



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0085165
(43) 공개일자 2011년07월27일

(51) Int. Cl.

H01J 1/30 (2006.01) G02F 1/13357 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0004792

(22) 출원일자 2010년01월19일

심사청구일자 2010년01월19일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울 광진구 군자동 98 세종대학교

전자부품연구원

경기도 성남시 분당구 야탑동 68번지

(72) 발명자

한중훈

경기 고양시 일산구 주엽2동 문촌마을아파트
1603-1106

이내성

서울특별시 양천구 목동 904번지 목동신시가지아
파트 402동 302호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남충우, 노철호

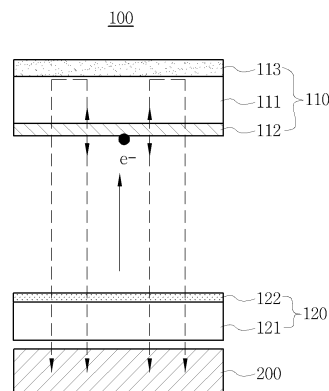
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 전계방출형 백라이트 유닛

(57) 요약

전계방출 백라이트 유닛이 개시된다. 본 발명에 따른 전계방출 백라이트 유닛은 상기 애노드 패널로 향하는 광의 진행방향을 애노드 패널과 대향되게 배치되는 캐소드 패널 방향으로 변경시키는 반사막을 포함하는 애노드 패널 및 액정패널 배면에 위치하되, 반사막에 의해 반사된 광을 투과시켜 상기 액정패널로 전달하는 캐소드 패널을 포함한다. 본 발명에 따르면 전계방출형 백라이트 유닛의 방열문제를 효율적으로 해결 수 있다.

대표도 - 도2a



(72) 발명자

장은수

전라남도 순천시 주암면 갈마리 309번지

이한성

서울특별시 광진구 군자동 373-5

이철승

경기 성남시 분당구 정자동 정든마을 신화아파트
502동 104호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10029846

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 전자부품기반기술개발사업(핵심기반기술개발사업)

연구과제명 Direct Patterning 방법을 이용한 장수명 CNT-BLU용 Fine Patterned Cathode 개발

기여율

주관기관 전자부품연구원

연구기간 2007년 08월 01일 ~ 2010년 01월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

애노드 기관;

상기 애노드 기관 하면에 도포되는 형광체층; 및

상기 애노드 기관으로 향하는 광의 진행방향을 상기 애노드 기관과 대향되게 배치되는 캐소드 기관 방향으로 변경시키는 반사막을 포함하는 애노드 패널; 및

액정패널 배면에 위치하되, 상기 반사막에 의해 반사된 광을 투과시켜 상기 액정패널로 전달하는 캐소드 기관을 포함하는 캐소드 패널

을 포함하는 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 반사막은

상기 애노드 기관 상면에 형성되는 것인 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 반사막은

상기 애노드 기관과 상기 형광체층 사이에 형성되는 것인 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서, 상기 반사막은

200 nm 두께의 알루미늄 반사막인 것을 특징으로 하는 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 애노드 기관은

투명한 유리기관; 및

상기 유리기관 상면에 전도성 물질이 도포된 애노드 전극

을 포함하는 것인 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 애노드 패널의 상부에 방열수단을 더 포함하는 것인 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 캐소드 패널은

상기 애노드 기관과 이격되어 대향되게 배치되는 상기 캐소드 기관; 및

상기 캐소드 기관의 상면에 형성되는 전자방출원

을 포함하는 것인 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 전자방출원은 탄소나노튜브 에미터로 구성되는 것인 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 캐소드 기관은

유리기판; 및

상기 유리기판 상면에 ITO(Indium Tin Oxide) 또는 산화아연(ZnO), 인듐(Indium) 또는 아연(Zn)이 코팅되어 산화된 투명전극이 코팅된 캐소드 전극

을 포함하는 것인 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 캐소드 전극은 각각이 이격되어 복수개의 스트라이프 캐소드 전극인 것을 특징으로 하는 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 캐소드 패널과 상기 애노드 패널 사이에 형성되고, 상기 캐소드 전극의 스트라이프 방향과 수직을 이루며, 상기 캐소드 전극의 전계방출을 제어하기 위한 게이트

를 더 포함하는 것인 전계방출형 백라이트 유닛.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 캐소드 전극의 스트라이프 방향과 평행하고, 상기 복수개의 스트라이프 캐소드 전극 사이에 형성되어 상기 캐소드 전극의 전계방출을 제어하기 위한 게이트

를 더 포함하는 것인 전계방출형 백라이트 유닛.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전계방출 백라이트 유닛에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 방열문제를 효율적으로 해결하고, 광 효율을 높일 수 있는 전계방출 백라이트 유닛에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 탄소나노튜브 에미터를 장착한 전계방출형 백라이트 유닛(Back Light Unit)은 진정한 면광원으로서 로컬 디밍(Local Dimming) 및 임펄스(impulse) 구동으로 TFT-LCD의 전력소모를 줄일 수 있고, 명암비(contrast ratio)를 높일 수 있으며, 고속의 동영상 등을 구현할 수 있다. 뿐만 아니라, 빠른 구동 속도로 인해 3차원 디스플레이를 구현할 수 있는 신개념의 백라이트 유닛이다.

[0003] 도 1은 종래의 전계방출형 백라이트 유닛의 구조 및 상기 백라이트 유닛과 TFT-LCD의 배치를 개략적으로 도시한 것이다. 도 1을 참조하면, 종래의 전계방출형 백라이트 유닛의 구조는 소정의 전계방출원(2)이 캐소드 기관(1)에 형성되어 있고, 일정한 길이의 스페이서를 이용하여 캐소드 기관(1)과 대향되게 배치된 애노드 기관(3)이 캐소드 기관(1)과 평행하게 배치되어 있다.

[0004] 전계방출원(2)과 형광체층(4) 사이의 내부공간은 전자방출 및 전자기동을 위해 진공으로 유지된다. 캐소드 기관(1)에서 방출된 전자가 애노드 기관(3)의 형광체층(4)에 충돌하여 빛이 생성되고, 생성된 빛은 애노드 기관(3)을 통과하여 TFT-LCD(5)로 방출된다. 고전압이 인가된 애노드 기관(3)의 형광체층(4)에 전자가 충돌할 때 형광

체에서는 빛이 생성될 뿐만 아니라 동시에 열 또한 발생된다. 따라서, 형광체가 위치하는 애노드 기관(3)에서의 발열은 필연적이다.

