

# 전력케이블에서 탄소나노튜브 함량에 따른 반도전층 재료의 특성 연구

論 文

56-3-19

## A Study on the Properties of Semiconducting Materials with contents of Carbon Nanotube in Power Cable

梁鍾錫<sup>†</sup> · 申同訓<sup>\*</sup> · 李慶龍<sup>\*\*</sup> · 朴大熙<sup>\*\*\*</sup>

(Jong-Seok Yang · Dong-Hoon Shin · Kyoung-Yong Lee · Dae-Hee Park)

**Abstract** - In this paper, we have investigated chemical, mechanical and structural properties by changing the content of carbon nanotube, Which is a component part of semiconductive shield in underground power transmission cable. The multi luminescence spectrometer MLA-GOLDS was used to investigate chemical properties of specimens. Also, the density meter EW-200SG was used to investigate the mechanical properties of specimens, and the FE-SEM S-4300 in Hitachi was used for dispersion of CNT(Carbon nanotube). As a result, the cl intensity, which show the effect of oxidation, was decreased by CNT of 1 [wt%], and the density of semiconductive shield materials with CNT and EEA(Ethylene Ethyl Acrylate) is lower than that for commercial semiconductive shield materials. Also, the properties of dispersion showed an increase according to an increase in the ratio of CNT, and the properties were the best at 5 wt%. Therefore, excellent chemical, mechanical and structural properties can be improved with the small amount of CNT.

**Key Words** : Carbon nanotube, Semiconducting Materials, Chemical Luminescence, FE-SEM

### 1. 서 론

재료의 구조와 화학 조성을 나노 단위로 제어할 통해 재료 부품의 집적화, 고기능, 소형화 하려는 연구가 현재 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구는 나노 과학이라는 학문의 한 분야로 자리 잡고 있다. 재료의 크기가 줄어들어서 나노 크기가 되면 그것의 특성이 변하게 된다. 이러한 변화로 인해 기존 재료와는 현저하게 다른 특성을 나타내게 되며, 이러한 특성을 이용하여 더욱 우수한 특성을 갖는 소재를 개발하고 이것을 활용하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다[1].

하지만 지중 송배전용 전력케이블을 비롯한 전기재료 분야에서는 이러한 연구가 전무한 상태이다. 전력케이블은 여러 층으로 구성되어 있으며 각 층은 제 각기 고유의 역할이 있으므로 각 층에 이상 현상이 발생하면 이는 절연층의 절연 파괴를 유발하고 더 나아가 전력케이블의 고장으로 이어진다 [2]. 최근까지 지중 송배전용 전력케이블의 품질개선 및 수명 연장을 위한, 전력케이블의 특성에 대한 많은 연구는 대부분 XLPE 절연층에 국한되어 이루어져 왔다.

그러나 본 연구는 전력케이블의 반도전층 재료에 관한 심층적인 분석을 통해 그 중요성을 전달함으로써 반도전층 재료의 역할 및 기능에 대한 새로운 인식을 고취하고자 하였다.

현재 국내에서 사용 중인 지중송배전 케이블 반도전층 재료에는 전도성 카본 블랙이 다량 함유 되어 있다. 구 형태를 갖는 카본블랙은 긴 튜브 형태의 탄소나노튜브 (CNT, Carbon nanotube)보다 밀도가 매우 높다. 이러한 특성을 기반으로 하여, 반도전층 재료 공정에서 반도전성을 갖게 하기 위해 약 35[wt%]~40[wt%]의 카본블랙을 첨가하는 제조공정을 고려 해볼 때, 적은 양을 갖고서 충분한 화학적 특성 및 구조적 특성을 나타낼 수 있는 탄소나노튜브를 사용하는 것은 매우 의미 있는 연구라고 하겠다. 탄소나노튜브는 Kroto 와 Smally가 탄소의 동소체의 하나인 풀러렌 (Fullerene)을 처음으로 발견한 이후, 1991년 일본 NEC 연구소의 Iijima 박사가 TEM을 이용하여 두 개의 탄소 전극간의 아크에 의해 발생된 탄소 부산물을 관찰하는 과정에서 탄소 나노튜브를 발견하였다. 탄소나노튜브는 탄소 원자들이 육각형 벌집 모양의 원통형 구조로 강한 공유결합을 가지고 있다. 일반적으로 20[nm]~80[nm]의 직경을 지니며 길이/직경이 대략 100~1000으로 높은 이방성을 가진다[3,4].

