

MEMS 디바이스의 고온고습 신뢰성시험

이영규*, 박부희**, 장중순**

*삼성전기 중앙연구소, **아주대학교 산업공학과

High Temperature and High Humidity Test for MEMS Devices

Y.G Lee*, Y.G, B.H. Park**, J.S. Jang**

*Samsung Electro Mechanics Co. R&D Institute

**Department of Industrial Engineering, Ajou University

Abstract

MEMS devices usually have micro actuators contained in a cavity. If the pressure level of testing chamber is higher than that of cavity, moisture will ingress into the cavity, which may cause critical failure such as stiction of the moving parts. To design an accelerated life test based on high temperature and high humidity, such a phenomena should be considered. In this study, a throughput model that can estimate the amount of moisture ingress is used to decide the testing time and conditions of a high temperature and high humidity test.

1. 서론

MEMS(Micro Electro Mechanical System)란 미세전기기계구조로 마이크로 단위의 기계적 구조물과 전기·전자회로가 집적화 되어 결합된 시스템을 의미한다. 이러한 MEMS는 마이크로 기계 구조물, 마이크로 센서, 마이크로 구동부, 마이크로-일렉트로닉스로 구성되며 모든 부분이 한 칩에 집적화된 3차원 구조로 형성된다.

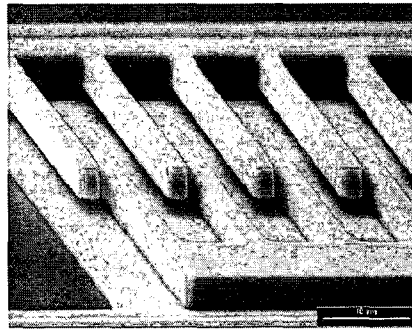
MEMS 기술의 장점은 소형화를 비롯하여, 집적화, 저전력화, 그리고 저가격화이다. 즉, 반도체 공정을 기반으로 웨이퍼 상에 일괄 제조할 수 있어 소형화가 가능하고, 한 개의 칩에 복수 개의 기능소자 및 신호 처리부 등을 집적화 할 수 있어 고성능을 얻을 수 있으며, 동시-대량 제조에 의해 저가화가 가능하다. 소형화, 저가화는 대부분의 부품들이 추구하는 바인 만큼 MEMS 기술의 응용도는 실로 다양하다. MEMS 기술은 바이오, 정보 통신, 미소 유체 및 화학 분석, 운송 및 항공, 광학, 그리고 로봇 등의 제조를 위한 구조, 부품, 시스템의 핵심 기술로서 적용될 수 있다.

MEMS 기술을 이용한 제품을 상용화 하는데 있어서 가장 큰 문제 중의 하나는 신뢰성의 확보에 있다고 할 수 있다. 고병천[1]은 MEMS 기술에서 신뢰성 문제가 해결하기 어려운 이유를 다음과 같이 지적하고 있다.

- MEMS의 고장 메커니즘은 매크로한 영역에서 발생하는 고장과는 다른 양태를 보이고 있다. 따라서 고장 메커니즘에 대한 이해가 현재까지는 부족한 실정이고, 예측하지 않은 신뢰성 문제가 빈번히 발생하고 있다.
- MEMS는 전자, 기계, 재료 및 회로 기술이 융합된 것으로서 고장 메커니즘 자체가 복잡하다. 특히 측정 및 평가에 대한 표준화가 수립되지 않아 분석이 용이하지 않다는 것이다.
- MEMS 관련된 재료 특성 및 공정에 대한 신뢰성 있는 데이터가 거의 없는 실정이며, 수치해석 등을 통하여 신뢰성 예측을 할 수 있는 기반이 부족하다.

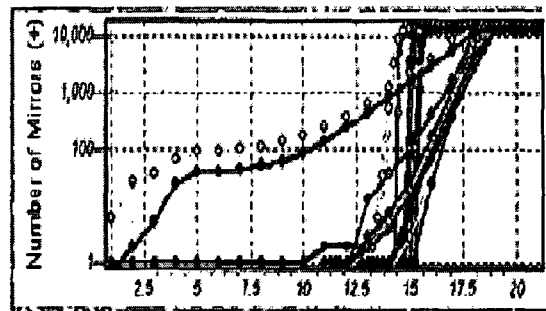
MEMS의 수명을 저하 시키는 원인 중의 하나는 수분이다. MEMS에 수분이 침투되면 열과 함께 실리콘 기판에 주기적인 스트레스를 가하여 소자의 수명을 저하시키는 것으로 알려져 있다[2]. 수분의 침투는 일차적으로 MEMS 패키지의 기밀성 파괴에 기인한 결과이며, 이러한 수분 침투에 의한 MEMS 관련 고장 모드에는 점착(Stiction)이 대표적이다[3].

