

## 반도체 봉지수지의 파괴 인성치 측정 및 패키지 적용

논문  
10-6-1

### Fracture Toughness Measurement of the Semiconductor Encapsulant EMC and It's Application to Package

김경섭\*, 신영의\*\*, 장의구\*\*\*  
(Kyung-Soeb Kim, Young-Eui Shin, Eui-Goo Chang)

#### Abstract

The micro crack was occurred where the stress was concentrated by the thermal stress which was induced during the cooling period after molding process or by the various reliability tests. In order to estimate the possibility of development from inside micro crack to outside fracture, the fracture toughness of EMC should be measured under the various applicable condition. But study was conducted very rarely for the above area.

In order to provide a way to decide the fracture resistance of EMC (Epoxy Molding Compound) of plastic package which is produced by using transfer molding method, measuring fracture is studied. The specimens were made with various EMC material. The diverse combination of test conditions, such as different temperature, temperature /humidity conditions, different filler shapes, and post cure treatment, were tried to examine the effects of environmental condition on the fracture toughness. This study proposed a way which could improve the reliability of LOC(Lead On Chip) type package by comparing the measured  $J_{IC}$  of EMC and the calculated J-integral value from FEM(Finite Element Method). The measured  $K_{IC}$  value of EMC above glass transition temperature dropped sharply as the temperature increased. The  $K_{IC}$  was observed to be higher before the post cure treatment than after the post cure treatment. The change of  $J_{IC}$  was not significant by time change. J-integral was calculated to have maximum value when the angle of the direction of fracture at the lead tip was 0 degree in SOJ package and -30 degree in TSOP package.

The results FEM simulation were well agreed with the results of measurement within 5% tolerance. The package crack was proved to be affected more by the structure than by the composing material of package. The structure and the composing material are the variables to reduce the package crack.

**Key Words(중요용어)** : Package(패키지), Fracture Toughness(파괴 인성치), Finite Element Method(유한 요소법), Crack(파손), Leadframe(리드프레임)

#### 1. 서 론

반도체 봉지재료로서 플라스틱(plastic) 특히 열

경화성수지(thermal epoxy resin)가 주류가 된 것은 약 15년전부터이고, 그 이유로는 내습 세라믹(hermetic ceramic) 봉지에 비해서 대량생산과 저가 및 신뢰성의 균형적인 요구에 대해 가장 적합한 것이기 때문이다. 강도, 내열성, 접착성, 전기적특성 등의 측면에서 매우 균형 있는 열경화성수지도 10여년 전에는 한 품종으로 여러 가지 제품(device)을 봉지할 수 있었으나, 최근에는 봉지수지도 메모리(memory) 발전과 함께 기술면에서 진

\* : 삼성전자(주) 반도체부문

\*\* : 중앙대학교 기계설계학과

\*\*\* : 중앙대학교 전기공학과

접수일자 : 1997년 1월 31일

심사완료 : 1997년 5월 6일

보되고 있고, 메모리 세대와 함께 사용되는 봉지수지도 변경되는 것이 보통이다.

IC 패키지가 봉지(encapsulant)된 뒤 상온으로 냉각되면서, 봉지수지내의 응력 집중부에 미세균열(micro crack)이 발생한다. 그리고 이 균열은 온도 충격 시험과 흡수에 의한 재질의 열화(degradation)로 칩(chip)과 다이패드(die pad) 사이 또는 다이패드와 epoxy molding compound(이하 EMC라 칭함)사이에서 박리(delamination)를 유발시킨다. 이 틈새(gap)로 침투한 습기가 리플로과정에서 증기화하여, 약 2~3Mpa의 압력을 발생시키며, 이 압력과 열응력이 복합적으로 작용하여 균열선단에 많은 응력이 집중된다. 이 응력의 집중된 정도를 나타내는 것이 응력세기 계수(stress intensity factor)이며, 이 값이 한계치를 넘어서면 균열이 전파(propagation)된다.

IC 패키지내의 열응력에 대한 연구는 1970년대부터 시작하여 piezoresistive device<sup>1)</sup>, strain gage<sup>2)</sup>, photoelasticity<sup>3)</sup>, stress sensing chip<sup>4)</sup>을 사용하여 행해져 왔으나, 국부적인 부위의 응력해석이라는 단점 때문에, 유한요소법(finite element method)에 의한 해석이 1980년대부터 행해져 왔으며, 초기에는 정상상태(steady state)에 국한되다가 1985년경부터는 과도상태(transient state)를 해석하게 되었고 주로 상업용 유한요소법 프로그램을 사용하였다. 그리고 종래의 반도체 파손현상의 연구는 굽힘강도, 전단강도를 판단기준으로 하는 전통적인 failure criterion에 의하여 행하여<sup>5)</sup>지고 있으나 더욱 신뢰성 있는 해석 결과를 얻기 위해서는 파손의 직접적인 원인인 균열을 다루는 fracture criterion이 적용 되어야 한다. 또한 패키지 내부의 미세균열이 파단으로의 진전여부를 예측하기 위해서는 봉지재질의 균열저항값을 나타내는 물성치인 파괴인성치(fracture toughness,  $K_{IC}$ )를 구해야 하나, 이에대한 연구는 거의 찾아보기 힘든 실정이다. 따라서 본 연구에서는 컴팩트 인장 시험편(compact tension specimen)을 EMC 종류별로 제작한 후 각각의 환경을 변화시켜, 이때의 파괴인성값을 측정하였다. 시험은 플라스틱 재료의 평면 변형 상태에서 1991년 ASTM 규격(D-5045-91a)<sup>6)</sup>에 정립되어진 규격에 준하여 측정하였다. 또한 유한요소법을 적용하여 상용 패키지 중 고밀도 실장 대응 구조로 폭넓게 사용되고 있는 LOC(Lead On Chip) 구조를 적용하여 패키지 내부 균열선단에서의 J-적분값을 구하고, 실험에서 얻은 파괴인성치와 비교하여 패키지 파손 여부를 예측함과 동시에 파손방지에 적합한 형상과 재질