본 논문에서는 높은 이방성을 갖는 탄소나노튜브를 베이스 수지인 EEA에 첨가하여 반도전층 재료의 본연의 역할을 유지하면서 우수한 특성을 가지는 반도전층 재료를 선정하고자 하였다. 현재 사용 중인 반도전층 재료와 CNT/EEA 반도전층 재료의 기계적 특성인 밀도측정과 화학적 특성인 산화정도 측정 그리고 구조적 특성인 FE-SEM을 측정, 분석하여 CNT/EEA 복합재료가 반도전층 재료로서의 응용 가능성을 검토하였다.

### 2. 시료 및 실험방법

#### 2.1 시편 제작

본 논문에서 사용된 반도전층 재료는 EVA (Ethylene Vinyl Acetate, 삼성중합화학), EEA (Ethylene Ethyl

<sup>†</sup> 교신저자, 學生會員 : 圓光大 電氣電子및情報工學部 碩士課程  
E-mail : yjs8628@wonkwang.ac.kr

<sup>\*</sup> 學生會員 : 圓光大 電氣電子및情報工學部 碩士課程

<sup>\*\*</sup> 正會員 : 韓國原子力研究所 放射線利用研究部 研究員

<sup>\*\*\*</sup> 終身會員 : 圓光大 電氣電子및情報工學部 教授 · 工博

接受日字 : 2006年 10月 26日

最終完了 : 2007年 1月 5日

Acrylate, ATOFINA) 및 EBA (Ethylene Buthyl Acrylate, Mitsui Dupont)를 기본 재료로 사용하였다. 이들 재료의 조성비는 표 1과 같다. 표 1에서 보는 바와 같이 본 논문에서 사용된 탄소나노튜브는 MWCNT75 (NanoKarbon Co. Ltd, diameter: 30nm~60nm, purity>95%)의 함량을 변수로 하였으며 그 함량은 0[wt%]~10[wt%]이었다. 탄소나노튜브는 기상합성법 (Vapor Phase Growth, VG)으로 제조 하였다. 기상합성법은 탄소나노튜브를 대량으로 합성하기에 유리한 방법으로 제안되고 있으며, 기판을 사용하지 않고 반응로 안에 반응가스와 촉매금속을 직접 공급하여 기상에서 탄소나노튜브를 합성하는 방법이다.

본 논문에서 사용된 탄소나노튜브는 다층벽 탄소나노튜브 (MWCNT)로써, 대통형태로 감기는 흑연 층의 두개 이상의 층으로 이루어져 있으며 튜브로 말리는 흑연층이 탄소나노튜브의 길이 축에 평행하지 않고 사선으로 감겨있으면서 마치 종이접이 계속해서 쌓여서 만들어져 있는 형태를 지니고 있다고 하여 지어진 이름으로 탄소나노튜브의 기본 형태에서 벗어나 있으나 분산성이 높아 복합재료 분야에서 주로 유용한 형태이다.

편의상 CNT/EEA 반도체 재료 시편은 #1~#5 그리고 현재 반도체 재료로 사용되고 있는 시편을 A1~A3으로 각각 명명하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 CNT/EEA 반도체 재료 시편은 탄소나노튜브와 EEA를 80[°C]의 오븐에서 24시간 건조 시킨 후 펠렛 형태의 시료를 180°C로 예열된 Haake Internal mixer기를 사용하여 EEA와 CNT를 1분 간격으로 혼합을 하였다. 그 다음 첨가제 등을 넣고 30초 동안 혼합을 한 후 가교제를 넣고 10분 동안 혼합을 하였다.

표 1 시편들의 조성

Table 1 Composition of specimens

Unit: wt%

Content	EVA	EEA	EBA	CNT	CB	Additive	Agent	Total
# 1	-	98.9	-	0	-	0.6	0.5	100
# 2	-	97.9	-	1	-	0.6	0.5	100
# 3	-	95.9	-	3	-	0.6	0.5	100
# 4	-	93.9	-	5	-	0.6	0.5	100
# 5	-	88.9	-	10	-	0.6	0.5	100
A 1	53.8	-	-	-	38.7	6.9	0.6	100
A 2	-	-	53.8	-	38.7	6.9	0.6	100
A 3	-	-	57.8	-	37.2	4.5	0.5	100

