



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0037755  
(43) 공개일자 2009년04월16일

(51) Int. Cl.

*H01J 1/30* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0103258

(22) 출원일자 2007년10월12일

심사청구일자 2007년10월12일

(71) 출원인

(주)탑나노시스

경기도 광주시 오포읍 고산리 100-3

(72) 발명자

오상근

경기 성남시 분당구 수내동 푸른마을 302-1203

송경화

서울 송파구 가락2동 미륵아파트 101-605

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이헌수, 유경열, 정영미, 천성훈

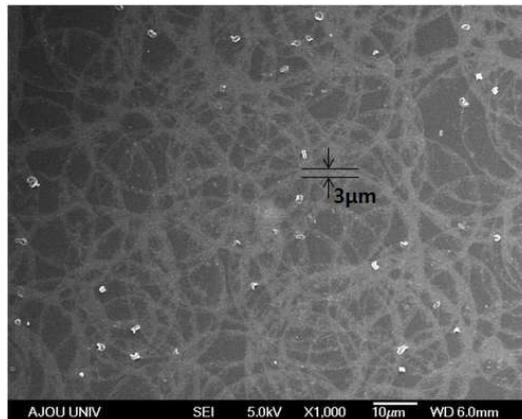
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 스프레이 코팅을 이용한 탄소나노튜브 투명도전막 및 그제조방법

**(57) 요약**

본 발명은 적어도 일부분이 서로 연결된 복수의 고리형 패턴을 갖는 탄소나노튜브 투명도전막 및 그 제조방법을 제공한다. 본 발명에 따른 탄소나노튜브 투명도전막은 스프레이 코팅으로 형성된 적어도 일부분이 서로 연결된 복수의 고리형 패턴을 가짐으로써 투과도 및 전도성이 매우 개선된다. 이러한 탄소나노튜브 투명도전막은 투명전극에 매우 적합한 투과도 및 면저항 특성을 갖고 있다.

**대표도** - 도2



(72) 발명자

**정다정**

경기 수원시 팔달구 고등동 7-1번지

**박준기**

경기 수원시 영통구 영통동 황골2단지 아파트 102  
동 1706호

**이동면**

경기 평택시 세교동 2차 부영아파트 305-202

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

적어도 일부분이 서로 연결된 복수의 고리형 패턴을 갖는 탄소나노튜브 투명도전막.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 고리의 두께가 0.01-5 $\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 투명도전막.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 고리의 직경이 0.1 ~ 120  $\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 투명도전막.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 고리가,

내부 일부만 채워지거나 또는 내부가 모두 채워지지 않은 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 투명도전막.

**청구항 5**

탄소나노튜브, 분산제 및 용매를 혼합 및 분산하여 코팅 용액을 준비하는 단계; 및

기질상에 상기 코팅 용액을 분사압력 0.05 내지 60kgf/cm<sup>2</sup> 에서 스프레이하고, 이를 건조하는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 투명도전막의 제조방법.

**청구항 6**

제5항에 있어서, 상기 기질이 50 내지 300℃로 가열된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 투명도전막의 제조방법.

**청구항 7**

제5항에 있어서, 상기 코팅 용액에서 탄소 나노튜브의 함량은 코팅 용액의 총중량 100 중량부에 대하여 0.01 내지 20 중량부인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 투명도전막의 제조방법.

**청구항 8**

제5항에 있어서, 상기 용매의 함량은 탄소나노튜브 1 중량부를 기준으로 하여 100 내지 80000 중량부인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 투명도전막의 제조방법.

**청구항 9**

제5항에 있어서, 상기 기질이 유리, 폴리머막, 세라믹필름으로 균으로부터 선택된 하나 이상인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 투명도전막의 제조방법.

