

전자패키지 신뢰성 평가기술의 개요

H. Tanaka¹ · 김근수^{2,†}

Introduction of Reliability Test Technology for Electronics Package

Hirokazu Tanaka¹ and Keun-Soo Kim^{2,†}

(2012년 3월 5일 접수: 2012년 3월 6일 수정: 2012년 3월 9일 게재확정)

Abstract: Reliability technology has been expected to grow rapidly for new types of electronic equipments. We have selected several reliability issues in electronic package to be reviewed. This paper will provide a view of the current state of technological progress in reliability of electronic package in Japan, and will discuss future prospects for the technology.

Keywords: reliability test, accelerated test, failure mode, lead-free

1. 서 론

전자패키징 분야의 신뢰성기술은 엔지니어들의 관심이 높은 기술 중에 하나이다. 한정된 개발기간, 샘플 수, 코스트로 현재 개발중인 제품의 장래에 일어날 수 있는 고장을 예측하기 위해서는 신뢰성기술의 활용이 반드시 필요하기 때문이다. 신뢰성기술의 특징은 고장이 일어나지 않으면 가속모델도 적용할 수 없고, 수명측정이나 고장을 구할 수 없기 때문에 스트레스를 가혹하게 적용하고 제품의 열화를 물리적, 화학적으로 가속하여 단시간에 고장을 검출한다는 점이다.

일본에서는 신뢰성기술을 1970년대부터 반도체 디바이스 등의 분야를 중심으로 일반화하여 활용해 왔다. 전자패키징 분야에서는 표면실장기술이 발전함에 따라 전자부품의 배선간격 미세화와 프린트회로기판이 광범위하게 사용되기 시작하면서 열피로에 의한 솔더크랙이나 마이그레이션 등에 의한 단락고장이 두드러지기 시작하여 1980년대 후반부터 신뢰성기술의 개발이 활발하게 진행되었다. 최근에는 환경규제에 따른 무연재료의 사용, 휴대기기나 자동차 등 사용환경의 다양화, 신 재료 및 신 구조의 채용, 저 코스트화 등으로 인해 고장을 일으키는 조건이 증가하고 있다. 한편 전자패키징기술의 신뢰성은 제품전체 신뢰성의 큰 부분을 차지하게 되어 새로운 신뢰성기술의 개발과 활용이 기대되고 있다.

일본기계학회에서는 1991년부터 현재까지 20년 넘게, 전자패키징의 신뢰성과 관련된 연구분과회(RC-113: 전자디바이스/전자기기 설계에 있어서의 계산과학의 적용 연구분과회, RC-128: 전자디바이스/전자기기의 강도신뢰성평가에 관한 연구분과회, RC-144: 전자패키징에 있어

서의 마이크로 접합에 관한 연구분과회, RC-162: 전자패키징에 있어서의 신뢰성평가에 관한 연구분과회, RC-181: 전자패키징에 있어서의 신뢰성설계에 관한 연구분과회, RC-202: 전자디바이스/전자패키징에 있어서의 신뢰성에 관한 연구분과회, RC-214: 전자패키징에 있어서의 신뢰성설계와 열 제어에 관한 연구분과회, RC-227: 차세대 전자패키징에 있어서의 신뢰성설계와 열 제어에 관한 연구분과회, RC-239: 고밀도 전자패키징에 있어서의 신뢰성설계와 열 제어에 관한 연구분과회, RC-248: 전자패키징의 신뢰성과 열 제어에 관한 연구분과회)가 지속적으로 설치되어 왔다.¹⁾ 현재 활동중인 RC248 연구분과회²⁾에서는 고온솔더, Sn 휘스커, 일렉트로마이그레이션(Electro-migration), 파워디바이스 모듈의 전기, 열, 구조, 파괴의 평가와 신뢰성 설계 등 다양한 연구과제를 해결하기 위해 대학, 연구기관, 기업의 연구자가 협력하여 문제점의 추출과 해결방법에 대한 논의와 연구를 진행하고 있다.

또한 일본전자패키징학회에서는 전자패키징의 기반기술인 신뢰성해석기술에 대해 산업계가 과제로 안고 있는 문제에 초점을 맞춰 기술적 과제를 해결할 목적으로 신뢰성해석기술위원회를 설립하여 산하에 일렉트로케미컬 마이그레이션의 발생과 억제기술에 관한 논의와 평가방법의 규격화를 목적으로 ECM(Electro-Chemical Migration) 연구회와 무연화 전자부품의 치명적 리스크인 Sn 휘스커의 발생 메커니즘 및 제어방법에 대해 논의할 목적으로 Sn 휘스커 연구회를 설치하여 활동하고 있다.³⁾

본고에서는 먼저 일본의 무연패키지 신뢰성 평가기술에 대한 개요와 평가사례를 중심으로 소개하고자 하며, 이를 통해 일본 신뢰성 관련기술에 대한 이해를 돕고자 한다.

