

## RAM용 경질다층 PCB의 신뢰성 평가기준

홍원식\*, 송병석\*, 백재욱\*\*, 정해성\*\*\*

전자부품연구원 신뢰성연구본부\*,  
한국방송통신대학교 정보통계학과\*\*,  
서원대학교 멀티미디어공학과\*\*\*

## Reliability Assessment Criteria of Rigid Multi-layer PCB for RAM

Won Sik Hong\*, Byeong Suk Song\*, Jai wook Baik\*\*, Hai Sung Jeong\*\*\*

Reliability R&D Division, Korea Electronics Technology Institute\*  
Dept. of Information Statistics, Korea National Open Univ.\*\*  
Dept. of Multimedia Engineering, Seowon Univ.\*\*\*

### Abstract

Printed circuit boards for RAM are widely used in modern electronics such as computers, artificial satellites and consumer durables. They are exposed to a very diverse environment and consists of many complicated components and therefore needs careful approach to the enhancement and assessment of reliability of the item. In this article reliability standards for PCBs for RAM are established in terms of quality certification tests and failure rate tests.

Key word : printed circuit board, reliability assessment criterion, quality certification test, failure rate test, exponential distribution

## 1. 서론

PCB(printed circuit board, 인쇄회로기판)은 컴퓨터, 인공위성 및 세탁기와 같은 내구 소비재 등 근래의 모든 전자제품에 들어간다. 이들 아이템은 상당히 복잡한 제품에 들어가며, 제품에 따라 열악한 환경에서 운영될 수 있다. 따라서 PCB를 이용한 제품의 신뢰성을 높이기 위해서는 PCB에 대한 올바른 신뢰성평가기준의 정립이 필요하다. 이에 이 기준은 RAM용 경질다층 PCB(인쇄회로기판)의 신뢰성을 높이기 위해 제정되었다. 1)

신뢰성인증에 필요한 시험은 품질인증시험과 고장률시험으로 구성되며, 고장률시험은 품질인증시험 결과 결격사유가 없는 제품에 한하여 실시한다. 이 기준의 목적은 FR-4를 재료로 한 RAM용 경질다층 PCB의 품질인증을 받은 시료에 대하여 고장률시험을 통해 RAM용 경질다층 PCB의 고장률이 일정수준 이하임을 보증하는데 있다.

## 2. 일반사항

### 2.1 적용범위

이 기준은 FR-4(NEMA 규정)를 재료로 사용한 RAM용 경질다층 PCB의 신뢰성인증 시험방법에 대하여 규정한다.

### 2.2 인용규격

다음에 나타내는 규격은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정일부를 구성한다. 인용규격은 그 최신판을 적용한다.

KS C 6032(1981), KS C 6430(2004), ASTM B152(2006), ASTM B488(2006),  
ASTM B579(2004), IPC-A-600(2004), IPC-2221(2003), IPC-4101(2006),  
IPC-6011(1996), IPC-6015(1998), IPC-7721(2007), IPC-100002(1989),  
IPC-100047(1989), IPC-AI-642(1988), IPC-CC-830(2002),  
IPC-CF-148(1998), IPC-CF-152(1997), IPC-D-325(1995),  
IPC-DD-135(1995), IPC-ET-652(1990), IPC-FC-232(1995),  
IPC-MF-150(1991), IPC-QL-653(1997), IPC-SM-840(2007),  
IPC-T-50(2003), IPC-TM-650(1990), J-STD-003(2007), QQ-A-250(1997),  
QQ-N-290(2000), QQ-S-635(1988), UL 94(1996).

---

1) 교신저자 hsjeong@seowon.ac.kr

## 2.3 용어의 정의

기준에서 사용되는 주된 용어의 정의는 IPC-T-50(2003)에 따른다.

## 2.4 종류

본 기준에서는 RAM용 경질다층 PCB와 관련된 규격에 대하여 적용한다.

### 2.4.1 기관 등급(Class)

성능등급은 복잡도, 기능적 성능요건 및 시험/검사 빈도를 반영하여 <표 1>과 같이 3가지로 등급으로 구분 하였다. 사용자는 각 제품에 대해 요구되는 성능등급을 계약서나 구매주문서에 명시할 책임이 있으며, 필요할 경우 특수한 파라미터에 대한 예외를 명시해야 한다. 제품의 성능등급은 <표 1>에 명시된 제품의 종류에 따라 등급요건을 고려하여 결정한다. 그러나 시험의뢰자의 요구가 있는 경우 제품의 성능등급은 상위수준의 등급을 적용할 수 있다.

