

# SrTiO<sub>3</sub>/유기물 복합재료의 유전특성에 실란 커플링 처리의 효과

김준영\*, 김상현, 유명재, 이우성  
전자부품연구원, 전자소재 패키징 연구센터

## Effect of Silane Coupling Treatment on Dielectric Properties of Strontium Titanate/Organic Composite

Jun Young Kim\*, Sang Hyun Kim, Myong Jae Yoo, Woo Sung Lee,  
Korea Electronics Technology Institute, Electronic Packaging Center

**Abstract :** 실란 커플링제 종류에 따른 SrTiO<sub>3</sub>/유기물 복합재료의 유전특성에 미치는 영향을 조사하여 비교하였다. 실란 커플링제는 amino계, epoxy계, methacryloxy계, acryloxy계, vinyl계를 사용하였으며, tape casting 방법으로 제작한 복합체 필름을 vacuum lamination 공정을 통하여 기판을 만들어 유전특성을 측정하였다. 실란 커플링제의 종류에 따라 유전특성은 상이한 결과를 나타냈으며, acryloxy계를 제외한 다른 커플링제를 처리한 복합재료는 유전상수와 유전손실이 감소하는 경향을 확인할 수 있었다. Acryloxy계 커플링제를 처리한 복합재료는 커플링제가 처리되지 않은 복합재료와 비교하여 유전상수가 6%정도 증가하였으며, 유전손실은 25%정도 감소하였다.

**Key Words :** Silane coupling agent, Strontium titanate, Composite, Dielectric property

### 1. 서 론

전자 산업의 발달로 인하여 전자부품의 소형화, 경량화는 매우 중요한 기술 요소로 주목 받고 있다. 이를 위해서 전자부품의 많은 면적을 차지하는 수동소자들을 다층인쇄회로기판(multi-layer circuit board)에 내장시킨 내장형 수동소자(embedded passive) 기술이 연구되고 있다.

Inorganic/organic 복합재료는 유기기판용 내장형 커패시터로 많은 연구가 진행되고 있는 재료이다. 공정은도가 낮고 경제적인 유기물에 높은 유전상수를 갖는 무기물이 분산되어 있는 형태이다. 부품의 소형화를 위해 주어진 공간에서 높은 축전용량이 요구되므로 높은 유전상수를 갖는 필름의 개발이 필요하다.

Inorganic/organic 복합재료의 유전상수를 높이기 위해서는 사용하는 유기물과 무기물의 유전상수를 높이거나 높은 유전상수를 갖는 무기물의 함량을 증가시켜야 한다. 하지만 복합재료는 무기물의 어떠한 일정한 양에서 유전상수가 최대가 되고 그 이상의 무기물 함량을 높이면 유전상수가 증가하지 않고 오히려 감소하는 경향이 나타난다. 이런 경향의 원인은 무기물의 함량이 임계값 이상으로 증가하면 분산성 저하에 따라 pore나 void가 형성되어 유전상수가 낮아지고 흡습성과 같은 신뢰성에 문제를 야기하는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 무기물 표면에 화학적 결합으로 고정되며, 분산성 향상, 충전을 증가 등의 효과가 있는 다양한 실란 커플링제를 무기물 분말 표면에 전처리하여 이들의 첨가에 따른 복합재료의 유전특성에 미치는 영향을 비교하고 조사하였다.

### 2. 실험

실험에 사용된 무기물 재료는 Strontium titanate (SrTiO<sub>3</sub>, density : 5.57), 유기물 재료는 열가소성 수지와 가교제를 혼합하였으며, 무기물 재료의 표면 처리 실험에 사용된 실란 커플링제의 화학적 구조와 명칭은 표 1과 같다.

Functional group	Product Name	Structural formula
Epoxy	KBM403	$(CH_3O)_2SiCH_2OCH_2CH_2CH_2$
Methacryloxy	KBM503	$(CH_3O)_2SiC(CH_3)H_2OCC=CH_2$
	KBM603	$(CH_3O)_2SiC_2H_4NHC_2H_4NH_2$
Amino	KBM903	$(CH_3O)_2SiC_2H_4NH_2$
	KBM5103	$(CH_3O)_2SiC_2H_4OCC=CH_2$
Vinyl	KBM1003	$(CH_3O)_2SiCH=CH_2$

표 1. 실란 커플링제의 화학구조 및 명칭

실란 커플링제의 SrTiO<sub>3</sub> 분말 표면처리는 다음과 같이 진행되었다. 각각 정해진 양의 실란 커플링제를 적정량의 에탄올과 증류수 혼합용매에 SrTiO<sub>3</sub> 분말을 첨가하여 불밀(3시간)을 통해 충분히 분산시킨 슬러리를 80℃에서 건조를 실시하여 용매를 제거한 후 최종적으로 150℃에서 30분 열처리를 하였다. 이렇게 실란 커플링제로 처리된 건조된 SrTiO<sub>3</sub> 분말을 용매와 함께 1차 밀링을 24시간한 다음 유기물과 가교제 넣은 후 다시 24시간 불밀 하

여 혼합한다. 혼합한 슬러리를 tape casting공정을 이용해 일정한 두께의 필름으로 제작하였다. 이렇게 제작한 필름을 경화온도210℃ 압력 9.7kgf/cm<sup>2</sup> 으로 vacuum lamination으로 복합체를 제작하였다. 유전상수와 유전손실은 일본 AET사의 Microwave Dielectrometer와 미국 HP사의 HP 4291A RF Impedance/Material analyzer를 사용하여 1GHz에서 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

여러 종류의 실란 커플링제 첨가에 따른 유전특성의 효과를 조사하기 위하여 커플링제로 처리되지 않은 분말을 동일한 부피비와 방법으로 복합재료를 제작하여 커플링제를 처리한 복합재료와 유전특성을 비교하였으며, 유전상수 변화는 그림 1과 같다.

