 조사되는 것이 바람직하다.

[0071] 특히, 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법은 상기 제1단계(S20) 전에 소정의 박막 증착법을 이용하여 상기 기판의 상부에 박막을 증착하는 단계(S10)를 더 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 박막 증착법은 스퍼터링법 또는 플라즈마 화학 기상 증착법인 것이 바람직하다. 이에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법은 상기 기판에 박막을 증착하는 단계와 상기 박막에 전자빔을 조사하는 단계를 동일한 챔버 속에서 이루어지게 함으로써, 박막의 특성을 변환하는 공정의 시간 및 비용을 줄일 수 있다.

[0072] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 방법은 상기 박막에서 발생하는 음극선 발광의 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지나 조사시간을 조절하는 제2단계(S30)를 더 포함할 수 있다. 즉, 상기 제2단계(S30)는 상기 박막에서 발생하는 음극선 발광의 스펙트럼을 측정하는 단계(S31)와 상기 측정된 스펙트럼에 따라 전자빔의 에너지나 조사시간을 조절하는 단계(S32)를 포함한다. 상기 전자빔의 에너지는 상기 애노드, 캐소드 및 게이트에 인가되는 전압 및 전류를 통해 조절한다.

[0073] 이하, 본 발명에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치의 바람직한 일 실시예와 이를 이용하여 실험한 결과에 대하여 설명하도록 한다.

[0074] 도 6은 실리콘(Si) 웨이퍼로 형성된 전계방출기판 상에 에미터를 성장시키는 과정을 나타낸다.

[0075] 본 발명의 일 실시예에서는 전이금속인 니켈(Ni) 박막을 실리콘 웨이퍼 상에 증착하고, 상기 증착된 니켈 박막 위에 감광성 레지스트를 도포한 후 패터닝하여 식각하고, 화학기상증착법에 따라 탄화수소 기체를 이용하여 상기 패터닝된 포토 레지스트 위에 탄소나노튜브 에미터를 성장시킨다.

[0076] 상기 니켈 박막은 실리콘(Si) 웨이퍼로 형성된 전계방출기판 상에 탄소나노튜브 에미터가 성장되도록 촉진하는 촉매 금속층으로서, 수 nm 내지 수백 nm, 바람직하게는 10 내지 100nm의 두께로 형성한다. 상기 촉매 금속층은 니켈 외에도 철(Fe) 또는 코발트(Co)와 같은 단일 금속이나, 코발트-니켈, 코발트-철, 니켈-철 또는 코발트-니켈-철이 합성된 합금으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 촉매 금속층을 증착하는 방법은 화학기상 증착법 외에도 열증착(thermal evaporation)법, 스퍼터링(sputtering)법 또는 전자빔증착(electron beam evaporation)법 등을 이용할 수 있다.

[0077] 상기 감광성 레지스트로는 무기 레지스트, 유기 레지스트 및 유,무기 혼합형 레지스트, 또는 감광형 유리페이스트 중 어느 하나를 사용한다.

[0078] 도 7(a)는 도 6의 과정에 따라 탄소나노튜브 에미터를 화학기상 증착법에 따라 성장시키는 챔버 내의 구성을 나타내고, 도 7(b)는 상기 챔버 내에서 탄소나노튜브 에미터를 화학기상증착법에 따라 성장시키기 위한 조건을 나

타낸다.

[0079] 즉, 본 일 실시예에서 상기 탄소 나노튜브는 150 내지 800℃의 내부 온도 및 1.8 Torr의 내부 압력를 갖는 챔버에서 실리콘(Si) 웨이퍼로 형성된 상기 전계방출기판을 어닐링(annealing)한 후, 아세틸렌(C_2H_2) 등의 탄화수소 기체와 암모니아(NH_3) 등의 질소 또는 수소함유 기체를 40:60 비율로 공급하여 120분간 형성한다. 상기 탄화수소 기체는 아세틸렌(C_2H_2) 외에도 메탄(CH_4), 에틸렌 (C_2H_4), 프로필렌(C_2H_6) 또는 프로판(C_3H_8)을 사용할 수 있다.