[†]Corresponding author
E-mail: keunsookim@hoseo.edu

2. 신뢰성기술의 기초

2.1. 신뢰성기술의 개발순서

실제로 시장고장을 재현하는 것과 같은 시험조건이나 방법을 찾는 것은 실제 사용조건을 상세히 조사하여 가해지는 스트레스와 고장 메커니즘을 알아야 할 필요가 있다. Fig. 1에 기본적인 신뢰성기술개발의 어프로치를 나타내었다. 환경 스트레스로서는 열적, 전기적, 기계적 스트레스 등이 주원인인 경우가 많다. 시험샘플은 설계개발단계에서 재료, 디자인 등의 선정평가에 있어서 주로 기준테스트패턴으로 평가되며, 양산을 고려한 평가는 실제제품으로 평가하는 경우가 많다. 기준테스트패턴으로 실시할 경우에는 실제제품에 가까운 설계조건과 제조방법으로 샘플을 제작하여 시험을 진행한다. 설계치수나 제조공정에 대한 기본적인 요소평가와 그 때의 외부스트레스에 대한 내성을 평가할 수 있게 된다.

또한 재료나 부품이 가진 기능이나 성능의 경시변화, 스트레스에 대한 강도, 외관의 변화 등 고장에 이르는 파라미터의 측정을 실시하여, 다른 종류의 파라미터를 종합적으로 판단한다. 전기적 파라미터로서는 도전성과 절연특성, 기계적 파라미터로서는 인장강도와 전단강도, 광학적 파라미터로서는 변형, 깨짐, 구부러짐, 들뜸, 변색 등이 있다. 마지막으로 고장메커니즘과 고장부위를 찾기 위해서 각종 현미경을 이용하여 단면분석, 원소분석을 실시한다.

2.2. 스트레스의 종류와 고장모드

가해지는 스트레스와 고장메커니즘과의 사이에는 밀접한 관계가 있다. Table 1에 제품에 가해지는 환경스트레스와 고장메커니즘, 고장모드의 예를 나타내었다. 스트레스 중에서 열적(온도, 습도 등), 기계적(진동, 응력 등), 전기적(전압, 전류) 스트레스가 주 요인이다. 고장메커니즘은 약 20종류 정도이고 고장은 대부분 물리, 화학적 현상으로 고장모드를 알면 시장불량에 대한 고민이 줄어든다. 제품에 사용되는 재료의 성질을 알고, 시장에서 어떤

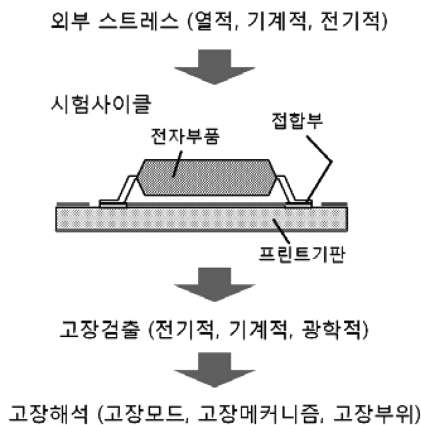


Fig. 1. The flow diagram of reliability technology.

Table 1. Types of stress, failure mechanism and failure mode.

스트레스	고장메커니즘	고장모드
· 열적(온도, 습도)	· 열피로	· 통전불량(단선, 오픈)
· 기계적(진동, 충격)	· 클립	· 절연불량(단락, 리크)
· 전기적(전압, 전류)	· 충격	· 접촉불량
· 생물적	· 취성파괴	· 솔더깨짐(크랙)
· 가스	· 산화, 환원	· 저항치증가
· 약품	· 전기분해	· 변색, 변형
· 광에너지	· 이종금속접촉	· 부식
· 방사선	· 국부전자	· 흡착
	· 가수분해	· 오염
	· 용해	· 소실, 화재
	· 흡착, 흡습	· 느슨함
	· 호흡작용	· 변형
	· 확산	· 오작동
	· 팽창, 수축, swelling*	· 노이즈
	· 발열	
	· 상전이	
	· 마이그레이션	
	· 휘스커	

*탄성을 가진 겔이 용매를 흡수하여 체적이 증가하는 현상

환경스트레스가 가해지며, 어떤 고장모드가 발생할 지를 예측하는 지식이 필요하다.