[0005] 이와같은 전계방출형 면광원을 TFT-LCD(5)의 백라이트 장치로 사용할 경우 면광원의 애노드 기관(3)이 TFT-LCD(5)의 아래에 근접하게 배치해야 한다. 애노드 기관(3)과 TFT-LCD(5) 사이는 공간이 매우 좁다. 또한, 이 공간은 빛이 통과하는 공간이기 때문에 백라이트 장치와 TFT-LCD 장치 간의 구조상 애노드 기관(3)에서 방출하는 열을 외부로 발산하기는 용이하지 않다.

[0006] 방열이 용이하지 않은 원인은 상기 열이 TFT-LCD으로 빛을 방출하는 백라이트 유닛의 애노드 기관에서 발생하기 때문이다. 더욱이 전계방출형 백라이트 유닛은 내부가 진공으로 유지되고 있기 때문에 백라이트 유닛 자체를 통한 방열이 어렵다. 즉, 종래의 전계방출형 백라이트 유닛은 열이 발생하는 애노드 기관을 통해서 빛이 방출되므로 TFT-LCD에 장착될 경우, 애노드 기관이 TFT-LCD 와 근접하게 위치하게 되어 방열에 매우 열악한 구조를 갖는 문제점이 있었다.

[0007] 또한, 종래에는 애노드 기관을 통한 발광과정에서 빛을 생성하는 형광체가 애노드 기관을 통한 빛 통과에 장애물로 작용한다. 따라서 애노드 기관을 통해 방출되는 빛의 휘도가 형광체에서 발생한 빛의 휘도에 비해 낮은 문제점이 있었다.

[0008] 전계방출형 탄소나노튜브 백라이트 장치는 현재까지 많은 발전을 거듭해 왔지만 전술한 바와 같이 애노드 기관측에서 발생하는 열 문제는 TFT-LCD의 성능 및 구동 안정성에 지대한 영향을 미친다. 더욱이 높은 휘도를 얻기 위해서 애노드 기관의 전압이나 전류를 증가시킬수록 더 많은 발열이 수반되기 때문에 애노드 기관에서 발생한 열의 효율적인 배출이 이루어져야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 캐소드 패널을 통해 빛을 방출함으로써 발광과 발열을 분리시켜 전술한 전계방출형 백라이트 유닛의 방열문제를 효율적으로 해결할 수 있는 전계방출형 백라이트 유닛을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일면에 따른 전계방출형 백라이트 유닛은 애노드 기관과, 애노드 기관 하면에 도포 되는 형광체 층, 애노드 기관으로 향하는 광의 진행방향을 상기 애노드 기관과 대향되게 배치되는 캐소드 기관 방향으로 변경시키는 반사 막을 포함하는 애노드 패널 및 액정패널 배면에 위치하되, 반사 막에 의해 반사된 광을 투과시켜 액정패널로 전달하는 캐소드 기관을 포함하는 캐소드 패널을 포함한다.

[0012] 반사 막은 애노드 기관 상면에 형성될 수 있다.

[0013] 반사 막은 애노드 기관과 형광체 층 사이에 형성될 수 있다.

[0014] 반사 막은 200nm 두께의 알루미늄 반사막일 수 있다.

[0015] 애노드 전극은 애노드 기관과 형광체층 사이에 위치하며, 투명한 전도성 물질로 구성될 수 있다.

[0016] 애노드 기관은 상면에 방열수단을 더 포함할 수 있다.

[0017] 캐소드 패널은 애노드 기관과 이격되어 대향되게 배치되는 캐소드 기관과, 캐소드 기관의 상면에 형성되는 전자 방출원을 포함한다.

[0018] 전자방출원은 탄소나노튜브 에미터로 구성될 수 있다.

[0019] 캐소드 기관은 유리기관 및 유리기관 상에 투명전극 ITO(Indium Tin Oxide) 또는 산화아연(ZnO), 인듐(Indium) 또는 아연(Zn)이 코팅된 후 산화에 의해 투명도가 부여된 투명전극이 코팅된 캐소드 전극을 포함한다.

[0020] 캐소드 전극은 유리기관 위에 투명전극 ITO(Indium Tin Oxide)가 코팅된 것일 수 있다.

[0021] 캐소드 전극은 각각이 이격되어 복수개의 스트라이프로 구성될 수 있다.

- [0022] 캐소드 기관은 유리 등의 투명한 물질로 구성될 수 있다.
- [0023] 한편, 본 발명에 따른 전계방출형 백라이트 유닛은 캐소드 전극과 애노드 전극 사이에 형성되고, 상기 캐소드 전극의 스트라이프 방향과 수직을 이루며, 상기 캐소드 전극의 전계방출을 제어하기 위한 게이트를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 게이트 전극은 캐소드 전극의 스트라이프 방향과 평행하고, 복수개의 스트라이프 캐소드 전극 사이에 형성되어 캐소드 전극의 전계방출을 제어할 수 있다.
- [0025] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명에 따르면 캐소드 패널을 통해 빛을 방출함으로써 발광과 발열을 분리시켜 전계방출형 백라이트 유닛의 방열문제를 효율적으로 해결할 수 있다.
- [0027] 또한, 캐소드 패널의 전계방출 특성과 광 투과도를 최적화함으로써 전계방출 백라이트 유닛의 광 효율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 일반적인 전계방출형 백라이트의 구조와 TFT-LCD에서의 배치를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전계방출형 백라이트 유닛의 개략적인 구성을 도시한 것이다.
- 도 3은 activation 처리 전과 후의 각 시편의 투과도를 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 activation 처리과정 후 시편을 주사전자현미경(SEM, scanning electron microscope)으로 촬영한 사진이다.
- 도 5(a)는 탄소나노튜브 용액의 양에 따른 전류밀도(J)와 전계(E)의 관계를 나타낸 그래프이고, 도 5(b)는 도 5(a)에 도시된 J - E 곡선에 상응하는 F - N 도(Fowler-Nordheim plot)이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 일 실시예에 따른 전계방출 백라이트 유닛의 휘도 특성을 비교한 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 (a)1.0, (b)2.0, (c)4.0 ml로 제작된 시편의 휘도를 각 case별로 비교한 것이다.
- 도 8은 도 7의 1.0, 2.0, 4.0 ml 시편에 대해 (a) case 1, (b) case 2, (c) case3 및 (d) case 4의 휘도를 전계에 따라 측정한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 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 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전계방출형 백라이트 유닛의 개략적인 구성을 도시한 것이다. 본 발명의 백라이트 유닛(100)은 TFT-LCD 액정패널(200, 본 명세서의 액정패널과 동일한 의미로 사용될 수 있음)과 그 배치 구조에 있어서 종래와 차이점이 존재한다. 즉, 종래에는 액정패널로 입사되는 광은 애노드 패널에서 방출된 것이지만, 본 발명에서의 전계방출형 백라이트 유닛(100)은 캐소드 패널(120)에서 나오는 광을 TFT-LCD 액정패널(200)로 전달한다.
- [0031] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 전계방출형 백라이트 유닛은 애노드 패널(110) 및 캐소드 패널(120)을 포함한다. 애노드 패널(110)은 애노드 기관(111), 형광체층(112) 및 반사막(113)을 포함하고, 캐소드 패널(120)은 캐소드 기관(121) 및 전계방출원(122)을 포함한다.
- [0032] 도 2에 도시된 바와 같이, 애노드 기관(111)의 상면에는 금속박막의 반사막(Reflecting Layer)이 형성되어 있고, 애노드 기관(111)의 하면에는 형광체층(112)이 형성되어 있다. 형광체층(112)은 RGB 형광체가 일정비율로

