

나노 반도체층 재료의 기계적/화학적 특성 향상에 관한 연구

論 文

56-4-14

A Study on the Improvement of Mechanical and Chemical Properties in Nano Semiconducting Materials

梁鍾錫[†] · 申同訓* · 鞠正鎬** · 羅昌運*** · 朴大熙[§]

(Jong-Seok Yang · Dong-Hoon Shin · Jeong-Ho Kook · Chang-Woon Nah · Dae-Hee Park)

Abstract - In this paper, we have investigated mechanical and chemical properties by changing the content of carbon nanotube, which is component part of semiconductive shield in underground power transmission cable. Specimens were made of sheet with the eight of those for measurement. The condition of specimens was a solid sheet. Chemical properties of specimens was measured by FT-ATR (Fourier Transform Attenuated Total Reflectance). Stress-strain of specimens was measured by TENSOMETER 2000. A speed of measurement was 200[mm/min], ranges of stress and strain were 400[Kgf/Cm] and 600[%]. We could observe functional group (C=O, carbonyl group) of specimens through FT-ATR. From these experimental result, the concentration of functional group (C=O) was high according to increasing the content of carbon nanotube. We could know CNT/EEA was excellent more than other specimens from above experimental results. In Addition, the elongation ratio was decreased, and yield strength was increased according to increasing the content of carbon nanotube. Also, from these experimental result, we could know that a small amount of CNT/EEA has a excellent mechanical and chemical properties.

Key Words : Carbon nanotube, Semiconducting Materials, Stress-Strain, Carbonyl group

1. 서 론

최근 나노 과학은 학문의 한 분야로 자리 잡고 있다. 나노 과학은 재료의 구조와 화학 조성을 나노 단위로 제어를 통해 재료 부품의 집적화, 고기능, 소형화 하려는 연구를 포함하는 것이다. 이러한 연구에서 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 전력케이블 반도체층 재료를 비롯한 전기재료 분야에서는 이러한 연구가 전무한 상태이다. 전력케이블은 일반적인 경우 도체를 중심으로 도체차폐층 (Conductor shield), 절연층 (Insulation), 절연차폐층 (Insulation shield), 중성선 (Neutral wire) 및 외피로 이루어져 있다. 각 층은 제 각기 고유의 역할이 있으므로 각 층에 이상 현상이 발생하면 이는 절연층의 절연파괴를 유발하고 더 나아가 전력케이블의 고장으로 이어진다[2]. 최근까지 지중 송배전용 전력케이블의 품질개선 및 수명연장을 위한, 전력케이블의 전기적 현상 및 제반 특성에

대한 많은 연구는 대부분 XLPE 절연층에 국한되어 이루어져 왔다. 그러나 본 연구는 전력케이블의 반도체층 재료에 관한 심층적인 분석을 통해 그 중요성을 전달함으로써 반도체층 재료의 역할 및 기능에 대한 새로운 인식을 고취하고자 하였다.

국내에서 사용 중인 지중송배전 케이블 반도체층 재료에는 전도성 카본 블랙이 다량 함유되어 있다. 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 갖 고서 충분한 기계적 특성 및 화학적 특성을 나타낼 수 있는 탄소나노튜브 (CNT, Carbon nanotube)를 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 탄소나노튜브를 발견하였다. 탄소나노튜브는 탄소 원자들이 육각형 벌집 모양의 원통형 구조로 강한 공유결합을 가지고 있다. 일반적으로 20[nm]~80[nm]의 직경을 지니며 아스펙트비 (길이/직경)가 대략 100~1000으로 높은 이방성을 가진다.