Table 2는 전자패키징기술 분야에서 자주 발생하는 고장메커니즘과 시험방법의 사례⁴⁾를 나타낸다. 고장의 종류는 크게 4가지로 분류할 수 있다. 첫 번째로 커넥터 등의 접촉불량은 접촉 핀의 마모와 부식이 원인으로 인공적으로 먼지나 땀을 부여한 상태에서 습도나 기계적 스트레스로 가속한다. 두 번째로 프린트배선판의 패턴이나 스루홀의 통전불량은 열과 기계적 스트레스가 원인으로 열사이클이나 열충격 등의 사이클 스트레스로 가속한다. 또한 일렉트로마이그레이션⁵⁾은 온도와 전류밀도가 스트레스의 원인으로 열과 전기스트레스를 복합하여 가속한다. 세 번째로 절연불량의 원인은 이온마이그레이션 발생에 의한 패턴간 리크전류의 증가이며, 이 현상은 전기화학적 현상이기 때문에 온도, 습도와 전기 스트레스를 혼합하여 가속한다. 네 번째로 솔더접합불량은 가장 많이 발견되는 고장으로, 구성하는 재료간의 열적 부정합과 열피로에 의해 발생한다. 평가방법은 열사이클, 기계적 응력을 반복하여 가하는 사이클 스트레스로 가속한다.

2.3. 신뢰성 가속모델

고장에 이르는 과정을 수식적으로 파악하기 위해서는 가속모델이 도움이 된다. Table 3은 전자패키징분야에 이용되는 가속모델을 정리한 것이다. 반응론을 기초로 한 가속모델로서는 아레니우스(Arrhenius)과 아이링(Eyring) 모델이 있다. 물질은 온도가 높아지면 반응속도가 빨라진다는 것은 오래 전부터 알려져 왔다. 이것을 응용한 모델은 아레니우스모델로 점점재료의 고온산화나 솔더접합부의 금속간화합물 성장, 수지재료의 강도저하 등에 적용할 수 있다. 또한 아레니우스모델을 발전시켜 습도 전

Table 2. Failure mechanisms and test methods.⁴⁾

고장모드	고장메커니즘	시험방법(예)
접촉(접점)불량	부식, 마모	1. 인공먼지, 인공땀을 부여한 상태에서 환경시험. 접촉저항 값을 모니터링. 2. 인공먼지를 부여한 상태에서 진동시험. 접촉저항 값을 모니터링.
통전불량	열피로, 충격	1. 열사이클시험 중에서 전기저항 변화를 모니터링. 2. 열충격시험 중에 전기저항 변화를 모니터링. 3. 진동 또는 토크시험 중 전기저항 변화를 모니터링.
절연불량	일렉트로마이그레이션 일렉트로케미컬마이그레이션 (이온마이그레이션)	1. 고온시험 중 스트레스전류를 인가하면서 전기저항 값을 모니터링. 1. 고온고습시험 중 스트레스전압을 인가하면서 절연저항 값을 모니터링.
솔더접합불량 (솔더크랙)	열피로, 크립, 충격	1. 열사이클 또는 충격저항시험 중 도체저항 변화를 모니터링. 2. 기계적 응력을 가한 상태에서 도체저항 변화를 모니터링.

Table 3. Acceleration models.⁶⁻⁸⁾

가속모델	모델의 예	기호
Arrhenius's model	$L \propto \exp\left(\frac{Ea}{kT}\right)$	L: 일정 고장율에 이르는 시간 Ea: 활성화에너지(eV) k: 볼츠만상수(eV/k) T: 절대온도(K)
Eyring's model	$L \propto \exp\left(\frac{Ea}{kT}\right) \times \exp\left(\frac{B}{RH}\right)$	B: 정수 RH: 상대습도(%)
수정 Coffin-Manson law	$N = C \times f^m \times (\Delta\varepsilon)^{-n} \times \exp\left(\frac{Ea}{kT_{max}}\right)$	N: 파단수명 C, m, n: 정수 $\Delta\varepsilon$: 열피로 탄성진폭 f: ON/OFF 주파수(Hz) Tmax : 최고시험온도(K)
n power law	$L_2 \propto L_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n \times 2^{(T_1 - T_2)/k}$	n: 정수 L1: 시험온도 T1에 의한 수명(h) L2: 시험온도 T2에 의한 수명(h) V1, V2: 시험전압(V)