혼합되어 백색의 형광체가 소정의 두께로 도포되어 있다. 한편, 종래에 애노드 패널이 액정패널의 배면에 위치하는 경우, 상기 애노드 패널과 상기 액정패널 사이의 공간이 협소하여 애노드 패널에서 발생하는 열을 배출시킬 수 있는 방열수단을 사용함에 있어서 제한이 있었으나, 본 발명에서는 TFT-LCD 액정패널(200)이 캐소드 패널(120)과 인접해 있고, 애노드 패널(110) 쪽에 방열수단을 부착할 수 있는 공간을 확보할 수 있다. 따라서, 애노드 패널(110)의 상부에는 각종 방열수단들이 부착될 수 있다.

[0033] 그리고, 캐소드 기관(121)의 상면에는 전계방출원(122)이 도포되어 있어, 애노드 기관(111)과 캐소드 기관(121) 사이에 소정의 전압이 인가되면 전계방출원(122)으로 부터 전자가 방출되어 형광체층(112)에 충돌한다. 전계방출원(122)은 탄소나노튜브 에미터가 사용될 수 있다. 전자의 충돌로 인해 형광체층(112)에서 발생하는 빛은 도 2에 도시된 바와 같이 애노드 기관(111) 방향과 캐소드 기관(121) 방향으로 각각 흩어진다.

[0034] 본 발명에서는 TFT-LCD 액정패널(200)이 캐소드 패널(120) 쪽에 위치하기 때문에 상기 애노드 패널(110) 방향으로 향하는 빛의 방향을 전환하여 캐소드 패널(120) 쪽으로 집중시킬 필요가 있다. 이를 위하여 형광체층(112)에서 애노드 기관(111) 쪽으로 향하는 빛을 애노드 기관(111)의 상면에 형성된 반사막(113)을 이용하여 캐소드 패널(120) 쪽으로 변경시킬 수 있다.

[0035] 따라서, 백라이트 유닛의 발열은 전자가 충돌하는 애노드 패널(110)에서 일어나지만, 백라이트 유닛의 발광은 캐소드 패널(120)에서 일어난다. 즉, 발광공간과 발열공간을 분리함으로써, 방열수단을 부착할 수 있는 공간을 확보할 수 있게 된다.

[0036] 즉, 종래에는 애노드 패널과 액정패널 사이에 공간적인 협소함으로 인하여 애노드 패널에서 발생하는 열을 방열시키기 위하여 사용할 수 있는 방열수단이 제한되어 있었다. 그러나 본 발명에 따르면 TFT-LCD 액정패널(200)이 캐소드 패널(120)과 인접하고 있기 때문에 애노드 패널(110)의 상부(액정패널(200)로 나오는 빛의 방향을 기준으로 할 때, 상기 방열수단은 애노드 패널(110)의 배면에 위치하는 것으로 볼 수 있음)에 다양한 방열수단 예컨대, 쿨링팬, 히트파이프(Heat Pipe)등의 방열수단 등을 부착시켜 애노드 패널(110)의 방열효율을 높일 수 있다.

[0037] 그러나, 본 발명의 백라이트 유닛(100)과 같이 캐소드 패널(120)에서 발광시키기 위해서는 캐소드 패널(120)이 형광체에서 전달되는 빛 또는 반사판(113)을 통해 반사되어 오는 빛을 효율적으로 투과시킬 필요가 있다. 따라서, 캐소드 패널(120)은 투명전극이 사용되는 것이 바람직하다. 또한, 캐소드 패널(120)의 투명도와 함께 TFT-LCD 액정패널(200)의 휘도 또한 함께 고려되어야 하는 바, 이하의 실시예를 통해 캐소드 기관(121)의 상면에 도포된 탄소나노튜브 에미터의 전계방출 특성과 캐소드 전극의 광투과도를 변화시키면서 최적의 실험예를 살펴본다.

실시예 1

[0038] 캐소드 패널을 통해 발광하는 백라이트 유닛을 구현함에 있어서, 캐소드 패널의 광 투과도가 높을수록 면광원의 패널 내부에서 발생된 빛이 효율적으로 방출된다. 하지만, 캐소드 패널에는 캐소드 전극, 게이트 전극, 필요에 따라 캐소드와 게이트 사이의 절연층 등이 형성되어야 하므로 캐소드 패널의 광 투과도는 제한될 수 밖에 없다.

[0039] 캐소드 기관에 형성된 에미터의 수가 많을수록 캐소드 패널의 전계방출 성능은 우수하다. 따라서, 캐소드 패널의 전계방출 성능과 광 투과도는 대개 트레이드오프(trade-off) 관계에 있다. 따라서 캐소드 패널은 광 투과도와 전계방출 성능을 동시에 고려하여 최적화될 필요가 있다.

[0040] 일 실시예에 따라 서로 다른 광 투과도를 갖는 캐소드 패널을 제작하여 광 투과도에 따른 전계방출 성능과 캐소드 패널을 통해 발광된 빛의 휘도를 비교하였다.

[0041] 아크방전법에 의해 합성된 단일벽 탄소나노튜브를 열처리 및 산 처리하여 정제한 후, 캐소드 기관에 형성될 에미터 소재로 사용하였다. 이 탄소나노튜브들은 평균적으로 대략 1.2 nm 내외의 직경을 갖고, 20~30 nm 크기의 번들 형태로 존재하였다. 탄소나노튜브 파우더의 조성은 탄소 93.9%, 금속성 잔류물 2.9%, 수분 흡착물 3.2%이다. 탄소나노튜브를 효과적으로 분산시키기 위해, 계면활성제인 sodium dodecyl sulfate(SDS)를 사용하였다. SDS는 음이온 계면활성제로서 양친매성을 띄어 친유성의 탄소나노튜브를 용매인 증류수에 잘 분산시킨다.