시편제조에 사용된 첨가제로는 산화에 의한 수지분해를 방지하기 위해 산화방지제(Polyethylene glycol400) 0.3[wt%], 가교촉진제(Di-n-butyltin dilaurate, DBTL) 0.2[wt%], 열에 의한 수지의 분해를 방지하거나 자외선에 의한 광산화 반응을 방지하기 위해 열안정제(Zinc Stearate, Zn-St) 0.05[wt%], 난연성을 부여하기 위해 난연제 (수산화마그네슘, Magnesium Hydroxide) 0.05[wt%] 등을 첨가했으며 분자 구조가 선상인 구조를 그물과 같은 망상구조로 변경시킴으로서 기계적 물성 및 화학적 물성을 보장시키기 위해 가교제 (Dicumyl peroxide, DCP)를 0.5[wt%]첨가하였다. 이렇게 제조된 물질을 프레스로 눌러 sheet 형태로 만든 뒤, Twin

screw extruder에 넣어 전체적으로 혼합을 하고 Pellet형태로 만들었다. 최종적으로 만들어진 펠렛을 사출기에 넣어 필요한 형태로 시편제작을 실시하였다. 또한 현재 반도체 재료로 사용되고 있는 시편도 위와 같은 공정으로 시편제작을 실시하였다.

2.2 실험 장비 및 방법

2.2.1 CL 측정

시편들의 산화 정도를 측정하기 위해 도입된 장비는 그림 1의 극 미약 발광 분석 장치라고 불리우는 TOHOKU사의 MLA-GOLDS 이다. 그림 2에 산화 반응으로부터의 발광 현상 생성 메커니즘을 나타내었다. 일반적으로 물질은 반응의 과정에서 생성된 분자의 반응전후의 Energy 차이를 가시광선으로부터 적외선 영역에서 극 미약한 광 (E = hv)으로 여기 하게 된다.

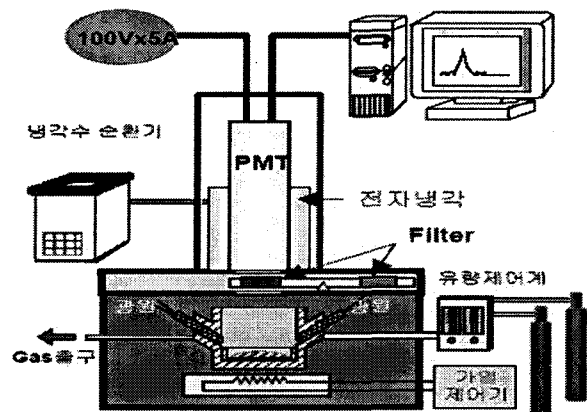


그림 1 화학발광 분석기의 개요도

Fig. 1 Schematic diagram of chemiluminescence analyzer

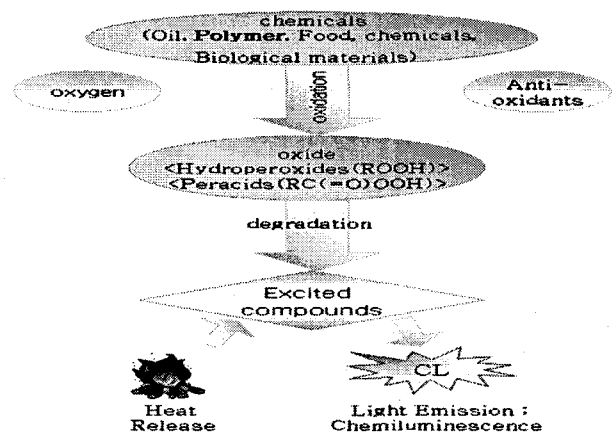


그림 2 산화 반응으로부터의 발광 현상 생성 메커니즘

Fig. 2 Luminescence generation mechanism from oxidation reaction

소위 이와 같은 현상을 Chemical Luminescence 라고 부른다. 광 조사 및 가열시에 물질 (시료)의 표면으로부터 발생하는 극히 미약한 발광을 검출함에 따라 각종 물질의 산화

정도를 단시간 내에 고감도로 검출이 가능하다. 위 장치는 발광 Spectro의 연속 자동측정이 가능하고 고감도 출력과 광조사 기구 (R, G, B, Option)의 내장으로 보다 미약한 물질의 발광을 검출 할 수 있어 여러 분야에 응용 할 수 있다. 더불어, 위 장치는 시편의 발광 횡수를 Count로 표시 하여 시편의 산화 평가를 정량적으로 가능하게 해 준다. 본 실험에서 사용된 시편들의 Tm (용융점)이 70[°C]에서 80[°C] 이므로 시료로의 온도는 80[°C] 이하로 하였으며 10[min] 동안 측정된 Count 데이터를 종합하여 CL Intensity [Counts/10min]으로 나타내었다.