압 등의 영향을 고려한 것이 아이링모델이다. 봉지재료 등 흡습에 의한 부식열화나 이온마이그레이션 발생에 의한 절연열화고장에 적용할 수 있다. 스트레스강도모델로서는 코핀-맨슨(Coffin-Manson)모델이 유명하다. 솔더접합부의 열피로고장 예측에 적용되고 있다. 그 외에 컨덴서 등의 수명추정에 이용되는 n승모델이 있다.⁶⁻⁸⁾

3. 일본의 신뢰성기술의 최신동향과 과제

시장에서 고장을 발생시키지 않고, 높은 신뢰성을 얻기 위해서는 기존의 신뢰성기술을 적용하여 고장 부위를 개선하고 재발을 방지하면 된다. 하지만 최근에는 단기간에 제품이 개발되는 추세여서 효율적인 제품개발과 신뢰성향상이라는 두 가지 과제를 해결하기 위해, 신뢰성기술에 의해 고장을 예측하고 신뢰성개선을 위한 정보나 고장의 전조를 획득하여 고장이 발생해도 그 영향을 최소화할 수 있는 방향으로 기술의 흐름이 바뀌어 가고 있다. 예를 들면, 미리 구성하는 재료의 특성을 조사하고, 고장메커니즘으로부터 시험법을 개발하며, 조기검출 등을 이용

하는 것이다.⁹⁾

3.1. 재료특성조사

재료특성의 조사는 개발설계단계에서 특정 재료의 조합이나, 가공을 끝낸 재료가 어떤 환경하에서 열화를 일으키는 지를 미리 조사하는 것이다. 일본신뢰성학회의 카와나카씨는 재료의 4가지 특성을 제창하여(Table 4), 제품의 설계 시에 재료특성 뿐만 아니라 수명특성, 제조특성, 접합특성을 조사하여 고장발생의 가능성을 사전에 알아 큰 고장을 미연에 방지할 수 있다고 보고하고 있다.¹⁰⁾

3.2. 고장모드로부터 시험법 개발

새로운 부품이나 재료, 생산방법의 신뢰성시험을 개발하는 경우, 일반적으로 스트레스강도(온도, 온도 폭)를 크게 하거나, 시간(시험시간, 사이클 수)을 장기화하여 가속성을 높이는 방법을 이용하고 있다. 한편 고장모드에 주목하면, 여러 종류의 시험을 해야 할 필요가 있어 적절한 시험법의 개발이 필요하다. Fig. 2는 고장모드에 따른 시험법의 분류를 나타낸다. 평가법은 크게 오픈고장(접촉

Table 4. Characteristics of materials.¹⁰⁾

종류	내용	주요특성
기능특성	재료 개개의 물성. 기기에 요구되는 기능	강도, 도전성, 절연성 등
수명특성	고장현상이 현저한 재료 고유의 특성	피로파괴, 깨짐, 마모, 부식, 마이그레이션, 가수분해 등
제조특성	산지나 제조회사에 따라 나타나는 특성	불순물 함유량 등
접합특성	이종재료를 접합했을 때의 특성	내부응력, 금속간화합물, 편석, 시효 등

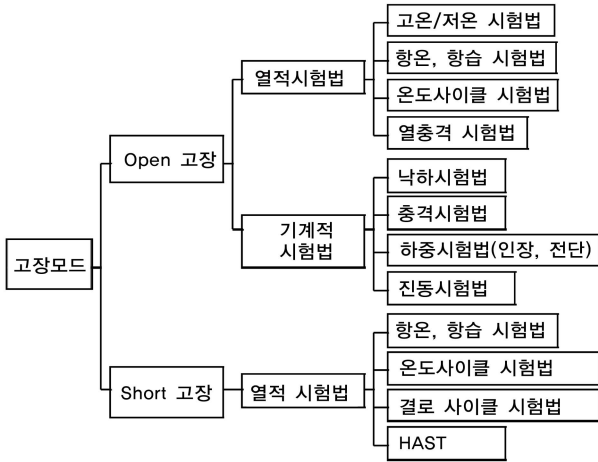


Fig. 2. Test methods.

