계면활성제 종류에 따른 Mullti-walled carbon nanotube의 유기용매 분산 효과

이봉석, 김원중, 김태영, 서광석*
고려대학교

The effect of surfactants on the dispersion of Multi-walled carbon nanotube in organic solvent

Bong seok Lee, Won jung Kim, Tea young Kim, Kwang S. Suh*
Korea Univ.

Abstract : Using various surfactants, multi-walled carbon nanotube (MWNT) was dispersed in organic solvent, isopropylalcohol(IPA). To refine the MWNT and give the functional group, MWNT was treated with sulfuric acid/nitric acid(v/v=3/1). The cationic, nonionic and anionic surfactants were used as MWNT dispersion agents in the organic solvent. Dispersion effect of various surfactants was observed by optical microscope and HR-TEM. Surface resistivities of MWNT dispersions were measured after coating on PET film. MWNT was dispersed well by poly vinyl pyrrolidone(PVP), nonionic surfactant.

Key Words : MWNT, surfactant, dispersion

1. 서 론

탄소나노튜브는 단일 소재로는 달성될 수 없는 뛰어난 치수안정성, 기계적 강도, 전기적 특성 등을 지니고 있어 첨단소재로써 그 중요성이 대두되고 있다.[1]

하지만 탄소나노튜브는 합성과정에서 개개의 탄소나노튜브 입자 간에 응집현상이 발생하여 미세분말 상태로는 여러 응용분야에 사용되기는 어렵다.[2]

탄소나노튜브 물리적 응집은 ㎛ 수준에서 나노튜브가 각각의 입자로서 다른 입자들과 서로 얽히고 감겨있는 것이고, 화학적 응집은 ㎚ 수준에서 분자간의 힘인 van der Waals 힘과 같은 표면인력에 의해 응집되어 있는 것이다. 탄소나노튜브의 응집현상이 기계적 강도와 전도 특성을 향상시킬 수 있는 네트워크 구조형성을 방해하기 때문에 탄소나노튜브의 분산 기술은 중요하게 대두되고 있다.[3]

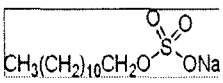
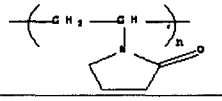
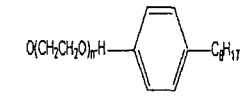
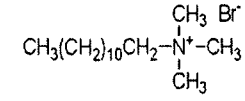
탄소나노튜브의 분산 기술로는 기계적 분산(초음파 처리), 용매와 분산제(surfactant)를 이용한 분산, 산처리를 통한 표면 개질 분산 등이 있다. 계면활성제는 탄소나노튜브 표면에 효과적으로 코팅되어 정전기적 반발력이나 steric 반발력을 유도하여 분자간의 힘인 van der waals 인력을 극복하고 탄소나노튜브의 고유특성을 유지시킬 수 있는 장점이 있고, 산처리는 열적 산화방식과 병행하여 탄소나노튜브의 정제 또는 팁부분과 표면이 화학적으로 산화 되면서 -COOH, -OH 등 산소를 함유하는 기능기가 도입되는 장점이 있다.[3]

이 논문에서는 이러한 장점들을 이용하여 MWNT (multi-walled carbon nanotube)를 유기용매에 효과적으로 분산 시키는 연구를 하였다.

2. 실 험

본 실험에서 사용한 MWNT은 Iljin CNT(grade CM-95)에서 구입하여 사용하였으며 CVD process (chemical vapor deposition) 방법으로 만들졌다. 사용한 계면활성제는 **표 1**에 나타내었으며 Aldrich Chem.에서 구입하여 사용하였다. 또한 유기용매로 사용된 IPA(isopropyl alcohol), 산처리에 사용된 황산(sulforic acid), 질산(nitric acid) 용액은 Samchun Chem.에서 구입하여 사용하였으며, MWNT 분산는 초음파 봉(Sonic & Materials INC, VCX130)을 사용하였다.

표 1. 계면활성제의 종류.

Surfactant	Structure	Surfactant character
SDS (sodium dodecyl sulfate)		음이온계
PVP (poly vinyl pyrrolidone)		비이온계
Triton X-100		비이온계
DTAB (dodecyl-trimethyl ammonium chloride)		양이온계

산처리 방법으로는 황산, 질산, 물의 부피비로 3 : 1 : 6으로 총 1L의 산용액을 만들어 여기에 MWNT 5g을 첨가 후 6시간 동안 hot plate 위에 80℃ 온도를 유지하면서 교반시켰다. 반응이 종료되면 순수한 MWNT을 얻기 위해 필터링을 하였다. 이때 산용액이 다 제거될 때까지 물로

수회 세척을 하고 진공오븐에 24시간 건조하여 MWNT-COOH를 수득하였다. MWNT 분산 시 모든 용매는 동일하게 물과 IPA를 1 : 3 으로 혼합하여 넣었으며, 계면활성제는 MWNT 대비 5배를 첨가하여 분산 하였다.