들의 설계조건을 제시하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. 시험편 제작 및 형상

컴팩트 인장 시험편을 제작하기 위해서 몰드다이(mold die)를 제작하였다. 이 몰드다이는 310×285mm, 높이:385mm로 제작되었으며, 시험편제작시 몰드 다이 가열 온도는 175°C, 트랜스퍼 압력은 500psi, 경화 시간은 120초이다. 시험편 제작후 2차 경화(post cure)를 실시한 시료는 175°C, 6시간 조건을 적용하여 경화하였다. 측정에 사용된 모든 표준 시험편의 균열은 노치선단에서 razor blade를 사용하여, 0.1mm 깊이의 free crack을 형성하였다. razor blade에 의해 발생하는 압축 잔류응력을 최소화하기 위해 균열을 형성시킨 뒤 1주 경과후 모든 실험을 진행하였다.<sup>7)</sup>

그림. 1에  $K_{IC}$  측정용 컴팩트 인장 시험편의 형상을 나타내었다. 평면 변형(plane strain)상태를 유지하기 위해서는 시험편 두께(B)는 식 (1)을 만족하여야 한다.<sup>8)</sup>

$$B, a, (W - a) > 2.5 (K_Q / \sigma_y)^2 \quad (1)$$

여기서,  $K_Q$ : 실험적인  $K_{IC}$  값,  $\sigma_y$ : 항복응력, B: 시험편 두께, W: 시험편 길이, a: 균열 길이이다.

IC 패키지에 사용되고 있는 EMC의 경우 윗식을 만족하는 최소 두께는 EMC의 종류( $\sigma_y$ 값 변화)에 따라 달라지며, 실험에서는 ASTM 규격에 맞추어 만들 수 있는 최대 두께인 14mm로 하여, 충분히 평면 변형 상태를 유지하도록 하였다.

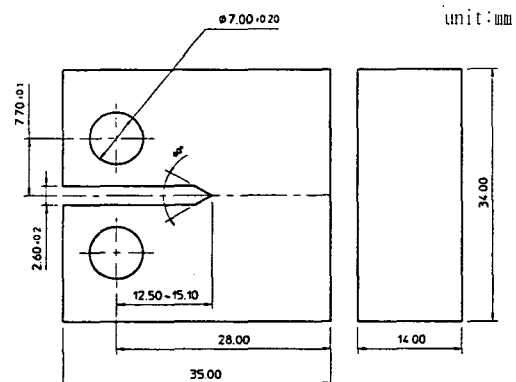


그림 1. 컴팩트 인장 시험편의 형상

Fig. 1. Compact tension specimen configuration.

2.2. 평면 변형 파괴인성치

2.2.1. 실험 항목

EMC 평면 변형 파괴인성 측정에 적용된 항목은 다음과 같다.

- 1) EMC별 : type A(EOCN epoxy), type B (biphenyl epoxy), type C(poly function epoxy), type D(EOCN epoxy)
- 2) 온도별 : 25°C, 85°C, 155°C, 230°C
- 3) 온도/습도별 : 85°C/85% 24시간, 96시간, 168시간
- 4) 2차 경화(175°C, 6시간)별 : 경화전, 경화후
- 5) 필러 형상비(구형/각형)별 : 70/30(구형/각형), 100/0(구형/각형)

2.2.2. 실험 장치

실험 장치는 UTM(ZWICK model 1425)을 사용하였고, 온도 변화에 따른 실험은 온도 조절 챔버를 부착하여 측정하였다. 또한 온·습도별 측정은 고온고습 챔버속에 필요한 시간 동안 보관(soak)을 한 후 온도챔버에 넣어 측정하였다. 그림. 2에는 K<sub>IC</sub> 실험 시스템 구성도를 나타내었다.

실험시 기계적 하중속도(loading speed)는 10mm/min이고, 수분흡습량에 대한 정확한 평가를 위해 측정에 사용된 모든 시험편을 125°C, 24시간 pre bake를 실시한 후 실험하였다. 또한 온도별 측정에 있어서 시험편 제작후 시험까지의 시간은 7시간이며, 이 기간동안 발생하는 시험편의 흡습량에 따른 K<sub>IC</sub> 값의 차이는 없다고 가정하였다.

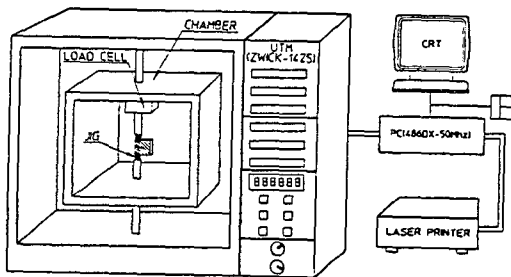


그림 2. K<sub>IC</sub> 시험 시스템  
Fig. 2. K<sub>IC</sub> Testing system.

