

# 고충진 기술을 이용한 高방열성 EMC

배\_종\_우 · 김\_원\_호 · 홍\_용\_우 · 황\_영\_훈  
부산대학교 화학공학과  
(jwbae@hanmail.net)

## High thermally conductive EMC(Epoxy Molding Compounds) using high filler loading technique

Jong-Woo Bae, Wonho Kim, Yong-Woo Hong, Young-Hun Hwang  
Dept. of Chemical Engineering, Pusan National Univ., Pusan 609-735, Korea

### 1. 서론

지난 수십 년간에 걸친 전기-전자, 정보통신, 항공우주 산업의 비약적인 성장은 보다 빠른 대량의 정보처리를 위하여 컴퓨터나 통신 기기 등의 빠른 성장을 요구하였다. 최근에 와서는 고성능화 뿐 아니라 소형화 박형화되는 추세이어서 부품내의 단위면적당 발열량의 증가와 소형화 박형화에 따른 열응력에 의한 크랙의 발생소지가 많아 제품내구성명 단축이 우려되고 있다. 이에 따라 반도체 소자에서 생성된 열의 신속한 방출을 위한 고방열성 전자 재료의 개발요구가 크게 대두되고 있다.

이러한 개발요구를 충족시킬 수 있는 전자 패키징 재료로서 요구되는 특성은 크게 4가지로 볼 수 있는데 1) 방열 성능 즉 열전도도가 높을 것, 2) 열팽창계수가 Si와 유사할 것, 3) 유전상수가 낮을 것, 4) 제조원가가 낮을 것 등이다. 그러나, 단일 물질로 이러한 요구조건을 충족시키기는 힘들기에 우수한 특성을 지닌 재료들을 복합화하여 사용하는데, 즉 열전도도가 우수하고, 열팽창계수가 작은 세라믹(Table 1 참조)과 유전상수가 낮으며 제조원가가 낮은 폴리머를 적절한 비율로 조합하면 전자 패키징 재료로서 만족할 만한 재료를 개발할 수 있을 것이다. [1, 2]

Table.1

따라서 본 연구는 높은 열전도도와 낮은 열팽창계수를 가진 질화 알루미늄을 각각 크기가 다른 filler의 혼합을 통하여 maximum packing fraction을 구한후, 최대 혼입시험을 통하여 보다 성능이 향상된 EMC의 물성을 얻고자 한다.

### 2. 실험

#### 2. 1. Raw Materials

에폭시수지는 Novolac type의 에폭시를 사용하였고, Hardner로는 Phenol Novolac으로 선정하였는데, Phenol 경화형 Epoxy의 경우 현재까지 상업적 이용이 미미하였지만 Microelectric Packaging에선 다른 경화형 Epoxy에 비해 고품질과 뛰어난 물성을 나타내는 것으로 알려져있다.[3] 촉매로는 유기 포스핀계를 사용하였다. filler는 ART사의 silica coated aluminum nitride인 A100(평균 입자경 2 $\mu$ m), FX50(평균 입자경 13 $\mu$ m), FX150(평균 입자경 23 $\mu$ m) 등 3종을 사용하였다. coupling agent는 일반적으로 AlN filler와 epoxy 수지간 접착력 향상을 위해 사

용되는 Amino-silane계를 사용하였다.

## 2. 2. Basic Recipe

Novolac type의 epoxy와 phenol novolac경화제, AlN Filler를 각각 base resin과 filler로 사용하였을 경우의 Epoxy Molding Compounds의 조성은 Table2와 같다.[4]

Table 2.

## 2. 3. Compounds의 제조

Filler Loading 을 50Vol% 이상으로 가정할 때의 EMC의 충전 점도를 예상하여 Torque값이 큰 Two-Roll Mill을 Mixing 기기를 선정하였다. 고점도 혼입을 위한 RPM 수준인 Left : Right = 14.5 : 21 RPM의 Mixing조건을 사용하였다.

AlN 충전 EMC는 Mixing중 경화도를 최대한 낮출 수 있는 90℃의 Roll 표면온도에서 최적 분산시간인 10분 간의 분산시간을 주어 제조한 후, 175℃에서 2분 30초간 성형하여 4시간의 후경화시간을 갖도록 하여 제조하였다.

또한, thermosetting epoxy compound의 molding 방법은 사출성형이 어려워 저압 트랜스퍼 몰딩 방법을 가장 일반적으로 사용하며 이의 장점은 thermoset polymer 성형시 압축성형에 비해 대량 생산이 가능하고 특히, preheat 공정을 이용하여 고점도 복합재료에 있어 void에 의한 불량 문제를 대부분 제거할수 있어 본 연구에서도 void문제 해결 및 대량 생산에의 응용을 위하여 preheating공정과 transfer molding 방법을 사용하였다.