[0080] 상기와 같이 챔버 내로 공급된 탄화수소 기체는 기체 상태에서 탄소 유닛(C=C 또는 C)과 자유 수소(H)로 플라즈마 및 열분해(pyrolysis)되고, 상기 분해된 탄소 유닛들은 노출된 촉매 금속층의 금속 입자의 표면에 흡착되며, 시간이 경과함에 따라 촉매 금속 입자의 내부로 확산되어 용해된다. 상기와 같은 상태에서 지속적으로 탄소 유닛들이 공급되면, 촉매 금속 입자의 촉매 작용에 의해 탄소나노튜브 에미터가 일정한 방향으로 성장한다. 상기 촉매 금속 입자의 형태가 둥글거나 뭉툭한 경우에는 탄소나노튜브 에미터의 말단 또한 원형 또는 뭉툭한 형태로 형성되고, 촉매 금속 입자의 말단이 뾰족한 경우에는 탄소나노튜브 에미터의 말단도 뾰족하게 침 형상으로 형성된다.

[0081] 도 8은 도 6 및 도 7에 따라 실제 성장시킨 탄소나노튜브 에미터를 전자 주사 현미경(SEM)으로 캡처한 이미지를 나타낸다. 이를 참조하면, 전자방출이 용이한 침 형상의 탄소나노튜브 에미터가 실리콘(Si) 웨이퍼로 형성된 전계방출기판 상에 성장된다.

[0082] 도 9(a)는 도 6 및 도 7에 따라 성장된 탄소나노튜브 에미터를 구비한 본 발명의 실시예에 따른 전자빔을 이용한 박막 특성 변환 장치의 각 구성을 나타내고, 도 9(b)는 박막 특성 변환 장치의 각 구성의 사양 및 전자빔을 조사하는 조건을 나타낸다.

[0083] 상기 기판으로는 플라즈마 여기 CVD(plasma enhanced CVD, PECVD)에 의해 300㎚의 두께로 비정질 실리콘(amorphous silicon) 박막이 증착된 유리 기판을 사용하였다. 상기 탄소나노튜브 에미터는 직경이 7.5㎛, 길이가 40 내지 45㎛이며, 각 탄소나노튜브 에미터 간의 간격은 50㎛를 유지한다. 또한, 게이트와 비정질 실리콘 박막 간의 직선 거리는 14.7㎜를 유지하고, 게이트와 캐소드 간의 직선 거리는 0.15㎜를 유지하며, 챔버 내 압력은 3×10^{-7} Torr 이하로 유지된다. 게이트의 메쉬는 1개가 500㎛이며, 선의 두께는 115㎛로 하였다. 이때, 상기 탄소나노튜브 에미터를 통해 전자빔이 조사되도록, 애노드에는 전압이 9kV, 전류가 1mA로 공급되고, 게이트에는 전압이 2.5kV로 공급된다. 또한, 상기 탄소나노튜브 에미터를 통해 전자빔이 조사되는 시간은 60초 이하이다.

[0084] 도 9(a)에서 진공챔버 내에서 캐소드가 하부에 마련되고, 애노드가 상부에 마련되는 것으로 도시되었으나, 전자빔 조사 효율을 위해 이들의 위치를 서로 바꾸어 전자빔을 조사하는 것이 바람직하다.

[0085] 도 10(a)는 도 6 및 도 7에 따라 성장된 탄소나노튜브 에미터가 그룹으로 이루어진 것을 나타내고, 도 10(b)는 상기 각 탄소나노튜브 에미터 그룹의 전자방출을 조절하도록 개구홈을 구비한 게이트를 나타낸다.

[0086] 도 11(a)는 전자빔을 조사하기 전의 비정질 실리콘 박막을 나타내고, 도 11(b)는 도 9에 따라 전자빔을 조사한 후의 실리콘 박막을 나타낸다. 도 11(b)를 참조하면, 녹색으로 표시된 부분이 전자빔에 의해 다결정 실리콘으로 변환된 부분을 나타낸다. 즉, 본 발명의 실시예에 따른 박막 특성 변환 장치를 이용하여 단시간(60초 이하)에 낮은 전력(애노드의 전압 및 전류가 9kV 및 1mA, 게이트의 전압이 2.5kV)으로 다결정 실리콘을 형성할 수 있음을 알 수 있다.