점착 현상은 미세 구동 기계구조를 가지는 MEMS에서 대표적으로 많이 발생하는 고장 모드로서 매크로한 고장모드와 확연히 구별된다. 점착 현상은 마이크로한 영역에서는 표면에 작용하는 힘이 무게와 관련된 힘보다 매우 크게 되어 발생하는 것으로, 마이크로 소자의 구동 부분이 갖고 있는 복원력이 구동 부분과 인접한 기판 사이에서의 계면 에너지에 기인한 장력을 넘지 못할 때 발생한다. <그림 1>은 MEMS 공정으로 제작된 빔이 점착 현상으로 인하여 밀판에 부착된 것을 보여주고 있다[10][8]. 이러한 점착은 제조공정 중 혹은 사용환경에서 수분에 노출될 경우, 수분에 의해 미세 구조물 사이에 모세관현상, 정전기력, 반데르발스 힘 등이 작용하여 발생하게 된다[11].



<그림 1> 빔에서의 점착 현상

텍사스 인스트루먼트사의 미소배열거울소자 사례로 잘 알려져 있는 기밀성 파괴와 수분 침투에 의한 전형적인 고장 역시 점착 현상이다. <그림 2> 는 기밀성 파괴에 따른 수분 침투량이 증가함에 따른 점착된 미러 수가 증가되는 현상을 보여주고 있다[7].



<그림 2> 수분 침투량 따른 점착된 미러 수의 증가

이와 같이 수분이 소자 내부로 침투하게 되면 미세 구조물들의 상호 고착에 의해 점착이 발생한다. 이론적으로 수분에 의한 점착은 응축이 일어나는 상대습도 100%에서 발생하게 되어 있으나, 소자의 미세구조 및 구동방식, 표면상태, 이물 등에 의해 그 이하의 상대습도에서도 발생 할 수 있다. 그러므로 사용환경 중 수분침투를 방지하기 위하여 기밀특성을 가지는 MEMS 패키징 기술의 개발과 신뢰성 시험, 평가 및 검증 연구가 중요해 지고 있다.

본 논문에서는 MEMS의 점착 발생여부를 확인할 수 있는 신뢰성 시험 및 조건을 제시하고, 이를 기반으로 수명시험과 가속시험을 위한 신뢰성 시험 및 조건을 제안한다. 이 때 점착 현상은 수분의 침투량에 의해 발생되므로, MEMS 패키지 내부 수분 침투량을 예측할 수 있는 신뢰성 평가 모형으로 Q-모형을 제안하고자 한다. 이러한 본 연구의 목적을 위하여 2장에서는 MEMS 소자에서 점착 현상을 재현하기 위한 기밀특성과 수분의 침투 여부를 확인할 수 있는 온습도 신뢰성 시험방법과 그 시험에 따른 평가 모형 등에 대해 고찰하고, 3장에서는 수분의 침투량에 따른 점착 여부를 평가할 수 있는 신뢰성 평가 모형으로 Q-모형을 제안한다. 그리고 4장에서는 제안된 Q-모형의 적용 사례를 제시한다.

2. 신뢰성 평가방법

MEMS 패키지의 점착 현상을 검증을 위해서는 일단 수분을 침투시킬 수 있어야 하므로 고온고습시험을 고려할 수 있다. 동시에 기밀특성을 파괴시키기 위해서는 고온고습에 상태에서 압력을 가하는 포화증기압시험, 불포화증기압시험 등을 고려하기도 한다. 이에 따른 고온고습 시험, 포화증기압시험 및 불포화증기압시험 관련 규격 및 시험조건은 <표 1> 과 같다.

