



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0059891  
(43) 공개일자 2008년07월01일

(51) Int. Cl.

*B82B 3/00* (2006.01) *H01L 21/20* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0133802

(22) 출원일자 2006년12월26일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

주식회사 엘지화학

서울특별시 영등포구 여의도동 20

(72) 발명자

김현모

대전 서구 둔산동 1370번지 넥서스밸리 A동 710호

이현상

대전 유성구 전민동 엑스포아파트 303동 1504호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

조인제

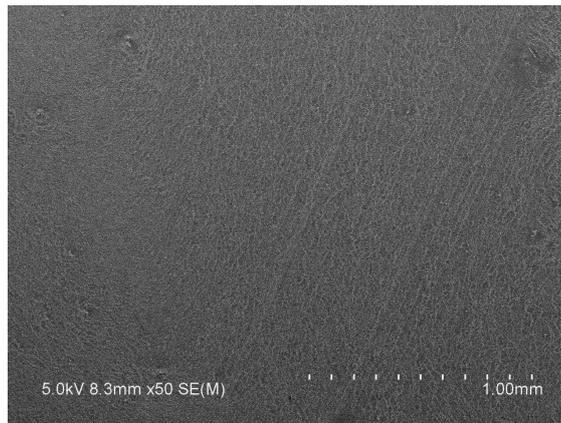
전체 청구항 수 : 총 7 항

**(54) 탄소나노튜브의 자기조립구조로 형성된 전도성 박막**

**(57) 요약**

본 발명은 전도성 박막에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 강직한 랜덤 코일 형태의 탄소나노튜브를 사용하여 유기용매에 용해시키거나 수지내에 균일하게 혼합시킨 용액으로 코팅함으로써 얻어지는 전도성 박막에 관한 것이다. 본 발명에 따라 제조된 전도성 박막은 선택되는 기관의 종류에 따라 유연성이나 투명성 또는 두 가지 특성을 동시에 가질 수 있다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**윤창훈**

대전 유성구 하기동 우미이노스빌 302동 107호

**김응수**

대전 서구 월평동 311번지 다모아 아파트 112동  
1101호

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

탄소나노튜브가 자기조립에 의해 일정패턴을 가지는 표면을 이루는 것을 특징으로 하는 전도성 박막.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 전도성 박막의 표면저항은 1 내지  $10^8 \Omega/\text{sq}$  인 것을 특징으로 하는 전도성 박막.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는 강직한 랜덤코일 형태의 탄소나노튜브인 것을 특징으로 하는 전도성 박막.

**청구항 4**

제3항에 있어서,

상기 강직한 랜덤코일 형태의 탄소나노튜브는 펼친 길이가 직경의 1배 이상이며, 평균 굽임비가 1 이하인 것을 특징으로 하는 전도성 박막.

**청구항 5**

- i) 탄소나노튜브를 유기용매에 용해시키는 단계;
  - ii) 상기 용해된 탄소나노튜브 용액을 초음파 분쇄를 이용하여 분산시키는 단계;
  - iii) 상기 분산된 탄소나노튜브 용액을 필터링시키는 단계;
  - iv) 상기 필터링된 탄소나노튜브 용액을 박막에 코팅시키는 단계; 및
  - v) 상기 코팅된 박막을 건조시키는 단계;
- 를 포함하는 것을 특징으로 하는 전도성 박막의 제조방법.

**청구항 6**

- i) 탄소나노튜브 분말과 수지를 유기용매에 용해시켜 혼합용액을 제조하는 단계;
  - ii) 상기 혼합용액을 기재에 박막 처리하는 단계; 및
  - iii) 상기 박막 처리된 기재를 건조시키는 단계;
- 를 포함하는 것을 특징으로 하는 전도성 박막의 제조방법.

**청구항 7**

제5항 또는 제6항에 있어서,  
상기 탄소나노튜브는 강직한 랜덤코일 형태의 탄소나노튜브인 것을 특징으로 하는 전도성 박막의 제조방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

<6> 본 발명은 전도성 박막에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 탄소나노튜브를 사용하여 유기용매에 용해시키거나

수지 내에 균일하게 혼합시킨 용액으로 코팅함으로써 표면이 탄소나노튜브의 자기조립구조로 이루어진 전도성 박막에 관한 것이다. 본 발명에 따라 제조된 전도성 박막은 선택되는 기관의 종류에 따라 유연성이나 투명성, 또는 두 가지 특성을 동시에 가질 수 있다.