2.2.3. 물성치

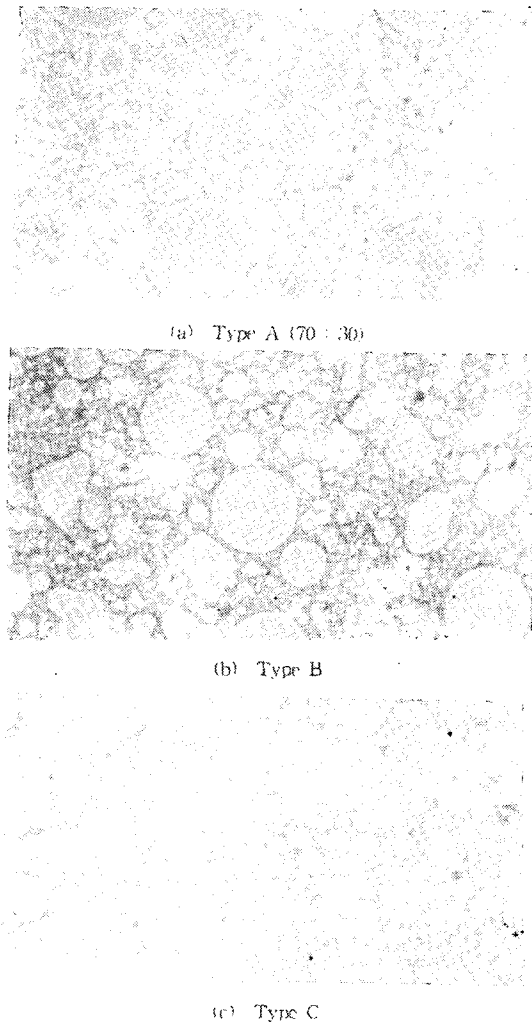
실험에 사용된 EMC는 4종류이다. type A는 EOCN(Epoxy Ortho Cresol Novolac), type B는 Biphenyl, type C는 poly function, type D는 EOCN계이다. 각 type별 EMC 성향에 있어서 type A, D는 표면실장용이며, Type B는 낮은 유리전이

온도(T<sub>g</sub>)용, type C는 높은 T<sub>g</sub>, 적은 패키지 휨 용이다. 또한 type A, D에서 type D는 type A에서 몰드 성형성만을 향상시킨 것이다. 실험에 사용된 각 EMC의 물성치를 표. 1에 나타내었고, 그림. 3에는 각 EMC의 구성에 대한 SEM 사진을 나타내었다.

표 1. 재료 특성

Table 1. Material Property.

Property	Epoxy Molding Compound				
	Type A	Type B	Type C	Type D	
T <sub>g</sub>	150	133	184	150	
Modulus (MPa)	25°C	17600	19900	11500	19300
	215°C	2070	1960	2300	1170
CTE (ppm/°C)	T < T <sub>g</sub>	10	10	12	11
	T > T <sub>g</sub>	45	45	54	47



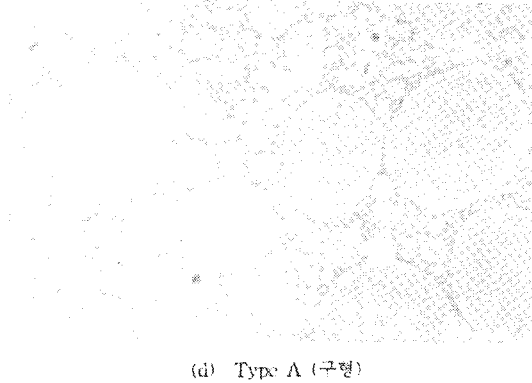


그림 3. 조성에 따른 EMC의 마이크로 구조  
Fig. 3. EMC micro structure according to the composition.

### 3. 실험 결과 및 고찰

실험 결과 얻은 P-U선도를 그림. 4에 나타내었고, 이 결과로부터 파괴인성치를 식 (2) (3)으로 구하였다.

$$K_Q = \frac{P_Q}{B \cdot W^{3/2}} \cdot f(a/W) \quad (2)$$

$$f(a/W) = \frac{(2 + a/W)(0.886 + 4.64(a/W) - 13.32(a/W)^2 + 14.72(a/W)^3 - 5.6(a/W)^4)}{(1 - (a/W))^{3/2}} \quad (3)$$

여기서,  $P_Q$  = 최대하중(KN),  $B$  = 시험편 두께(cm),  $W$  = 시험편 길이(cm),  $a$  = 균열길이(cm) 이다.

#### 3.1. 파괴인성치

##### 3.1.1 온도 변화에 따른 파괴인성치

각각의 온도에서 시험편의  $K_{Ic}$  값을 측정하였다. 측정에 사용된 시험편의 갯수는 EMC w종류별로 5개이며, 이 값들을 평균값으로 산출한 결과는 그림. 5에 나타내었다. 그림. 5를 보면 85°C~230°C의 온도 범위에서 type A와 type B EMC는 비슷한  $K_{Ic}$  값을 보이며, 모든 EMC는 유리 천이온도 이상에서 급격히  $K_{Ic}$  가 낮아짐을 알 수 있다. 그러나 25°C~155°C( $T_g$ 값 이하)에서는  $K_{Ic}$  값의 변화가 거의 없으며, 155°C 이상의 고온에서 급격히 낮아진다. 따라서 온도가 증가하면 중요 고리를 구성하

