특 집 : 차세대 디스플레이 모듈 및 3차원 실장을 위한 마이크로 전자 패키징기술

전기적 및 전기화학적 특성 측정을 이용한 전자제품 신뢰성평가

홍원식 · 오철민 · 박노창 · 송병석 · 정승부

Reliability Assessment for Electronic Assemblies with Electrical and Electrochemical Properties Measurement

Won-Sik Hong, Chul-Min Oh, Noh-Chang Park, Byung-Suk Song and Seung-Boo Jung

1. 서 론

최근의 전자 제품 및 부품은 고신뢰성을 요구하고 있으며, 신뢰성에 대한 결과 또한 정략적 평가 결과를 요구하고 있다. 정량적 신뢰성 데이터를 얻기 위해서는 신뢰성평가가 이루어지는 동안 어떤 형태이든 평가하고자 하는 측정값의 실시간(in-situ) 모니터링 결과를 얻어야 한다. 전자제품의 수명평가는 시험대상의 주요 고장원인을 유발하는 인자를 선별한 후 그 인자를 스트레스(stress)로 인가하면서 신뢰성평가를 하게 된다. 이때 인가되는 대표적인 스트레스 인자로써 온도, 습도, 하중, 전기화학 반응 그리고 전압 또는 전류를 언급할 수 있다. 이때 인가된 스트레스 환경조건 하에서 제품이나 부품의 특성 및 성능 변화를 관찰하기 위해서 가장 일반적으로 사용되는 것이 전기적 특성 변화를 관찰하는 것이다. 이때 측정되는 전기적 특성변화 값으로 저항(resistance) 또는 절연저항(insulation resistance)이 있다. 일반적으로 전기적 특성 측정방법은 시험 중간에 전기적 특성을 중간 측정하여 그 값을 사용하게 된다. 그러나 이것은 실험에 적용되는 스트레스가 인가된 환경조건이 아님으로 실제 실험조건에서의 측정값과 다를 수 있다. 전자제품 신뢰성평가에 대한 대부분의 연구에서 이러한 중간측정을 사용하고 있으며 실시간 모니터링 방법에 대해 많은 적용이 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 마이크로 패키지 부품의 접합수명 수명평가와 인쇄회로기판(printed circuit board, PCB)과 같은 전자부품의 신뢰성평가를 위해 기계적 접합특성 및 전기화학적 특성 평가에 전기적 특성 측정을 적용하는 방법과 그 결과를 사용한 수명평가에 대해 기술하고자 한다.

2. 전기적 특성측정을 이용한 수명평가

2.1 Daisy chain을 이용한 수명시험

전자제품의 가장 기본이 되는 것이 PCB일 것이다. 인쇄회로를 형성하고 조립하기 위해 기본적으로 사용되는 부품으로써, 실제 제품에서도 많은 신뢰성평가가 이루어지고 있다. PCB 신뢰성평가를 위해서는 열충격시험(thermal shock test), 열싸이클시험(thermal cycling test), 고온고습시험(high temperature and high humidity test), 증기가압시험(pressure cooker test, PCT) 등이 주로 사용된다. 이것은 PCB의 주요 고장원인으로 도금된 관통 홀(plated though hole, PTH) 내부 도금 층의 균열(crack), 층간 들뜸(delamination, blistering) 등을 관찰하기 위한 시험이다. 이러한 고장원인을 실시간으로 관찰하기 위해서는 기판의 측정대상이 전기적으로 모두 연결되어 있는 daisy chain 기판을 사용하여야 한다. 또한 솔더 접합부에 대한 수명을 평가하기 위한 시험방법으로 적용되는 것이 daisy chain을 이용한 시험이다. 이러한 시험은 주로 환경시험을 진행하는 동안 솔더 접합부에 대해 실시간으로 저항을 측정하는 방법으로 Fig. 1과 같이 한 개의 시료에 대해 전기적으로 회로를 연결한 것으로써 접합부 균열 발생시 저항의 변화를 측정하는 방법이다. 접합부에 대한 저항의 변화를 관찰하기 위해서는 부품에 대한 변화는 없어야 하며, QFP(quad flat package), BGA (ball grid array), CSP(chip scale package), 플립칩(flip chip) 부품인 경우 내부의 칩을 저항만 연결할 수 있는 더미 칩(dummy chip)을 이용하여 별도의 부품을 제작하여야 한다. 이것은 저항의 변화를 부품의 결함이 아닌 접합부 결함을 관찰하기 위해 필요한 것이다. Daisy chain을 이용한 솔더 접합부의 수명을 평가하기 위해서는 우선적으로 정의되어야 할 부분이 있다.

