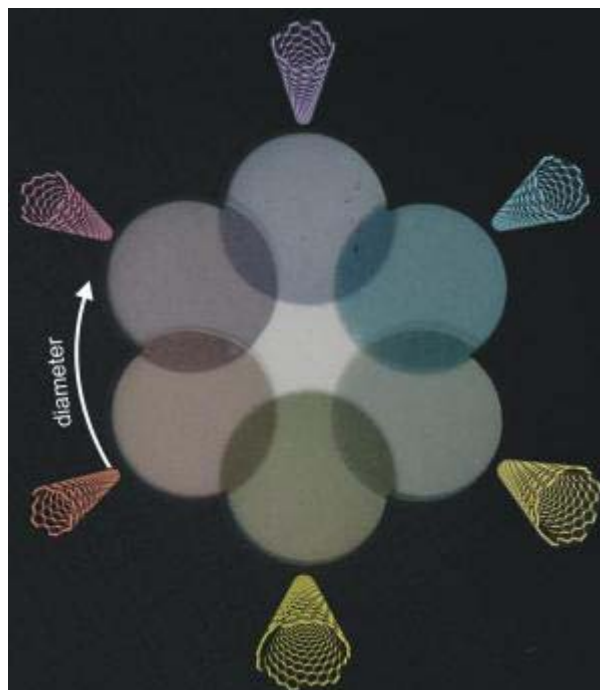


탄소나노튜브로 만든

유연한 전도성 스테인드글래스

탄소나노튜브는 매우 특수한 기계적, 열적, 화학적, 광학적, 전기적 특성을 가지고 있어 많은 분야에서 최첨단으로 응용되는 전도유망한 물질이다.

현재 Northwestern 대학의 연구자들은 탄소나노튜브를 사용하여 반투명하고, 고전도성이며, 유연하게 구부릴 수 있으면서 스테인드글래스와 같이 다양한 색을 나타내는 얇은 필름을 만드는 연구를 해왔다. 이들의 연구 결과는 Nano Letters 저널 온라인판에 게재되었으며, 앞으로 평판 디스플레이와 태양 전지 등의 첨단 제품의 향상을 선도할 수 있는 기술로 평가되고 있다.



<그림 1> 유연한 플라스틱 기질 위의 전도성과 유연성을 가지는 탄소나노튜브 스테인드글래스의 사진. (탄소 나노튜브 필름은 평균 직경이 0.9, 1.0, 1.05,

1.1, 1.4, 1.6 나노미터로 점차 두꺼워지는 순서로 배열되어 있음(시계방향으로 왼쪽 것이 더 얇음). 나노튜브 직경을 조절하여 사진에서와 같은 가시적인 색상을 유도할 수 있음.)

탄소나노튜브는 다양한 특수 성능을 가지고 있어 트랜지스터, 논리 게이트(logic gates), 인터커넥트(interconnects), 전도성 필름, 전계방출원료(field emission sources), 적외선 발생기, 바이오센서, 스캐닝 프로브, 나노기계장치, 기계적 보강제, 수소 저장 성분, 촉매 지지체 등을 포함하는 방대한 범위의 영역에서 활용이 제안되고 있다.

이러한 활용 중에서 탄소나노튜브에 기초한 투명한 전도성 필름은 최근 상당한 주목을 끌고 있다. 투명 전도체(transparent conductors)는 광학적으로 투명한 물질이지만, 전기적으로는 도체이다. 이러한 재료는 일반적으로 평판 디스플레이의 전극, 터치스크린, 고체 조명(solid-state lighting)과 태양전지에 유용하게 사용한다. 에너지 효율 장치와 대체 에너지원에 대한 필요성이 증대되면서, 전세계적으로 투명 전도성 필름에 대한 요구도 빠르게 증가하고 있다.

인듐(indium) 주석 산화물은 현재 투명 전도체에 사용되는 주요 물질이다. 인듐 수요는 증가하고 있으나 인듐의 양은 상대적으로 부족하여 최근 5년간 상당한 가격 상승이 이루어졌다. 이 경제적 쟁점에 더해서, 인듐 주석 산화물은 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diodes)와 유기 광전지 장치(organic photovoltaic devices) 등에 활용하기에는 광학적 조정력과 기계적 유연성에 제한성이 있다.

이에 Northwestern팀은 인듐 주석 산화물의 대안으로 새로운 투명 전도체를 찾는 연구를 진행하였다. 밀도 구배 초원심분리(density gradient ultrac

entrifugation)로 알려진 기술을 이용하여 균일한 전기적, 광학적 특성을 갖는 탄소나노튜브를 제작하였다. 이러한 고순도의 탄소나노튜브를 사용하여 형성된 얇은 필름은 원래 존재하던 탄소나노튜브 재료에 비해 10배 향상된 전도성을 가진다.

또한 밀도 구배 초원심분리는 탄소나노튜브를 광학적 특성에 따라 정렬시켜, 일정하게 지정된 색상의 반투명 전도성 필름을 형성하게 한다. 이와 같이 형성된 필름은 마치 스테인드글래스와 같이 여러 가지 색을 나타내는 외관을 가진다. 그러나 스테인드글래스와는 달리 탄소나노튜브를 사용한 얇은 필름은 높은 전기적 전도성과 기계적 유연성을 가진다. 따라서 탄소나노튜브 필름은 유연한 전기 전도성 및 광전지쪽 활용 면에서 인듐 주석 산화물이 가지는 주요 제한점을 극복한 새로운 재료이다.

연구팀을 이끌고 있는 Northwestern 공학 및 응용과학 McCormick School의 재료 공학과 교수이자 Weinberg 기술과학대 화학과 교수인 Mark Hersam은 투명한 전도체는 컴퓨터 모니터부터 휴대폰 디스플레이와 평판 텔레비전까지 현대 사회에서 어디에서나 존재하게 될 것이라고 하였다. 또한 고순도의 탄소나노튜브를 사용한 얇은 필름은 일반적인 용도로도 활용할 수 있을 뿐만 아니라 유기 발광 다이오드와 유기 광전지 장치와 같은 새로운 기술의 개발을 가속화할 것이다. 그러므로 이와 같은 고효율을 가지는 새로운 에너지 기술은 앞으로 더욱 중요해질 것으로 기대된다.