**청구항 10**

제5항에 있어서, 상기 용매가 물, 에탄올, 메탄올, 이소프로판올, 1,2-디 클로로 벤젠(1,2-Dichlorobenzene), 클로로포름, 디메틸포름아미드 및 아세톤으로 이루어진 균으로부터 선택된 하나 이상인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 투명도전막의 제조방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

<1> 본 발명은 스프레이 코팅을 이용한 탄소나노튜브 투명도전막 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 탄소나노튜브 용액을 스프레이 코팅할 때 기질에 코팅되는 패턴의 모양을 조절하여 전도성 및 투과도 특성이 개

선된 스프레이 패턴을 포함하는 탄소나노튜브 투명도전막 및 그 제조방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- <2> 탄소나노튜브(Carbon Nanotube:CNT)는 하나의 탄소가 다른 탄소원자와 육각형 벌집무늬로 결합되어 튜브형태를 이루고 있고, 튜브의 직경이 나노미터 수준으로 극히 작아서 특유의 전기 화학적 특성을 나타낸다.
- <3> 탄소나노튜브는 우수한 기계적 특성, 전기적 선택성, 뛰어난 전계방출 특성을 가진다. 또한 감긴 형태에 따라 반도체의 성질을 띠며 직경에 따라 에너지갭이 달라지기 때문에 전자분야, 생명공학분야, 의약분야 등에서 주목 받고 있다. 그리고 탄소나노튜브가 갖는 전기적 성질은 현재 알려진 다른 소재들과 비교되지 않을 정도로 획기적이다. 이러한 탄소나노튜브를 플라스틱이나 유리 기판에 얇은 도전막으로 형성하면 가시광선 영역에서 높은 투과도와 전도성을 나타내므로 투명전극으로 사용이 가능하다. 이러한 탄소나노튜브 투명전극은, 현재 전계 방출 디스플레이(FED: Field Emission Display)FPD(Flat Panel Display), 터치패널 등의 투명전극으로 사용되고 있는 ITO(Indium Tin Oxide) 투명전극의 대체 물질로 주목받고 있다.
- <4> 특히 플라스틱 기판에 코팅된 탄소나노튜브 투명전극은 금속 산화물 박막인 ITO 투명전극에 비해 외부충격이나 응력에도 안정하여 막을 접거나 휘었을 때도 전기적인 특성이 변하지 않는 장점을 가지고 있어 차세대 디스플레이로 주목받고 있는 플렉서블 디스플레이용 투명전극으로 연구되고 있다.
- <5> 탄소나노튜브를 투명전극으로 활용하기 위해서는 분산된 탄소나노튜브 용액을 일정한 기질에 코팅을 해야 하는데, 이러한 코팅방법으로 스프레이코팅, 딥 코팅, 스핀코팅, 롤 코팅법 등이 알려져 있다. (US 7,118,693, US 7,060,241, US 6,988,925) 이러한 코팅 방법은 기존에 특정 기질에 코팅액을 입히는 일반적인 방법으로 탄소나노튜브 뿐 만 아니라 다른 물질의 코팅방법으로 일반적으로 사용되고 있는 방법이다.
- <6> 상술한 방법으로 코팅 후 제조된 탄소나노튜브 투명전극이 적합한 투과성과 전도성을 갖도록 하기 위하여 사용되는 탄소나노튜브의 종류를 선정하거나 전도성을 높이기 위한 첨가제를 넣는 방법 및 기질에 코팅되는 두께를 조절하는 방법 등을 사용하고 있다.
- <7> 그런데 지금까지 알려진 상술한 방법을 적용한다고 하더라도 얻어진 탄소나노튜브 투명도전막이 만족할만한 투과도 및 전도성을 갖고 있지 못하여 개선의 여지가 많다.

### 발명의 내용

#### 해결 하고자하는 과제

- <8> 본 발명은 상술한 종래 기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 스프레이 코팅 방법을 이용하여 코팅되는 기질에 일정한 모양의 패턴을 만들고 이를 이용하여 투과도 및 전도성이 개선된 탄소나노튜브 투명도전막 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

#### 과제 해결수단

- <9> 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명에서는 적어도 일부분이 서로 연결된 복수의 고리형 패턴을 갖는 탄소나노튜브 투명도전막을 제공한다.
- <10> 본 발명의 다른 목적은 탄소나노튜브, 분산제 및 용매를 혼합 및 분산하여 코팅 용액을 준비하는 단계; 및
- <11> 기질상에 상기 코팅 용액을 분사압력 0.05 내지 60kgf/cm<sup>2</sup> 에서 스프레이하고, 이를 건조하는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 투명도전막의 제조방법에 의하여 이루어진다.