<표 1> 점착 재현을 위한 신뢰성 시험

시험명	시험조건	관련규격
고온고습시험 (85-85 시험)	온도 : 85℃ 습도 : 85%RH 시간 : 168, 1,000, 2,000 시간	IEC 60068 2-67 JIS C 7022 B-5 KS C 6049 B-5 JESD-22 A 101B EIAJED-4701 B-121, B-122
포화증기가압시험 (PCT 시험)	온도 : 121℃ 습도 : 100%RH 시간 : 24, 48, 96, 168, 240, 336	JESD-22 A 102C
불포화 증기가압 시험 (HAST 시험)	온도 : 110℃ 습도 : 85%RH 시간 : 96, 192, 200, 408 시간	IEC 60068 2-66 JESD-22 A 110B EIAJ ED-4701 B-123
	온도 : 120℃ 습도 : 85%RH 시간 : 48, 96, 100, 192 시간	
	온도 : 130℃ 습도 : 85%RH 시간 : 24, 48, 50, 96 시간	
	온도 : 140℃ 습도 : 85%RH 시간 : 24, 25 시간	

MEMS 패키지의 점착 현상을 검증을 위하여 실시되는 위의 시험들은 각각 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 고온고습시험의 경우 시험시간이 1000시간으로 장기간 시험을 실시해야 한다. 둘째, 포화증기가압시험의 경우 상대습도 100%의 포화증기압으로 인하여 챔버 내부의 응축수 문제로 다른 고장을 유발하여 점착 재현의 오류를 발생시킬 수 있다. 마지막으로 상대습도 85%인 불포화증기가압시험의 경우 각각의 온도에 따른 시험시간에 대한 타당성이 결여되어 있어 실적용에 어려움이 있다.

한편 고온고습시험, 포화증기압시험 및 불포화증기압시험은 정상조건보다는 좀 더 가혹한

스트레스를 인가하는 가속시험이라 할 수 있다. 이러한 가속시험의 결과를 평가하기 위한 온도와 습도에 관련된 모형에는 <표 2>와 같은 모형들이 있다.

- 아레니우스 모형 : 온도와 활성화 에너지에 따른 반응속도에서 도출된 온도와 반응율의 관계식으로, 이는 수명이 반응율의 역수에 비례한다.
- 아이링 모형 : 온도 스트레스에 대한 가속뿐만 아니라 습도 등 열 이외의 스트레스에 대해서도 사용가능한 모형이다.
- 온습도 모형 : 펙(Peck, 1986)에 의해 고안된 고온-고습에 의한 가속수명시험 모형으로, 전자부품 특히 PEM(Plastic Encapsulated Microcircuits) 분야에 널리 적용된다.

<표 2> 온도와 습도 관련 가속모형

모형	모형식	
아레니우스 모형 Arrhenius Model	$\tau = A \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right)$	A : 재료와 시험조건에 따른 상수 E _a : 활성화 에너지 k : 볼츠만 상수, 8.617×10 ⁻⁵ (eV/° K) T : 절대온도, ° K
아이링 모형 Eyring Model	$\tau = A \left(\frac{1}{S^n}\right) B \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right)$	A, n, B : 재료에 따른 상수 S : 시험조건에 따른 상수(온도, 습도 등) $\frac{E_a}{kT}$: 아레니우스 지수
온습도 모형 Peck Model	$\tau = A(RH)^{-n} e^{-\frac{E}{kT}}$	T : 절대온도 RH : 상대습도

위에서 살펴본 가속모형의 경우 주로 온도와 습도에 의한 환경 스트레스의 영향만을 인자로 하여 가속특성을 결정하고, 이로부터 아이템의 신뢰성을 평가한다. 그러나 이러한 모형을 적용하기 위해서는 환경적 스트레스와 더불어 재료와 시험조건에 따른 상수, 활성화 에너지 등을 알고 있어야만 정확한 신뢰성 평가가 수행된다는 문제점이 있다.

또한 내부에 공간이 없는 일반 반도체 소자와는 달리 MEMS 소자의 경우 미세 구동체를 구동하기 위하여 내부에 공간을 가지게 된다. 그러므로 고온고습의 사용환경보다 패키지 기밀성의 파괴로 인한 패키지 내부로의 수분 침투로 점착이 발생하는 경우에는 적합하지 않은 가속 모형들이다. 더욱이 고온에서 상대 습도를 유지하기 위하여 사용되는 압력 스트레스는 내부에 공간이 없이 몰딩된 전기전자 소자의 경우에는 그 영향을 무시 할 수 있으나, 내부에 움직이는 미세 기계 구조를 위한 공간을 가지는 경우 이 압력은 수분의 침투에 많은 영향을 미치게 된다. 그러므로 MEMS 패키지 내부에 침투되는 수분의 양을 측정하여 점착 현상을 설명하기 위해서는 온도-습도 이외의 압력을 고려한 가속모형이 요구된다. 즉 온도, 습도 및 압력에 따른

시료의 침투율 및 내부 공간의 크기에 따라 시료에 미치는 스트레스 정도가 다르며 따라서 소자 내부의 스트레스에 따른 수명관계를 규명 할 수 있는 가속 모형 및 가속 시험이 필요하다.