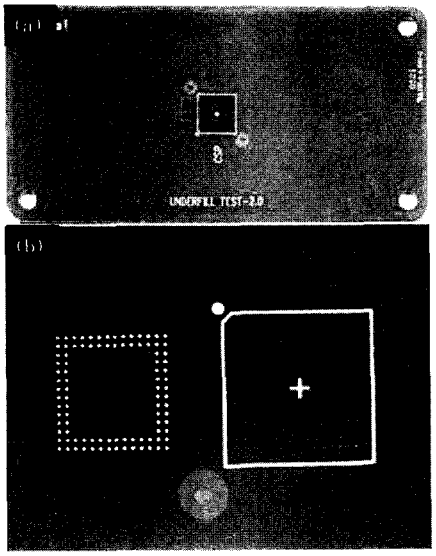

Fig. 1 Photographs of test specimen (a) PCB and (b) package component on the PCB

가장 중요한 것은 실시간 측정되는 저항의 변화량에 대한 균열 발생 판단기준이다. 가속시험을 위해 실시간 측정을 적용하는 경우 가속시험 조건, 가속계수, 가속시험을 통한 결과를 실사용 조건으로 외삽(extrapolation)하는 방법 그리고 세부적으로 시험 부품의 형태, 기판의 설계 및 제작 등 여러 시험적 오차를 최소화할 수 있도록 면밀히 검토되어야 한다. Die/package 부품의 daisy chain 시험의 경우 사용되는 부품은 die attach, 언더필(underfill), bond/filp chip 등 다양한 형태의 변수를 포함하고 있어 어떤 부분에 대한 실시간 측정값을 얻을지 정의되어야 한다. Plastic BGA/CSP의 경우 칩 밑 솔더 볼에서 고장(fail)가 주로 발생하며, 세라믹 부품의 경우 모서리 부분에서도 관찰된다. 이것은 부품의 기하학적 실장형태, 사용재료에 따른 열팽창계수 차이(CTE mismatch) 등에 의한 영향으로 적용된 상태에 따라 여러 형태의 고장이 나타난다. 본 절에서는 연구에 적용된 고장의 정의 및 가속수명시험에 요구되는 시험조건 및 설정방법 등에 대해 조사하였다.

2.2 고장의 정의

고장이란 시스템의 요구기능을 정상적으로 수행하지 못하는 것으로 정의되며, 솔더 접합부에 대한 예로 설명하면 다음과 같다. 솔더 접합부와 관련하여 주기적인 열적 수축, 팽창의 불일치는 전단피로 손상(shear fatigue damage)을 축적함으로써 접합부 파괴를 유발한다. 이러한 피로손상은 인장응력(진동 또는 기계적 충격), 크립(creep), 응력이완(stress relaxation), 부식(corrosion), 산화(oxidation) 등에 의해 더욱 증가하게 된다. 솔더 접합부 파괴는 접합부의 단면을 통과하여 파괴가 발생한 상태를 의미하며, 이때 접합부는 다른 어떤 부분과도 접촉되지 않은 상태로써 정의한다. 솔더 접합부는 파괴되지 않은 주위 솔더에 의해 파괴가 발생한 부분에 대해 압축응력이 인가된다. 솔더 접합부에서의 고장을 전기적 관점에서 보면, 열적 기계적 변화가 발생되는 동안 또는 약 1 μsec 정도의 짧은 시간동안 전기적으로 300 Ω 이상의 높은 저항변화가 솔더 접합부에 발생하게 되면, 이것을 솔더 접합부의 파괴로 판단할 수 있다[1]. 또한 접합부의 고장을 확인하기 위해서는 시료의 총 수 중 많은 수가 저항의 변화를 보여야 하며, 초기 고장이 싸이클 수의 10% 내에서 9개 또는 그 이상의 파괴를 일으키면 솔더 접합부의 고장으로 확신할 수 있다. 그러나 고장의 정의를 반드시 300 Ω 이상으로 규정하기는 어렵다. 시험하고자 하는 부품의 특성에 따라 1000 Ω 이상의 저항변화가 관찰되는 경우 고장으로 판단하는 경우도 있기 때문이다. 시험 중 열적 변화가 일어나면, 솔더 접합부는 전단응력을 받게 되고, 솔더 접합부는 매우 짧은 시간 내에 전단파괴가 발생한다. 일반적인 daisy chain 시험의 고장에 대한 정의는 약 1 μsec 이상의 시간동안 300~1000 Ω 이상의 저항변화(전기적 연속성)가 발생한 것으로 정의되며, 연속적 저항측정을 위해 시료의 정격저항이 최대 10~20 % 증가되는 것을 고장의 정의로 사용한다.

2.3 시험조건의 모니터링

온도에 대한 시험의 경우 실시간 모니터링에서는 부품의 온도가 측정되어야 하며, 초기 시험용 챔버 내에서 보드의 위치에 따른 온도가 측정되어야 한다. 따라서 챔버 내의 환경에 대한 온도뿐만 아니라 부품의 온도를 연속적으로 측정할 수 있어야 한다. 따라서 다음에 언급되는 전기적 특성으로 저항의 변화에 대한 측정과 함께 실제 기판에서의 온도변화를 함께 측정하여야 한다.