**2.2.2 밀도 측정**

시편들의 밀도 (density)를 측정하기 위해 도입된 장비는 Mirage사의 EW-200SG 이다. 밀도는 고분자의 기본 물성으로 거의 대부분의 물성에 광범위하게 영향을 미치므로 매우 중요하다고 할 수 있다. 밀도는 고분자의 결정도에 영향을 끼치며 결정 상태와 무정형 상태는 물성에 영향을 주며 결정도가 높으면 투명성은 저하되나 강성 및 인장 강도등 물리적 성질과 내약품성 등이 증가한다. 밀도는 폴리에틸렌 수지에 있어서 용융지수와 함께 가장 기본이 되는 물성으로 가공제품의 물성과 가공조건에 큰 영향을 미친다.

측정법은 공기 중에서 측정 시료의 무게를 재고 나서 이미 밀도를 알고 있는 화학적으로 상호 작용이 없는 불활성 액체에 잠근 다음 부피를 측정하며 단위는 g/cm<sup>3</sup>으로 나타내는데 이를 수중 치환법 (ASTM D 792)이라 부르며 본 실험에서 사용된 방법이다.

**2.2.3 FE-SEM 측정**

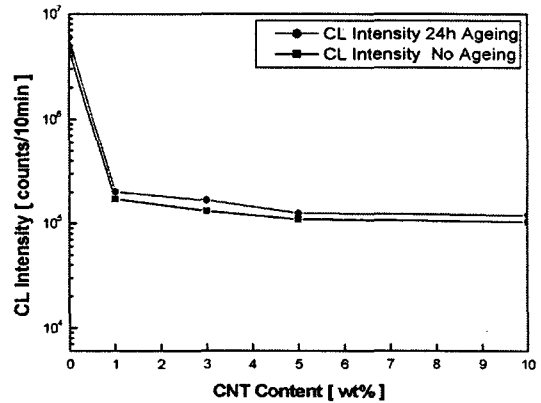
시편들의 표면에 분포하는 탄소나노튜브의 분산성을 측정하기 위해 도입된 장비는 전계방사 주사전자현미경 (Field Emission Scanning Electron Microscope, FE-SEM)라고 불리우는 Hitachi사의 S-4300모델 이다. 열전자 검출 방식인 일반 SEM은 시편에 손상을 입힐 우려가 있어서 전계방사형 검출방식인 FE-SEM장비를 사용 하였다[5].

**3. 실험 결과 및 고찰**

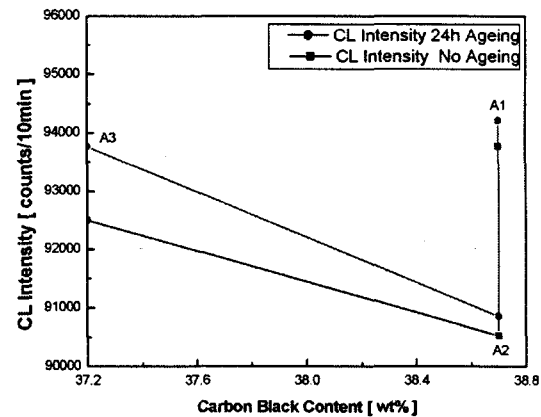
**3.1 CL 측정**

그림 3 (a)와 (b)는 시편들의 화학발광 세기를 나타내고 있다. 그림 3 (a)에서 열화를 시키지 않은 시편인 #1은 CL Intensity가 4,475,470[Counts/10min]이고 #2는 171,681 [Counts/10min]로 나타났으며 #5는 103,017[Counts/10min]로 나타났다. 또한 24시간 열화를 시킨 시편인 #1은 CL Intensity가 5,948,200[Counts/10min] 이고 #2는 202,056 [Counts/10min]으로 나타났으며 #5는 93,764[Counts/10min]로 나타났다. 즉 탄소나노튜브의 함량이 증가할수록 CL Intensity가 감소함을 알 수 있다. 특히 탄소나노튜브가 전혀 첨가되지 않은 #1은 매우 높은 CL Intensity를 보이고 있는 반면 탄소나노튜브가 첨가된 시편은 훨씬 낮은 CL Intensity를 보이고 있다. 이것은 탄소나노튜브가 고분자 내에서 산화 방지제 역할을 하고 있음을 시사하는 것이다. 왜냐하면 고분자와 탄소나노튜브의 치밀한 네트워크 형성으로 인해서 가교도가 향상되었기 때문이다.

