

EEA/탄소나노튜브와 카본블랙 복합체의 구조적 특성

양종석, 신동훈, 이경용, 성백룡*, 박대희
원광대학교, (주)대양소재*

Structural Properties of EEA/Carbon nanotube and Carbon Black Composites

Jong-Seok Yang, Dong-Hoon Shin, Kyoung-Yong Lee, Baek-Ryong Sung* and Dae-Hee Park
Wonkwang University, DaeYang Material Co. LTD*

Abstract : To Smoothness of semiconducting materials in power cable, we have investigated those of semiconducting materials showed by changing the content of carbon black and Carbon Nanotube. Then they were produced as sheets after pressing for 20 minutes at 180[°C] with a pressure of 200[kg/cm²]. The content of conductive carbon black and Carbon Nanotube was the variable, and their contents were 20-40[wt%] and 2-6[wt%] respectively. The smoothness was measured by JSM-6400.

Key Words : Semiconducting Materials, CNT, EEA, Caron black, SEM, TEM

1. 서론

현재 우리가 사용하고 있는 전력케이블은 일반적인 경우 도체를 중심으로 도체차폐층 (conductor shield), 절연층 (insulation), 절연차폐층 (insulation shield), 중성선 (neutral wire) 및 외피로 이루어져 있다. 각층은 각기 고유의 역할이 있으며 각층의 재료가 이상 현상을 보이면 이는 결국 절연층의 절연파괴를 유발하고 전력케이블의 고장으로 이어진다. 여기서 도체차폐층과 절연차폐층은 반도체층이라 말한다. 일반적으로 반도체층은 EVA, EBA, EEA등의 올레핀계 고분자에 다량의 전도성 카본블랙, 산화방지제, 활제 및 계면활성제 등의 첨가제를 혼합하여 제조한다. 구 형태를 갖는 카본블랙은 긴 튜브 형태의 탄소나노튜브 보다 비중이 매우 높다. 이러한 특성을 기반으로 하여, 반도체층 재료 공정에서 반도체성을 갖게 하기 위해 약 35[wt%]~40[wt%]의 카본블랙을 첨가하는 제조과정을 고려 해볼 때, 적은 양을 갖고서 충분한 기계적 특성을 나타낼 수 있는 탄소나노튜브를 사용하는 것을 매우 의미 있는 연구라고 하겠다.

본 논문에서는 높은 이방성을 갖는 탄소나노튜브를 베이스 수지인 EEA (Ethylene Ethyl Acrylate, Mitsui Dupont)에 첨가하여 우수한 분산성을 도모하였다. 그리고 카본블랙/EEA와 탄소나노튜브/EEA의 구조적 특성을 비교 및 분석하였다.

2. 시료 및 실험 방법

2.1 시편제작

본 논문에서는 시편의 조성비를 표 1과 같이 EEA를 베이스 폴리머로 사용하였다. 전도성 탄소나노튜브 (Hollow CNT75, (주)나노카본)와 카본블랙의 함량을 변수로 하였다. 그 함량은 탄소나노튜브는 2~ 6[wt%], 카본블랙은 20~40[wt%]이었다. 실험에 사용된 탄소나노튜브는 기상합성법 (VG, Vapor Phase Growth)으로 제조된 다층벽 탄소나노튜브 (MWCNT)로써, 대롱형태로 감기는 흑연 층의 두께 이상의 층으로 이루어져 있으며 튜브로 불리는 흑연층이 탄소나노튜브의 길이 축에 평행하지 않고 사선으로 감겨있으면서 마치 종이컵이 계속해서 쌓여서 만들어져 있는 형태를 지니고 있다고 하여 지어진 이름으로 탄소나노튜브의 기본 형태에서 벗어나 있으나 분산성이 높아 복합 재료 분야에서 주로 유용한 형태이다.

표 1. 시편의 조성

Unit: wt%

Specimen	EEA	CB	CNT	Antioxidant	Additive	Agent	Total
A	79	20	-	0.3	0.2	0.5	100
B	69	30	-	0.3	0.2	0.5	100
C	59	40	-	0.3	0.2	0.5	100
D	95.5	-	2	0.3	0.2	2	100
E	93.5	-	4	0.3	0.2	2	100
F	91.5	-	6	0.3	0.2	2	100

편의상 현재 반도체층 재료로 사용되고 있는 시편을 각각 A, B 그리고 C로 측정용 시편을 각각 D, E 그리고 F로 명명하였다. 시편은 펠렛형의 시료를 70[°C] ~100[°C]의 롤러에서 5분간 1차 혼련을 한 후 180[°C]에서 20분간 200[kg/cm²]의 압력으로 프레싱을 하여 시트상으로 제작하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 SEM 측정

시편들의 표면에 분포하는 카본블랙의 분산성을 측정하기 위해 도입된 장비는 SEM (Scanning Electron Microscope, 주사전자현미경)이다. 5000 배율에서 측정된 본 실험은 일반 광학현미경에서 측정되었던 돌기 뿐 만 아니라 카본블랙의 형태, 성장 모양 및 분산도를 제공한다. 일반적으로 SEM은 전자 빔이 샘플의 표면에 주사하면서 샘플과 상호작용에 의해 발생된 SE (secondary electron, 이차전자)를 이용해서 샘플의 표면을 측정하는 장비이다. 전자총에서 만들어진 전자빔은 세 개의 전자계 렌즈에 의해 집속되어 시편 표면에 도달한다. 시편 표면에서는 다양한 신호가 발생하는데 SEM은 이차전자를 이용한다. 수집된 이차전자는 scintillator에서 빛으로 변환되고 이 빛은 광전자증배관에서 전기 신호로 변환된다. 그리고 이 신호는 preamplifier에서 증폭되어 CRT에서 발광한다. CRT에서의 전자 빔 스캐닝과 시편에서의 빔 스캐닝은 동조되어 있기 때문에 시편에서 스캐닝 된 사진이 CRT상에 동일하게 표현된다.