- <7> 탄소나노튜브는 자연계에서 탄소가 가질 수 있는 구조 중에서도 전기전도도와 열 전도성, 그리고 기계적 강도 등이 기존 금속 및 세라믹 소재에 비해 매우 뛰어난 것으로 알려져 있다 [Scientific American, Dec. 2000, 38-45]. 탄소나노튜브 중에서도 단일벽 탄소나노튜브는 다중벽 탄소나노튜브에 비해 상기 언급한 물성에 있어 특히 우수한 것으로 알려져 있으나, 그 합성법에 있어 수율이 매우 낮아 대량 생산에 한계가 있다는 단점이 지적되고 있다. 또한 그 전기적 물성에 있어서도 도전성이 있는 금속성 탄소나노튜브와 반도체성 탄소나노튜브가 항상 혼재되어 있으므로 구별을 해내기 힘들어 현재 상업적인 연구에서는 다중벽 탄소나노튜브가 널리 사용되고 있다.
- <8> 현재 널리 사용되고 있는 금속을 사용한 기관이나 전극은 소재의 특성상 유연성과 투명성을 지니기가 어려우며, 또한 밀도가 매우 높아 경량화에 있어 어려움이 많은 실정이다. 투명성을 지니는 전극으로서 ITO(Indium-tin-oxide)를 널리 사용하고 있으나 여전히 유연성이 확보되어 있지 않다.
- <9> 이의 대안으로서 최근에는 전도성 고분자를 사용한 전극물질이 등장하고 있으나 전기전도성에 있어 금속이나 ITO에 훨씬 떨어지는 값을 나타내고 있으며 특히 열적 안정성이 부족하여 장시간 사용이 힘들다는 단점이 지적되고 있다.
- <10> 상기의 한계를 극복하고자 탄소나노튜브만을 사용하여 투명성과 유연성을 동시에 갖춘 금속수준의 전기전도도를 확보한 전극의 개발이 활발히 이루어지고 있으며 [Science Vol. 305, 1273 (2004); J. Am. Chem. Soc. Vol. 126, 4462 (2004)], 최근에는 전극뿐 아니라 트랜지스터에서 전하전달층으로도 활용이 가능함이 입증되고 있다 [Nano Letters Vol. 3, 1353 (2003); Nano Letters Vol. 5, 757 (2005)]. 그러나, 이러한 방법을 사용한 전도성 투명막의 형성은 그 과정이 매우 복잡하고 특수한 기기나 고가의 필터 등의 도구가 반드시 필요하다는 불편함이 있다.
- <11> 일본공개특허공보 제2004-230690호 및 제2003-12939호에서는 탄소나노튜브를 수지내에 혼합시켜 성형하여 제전성을 확보한 투명수지판을 만들거나 전도성을 가지게 하여 전자파 차폐 기능을 부여하는 방법을 개시하고 있으나, 이와 같은 방법은 성형시 수지 내 탄소나노튜브 분산방법의 한계로 인해 충분한 전도성을 얻기 힘들다는 단점을 가지고 있으므로 탄소나노튜브 자체의 전기전도 특성을 살리기 위한 노력이 필요하다.
- <12> 대한민국 공개특허공보 제2003-0011398호에서는 탄소나노튜브를 사용하여 용액상에 분산한 후 코팅하여 박막을 제조하고 박막내의 탄소나노튜브를 특정 방향으로 배향시키는 기술을 개시하고 있으나, 이는 바 코팅을 통해 인위적이고 기계적인 과정으로 탄소나노튜브를 배향시키는 기술이다. 또한 대한민국 공개특허공보 제2005-0011867호의 경우에는 탄소나노튜브에 금속입자를 결합시켜 전도성을 향상시키는 방법을 개시하고 있으나, 이 역시 탄소나노튜브의 처리 공정에 시간이 많이 걸리고 고분자와의 혼합을 통해 코팅액을 제조하고 있으므로 탄소나노튜브의 분산이 고분자 지지체의 특성에 영향을 받을 것을 고려해 볼 수 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <13> 상기 언급된 종래기술의 문제점을 해결을 위해, 본 발명은 탄소나노튜브를 기관 위에 코팅 시 일정 패턴이 자기조립구조로 형성되고 이를 통해 투명성을 확보하는 가운데 전기전도성의 발현이 가능하게 하려는데 목적이 있다. 특히 코팅하는 탄소나노튜브 수용액 또는 수지와의 혼합액내의 탄소나노튜브 농도와 형성된 패턴의 방향성에 따라 전기전도도의 조절이 가능하게 하고 동시에 선택하는 기관의 종류에 따라 유연성을 확보하게 하려는 것이다.