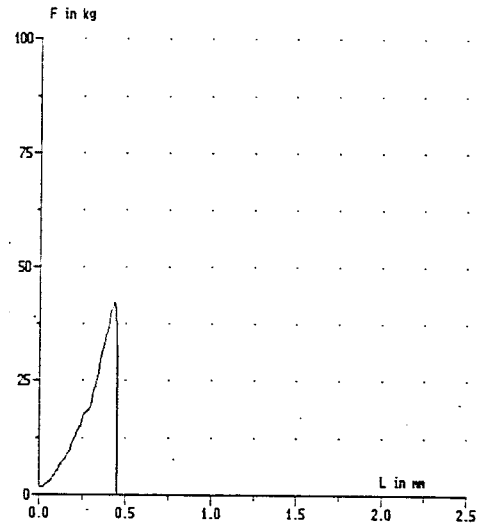


그림 4. 인장하중과 변위와의 관계  
Fig. 4. Relation between tensile load and displacement.

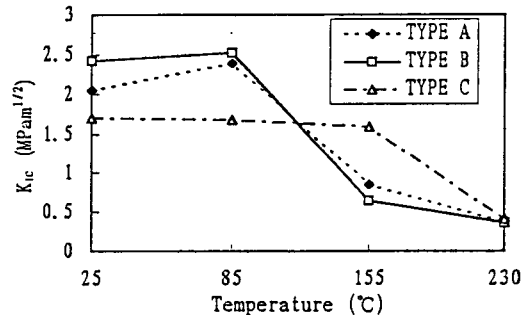


그림 5. 온도변화에 따른  $K_{Ic}$   
Fig. 5.  $K_{Ic}$  according to the temperature change.

고 있는 각 원자간의 결합 강도가 떨어져서 기계적 물성치 자체가 저하되고,  $K_{Ic}$  값 역시 작아진다<sup>9)</sup>.

##### 3.1.2. 수분 흡습량에 따른 파괴인성치

수분흡습량에 따른  $K_{Ic}$  값의 변화를 측정하기 위하여, 우선 각 test 조건별로 시험편의 수분흡습량을 식 (4)로 측정하였다. 또 표. 2에는 시간 변화에 따른 EMC의 수분 흡습량 측정 결과를 나타내었고 그림. 6에는 수분흡습량에 따른  $K_{Ic}$  를 측정 한 것이다.

$$\text{수분흡습량(g)} = \text{실험 후 시험편무게(g)} - \text{Pre-bake 후 시험무게(g)} \quad (4)$$

표 2. EMC의 흡습 시험 결과

Table 2. Moisture absorption test results of EMC.

Condition (85°C/85%)	Quantity of Moisture Absorption (g)		
	Type A	Type B	Type C
After Pre-bake	28.6720	28.8910	27.7610
24 Hr	28.6880	28.9060	27.7982
48 Hr	28.6927	28.9103	27.8107
72 Hr	28.6981	28.9154	27.8206
96 Hr	28.7020	28.9188	27.8276
168 Hr	28.7102	28.9268	27.8406
Increment Quantity	△ 0.0382	△ 0.0358	△ 0.0796

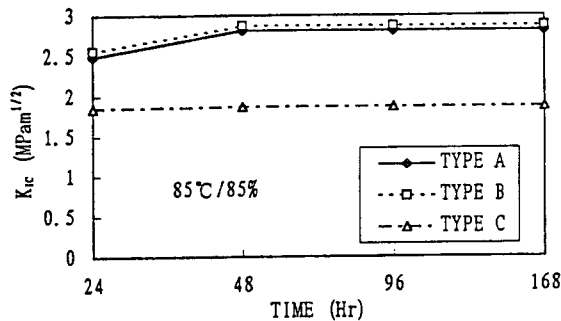


그림 6. 흡습량에 따른 K<sub>IC</sub>

Fig. 6. K<sub>IC</sub> according to the quantity of moisture absorption.

그림. 6에서 보는바와 같이 24시간 보관한 시험편은 온도별(85°C)결과와 비교해서 약간 증가하였고, 48시간 보관 후 K<sub>IC</sub> 값은 24시간에 비해 type A, type B에서는 증가하고, Type C에서는 변화가 거의 없었다. 또한 3종류 EMC 모두 48시간 이후의 파괴인성치에는 변화가 없었다.

3.1.3. 2차 경화 전/후에 따른 파괴인성치

EMC에 따른 2차 경화전/후의 파괴인성의 영향을 분석하기 위하여, 25°C 에서 측정하였고 이 결과를 그림. 7에 나타내었다. 그림. 7에서는 poly function epoxy가 EOCN epoxy 및 biphenyl epoxy에 비해서 2차 경화이전의 K<sub>IC</sub> 값이 작고, 2차 경화후에는 EOCN epoxy 및 biphenyl epoxy, poly function epoxy 3종류 EMC 모두 2차 경화이전보다 K<sub>IC</sub> 값이 감소한다. 이는 EMC의 가교밀도의 증가가 모든 종류의 EMC에서 진행되었기 때문이다.

3.1.4. 필러형상비 변화에 따른 파괴인성치

동종의 EMC에서 필러 비율 변화에 따른 K<sub>IC</sub> 값의 변화를 측정하였고, 결과를 표. 3에 나타내었다.