따라서 본 논문에서는 높은 이방성을 갖는 탄소나노튜브를 베이스 수지인 EEA에 첨가하여 우수한 분산성을 도모하여 반도체층 재료의 본연의 역할을 유지하면서 우수한 기계적/화학적 특성을 가지는 반도체층 재료를 선정하고자 하였다. 현재 사용 중인 반도체층 재료와 CNT/EEA 반도체층 재료의 기계적 특성인 Stress-Strain과 화학적 특성인

† 교신저자, 學生會員 : 圓光大 大學院 電子材料工學部 碩士課程

E-mail : yjs8628@wonkwang.ac.kr

* 學生會員 : 圓光大 大學院 電子材料工學部 碩士課程

** 非 會 員 : 全北大 大學院 高分子工學科 碩士課程

*** 非 會 員 : 全北大 新素材工學部 副教授 · 工博

§ 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 9日

FT-ATR을 측정 하여 분석하였고 CNT/EEA복합재료가 반도체용 재료로써 응용이 가능한지 검토 하였다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 시편 제작

본 논문에서 사용된 반도체용 재료 시편은 EVA (Ethylene Vinyl Acetate, 삼성종합화학), EEA (Ethylene Ethyl 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 기상 합성법 (Vapor Phase Growth, VG)으로 제조 하였다. 기상 합성법은 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, 대용량으로 감기는 흑연 층의 두개 이상의 층으로 이루어져 있으며 튜브로 말리는 흑연층이 탄소나노튜브의 길이 측에 평행하지 않고 사선으로 감겨있으면서 마치 종이컵이 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 반도체용 재료 시편은 #1~#5 그리고 현재 반도체용 재료로 사용되고 있는 시편을 A1~A3으로 각각 명명하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 CNT/EEA 반도체용 재료 시편은 탄소나노튜브와 EEA를 80[°C]의 오븐에서 24시간 건조 시킨 후 펠렛 형태의 시료를 180[°C]로 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. 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 보강시키기 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 반도체용 재료로 사용되고 있는 시편도 위와 같은 공정으로 시편제작을 실시하였다.

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

2.2 실험 장비 및 방법

2.2.1 인장강도-신율 측정

시편들의 인장강도 및 신율 측정을 위해 Alpha사의 Tensometer 2000 장비를 도입하였다. 측정은 인장강도 실험 규격인 ASTM D638에 의해 측정하였다[3]. 측정 범위는 40[N/mm]과 600[%]이었고 측정 속도는 200[mm/min]이었다. 그리고 실험은 3회 측정 후 측정치의 평균값을 나타내었다.

2.2.2 FT-ATR

시편들의 카보닐기 작용기 검출은 FT-ATR을 이용하여 측정하였다. 본 실험에서 사용된 시편은 복합재료 형태의 고분자 시료 이므로 FT-ATR (Fourier Transform - Attenuated Total Reflectance, 표면반사 적외선분광기)인 SensIR Technologies사의 Travel IR을 이용하여 분석하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 인장 강도 측정

그림 1은 탄소나노튜브 함량 0[wt%]~10[wt%]와 카본블랙 함량 37.2[wt%]~38.7[wt%]에 따른 반도체용 재료의 인장강도와 신장율을 나타내고 있다. 본 논문에서 사용된 시편들은 점탄성을 지니며 stress (강도)와 strain (신장율)이 함께 작용한다. 순수한 탄성을 보이는 물질의 강도 (Stress, σ)와 신장율 (Strain, ϵ)의 관계는 선형으로서 식 1과 같이 표시할 수 있다. 여기서 C는 상수를 의미한다.

$$\sigma = C \times \epsilon \tag{식 1}$$

그러나 순수한 점성을 보이는 물질의 전단강도 (Shear stress, τ)는 신장율 속도 (Rate of strain, $d\epsilon/dt$)에 비례하여 식 2와 같이 표시할 수 있다.

$$\tau = C \times d\epsilon/dt \tag{식 2}$$

위의 식 1과 식 2를 각기 Hook의 법칙과 Newton의 법칙이라고도 하며, 전자의 경우에는 강도가 신장율에 비례하지

만 신장을 속도에는 무관하고, 후자는 강도가 단지 신장을 속도와 관련되어 있고 신장을 자체의 크기에는 의존하지 않는다는 것을 의미한다.