**발명의 구성 및 작용**

- <14> 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 탄소나노튜브가 자기조립에 의해 일정패턴을 가지는 표면을 이루는 것을 특징으로 하는 전도성 박막을 제공한다.
- <15> i) 탄소나노튜브를 유기용매에 용해시키는 단계;
- <16> ii)상기 용해된 탄소나노튜브 용액을 초음파 분쇄를 이용하여 분산시키는 단계;
- <17> iii)상기 분산된 탄소나노튜브 용액을 필터링 시키는 단계;

- <18> iv)상기 필터링 된 탄소나노튜브 용액을 박막에 코팅시키는 단계; 및
- <19> v)상기 코팅된 박막을 건조시키는 단계;
- <20> 를 포함하는 것을 특징으로 하는 전도성 박막의 제조방법을 제공한다.
- <21> 또한, 본 발명은
- <22> i) 탄소나노튜브 분말과 수지를 유기용매에 용해시켜 혼합용액을 제조하는 단계;
- <23> ii)상기 혼합용액을 기재에 박막 처리하는 단계; 및
- <24> iii)상기 박막 처리된 기재를 건조시키는 단계;
- <25> 를 포함하는 것을 특징으로 하는 전도성 박막의 제조방법을 제공한다.
- <26> 상기에서 언급된 탄소나노튜브는 강직한 랜덤 코일 형태의 탄소나노튜브일 수 있다.
- <27> 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- <28> 본 발명에서 의미하는 자기조립구조는 탄소나노튜브의 박막을 형성하는 과정에 있어서 코팅과정에 전기적, 화학적 또는 기계적 공정을 도입하여 인위적인 방향성이나 패터닝(patterning) 하는 것이 아닌, 강직한 랜덤 코일에 의해 자연적으로 발생하는 일정한 반복패턴을 의미한다.
- <29> 또한, 본 발명에서 사용될 수 있는 탄소나노튜브는 강직한 랜덤 코일 형태의 것일 수 있는바, 상기 강직한 랜덤 코일 형태란 유연한 체인 형태를 지니는 고분자와 강직한 막대형 입자의 중간 형태를 지니는 입자로서 그 펼친 길이가 직경의 1배 이상, 바람직하게는 10배 이상이며, 평균 꺾임비는 1 이하인 입자를 의미한다. 즉, 영구변형에 의해 구부러져 있으면서 구부러진 위치의 정의가 잘 정의되어 있는 것으로서 나선형의 코일과 구분되며 유연하게 구부러질 수 있는 섬유나 고분자의 체인과는 다른 형태를 말한다. 상기 강직한 랜덤 코일은 출원인인 기출원된 대한민국특허 제10-2006-0014326호에 개시되어 있다.
- <30> 상기 강직한 랜덤 코일 형태의 탄소나노튜브를 제조 과정에 대하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- <31> 탄소나노튜브를 수용액 상태로 초음파 수조를 사용한 분산 과정을 거치게 한 후, 강산을 사용하여 다시 한번 초음파 처리를 거치도록 한다. 그 다음 섭씨 60도 이상에서 3시간 이상의 환류 과정(Reflux)을 거치도록 한 후 얻어진 용액을 증류수 세척 및 필터링을 반복하여 진공 건조시키면 용액 내 분산 가능한 강직한 랜덤 코일 형태의 탄소나노튜브를 얻을 수 있다.
- <32> 상기 탄소나노튜브는 상업적으로 합성된 단일벽 또는 다중벽 탄소나노튜브일 수 있으며, 그 합성법 또한 특별히 제한되지는 않으나, 바람직하게는 순환공정을 통해 화학 기상 증착법을 통해 합성된 다중벽 탄소나노튜브를 사용할 수 있다. 탄소나노튜브의 합성에는 촉매로서 철, 코발트, 니켈 등 금속 미립자 및 그 산화물, 또는 금속 및 금속 산화물의 세라믹 담지체가 사용가능하나 이는 본 발명의 목적을 제한하지 않는 범위 내에서 특별히 제한되지 않고 다양한 촉매의 적용이 가능하다.
- <33> 상기 사용되는 강산으로는 황산, 질산, 염산 및 그 혼합액들이 사용될 수 있으며, 그 농도는 대략 2M ~ 6M까지 필요에 따라 다양하게 쓰일 수 있다.
- <34> 다음으로, 강직한 랜덤 코일 형태 또는 통상의 탄소나노튜브가 표면에 자기조립에 의해 일정패턴을 이루는 전도성 박막을 제조하는 방법에 대하여 설명하기로 한다.
- <35> 우선, 탄소나노튜브를 유기용매에 용해시키는 단계를 거친다. 유기용매로는 N,N-디메틸포름아미드(DMF), 톨루엔, 크실렌, 메틸렌 클로라이드, 노말 헥산, 디메틸설폭사이드, 클로로포름, 테트라하이드로푸란(THF) 또는 탄화수소계 유기용매 등이 바람직하며, 수용성 용액으로는 Triton X-100, Sodium dodecyl sulfate(SDS), sodium dodecylbenzenesulfonate(NaDDBS), Cetyl trimethylammonium bromide(CTAB) 등의 음이온성, 양이온성 또는 중성의 각종 계면활성제를 포함한 수용성 용액이 바람직하다.
- <36> 이러한 탄소나노튜브는 용액 내에 0.0001 ~ 30 wt% 포함되는 것이 바람직하다. 이는 0.0001 wt% 미만의 탄소나노튜브가 용액 내에 포함될 경우, 용해되어 있는 양이 적어 박막 코팅시에 자기조립구조를 형성하기가 불충분할 수 있으며, 또한 30 wt% 초과하는 경우에는 탄소나노튜브가 너무 많이 사용되어 경제성에 반하게 되는 문제점이 있다.
- <37> 다음으로, 상기 용해된 탄소나노튜브 용액을 초음파 분쇄를 이용하여 분산시키는 단계를 거친다. 상기 초음파