3. MEMS 패키지를 위한 수분침투 모형

MEMS 패키지의 점착수명을 파악하기 위해서는 온도, 습도 그리고 압력과 소자특성에 따른 점착 수명 관계를 규명 할 수 있는 가속모형이 필요하게 되는데, Tanner[11] 가 제안한 침투율과 압력 차이에 따른 기체의 침투량 산출모형인 Q -모형을 활용할 수 있다.

MEMS 패키지의 기밀 특성을 침투율로 결정하고 이 침투율과 패키지 내외부의 압력차이로 침투되는 수분의 양을 결정하게 되며 내부로 침투되는 수분의 양은 다음에 전개되는 Q 값에 의하여 결정된다.

기밀 처리된 직후부터($t=0$) 어느 시간 t 까지 패키지 내부로 침투된 수분량은 이 시간동안 침투된 수분의 합, Q_{in} 으로 다음과 같다.

$$Q_{in} = \int_0^t R \Delta P_t dt. \quad (1)$$

여기서 Q_{in} 은 수분의 흐름량으로 쓰루풋(Throughput)이라 부르고, 부피와 압력의 곱으로 표시된다. 한편 R 은 기체의 단위시간당 쓰루풋이며, 다음과 같이 구할 수 있다[5].

$$R = F \sqrt{\frac{T}{M}} \Delta P, \quad (2)$$

F : 침투 채널의 분자 컨덕턴스(Molecular Conductance),

T : 절대온도,

M : 침투 기체의 분자량,

ΔP : 패키지 내부와 외부의 부분압 차

이다. 만일 기밀 처리된 패키지에 수분침투가 발생하게 되면, 패키지 내부로 침투되는 수분의 부분압은 시간에 따라 변하게 된다. 이때 압력의 변화는 다음 식과 같다.

$$\Delta P_t = \Delta P_i \text{Exp}\left(-\frac{Rt}{V\Delta P}\right), \quad (3)$$

여기서

P_t : 시간 t 에서 패키지 내부의 부분압,

ΔP_t : 시간 t 에서 패키지 내부 부분압의 변화량,

ΔP_i : 초기 패키지 내부와 외부의 부분압 차,

V : 패키지 내부 부피

이다. 식 (3)을 식 (1)에 대입하면 다음과 같이 정리된다.

$$Q_{in} = R \Delta P_i \int_{t=0}^{t=t} \text{Exp}\left(-\frac{Rt}{V\Delta P}\right) dt.$$

한편 $L = \frac{R}{\Delta P}$ 이라고 하면, L 은 $\Delta P=1$ 인 경우의 침투율을 의미하게 되어 보정침투율(true leak rate)이라 부른다. 따라서 위 식은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$Q_{in} = L \Delta P_i \int_{t=0}^{t=t} \text{Exp}\left(-\frac{Lt}{V}\right) dt.$$

그런데 Q_{in} 은 침투되어진 수분량으로 ‘부피×압력’을 나타내므로, 이를 부피 V 로 나누면 압력의 단위로 침투된 수분량 Q_{inP} 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Q_{inP} = \Delta P_i \left[1 - \text{Exp}\left(-\frac{Lt}{V}\right)\right]. \quad (4)$$

일반적으로 수분이 소자 내부로 침투하게 되면 미세구조물들의 상호 고착에 의해 점착이 발생하고, 이론적으로 수분에 의한 점착은 응축이 일어나는 상대습도 100%에서 발생하게 되어 있으나, 소자의 미세구조 및 구동방식, 표면상태, 이물 등에 의해 그 이하의 상대습도에서도 발생 할 수 있다. 한편 MEMS 기술로 만들어진 미세 모터의 경우, 70% 이상의 상대 습도에서 강한 점착을 발생시켜 소자의 구동특성이나 신뢰성을 저하시키는 것으로 보고되고 있다 [9].