[0087] 도 12(a)는 전자빔을 조사하기 전의 비정질 실리콘 박막을 전자 주사 현미경(SEM)으로 캡처한 이미지를 나타내고, 도 12(b)는 도 9에 따라 전자빔 조사에 의해 변환된 다결정 실리콘 박막을 전자 주사 현미경(SEM)으로 캡처한 이미지를 나타낸다. 도 12(b)를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 박막 특성 변환 장치를 이용하여 10 내지 30 ㎚의 균일한 그레인을 갖는 다결정 실리콘을 형성되는 것을 알 수 있다.

[0088] 도 13(a)는 전자빔을 조사하기 전의 비정질 실리콘 박막의 X-선 회절분석(XRD : X-ray Diffraction Analysis) 결과를 나타내고, 13(b)는 도 9에 따라 전자빔을 조사한 후의 다결정 실리콘 박막의 X-선 회절분석(XRD : X-ray Diffraction Analysis) 결과를 나타낸다. 도 13(a),(b)를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 박막 특성 변환 장치를 이용하여 상기 비정질 실리콘 박막을 다결정 실리콘 박막으로 변환시킨 것을 확인할 수 있다.

[0089] 도 14(a),(b),(c)는 도 9에 따라 전자빔 조사에 의해 변환된 다결정 실리콘에 대한 라만 분석 결과로서, 라만

스펙트럼(Raman spectrum) 및 그 결과값을 각각 나타낸다. 도 14(a)에서 보이는 바와 같이, 520 cm^{-1} 의 파장에서 결정질 실리콘의 피크가 확인되었으며, 이를 분석하여 결정화도를 구하는 해석을 도 14(b)에 나타냈으며, 이에 따라 도 14(c)에 나타낸 바와 같이 99.2%의 결정화도를 얻을 수 있었다.

[0090] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 박막 특성 변환 장치를 이용하여 상기 비정질 실리콘 박막에 전자빔을 조사하여 다결정 실리콘 박막으로 변환시키는 사진을 나타낸다. 도 15를 참조하면, 상기 비정질 실리콘 박막에 전자빔이 조사됨에 따라 노란빛의 음극선 발광(Cathodoluminescence)을 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0091] 도 16은 전자빔이 조사되지 않은 비정질 실리콘 박막의 영역과 전자빔이 조사된 비정질 실리콘 박막의 영역에서 나타나는 음극선 발광(Cathodoluminescence)의 스펙트럼을 표시한다. 도 16을 참조하면, 전자빔이 조사된 비정질 실리콘 박막의 영역에서만 음극선 발광(Cathodoluminescence)이 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0092] 도 17(a),(b)는 전자빔이 조사된 비정질 실리콘 박막의 영역에서 나타나는 음극선 발광(Cathodoluminescence)의 스펙트럼을 디콘볼루션(deconvolution)한 결과를 나타낸다. 즉, 음극선 발광 스펙트럼 분석결과 전자빔이 조사된 시료의 경우 전 가시광선(380~780㎚) 영역에서 발광하는 특성을 보이며 이로부터 흰색의 빛이 발산됨을 알 수 있다. 이는 도 16의 흰색 발광을 확인한 사진과 일치하는 특성을 보여주고 있다. 하지만 전자빔이 조사되지 않은 시료의 경우(회색선)에서는 가시광선 영역에서의 발광특성을 보여주지 않는다.

[0093] 이상과 같이 본 발명을 도면에 도시한 실시예를 참고하여 설명하였으나, 이는 발명을 설명하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 발명의 상세한 설명으로부터 다양한 변형 또는 균등한 실시예가 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 권리범위는 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 결정되어야 한다.