그림 3 (b)에서 현재 사용 중인 반도체층 재료의 CL Intensity는 열화를 시키지 않은 경우에는 90,530[Counts/10min]~93,765[Counts/10min] 범위에서 나타났으며 24시간 열화를 시킨 경우에는 90,854[Counts/10min]~94,215[Counts/10min] 범위에서 나타났다. 위 실험 결과로부터 탄소나노튜브가 1[wt%]만 첨가되어도 우수한 산화방지 효과를 기대 할 수 있었다.



(a) CNT/EEA 반도체층 재료

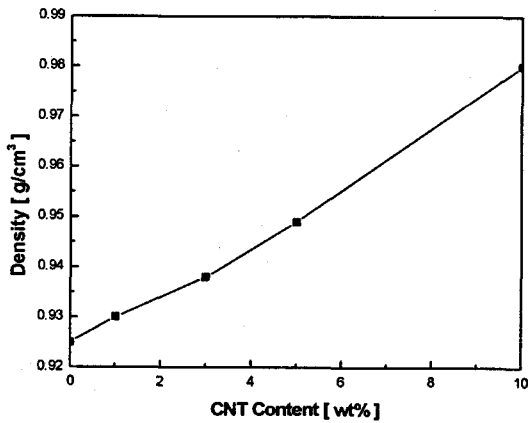


(b) 현재 사용 중인 반도체층 재료

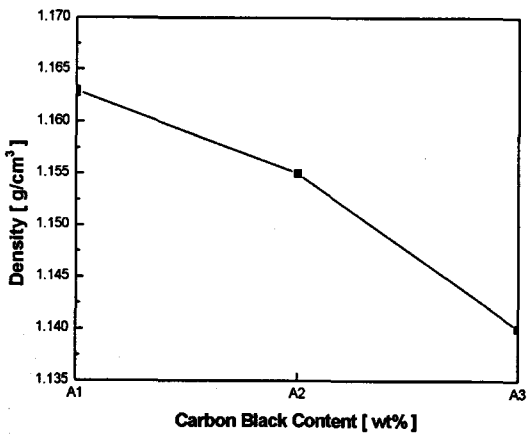
그림 3 탄소나노튜브의 함량에 따른 시편들의 화학발광 세기  
Fig. 3 CL Intensity of specimens by content of carbon Nanotube

**3.2 밀도 측정**

밀도는 고분자의 기본 물성으로 거의 대부분의 물성에 광범위하게 영향을 미치므로 매우 중요하다고 할 수 있다. 그림 4는 각 시편의 밀도를 나타내고 있다. 그림 4 (a)에서 보는 바와 같이 CNT/EEA 반도체층 재료는 CNT함량이 0 [wt%]에서 10[wt%]로 증가할수록 시료들의 밀도는 0.925 [g/cm<sup>3</sup>]~0.98[g/cm<sup>3</sup>]의 범위에서 증가하고 있다. 반면 그림 4(b) 현재 사용 중인 반도체층 재료의 밀도는 1.14[g/cm<sup>3</sup>]~1.163[g/cm<sup>3</sup>]의 범위에서 감소하고 있다. 이로써 CNT/EEA 반도체층 재료의 밀도가 현재 사용 중인 반도체층 재료의 밀도보다 낮음을 알 수 있다.



(a) CNT/EEA 반도체층 재료



(b) 현재사용 중인 반도체층 재료

그림 4 탄소나노튜브의 함량에 따른 시편들의 밀도

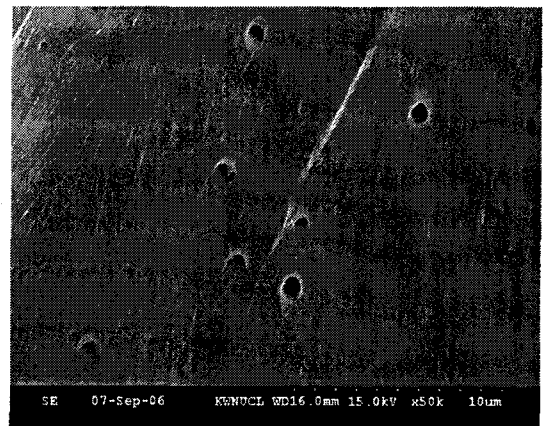
Fig. 4 Density of specimens by content of Carbon nanotube

일반적으로 밀도는 고분자의 분자 중 단쇄 분지 (Short Chain Branching, SCB)의 수에 따라 결정될 수 있는데, 단쇄 분지가 많으면 결정화도가 낮아져 밀도가 낮아진다. 즉, 중합과정 (중압이나 저압에서)에 의해 생성된 단쇄 분지는 결정화 과정에서 결정구조가 생성되는 것을 방해하게 되어 고분자의 밀도를 저하시키며 다른 물질에도 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 예를 들면, 저밀도 폴리에틸렌 (Low-density polyethylene, LDPE)의 경우, 단쇄 분지가 많이 포진되어 있어서 결정화 구조를 완성하기가 어려우므로 밀도가 감소하는 것이다. 이러한 수지들은 대체적으로 투명성을 띄고 있는 게 특징이다. 이러한 이유로 고밀도 폴리에틸렌 (High-density polyethylene, HDPE)이 내마모성과 인장강도가 저밀도 폴리에틸렌보다 높으며 강성과 경도 또한 우수하다[6].

