

# SEM과 AFM을 사용한 반도체 재료 내 카본블랙의 형태 및 분산성 측정

이경용, 양종석, 남종철\*, 최용성, 박동하\*, 박대희  
원광대학교, 대양소재\*

## Formation and Dispersion Measurement in Semiconducting Materials Using the SEM and AFM

Kyoung-Yong Lee, Jong-Seok Yang, Jong-Chul Nam\*, Yong-Sung Choi, Dong-Ha Park\* and Dae-Hee Park  
Wonkwang University, DaeYang Material Co. LTD\*

**Abstract :** To measure surface roughness and smoothness of semiconducting materials in power cable, we have investigated the formation and growth process of carbon black showed by changing the content of carbon black. The specimens were primarily kneaded in material samples of pellet form for 5 minutes on rollers ranging between 70[°C] and 100[°C]. Then they were produced as sheets after pressing for 20 minutes at 180[°C] with a pressure of 200[kg/cm]. The contents of conductive carbon black were the variable, and their contents were 20, 30 and 40[wt%], respectively. The surface roughness and smoothness of specimens were measured by SEM and AFM. From SEM experimental result, carbon black in specimens formed matrix as a particles. Also we showed growth process of carbon black according to an increment of the content of carbon black. From AFM experimental result, surface roughness of specimens decreased according to an increment of the content of carbon black.

**Key Words :** Semiconducting Materials, Carbon Black, SEM, AFM

### 1. 서 론

일반적으로 전력케이블 내 절연층의 내외부에 존재하는 반도체층은 사용 목적이 다소 다르기 때문에 요구되는 물성도 약간씩 다르다. 도체 차폐층은 전력케이블의 전기적 신뢰성을 결정하는 중요한 역할을 하는데, 이때 가장 중요한 요소는 도체차폐층과 절연층 사이의 계면 평활도이다. 여기서 주로 문제가 되는 것은 돌기 (protrusion)이다. 절연체와 내부 반도체층의 계면에 돌기가 존재하는 경우, 전계가 집중하여 국부적인 절연파괴를 일으키고 이 미세한 절연파괴가 장기간에 걸쳐 반복적으로 일어나 결국 전력케이블의 고장을 유발하는 역할을 한다[1].

위의 문제점을 해소시키고자 본 논문에서는 EVA, EEA 그리고 EBA의 베이스 수지에 카본블랙의 함량을 변량하여 복합재료의 표면 거칠기 및 분산성을 측정하였다. 더불어 우수한 시편을 선정함으로써 전력케이블의 성능 및 수명을 향상시키고자 하였다.

### 2. 시료 및 실험 방법

#### 2.1 시편제작

본 논문에서는 EVA (Ethylene Vinyl Acetate, 현대석유화학), EEA (Ethylene Ethyl Acrylate, ATOFINA) 및 EBA (Ethylene Butyl Acrylate, Mitsui Dupont)를 기본 재료로 사용하였다. 그리고 도전성 카본블랙의 함량을 변수로 하였으며 그 함량은 각각 20, 30, 40[wt%]으로 하였다.

#### 2.2 실험방법

시편들의 표면에 분포하는 카본블랙의 분산성을 측정하기 위해 도입된 장비는 SEM (Scanning Electron Microscope, 주사전자현미경)이다. 5000 배율에서 측정된 본 실험은 카본블랙의 형태, 성장 모양 및 분산도를 제공해주었다. 그리고 시편들의 표면 거칠기 (roughness)를 측정하기 위해 도입된 장비는 AFM (Atomic Force Microscope, 원자간 힘 현미경)이다. 실험은 가로×세로가 50[μm]×50[μm]의 스캔 영역을 0.8[m/s]의 스캐닝 속도로 재료의 표면을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 SEM

그림 1은 카본블랙의 함량에 따른 시편 내 카본블랙의 형태 및 분산성을 SEM을 통해 나타낸 것이다. 시편 내부에 분포하는 카본블랙들은 약 0.5[μm]~2[μm]의 크기로 입자 (particle)를 형성하고 있다. 또한 카본블랙의 함량이 증가함에 따라 시편들은 매트릭스 형태를 형성하면서 방사적으로 분포하는 것을 알 수 있다. 이것은 시편 내부에 전기전도 네트워크를 형성하고, 또한 자유전자들의 자유로운 호핑이 이루어질 수 있는 클러스터가 형성되는 것을 의미한다. 그림 1에서 시편들의 분산도가 카본블랙의 함량이 증가함에 따라 다소 차이가 발생하는 것을 알 수 있다. EEA의 경우 다른 시편에 비해 대체적으로 크기는 약간 차이가 있지만 방사적으로 매트릭스를 형성하며 분포하는 것을 볼 수 있다[2].