2.4 전기적/기계적 특성 측정

솔더 접합부에 발생되는 균열을 관찰하는 경우 접합부에 대한 전기적 특성으로 저항을 측정하는 방법을 일반적으로 사용한다. 접합부에 대한 저항의 측정방법은 시간에 따라 연속적으로 측정할 수 있어야 한다. Fig. 2는 Daisy chain 기판에 실장된 칩의 솔더 접합부에 대한 수명평가 사례에 대한 사진이다. Fig. 3은 솔더 접합부의 저항변화를 관찰하기 위해 사용되는 장비 사진이다. 소요장비로는 저항측정을 위해 시편에 전압 또

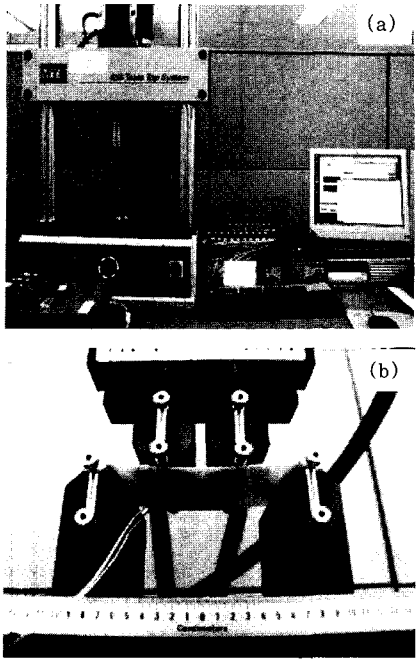

Fig. 2 Fatigue test equipment photographs : (a) overall shape of test system and (b) magnified view of test fixture and specimen

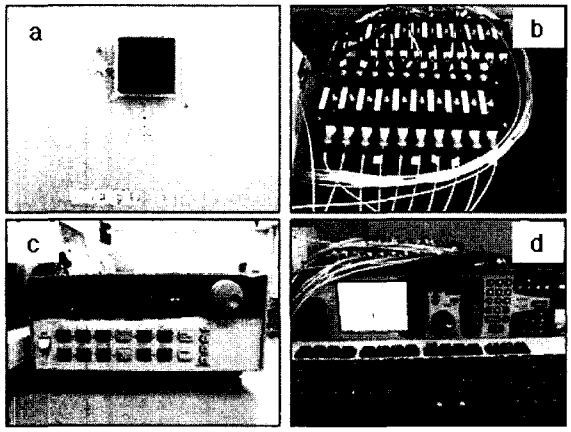

Fig. 3 Daisy chain measurement systems : (a) CSP test coupon, (b) event detector with in-situ method, (c) DC source meter and (d) test program controller

는 전류를 인가할 수 있는 장비가 필요하며, 이때 변화된 측정값을 읽을 수 있도록 하는 검출장비(event detector)와 주기적인 시간을 정하고 측정할 수 있도록 하는 프로그램과 장비가 요구된다. 측정하고자 하는 부위의 저항을 연속적으로 관찰하기 위해서는 솔더 접합부에 대한 저항 값을 읽을 수 있는 장비와 기술이 필요하다. 솔더 접합부의 파괴는 짧은 시간에 발생, 진전됨에 따라 나타나는 단선(open) 현상 또는 높은 저항의 변화로 나타난다. 이러한 실시간 저항측정의 경우 가장 중요한 고려사항으로는 시험장비에서 발생할 수 있는 오류를 포함할 수 있다는 것이다. 시험적 오류로는 전선

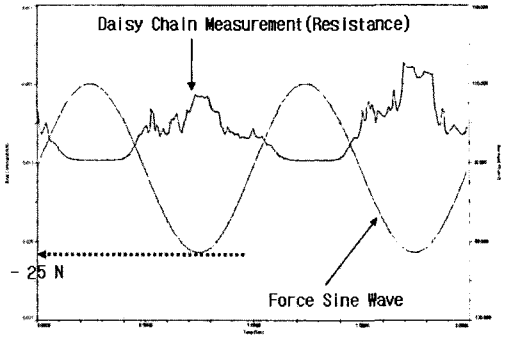

Fig. 4 In-situ measurement results of resistance and bending fatigue force applied on the CSP package solder joints during the 4-point bending fatigue test

또는 케이블의 노이즈, 커넥터의 접촉 불량, 시험장비 등에 의해 나타날 수 있다. 정확한 저항의 관찰을 위해서는 1분이내의 측정주기를 두고 저항을 측정하는 것이 추천되고 있다. 또한 전기화학적 금속 이온 마이그레이션 민감도 평가에서도 이온 마이그레이션 발생시간을 실시간으로 측정하기 위해 동일한 개념의 시험방법이 적용되고 있다. Fig. 4는 4점 굽힘 피로시험을 진행하는 경우 실시간 저항과 하중을 측정한 사례의 사진이다. 주기적인 굽힘 피로하중을 시편에 인가하며, 굽힘 하중이 최대가 될 때 CSP 패키지 솔더 접합부의 저항변화가 최대로 발생되는 것을 알 수 있다. 이러한 저항측정을 통해 정의된 고장의 기준에 도달하는 싸이클 수와 이때의 변화된 저항 값을 측정함으로써 접합부 수명을 평가할 수 있다.