분쇄 방법은 bath type 또는 tip type 모두가 사용될 수 있으며, 50 ~ 200 W 사이의 출력으로 3시간 이상 분산을 시키는 것이 바람직하나, 상기 이외의 초음파 출력이나 처리 시간이라도 용액의 분산성을 해하지 않는 범위에서 충분히 사용할 수 있다.

- <38> 다음으로, 상기 분산된 탄소나노튜브 용액은 필터링 시키는 단계를 거치면서 균일한 상태의 탄소나노튜브 용액을 얻게 된다. 상기 필터링 과정은 1  $\mu\text{m}$  ~ 3  $\mu\text{m}$  까지의 다양한 기공을 가진 유기물 및 무기물 필터를 사용하여 행하는 것이 바람직 한바, 1  $\mu\text{m}$  보다 작은 기공을 사용하는 경우에는 분산된 탄소나노튜브 마저 걸러질 수 있고, 3  $\mu\text{m}$  보다 큰 기공을 사용하는 경우에는 미 분산된 탄소나노튜브 또는 뭉친 탄소덩어리가 걸러지지 못하고 용액에 포함될 수 있기 때문이다.
- <39> 다음으로, 상기 탄소나노튜브 용액을 유연하고 투명한 기판 위에 떨어뜨린 후 상기 용매를 자연건조 또는 진공오븐을 30분 내지 2시간 가량 사용하여 증발시킨다. 이러한 건조과정을 통해 용매가 증발하게 되면 투명하고 전기전도성이 있는 박막이 형성된다.
- <40> 본 발명은 탄소나노튜브 분말을 수지와 함께 유기용매에 용해시켜 혼합용액을 제조한 후 이 혼합용액을 기재에 박막 처리하여 건조시킴으로써 혼합수지 박막 형태로도 제조할 수 있다.
- <41> 상기 수지로는 열가소성, 또는 열경화성 수지가 모두 가능하며, 대표적인 열가소성 수지로는 폴리부틸렌 테레프탈레이트, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 아로마틱폴리아미드, 폴리아미드, 폴리카보네이트, 폴리스타이렌, 폴리페닐렌설파이드, 폴리술폰, 폴리에테르 술폰, 폴리에테르이미드, 폴리에테르에테르케톤, 폴리아릴레이트, 폴리메틸메틸아크릴레이트, 폴리비닐알코올, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌 등이 있으며, 또한 대표적인 열경화성 수지로는 폴리우레탄, 폴리에스테르, 페놀, 멜라민, 에폭시, 알키드 수지 등이 있다. 상기 열가소성, 또는 열경화성 수지가 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니며 모든 종류의 수지가 사용 가능하다.
- <42> 상기 방법을 통해 형성된 전도성 박막의 표면저항은 1 내지  $10^8$   $\Omega/\text{sq}$ 인 것이 바람직한바, 이는 현재까지 알려진 탄소나노튜브의 전기전도성이 상기와 같은 박막에서는 표면저항이 1  $\Omega/\text{sq}$  이하가 되기 힘들며, 반면  $10^8$   $\Omega/\text{sq}$  이상의 표면저항이 되면 정전분산의 용도로도 사용하기가 힘들어 전도성이라 부를 수 없기 때문이다.
- <43> 상기 방법을 통해 형성된 전도성 박막 및 혼합수지 박막은 자기 조립 과정을 통해 탄소나노튜브가 일정 패턴을 이루어 배향되게 할 수 있으며, 적은 양의 탄소나노튜브로도 효율적인 전기전도막을 형성할 수 있다.
- <44> 이하, 첨부도면을 참고하여 본 발명의 이해를 돕기 위한 실시 및 비교예를 상세히 설명하나, 이들 예들은 단지 본 발명을 설명하기 위한 것으로서 본 발명의 보호범위를 제한하는 것으로 해석되지 아니한다.
- <45> [실시예 1]
- <46> 세라믹 분말에 철 계열의 금속 촉매를 담지하여 화학기상증착법으로 제조한 다중벽 탄소나노튜브 분말 1g을 400g의 증류수에 넣고 초음파 수조에서 40W 출력으로 30분 동안 처리한 후 60%의 질산 210g과 혼합하여 다시 한 시간 동안 초음파 처리하였다. 처리된 용액은 섭씨 60도에서 3시간 동안 환류 과정을 통해 가열한 후 상온으로 냉각하였다.
- <47> 냉각된 용액을 0.5  $\mu\text{m}$  정도의 기공크기를 가진 PTFE 필터를 통해 걸러내어 얻어진 응집체는 진공오븐에서 섭씨 70도 정도로 하루 이상 건조하여 분말형태의 강직한 랜덤 코일형태의 탄소나노튜브를 얻었다.
- <48> 상기 탄소나노튜브 분말 0.01 g 정도를 400 mL의 DMF에 혼합하여 70 W ~ 100 W의 출력으로 초음파 분쇄기를 이용하여 3시간 분산시킨 후 이를 기공크기 1  $\mu\text{m}$  ~ 3  $\mu\text{m}$  정도의 종이 필터를 사용하여 필터링을 수행하였다. 얻어진 강직한 랜덤 코일 형태의 탄소나노튜브 용액 농도는 0.00082 wt% 이었다.
- <49> 상기 용액 20 mL ~ 50 mL 정도의 양을 5 cm  $\times$  5 cm 정도 크기의 폴리에틸렌 필름 위에 떨어뜨린 후 진공오븐에서 섭씨 70도 정도에서 30분 ~ 2시간 정도 건조시켜 투명성이 유지되는 코팅 박막을 얻었다.
- <50> 상기 방법을 통해 얻어진 박막의 50배 확대한 표면 주사전자현미경(SEM) 사진을 도 1에 나타내었다. 균일하고 고르게 덮여 있는 대신 일정한 패턴을 이루고 있는 모습이 확인하였다.
- <51> 도 2, 도 3, 도 4는 각각 상기 박막표면을 각각 200배, 500배, 1000배로 확대한 SEM사진으로서, 상기 박막표면이 배율에 상관없이 일정한 패턴으로 비슷하게 반복되고 있는 프랙탈(fractal) 구조를 가지고 있음을 확인하였다.