[0042] 먼저 100 ml의 증류수에 탄소나노튜브 파우더 30 mg과 SDS 1.0 g (1 wt.%)를 첨가한 후, 6 시간의 볼밀링 처리를 수행하였고, 1시간 동안 초음파 분산(horn-type sonicator, 154 W)처리를 통해 탄소나노튜브를 분산하였다. 볼밀링 처리는 초음파분산 이전에 시행하였으며, 응집된 탄소나노튜브 번들을 효과적으로 해체하기 위하여 수행

되었다. 분산처리 후, 아직 해체되지 않은 탄소나노튜브 번들을 분리하여 탄소나노튜브 수용액의 균일도를 높이기 위해 원심분리를 과정을 거쳤다. 10000 g에서 1시간 동안 수행하였고, 이후 약 50%의 상청액을 취하여 에미터 제작에 이용될 탄소나노튜브 수용액을 얻었다.

[0043] 준비된 탄소나노튜브 수용액을 스프레이건(spray gun)에 주입하여 분사함으로써 전계방출 에미터를 제작하였다. 이 때 탄소나노튜브 용액의 양은 1.0 ml, 2.0 ml, 4.0 ml로 달리하여 캐소드 패널의 광 투과도를 변화시킬 수 있다.

[0044] 캐소드 패널의 광 투과도를 확보하기 위해 캐소드 기관으로 투명전극인 indium tin oxide(ITO)가 코팅된 유리 기관을 사용하였고, 정확한 에미터의 면적을 정의하기 위해 필름 마스크를 사용하여 $1.0 \times 1.0 \text{ cm}^2$ 의 제한된 영역에 탄소나노튜브 수용액을 분사하였다. 탄소나노튜브 수용액 분사 중 기관온도는 핫플레이트를 이용하여 120 °C를 유지하였으며, 유리기관과 스프레이건 사이의 거리는 18 cm로 고정하였다.

[0045] 상기 탄소나노튜브 용액을 분사하는 중 증류수의 증발에 의해 계면활성제가 석출되는 현상이 발생하였다. 석출되는 계면활성제는 탄소나노튜브의 기관에 대한 접착력을 약화시켜 탄소나노튜브 필름의 균일한 형성을 저해한다. 따라서 과량의 계면활성제를 제거하기 위해 주기적으로 증류수에 세척하고 건조한 후 용액을 다시 분사하였다.

[0046] 본 실시예에서는 0.5ml 분사마다 1회의 세척과 건조과정을 반복하여 시편을 제작하였다. 이 후, 각 시편들은 상온에서 건조과정을 거친 후 최종적으로 300 °C의 온도에서 소성되었다. 여기까지의 결과는 탄소나노튜브 전도성 투명필름 (transparent conductive film, TCF) 제작과정과 유사하다. 대부분의 탄소나노튜브는 기관에 누워있는 상태로 존재하기 때문에 전자방출 에미터로서의 역할을 기대하기 힘들다.

[0047] 따라서 누워있는 탄소나노튜브들을 기관과 수직인 방향으로 일으켜 세우는 activation 과정을 거쳐야 한다. 일반적으로 점착(粘着)성 테이프 방법이 사용되지만, 본 발명에 따른 실시예에서는 캐소드의 투과도 확보를 위해 탄소나노튜브 용액에 어떠한 점착력(接着力) 강화 물질도 첨가하지 않았다. 에미터와 기관의 강한 점착력을 기대할 수 없기 때문에, 테이프 activation 보다 다소 약한 점착성을 갖는 실리콘 롤러를 이용해 activation 처리를 수행하였다.

[0048] 도 3은 activation 처리 전과 후의 각 시편의 투과도를 나타낸 그래프이다.

[0049] 도 3을 참조하면, 투과도를 측정하기 위해 UV-vis spectrophotometry가 이용되었고 550 nm 파장에서 측정되었다. Activation 처리 전, 각 시편의 투과도는 사용된 탄소나노튜브 용액의 양에 따라 선형적으로 감소하였다. 1.0 ml와 2.0 ml를 분사한 경우 각각 59.6%, 28.7%의 투과도를 보였으며, 4.0 ml를 살포한 시편의 투과도는 11.8%이었다. 이와 같이 다량의 용액을 사용해 제작한 시편일수록 낮은 투과도를 나타내는데, 이는 기관에 분사된 용액의 양이 많아질수록 기관에 전사된 탄소나노튜브의 수가 많아 빛을 더 많이 흡수하여 투과를 방해하기 때문이다.

[0050] 그리고 activation 처리에 의해 모든 시편들은 더욱 투명해졌다. 1.0 ml와 2.0 ml의 시편의 경우 82.7%와 73.5%로 투과도가 증가하였으며, 4.0 ml 시편 또한 48.0%로 향상된 투과도를 보였다. Activation 처리를 거친 시편들 역시, 다량의 탄소나노튜브 용액으로 제작한 시편이 낮은 투과도 값을 보였다. 다만, activation 전에는 지수적인 감소를 보인 반면 activation 후에는 선형적인 감소를 보였다. 이러한 결과는 activation 중 기관으로부터 떨어져 나오는 탄소나노튜브의 양의 차이 때문이다.

[0051] Activation 처리는 탄소나노튜브를 직접시키지만, 일부 탄소나노튜브들을 기관으로부터 떨어져 나오게 한다. 특히, 본 실시예에서 사용된 점착성의 실리콘 롤러와 같은 접촉식 activation 처리는 탄소나노튜브들을 직접하게 하는 것에는 매우 효과적이지만, 강한 점착성 때문에 상당량의 탄소나노튜브들을 기관으로부터 떨어져 나오게 한다. 두터운 탄소나노튜브 필름이 형성된 시편에서는 그 효과가 더욱 뚜렷하여, 더 많은 양의 탄소나노튜브들이 기관에서 제거된다. 따라서 도 3과 같이 지수적 감소에서 선형적 감소로 변한다. 즉, activation 처리로 인해 기관에서 탄소나노튜브들이 제거됨으로 인해 투명도가 좋아진다.