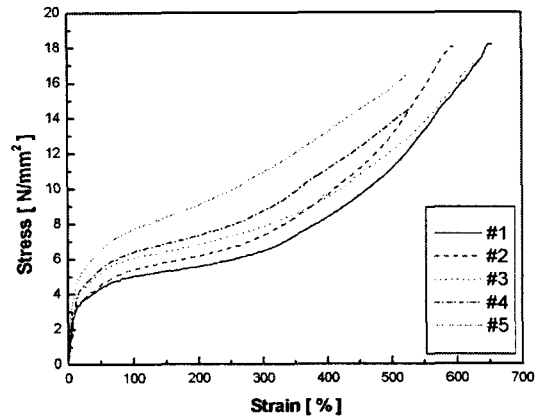
그리고 에너지 측면에서 비교하자면 자극 (input)으로 공급되는 에너지가 아무런 손실 없이 물질에 전달되는 성질의 것을 탄성이라 하며 공급된 에너지의 일부가 열 등의 에너지 형태로 손실되는 성격을 지닌 것을 점성이라 할 수 있다. 그러나 위의 식 1 및 식 2는 극히 이상적인 상황을 의미할 뿐이며, 실제로 존재하는 물질 중에 두식을 완벽히 만족하는 것은 없다. 고분자의 경우에는 이 두 가지의 이상적인 물질의 어느 중간 성격에 해당하는 거동을 보인다. 따라서 점성과 탄성을 함께 지니고 있다는 의미에서 점탄성을 지니고 있다고 한다[4, 5].

그림 1의 시편들은 점탄성을 갖는 고분자로서, 일정 하중에 의해 어느 지점까지 직선적으로 강도를 발휘하는 식 1을 따르는 탄성영역과 이 영역을 벗어난 후 강도와 함께 신장율이 급격하게 증가하는 식2를 따르는 점성영역이 동시에 나타나고 있다.

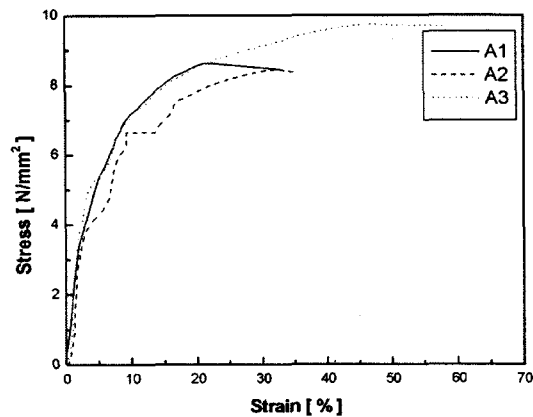
그림 1(a)의 CNT/EEA 반도체층 재료의 경우 탄소나노튜브의 함량이 0[wt%]에서 5[wt%]로 증가할 수록 파단강도와 신장률이 감소하는 것을 알 수 있다. 반면 카본블랙이 5[wt%]에서 10[wt%]로 증가할 수록 신장률은 감소하는 반면 파단강도는 다소 증가하고 있다. 시편들의 파단강도는 탄소나노튜브의 함량이 증가할수록 그리고 밀도가 증가할수록 5[wt%]까지는 14.5[N/mm²]~18.2[N/mm²]의 범위에서 감소를 하고 이후 파단강도는 5[wt%]에 비해 2.0[N/mm²] 증가하고 있다. 이와 같은 현상은 EEA 베이스 수지와 탄소나노튜브간의 분자결합의 영향이라고 판단된다. 즉, 탄소나노튜브는 90% 이상이 탄소에 이루어져 있어, 그 구조가 비슷한 고분자의 분자와 결합을 잘 이룬다. 그래서 재료들은 치밀한 네트워크를 형성할 수 있고, 이로 인해 재료들의 가교도가 향상된다. 사실, 일반적인 고분자들은 밀도가 높게 되면 파단강도는 감소한다. 하지만 본 실험에 사용된 시편들은 충전제인 탄소나노튜브가 첨가된 복합체 이므로 그 탄소나노튜브의 함량이 증가할수록 반대의 경향을 보이고 있다. 따라서 탄소나노튜브의 적정량 선택이 중요함을 시사하는 결과라고 판단된다.