#### 효과

- <12> 본 발명에 의하면, 스프레이 코팅으로 형성된 적어도 일부분이 서로 연결된 복수의 고리형 패턴을 가짐으로써 투과도 및 전도성이 매우 개선된 탄소나노튜브 투명도전막을 얻을 수 있다. 이러한 탄소나노튜브 투명도전막은 투명전극에 매우 적합한 투과도 및 면저항 특성을 갖고 있다. 또한 스프레이 방법에 의한 패턴 형성은 자발적으로 형성되는 현상을 이용한 것으로 여러 단계의 전처리를 요구하는 일반 패턴 방법과 달리 공정이 간단하여 상업적으로 유용하다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <13> 이하, 본 발명을 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- <14> 탄소나노튜브 투명도전막을 투명전극에 활용하기 위해서는 상기 투명도전막은 투명전극의 특성인 투명성과 전도성을 유지하기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.
- <15> 첫째, 전도성 물질인 탄소나노튜브가 서로 끊어짐 없이 연결되어 있어야 한다.
- <16> 전극의 기본적인 역할은 전기가 흐를 수 있어야 하므로 전기를 흐르게 하는 물질인 탄소나노튜브가 끊어짐 없이 연결되어 있어야 한다. 즉 넓은 면적에 전기가 흐르게 하기 위해서는 전도성 물질인 탄소나노튜브가 전 면적에 걸쳐 연결되어 있어야 한다. 이를 만족하는 가장 쉬운 방법은 기질 전체를 전도성 물질로 도포시키는 것이다. 그러나 이러한 코팅 방법에 따르면 전도성 향상에 효과가 있을지 모르나 투명전극의 또 다른 조건인 투과도 측면에서 특성 저하를 가져올 수 있다.
- <17> 둘째, 투과성을 좋게 하기 위해서 기질 전체에 전도성 물질인 탄소나노튜브가 가능한 얇게 코팅되어 있거나 코팅 물질이 기질에 부분적으로 코팅되게 하여 빛의 투과성이 높아지게 해야 한다.
- <18> 상술한 두가지 특성을 만족시키기 위하여 본 발명에서는 스프레이 코팅방식을 이용하여 적어도 일부분이 서로 연결된 복수의 고리형 패턴이 형성된 탄소나노튜브 투명도전막을 형성한다. 상기 고리형 패턴은 광학현미경 또는 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 확인가능하다.
- <19> 본 발명에서 사용되는 용어 고리형 패턴에 대하여 설명하면, 고리의 형상은 특별하게 제한되는 것은 아니며, 바람직하게는 환형 고리를 의미한다. 이 때 환은 가로 직경과 세로 직경이 동일하거나 또는 동일하지 않은 경우도 가능하다.