<52> [비교예 1]

<53> 세라믹 분말에 철 계열의 금속 촉매를 담지하여 화학기상증착법으로 제조한 다중벽 탄소나노튜브 분말 1g을 400g의 증류수에 넣고 초음파 수조에서 40W 출력으로 30분 동안 처리한 후 60%의 질산 210g과 혼합하여 다시 한 시간 동안 초음파 처리하였다. 처리된 용액은 섭씨 60도에서 3시간 동안 환류 과정을 통해 가열한 후 상온으로 냉각하였다.

<54> 냉각된 용액을 0.5 μm 정도의 기공크기를 가진 PTFE 필터를 통해 걸러내어 얻어진 응집체는 진공오븐에서 섭씨 70도 정도로 하루 이상 건조하여 분말형태의 강직한 랜덤 코일형태의 탄소나노튜브를 얻었다.

<55> 상기 탄소나노튜브 분말 0.01 g 정도를 400 mL의 DMF에 혼합하여 70 W ~ 100 W의 출력으로 초음파 분쇄기를 이용하여 3시간 분산시켰다.

<56> 상기 용액 50 mL을 5 cm × 5 cm 정도 크기의 폴리에틸렌 필름 위에 떨어뜨린 후 진공오븐에서 섭씨 70도 정도에서 30분 ~ 2시간 정도 건조시켜 코팅 박막을 얻었다.

<57> 도 5는 상기 박막의 표면 SEM사진이다. 도 1 ~ 도 4의 SEM사진과 다르게 일정 패턴이 없이 무작위로 전체 표면을 덮고 있는 것을 관측하였다.

<58> [실시에 2]

<59> 세라믹 분말에 철 계열의 금속 촉매를 담지하여 화학기상증착법으로 제조한 다중벽 탄소나노튜브 분말 1g을 400g의 증류수에 넣고 초음파 수조에서 40W 출력으로 30분 동안 처리한 후 60%의 질산 210g과 혼합하여 다시 한 시간 동안 초음파 처리하였다. 처리된 용액은 섭씨 60도에서 3시간 동안 환류 과정을 통해 가열한 후 상온으로 냉각하였다.

<60> 냉각된 용액을 0.5 μm 정도의 기공크기를 가진 PTFE 필터를 통해 걸러내어 얻어진 응집체는 진공오븐에서 섭씨 70도 정도로 하루 이상 건조하여 분말형태의 강직한 랜덤 코일형태의 탄소나노튜브를 얻었다.

<61> 상기 분말을 1 wt.%, 0.5 wt.%, 0.1 wt.%의 비율로 폴리카보네이트 수지와 혼합하여 클로로포름에 녹이고 15 cm × 15 cm 크기의 유리기판 위에 50 mL 정도를 떨어뜨려 상온에서 자연 건조시켰다.

<62> 상기 형성시킨 0.5 wt.%의 탄소나노튜브를 혼합한 폴리카보네이트 필름의 경우 그 표면에 일정한 패턴으로 자기조립구조를 보이고 있음을 확인할 수 있었으며, 필름의 두께는 90 μm ~ 150 μm 정도였다.