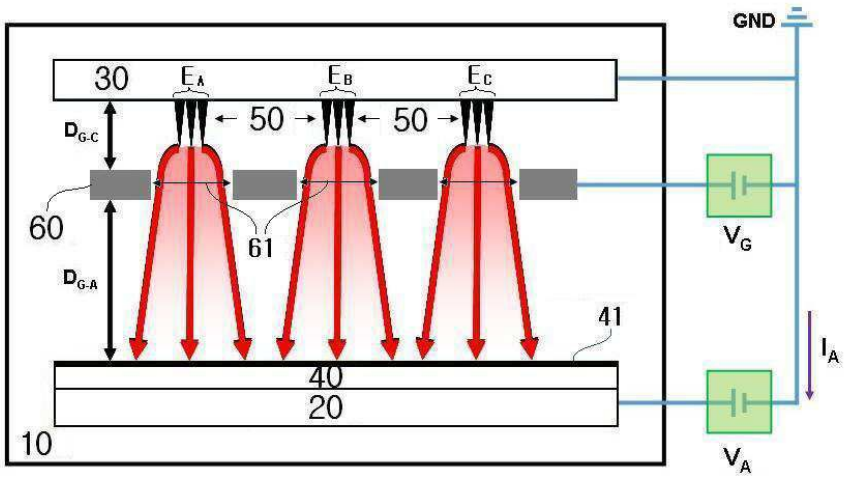
부호의 설명

[0094]

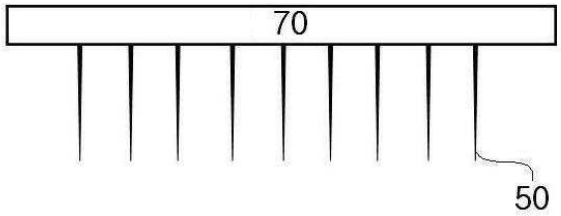
10 : 챔버	20 : 애노드
30 : 캐소드	31 : 제2요철부
32 : 제4요철부	40 : 기판
41 : 박막	50 : 에미터
60 : 게이트	61 : 개구홈
70 : 전계방출기판	80 : 제1캐리어층
90 : 중간재	100 : 제2캐리어층
101 : 제1요철부	110 : 제3캐리어층
111 : 제3요철부	