- <20> 본 발명에서 사용된 스프레이 코팅 방법은 작은 입자들을 일정한 압력으로 분사시켜 기질에 떨어뜨림으로써 입자의 증발을 유도하고 이러한 과정에서 입자가 증발하면서 생기는 일정한 무늬의 패턴 즉 고리형 패턴을 얻을 수 있다. 특히 환형 고리 패턴 예를 들어, 그 패턴이 속이 빈 커피 링(coffee ring) 타입으로 얻어질 때 고 투과성과 낮은 면저항 값을 갖는 투명전극을 얻을 수 있다.
- <21> 본 발명에서 사용되는 용어 커피 링은 어떤 미세 입자가 분산되어 있는 액체가 증발하면서 남긴 패턴을 말한다. 그 모양이 마치 커피를 엮었었을 때 생기는 원형 모양과 닮았다고 해서 유래된 이름으로서, 이는 액체와 증발 속도가 다른 물질이 액체 방울에 혼합되어 있을 때 바깥가장자리 부분의 액체가 증발하면서 방물의 안쪽에 있는 액체가 그 빈 공간을 차지하면서 바깥으로 움직이면서 그 속에 포함되어 있던 입자들의 대부분이 액체 방물의 가장자리에 몰리면서 생기는 패턴이다.
- <22> 본 발명에서는 스프레이 코팅시 코팅 용액의 분사 압력, 탄소나노튜브 투명도전막이 형성될 기질의 온도 등과 같은 인자를 조절하여 일정한 크기와 형태를 갖는 환형 고리 패턴 예를 들어 커피 링 패턴 모양을 얻을 수 있고 코팅된 전체 면에서 탄소나노튜브가 끊어지지 않고 연결되면서 투명성이 높은 탄소나노튜브 투명전극을 형성할 수 있게 된다.
- <23> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 환 고리형 패턴을 설명하기 위한 것으로서 본 발명의 고리형 패턴이 이로 한정되는 것을 의미하는 것은 아니다.
- <24> 도 1을 참조하여, 본 발명에 따라 형성된 탄소나노튜브 투명도전막은 복수개의 환형 고리 패턴이 형성된다. 이 때 상기 고리는 서로 연결되어 있고, 도 1에 나타난 바와 같이 고리끼리 서로 연결되어 겹침이 나타나고, 고리 내부에 채워진 면적 부분 B가 나타나지 않는다. 도 1에서 고리 내부에 채워진 면적 부분 B를 도시하였으나, 이는 설명을 위하여 추가한 부분이고, 본 발명의 고리형 패턴에서는 실제로 고리 내부가 B와 같이 모두 채워지지 않고 일부만 채워지게 된다. 이와 같고리끼리 서로 연결되면서 고리 내부가 완전히 채워지지 않고 일부 빈 공간 A을 유지함으로써 우수한 전도성과 투과도 특성을 얻을 수 있게 된다. 만약 고리형 패턴 내부에 겹친 다른 고리형 패턴 이외에 채워지는 면적이 많아지게 되면 탄소나노튜브 투명도전막의 투과도가 저하되어 바람직하지 못하다.
- <25> 이와 같이 본 발명의 일실시예에 따른 환 고리형 패턴에서 상기 고리는, 내부 일부만 채워지거나 또는 내부가 모두 채워지지 않은 것이 바람직하다.
- <26> 도 1에서 d는 고리의 두께를 나타내고, b는 고리의 외경을 나타내며, b 및 d에 따라 고리 패턴의 크기가 결정된다.
- <27> 본 발명에 따른 탄소나노튜브 투명도전막에서 고리형 패턴의 크기는 스프레이 코팅시 사용되는 노즐, 분사 압