## 2. 4. 고충진 기술

고충진은 filler의 형태와 크기의 조합으로 이룰수가 있는데 큰입자간의 내부공극을 작은 입자로 채우는 방법을 사용한다. 일반적으로 고충진 EMC의 경우, 점도거동을 Mooney식으로 표현하는데 이를 통하여 최대충진 밀도에 접근함에 따라 전체 compound의 점도가 낮아짐을 예측할 수 있다. 최대충진 밀도를 구하기 위하여 Mcgeary에 의한 구형입자 binary mixture의 maximum packing fraction과 구형입자의 diameter ratio를 parameter로 idealized packing(Fig. 1) 공식을 사용하였다.[5]

## 2. 5 물성 시험

### 2. 5. 1 유동성 시험

유동성 평가는 열경화성 몰딩 컴파운드의 표준화된 실험방법중의 하나인 spiral flow test방법으로, 175℃에서 2분 30초간 transfer mold를 한 후의 flow길이를 측정하였다.

### 2. 5. 2 열전도도

열전도도는 상온에서 laser flash method를 이용하여 열확산도, DSC(perkin Elmer Co., Pyris1)로 비열, 밀도계로 밀도를 측정하여 아래의 식으로부터 구하였다.[6]

$$k = \delta \cdot \rho \cdot C_p$$

k는 열전도도,  $\delta$ 는 열확산계수,  $\rho$ 는 밀도,  $C_p$ 는 비열을 나타낸다.

### 2. 5. 3 열팽창계수

열팽창계수는 linear dilatometer로 상온에서 250℃까지 5℃/min의 승온속도로 시편의 열팽창율을 구한 후 아래 식을 이용하여 열팽창계수값을 구하였다.

$$\alpha = \Delta L / (L_0 \cdot \Delta T)$$

$\alpha$ 는 열팽창계수,  $\Delta L/L_0$ 는 열팽창율,  $\Delta T$ 는 온도차이를 나타낸다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3. 1 Maximum packing fraction의 선정

Filler binary mixture에 있어서의 maximum packing fraction을 구하기 위하여 AlN filler의 volume percent는 65%로 고정하였고 23 $\mu$ m, 13 $\mu$ m( $X_L$ )의 평균입자경의 filler에 각각 2 $\mu$ m의 평균입자경을 가진 filler( $X_S$ )를  $X_L/X_S$ 의 비에 따라서 유동성과 열전도도를 측정하여 fig2와 fig3에 나타내었다.

fig2와 3을 통하여 완전한 구형이 아님에도 불구하고 -AlN filler는 granule type- 이론적인 maximum packing fraction 값(0.275)과 거의 일치함을 알 수 있었고, 이 부근에서 유동성과 열전도도값이 크게 개선됨을 확인할 수 있었다.

#### 3. 2 고충진 AlN filled EMC의 물성 평가

상기 실험을 통하여 실제의 maximum packing fraction 값이 0.25 정도임을 알 수 있었고, 이에 따라 제조한 binary mixture EMC에서 filler volume을 증량하면서 유동성을 평가하여 fig. 4에 나타내었다.

fig.4를 보면 13 $\mu$ m의 평균입자경을 가진 filler 단독으로 투입한 EMC의 점도보다 binary mixture EMC의 점도가 크게 개선됨을 확인할 수 있었고, 이에 따라 고충진 AlN filled EMC의 물성을 평가할 수 있었다.

### 4. 참고 문헌

1. L. T. Manzione, in Plastic Packaging of Microelectronic Devices, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
2. J. H. Lupinski, in Polymer Materials for Electronics Packaging and Interconnection, American Chemical Society, Washington DC, p. 2-13, 1989
3. Rolf. W. biernath and David S. Soane, Contemporary Topic in Polymer Science, P103~158, 1992
4. W. Kim and J. Bae, I. Choi and Y. Kim, *Polym. Eng. Sci.*, **39**, 756-766, 1999.
5. D. J. Cumberland and R. J. Crawford, in Handbook of Powder Technology, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Vol. VI, Chap. 4, 1987
6. F. P. Incropera and D. P. Dewitt, in Introduction to Heat Transfer (3rd Edition), John. Wiley & Sons, New York, Chap. 2, 1996