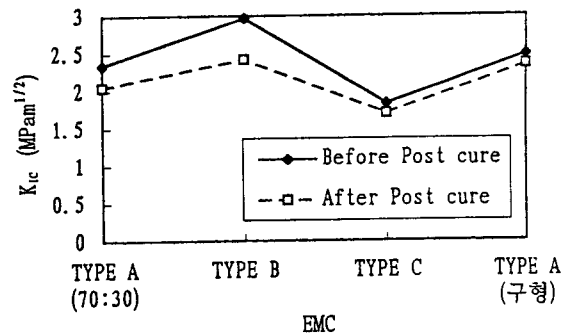


그림 7. 후열 처리에 의한 K<sub>IC</sub>

Fig. 7. K<sub>IC</sub> according to the post cure.

표 3. 형상 비율에 따른 K<sub>IC</sub>(A 타입)

Table 3. K<sub>IC</sub> according to the shape ratio(Type A)

Filler ratio(구형/각형)	K <sub>IC</sub> (MPa m <sup>1/2</sup> )
70 : 30	2.05
100 : 0	2.35

측정에 사용된 두 종류의 EMC는 그림 3(a)와 (d)이다. type A는 구형 대 각형의 비율이 70:30 이고, type D는 100% 구형 필러로 구성되어 있다.

측정 결과 type D가 type A보다 높은 K<sub>IC</sub> 값을 나타낸다. 따라서 초기 균열 발생에 견디는 저항력은 type D가 높고, 일단 초기 균열이 발생하여 패키지 외부 균열으로의 진전 여부에 관한 저항력은 type A가 높다.

3.2. 크랙 진전 발생 기구

패키지는 대기중이나 각종 신뢰성시험 분위기 아래에서 수분을 흡수한다. 이 흡수된 수분들이 IR 및 온도 충격시험등을 거치면서 반복되는 열응력에 의해서 균열이 발생하고 이 균열이 외부로 진전된다. EMC의 파단 성향을 파악하기 위해서 컴팩트 인장 시험편에 기계적인 하중을 가한 후 발생하는 파단면의 형태를 관찰하였다. 그림 8은 type D EMC를 150°C 분위기 아래에서 K<sub>IC</sub> 를 측정 후의 SEM 사진이다. SEM 사진에서 보는 바와 같이 균열 발생은 균열 선단의 중간 부분에서 시작하여, 필러와 필러 사이를 따라서 진전하고 있다. 이 때 균열의 진행 경로는 필러의 모양 및 분포에 직접적인 영향을 받으며, 필러 크기가 작고 미세할수록 균열의 진전 형태가 직선적인 성향을 나타낸다.

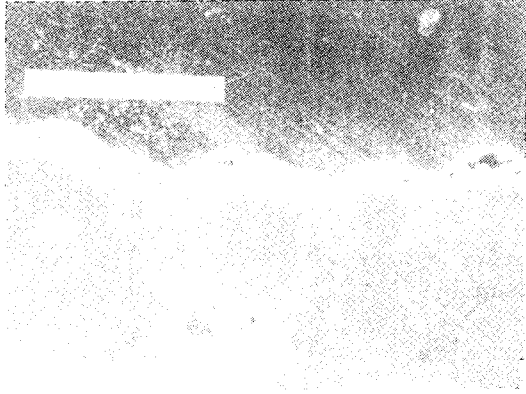


그림 8. EMC 안의 파단면의 측면사진  
Fig. 8. Cross sectional view of fractured surface with EMC.

### 3.3. 유한요소 해석

유한요소법에 의하여 응력확대 계수를 구하는 절차는 두가지 방법이 있다. 하나는 응력장이나 변위장으로부터 직접적으로 K를 구하는 방법과 하나는 K를 compliance, 탄성에너지 또는 J-적분값으로부터 간접적으로 결정하는 방법이다. 선형 평면 변형 문제에서 J-적분과 응력세기계수 K 사이에는 다음식이 성립한다.<sup>8)</sup>

$$K = \sqrt{JE / (1 - \nu^2)} \quad (5)$$

여기서 E : 탄성계수,  $\nu$  : 포아송비이다. 그러므로 실험에서 구한 EMC의 파괴인성치를 식 (5)에 적용하면  $J_{IC}$  값으로 환산할 수 있다. 표 4에는 각각의 EMC에서 25°C, 230°C에서의  $J_{IC}$  값을 나타내었다. 따라서 패키지에서 구한 J-적분값과 비교함으로써 IC 패키지의 균열에 대한 저항을 예측할 수 있다.

표 4. EMC 타입에 따른  $J_{IC}$   
Table 4.  $J_{IC}$  according to the EMC type.

온도(°C)	25	230
EMC		
Type A	0.226	0.063
Type B	0.1375	0.081
Type C	0.482	0.053

해석 모델은 균열 선단에 균열이 존재하는 물체의 해석에 있어 가장 폭넓게 사용되고 있는 QPE(Quarter Point Element)를 사용하였다. 해석은 8

절점 2차원 평면변형 상태를 고려하였고, 해석 모델의 두께는 14mm를 적용하였다. 또한 대칭성을 고려하여 시험편의 1/2만 적용하였다. 균열 선단을 유한요소 모델링할때 두개층을 천이 요소(transition element), 그리고 나머지는 정규요소(normal element)를 사용하였다. QPE에 적용한 span angle은 22.5° ~ 30° 이고 최적의 QPE 크기는 균열 길이의 5~25%인 20 $\mu$ m로 선정하여 모델을 만들었다. 이때 외부 하중은 원형 구멍의 중간 절점에 EMC의 종류에 따라 UTM에서 측정된 최대 하중  $P_Q$ 값을 선형상태로 부여하였다. 해석에 사용된 컴퓨터로는 HP-9000/735이고, 프로그램으로는 PATRAN 1.3<sup>16)</sup>과 ABAQUS 1.4<sup>17)</sup>를 이용하였다. 모델을 구성하는 절점 및 요소는 각각 1508개, 435개이다.