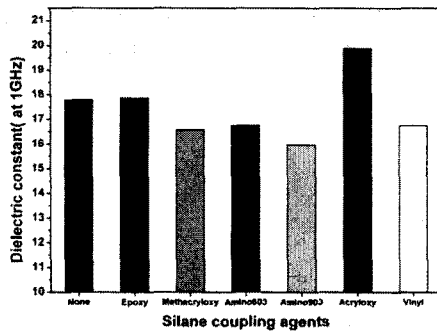


그림 1. 다양한 실란 커플링제에 따른 유전상수 변화

그림 1의 결과는 실란 커플링제를 처리하지 않은 복합재료는 유전상수가 17.8이었으며, acryloxy계 커플링제를 처리한 복합재료의 유전상수가 19.9로 약 6%정도 증가함을 확인할 수 있었으며, acryloxy계 커플링제를 제외한 다른 커플링제 처리는 오히려 유전상수가 감소하였다.

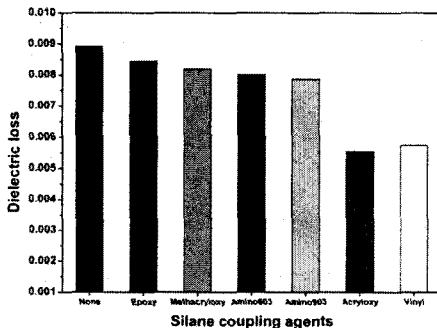


그림 2. 다양한 실란 커플링제에 따른 유전손실 변화

그림 2는 여러 종류의 커플링제의 처리에 따른 복합재료의 유전손실의 변화를 보여준다. 커플링제를 처리한 모든 복합재료의 유전손실이 감소함을 확인할 수 있지만 acryloxy계를 제외한 다른 커플링제는 유전상수의 감소에 따른 결과로 판단할 수 있다.

그림 3은 SEM을 이용해 관찰한 것으로 여러 종류의 커플링제를 처리한 복합재료의 단면 모습을 보여준다. Acryloxy계, vinyl계 커플링제를 제외한 다른 커플링제를

처리한 복합재료가 처리하지 않은 복합재료보다 분말의 응집과 void나 pore가 더욱 많이 형성되었음을 관찰할 수 있었다.

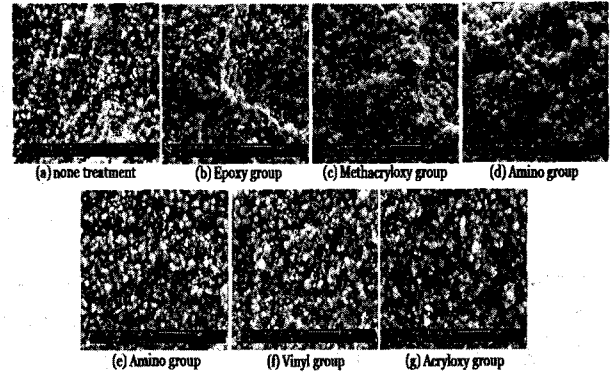


그림 3. 복합재료의 단면 SEM 사진

### 4. 결론

Acryloxy계 커플링제를 처리하여 SrTiO<sub>3</sub>/유기물 복합재료의 유전특성을 향상시킬 수 있었으며, 이는 acryloxy계 커플링제의 기능이 더 효과적으로 SrTiO<sub>3</sub> 분말과 유기물간의 결합력을 강화시켜 분말과 유기물 사이에 생기는 pore나 void의 형성을 억제시켜주는 것으로 추측되어진다. Acryloxy계 커플링제를 제외한 다른 커플링제를 처리한 복합재료는 오히려 분산성의 저하에 따라 유전상수와 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 유기물 분자에 화학 구조적으로 적절한 기능을 갖는 커플링제의 첨가로 무기물/유기물 복합재료의 유전특성을 향상시킬 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] H. Windlass, D. M. Raj, D. Balaraman, S. K. Bhattacharya, and R. R. Tummala, "Processing of Polymer-Ceramic Nanocomposites for System-On-Package Application", Proc. of the 51st Electronic Components and Technology Conference, Florida, 1201(2001)
- [2] Y. Rao, J. Qu, Marinis, and C. D. Wong, "A Precise numerical Prediction of Effective Dielectric Constant for Polymer-ceramic Composite Based on Effective-medium Theory", IEEE Trans. Components and Packaging Technologies, 23(4), 680(2000).