력 등에 따라 달라지는데, 고리형 패턴의 직경(외경) 0.1 ~ 120  $\mu\text{m}$  그리고 상기 고리 패턴 d의 두께는 0.01 ~ 5  $\mu\text{m}$  인 것이 바람직하다.

- <28> 만약 고리형 패턴의 직경이 상기 범위를 초과하면 투명도전막의 면저항의 균일도가 저하되고, 상기 범위 미만이면 점과 같은 작은 고리에 의해 투과도가 저하되어 바람직하지 못하다.
- <29> 또한 고리 패턴의 두께가 상기 범위 미만이면, 투명도전막을 구성하는 탄소나노튜브의 함량이 감소되어 투명도전막의 전도성이 저하되어 바람직하지 못하다.
- <30> 도 2는 본 발명의 일실시예에 따라 형성된 탄소나노튜브 투명도전막의 전자주사현미경 사진이다.
- <31> 이를 참조하면, 환 고리형 패턴이 형성되고 이들 고리끼리의 겹침을 실제적으로 확인할 수 있을 뿐만 아니라 고리끼리 겹친 영역이외의 공간은 채워지지 않은 상태로 남아 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 고리형 패턴의 두께가 약 3  $\mu\text{m}$ 라는 것을 알 수 있다. 고리의 직경이 약 40  $\mu\text{m}$ 임을 알 수 있다.
- <32> 이하, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 투명도전막의 제조방법을 설명하기로 한다.
- <33> 먼저, 탄소나노튜브, 분산제 및 용매를 혼합 및 분산한다.
- <34> 상기 탄소나노튜브로는 단일벽 탄소나노튜브, 이중벽 탄소나노튜브, 다중벽 탄소나노튜브 및 다발형 탄소나노튜브 및 이들의 조합으로부터 선택될 수 있으나 반드시 이들로 제한되는 것은 아니다.
- <35> 상기 분산제로는 탄소나노튜브를 물과 같은 용매에서 분산시킬 수 있는 것이라면 모두 다 사용가능하며, 구체적인 예로서, 소듐 도데실 설페이트(SDS), 트리톤 X(Triton X)(Sigma사), Tween20(Polyoxyethylen Sorbitan Monooleate), CTAB(Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide)를 들 수 있다. 그리고 분산제의 함량은 탄소나노튜브 1 중량부를 기준으로 하여 0.1 내지 10000 중량부인 것이 바람직하며 특히 0.1-500 중량부인 것이 바람직하다.
- <36> 상기 용매로는 물, 에탄올, 메탄올, 이소프로판올, 1,2-디 클로로 벤젠(1,2-Dichlorobenzene), 클로로포름, 디메틸포름아미드, 아세톤, 그 혼합물 등을 사용하며, 용매의 함량은 탄소나노튜브 1 중량부를 기준으로 하여 10 내지 80000 중량부인 것이 바람직하다.
- <37> 그 후, 상기 분산된 결과물을 코팅 용액으로 준비한다.
- <38> 상기 코팅 용액에서 탄소 나노튜브의 함량은 코팅 용액의 총중량 100 중량부에 대하여 0.01 내지 20 중량부인 것이 바람직하다.
- <39> 만약 탄소나노튜브의 함량이 0.01 중량부 미만이면 이러한 코팅용액을 이용하여 형성된 고리형 패턴의 두께가 너무 얇게 형성되거나 끊어져 투명전극의 전도성이 저하되고, 탄소나노튜브의 함량이 20 중량부를 초과하면 고리형 패턴의 고리 내부가 부분적으로 채워져 증발되는 시간이 오래 걸려 패턴의 형상이 불규칙적으로 변화되면서 투명전극의 투과도를 저하시키므로 바람직하지 못하다.
- <40> 이어서, 기질상에 상기 코팅 용액을 스프레이 코팅하고, 이를 건조한다.
- <41> 본 발명에서 사용하는 스프레이 코팅은 일반적인 스프레이 코팅 장비와 초음파 분무기 등을 사용하는 것이 가능하다. 그리고 스프레이 코팅에 사용되는 노즐의 형태는 일류체, 이류체, 이들의 혼합 노즐 등의 다양한 종류를 사용할 수 있다.
- <42> 본 발명의 스프레이 공정에서 용매를 증발시키기 위한 장치를 포함할 수 있다. 이를 위해서 발열판을 사용할 수 있으며 코팅 용액의 증발을 위해 코팅면의 아래, 위, 옆면 등에서 온도를 가열할 수 있다.
- <43> 상기 기질을 가열시키는 온도는 가열처리된 기질 온도와 동일하며, 50~300  $^{\circ}\text{C}$  범위에서 사용되는 용매의 효율적인 증발을 위하여 조절해야 하며 코팅되는 기질의 종류에 의해서도 달라진다. 만약 기질의 가열 온도가 너무 낮으면 용매의 증발이 느리게 일어나고 커피링 타입의 고리형 패턴이 깨어진다. 또한 가열온도가 300 $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하면 용매의 증발 속도가 빨라지나 기질의 특성에 영향을 줄 수 있다.
- <44> 본 발명의 스프레이 공정에서 사용되는 기제는 유리, 폴리머 필름, 멤브레인 등이 바람직하게 사용될 수 있으나 반드시 이들로 제한되는 것은 아니며 평면 형태의 기제에는 균일하게 코팅될 수 있다.
- <45> 상기 폴리머 필름의 구체적인 예로서 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET) 필름 등이 있다.
- <46> 본 발명에 사용되는 코팅 용액의 분사 압력은 0.05kgf/cm<sup>2</sup> ~ 60kgf/cm<sup>2</sup>인 것이 바람직하다. 만약 코팅용액의 분

사 압력이  $60\text{kgf/cm}^2$  보다 크면 분사된 방물이 기질에 닿을 때 고리형 패턴이 형성되지 못하고 여러 가지 불규칙한 형태로 깨어지게 된다. 이렇게 되면 패턴이 서로 연결되지 못해서 투명전극 제조 후 면저항 값이 상승하는 결과를 가져온다.