도면

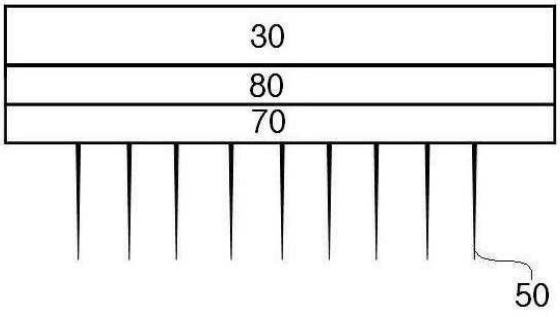
도면1



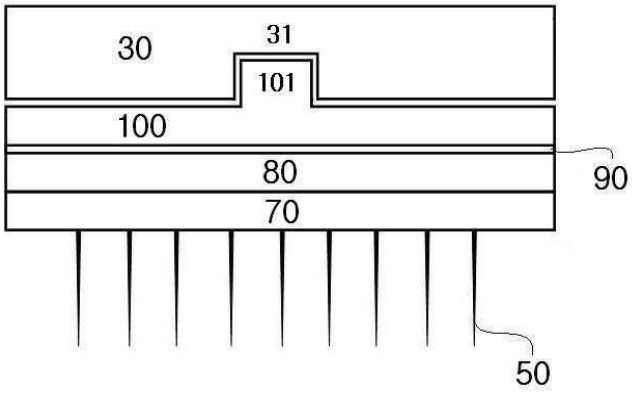
도면2



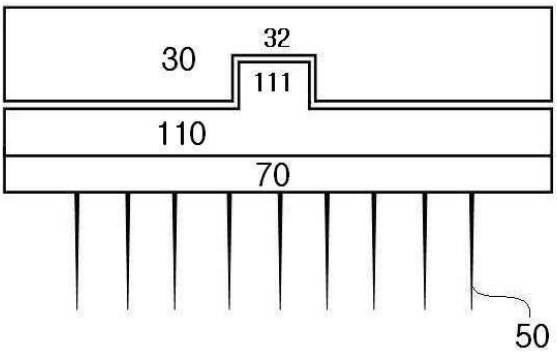
도면3



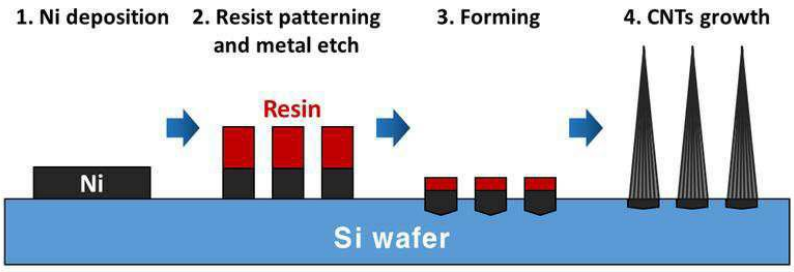
도면4


30
31
101
100
80
90
70
50

도면5

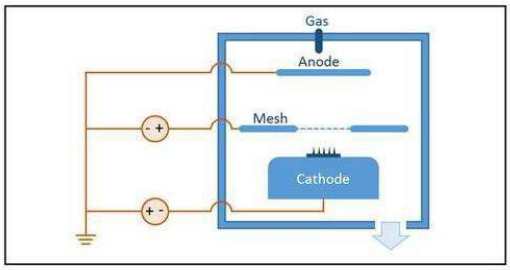

30
32
111
110
70
50

도면6


1. Ni deposition
2. Resist patterning and metal etch
3. Forming
4. CNTs growth
Resin
Ni
Si wafer

도면7

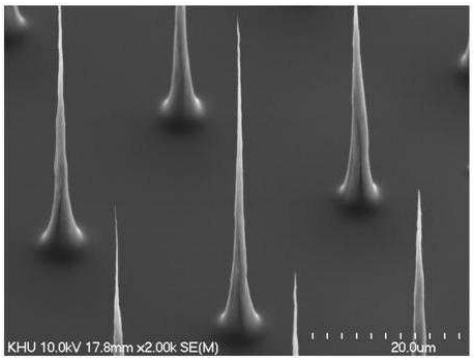
(a)



(b)

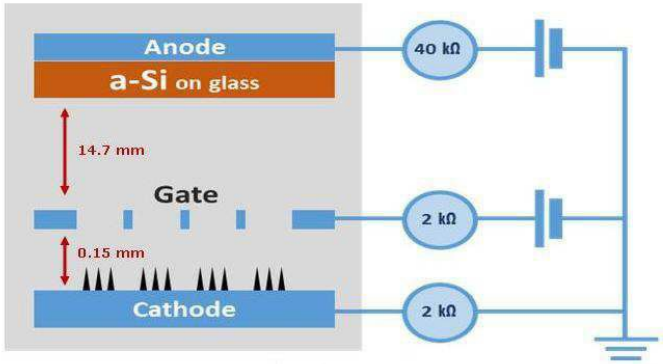
Growth Condition of CNTs	
DC bias / Mesh bias (V)	- 620 / +320
Pressure (Torr)	1.8
Gas (sccm)	C_2H_2 : NH_3 = 40 : 60
Time (min)	120
T_{sub} (℃)	800

도면8



도면9

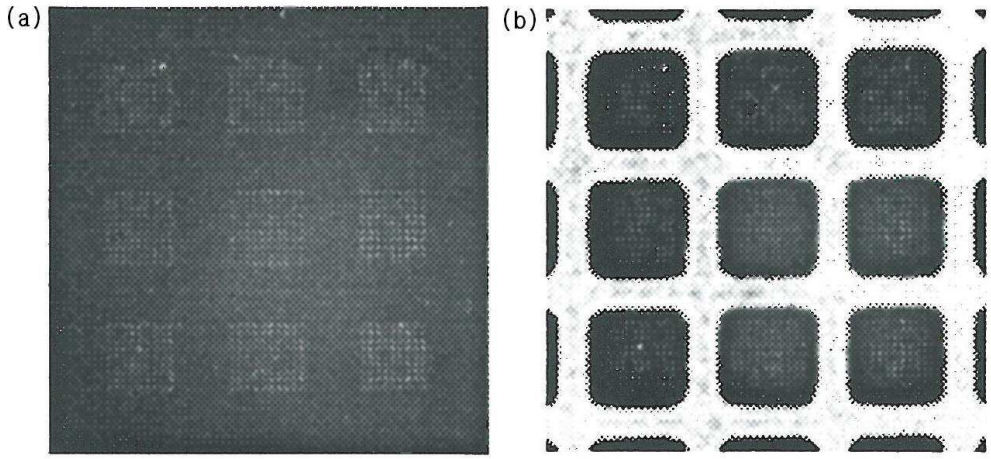
(a)