그러므로 상대습도를 알면 수분의 부분압력으로부터 점착을 발생시키는 MEMS 패키지의 내부 침투 수분의 양을 알 수 있으며, 특정 침투 수분의 양에 도달하는 시간은 다음과 같이 산출 할 수 있다.

$$t = -\frac{V}{L} \ln \left[1 - \frac{Q_{inP}}{\Delta P_i} \right]. \quad (5)$$

위 식으로부터 침투율, L 과 패키지 내부 부피, V 는 각각 다음 식들과 같이 유도할 수 있다.

$$L = -\frac{V}{t} \ln \left[1 - \frac{Q_{inP}}{\Delta P_i} \right], \quad (6)$$

$$V = -\frac{L}{t} \ln \left[1 - \frac{Q_{inP}}{\Delta P_i} \right]. \quad (7)$$

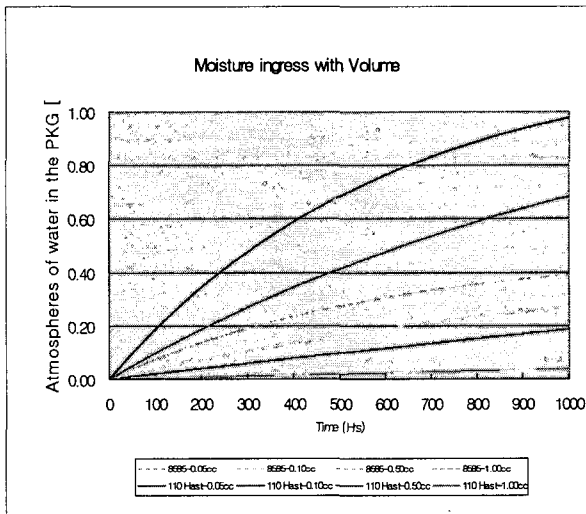
4. MEMS 패키지의 점착수명시험

4.1 MEMS 패키지에 침투된 수분량

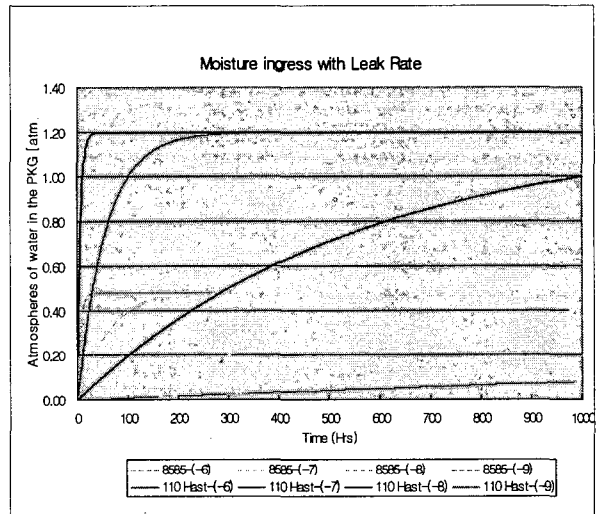
앞에서 제시된 Q 모형을 활용하면 패키지 내부로 침투되는 수분의 양을 예측할 수 있다. 예를 들어 85-85 고온고습 시험과 110 HAST 시험의 시험조건 하에서 소자의 부피(V)와 침투율(L)이 각각

- 내부 부피 (V , cc) : 0.05, 0.1, 0.5, 1.0
- 침투율 (L) : 5×10^{-6} , 5×10^{-7} , 5×10^{-8} , 5×10^{-9}

과 같을 때 소자 내부로 침투하는 수분의 양을 Q -모형의 식(4)를 이용하여 예측하여 보면 <그림 3>과 <그림 4>와 같다.



<그림 3> 85-85 시험과 110 HAST 시험 조건 하에서 내부 부피 (V)에 따른 침투된 수분량 (Q)



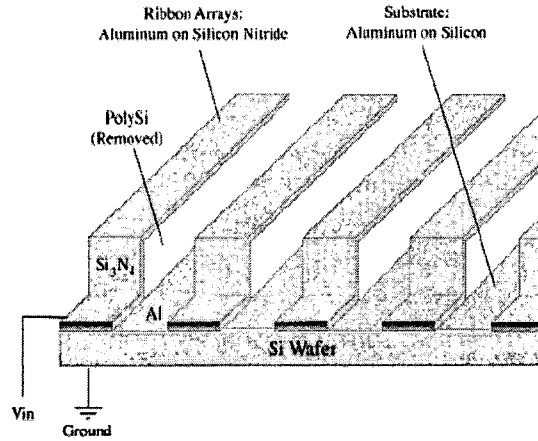
<그림 4> 85-85 시험과 110 HAST 시험 조건 하에서 침투율 (L)에 따른 침투된 수분량 (Q)

위의 그래프에 나타난 바와 같이 MEMS 패키지 내부로 침투하는 수분의 양, 즉 수분에 의한 스트레스는 V , L , P 에 대하여 모두 달라지며, 동일한 스트레스, Q 를 인가하기 위한 시험조건 및 시간은 정확히 결정되어야 한다. 이러한 시료의 조건 및 시험조건에 따른 가속인자를 Q -모형을 통하여 정확하고 빠르게 계산할 수 있으며 이는 추가적인 인자의 실험적 결정 없이 바로 적용할 수 있는 장점을 가진다.

