

# 반도체 패키지 봉지재용 에폭시 수지 조성물이 코팅된 알루미늄 패드의 임피던스 변화

이상훈 · 서광석 · 윤호규<sup>†</sup>  
고려대학교 재료금속공학부

## Impedance Change of Aluminum Pad Coated with Epoxy Molding Compound for Semiconductor Encapsulant

Sang Hoon Lee, Kwang S. Suh and Ho Gyu Yoon  
Department of Materials Science, Korea University  
e-mail : hgyoon@mail.korea.ac.kr

### 1. 서론

반도체 패키지의 신뢰성 시험은 PWB에의 실장 방식과 관계없이 전기적 특성과 패키지 크랙 발생 유무의 크게 2가지로 나뉜다. 이때 전기적 특성 검사는 pressure cooker test (PCT)라 하여 121°C, 100% 상대습도 및 2기압이라는 매우 가혹한 조건하에서 에폭시 수지 조성물 (epoxy molding compound ; EMC)과 직접적으로 접촉하고 있는 알루미늄 전극의 부식정도를 파악하기 위해 전기적인 저항을 측정하는 것이다.<sup>1)</sup> 이것은 에폭시나 경화제를 제조할 때 반드시 강산이나 강염을 촉매로 사용하기 때문에 Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> 및 가수분해성(hydrolyzable) 이온이 내부에 존재하여 이러한 이온들이 에폭시에 침투한 물과 함께 전해질을 형성함으로써 알루미늄 전극을 부식시키며, 일단 부식이 진행되면 전극이 완전히 없어질 때까지 진행되기 때문이다.<sup>2)</sup> 전극의 부식을 방지하기 위해 에폭시 수지 조성물의 무기 충전제 함량을 극대화시키고, 에폭시 및 기타 유기물의 불순물 함량을 줄이며 전극과의 접촉강도를 향상시키는 등<sup>5,6)</sup> 에폭시 조성물의 물성 개선을 통한 노력이 이루어지고 있으나, 이러한 특성 개선이 전극의 부식에 미치는 영향을 고찰한 연구 결과는 찾아 볼 수 없다.

유기물이 코팅된 금속의 부식 측정 방법 중 가장 신뢰성이 있고 성공적인 평가 방법으로 여겨지는 것이 electrochemical impedance spectroscopy (EIS)이다.<sup>5)</sup> 본 연구에서는 에폭시 수지 조성물이 도포된 알루미늄 전극의 부식을 측정하기 위하여 끓는 탈이온수를 조성물에 침투시켰으며, EIS 방법을 이용하여 임피던스 및 커패시턴스의 변화를 관찰하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 시편제작

에폭시 수지와 경화제의 당량비는 1:1로 하였다. 촉매를 제외한 모든 유기물들은 균질한 용액이 얻어질 때까지 120°C에서 혼합하였고, 그 혼합물들을 80°C로 냉각하여 촉매를 첨가한 후 10초간 혼합하여 melt master batch를 얻었다. melt master batch와 무기 충전제를 상온에서 약 2분간 dry mixer에 의해 혼합한 후, 80°C의 two-roll mill에서 약 10분간 재 혼합하였다. 그 혼합물을 냉각한 뒤, pin crusher로 분쇄하여 분말을 얻었으며, 4°C에서 냉장 보관후 성형하였다.

수분흡습 시편과 electrochemical impedance spectroscopy(EIS) 시편은 hot press molding을 통해 성형하였고, 접촉강도 측정 시편은 저압 transfer molding press를 이용하여 alloy42 리드 프레임을 함께 합침하여 175°C에서 성형하였다. 모든 시편은 180°C에서 5시간동안 후경화시킨 후 실험에 적용하였다.