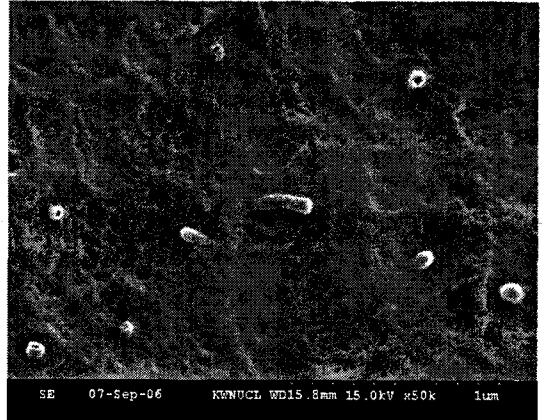
### 3.3 FE-SEM 측정

그림 5 (a)~(e)는 EEA 수지에 분포하는 탄소나노튜브의 함량에 따른 탄소나노튜브의 형성과 성장과정 그리고 분산성을 관찰하기 위해서 50,000배 에서의 FE-SEM 사진을 통해 나타내고 있다. 탄소나노튜브의 함량이 증가함에 따라 파단면 위에 드러나는 탄소나노튜브도 많아짐을 알 수 있었고 시편들은 매트릭스 형태를 형성하고 고르게 분포하고 있음을

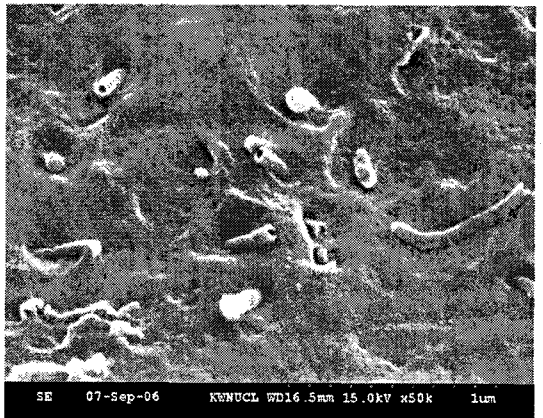
알 수 있다. 이러한 분포형태는 베이스 수지 내 전기 전도성 네트워크를 형성할 수 있음을 나타낸다. 또한 이러한 전도성 네트워크의 영향으로 시편 내 자유전자들이 자유롭게 호핑이 이루어지며 클러스터가 형성됨을 의미한다. 탄소나노튜브가 10[wt%] 첨가된 경우 표면에서 관찰 되어지는 탄소나노튜브도 많음을 확인하였다. 그리고 대체적으로 우수하게 분산되어 보이지만 중앙 주변에 탄소나노튜브가 뭉쳐 있음을 알 수 있다. 그러나 탄소나노튜브가 5[wt%] 첨가된 경우는 다른 시편에 비해 매트릭스 형태를 형성하고 고르게 분포하고 있다[7,8].



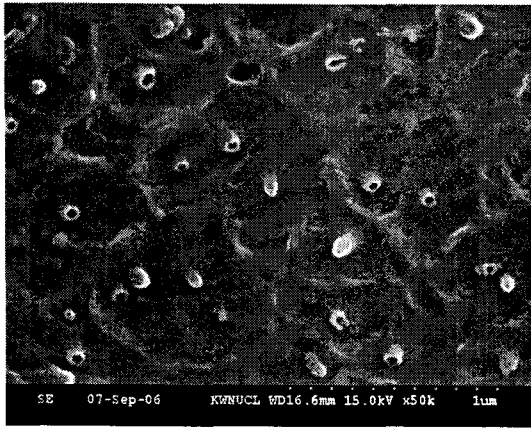
(a) #1 CNT 0[wt%]