불량이나 솔더접합불량)과 단락고장(절연불량)으로 나눌 수 있다. 오픈고장의 시험법은 시장에서 고장수명이나 잠재적인 결함, 문제점을 확인하는 열적 시험법, 낙하나 충격 또는 하중 등 기계적 강도(접합강도)를 확인하는 기계적 시험법으로 나눌 수 있다. 전자는 신뢰성 요구에 대해 결함이 존재하는 지를 검토하는 것이 목적이고, 후자는 부품과 접속부가 규정강도를 만족하는 지를 확인하는 것이다. 또한 단락고장의 시험법은 열적 시험법이 주이고 고온고습 환경 중에서 시장에서의 고장수명이나 잠재적 결함, 문제점을 확인한다.

3.3. 조기검출을 이용

시험 중의 특성검출방법 고도화나 스트레스를 높여 고장의 전조를 조기에 검출하는 시험기술도 중요하다. 예를 들면 스트레스를 부가하면서 물리량을 동시에 관측하여 정확한 고장시간이나 고장특성을 파악하는 방법, 프린트배선판의 가속시험법으로 고압수증기 중에서 고장발생을 촉진하는 HAST(Highly Accelerated temperature and humidity Stress Test)의 적용, 복합 스트레스를 부가하여 제조상의 결함이나 약점을 촉진하는 복합환경시험이나 HALT(Highly Accelerated Life Test) 등 고장을 조기 검출하는 신뢰성기술이 개발되어 이용되고 있다.

또한 종래의 시험조로부터 정기적으로 꺼내어 파라미터를 측정하는 방법에서 연속으로 파라미터를 모니터 하는 방식으로 변화함에 따라, 특성변화로부터 고장메커니즘의 해명이 이루어 진다. 재료나 제품구조에 따라서는 단선이 시작되면 급격히 특성이 변화하는 것, 시험 중에

Table 5. Environments of electronic equipments.¹²⁾

분류	최저온도 (°C)	최고온도 (°C)	이동시간 (Hr)	사이클 (년)	사용기간 (년)
Consumer	0	60	12	365	1-3
Computers	15	60	2	1460	5
Telecom	-40	+85	12	365	7-20
Industrial Automotive	-55	+95	12	185	10
Military	-55	+95	12	265	10
Space	-55	+95	12	365	5-30

자연 회복하는 것 등이 있어 시험 중에 특성을 실시간으로 모니터 하는 것은 고장의 조기검출에 중요하다. 앞으로 이러한 시험중의 물리량이나 고장메커니즘해석을 고도로 데이터베이스화하여 이것에 기초한 시뮬레이션기술을 구사하는 시험, 해석기술이 기대되고 있다.¹¹⁾

4. 신뢰성 평가 사례

4.1. 오픈고장의 시험법

Table 5에 IPC규격(Association Connecting Electronics Industries Standard)에 기재된 전자기기의 사용환경을 나타내었다.¹²⁾ 전자기기의 고장이 주로 열부하에 의한 것으로, 특히 접합부의 열사이클피로 및 크립에 기인하는 것으로 규정되어 있다. 민수품에서는 0~60°C의 온도변화가 365회/년, 제품수명을 3년으로 했을 경우, 약 1000사이클의 온도변화가 가해진다. 더욱이 공업제품이나 자동차의 경우는 -55~95°C, 제품수명을 10년으로 했을 경우, 약 2000사이클의 온도변화가 접합부에 가해진다. 이러한 용도의 기판은 매우 혹독한 환경에서 사용되어 각 구성부품의 열팽창계수의 차에 의해 응력이 작용하여 고장을 일으킨다.

Table 6에 접합부의 환경시험법으로 국제규격(IEC standard: International Electrotechnical Commission Standard)에서 규정한 온도사이클 시험조건(IEC60749-25)을 나타내었다.¹³⁾ 이 온도사이클 시험법은 급격한 온도변화의 반복 상태에서 도전특성의 변화와 물리적 파손 등의 내성을 판정할 목적으로 실시하며, 시험온도는 평가대상재료의 용점, 글라스 천이온도를 넘지 않는 범위에서 실시한다. 일반적으로 G조건(-40/125°C), J조건(0/100°C) 등이 접합부의 평가로서 실시되는 경우가 많다.