그림. 9에 나타냈듯이 실험 결과와 해석 결과를 비교한 결과 약 5% 내외의 양호한 오차를 보였다.

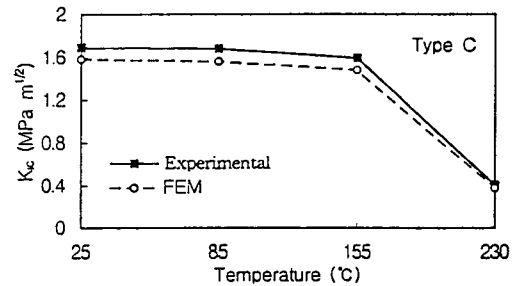


그림 9. 실험 및 유한요소해석  
Fig. 9. Experimental vs Finite element analysis (Type C EMC)

### 3.4. IC 패키지 해석

IC 패키지와 같이 복잡한 모델에서 정확한 응력 해석 및 균열 발생 여부를 예측하기 위해 수행하는 유한요소 해석은 가장 편리한 도구중의 하나이다. 해석은 LOC구조를 가진 SOJ(Small Outline J-bend) 및 TSOP(Thin Small Outline Package)를 대상으로 하였다. 패키지를 구성하는 기하학적 구조 및 재질을 그림 10에 나타내었다.

또한 해석에 적용된 소재의 물성치로는 표 1의 타입 B EMC, 접착제는 Ag 수지를 적용하였다. 두 모델에 있어서 가장 큰 차이는 패키지 두께와 테이프 두께에 있다.

해석에서는 패키지 대칭성을 고려하여, 모델의 1/2만 작용하여 해석하였다. 모델은 175°C(Molding)의 0 응력상태에서 상온과 적외선 가열(max. 235°C)시험 조건을 부여하였다.

해석에 사용된 소프트웨어는 콤팩트 인장 시험

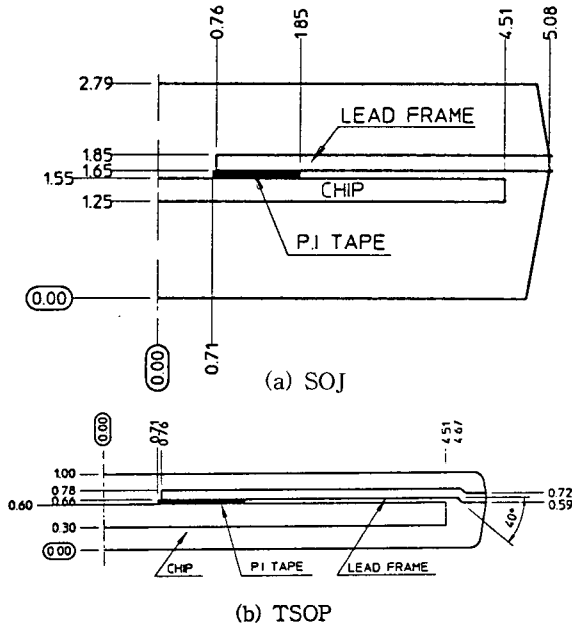


그림 10. 분석 모델의 형상  
Fig. 10. Geometry of analytical models.

편 해석과 동일하게 PATRAN/ABAQUS를 이용하여 해석하였다.

경계 조건으로 y축 대칭면에서는 x방향의 변위를 0으로 하였으며, 다른 임의의 한 점에서 y축의 변위를 0으로 하여 강체운동을 제거하였다.

그림 11에서 보는 바와 같이 균열의 방향은 칩 하단 모서리를 기준으로 선택하여 모델링하였다.

종래 형태의 패키지에 비해 LOC 타입에 탑재되는 칩 크기가 상대적으로 크기 때문에 동일한 신뢰성 조건에서도 상대적으로 높은 응력이 발생한다. 이 응력은 칩과 EMC계면의 박리를 유발시키고, 이 계면박리로 인하여 칩 하단의 모서리에서 패키지 외각까지의 최단거리로 진전하는 하부크랙과 칩과 폴리마이드(polymide)계면의 박리로 인해 균열이 발생하여 진전하는 유형중 전자의 불량 사례에 기초하여 초기 균열 방향 모델을 설정하였다. 그림 12에는 신뢰성 시험 결과 발생하는 균열의 유형을 나타내었다. 신뢰성 시험 결과를 기초로 하여 균열의 방향은 7가지(-40°, -30°, -20°, -10°, 0°, 10°, 20°)로 하여 신뢰성 조건과 EMC 종류별로 해석하였다.

그림 13에는 J-적분 계산을 위해 균열 선단의 유한요소 모델링을 나타내었다.

### 3.4.1. 조립 및 신뢰성 조건에 따른 J-적분 계산

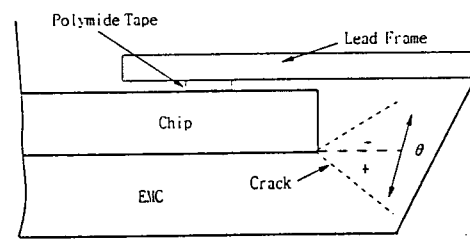


그림 11. 균열 진전 방향  
Fig. 11. Crack direction.