이와 같은 Q -모형의 적합성을 확인하기 위하여 Q -모형에 의해 이론적으로 계산된 수분 침투량과 실측된 수분침투량을 비교하는 실험을 실시하였다. 이를 위하여 제작된 MEMS 미소배열거울 소자는 전기 회로 패턴이 형성된 유리 기판에 회로간 연결공정에 의해 전기 연결되어 있고, 기밀처리를 위하여 공정이 용이하고 저온공정이 가능한 폴리머 실링체를 이용하여 금속 캡으로 밀봉 처리 하였다.

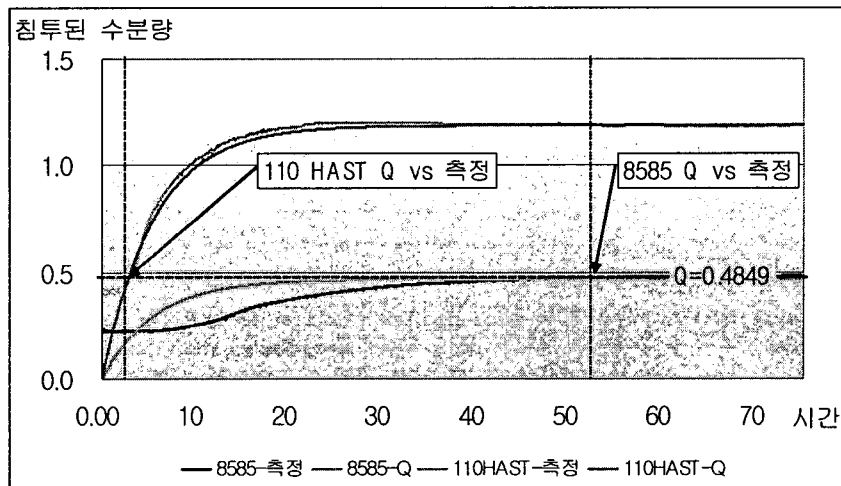
미소배열거울 소자는 미세 크기의 광학적 반사체로 전기제어에 의해 미소구동을 일으켜 광을 변조시키는 소자로 광통신, 디스플레이, 광저장 장치 등에 응용되고 있다[4]. 미소배열거울

소자의 예로 광통신 부품으로 사용되는 광감쇄기를 <그림 5>에 나타내었다.



<그림 5> 미소배열거울(Micro Mirror Array)소자 [6]

실험에서는 수분의 침투량을 측정하기 위하여 소자 대신 소형 습도센서를 회로 연결하여 계측기로 측정하였다. 실험에 사용된 MEMS 미소배열거울 소자의 시험조건은 부피 $V=0.1cc$ 이고, 침투율 $L=5 \times 10^{-6} \text{ atm-cc/sec [H}_2\text{O]}$ 이며, 실험실 조건(25℃, 50%RH)에서 기밀 처리 되었다. 이렇게 제작된 소자의 Q-모형에 의한 수분 침투 현상을 비교해 보기위해 85-85 고온고습 조건과 110 HAST 조건에서 Q-모형에 의한 이론적 계산값과 센서에 의한 측정값을 비교하였고, 그 결과는 <그림 6> 의 그래프와 같다.



<그림 6> 침투된 수분량에 대한 계산값과 측정값의 비교

<그림 6> 의 그래프를 보면 85-85 고온고습의 경우와 110 HAST의 경우 모두 Q-모형

에 의한 이론적 계산값과 센서에 의한 측정값이 거의 일치함을 보이고 있다. 단, 본 실험에서 소자의 기밀처리가 전적으로 동일하다고 할 수 없으며 습도센서의 정밀도를 고려해 볼 때 초기의 오차는 무시할 수 있다고 판단된다.