## 2) 측정

100℃의 탈이온수(DI water)에 성형한 시편들을 함침시키고, 수분 흡습 시간에 따른 흡습률을 측정하였다. 시편들을 함침시키기 전에 흡수되거나 잔존하고 있는 수분을 완전히 제거시키기 위하여 120℃의 oven에서 24시간동안 건조시켰다. 수분 흡습 시간에 따른 접착강도의 변화를 측정하기 위하여 pull test 시편을 100℃의 DI water에 함침시킨 후, UTM을 이용하여 접착강도를 측정하였다. 불순물이나 여러 가지 이온들의 침투에 따른 영향을 배제하기 위하여 DI water를 사용하였고, 가속 조건을 위해 100℃의 끓는 상태에서 실험하였다.

임피던스 측정은 Impedance Analyzer(HP-4910A)를 사용하였으며 5Hz 이상의 주파수 대역에서 측정하였다. 끓는 탈이온수와 EMC가 직접 접촉하여 수분이 침투하도록 cell을 제작하였으며, 상대전극은 Pt wire를 사용하였다. 측정에 사용된 cell과 시편의 대략적인 그림을 Fig. 1에 나타내었다.

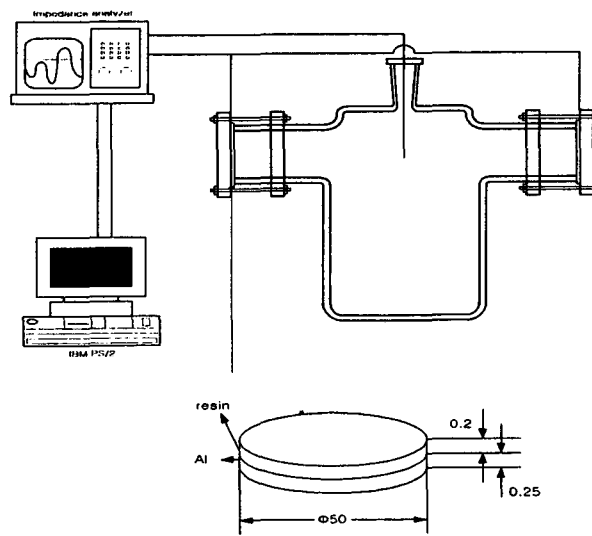


Fig. 1. Schematic diagram of the measurement cell used in the impedance spectroscopy.

## 3. 결과 및 고찰

### 1) 흡습에 따른 임피던스 변화

Fig. 2. (a), (b)에 각각 에폭시 조성물의 저항,  $R_b$ 와 커패시턴스,  $C_c$ 의 흡수 시간에 따른 변화를 나타내었다.  $R_b$ 의 경우, 탈이온수의 저항에서와 같이 10시간 이내에 급격한 감소를 나타내고 있으며, 이후 물분자의 확산 및 에폭시 조성물로부터 스며 나오는 이온의 연속적인 확산에 의해 에폭시의 자유체적이 채워지면서 125시간까지 서서히 감소하고 있다. 이후 170시간 이상에서는 거의 일정한 값을 보이고 있다.  $C_c$ 의 변화로부터도 170시간 이후에는 변화가 없는 일정한 값을 유지하는 것으로부터 물분자와 이온이 안정한 포화상태를 나타내고 있는 것으로 생각할 수 있으며, 따라서 170 시간 이전까지는 에폭시 조성물과 Al 기관과의 계면까지 물분자가 확산하는 시간으로 볼 수 있다. 120시간 이후  $R_b$  값이 약간 증가하는 것을 관찰할 수 있는데 이것은 높은 온도와 수증기압에 의해 수분이 과포화되었다가 평형상태에 도달하였기 때문이라고 판단된다.

Fig. 2. (c), (d)에 흡수시간에 따른  $R_{ct}$  및  $C_{dl}$ 의 변화를 나타내었다.  $R_b$ 의 감소율과 유사하게  $R_{ct}$ 의 값은 물과 이온이 Al-에폭시 계면에 도달할 때까지 서서히 감소하고 있으며, 특히 170 시간과 200 시간 구간에서는 커다란 감소를 보였다. 170 시간 이후의 감소는 물분자가 계면에까지 침투하였다는 것을 의미하