3. 열적 스트레스를 이용한 수명평가

3.1 열싸이클 시험

열싸이클시험(thermal cycling test, TC) 온도 조건은 제품사용 환경과 목표수명 및 사용재료 등을 고려하여 결정하여야 한다. 특정 제품을 위한 시험조건은 제품의 사용 환경조건을 고려하여야 하며, 일반적으로 권고되는 조건은 TC 0~100 ℃의 조건으로 6,000 cycles 동안 진행하는 것이 추천되고 있다. Fig. 5는 일반적 열싸이클시험의 온도 프로파일 조건이다. 그러나 시험온도 조건은 사용한 PCB의 T_g 온도뿐만 아니라 제품의 용도에 따른 사용 환경온도와 시험온도에 대해서도 고려되어야 한다. JEDEC 22[2)]에서는 제품별 분류기준에 따라 사용 환경을 분류하여 사용하며, 시험조건으로 구별하고 이에 따라 시험시간을 결정하도록 하고 있다. 분류된 조건 중 TC1, TC3, TC4는 JEDEC 22 Method A 104, Rev.2의 분류에 따라 기기가 J, G, B와 동일한 조건이다[2)].

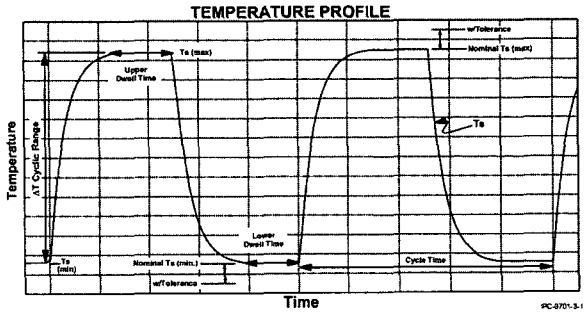

Fig. 5 Representative temperature profile for thermal cycle test[11]

3.2 열싸이클 시험 시간

시험기간의 설정은 제품의 사용 환경에 따라 주어진 시간을 적용하는 것이 필요하다. 열싸이클시험 기간은 앞서 언급한 것과 같이 주어진 사용 환경 조건에 따라 추천되는 시간을 설정할 수 있다. TC1 조건인 경우 약 6,000 cycles 시험이 선호되고 있다. 또한 고장분포를 확인하기 위해서는 최소 시험 샘플의 63% 고장발생까지 시험을 진행하는 것이 권고되고 있다. 이러한 이유는 와이블 분포(Weibull distribution)을 이용한 수명분포를 나타낼 때 수명예측에 대한 정확한 해석을 위해 필요한 누적고장률(cumulative failure rate, %) 이기 때문이다. 또한 각각의 시험온도에서 유지시간이나 변화시간이 짧은 경우 접합부의 크립은 불완전하게 발생할 수 있으므로 충분한 유지시간과 변화시간을 적용하여야 한다. 결국 시험시간은 6,000 cycles 이상을, 온도변화 시간은 10~20 ℃/min을 적용하는 것이 솔더 접합부에 충분한 크립 변형을 발생할 수 있는 시험조건이라 할 수 있다.

3.3 가속계수

일반적으로 가속계수(acceleration factor, AF)를 산출하기 위한 솔더 접합부의 신뢰성 모델링은 실험적 근거를 바탕으로 복잡한 것을 단순화 하여 사용되고 있다. AF는 크게 2종류로 나누어 사용할 수 있다. 주어진 환경에서 제품 수명까지 시험을 하여 얻어지는 솔더 접합부의 주기적 피로 수명(cyclic fatigue life)과 관계된 AF(cycles)와 주어진 환경에서 제품 수명까지 시험을 하여 얻어진 솔더 접합부의 파괴 발생시점까지의 시간과 관련 있는 AF(MTTF)가 있으며, AF(cycles)은 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$AF(cycles) = \frac{N_f(product)}{N_f(test)} \quad (1)$$

이때 N_f(product)은 제품의 주어진 사용기간 중 50% 고장이 발생하는 평균 피로 수명(the mean fatigue life)이며, N_f(test)는 제품이 장비에서 시험되는 시간 동안 50% 고장이 발생하는 평균 피로 수명을 나타낸다. AF(MTT)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$AF(MTTF) = AF(cycles) \times \frac{f(test)}{f(product)} \quad (2)$$