<표 1> 성능에 따른 등급구분

성 능 등 급		등 급 요 건	제 품
등급 1 (Class 1)	일반 전자부품	외관상의 결함 여부가 중요치 않고 인쇄기관 완성품의 기능을 주요건으로 한다.	가전제품, 컴퓨터 등속 및 컴퓨터 주변장치
등급 2 (Class 2)	전용 서비스 전자제품	고성능, 긴 수명주기가 요구되며, 중단 없는 서비스가 필요하지만 핵심적(critical) 요건은 아니다. 일부 외관상의 결함이 허용될 수 있다.	통신장비, 고성능 기업용 장비, 계측기 등
등급 3 (Class 3)	고신뢰성 전자제품	지속적인 성능과 즉시회답(on-demand) 성능이 핵심적인 요건인 장비와 제품을 포함한다. 장비 비가동시간(downtime)은 허용되지 않으며, 인명 관련 제품이나 비행관제 시스템 등에서 요구되는 기능을 갖추어야 한다. 이 등급의 인쇄기관은 높은 수준의 보증이 필요하고 서비스 제공이 필수적인 용도에 적합하다.	인명 관련 제품이나 비행관제 시스템 등에서 요구되는 기능

### 2.4.2 기관유형(Type)

도금 쓰루홀(Thorough hole)이 없는 인쇄기관(유형 1) 및 도금 쓰루홀이 있는 인쇄기관(유형 2~6)은 다음과 같이 분류된다.

유형 1(Type 1) - 단면 기판

유형 2(Type 2) - 양면 기판

유형 3(Type 3) - blind 또는 buried via가 없는 다층면 기판

유형 4(Type 4) - blind 및/또는 buried via가 있는 다층면 기판

유형 5(Type 5) - blind 또는 buried via가 없는 다층면 금속코어 기판

유형 6(Type 6) - blind 및/또는 buried via가 있는 다층면 금속코어 기판

## 2.5 요구사항

이 기준에 사용된 제품은 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

### (1) 결모양

표면은 기능상 해로운 흠이나 요철 등이 없어야 될 뿐 아니라 외관상 매끄러운 상태를 유지해야 한다.

### (2) 모양 및 치수

시험에 사용되는 PCB의 모양과 치수는 각 제품의 설계기준에 따른다. 단, 이 기준에 사용된 PCB는 본 시험기준에 따라 시험했을 때 모든 특성이 균일성을 갖는 것이어야 한다.

## 2.6 신뢰성 시험방법

### 2.6.1 신뢰성인증시험 일반

신뢰성인증시험은 품질인증시험과 고장률시험으로 구분된다. 품질인증시험은 일반성능시험(육안검사 및 현미경검사, 전기적 특성검사, 납땜성시험)과 환경시험으로 구성되며, 품질인증시험에 합격한 제품에 한해 고장률시험을 실시한다.

### 2.6.2 전처리

시험품목은 표 2에서 규정하고 있는 표준시험상태에서 24시간 이내에 규정조건에 따라 부품 안정화를 거친 후 시험한다.

### 2.6.3 일반성능시험(중간측정)

중간측정이 필요한 경우 시료를 표 2의 표준상태에서 2시간 노출 후 측정하며, 초기측정 후 200시간마다 들뜬랜드, 힘과 꼬임, 절연저항, 전기적 연속성을 측정한다.

### 2.6.3 후처리

시험이 완료된 후 <표 2>에서 규정하고 있는 표준시험상태에서 24시간 이내에 규정조건에 따라 부품 안정화를 거친다.

### 2.6.4 일반성능시험(최종측정)

최종측정은 <표 2>에서 제시한 표준시험상태에서 <표 3>에 언급된 측정항목 중 들뜬랜드, 휨과 꼬임, 절연저항, 전기적 연속성을 측정하고, 쿠폰시인 경우는 완제품 시험항목에 유전 내전압시험을 추가하여 시험해야 한다.

### 2.6.5 표준시험 상태

측정 및 시험을 하기 위한 시험장소의 표준 상태 범위는 <표 2>와 같다. 모든 시료의 시험과 측정은 표준시험상태에서 이루어져야하며, 표준상태 이외의 장소에서 측정해서는 안 된다. 또한 제품규격으로 인정되고 있는 경우에는 실제로 측정하였을 때의 조건 및 그 영향에 대한 기록을 시험결과 데이터나 시험보고서에 기록해야 한다.