[0052] 도 4는 activation 처리과정 후 시편을 주사전자현미경(SEM, scanning electron microscope)으로 촬영한 사진이다. 시편의 횡단면을 촬영한 사진에서는 activation 처리로 인해 상당수의 탄소나노튜브들이 직접해있는 것이

관찰된다. 각 시편의 탄소나노튜브 형상과 분포를 살펴보면 사용된 탄소나노튜브 용액의 양에 비례하여 직립한 탄소나노튜브의 수와 길이가 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0053] 1.0 ml 시편의 경우 직립한 탄소나노튜브의 분포가 다소 적다. 4.0 ml 시편에서는 다수의 탄소나노튜브들이 수직으로 서있는 것이 관찰된다. 그리고 20° 기울여 촬영한 사진에서는 다량의 용액으로 제조된 시편 즉, 4.0 ml 시편의 경우, 다수의 탄소나노튜브들이 서로 얹혀 기판 표면에 누워 탄소나노튜브 매트(mat)를 형성하고 있다. 또한, 이와 함께 수직한 탄소나노튜브들이 관찰된다. 이와같은 탄소나노튜브 매트들은 빛의 투과를 방해한다.

[0054] 탄소나노튜브 수용액의 양을 1.0, 2.0, 4.0 ml 로 하여 각각의 에미터를 제작하였다. 사용된 탄소나노튜브 용액 양의 차이로 인해 각 시편은 서로 다른 수의 에미터를 가지며, 탄소나노튜브 에미터 형상 또한 달라진다. 이러한 이유로 전계방출 특성에서도 차이가 관찰되었다.

[0055] 도 5(a)는 탄소나노튜브 용액의 양에 따른 전류밀도(J)와 전계(E)의 관계를 나타낸 그래프이다. 본 발명에 따른 일 실시예에서는 전계방출 시작전계(turn-on field, E_{to})를 $10\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류밀도를 방출시키는 전계으로 정의하였다. 각 시편의 전계방출 시작전계는 1.0 ml의 경우 $2.3\text{V}/\text{mm}$ 이었으며, 2.0 ml와 4.0 ml 시편에서 각각 2.0 와 $1.8\text{V}/\text{mm}$ 의 값을 나타냈다. 다량의 탄소나노튜브 용액을 사용한 시편일수록 전계방출 시작전계가 감소하였다. 이러한 경향을 보이는 이유는 도 4의 SEM 사진에서 관찰된 바와 같이, 다량의 수용액으로 제조된 시편일수록 직립한 탄소나노튜브의 수와 에미터의 길이가 증가하는 점에서 찾을 수 있다. $1.0 \times 1.0\text{cm}^2$ 로 제한된 영역에 존재하는 탄소나노튜브의 개수는 사용한 탄소나노튜브 용액이 증가할수록 많아졌다. 따라서 전자를 방출하는 에미터의 수 역시 증가하여 보다 낮은 전계에서 전자방출을 시작하게 된 것이다.

[0056] 도 5(b)는 도 5(a)에 도시된 J - E 곡선에 상응하는 F - N 도(Fowler-Nordheim plot)이다. 탄소나노튜브의 일함수를 4.64eV로 가정하여 F - N 도에서 유효방출면적(α)과 전계보강인자(β)를 계산한 후, 아래의 표 1에 보였다. 다량의 용액을 사용한 시편일수록 유효방출면적과 전계보강인자에서 더 큰 값을 보였다.

표 1

volume of CNT Suspension	$E_{to}[\text{V}/\mu\text{m}]$	$\alpha [\text{cm}^2]$	β
1.0ml	2.3	2.9×10^{-9}	1754.0
2.0ml	2.0	3.5×10^{-9}	1904.1
4.0ml	1.8	3.8×10^{-9}	2122.9

[0058] 각 시편의 전계보강인자 값은 1.0 ml 시편에서 1754.0, 그리고 2.0 ml와 4.0 ml에서 각각 1904.1와 2123.9였다. 다량의 탄소나노튜브 용액을 사용한 시편일수록 큰 전계보강인자 값을 보이는 이유는 횡단면을 촬영한 SEM 사진에서 확인되었듯이 탄소나노튜브용액을 많이 사용하여 만든 시편일수록 탄소나노튜브 에미터들의 길이가 증가하는 점, 평균 이상으로 긴 탄소나노튜브들이 다수 존재하기 때문이다.

[0059] 동일 직경을 가지는 것으로 가정할 때, 보다 긴 탄소나노튜브 에미터 팁에서 보다 강한 전계가 형성되기 때문이다. 1.0 ml 시편보다 2.0 과 4.0 ml 시편에서 길이가 긴 탄소나노튜브들이 다수 관찰되었고, 특히 4.0 ml 시편에서는 8~10 mm에 이르는 매우 긴 탄소나노튜브들이 많이 발견된다. 전계방출 측정결과를 표 1에 요약하여 나타내었다.

[0060] 도 6은 본 발명에 따른 일 실시예에 따른 전계방출 백라이트 유닛의 휘도 특성을 비교한 그래프이다.

[0061] 도 6을 참조하면, (a),(b) 및 (c)를 통해 나타낸 case 1 내지 4의 4가지 경우에 대해 각 시편의 휘도(Luminance) 특성을 비교하였다. 각 시편의 휘도 측정은 휘도계(Topcon technology, BM-7A)를 이용하여 이루어졌으며, 100V 씩 단계적으로 전압을 증가시켜가며 각각의 휘도를 측정하였다.

[0062] 도 3에 도시된 바와같이, 본 발명에 따른 일 실시예에서 제작한 캐소드 패널은 어느 정도의 광 투과도를 가지고

있기 때문에 형광체가 도포된 ITO 유리 기판을 애노드 패널로 사용하였을 때, 애노드 패널과 캐소드 패널 모두에서 빛이 방출된다. 이때 애노드 패널에서 측정된 휘도가 도 6의 case 1에 해당되며, case 2는 캐소드 패널에서 측정한 것이다. 애노드 패널과 캐소드 패널에서 동시에 빛이 방출되는 것은 백라이트 유닛의 응용에 큰 이점이 없다. 실제 백라이트 유닛에서는 TFT 판과 접하는 면에서 방출되는 빛만이 TFT 판으로 들어간다. 따라서 한쪽으로 빛을 집중시킬 수 있도록 캐소드 패널(case 4)과 애노드 패널(case 3) 각각에 반사막을 형성하였다.

[0063] 한편, 열증발법을 이용하여 200 nm 두께의 알루미늄 박막을 증착하여 반사막을 형성하였으며, 그 후 캐소드 패널과 애노드 패널에서 각각의 휘도를 측정하였다. 도 6의 case 3은 반사막 형성 후 애노드 패널에서 휘도를 측정한 것이며, case 4는 캐소드 패널에서 측정한 것이다.

[0064] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 1.0, 2.0, 4.0 ml로 제작된 시편의 휘도를 각 case별로 비교한 것이다.