여기에서 f(test)는 시험 싸이클 주파수(test cycle frequency)이며, f(product)은 제품의 사용 환경에서의 주기적 주파수(cyclic frequency)를 나타낸다. 이것은 4가지 시험조건에 대한 최소, 최대 온도와 Engelmaier-Wild 모델의 피로연성지수(fatigue ductility exponent) m 값에 대해 시험조건과 실사용 조건에 대해 나타낸 것이다. 이러한 AF를 사용할 경우 고려해야 할 것은 시험 중 부품과 기판의 온도, 그리고 실사용 조건에서의 부품과 기판의 온도의 편차가 존재하며, 이러한 차이에 대한 부분이 고려되어야 한다.

4. 전기화학적 반응을 이용한 금속 이온 마이그레이션

전기화학적 이온 마이그레이션(ECM)은 PCB에 직류전압이 인가된 상태에서 회로 패턴 상에 전도성 금속 수지상 형태의 필라멘트가 성장하는 것을 말한다. 이온 마이그레이션 현상은 PCB의 외부표면, 내부 층간 계면 또는 페이퍼 페놀 적층판(paper phenolic laminate)의 복합재료 등에서 관찰되며, 수지상의 성장은 양극에서 용해된 금속이온을 포함한 용액으로부터 전기화학적 전기분해(electro-deposition)에 의해 성장 한다[6]. 본 절에서는 이온 마이그레이션 민감도 평가를 위해 필요한 기본적 이론인 전기화학반응에 대한 평가방법 및 특성평가를 알아보며, 이를 활용하여 실제 이온 마이그레이션에 대한 정량적 평가방법에 대해 조사하였다.

4.1 분극실험을 이용한 재료의 전기화학적 반응특성

전자제품에 사용되는 재료의 부식속도의 측정은 혼합전위이론(mixed potential theory)[3]을 바탕으로 실험적으로 구할 수 있다. 이것은 금속의 산화반응과 수소의 환원반응에 의해 양극 및 음극의 반전지(half-cell) 반응이 측정되는 계(system) 내에서 동시에 반응이 이루어진다는 가정 하에 분극곡선을 측정하게 된다. Fig. 6은 재료의 분극실험을 위한 장비의 설정사진이다. 실험적으로 구한 분극곡선으로부터 금속의 부식

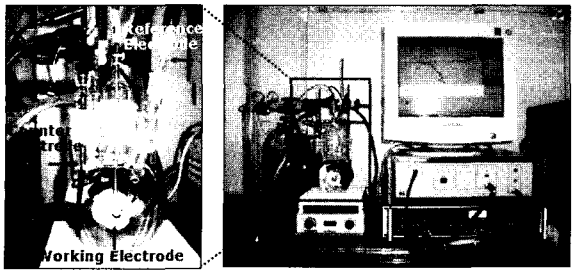

Fig. 6 Photographs of polarization test system[4]

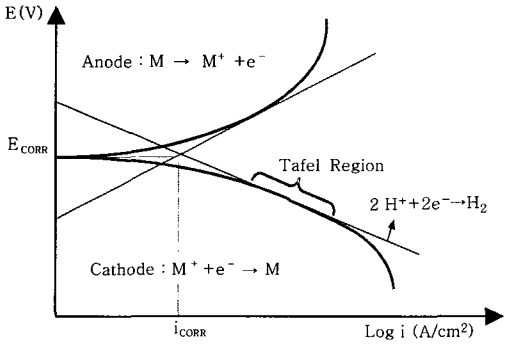

Fig. 7 Schematic diagram of Tafel extrapolation method for measuring the corrosion rate[4]

속도를 측정하는 방법으로 가장 많이 사용되는 것은 타펠 외삽법(Tafel extrapolation) 이다. 이 방법은 Fig. 7에서와 같이 실험으로 얻은 양극 및 음극 분극곡선에 접선을 그어 두 접선의 교점으로부터 가역적 평형전위(reversible electrode potential)와 교환전류밀도를 구할 수 있으며, 이것으로부터 부식 전류밀도(current density, I_{CORR})와 부식전위(corrosion Potential, E_{CORR})를 구할 수 있다. 일반적으로 양극반응은 금속의 양극분해(anodic dissolution)가 일어나지만 비가역적 반응으로 인해 측정하는 용액의 오염이나 금속 표면에 산화물 또는 수산화물 층(oxide or hydroxide film)의 형성을 유발할 수 있으므로 부식속도 측정에 음극분극을 이용하는 것이 보다 정확하며 용이한 방법이라 할 수 있다[3]. 실험을 통해 구한 분극곡선으로부터 타펠 영역에서 접선을 구하고 이로부터 부식전위(E_{CORR})와 부식전류(I_{CORR})를 비교하면 재료의 전기화학적 반응속도를 비교할 수 있다.