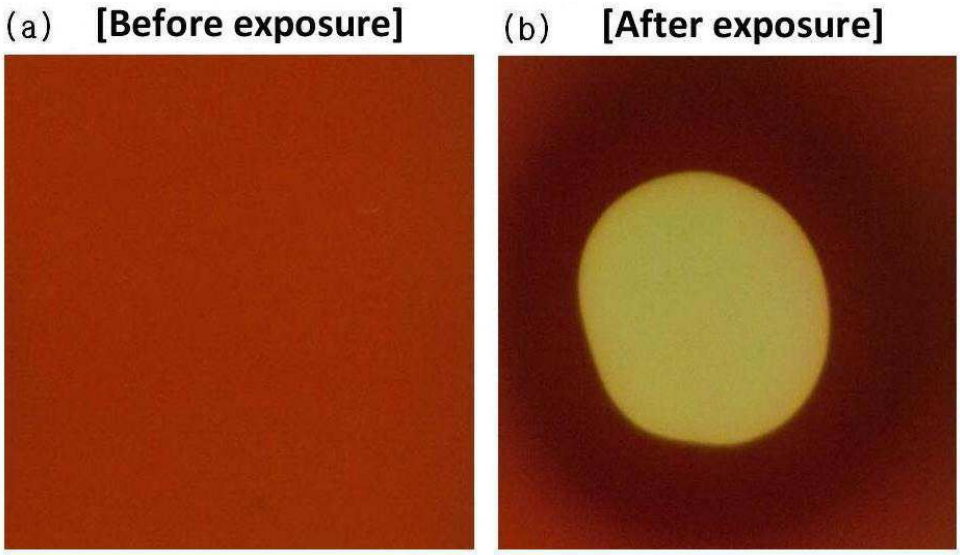
(b)

Set up		Exposure conditions	
Substrate	a-Si:H 300 nm on glass (deposited by PECVD)	Pressure	3.0×10^{-7} Torr
CNT-emitter	Size = 8.5Φ Diameter = 7.5 ㎛ Height = 40~45 ㎛ Pitch = 50 ㎛	Power	Anode Voltage (V_A) = 9 kV Gate Voltage (V_G) = 2.5 kV Anode Current (I_A) = 1 mA
Mesh (Gate electrode)	1 mesh = 500 ㎛ Line thickness = 115 ㎛	Time	60 sec
Distance	D_{G-A} = 14.7 ㎜ D_{G-C} = 0.15 ㎜ (150 ㎛)		