4.2 MEMS 패키지의 수분점착수명시험

앞에서 설명된 바와 같이 Q 모형을 활용하여 MEMS 패키지 내부로 침투되는 수분의 양을 정확하게 예측할 수 있다. 본 연구에서 고려된 미소배열거울의 경우 점착이 발생하면 소자 기판과 미소배열거울의 고착으로 변위가 발생하지 않게 된다. 이를 확인하기 위하여 종래에는 85-85 고온고습시험을 1000 시간 실시하여 왔다. 그런데 Q 모형을 적용하여 보면 85-85 고온고습시험의 경우 침투되는 수분의 양은 0.4849 (atm)의 수준에서 평형을 이루게 된다. (<그림 3>, <그림 4>) 그런데 내부와 외부의 습도가 평형이 되면 패키지 내부에 더 이상 수분이 침투할 수 없으므로 시험시간은 내부와 외부의 습도가 평형이 되는 시간까지가 적절하다고 판단할 수 있다. 여기서 MEMS 패키지 내부와 외부의 습도가 평형이 되는 시간은 식(5)를 이용하여 구할 수 있는데, 85-85 고온고습시험의 경우에는 470시간으로 예측된다. 따라서 85-85 고온고습시험의 경우에는 470 시간동안 시험을 실시하면 점착발생여부를 확인할 수 있어, 기존 1000 시간 시험 대비 시험시간을 절반이상 줄일 수 있음을 알 수 있다.

한편 85-85 시험을 대체하기 위하여 HAST 시험을 실시하는 경우의 시험시간은 85-85 시험의 평형상태 수분의 양은 $Q=0.4849$ 에 도달하는 시간으로 결정할 수 있다. 다음 <표 3> 은 이러한 HAST 시험시간을 나타낸 것이다.

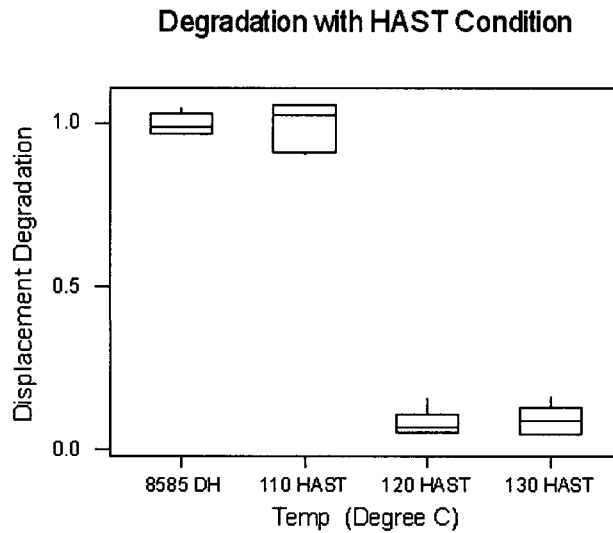
<표 3> 수분점착수명시험 조건

가속 시험명	Damp Heat	110 HAST	120 HAST	130 HAST
시험조건	85℃, 85%RH	110℃, 85%RH	120℃, 85%RH	130℃, 85%RH
챔버 수증기압 [atm]	0.4849	1.2019	1.6652	2.2661
시험시간	470	28	19	13
가속계수	1	17	25	36

<표 3>에 의하면 85-85 시험을 대체하여 110 HAST 를 실시하면 28시간만에 시험을 완료할 수 있어, 가속계수 17 의 시험을 실시할 수 있으며, 120 HAST 의 경우에는 25, 130 HAST 의 경우에는 36 의 가속계수가 성립함을 알 수 있다.

위의 시험들을 미소배열거울을 대상으로 실제로 실시한 결과 각 조건에서 점착은 발생하지 않았다. 이는 대상 시료인 미소배열거울의 기밀특성이 요구된 조건에 적합함을 나타내는 것이라 할 수 있다.

그러나 점착이 발생하지 않았다고 하여도 미소배열거울과 같은 MEMS 디바이스의 경우 장시간동안 구동특성의 저하가 없어야 한다. 만일 구동특성이 달라진다고 하면 이는 점착이외의 다른 고장 모드나 메커니즘, 예를 들어 피로수명의 확인을 어렵게 할 수 있게 된다. 이를 확인하기 위하여 위의 각 시험들에 대하여 시험 후 미소배열거울소자의 변위를 측정하여 <그림 7>에 나타내었다.