인장강도 실험은 위에서 설명한 파단강도 외에도 항복강도를 측정하게 된다. 일반적으로 인장강도 곡선에서 강도와 신장율이 선형적으로 비례하는 초기부분이 있다. 이 영역에서는 Hook의 법칙이 적용되는 탄성변형에 해당한다. 그리고 곡선이 직선으로부터 벗어나는 점을 비례한계라 하며 이 지점을 지나 신장율이 진행되면 강도의 최대점인 항복점 (yield point)에 도달하게 된다. 항복점은 강도-신장율 곡선에 있어서 최대 응력점이라고 정의 할 수 있다. 또한 이 지점에서의 강도가 항복강도가 되는 것이다. 그림 1과 표 2에 시편들의 각 항복점에서 항복강도를 나타냈다. 표 2에서 보면 알 수 있듯이 탄소나노튜브의 함량이 0[wt%]~10[wt%]로 증가할수록 항복강도는 3.2[N/mm²]~5.1[N/mm²]의 범위에서 증가하고 있다.

그림 1(b)의 현재 사용 중인 반도체층 재료의 파단강도는 8.2[N/mm²]에서 9.7[N/mm²]범위에서 CNT/EEA 반도체층 재료에 비해서 매우 낮게 나타났다. 신장을 역시 35[%]에서 58[%]범위에서 탄소나노튜브를 함유 했을 때 보다 현저하게 낮게 나타났다.



(a) CNT/EEA 반도체층 재료



(b) 현재 사용중인 반도체층 재료

그림 1 탄소나노튜브와 카본블랙의 함량량에 따른 인장강도 -신장율

Fig. 1 Stress-Strain of semiconducting materials by CNT and carbon nanotube content

위와 같은 실험 결과를 통해 밀도가 증가하고 탄소나노튜브의 함량이 증가할수록 신장율은 감소하고 항복강도는 증가함을 알 수 있다. 또한 CNT/EEA 반도체층 재료가 현재 사용 중인 반도체층 재료 시편들 보다 기계적 특성이 우수함을 나타냈다.

표 2 탄소나노튜브의 함량에 따른 시편들의 인장강도와 신장율

Table 2 Stress and strain of specimens by content of carbon nanotube and carbon black

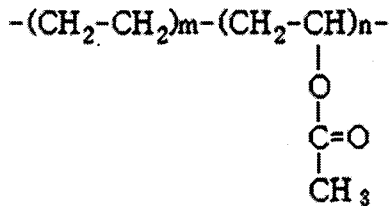
Specimens	Yield strength (N/mm ²)	Break strength (N/mm ²)	Strain (%)
#1	3.2	18.2	650
#2	3.3	18.0	590
#3	3.8	17.2	630
#4	4.2	14.5	525
#5	5.1	16.5	520
A1	3.8	8.2	35
A2	3.7	8.2	35
A3	4.9	9.7	58

3.2 FT-ATR 측정

전력케이블 내 고분자는 절연열화 현상이 문제시 된다. 이러한 절연열화의 원인은 고분자 절연재료에서 산화반응이 진행됨에 따라 구조변화 등을 거치며 나타나게 된다. 이러한 산화반응은 고분자가 전력케이블의 재료로서 사용되는 동안에 높은 온도에서 운전되고 이때 주변의 산소 또는 고분자 내에 들어있는 Molecular level의 산소에 의해 시작된다. 산화반응이 진행되면 고분자 사슬이 짧게 끊어지는 사슬절단 현상이 일어나 고분자의 분자량은 감소하게 된다. 따라서 고분자는 극심한 열화과정을 거치게 된다[6, 7]. 이와 같은 고분자의 산화는 아무 곳에서나 산소만 있으면 진행되는 것이 아니라 고분자 사슬 내에서 약한 부분부터 산화되기 시작한다. 예를 들어 XLPE 절연체의 경우, 탄소-수소가 단일 결합을 하고 공유 결합력이 매우 강하기 때문에 산화반응이 잘 일어나지 않는다.