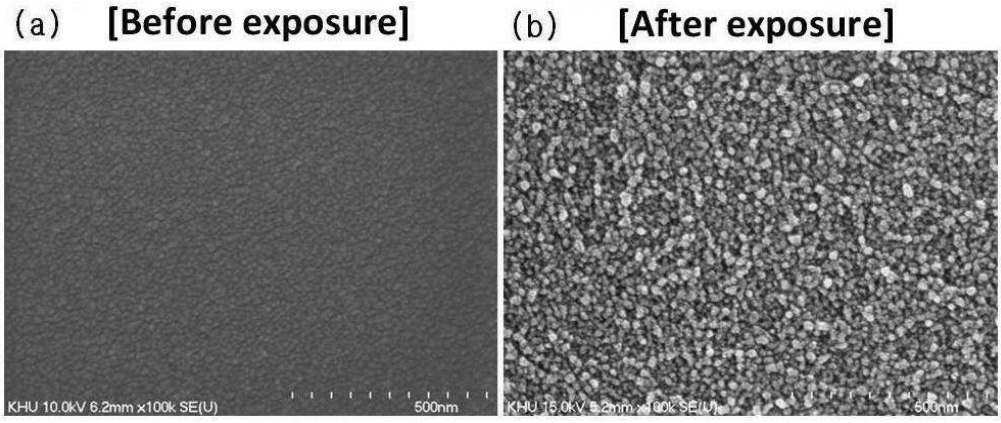
도면10



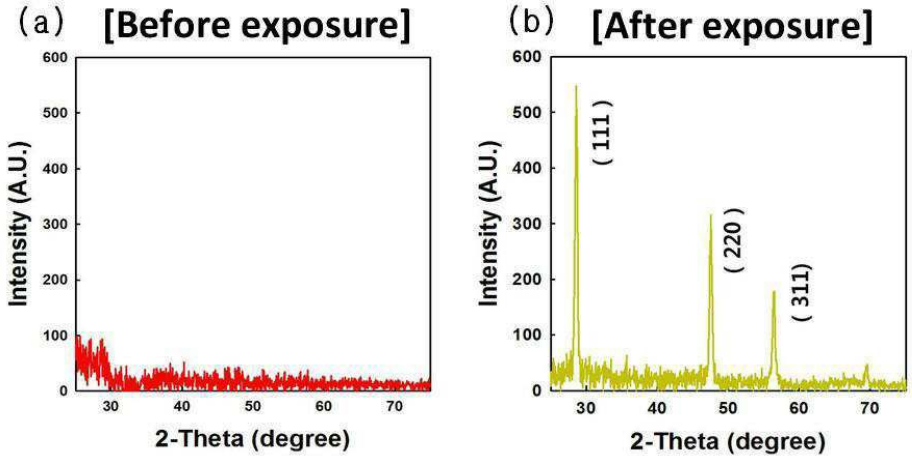
도면11



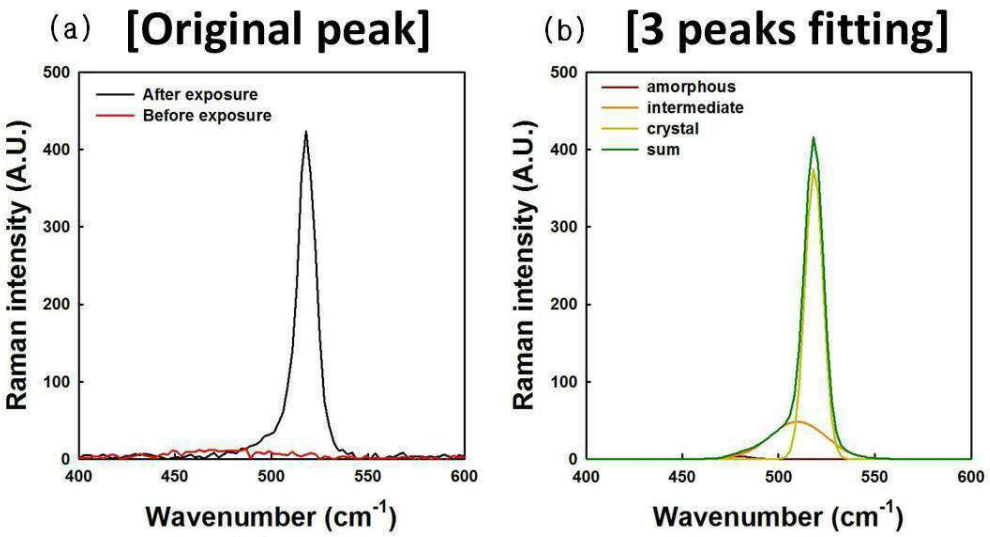
도면12



도면13



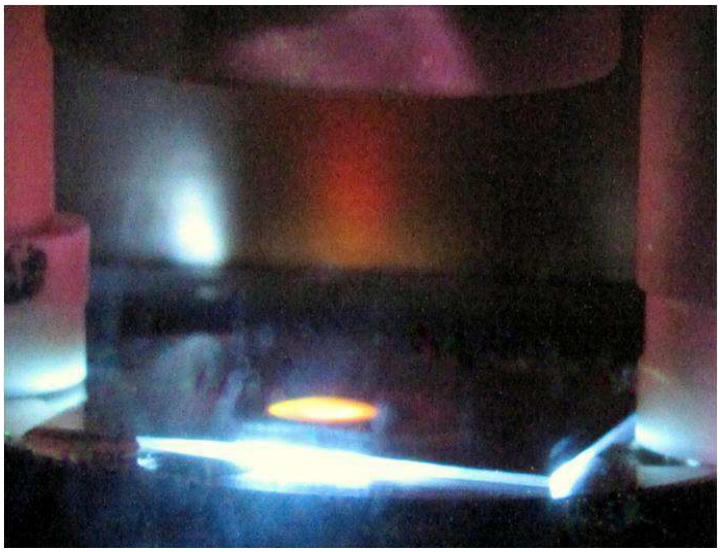
도면14



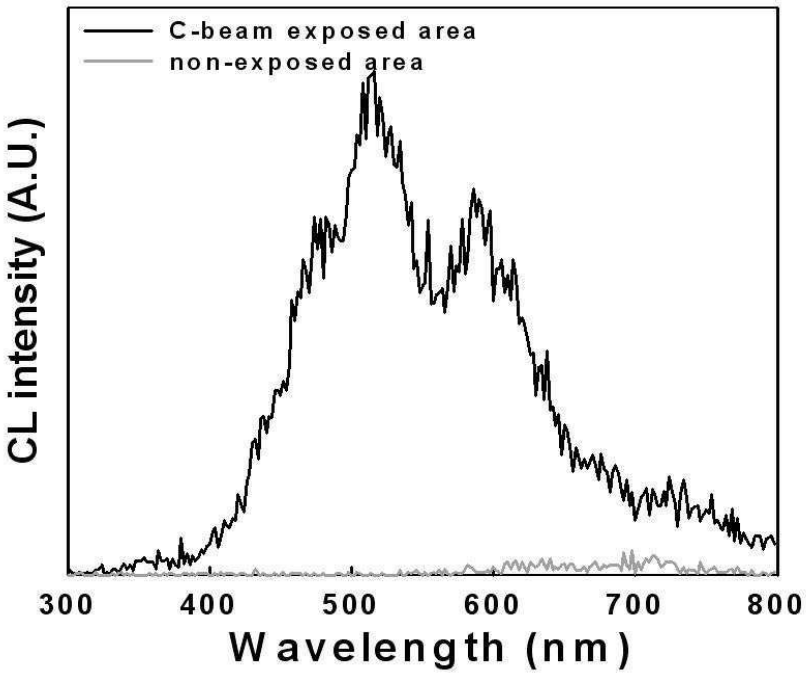
(c)