Table 6. Test conditions of thermal cycle test.¹³⁾

시험조건	최저온도(°C)	최고온도(°C)
A	-55	+85
B	-55	+125
C	-65	+150
G	-40	+125
H	-55	+150
I	-40	+115
J	0	+100
K	0	+125
L	-55	+110
M	-40	+150
N	-30	+80
O	-25	+125
P	-65	+125

4.2. 접합신뢰성 평가사례

접합부의 평가사례로서 저온접합, 미세회로 대응가능 등의 이유로 주목 받고 있는 도전성접착제를 이용한 접합체의 온도사이클 시험의 평가사례를 소개한다.¹⁴⁾ Table 7에 평가에 사용한 접합재료, 실장부품, 제조조건, 시험조건을 나타내었다. 프린트기판은 FR-4이며 스크린인쇄법으로 도전성접착제를 도포하였고 외부전극으로 Sn(두께 10 μm)/Ni(두께 3.5 μm) 또는 Au(두께 300 nm)/Ni(두께 3.5 μm)를 도금한 2012접퍼칩(2 mm×1.25 mm, 두께 0.55 mm)을 탑재하여 150°C에서 30분간 접합 열처리하였다. 온도사이클시험은 -40~125°C 구간에서 실시하여 시험중의 전기저항변화와 접합강도변화를 확인하였다. 특히 접합성평가가 가장 기본적인 성능이 전기적 통전이므로 미소저항치 변화특성을 검출하는 4단계법을 이용하여 시험중의 전기적 특성을 연속적으로 모니터링하였다.¹⁵⁾ Fig. 3에 온도사이클 시험중의 전기적 특성과 기계적 특성의 경시변화를 나타내었다. 온도사이클 시험중의 전기적 특성을 보면, Au도금 시편에서는 전기 저항치가 안정적인 추이를 보인 것에 반해, Sn도금 시편에서는 100사이클 정도는 접합강도의 저하가 없으나 전기저항의 증가

Table 7. Test conditions.¹⁴⁾

온도 사이클	접합재료	도전성접착제 (Ag 필러, 에폭시 수지)
	부품	칩형 저항: 0Ω (2.0×12.5×0.55 mm) 부품 표면처리: Sn, Au
제조	조건	프린트 배선판: 글라스 에폭시(FR4) 기판표면처리: Cu + 플럭스 경화조건: +150°C, 30min
스트레스	시험조건	온도사이클 시험: -40/+125°C, 각 30min, 1000 사이클
고장검출	측정조건 해석조건	전기저항측정 전단강도측정 표면 및 단면 관찰

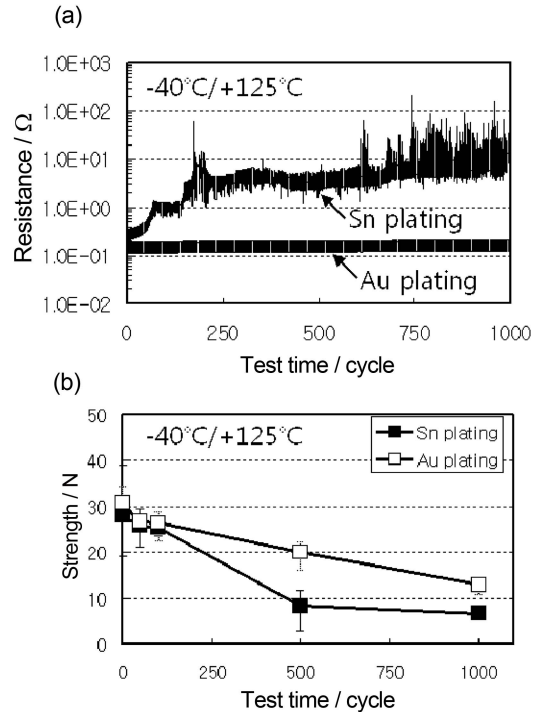


Fig. 3. Real-time variation of the electrical resistance change (a) and shear strength change (b).¹⁴⁾

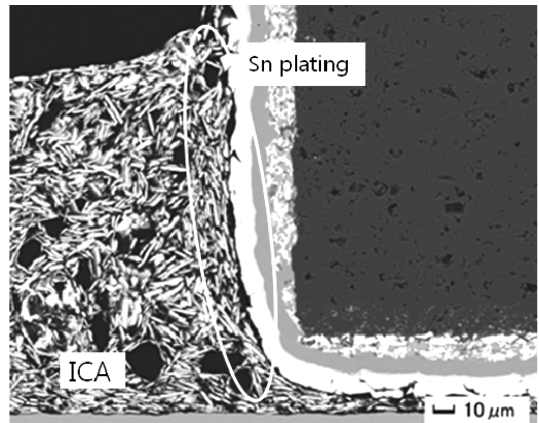


Fig. 4. Cross-sectional image of the joint interface after the thermal cycling test.¹⁴⁾

가 크게 나타났다. 원인을 규명하기 위해 단면관찰을 실시한 결과(Fig. 4), 부품접합계면에서는 부품전극과 도전성접착제의 사이에 간극이 관찰되었고 이것이 전기저항의 변화와 관계하는 것으로 추측된다. 이러한 사례와 같이 시험중의 특성 파라미터를 연속적으로 모니터링하는 방식은 고장의 조기검출을 가능하게 하고 제품개발이 단기화되는 요즘의 상황에서 효율적인 신뢰성평가기술 중의 하나이다.