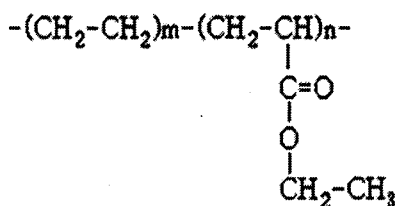
그러나 반도체층 재료의 경우, 그림 2와 같이 작용기(C=O, 카보닐기)를 갖는 폴리올레핀 수지로서 어느 정도의 온도가 유지되고 산소만 있으면 산화반응을 일으킨다. 또한 반도체 재료 내에는 이온성 불순물과 표면에 극성 작용기를 함유한 카본블랙 및 카본나노튜브 등이 첨가되어 있기 때문에 극성 작용기로 인한 산화반응은 더욱 가속화된다.

EVA = Poly(Ethylene-CO-Vinyl Acetate)



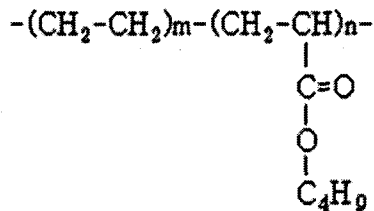
(a) EVA

EEA = Poly(Ethylene-CO-Ethyl Acrylate)



(b) EEA

EBA = Poly(Ethylene-CO-Butyl Acrylate)



(c) EBA

그림 2 시편들의 화학적 구조

Fig. 2 Chemical structure of specimens

일단 산화반응이 일어나면 이 부분에서 지속적인 화학반응이 일어나 결국에는 사슬절단이 일어나고 이 지점은 다시 약한 부분이 된다. 이러한 과정을 반복하면서 전력케이블 내 고분자들은 지속적인 산화에 의한 극심한 열화를 일으킨다[2, 8]. 이와 같이 산화반응에 기여하는 극성 작용기 (Functional group)을 검출하기 위한 FT-ATR 분석법은 다양한 극성 작용기의 존재를 제공한다. 우선 본 실험에서는 시편들의 카보닐기(C=O)의 존재를 확인하고 카본블랙의 함량에 따른 카보닐기의 존재량을 측정하였다. 일반적으로 카보닐기는 결합에너지가 강하고 견고하여, 결합이 신장 또는 압축될 때 더 많은 힘이 요구된다. 그래서 단일결합보다 더 높은 진동수에서 진동한다.

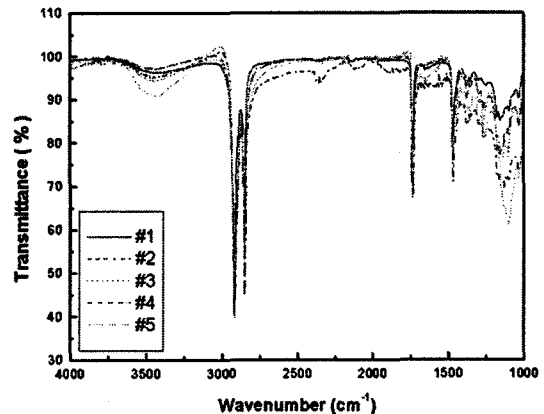
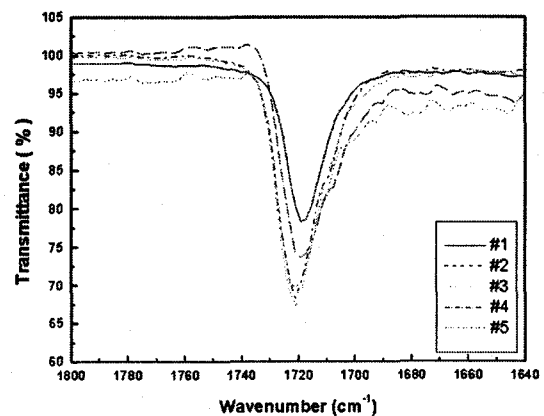