Table 1 The physical properties of inorganic fillers and epoxy resin

Materials	Dielectric constant	Coefficient of thermal expansion (ppm / K)	Thermal conductivity (W / m-K)	Volume resistivity (Ohm · cm)
Cry. silica	3.8 ~ 5.4	15	14	10 <sup>14</sup>
Alumina	8.9	6.7 ~ 7.1	20 ~ 25	10 <sup>13</sup>
AlN	8.8	4.5	130 ~ 260	5 x 10 <sup>13</sup>
Epoxy	6 ~ 8	50 ~ 90	0.02 ~ 0.04	10 <sup>14</sup>

Table 2 Basic recipe of epoxy molding compounds

Materials	wt %	Remark
Novolac epoxy resin	7-30	Equiv. wt of epoxy : 200
Phenol novolac hardner	3.5-15	Equiv. wt of phenol : 106
Catalyst(TPP)	0.75 phr	Equiv. wt ratio of epoxy/phenol= 1.0
Inorganic filler( AlN, Cry. silica )	50-85	
Mold release agent (wax)	0.5	Density of AlN ; 3.26
Coupling agent	0.5	Density of cry. silica ; 2.65
Stress-relief agent	0.4	

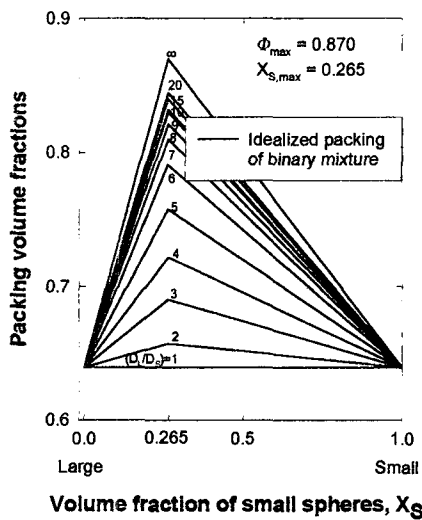


Figure 1. Idealized maximum packing of binary mixtures of spheres as a function of diameter ratios

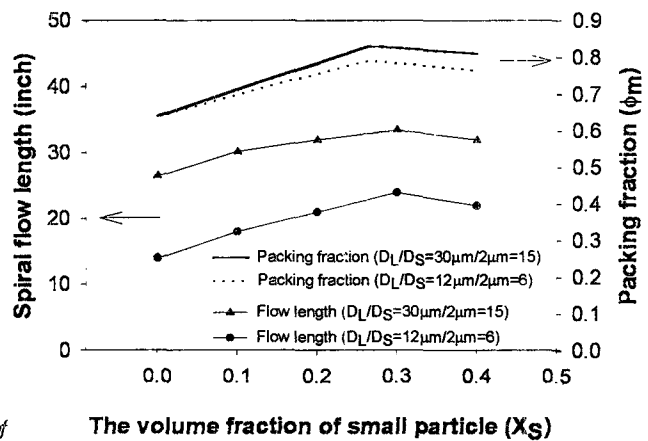


Figure 2. Spiral flow length of EMC in binary mixture of AlN

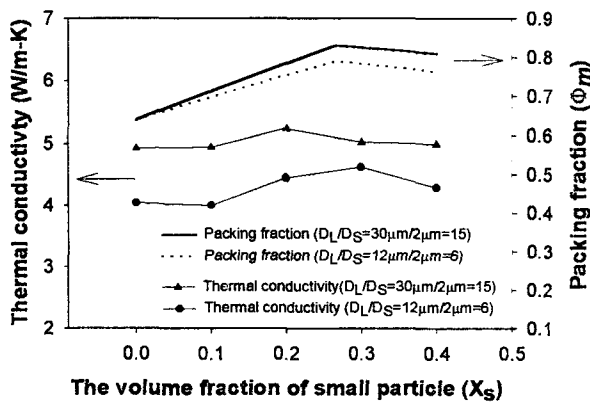


Figure 3. Thermal conductivity of EMC in the binary mixture of AlN

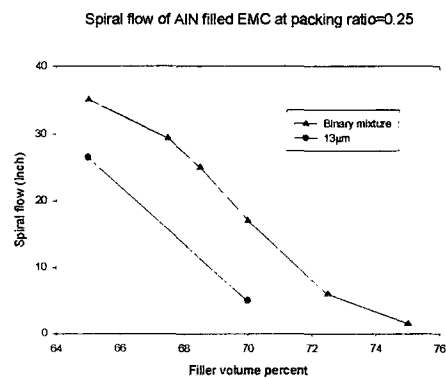


Figure 4. Spiral flow test of EMC as a function of filler volume percents(%)