2.2.2 TEM 측정

투과전자현미경 transmission electron microscope은 광학현미경과 그 원리가 비슷하다. 전자 현미경 에서의 광원은 높은 진공 상태(1×10^{-4} 이상)에서 고속으로 가속되는 전자선이다. 전자선이 표본을 통과하여 일련의 전기자기장 electromagnetic field 또는 정전기장 electrostatic field을 거쳐 형광판이나 사진필름에 초점을 맞추어 투사된다. 이 전자의 파장은 가속전압에 따라 다르며 흔히 사용되는 전압(100 KV)에서의 전자파장은 0.004nm이다. 광학렌즈 대신 사용되는 자기장 magnetic field은 불완전하며 개구수 numerical aperture가 없다. 따라서 전자현미경의 이론적 분해능(해상력)은 약 0.001nm이나 생물학적 표본에서 사용되는 분해능은 약 0.2nm(side entry), 0.14nm(top entry)이다.

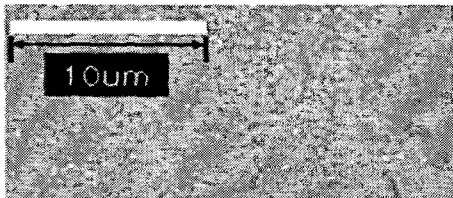
3. 결과 및 고찰



(a) CB 20[wt%]



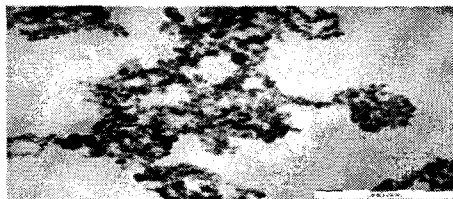
(b) CB 30[wt%]



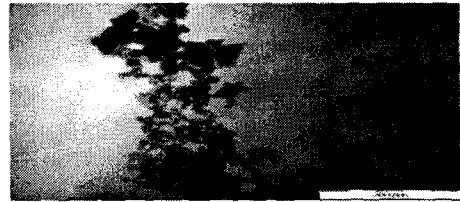
(c) CB 40[wt%]



(d) CNT 2[wt%]



(e) CNT 4[wt%]



(f) CNT 6[wt%]

그림 1. 카본블랙과 탄소나노튜브의 함량에 따른 시편들의 SEM [(a)~(c)] 과 TEM [(d)~(f)]사진

그림1 (a)~(f)는 카본블랙과 탄소나노튜브의 함량에 따른 시편 내 카본블랙과 탄소나노튜브의 형성, 성장과정 및 분산성을 SEM과 TEM을 통해 나타내고 있다. 그림1 (a)~(c)에서 시편 내부에 분포하는 카본블랙들은 입자 (particle)를 띄고 있는 것을 알 수 있다.

또한 카본블랙의 함량이 증가함에 따라 시편들은 매트릭스 형태를 형성하면서 방사적으로 분포하고 있다. 카본블랙 함량 40[wt%]와 탄소나노튜브 함량 6[wt%]가 첨가된 경우 EEAL내 카본블랙과 탄소나노튜브는 잘 분산되어 보이지만 중앙 주변에 카본블랙과 탄소나노튜브가 뭉쳐있다. 따라서 카본블랙 함량 30[wt%]와 탄소나노튜브 함량 4[wt%]를 첨가했을 때 우수한 분산성을 나타내는 것을 알 수 있다. 이것은 시편 내부에 전기 전도 네트워크를 형성하고, 또한 자유전자들의 자유로운 호핑이 이루어질 수 있는 클러스터가 형성되는 것을 의미한다[1,2]. 한 가지 주목할 점은 탄소나노튜브는 일반 카본블랙에 비해 첨가량이 약 1/7 정도로 적게 첨가되었다는 것이다. 즉, 탄소나노튜브 함량 4[wt%]만으로도 우수한 전도성 네트워크와 분산성을 보임을 알 수 있었다.

4. 결론

SEM과 TEM 실험에서 카본블랙의 함량 30[wt%]와 탄소나노튜브 함량 4[wt%]에서 우수한 매트릭스 형태를 형성하였다. 또한, 탄소나노튜브의 적은 첨가량으로도 충분히 반도체 조성물의 구조적 특성을 향상 시켰다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2005-7-100)주관으로 수행된 과제임.

[참고 문헌]

- [1] M. Nafaa and H. Pavlos, "Miscibility behaviour of ethylene vinylacetate/Novolac blends", POLYMER, Vol. 36, No. 11, pp. 2165-2171, 11 1995.
- [2] S. L. Greene, "Smoothness Evaluation of Clean Furnace Carbon Blacks", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 10, No. 2, pp. 23-29, 1994.