[0065] 도 7을 참조하면, 먼저 동일 전계에서 애노드 패널 방향의 발광인 case 1과 캐소드 패널 방향의 발광인 case 2의 휘도를 비교해 보면, 투과도 82.7%인 1.0 ml 시편의 경우 case 1보다 case 2에서 더 큰 값을 보인다. 전계 2.27V/ μm 에서 1.0 ml 시편의 case 1에서의 휘도는 2231cd/m²이지만 case 2에서는 3013cd/m²로 증가하였다. 그리고 73.5%의 투과도를 갖는 2.0 ml 시편 역시, 전계 2.27V/ μm 일 때 case 2에서 4111cd/m²의 휘도를 보여 3560cd/m²의 휘도를 기록한 case 1보다 더 높은 결과를 나타냈다. 다만 그 차이(551cd/m²)는 앞선 1.0ml 시편의 차이(782 cd/m²)에 비해 다소 감소하였다. 이에 반해, 투과도 48.0%로 투명도가 가장 낮은 4.0ml 시편의 경우, 전술한 결과와 상반된 결과를 보였다. 4.0 ml 시편에서 전계 2.27V/ μm 일 때 case 2의 휘도는 5847cd/m²에 그쳤으며, case 1의 휘도인 9268cd/m²의 절반에 불과하였다.

[0066] 여기서 주목할 점은 낮은 투과도를 가지는 캐소드 시편(4.0 ml)의 경우 애노드 패널을 통해 방출되는 빛이 더 높은 값을 보였다. 그러나 투과도가 높은 캐소드 패널(1.0과 2.0 ml)의 경우 캐소드 패널을 통해 방출된 빛이 더 높은 휘도를 기록한 점이다. 즉, 캐소드 패널의 투과도가 높을 때는 캐소드 패널로 방출된 휘도가 더 높고, 캐소드 패널의 투과도가 낮을 때는 애노드 패널 방출된 휘도가 더 높음을 알 수 있다.

[0067] 이러한 결과는 애노드 패널과 캐소드 패널의 투과도 차이에 기인한다. 애노드 패널을 통한 발광을 나타내는 case 1에서 형광체는 빛을 발생시키기 위해 필수적이지만 빛이 외부로 방출되는 것에 장애물이기도 하다. 따라서 높은 광 투과도를 보이는 1.0과 2.0ml 캐소드 시편의 경우, 캐소드 패널로 방출되는 빛의 휘도가 더 높다. 이 경우, 캐소드 패널로 진행되는 빛은 얇은 탄소나노튜브 박막과 그 하면의 ITO 유리기판만 통과하기 때문에 손실되는 빛의 양이 적다. case 1보다 case 2에서 휘도값이 높다.

[0068] 본 실험에 사용된 애노드 패널에는 약 15 μm 두께를 가지는 형광체 층이 도포되어 있다. 광 투과도를 측정한 결과 550 nm 파장에서 약 0.1%에 불과하였다. 하지만 실제 전자가 형광체에 충돌하게 되면, 형광체 입자의 약 0.1 μm 정도의 깊이까지 침투하여 빛을 발생시킨다. 그리고 발생된 빛은 형광체 입자들에 의한 복수의 반사와 산란을 통해 외부로 방출된다. 이러한 이유로 본 발명에 따른 일 실시예에서 측정한 형광체의 투과도는 0에 가까운 매우 낮은 값에도 불구하고 많은 양의 빛을 방출시킬 수 있는 것이다. 따라서 48% 수준의 낮은 광 투과도를 갖는 4.0 ml 시편의 경우, 캐소드 패널(case 2)보다는 애노드 패널(case 1)을 통해 더 많은 빛이 이 외부로 투과되었다.

[0069] 도 7에서 보는 바와 같이, 알루미늄 박막을 증착하여 반사막을 설치함으로써 한쪽 면으로만 빛을 집중시켜 방출한 case 3과 4는 금속박막의 반사효과 때문에 동일전계 하에서 case 1과 2보다 높은 휘도를 보였다.

[0070] 도 7의 1.0 ml 시편의 경우(a), 전계 2.27 V/ μm 에서 비교하였을 때, case 3에서는 3463cd/m²의 휘도를 보인 반면, case 4에서는 3564cd/m²의 값을 보여, case 4가 case 3보다 더 높은 휘도를 보였다. 같은 전계에서 비교한 2.0 ml 시편의 휘도에서도 case 3의 휘도인 4790 cd/m²보다 case 4의 휘도인 6024 cd/m²이 더 높은 값을 나타내었다. 그러나 4.0 ml 시편에서는 case의 4(8108 cd/m²)보다 case 3(11820 cd/m²)이 더 높은 휘도를 보였다.

[0071] 여기서도 투과도가 낮은 캐소드 시편(4.0 ml)의 경우, 애노드 패널을 통해 방출된 case 3의 휘도가 더 높았다. 그러나 투과도가 높은 캐소드 시편(1.0과 2.0 ml)의 경우, 캐소드 판을 통해 방출된 case 4의 휘도가 더 높은 값을 보였다.

- [0072] 도 8은 도 7의 각 case에서 1.0, 2.0, 4.0 ml 시편의 휘도를 전계에 따라 측정한 그래프이다.

[0073] 도 8을 참조하면, 모든 case에서 각 시편의 휘도는 전계방출 특성(도 5의 $J-E$ 곡선(a))과 유사하게 4.0 ml 시편에서 가장 높은 휘도를 보이고, 그 다음 2.0 ml, 1.0 ml 순으로 감소하였다. 그러나, 애노드 패널에서 측정한 결과(case 1과 3)와 캐소드 패널에서 측정한 결과(case 2와 4)의 양상은 서로 다르다.

[0074] Case 1 및 3에서는 에미터 시편 제작에 사용된 CNT 용액의 양이 증가함에 따라 휘도가 급격히 증가한다. 반면, case 2와 4에서는 CNT 용액의 양이 증가함에 따라 휘도 증가량이 감소하였다. 예컨대, case 1에 대해 $2.27V/\mu m$ 의 전계에서 탄소나노튜브 용액의 양이 1.0, 2.0, 4.0 ml로 증가함에 따라 휘도가 2231, 3560, 9268 cd/m^2 으로 급격히 증가하였다. 하지만 case 2에서는 동일 조건에서 휘도가 3013, 4111, 5847 cd/m^2 으로 변화하여 증가속도가 느렸다. 캐소드 제작에 사용된 CNT 용액의 양이 증가함에 따라 탄소나노튜브 에미터의 전자방출 특성이 향상되는 동시에 캐소드 패널의 투과도는 감소한다.