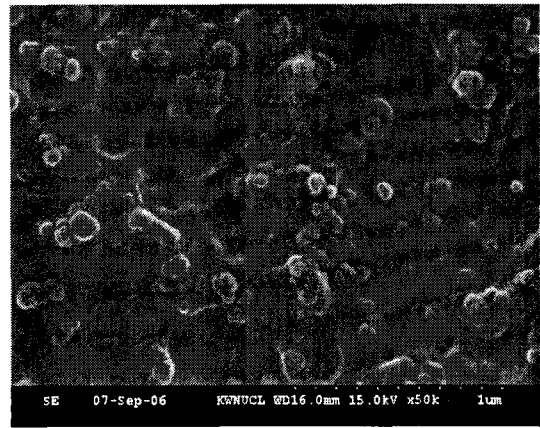
(b) #2 CNT 1[wt%]



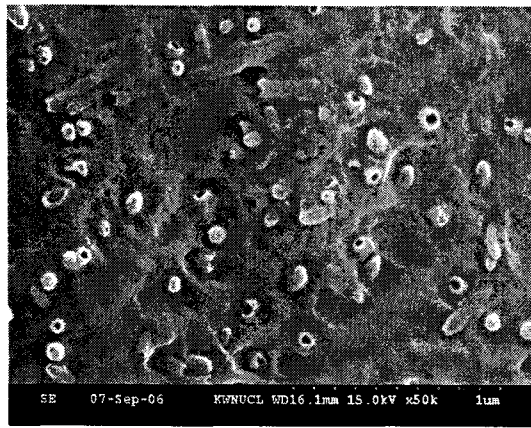
(c) #3 CNT 3[wt%]



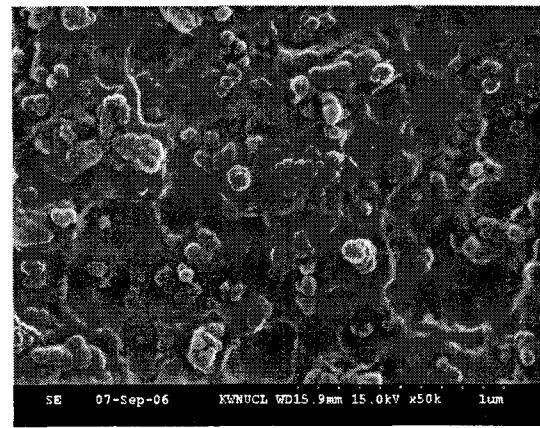
(d) #4 CNT 5[wt%]



(b) A2 CB 53.8[wt%]



(e) #5 CNT 10[wt%]



(c) A3 CB 57.8[wt%]

그림 5 탄소나노튜브의 함량에 따른 시편들의 FE-SEM 사진  
**Fig. 5** FE-SEM images of specimens by content of Carbon nanotube

그림 6 (a)~(c)는 EVA, EBA 베이스 수지에 분포하는 카본블랙의 형성과 성장과정 그리고 분산성을 50,000배에서 FE-SEM을 통해 관찰하였다. 기존 수지 내부에 존재하는 카본블랙도 매트릭스 형태를 형성하면서 고르게 분포하고 있다. 이것은 앞서 설명하였듯이 시편 내부에 전기전도 네트워크를 형성함을 의미한다. A1~A3 시편 중에서 A2가 우수한 매트릭스를 형성하였다.

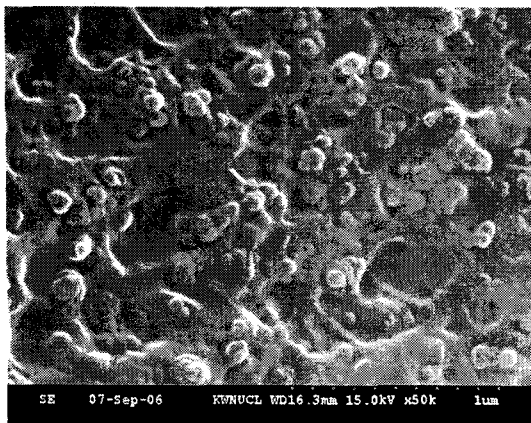
그림 6 카본블랙의 함량에 따른 시편들의 FE-SEM 사진  
**Fig. 6** FE-SEM images of specimens by content of carbon black

#### 4. 결 론

탄소나노튜브의 함량이 증가할수록 CL Intensity가 감소하였다. 이것은 탄소나노튜브가 첨가됨에 따라 고분자와 탄소나노튜브의 치밀한 네트워크 형성으로 인해서 가교도가 향상되었기 때문이다. 즉 탄소나노튜브가 산화방지제 역할을 하고 있는 것이다. 실험 결과로부터 탄소나노튜브가 1[wt%]만 첨가되어도 우수한 산화방지 효과를 기대할 수 있었다.