4.2 유무연 솔더의 부식속도 비교[4,5]

앞서 기술한 전기화학적 반응특성을 이용하여 실제 Sn-40Pb와 Sn-3.0Ag-0.5Cu(SAC) 솔더의 분극실험으로부터 양극 및 음극 분극곡선을 구할 수 있다. 분극곡선의 접선으로부터 구한 양극, 음극 곡선의 접선에서 타펠상수와 E_{CORR}, I_{CORR}을 근거로 부식속도(corrosion rate)를 구할 수 있다. 부식속도를 나타내는 단위로는 여러 가지가 있지만 일정 사용기간 동안 부식된 길이를 나타내는 mpy(mils/year)를 사용하는 경우가 많다. 유무연 솔더의 부식특성을 비교한 결과 사례를 보면 Fig. 8과 같다[4]. 증류수 용액인 경우 유무연 솔더는 시효온도에 무관하게 부식속도는 0.175 ~ 0.227 mpy로 유사하게 나타났으며, 이중 150℃ 이상의 온도에서 SAC가 약간 부식속도가 빠른 것으로 보이나 그 차이는 미비한 것을 알 수 있다. 이것은 부식성 환경이 아닌 증류수인 경우 Sn3Ag0.5Cu의 평형전위가 높고 전류밀도가 높은 재료적 특성 때문에 기인한 것으로 보인다. 그러나 3.5 wt% NaCl 용액에서 부식속도를 비교한 결과 시효처리 전 시편은 유무연 솔더 모두 2.9 ~ 3.1 mpy 정도로 유사하였고, 150℃ 시효처리된 경우 SAC가 9.22 mpy, SnPb가 5.119 mpy로 유연솔더가 부식속도가 낮은 것을 알 수 있다. 그러나 시편의 융점근처에서 시효처리된 경우 SAC가 4.898 mpy, SnPb가 14.370 mpy로 무연솔더의 부식 저항성이 3배 정도 현저히 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이처

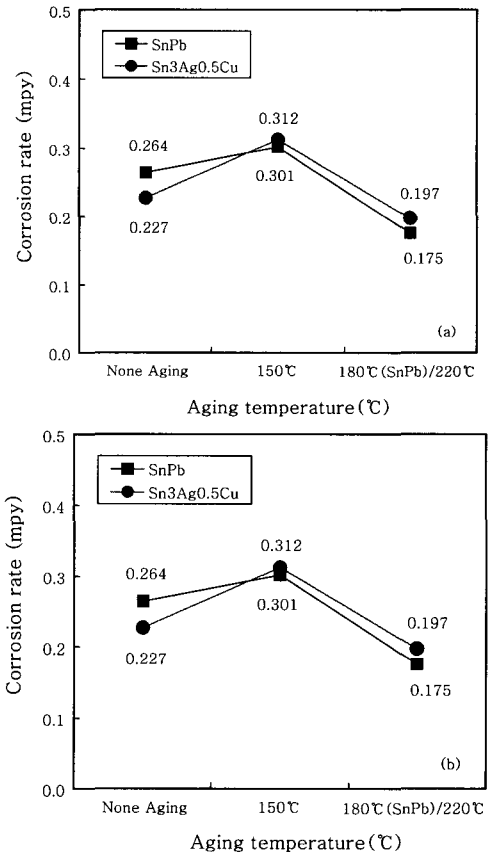

Fig. 8 Comparisons of corrosion rate between Sn-40Pb and Sn-3.0Ag-0.5Cu as follows aging temperature and electrolytes, pH 7.5, 40℃ vs. SCE : (a) Distilled ionized water and (b) 1 mole 3.5 wt% NaCl electrolyte[4]

럼 전자재품에 사용되는 재료의 전기화학적 분극특성을 비교함으로써 그 재료가 사용된 부품이나 제품에서의 환경적 영향에 대한 수명을 비교해 볼 수 있다.