<그림 7> 점착 수명 시험 결과 변위 감소

<그림 7>을 보면 85-85 고온고습과 110 HAST 조건에서는 변위의 감소가 없었으며, 120 HAST 와 130 HAST 조건에서는 변위가 감소하였다. 이는 120 HAST 나 130 HAST 의 경우에는 챔버 내부, 즉 패키지 외부의 습도와 압력의 영향으로 박막의 스트레스를 변화시켜, 구동 가능한 임계 변위 변화치를 넘는 변형이 발생한 것으로 판단된다. 따라서 대상 제품인 미소배열소자의 경우 수명을 확인하기 위하여 고온고습시험을 실시하는 경우에는 120 HAST 나 130 HAST 는 적합하지 않은 것으로 판단되며, 85-85 시험이나 110 HAST 를 실시하는 것이 좋다. 그러나 시험을 가속하여 단시간내에 시험을 완료하기 위해서는 110 HAST 가 추천될 수 있다고 본다.

5. 결 론

MEMS 소자의 신뢰성 확보를 위한 신뢰성 평가는 개발단계에서 매우 중요한 과정이고, 동시에 개발기간을 최소화하기 위해서는 가속 시험의 정립이 절실히 요구되고 있다. 특히, MEM 패키지의 주요 고장인 점착 현상은 일차적으로 패키지의 기밀성이 파괴되어 패키지 외부의 수분이 내부 공간으로 침투하여 발생하는 고장이다. 이러한 기밀성 파괴와 수분 침투는 온도와 습도 그리고 압력의 환경적 요소에 의해 발생되므로, 점착의 수명과 신뢰성을 평가하기 위해서는 온도와 습도 그리고 압력의 환경적 요소를 모두 고려한 시험방법과 신뢰성 평가 모형이 필요하다.

본 논문에서는 점착 고장 관련 환경요인들을 동시에 고려 할 수 있는 시험방법으로 85-85 시험과 HAST 시험을 제시하고, 이들 시험의 시간을 결정하기 위하여 수분침투를 예측하기 위한 Q -모형을 활용하였다. Q -모형으로부터 시험조건에 따른 수분의 침투량과 시험시간을 산출하였고, 이로부터 가속계수를 산출 할 수 있었다. 제시된 Q -모형을 미소배열거울소자에 적용하여 예측치와 실측치를 비교한 결과, Q -모형이 패키지 내부로 침투되는 수분의 양을 정확하게 예측할 수 있음을 알 수 있었다.

또한 본 논문에서는 미소배열거울 소자의 수분에 의한 점착 수명 검증을 위하여 4가지 고온 고습 가속 조건에 의하여 시험하였다. 시험시간은 Q -모형에 의해 결정하여, 각 시험이 동일한 결과를 보이고 있음을 확인하였다. 그러나 미소배열거울의 구동부위의 변위를 고려하면 110 HAST 가 가장 적합한 시험임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 고병천 (2004), MEMS 신뢰성문제현황 및 해결방안, 부산대학교 초소형 기계 및 부품 기술혁신 센터 Newsletter, Vol. 2, 3~4.
- [2] Brown, S. B., Arsdell, W. V., Muhlstein, C. L.(1997), "Materials reliability in MEMS Devices", Transducers (International Conference on Solid-State Sensors and Actuators), 591~593.
- [3] Brown, S. B., Jansen, E.(1996), "Reliability and Long Term Stability of MEMS", IEEE/LEOS 1996 Summer Topic Meetings, 9~10.
- [4] Bouchaud, J., Bahle, C., Wicht, H.(2005), "Micro-mirrors : overview and application roadmap", MOEMS and Miniaturized Systems V, proceedings of SPIE, Vol. 5719, 1~5.
- [5] Greenhouse, H.(2000), Hermeticity of Electronic Packages, Noyes Publications, 83~151.

- [6] <http://lightconnect.com>.
- [7] Jacobs, S. J., Miller, S. A., Malone, J. J., McDonald, W. C., Lopes, V. C., Mael, L. K.(2002), "Hermeticity and Stiction in MEMS Packaging" , IEEE 40th Annual International Reliability Physics Symposium, 136~139.
- [8] Muller-Fieldler, R., Wagner, U., Bernhard, W.(2002), "Reliability of MEMS - a methodical approach" , Microelectronics Reliability 42, 1771~1776.
- [9] Patton, S. T., Cowan, W. D., Zabinski, J. S.(1999), "Performance and Reliability of a New MEMS Electrostatic Lateral Output Motor", IEEE 99CH36296. 37m Annual International Reliability, Physics Symposium, 179~188.
- [10] Spengen, W. M. V.(2003), "MEMS reliability from a failure mechanisms perspective" , Microelectronics Reliability, 43, 1049~1060.
- [11] Tanner, D. M. (2000), "Reliability of Surface Micromachined Micro Electro Mechanical Actuators," Proc. 22nd International Conference on Microelectronics. Vol. 1. 97~104.