[0075] 애노드 패널로 빛이 통과하는 case 1과 case 3의 경우에는, 에미터의 전자방출 특성 향상만이 휘도에 영향을 미친다. 한편, 캐소드 패널에서 휘도를 측정한 case 2와 case 4의 경우에는, 에미터의 전자방출 특성 향상은 휘도를 증가시키지만 캐소드 패널의 투과도 감소는 휘도를 저하시키는 영향을 미치게 된다. 따라서 캐소드 패널에서 측정한 휘도는 캐소드 패널의 전계방출 특성과 광 투과도에 의해 복합적으로 결정된다. 즉, 캐소드 패널을 통해 빛을 방출하는 경우, 캐소드 패널의 전계방출 특성과 더불어 광 투과도 또한 고려되어야 한다.

[0076] 4.0 ml 시편은 전계방출 특성이 가장 우수하였지만 광 투과도 값이 48.0%로 매우 낮아, 캐소드 패널로 빛을 방출하는 경우 휘도가 현저하게 낮아졌다. 따라서 캐소드 패널을 통해 빛을 방출하는 전계방출 백라이트 유닛을 구현하기 위해서는 전계방출 특성이 우수하면서도 일정 수준 이상의 광 투과도가 확보되어야 한다.

[0077] 본 발명에 따른 일 실시예에는 각각 73.5%와 82.7%의 광투과도를 갖는 1.0과 2.0 ml 시편에서 캐소드 패널을 통해 방출되는 빛이 더 높은 휘도를 보였다. 그 중에서도 2.0 ml 시편은 1.0 ml 시편보다 보다 우수한 전계방출 특성을 갖고 있어, 최적의 시편이라고 할 수 있겠다.

[0078] 한편, 본 발명은 3극관형 전계방출형 백라이트 유닛으로 변형되어 실시될 수 있다. 예컨대, 캐소드 전극과 애노드 전극 사이에 게이트를 더 포함할 수 있다. 상기 게이트는 캐소드 전극의 스트라이프 방향과 수직을 이루며, 상기 캐소드 전극의 전계방출을 제어할 수 있다. 또한, 게이트는 캐소드 전극의 스트라이프 방향과 평행하게 형성되어, 복수개의 스트라이프 캐소드 전극 사이에 형성되어 캐소드 전극의 전계방출을 제어할 수 있다.

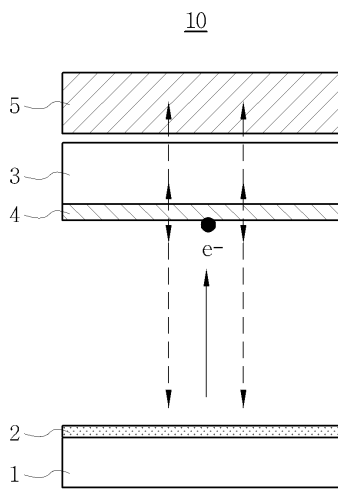
[0079] 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구의 범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구의 범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

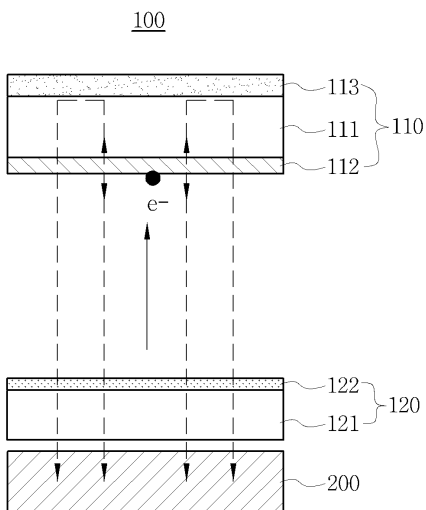
- | | | |
|--------|-------------------|-------------|
| [0080] | 100: 전계방출 백라이트 유닛 | 110: 애노드 패널 |
| | 111: 애노드 기관 | 112: 형광체층 |
| | 113: 반사막 | 120: 캐소드 패널 |
| | 121: 캐소드 개판 | 122: 전계방출원 |
| | 200: TFT-LCD 액정패널 | |