<47> 반면 스프레이 분사 압력이  $0.05\text{kgf/cm}^2$  보다 낮으면, 분사가 잘 이루어지지 않으며 생성되는 방울 입자가 커져 코팅이 어렵게 된다. 따라서 용액이 기질에 닿을 때 분사될 때의 압력이 유지 되도록 하기 위해서는 분사되는 스프레이 노즐과 기질사이의 거리를 적절히 조절하여야 한다. 안정적인 패턴 형성을 위해서 기질과 노즐사이의 거리를 최소 1~100cm 이상으로 하는 것이 바람직하다.

<48> 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 제조과정에 따라 얻은 탄소나노튜브 도전막은 면저항이  $20\text{k}\Omega/\square$  이하, 특히  $10\text{k}\Omega/\square$  내지  $20\Omega/\square$  이고, 투과도는 60% 이상, 특히 60~98%로 전도도와 투명 특성이 매우 우수하다.

<49> 상술한 특성을 갖고 있으므로 본 발명의 탄소나노튜브 도전막은 ITO 투명 전극을 대체하여 각종 화상표시장치의 투명 전극으로서 매우 유용하다.

<50> 이하, 본 발명을 하기 실시예를 들어 보다 상세하게 설명하기로 하되, 본 발명이 하기 실시예로만 한정되는 것은 아니다.

<51> 실시예 1

<52> 단일벽 탄소나노튜브(SWNT) 3.0mg과 SDS 분산제 1.5mg을 증류수 200ml에 골고루 혼합하였다. 이를 초음파 분산기 (bath sonicator Branson 5510 40kHz 135W)를 이용하여 1시간 동안 분산시켜 코팅 용액으로 사용하였다.

<53> 기질로 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET) 필름을 사용하고, 이를 온도  $70^\circ\text{C}$  로 가열된 발열판 위에 두고 실험용 스프레이 장치(Anest Iwata W-100)를 준비하여 분산된 용액을 이용하여 준비된 기질에 스프레이 코팅을 실시하고 이를 건조하여 탄소나노튜브 투명도전막을 형성하였다. 이 때 분사 압력은  $5\text{kgf/cm}^2$ 로 하였다.

<54> 상기 과정에 따라 얻은 탄소나노튜브 투명도전막을 현미경(OLYMPUS BX51)을 이용하여 200배 확대하여 관찰하였고, 도 3에 나타내었다. 그리고 상기 과정에 따라 얻은 탄소나노튜브 투명도전막의 면저항 및 투과도를 측정하여 하기 표 1에 나타내었다.

<55> 도 3을 참조하여, 스프레이 과정에서 나타나는 패턴이 서로 겹쳐지면서 전체적으로 연결되어 전기적인 흐름이 가능해지며 내부가 일부 비어 있는 환 고리형 패턴으로 투과성이 높은 투명전극을 제조할 수 있었다.

<56> 실시예 2

<57> 단일벽 탄소나노튜브(SWNT) 3.0mg과 SDS 분산제 1.5mg을 증류수 200ml를 교반하여 잘 혼합하였다. 이를 초음파 분산기(bath sonicator Branson 5510 40kHz 135W)를 이용하여 1시간 동안 분산시켜 코팅 용액으로 사용하였다.

<58> 기질로 PET 필름을 사용하고, 이 필름을 온도  $70^\circ\text{C}$ 의 발열판에 올려 가열하였다. 초음파 분무기(삼성전자)에 분산된 용액을  $1\text{kgf/cm}^2$  압력으로 밀어 주면서 준비된 기질에 스프레이 코팅을 실시한 다음, 이를 건조하여 탄소나노튜브 투명도전막을 형성하였다.

<59> 상기 실시예 2에 따른 탄소나노튜브 투명도전막을 현미경을 통해 200배 확대하여 관찰하고, 도 4에 나타내었다. 그리고 상기 과정에 따라 얻은 탄소나노튜브 투명도전막의 면저항 및 투과도를 측정하여 하기 표 1에 나타내었다.

<60> 도 4를 참조하여 고리형 패턴을 확인하고, 실시예 1과 유사하게 고리 내부가 일부 채워지지 않은 환형고리 패턴이 겹쳐진 형태를 나타냈다.

