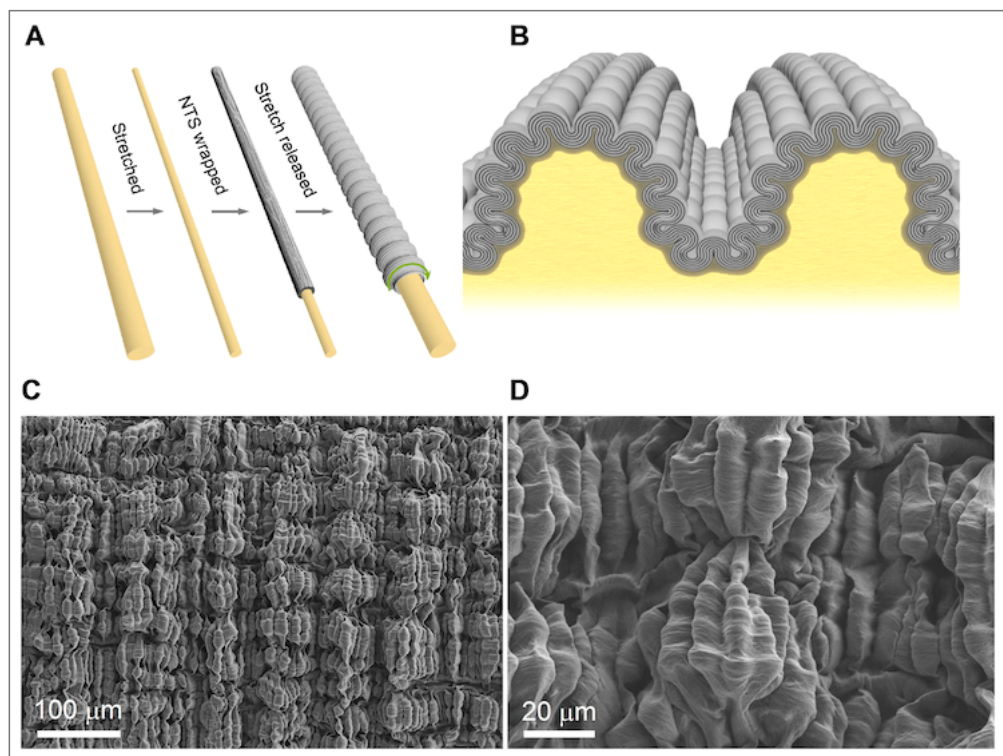


CNT sheet를 사용한 신축성 전도사

전도성 섬유는 일반적으로 길게 신장시켰을 때 전기전도성이 감소한다고 알려져 있지만, 텍사스 대학(University of Texas at Dallas) 연구진은 이런 문제를 해결할 수 있는 탄소 나노튜브 기반의 초탄성사를 만드는데 성공하였다. 텍사스 연구진이 개발한 새로운 전도사는 원래 길이의 11배 신장했을 때 전기 전도성이 121배까지 증가하였고, 이러한 큰 신장에도 섬유의 저항은 단지 5 % 정도만 변화하였다. 이 전도사는 스마트 섬유, 로봇을 위한 인공 근육, 탄성 회로를 위한 인터커넥트, 스트레인 센서 등에 매우 유용하게 적용될 수 있을 것이다.



(A) 고무를 core에 두고 신장한 다음 CNT sheet로 감는 형태로 제조된 신축성 전도사 모식도

(B) 1400배 신장하여 제조하여 버클링이 발생한 CNT sheath의 형태 모식도

(C)와 (D) 수평방향으로 배열된 sheath-core 섬유의 버클링 현상 SEM 이미지

<그림> 신축성이 있는 전도사

기존 전도성 섬유의 경우 신장시키면 길이가 늘어나면서 섬유의 단면적은 작아지게 되고, 이로 인하여 재료를 통과하는 전자들의 흐름을 방해받게 되어 전기 저항이 증가하게 된다.

텍사스대학 연구진이 만든 새로운 전도사는 가소성 SEBS(styrene-(ethylene-butylene)-styrene) 공중합체로 만들어진 긴 탄성섬유를 코어로 하여 탄소 나노튜브의 전도성 쉬트를 둘러싸는 형태로 만들어졌다. 탄성섬유가 신장된 상태에서 탄소 나노튜브 쉬트를 탄성섬유에 감기 때문에 탄성섬유가 정상상태로 이완되었을 때는 탄소 나노튜브 쉬트가 주기적인 길고 짧은 버클링(buckling)을 형성한다. 이러한 부분이 기존의 전도사와는 다르게 새로 개발된 전도사가 반복적으로 신축성을 나타낼 수 있게 하며, 전자가 버클링된 탄소 나노튜브 쉬트를 통해서 이동하기 때문에 크게 연신될 때도 원래의 전기 전도성을 유지한다.

텍사스 대학 연구진에 따르면, 버클링은 섬유의 길이방향을 따라서 형성될 뿐만 아니라 폭방향으로도 발생한다고 한다. 버클링이 2차원으로 발생한다는 사실은 나노튜브가 고무 코어를 따라서 정렬하지는 않는다는 것을 의미한다. 이러한 점이 전도사가 신장되는 동안에도 거의 일정한 전기 저항을 유지할 수 있게 한다.

텍사스 대학 연구진은 새로운 전도사를 평가하기 위해서 매우 얇은 고무 코팅과 또 다른 탄소 나노튜브 피복을 추가하고, 이 전도사를 사용하여 복잡한 구조를 가진 축전기(capacitor)를 만들었다. 버클링된 나노튜브 시트는 전극으로서 활용되고, 아주 얇은 고무층은 유전체(dielectric)로 사용되었다. 새로운 전도사를 사용한 장치의 전기용량(capacitance)은 섬유가 원래 길이의 950 % 까지 신장될 때 860 % 까지 변화하였다. 다른 어떠한 재료로도 이와 같은 신장 변위에서 작동하지는 못한다고 한다.

뿐만이 아니라 새로운 전도사는 고무 코어의 크기에 따라서 약 150 마이크론에서부터 훨씬 더 큰 크기까지 지름을 변화시키면서 제조될 수 있다. 이런 전도사는 실이나 로프 형태처럼 다발로 만들 수도 있는데, 이러한 방법으로 저항을 추가적으로 감소시킬 수 있다.

새로운 전도사를 적용할 분야 중 확실한 것은 사람들이 입을 수 있는 스마트 직물이지만, 신축성이 있는 장점을 활용하면 탄성 회로, 변형 센서, 무고장 심장 조율기(failure-free pacemaker) 등도 가능할 것이다. 향후 새로운 전도사를 사용하여 구조체를 만들어 비틀림이 있는 인공 근육, 광학 회로 속의 거울 회전, 의료용 장치 속에 액체 펌핑(pumping) 등에도 사용할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

♠ Nanotechweb.org, Jul 25, 2015