3. 결과 및 검토

계면활성제의 역할은 탄소나노튜브 표면에 효과적으로 코팅되어 정전기적 반발력이나 steric 반발력을 유도하여 분자간의 힘인 van der waals 인력을 극복하는 것이다.[4]

그림 1에서는 계면활성제 종류에 따라 분산 정도를 광학현미경(x100) 이미지를 정리한 것이다. 이미지 확인 결과 PVP가 혼합용매에 분산효과가 있는 것으로 관찰된다. 또한 일반 MWNT 보다 산처리 MWNT (MWNT-COOH)가 분산효과가 더 있는 것으로 관찰된다.

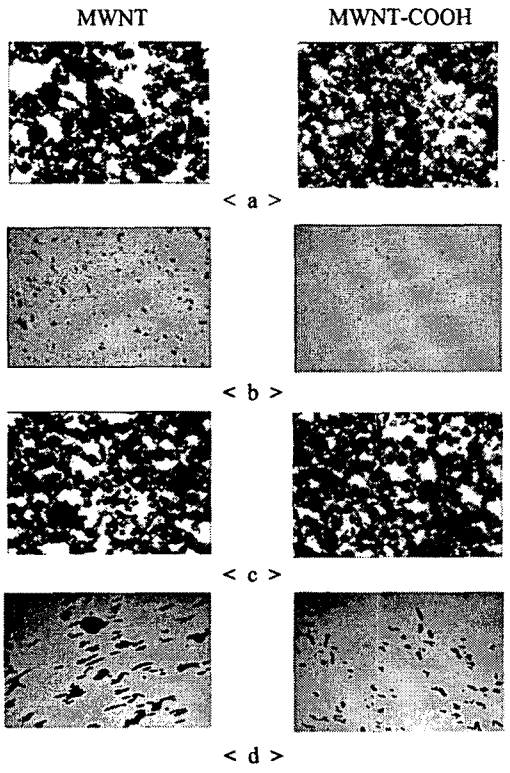


그림 1. 광학현미경 이미지(x100), (a) SDS (b) PVP (c) Triton x-100 (d) DTAB

산처리 MWNT-COOH 분산효과가 좋은 이유는 그림 2에서 보는 것과 같이 MWNT의 길이가 산처리를 통해 짧아지면서 계면활성제가 MWNT 표면을 많이 감싸면서 분산효과가 좋아 지는 것으로 사료된다.

표 2에서는 PVP로 혼합유기용매에 분산한 현탁액을 PET필름 위에 바코터 코팅을 한 후 표면저항을 측정한 결과이다. 코팅 표면을 물세척 전과 후의 표면저항 값이 차이가 난다. 그것은 코팅 표면에 남아있는 계면활성제가 제거 되면서 표면저항이 낮게 나오는 것으로 사료된다.

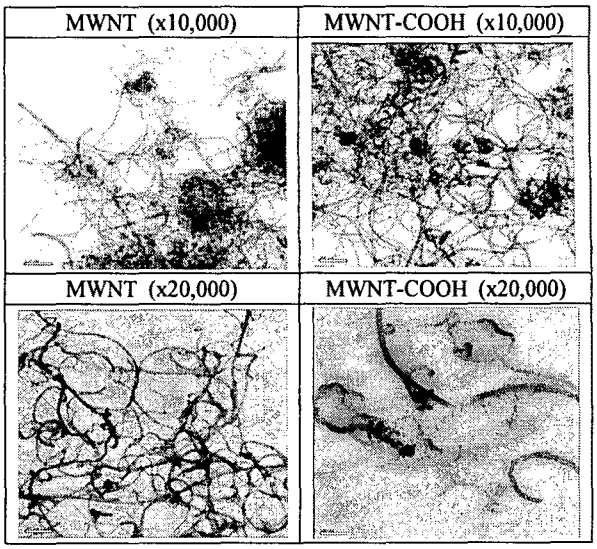


그림 2. PVP로 분산한 HR-TEM 이미지

표 2. PVP 계면활성제를 이용하여 MWNT 함량별 분산 후 PET필름 코팅 표면저항

PVP	MWNT		MWNT-COOH	
	표면 저항(Ω/□)		표면 저항(Ω/□)	
물 세척	전	후	전	후
0.2 wt%	10^{11}	10^{6}	10^{12}	10^{12}
0.5 wt%	10^{7}	10^{5}	10^{11}	10^{6}
1 wt%	10^{9}	10^{5}	10^{11}	10^{6}

4. 결 론

본 연구에서는 탄소나노튜브의 네트워크 구조를 방해하는 응집현상을 풀어주기 위해 계면활성제를 이용하여 MWNT를 유기용매에 분산하였다. 실험결과, 비이온성 계면활성제인 PVP가 혼합유기용매(물/IPA)에서 MWNT 분산효과가 있었으며 산처리를 통해 표면이 개질된 MWNT-COOH가 더 효과적이었다. 또한 표면저항 측정결과로부터 PET필름 위에 MWNT가 네트워크 구조를 이루는 것으로 사료된다.

참고 문헌

[1] Y. E. Lee, The Korean Physical Society Vol. 51(2) 84~144 (2005)

[2] C. H. Yoon, H. S. Lee, Polymer Science and Technology Vol. 18, No. 1(2007)

[3] Dispersion of Carbon Nanotube, KISTI(2005)

[4] V. Krstic, G.S. Duesberg, J. Muster, M. Burghard and S. Roth, Chem. Mater, 10, 2338(1998)