<61> 비교예 1

<62> 단일벽 탄소나노튜브(SWNT) 3.0mg과 SDS 분산제 1.5mg 및 증류수 200ml를 교반하여 이를 골고루 혼합하였다. 이 혼합물을 초음파 분산기(bath sonicator Branson 5510 40kHz 135W)를 이용하여 1시간 동안 분산시킨 후 코팅용액으로 사용하였다.

<63> 기질로서 PET 필름을 사용하고, 이를 기질이 놓인 발열판의 온도를 실시예 1과 동일하게  $70^\circ\text{C}$ 로 고정하였다. 실험용 스프레이 장치(Anest Iwata W-100)를 준비하여 분산된 용액을 이용하여 준비된 기질에 스프레이 코팅을 실시하여 탄소나노튜브 투명도전막을 형성하였다. 이 때 코팅 용액의 분사 압력은  $75\text{kgf/cm}^2$ 로 한다.

<64> 상기 과정에 따라 얻은 탄소나노튜브 투명도전막을 현미경을 이용하여 200배 확대하여 관찰하였고, 그 사진은 도 5에 나타난 바와 같다. 그리고 상기 과정에 따라 얻은 탄소나노튜브 투명도전막의 면저항 및 투과도를 측정하여 하기 표 1에 나타내었다.

<65> 실시예 1과 동일한 조건에서 분사 압력을 높였을 때 나타나는 코팅 패턴을 알 수 있는데, 분사 압력이 강하면 일정한 원모양 패턴이 아니라 불규칙적인 모양으로 패턴이 깨어져 나타난다. 그리고 하기 표 1에 나타난 바와 같이 서로 연결된 부분이 보여 면저항값이 크게 높아지지는 않으나 속이 채워진 형태의 패턴으로 인해 투과도 값이 낮아진다.

<66> 상기 실시예 1-2 및 비교예 1에 따른 탄소나노튜브 투명도전막을 형성하기 위한 스프레이 조건과 각각의 경우에 따라 실시하여 형성된 탄소나노튜브 투명도전막으로 된 투명전극의 면저항 및 투과도를 조사하여 하기 표 1에 나타내었다.

<67> [표 1]

	스프레이 조건	패턴 특징	투명전극 면저항 ( $\Omega/\square$ )	투명전극의 투과도 (%)
실시예 1	분사압력 5kgf/cm <sup>2</sup> 기질온도: 70℃	고리형 패턴	700	84
실시예 2	분사 압력 1kgf/cm <sup>2</sup> 기질온도 70℃	고리형 패턴	800	85
비교예 1	분사압력 75kgf/cm <sup>2</sup> 기질온도 70℃	불규칙적 모양	800	75

<69> 상기 표 1로부터 알 수 있듯이, 실시예 1-2에 따르면 탄소나노튜브 투명도전막은 고리형 패턴을 나타내며, 면저항이 우수하면서도 투과도 특성이 우수하였다.

<70> 반면, 비교예 1에 따르면 탄소나노튜브 투명도전막에서 고리형 패턴 대신 불규칙적 모양이 관찰되었고, 투명전극의 면저항 특성은 우수하지만 투과도 특성이 저하되어 바람직하지 못하였다.

**도면의 간단한 설명**

<71> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 고리형 패턴을 설명하기 위한 것이고,

<72> 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 탄소나노튜브 투명도전막의 전자주사현미경 사진을 나타낸 것이고,

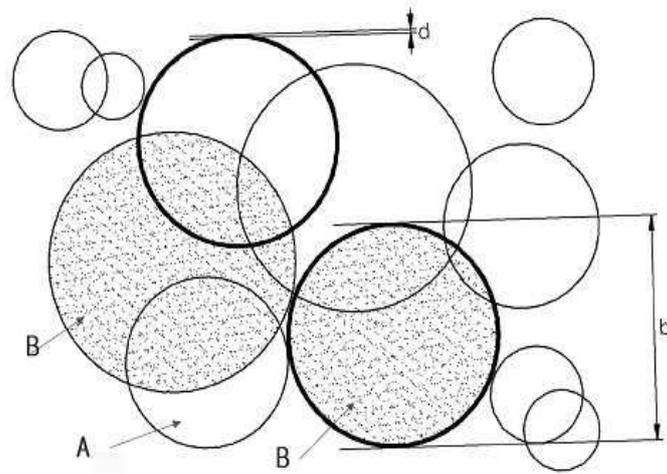
<73> 도 3은 본 발명의 실시예 1에 따른 탄소나노튜브 투명도전막의 광학현미경 사진이고,