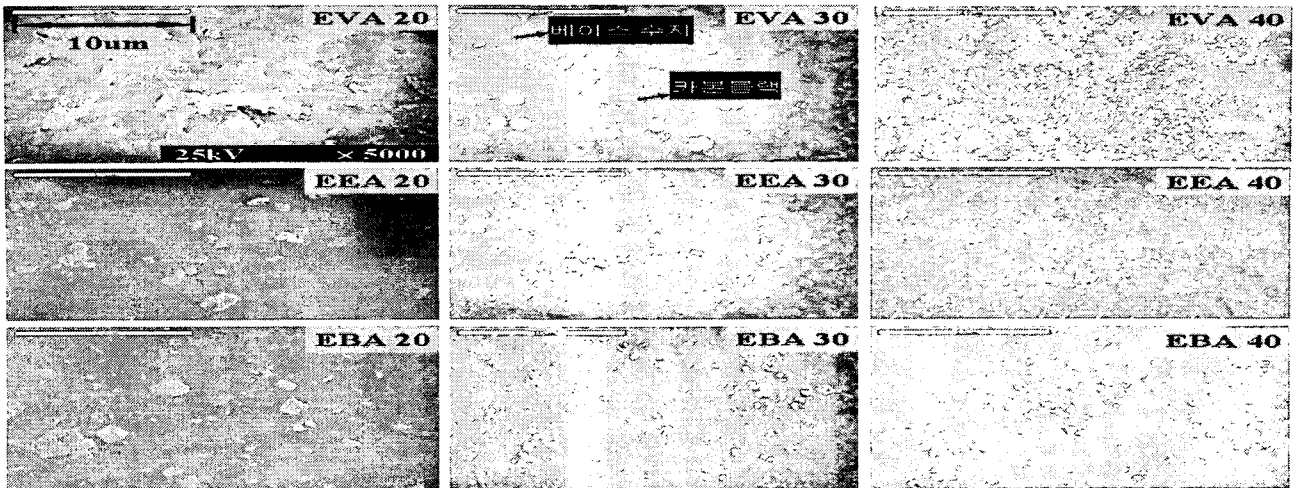


그림 1. 카본블랙의 함량에 따른 시편들의 SEM 사진

### 3.2 AFM

그림 2는 카본블랙의 함량에 따른 시편들의 표면을 3차원으로 나타낸 AFM 사진이다. 그림 2에서 카본블랙의 함량이 증가함에 따라, 베이스 수지에 대해 카본블랙이 조밀하게 평탄을 이루며 73.69[nm]~47.61[nm] 범위에서 거칠기(roughness)가 감소하는 것을 알 수 있다. 그림 2의 표면 거칠기를 나타낸 표 1을 보면 경향을 확실히 알 수 있다.

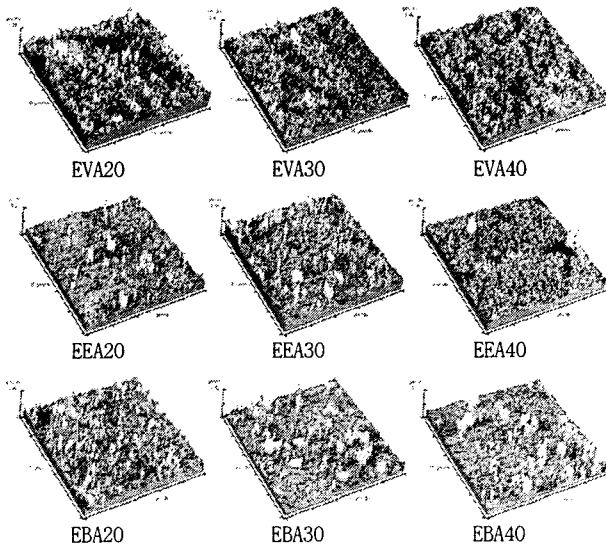


그림 2. 카본블랙의 함량에 따른 시편들의 AFM 3D 사진

시편들의 거칠기 크기는 EBA>EVA>EEA 순으로 나타났다. 이것은 EEA가 다른 시편들에 비해서 카본블랙과의 분산성이 우수하여 표면이 가장 평탄함을 나타내는 것이다. 원래 거칠기는 재료들의 접착 능력을 판단하는데 도움이 된다. 따라서 반도체 재료의 사용 환경이 XLPE내외에 존재하는 것을 감안한다면, 반도체 재료 표면의 거칠기에 따라 이성질체인 XLPE와의 접착 능력이 결정된다고 할 수 있다. 그러므로 반도체 재료의 경우, XLPE와의 계면에서 접착 능력을 향상시켜 공극을 최소화시키기 위해서는 반도체 재료와

카본블랙 간 거칠기가 감소되어야 한다[3].

본 실험에서는 EBA의 거칠기가 가장 컸으며 그리고 EEA의 거칠기가 가장 작았다. 이것은 EEA가 XLPE와의 계면 접착력을 증대시킴으로써 계면에서 발생할 수 있는 다양한 문제를 차단할 수 있다는 것을 의미한다.

표 1. 카본블랙의 함량에 따른 시편들의 표면 거칠기

Contents	표면 거칠기 (surface roughness)
#1	72.49[nm]
#2	63.33[nm]
#3	56.62[nm]
#4	65.50[nm]
#5	56.31[nm]
#6	47.61[nm]
#7	73.69[nm]
#8	66.21[nm]
#9	60.80[nm]

## 4. 결론

SEM 실험결과 시편들은 카본블랙의 함량이 증가함에 따라 입자를 띄며 방사적으로 성장하는 모습을 볼 수 있었다. AFM 실험결과 시편들의 표면 거칠기는 카본블랙의 함량이 증가함에 따라 감소를 하였다. 위 실험결과로부터 시편들 중 우수한 복합재료는 EEA 수지이었다.

## 감사의 글

본 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원사업(1-2004-0-074-0-00)에 의해 작성되었습니다. 이번 연구를 지원해 주신 분들에게 감사의 말씀을 전해드립니다.

## 참고 문헌

- [1] 한재홍의 "반도체용 불순물이 전력케이블의 신뢰도에 미치는 영향", 대한전기학회 논문지, Vol. 46, No. 1, pp. 19-27, 1997.
- [2] Technical Report S-39, "Conductive Carbon Black in Plastics", Cabot Corporation.
- [3] 김성철 외, 고분자공학, 회중당, 1994, pp. 2-337.