그림 3 CNT/EEA 시편의 FT-ATR 스펙트럼

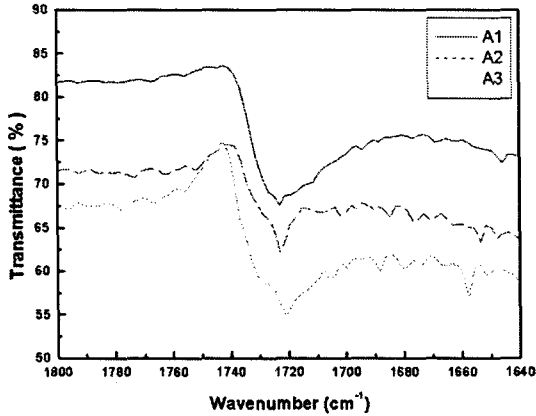
Fig. 3 FT-ATR spectrum of CNT/EEA

그림 3은 탄소나노튜브의 함량이 0[wt%]~10[wt%] 첨가된 CNT/EEA 시편의 FT-ATR 스펙트럼을 나타낸 것이다. 1720[cm⁻¹]부근에서 고유의 진동수를 갖는 카보닐기를 확인할 수 있다. 물론 3500[cm⁻¹]부근에서의 넓은 피크를 가지는 수산화기와 900[cm⁻¹]부근에서의 불포화 이중결합 등도 고려해 볼 수 있지만 본 실험에서는 1720[cm⁻¹]부근에서 피크를 가지는 카보닐기가 산화반응의 확인 및 산화기구로 주로 사용되어 이 부분만을 검토 하였다.

그림 4는 1720[cm⁻¹]부근에서 피크가 나타나는 카보닐기의 적외선 투과량을 나타내고 있다.



(a) CNT/EEA



(b) 현재 사용 중인 반도체 재료

그림 4 탄소나노튜브 함량에 따른 시편들의 FTATR 스펙트라
Fig. 4 FTATR spectra of specimens by content of carbon nanotube

그림 4는 1720[cm⁻¹]부근에서 피크가 나타나는 카보닐기의 적외선 투과량을 나타내고 있다.

그리고 표 3에서 CNT/EEA는 탄소나노튜브의 함량이 증가함에 따라 여러 시편들은 66[%]~78[%] 범위에서 투과량이 감소하고 있다. 다시 말해서 탄소나노튜브의 함량이 증가함에 따라 흡수량이 증가하는 것을 의미한다.

표 3 탄소나노튜브의 함량에 따른 시편들의 투과량

Table 3 Transmitted and Absorbed content of specimens by content of carbon nanotube

Contents	Wavenumber[cm ⁻¹]	Transmitted content[%]	Absorbed content[%]
#1	1720	78	10
#2	1720	73	13
#3	1721	68	15
#4	1721	67	16
#5	1721	66	17
A1	1720	68	16
A2	1721	65	18
A3	1720	56	26

실제로 표 3에서 CNT/EEA 시편들은 탄소나노튜브의 함량이 증가함에 따라 10[%]~17[%] 범위에서 흡수량이 증가하고 있다. 따라서 탄소나노튜브의 함량에 따라 카보닐기는 증가하거나 감소하였다. 또한 표 3에서 현재 반도체 재료로 사용되고 있는 A1~A3 시편들의 투과량은 56[%]~68[%]로 CNT/EEA 시편들에 비해 낮게 나타났고 흡수량은 16[%]~26[%]로 높게 나타났다. 즉 반도체 재료 시편들 중에서 CNT/EEA 반도체 재료는 가장 많은 투과량과 적은 흡수량을 보이고 있다. 이것은 CNT/EEA 내에 카보닐기가 다른 시편들 보다 적게 존재하는 것을 의미한다. 위 결과로부터 CNT/EEA 반도체 재료는 대체적으로 화학적 특성이 우수함을 보였다.

4. 결론

인장강도-신율 측정에서 탄소나노튜브의 함량이 0[wt%]에서 5[wt%]로 증가할수록 파단강도와 신장률이 감소하는 것을 알 수 있다. 반면 카본블랙이 5[wt%]에서 10[wt%]로 증가할수록 신장률은 감소하는 반면 파단강도는 다소 증가하고 있다. 시편들의 파단강도는 탄소나노튜브의 함량이 증가할수록 그리고 밀도가 증가할수록 5[wt%]까지는 감소를 하고 이후 파단강도는 증가하고 있다. 이와 같은 현상은 베이스 수지와 탄소나노튜브간의 가교 시스템의 영향이라고 판단된다. 즉, 탄소나노튜브의 함량이 증가함에 따라 가교밀도가 높아졌기 때문이다. 실험 결과를 통해 밀도가 증가하고 탄소나노튜브의 함량이 증가할수록 신장율은 감소하고 항복강도는 증가함을 알 수 있었다. 또한 CNT/EEA 반도체 재료는 현재 사용 중인 반도체 재료 보다 기계적 특성이 우수함을 보였다.