밀도 측정에서 CNT함량이 증가할수록 시료들의 밀도는 0.925[g/cm<sup>3</sup>]~0.98[g/cm<sup>3</sup>]의 범위에서 증가하고 있다. 반면 현재 사용 중인 반도체층 재료의 밀도는 1.14[g/cm<sup>3</sup>]~1.163[g/cm<sup>3</sup>]의 범위에서 감소하고 있다. 이로써 CNT/EEA 반도체층 재료의 밀도가 현재 사용 중인 반도체층 재료의 밀도보다 낮음을 알 수 있었다.

FE-SEM 측정에서 탄소나노튜브의 함량이 증가함에 따라 파단면 위에 드러나는 탄소나노튜브도 많아짐을 알 수 있었고 시편들은 매트릭스 형태를 형성하고 고르게 분포하고 있음을 알 수 있다. 탄소나노튜브가 10[wt%] 첨가된 경우 표면에서 관찰 되어지는 탄소나노튜브도 많음을 확인하였다. 그리고 대체적으로 우수하게 분산되어 보이지만 중앙 주변에 탄소나노튜브가 뭉쳐 있음을 알 수 있다. 그러나 탄소나노튜브



(a) A1 CB 53.8[wt%]

브가 5[wt%] 첨가된 경우는 다른 시편에 비해 매트릭스 형태를 형성하고 고르게 분포하고 있다.

위 실험결과를 통해 CNT/EEA 복합체가 전력케이블용 반도체용 재료로서의 사용 가능성이 있음을 알 수 있었다.

**감사의 글**

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

**참고 문헌**

- [1] 김현철, "탄소나노튜브를 첨가한 나노 복합재료의 기계적/물리적 특성 변화 연구" pp. 1-2, 2002
- [2] 한재홍, 김상준, 권오형, 강희태, 서광석, "반도전층내 불순물이 전력케이블의 신뢰도에 미치는 영향", Trans. KIEE, Vol.46, No.1, pp. 19-27, 1997.
- [3] H. W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brien, R. F. Curl and R. E. Smalley, Nature, 318, 162, 1985.
- [4] S. Iijima, "Helical Microtubules of Graphitic Carbon", Nature, Vol. 354, No. 6348, pp. 56-58, 1991.
- [5] J. Montesinos, R.S. Gorur, B. Mobasher and D. Kingsbury, "Mechanism of brittle fracture in non-ceramic insulators", IEEE Trans., Vol. 9, No. 2, April 2002.
- [6] 김성철 외, 고분자공학I, 회중당, 1994, pp. 2-337.
- [7] M. Nafaa and H. Pavlos, "Miscibility behaviour of ethylene vinylacetate/Novolac blends", POLYMER, Vol. 36, No. 11, pp. 2165-2171, 11 1995.
- [8] S. L. Greene, "Smoothness Evaluation of Clean Furnace Carbon Blacks", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 10, No. 2, pp. 23-29, 1994.

**저 자 소 개**



**양 종 석 (梁 鍾 錫)**

1980년 06월 07일생. 2005년 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 졸업. 2006년 현재 원광대학교 대학원 전자재료학과 석사과정.

Tel : 063-850-6349

Fax : 063-857-6890

E-mail : yjs8628@wonkwang.ac.kr



**신 동 훈 (申 同 訓)**

1981년 02월 25일생. 2006년 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 졸업. 2006년 현재 원광대학교 대학원 전자재료학과 석사과정.

Tel : 063-850-6349

Fax : 063-857-6890

E-mail : shin99@wonkwang.ac.kr



**이 경 용 (李 慶 龍)**

1976년 06월 07일생. 2003년 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 졸업. 2005년 원광대학교 대학원 전자재료학과 졸업(석사). 2006년 현재 한국 원자력 연구소 연구원.

Tel : 063-850-6349

Fax : 063-857-6890

E-mail : leeky@wonkwang.ac.kr



**박 대 희 (朴 大 熙)**

1954년 11월 10일생. 1979년 한양대학교 전기공학과 졸업(학사). 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 일본 오사카대학 대학원 졸업(공학). 1979년~1991년 LG전선연구소 선임연구원. 1999년~2000년 미국 미시시피 주립대학교 교환교수. 1992년~현재 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수. 2004~현재 전기응용신기술 연구센터 소장.

Tel : 063-850-6349

Fax : 063-857-6890

E-mail : parkdh@wonkwang.ac.kr