4.3. 단락고장의 시험법

전자패키징기판의 단락고장 중에서 전기화학적으로 일어나는 이온마이그레이션에 의한 절연열화는 매우 위

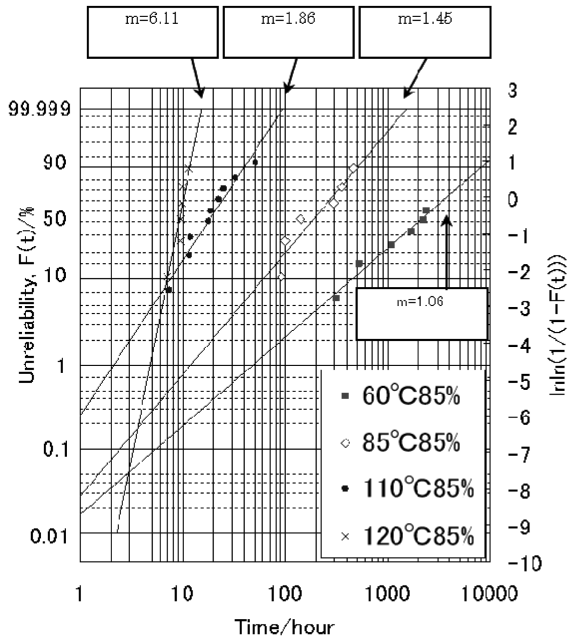


Fig. 5. CAF (Conductive Anodic Filament) resistance of multi-layered PWB(printed wiring board)s.¹⁶⁾

험한 고장모드이다. 이러한 고장은 프린트배선판 등의 전극간에 흡습이나 결로 등 수분이 흡착된 상태에서 전계가 인가되는 경우, 한쪽의 금속전극으로부터 다른 쪽의 금속전극으로 금속이온이 이동하여 금속 또는 화합물이 석출하여 발생한다. 이온마이그레이션은 그 형태나 상황에 따라 덴드라이트(dendrite)와 CAF(Conductive Anodic Filament)로 불려 진다. 덴드라이트는 프린트배선판의 절연부 표면에 석출하는 금속 또는 그 산화물이 수지상의 형태로 나타난다. CAF는 프린트배선판의 절연기판 내부의 글라스섬유를 따라 석출하는 금속 또는 그 산화물이 섬유상으로 늘어진 형태로 나타난다. 최근 휴대전화 등 정보기기에서는 기판이 다층화되는 경향이어서 내CAF 평가의 표준화가 진행되고 있다. 2003년에 IPC(Institute for Interconnecting and Packaging Electronics Circuits)가 CAF시험규격(IPC-TM650-2.6.25)을 제정하였다.

4.4. 절연신뢰성 평가사례

FR-4 8층 기판을 이용한 내CAF성 평가사례를 Fig. 5에 나타내었다. 전극간극은 스루홀 벽간이 0.3 mm, 스루홀 직경이 0.2 mm의 전극이 10쌍 연결된 것을 이용하였다. 시험방법은 고온고습시험(60°C/85%RH, 85°C/85%RH)과 HAST(110°C/85%RH, 120°C/85%RH)를 실시하였고, 시험전압은 50Vdc로 설정하였다. Fig. 5에는 시험결과와 와이블(weibull)플롯을 나타내었다. 고장판정은 리크전류 1 μ A(저항치가 $5 \times 10^{-6} \Omega$)로 하였다.¹⁶⁾ 와이블플롯의 경사가 120°C/85%RH 조건만 다른 경향을 보여, 다른 시험조건과 비교하여 너무 가혹한 조건으로 판단되었다. 따라서 110°C/85%RH의 조건이 적절한 조건으로 판단된다.

이 평가사례로부터 새로운 신뢰성기술을 개발하는 경우, 평가시간의 단축화를 목적으로 스트레스강도를 높이기만 한다면 가속성을 얻을 수 없으므로 고장메커니즘을 고려하여 적절한 시험조건을 선택하는 것이 중요함을 알 수 있다.