는 것이며, 이때부터 계면의 박리가 시작되어 350 시간에 도달하였을 때는 Al과 에폭시 조성물과의 계면은 거의 대부분이 박리된 상태로 남아 있었다. Miskovic-Stakovic 등에 따르면 물분자는 다른 이온들보다 빠르게 유기물 내부에 침투하며,  $R_p$ 가 평형을 이룬 이후에  $R_{ct}$ 가 빠르게 감소하는 현상은 계면의 박리에 의해 나타나는 임피던스 변화에 의한 것이라고 하였다.<sup>6)</sup> 본 연구에서도  $R_p$ 가 평형을 이루는 때인 170 시간 이후에  $R_{ct}$ 가 감소하고 있어 계면의 박리가 시작되었다고 볼 수 있으며, 210 시간 이후에는 변화 없이 평형을 유지하고 있으므로 계면에 수분이 포화되었다고 생각할 수 있다.  $C_{dl}$ 도 120 시간이 지나면서 급속히 증가하고 있는데, 이것은  $R_{ct}$ 가 빠르게 감소하고 있는 구간과 대응되고 있다. 따라서 물분자의 계면 침투를 확인할 수 있으며, Fig. 2. (b)의  $C_c$ 의 비교로부터, 먼저 170 시간까지 에폭시 조성물이 물분자에 의해 포화되고( $C_c$  curve) 이후 에폭시를 비롯한 유기물로부터 이온들이 스며 나온 뒤 점차적으로 금속 표면까지 포화되는 것을 생각할 수 있다. 금속 표면의 부식은 이온수가 포화되고 있는 시점인 210 시간 이후부터 발생하고 있다고 판단할 수 있다.

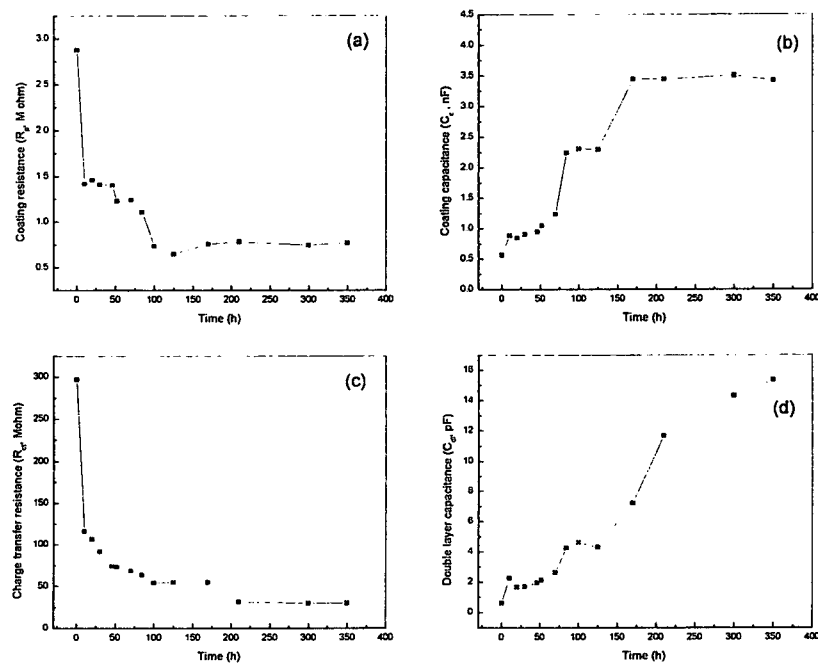


Fig. 2. (a) Coating resistance, (b) capacitance, (c) Charge transfer resistance and (d) double layer capacitance with absorption time for the 200  $\mu$ m EMC in DI water.