<63> 각 필름에서 측정된 표면저항의 평균값을 표 1에 나타내었다.

**표 1**

<64>	탄소나노튜브 함유량	0.1 wt.%	0.5 wt.%	1 wt.%
	표면저항 (Ω/sq)	10×10 <sup>9</sup>	47,000	3,700

<65> 상기의 표면저항 값에서 0.5 wt.%의 탄소나노튜브를 함유한 필름의 경우 전도성을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.

<66> 본 발명에 따르면, 이와 같이 형성된 박막은 탄소나노튜브가 일정 패턴으로 자기조립구조를 이루고 있으며, 이는 주사전자현미경을 통하여 확인이 가능하다. 이러한 패턴은 일정한 방향성을 지니고 있으며, 패턴의 밀도가 용액 내 탄소나노튜브의 농도에 따라 조절되어 전기전도성을 조절하게 된다. 특히 형성된 패턴은 확대와 축소 시에도 비슷한 패턴을 유지하는 프랙탈(fractal) 구조를 지니고 있으므로, 이를 통한 탄소나노튜브에서의 스며들기(percolation) 구조의 조사가 가능하다.

**발명의 효과**

<67> 상기에서 살펴본 바와 같이 본 발명은 투명성 확보 및 기존 탄소나노튜브를 코팅시킨 박막에 비해 표면을 완전히 덮지 않고도 전도성 막의 형성이 가능하므로 상대적으로 적은 양의 탄소나노튜브로도 동일한 전기전도성을 나타낼 수 있다.

<68> 또한, 본 발명에 따른 전도성 박막의 제조방법은 기존보다 간편하게 전기전도성을 발현시킬 수 있으며, 본 발명에 따라 형성된 자기조립구조는 마이크로미터 크기에서 스며들기(percolation)현상을 갖는 구조를 형성하므로

소량의 탄소나노튜브로도 용액 또는 수지 내에서의 농도조절을 통해 전기전도성과 자기조립구조의 양상을 임의로 조절할 수 있는 효과가 있다.

<69> 본 발명에 따른 투명성 전도성막을 이용하여, 유연성을 갖춘 전극이나 전자파 차폐용 또는 정전분산용의 투명성 도전막의 형성에 사용할 수 있으며, 트랜지스터의 전하전달층으로도 제작할 수 있는 효과가 있다.

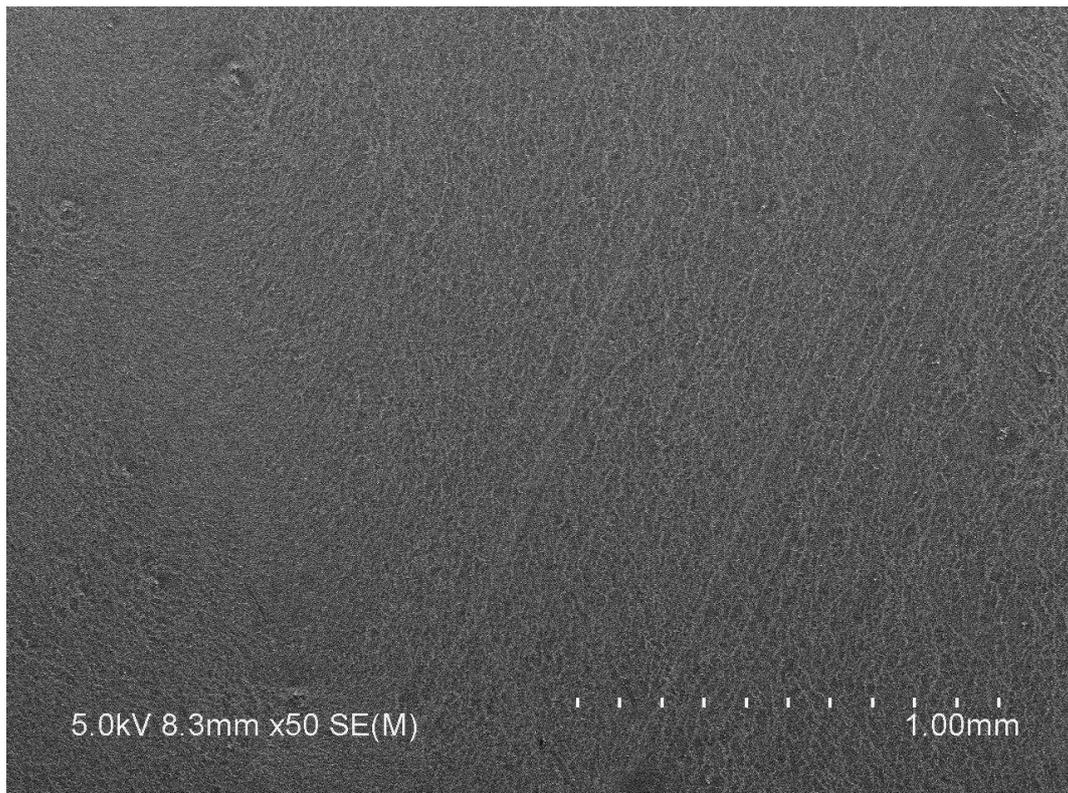
<70> 이상, 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함은 명백하며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 명백하다.

