을 최대로 이끌어낼 수 있다. 훌륭한 전하 유지 시간 및 다중비트 구동과 함께 그래핀 전극으로 구성된 CTE 소자는 가까운 미래에 대량의 비휘발성 메모리 소자 제작에 활용될 것으로 전망된다. 또한 얇은 두께의 게이트 전극은 아래에 놓인 소자에 기계적 스트레스를 가하지 않기 때문에, 다양한 MOS 구조의 소자 제작에 활용될 수 있을 것으로 보인다.

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl202983x>

티타늄과 유사한 열 전도율을 가진 단층카본나노튜브/탄소섬유/고무 복합재료

가볍고, 얇고, 유연한 방열재료의 실현: 일본의 독립행정법인 산업기술종합연구소(Advanced Industrial Science and Technology, AIST) 나노튜브응용연구센터와 기술연구조합 단층 CNT융합신재료연구개발기구는 공동으로 고순도의 단층카본나노튜브(단층 CNT)와 피치계(석유, 석탄, 콜타르등의 부산물) 탄소섬유(CF)를 고무 중에 분산시켜 금속 티타늄에 필적하는 25 W/mK의 열전도율을 가진 단층 CNT/CF/고무 복합재료를 개발하였다(**그림 9**).

CF와 단층 CNT는 모두 높은 열전도성을 가지고 있지만, 구조는 전혀 다르다. CF는 직경이 10 마이크로미터로 두꺼운 직선성이 높다. 한편, 초성장법(super growth method)에 의해 제조된 단층 CNT(SG- CNT)는 직경이 3 nm정도로 비교적 자유롭게 구부릴 수 있는 특징이 있다. 특히, SG-CNT는 길이 수 mm까지 성장하여 서로 얽혀진 높은 체눈 구조를 형성할 수 있다. 이러한 탄소재료의 특징을 살려 구조 제어를 실시하였다. 우선, SG-CNT를 특수한 방법으로 분산시켜 길이를 유지하면서 체눈형태로 펼쳐진 네트워크 구조를 형성하였다. 그 결과, 단층 CNT는 봉우리가 높은 상태가 된다. 이렇게 분산시킨 단층 CNT에 피치계 CF 및 모재인 고무재료를 첨가하여 균일하게 분산시켜 형성함으로써 필름상의 성형체를 얻었다. 필름의 두께는 100 μm~200 μm로 조제하였다.

CF 및 단층 CNT의 조성을 다양하게 변화시키면서 시료를 제조하여 열확산율, 밀도, 열용량을 측정하고, 그 결과로부터 열전도율을 결정하였다. 일례로서 단층 CNT(4중량%)와 피치계 CF(18중량%)를 포함한 불소 고무 복합재료의 열전도성을 측정한 결과, 면내 방향에서 25 W/mK, 면에 수직방향에서 2 W/mK를 나타내었다(불소 고무 단체의 열전도율은 0.2 W/mK). 이 열전도율은 티타늄(17 W/mK)의 값을 상회하는 것으로 알루미나(29 W/mK)에 가까운 값이다. 비교 예로서 CF만을 20중량% 넣은 시료의 열전도율은 면내 방향에서는 약 5 W/mK, 면에 수직방향에서는 0.2 W/mK이기 때문에 약 5중량%의 단층 CNT를 첨가하는 것에 의해 열전도율을 대폭적으로 향상시킬 수 있었다. 또한 단층 CNT 대신에 다층 CNT를 첨가한 경우, 열전도율은 반정도 이하까지 저하되었다. 단층 CNT를 이용하여 이 정도의 높은 열전도성이 발현된은 구조관찰 등의 결과로부터 CF 사이에 높은 단층 CNT 네트워크가 유입되면서 CF의 열전도를 중계하였기 때문이라고 추측된다. 단층 CNT를 첨가한 경우, CF가 복합재료 중에 균일하게 분포하고 있어 CNT의 체눈이 CF의 균일한 분산에 기여하고 있다는 것도 밝혀졌다. 또한, 단층 CNT는 복합재료 중에 균일하게 분포하기 때문에 면에 수직방향의 열전도도의 향상도 가져왔다. 이렇게 CF와 단층 CNT의 하이브리드화에 의해 높은 열전도성을 가진 재료의 개발에 성공하였다.

이번에 개발한 재료에서는 동일한 스펙을 가진 복합재료에 비해 열전도성 첨가재의 분산량을 종래의 1/2에서 1/3로 낮게할 수 있었다. 때문에 재료의 취화 및 경화의 영향이 적고, 모재가 본래 가진 고무물성을 유지하는 데 성공하였다. 또한 이번에 개발한 열전도성 고무는 동일한 열전도성을 가진 재료와 비교하여 밀도가 낮기 때문에 경량화도 기대할 수 있다.

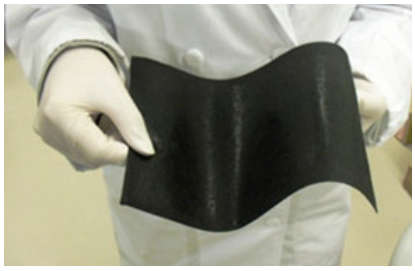

그림 9. 제작한 A4 크기의 단층 CNT/CF/고무 복합재료.

<http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2011/pr20111006/pr20111006.html>

본 기술 뉴스는 KISTI 미리안의 글로벌동향브리핑(GTB)에서 발췌하였습니다.

<경성대학교 화학과 안 택, e-mail: taekahn@ks.ac.kr>