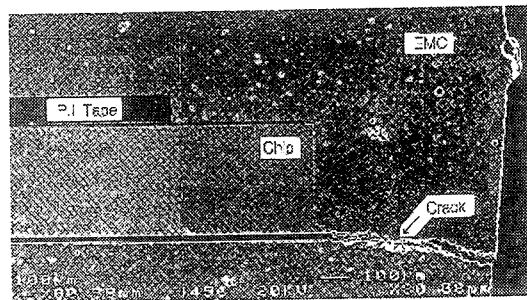


그림 12. 패키지 균열의 형상구조(SOJ)  
Fig. 12. Configuration of Package crack(SOJ)

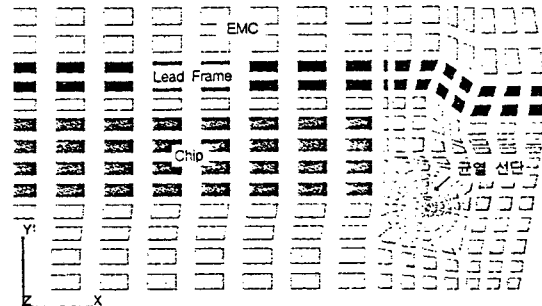


그림 13. 패키지의 유한 요소 모델  
Fig. 13. Finite element model of package.

온도순환시험(-65°C ~ 150°C)과 물딩후 상온으로 냉각될때 J-적분 계산 결과를 그림 14에 나타내었다. 그림 14에서 보듯이 상온에서 SOJ 패키지는 균열방향이 0°C 부근에서 최대가 되며, TSOP에서는 -30° 에서 최대가 된다. 따라서 계산된 J-적분 값이 J<sub>IC</sub> 값을 초과하므로 모든 유형의 패키지에서 균열됨을 알 수 있다.

### 3.4.2. 리드프레임 재질 변경에 따른 J-적분 계산

적용한 합금(alloy 42) 대신 구리합금(copper alloy)으로 바꾸어 계산한 J-적분의 결과를 그림.

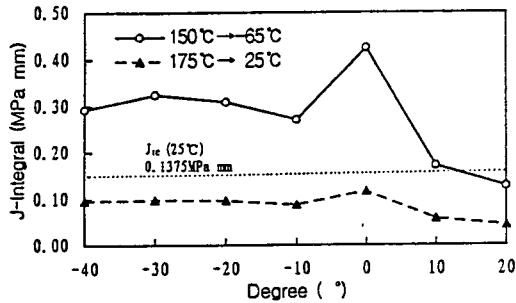
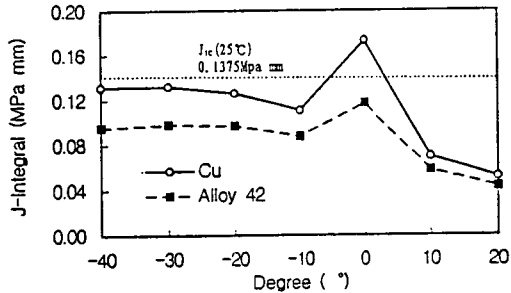
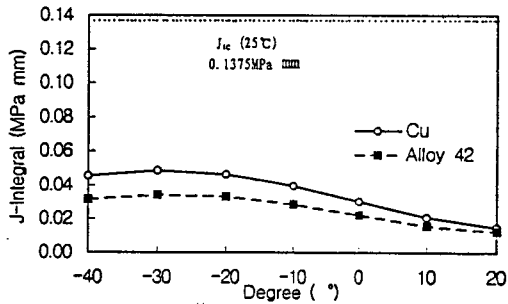


그림 14. 조립과 온도 사이클 시험 조건에 따른  $J_{IC}$   
 Fig. 14.  $J_{IC}$  according to the assembly and temperature cycle test condition.



(a) SOJ



(b) TSOP

그림 15. (a) 리드프레임에 따른  $J_{IC}$ (SOJ)  
 (b) 리드프레임에 따른  $J_{IC}$ (TSOP)  
 Fig. 15. (a)  $J_{IC}$  according to the lead frame material(SOJ)  
 (b)  $J_{IC}$  according to the lead frame material(TSOP)

15 (a), (b)에 나타내었다.

리드프레임의 재질이 구리합금인 경우가 합금에 비해 J-적분값이 SOJ에서는 균열 방향이 0° 에서, TSOP에서는 -30° 에서 두 종류 모두 0.7배가 증

가되므로 패키지 균열의 위험이 현저히 증가함을 알 수 있다. 이러한 결과로 보아 패키지 구조에서 리드프레임 재질 선정이 균열을 감소시킬 수 있는 변수임을 알 수 있다.

### 3.4.3. 패키지 구조에 따른 J-적분 계산

합금 리드프레임에서 패키지 구조에 따른 J-적분값의 차이를 보면 SOJ 패키지가 TSOP 패키지에 비해 3배정도 큼을 알 수 있다. 그림 15에서도 알 수 있듯이 패키지를 구성하고 있는 재질(Cu, Alloy42)보다는 패키지 구조(TSOP, SOJ)가 보다 큰 변수이다.