<74> 도 4는 본 발명의 실시예 2에 따른 탄소나노튜브 투명도전막의 광학현미경 사진이고,

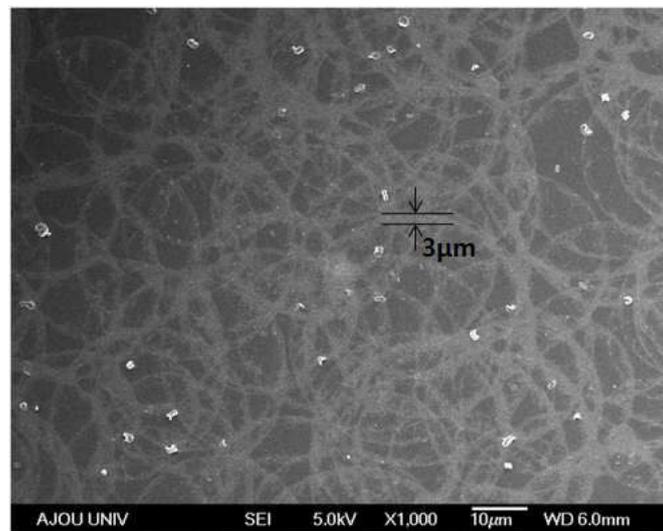
<75> 도 5는 본 발명의 비교예 1에 따른 탄소나노튜브 투명도전막의 광학현미경 사진이다.

도면

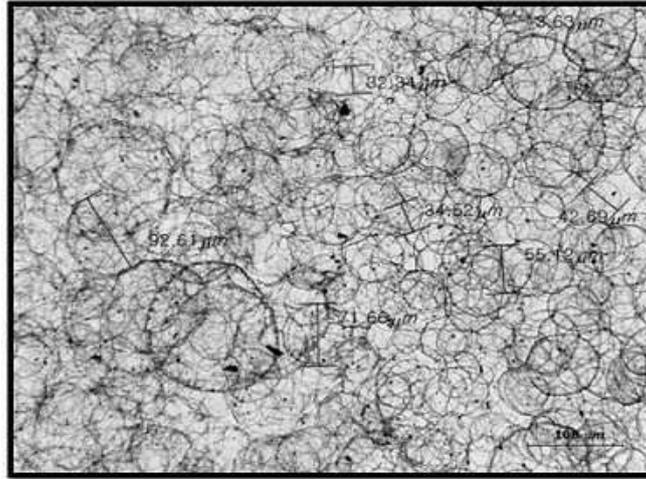
도면1



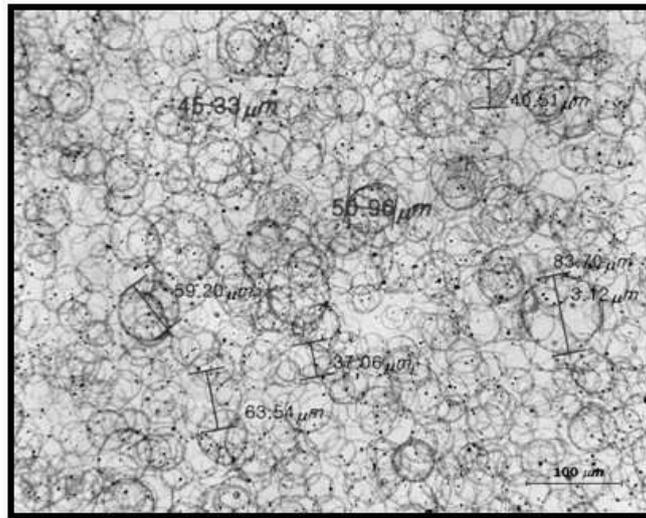
도면2



도면3



도면4



도면5