5. 결 론

본고에서는 일본 신뢰성기술의 개요와 동향을 소개하였다. 전자패키징기술은 더욱 고도화되고 있어 신뢰성기술의 방향도 고도화되어야 할 필요가 있다. 앞으로 현재에 규정된 방법만으로는 품질요구나 개발시간, 코스트 등에 충분히 대응할 수 없는 상황이 될 것이다. 이를 해결하기 위해서는 기본에서 출발하여 원칙에 충실하게 과제에 대처해야 할 뿐만 아니라 새로운 신뢰성기술의 개발에 도전할 필요가 있다. 한편, 고장해석기술과 시뮬레이션기술도 발전을 거듭하여 고장 메커니즘 및 고장발현기구가 해명되고 있어 새로운 신뢰성기술의 개발과 효과가 세계적으로 기대되고 있다. 다음 호에는 최근 일본에서 이슈가 된 시장고장과 신뢰성 문제를 중심으로 한 사례에 대해 보고할 예정이다.

감사의 글

본 연구의 일부는 방위사업청의 민군규격통일화사업 “일본 무연솔더 적용실태 및 대응방안” 연구과제 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Japan Society of Mechanical Engineers, <http://www.jsme.or.jp>.
2. 電子実装における信頼性と熱制御に関する研究分科会, <http://www.rc-epack.org/index.htm>.
3. Japan Institute of Electronics Packaging, <http://www.e-jisso.jp/index.html>.
4. D. P. Seraphim, R. Lasky and C. Y. Li, Principles of Electronic Packaging, McGraw-Hill, New York (1989).
5. K. J. Lee, K. S. Kim and K. Suganuma, “Electro-migration Phenomenon in Flip-chip Packages” (In Korean), J. Microelectron. Packag. Soc., 17(4), 11 (2010).
6. Japan Electronics & Information Technology Industries Association, “EIAJ-EDR-4704, Application Guide of the Accelerated Life Test for Semiconductor Device” (In Japanese), (2000).
7. N. Lycoudes, “Pressure Temperature Humidity Bias Method and System for Corrosion Studies of Plastic Encapsulated Integrated Circuit”, Proc. 23rd Annual Technical Meeting of the Institute of Environmental Sciences, LA, Institute of Environmental Sciences (1977).
8. Japan Electronics & Information Technology Industries Association, “JEITA-ET-7407, Environmental and Endurance Test Methods for a CSP/BGA Package Mounting Condition” (In Japanese), (1999).

9. H. Tanaka, "Actual Conditions and Challenges of Accelerated Test" (In Japanese), J. Japan Institute of Electronics Packaging, 13(7), 502 (2010).
10. R. Kawanaka, "Materials Accidents and Material Technology" (In Japanese), Proc. 21st Reliability Symposium, Tokyo, 17, Reliability Engineering Association of Japan (2008).
11. F. Harada, "An Issue and Foresight for Accelerated Test in Reliability Engineering" (In Japanese), J. Reliability Engineering Association of Japan, 31(2), 101 (2009).
12. IPC-SM-785, "Guidelines for Accelerated Reliability Testing for Surface Mount Solder Attachments", Association Connecting Electronics Industries, 13 (1992).
13. IEC-60749-25, "Semiconductor devices-Mechanical and climatic test methods-Part 25:Temperature cycling", International Electro-technical Commission, (2003).
14. H. Tanaka, "Reliability Testing Technique of Isotropically Conductive Adhesive Jisso" (In Japanese), J. Japan Institute of Electronics Packaging, 11(3), 231 (2008).
15. K. S. Kim, K. J. Lee, K. Suganuma and S. H. Huh, "Effect of Cl Content on Interface Characteristics of Isotropic Con-

- ductive Adhesives/Sn Plating Interface" (In Korean), J. Microelectron. Packag. Soc., 18(3), 33 (2011).
16. A. Kobayashi, "Evaluating the CAF (Conductive Anodic Filament) Resistance of Multi-layered PWBs" (In Japanese), ESPEC Technology Report, 24, 3 (2006).



- Horikazu Tanaka (田中浩和)
- 1964년생
- ESPEC CORP.
- 신뢰성공학, 금속부식공학, 전기화학공학
- E-mail: h-tanaka@espec.co.jp



- 김근수 (金謹銖)
 - 1970년생
 - 호서대학교 융합기술연구소
 - 무연 패키지, 인쇄전자
 - E-mail: keunsookim@hoseo.edu
-