도면

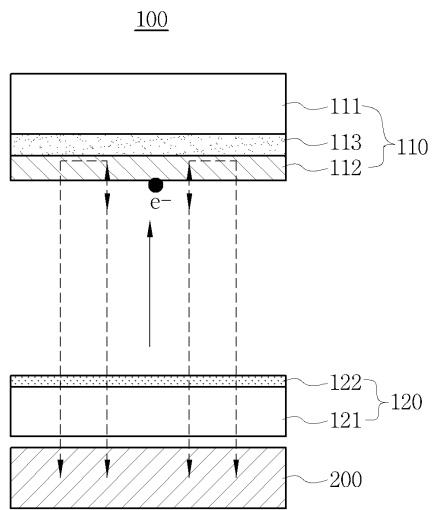
도면1



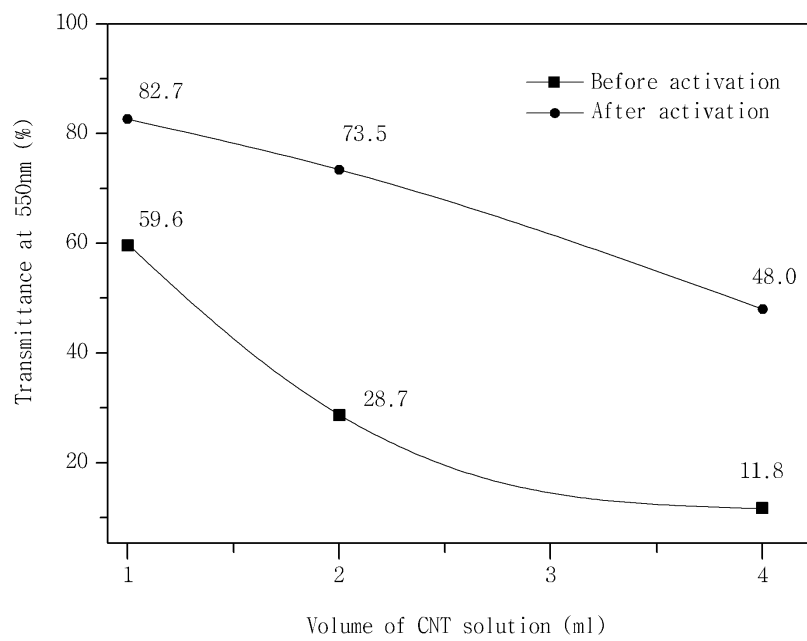
도면2a



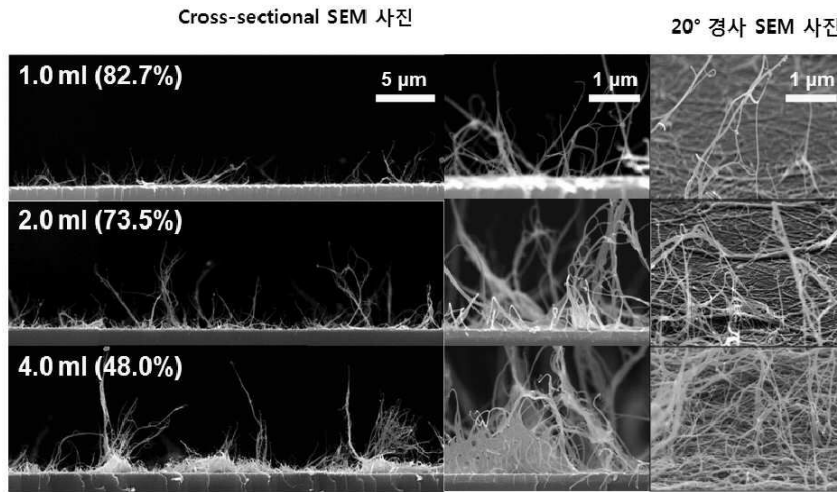
도면2b



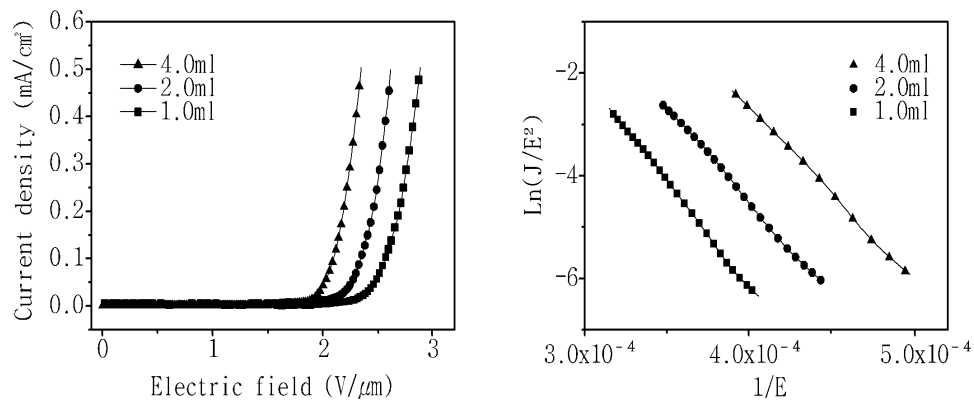
도면3



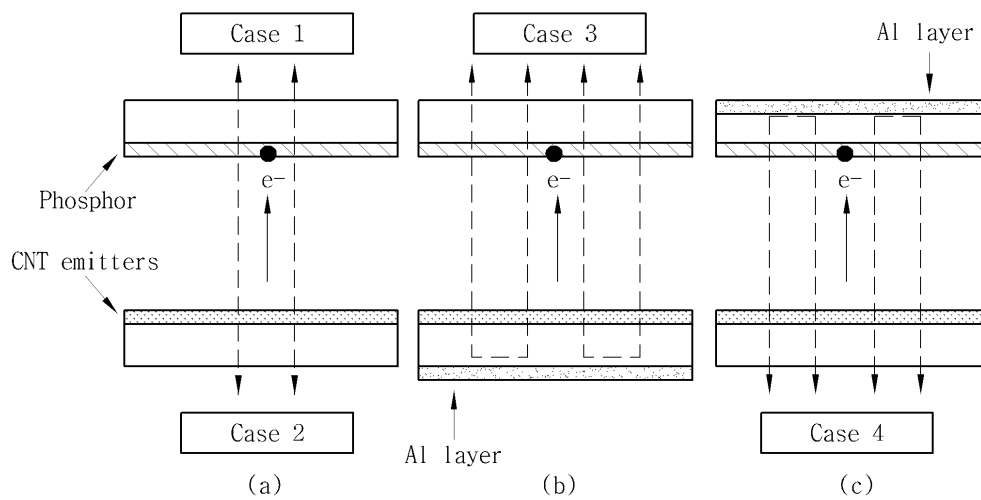
도면4



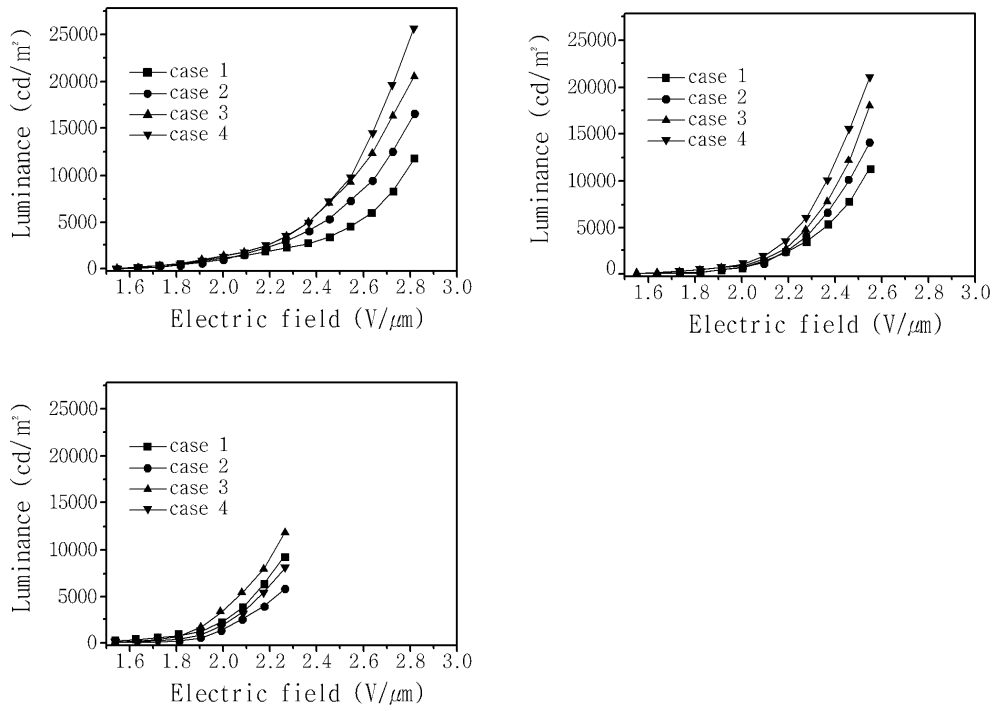
도면5



도면6



도면7



도면8