FT-ATR 실험에서 1720[cm]부근에서 피크를 가지는 카보닐기가 산화반응의 확인 및 산화기구로 주로 사용되어 이 부분만을 검토 하였다. 탄소나노튜브의 함량이 증가함에 따라 여러 시편들은 66[%]~78[%] 범위에서 투과량이 감소하였다. 현재 사용중인 반도체 재료 시편들의 투과량은 56[%]~68[%]로 CNT/EEA 시편들에 비해 낮게 나타났고 흡수량은 16[%]~26[%]로 높게 나타났다. 이것은 CNT/EEA 내에 카보닐기가 다른 시편들 보다 적게 존재 한다는 것을 의미한다. 위 실험 결과로부터 CNT/EEA 반도체 재료가 대체적으로 화학적 특성이 우수함을 보였다.

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, "반도체층내 불순물이 전력케이블의 신뢰도에 미치는 영향", 전기학회논문지, Vol.46, No.1, pp. 19-27, 1997.
- [3] Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, Annual Book of ASTM Standards D638, Vol. 08.01, pp. 52-64, 1998.
- [4] 김성철 외, "고분자공학I", 회중당, 1994, Chapter 1-14.
- [5] J. S. Yoon, S. H. Oh, M. N. Kim, I. J. Chin, Y. H. Kim, "Thermal and mechanical properties of poly(l-lactic acid)-poly(ethyleneco-vinyl acetate) blends1," Polymer, Vol. 40, No. 9, pp. 2303-2312, April 1999.
- [6] M. T. Shaw and S. H. Shaw, "Water Treeing in Solid Dielectrics", IEEE Trans. Elec. Ins., Vol.19, pp.419-452, 1993.
- [7] M. J. Given, "The Role of Ions in the Mechanism of Water Tree Growth", IEEE Trans. Elec. Ins., Vol.22,

pp.151-156, 1987.

- [8] 한재홍, 송일근, 임장섭, 이동영, "전력케이블용 반도체 재료의 설계기술", 전기전자재료학회 논문지, Vol 13, No. 2, pp. 12-17, 2000. 2

저 자 소 개



양 종 석 (梁 鍾 錫)

1980년 06월 07일생. 2005년 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 졸업. 2005년~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



국 정 호 (鞠 正 鎬)

1980년 10월 9일생, 2006년 전북대학교 고분자공학과 졸업. 2006년~ 현재 전북대학교 대학원 고분자공학과 석사과정.

Tel : 063-270-4281
 Fax : 063-270-2341
 E-mail : kook-j-h@chonbuk.ac.kr



나 창 운 (羅 昌 運)

1961년 10월 13일생. 1984년 아주대학교 화학공학과 졸업(학사). 1986년 동 대학원 화학공학과 졸업(석사). 1995년 미국 Akron대학 대학원 졸업(공학). 1985년~1998년 금호타이어(주) 연구소 주임, 선임, 전임연구원. 1998년~1999년 전남 도립 남도대학교 환경, 화학공학부 전임강사, 학부장. 2001년~현재 산업표준 심의회 화학 5부회 전문위원회 위원. 2005~2006 미국 Virginia Polytech Institute and State University 기계공학과 CIMSS 방문교수. 1999년~ 현재 전북대학교 신소재공학부 (고분자 공학) 조교수, 부교수

Tel : 063-270-4281
 Fax : 063-270-2341
 E-mail : cnah@chonbuk.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. 2004년~ 현재 전기응용신기술 연구센터 소장.

Tel : 063-850-6349
 Fax : 063-857-6890
 E-mail : parkdh@wonkwang.ac.kr