## 4. 결 론

고집적 대응 구조로 폭넓게 적용되고 있는 LOC 구조를 채택하여 SOJ 및 TSOP에서 J-적분값을 유한요소 해석으로 구하였다. 그리고 봉지재질의 균열 저항값을 나타내는 물성치인 파괴 인성치를 EMC별, 온도별, 온도/습도별, 2차 경화전/후별로 실험한 결과와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 온도 변화에 따른 실험 결과, 모든 EMC는 유리 천이온도 이상에서  $K_{IC}$  값이 급격히 낮아진다. 이때 고온에서의  $K_{IC}$  값은 상온에서의 것에 비하여 EMC에 따라서 1/7~1/4 수준이었다.
- 2) 2차 경화에 따른  $K_{IC}$  값의 변화는 모든 EMC에서 2차 경화이전이 높고, 이 값은 Type B EMC( $2.97\text{MPa}\sqrt{m}$ )가 가장 높았다.
- 3) EMC의 알갱이 형상비에 따른  $K_{IC}$  값은 100% 구형 알갱이가 70:30(구형/각형) 보다 높았다.
- 4) 다이패드의 재질이 구리합금인 경우가 42 합금인 경우보다 J-적분값이 크고, 패키지 균열의 가능성이 높은 것을 밝혔다.
- 5) 유한요소 해석 결과, J-적분값이 SOJ 패키지는 0° 에서 최대가 되고, TSOP는 -30° 에서 최대가 되는 것을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

1. K. Suzuki and S. Komatsu, "Internal Stress and Characteristic Shifts of Plastic Encapsulated Semiconductor Device", Journal of Japan Applied Physics, Vol.48, pp.1211~1215, 1979.
2. J. L. Spencer, W. H. Schoren, G. A. Bendnarzy, J. A. Bryan and T. D. Metzgar,



- "New Quantitative Measure of IC Stress Introduced by Plastic Package", Proceedings of International Reliability Physics Symposium, pp.74~80, 1979.
3. H. Kotake and S. Takasu, "Quantitative Measurement of Stress in Silicon by Photoelasticity and its Application", Journal of Electrochemical Society, Vol.127, pp.179~184, 1980.
  4. Hideo Miura, Asao Nishimura, Suelo Kawai and Kunihiko Nishi, "Development and Application of the Stress Sensing Test Chip for IC Packages", 日本機械學會論文集, 53卷, 493號, pp.1826~1832.
  5. Makoto Kitano, Suelo Kawai, Asao Nishimura and Kunihiko Nishi, "A Study of Package Cracking during the Reflow Soldering Process", 日本機械學會論文集, 55卷, 510號, pp.356~363.
  6. ASTM D5045 91a, "Standard Test Methods for Planestrain Fracture Toughness and Strain Energy Release Rate of Plastic Materials", 1991.
  7. B. H. Kim, C. R. Joe, and D. M. Otterson, "On the Determination of Fracture toughness in Polymers", Polymer Testing 8, pp.119~130, 1989.
  8. 장동인, 정경섭, 파괴역학(이론·해석에서 공학적 응용까지), 원창출판사, 1992.
  9. C. Keith Riew, Rubber Toughened Plastics, American Chemical Society, pp.120~133, 1989.
  10. Miho Yamaguchi and Yoshinobu Nakamura, "Strength and Fracture Toughness of Epoxy Resin Filled with Silica Particles", Nitto Technical Report, pp.74~81, 1991.
  11. J. Sauber and L. Lee, "Fracture Properties of Molding Compound Materials for IC Plastic Packaging", 44th ECTC, pp.164~170, 1994.
  12. A. A. O Tay and G. L. Tan, "A Criterion for Predicting Delamination in Plastic IC Packages", IEEE/IRPS, pp.236~243, 1993.
  13. R. S. Barsoum, "Application of Quadratic Isoparametric Finite Elements in Linear Fracture Mechanics", Int. J. Fract., 10, pp. 603~605, 1974.
  14. J. R. Rice, "A Path Independent Integral and Approximate Analysis of Strain Concentration by Notches and Cracks", Trans. ASME Journal of Applied Mechanics, Vol.35, pp.379~386, 1968.
  15. Masazumi Amagai, "Polyimide Fatigue Induced Chip Surface Damage in DRAM's Lead On Chip(LOC) Package", Proc. 33rd IEEE Int. Reliability Physics Symp., pp. 97~106, 1995.
  16. PATRAN User's Manual, Version1.4, Mac Neal-Schwendler Corporation, 1995.
  17. ABAQUS, "User's Manual", Hibbit, Kalsson & Sorensen, Inc., Version5.4, 1995.

저자소개



김경섭

1962년 5월 20일생. 1985년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업. 1996년 2월 연세대학교 기계공학과 석사. 1988년 8월 - 현재 삼성전자(주) 반도체부문 Package개발팀 선임연구원.



신영익

1956년 11월 23일생. 1982년 2월 중앙대학교 공학사. 1985년 3월 일본대학교 이공대학원 공학석사. 1985년 3월-87년 1월 대우중공업 기술연구소 연구원. 1987년 4월-88년 3월 일본 대판대 공학부 연구원. 1992년 3월 일본 대판대 공학박사. 1992년 4월-94년 2월 삼성전자 기술연구소 수석연구원. 1994년 3월-현재 중앙대학교 기계설계학과 부교수. 1995년 3월-현재 대한용접학회 편집위원.



장의구

1943년 3월 9일생. 1972년 중앙대학교 공대 전기공학과 졸업. 1975년 2월 동 대학교 대학원 전기공학과 석사. 1983년 2월 동 대학원 전기공학과(공박). 1987년 1월-88년 1월 Arizona주립대학 연구교수. 현재 중앙대학교 공대 전기공학과 교수. 본학회 총무이사.