**도면의 간단한 설명**

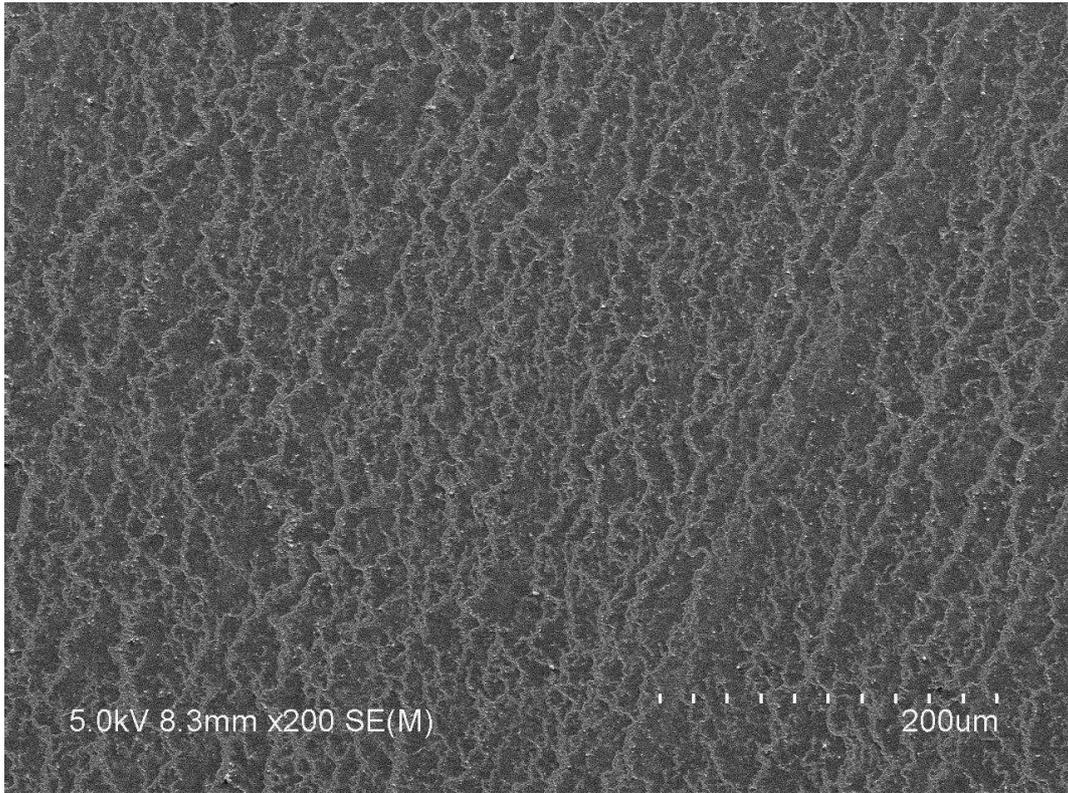
- <1> 도 1은 본 발명의 실시예 1에서 제조된 전도성 박막의 표면을 50배 확대한 SEM 사진.
- <2> 도 2는 본 발명의 실시예 1에서 제조된 전도성 박막의 표면을 200배 확대한 SEM 사진.
- <3> 도 3은 본 발명의 실시예 1에서 제조된 전도성 박막의 표면을 500배 확대한 SEM 사진.
- <4> 도 4는 본 발명의 실시예 1에서 제조된 전도성 박막의 표면을 1,000배 확대한 SEM 사진.
- <5> 도 5는 본 발명의 비교예 1에서 제조된 전도성 박막의 표면을 40,000배 확대한 SEM 사진.