4.3 THB 시험을 이용한 전기화학적 이온 마이그레이션 평가[7-9]

고온고습시험의 방법으로 실시간 절연저항을 측정하지 않은 경우, 전기화학적 이온 마이그레이션의 발생시간을 정확히 평가하기 어려우며, 물방울시험(water drop test) 방법은 표면처리 재료에 대한 일반적인 평가는 될 수 있어도 이 방법 또한 실시간 도체간의 저항측정을 측정하지 않아 정량적 평가가 되기는 어렵다. 따라서 도체 간의 절연저항을 실시간으로 관찰할 수 있는 시험방법인 온도-습도-전압 인가시험(temperature-humidity-bias test, THB) 방법이 제안되었다. 이 시험방법은 PCB 위에 형성된 도체 간에 전압을 인가하며 고온고습시험을 진행하게 된다. 동시에 도체 간의 절연저항(insulation resistance)을 실시간으로 측정함으로써, 도체 간에 발생되는 이온 마이그레이션에 의해 절연저항이 감소되는 시간을 실시간으로 측정하게 된다. 이러한 방법은 PCB의 표면처리 방법에 따른 이온 마이그레이션 민감도 차이에 대한 정량적 비교평가가 이루어 질 수 있으며, 다층 기판에 대한 실험인 경우에도 육안으로 관찰되지 않는 부분에 대해서도 평가가 가능함으로 매우 실용적인 방법이라 할 수 있다. THB 시험은 Table 1에서 나타낸 것과 같이 일반적으로 IPC-TM-650 2.6.13과 2.6.14 및 JIS-Z-3193, 3284에서 제시한 시험방법에 따라 시험한다. Fig. 9는 THB 시험을 위한 시험장치의 구성을 나타낸 사진이며, Fig. 10의 (a)는 실시간 절연저항 측정을 통해 ECM이 발생된 시간을 측정한 결과이며, (b)는 물발울시험을 통해 육안으로 관찰된 수지상정(dendrite)의 발생사진이다. 항온항습 시험기에 콤 패턴(comb pattern)의 시험용 쿠폰을 넣은 후 전압을 인가하며 외부의 측정 장비로부터 절연저항을 실시간 측정할 수 있도록 케이블로 연결한다. 이때 주의할 것은 케이블 자체의 저항에 의한 값이 측정값으로 포함되지 않게 해야 하며, 사용되는 케이블에 대한 저항에 대해 측정 장비는 보정되어 있어야 한다. THB 시험을 진행하는 동안 도체 간 절연저항의 권고기준은 통상 1회/40ms 또는 1회/1min 간격으로 실시간 측정하는 것이 좋다. 실험이 진행되는 1000 시간 동안 40ms 마다 1회의 절연저항을 측정할 경우 데이터의 양이 매우 많아지는 단점이 있어, 최근 개발된 시험장비는 통상 1분에 1회

Table 1 Test method and conditions for THB test

Test Method	IPC-TM-650 2.6.13, 2.6.14 JIS-Z-3284 Appendix 14 JIS-Z-3197 8.5.4
Test Conditions	60℃, 90%RH / 6.5 Volts Applied
Insulation Resistance Measurement Period	every 40 ms (every 1 min, normally)
Failure Criteria	$< 10^6$ Ω
Test Time	at least 1000 hours

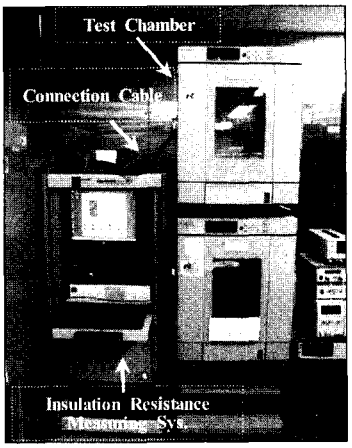

Fig. 9 Photographs of test equipment for temperature-humidity-bias test

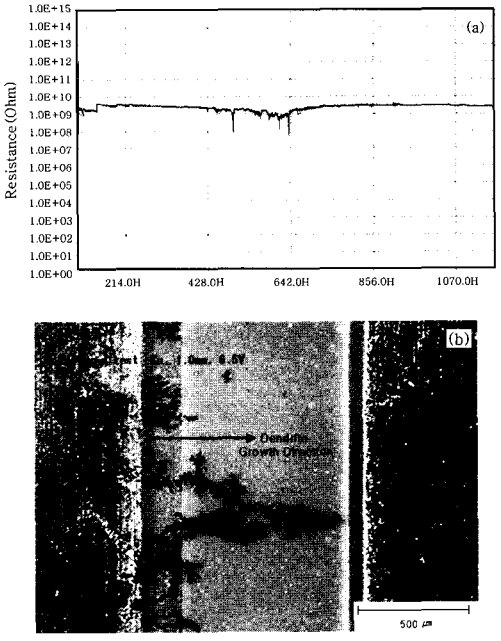

Fig. 10 Electrochemical metallic ion migration results : (a) in-situ measuring results of insulation resistance-test time under temperature-humidity-bias test and (b) Cu ion migration under water drop test[6]

의 절연저항 변화가 발생하기 시작하면 1회/40ms 간격으로 저항을 측정할 수 있도록 설정할 수 있게 되어 있다. 이때 ECM의 발생기준은 금속 도체 사이의 절연저항이 1×10^6 Ω 이하가 되는 시점으로 정의하는 것이 일반적이다. 그러나 최근의 PCB는 미세 피치화 되어가고 있으며, 도체 간의 거리가 100 ㎛ 정도 된다면 이러한 기준도 보다 높은 절연저항으로 변경되어야 적절한 판정기준이 될 것으로 생각된다.