	Peak (cm^{-1})	FWHM (cm^{-1})	Crystallinity (%)
Exposed	518.4	10.8	99.2

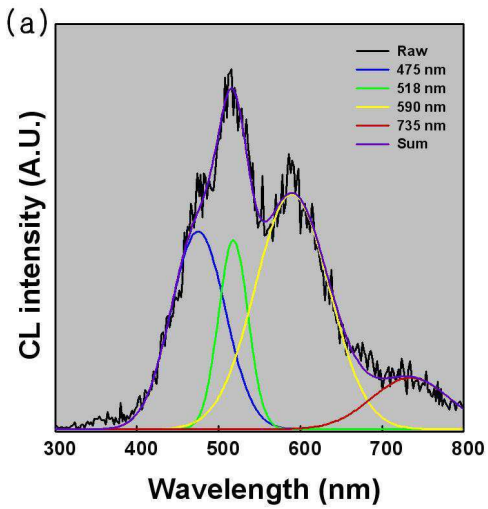
도면15



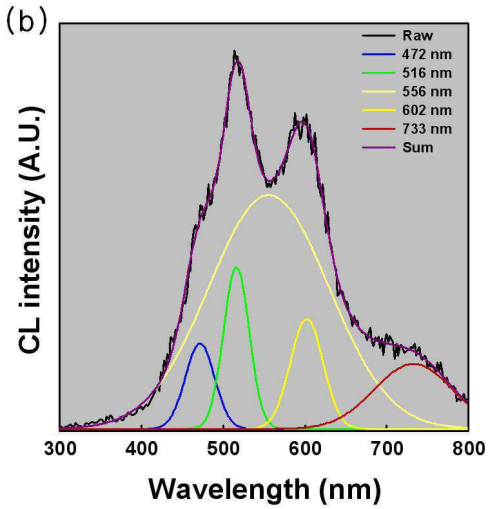
도면16



도면17



Peak (nm)	FWHM (nm)
475	78
518	42
590	106
735	112



Peak (nm)	FWHM (nm)
472	42
516	37
556	173
602	47
733	113