## 2) 흡수에 따른 접착강도

에폭시의 접착강도는 수분이 계면에 침투함에 따라 크게 감소한다.<sup>7)</sup> Fig. 3은 에폭시 조성물의 용융 실리콘 함량에 따른 수분 흡수율과 접착강도의 변화를 나타낸 것이다. 20 시간 이전에 급격한 흡수율의 증가를 보이고 있으며 120 시간 이후에는 거의 포화 상태를 유지하고 있다. 또한 충전재의 함량이 증가할수록 낮은 흡수율을 나타내는 것을 알 수 있다. 접착강도는 흡수율과 반비례적으로 감소하고 있으며, 최초 충전재 함량이 낮은 조성물이 높은 접착강도를 나타냈으나, 이후 약 30 시간이 경과하면서 충전재 함량이 많은 조성물의 접착강도가 크게 나타났다. EMC내부로의 수분 흡수는 bulk resin을 통하거나

EMC와 leadframe과의 계면을 통해 침투하는 두 가지 경로가 있으며, 수분 흡습이 많을 경우, 에폭시 및 유기물에 존재하는 이온들이 흡습된 수분과 함께 전해질을 형성함으로써 알루미늄 전극을 부식시킨다. 따라서, EMC와 leadframe과의 접착강도, 또한 알루미늄과 EMC와의 접착강도는 수분 흡습의 방지뿐만 아니라 부식방지 측면에서 매우 중요하다고 할 수 있으며, 부식 방지를 위해서는 무기 충전제의 함량에 따른 수분 흡습률, 접착강도, 불순물 이온의 함량 등이 총체적으로 고려되어야 한다는 것을 알 수 있다.

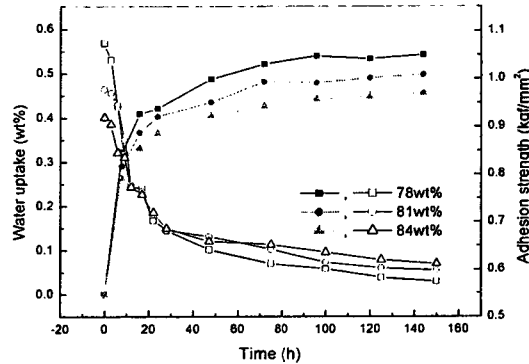


Fig. 3. Variation of water uptake and adhesion strength.

#### 4. 결론

electrochemical impedance spectroscopy (EIS)를 이용하여 반도체 패키지 봉지재용 에폭시 수지 조성물이 도포된 알루미늄 전극의 부식을 측정할 수 있었다. 수분 흡습 시간에 따른 에폭시 조성물 및 에폭시-알루미늄 계면의 저항과 커패시턴스의 변화로부터 탈이온수와 에폭시 내부에 존재하고 있는 이온의 확산 이력을 추적할 수 있었으며, 저항의 급격한 감소와 커패시턴스의 증가를 통해 에폭시 조성물의 물분자에 의한 포화, 계면에서의 포화 상태 및 부식 등을 확인할 수 있었다. 충전제 함량의 증가에 따라 수분 흡습에 따른 금속과의 접착강도의 감소가 적게 나타났으며, 포화 흡습률 역시 적게 나타나는 것으로부터 부식을 방지하기 위해서는 충전제의 함량 증가가 필수적이라는 것을 알 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

- 1) R. R. Tummala and E. J. Rymaszewski, "Microelectronics Packaging Handbook", Chap 10., Van Norstrand Reinhold, NY, 727 1991.
- 2) M. G. Pecht, L. T. Nguyen and E. B. Hakim, "Plastic Encapsulated Microelectronics", Chap. 6, John Wiley & Sons. Inc., NY, 235 1995.
- 3) M. Kaji, A. Takanori and N. Kazuhiki, *J. Thermosetting Plastics(Japan)*, 14, 1 (1993).
- 4) H. G. Yoon, K. S. Moon and T. J. Moon, *Polymer Abstract(Korea)*, 22(1), 44 (1997).
- 5) F. Mansfeld, *J. of Applied Electrochemistry*, 25, 187 (1995).
- 6) V. B. Miskovic-Stakovic, D. M. Drazic and Z. Kacarevic-Popovic, *Corrosion Sci.*, 38, 1513 (1996).
- 7) K. K. Oh, K. S. Moon, H. G. Yoon, T. J. Moon, J. H. Ryu, J. M. Kim and J. G. Kim, *Polymer(Korea)*, 21(5), 812 (1997).