**도면**

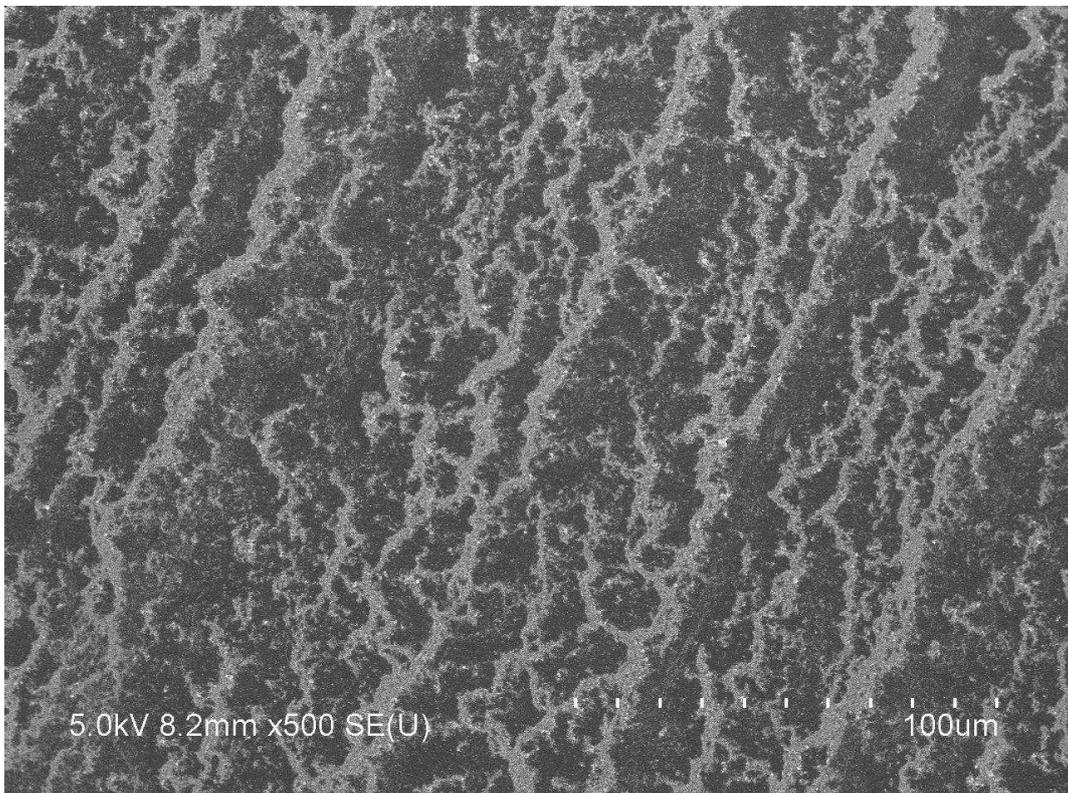
**도면1**



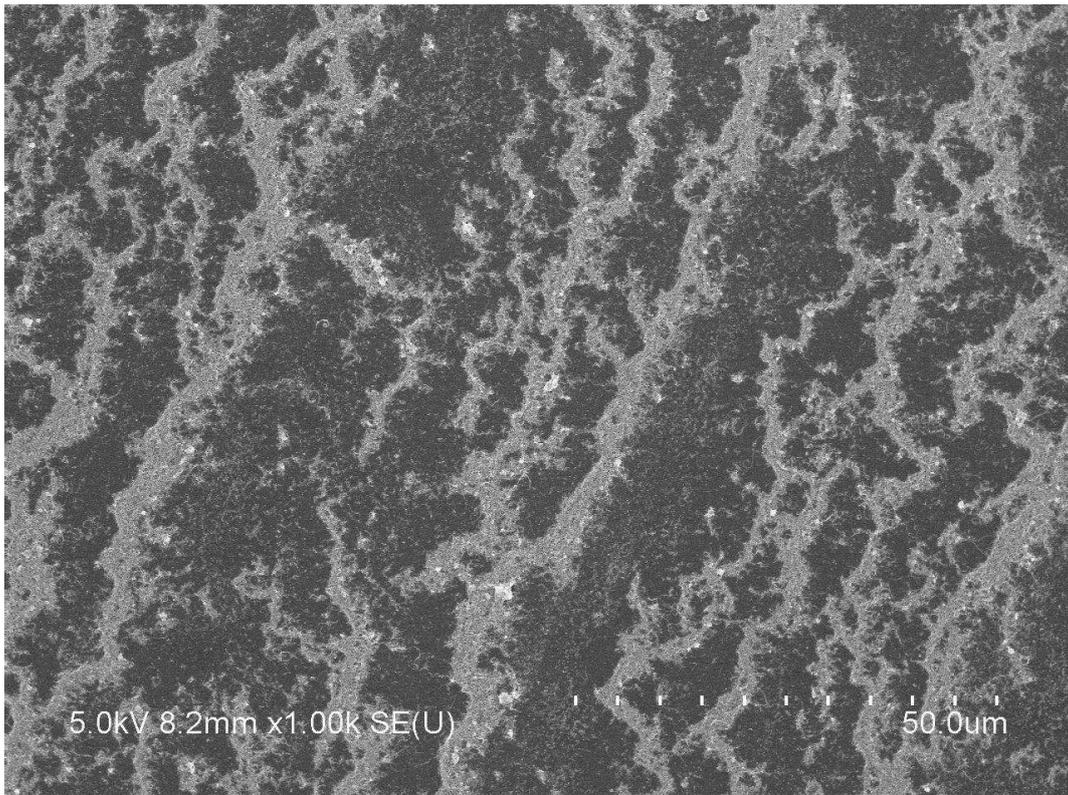
도면2



도면3



도면4



도면5