5. 맺 음 말

본 고에서는 고신뢰성을 요구하는 마이크로 전자 패키지 부품 및 제품에서의 전기적, 전기화학적 방법을 사용한 평가방법에 대해 간략히 소개하였다. 최근의 전자제품 신뢰성평가에는 보다 정략적인 실험 결과를 바탕으로 제품의 수명평가 등이 이루어지고 있다. 현재 제품의 정량적 평가를 위해 사용되는 가장 일반적 방법으로 전기적 특성 측정을 이용한 재료의 파괴시점을 실시간으로 측정하는 기술이다. 전자제품의 고장원인 중 하나인 솔더 접합부 피로균열 전파에 따른 접합수명 평가와 PCB에서 발생되는 전기화학적 금속 이온 마이그레이션에 대한 간략한 기본이론 및 신뢰성평가 적용사례를 소개 하였다. 이러한 시험을 진행하는 경우 시험조건 설정과 고장 판정기준(failure criteria)에 대한 자료는 많지 않다. 따라서 실제 실시간 모니터링을 위해 시험에 적용되는 중요 요소 등을 소개하고 그에 대한 일부 문제점과 해결방안을 제시하였다. 전자제품 신뢰성평가에 있어 실시간 정량적 측정 결과의 활용은 향후 제품 수명평가에 보다 현실적 결과를 제공할 것으로 생각된다.

후 기

본 연구의 일부는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-01)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. W. Engelmaier, and A. I. Attarwala : Surface Mount Attachment Reliability of Clip-Leaded Ceramic Chip Carriers on FR-4 Circuit Boards, IEEE Transaction CHMT, **12-2** (1989), 284-296
2. JEDEC Solid State Technology Association : JESD22-A104 Rev.B, Temperature cycling, JC-14.1 Committee on Reliability Test methods for Packaged Devices JEDEC, Arlington, VA (2000)
3. D. A. Jones : Principles and Prevention of Corrosion, p.74, Macmillan Pub. Company, New York (1992)
4. W. S. Hong and K. B. Kim : Tafel Characteristics by Electrochemical Reaction of SnAgCu Pb-Free Solder, Korean Journal of Materials Research, **15-8** (2005), 536-542 (in Korean)
5. W. S. Hong, W. S. Kim, S. H. Park and K. B. Kim : Polarization Behaviors of SnCu Pb-Free Solder Depending on the P, Ni, Addition, Korean Journal of Materials Research, **15-8** (2005), 528-535 (in Korean)
6. W. S. Hong, S. B. Jung and K. B. Kim : Analysis Method of Metallic Ion Migration, Journal of KWS, **23-2** (2005), 138-146 (in Korean)
7. J. E. Sohn : IPC-TR-476A Electrochemical Migration: Electrically Induced Failure in Printed Wiring Assemblies, Electrical Migration Task Group of IPC, IL (1997)
8. Y. Aoki, H. Tanaka, S. Yamamoto and O. Obata : Evaluation Method for Ion Migration Using Dew Cycle Test(Part 1), Espec Tech. Report, **1** (1996), 16~22
9. Y. Aoki, H. Tanaka, S. Yamamoto and O. Obata : Evaluation Method for Ion Migration Using Dew Cycle Test(Part 2), Espec Tech. Report, **1** (1996), 23-27
10. J. H. Lau, and Y. H. Pao : Solder Joint Reliability of BGA, CSP, Flip Chip and Fine Pitch SMT Assemblies, McGraw-Hill, New York (1997)
11. R. Ghaffarian, and W. Engelmaier et al, The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuit : **IPC 9701** Performance Test Methods and Qualification Requirements for Surface Mount Solder Attachments, the SMT Attachment Reliability Test Methods Task Group(6-10d) of the Product and Reliability Committee (6-10) of IPC, Northbrook IL (2002)

• 홍원식(洪源植)
• 1968년생
• 전자부품연구원 신뢰성평가센터 책임연구원
• 무연 솔더링, 패키지 신뢰성, 접합
• e-mail : wshong@keti.re.kr

• 오철민(吳哲旼)
• 1976년생
• 전자부품연구원 신뢰성평가센터 전임연구원
• 패키지 신뢰성, 고장분석, 무연 솔더링
• e-mail : cmoh@keti.re.kr

• 박노창(朴魯창)
• 1975년생
• 전자부품연구원 신뢰성평가센터 전임연구원
• 전장품 무연 솔더링, 패키지 신뢰성, 고장분석
• e-mail : ncpark@keti.re.kr

• 송병석(宋柄石)
• 1958년생
• 전자부품연구원 신뢰성평가센터 센터장
• 전자 부품 및 제품 신뢰성
• e-mail : songbs@keti.re.kr

• 정승부(鄭承富)
• 1959년생
• 성균관대학교 마이크로 전자 및 반도체 패키징 기술개발 사업단
• 전자 패키징, 패키지 신뢰성, 마찰교반접합
• e-mail : sbjung@skku.ac.kr