<표 2> 표준시험상태 조건

온 도 (℃)	상 대 습 도 (% R.H.)	기 압 kPa (mbar)
15 ~ 35	25 ~ 75	86 ~ 106 (860 ~ 1060)

## 2.7 보고서

보고서는 품질인증데이터, 고장률 시험 데이터, 고장률 계산 데이터 등을 포함해야 하고, 시험된 시료가 완제품 또는 쿠폰인지를 명기해야 한다.

## 3. 품질인증시험

본 시험은 경질 인쇄기판의 검정과 성능을 검사하기 위한 시험으로 고장률시험을 실시하기 전에 제품의 품질을 검사하는 것이다. 인쇄회로기판은 도금 쓰루홀(plated-through holes) 유무, 단면 또는 양면기판, 도금 쓰루홀이 있는 다층면 기판, 매입(buried)/블라인드(blind) 비아(via) 유무의 다층면기판, 금속코어기판 등으로 나눈다. 이러한 인쇄회로 기판에 대해서 일반성능시험과 환경시험을 실시한다.

### 3.1 품질인증시험 일반사항

품질인증시험은 일반성능시험과 환경시험으로 구성되며, 일반성능시험 기준에 적합한 경우 환경시험을 실시하고, 일반성능시험과 환경시험 기준에 적합하면 품질인증시험 기준에 적합한 것으로 판정하여 고장률시험을 실시한다.

### 3.2 품질인증시험의 판정기준 및 샘플링방법

품질인증시험을 위한 일반성능시험 및 환경시험 항목의 적합판정과 시험빈도수는 <표 3>과 같고, 시험편의 샘플링 방법은 <표 4>에 규정된 c=0 샘플링 계획을 적용한다. 기타 특별히 규정되어 있지 않은 사항은 IPC 6012A(2000)를 준용한다.

<표 3> 적합판정 시험과 시험 빈도수

검사	세부시험 방 법	시험 빈도수						
		등급1		등급2		등급3		
들뜬랜드	3.3.2 (1)	샘플(6.5)		샘플(4.0)		샘플(4.0)		기관 당
휨과 꼬임	3.3.2 (1)	샘플(6.5)		샘플(4.0)		샘플(4.0)		기관 당
유전내전압	3.3.2 (2)	쿠폰시료에만 적용						해당 쿠폰
절연저항	3.3.2 (2)	유형* 1-2	유형 3-6 샘플 (2.5)	유형* 1-2	유형 3-6 100 %	유형* 1-2	유형 3-6 100 %	기관 당
전기적 연속성	3.3.2 (2)	유형* 1-2	유형 3-6 샘플 (2.5)	유형* 1-2	유형 3-6 100 %	유형* 1-2	유형 3-6 100 %	기관 당
열충격시험	3.4.3	샘플(2.5)						시험 당

\* 유형 1-2는 육안검사 또는 AOI(Automated Optical Inspection : IPC AI-642 (1988))로 전기적 검사를 대신한다.

<표 4> c=0 샘플링 계획(특정 인덱스 값의 샘플 수)

로트크기	등급 1			등급 2			등급 3			
	2.5*	4.0*	6.5*	1.5*	2.5*	4.0*	0.10*	1.0*	2.5*	4.0*
1-8	5	3	2	**	5	3	**	**	5	3
9-15	5	3	2	8	5	3	**	13	5	3
16-25	5	3	3	8	5	3	**	13	5	3
26-50	5	5	5	8	5	5	**	13	5	5
51-90	7	6	5	8	7	6	**	13	7	6
91-150	11	7	6	12	11	7	125	13	11	7
151-280	13	10	7	19	13	10	125	20	13	10
281-500	16	11	9	21	16	11	125	29	16	11
501-1,200	19	15	11	27	19	15	125	34	19	15
1,201-3,200	23	18	13	35	23	18	125	42	23	18
3,201-10,000	29	22	15	38	29	22	192	50	29	22
10,001-35,000	35	29	15	46	35	29	294	60	35	29

\* 인덱스 값은 AQL(Acceptance Quality Level)에 해당된다. 사용자가 특정 제품을 “중요”로 지정하여 더 작은 인덱스 값을 설정해야 할 경우 사용자는 구매 문서에서 필수요건을 지정해야 하며 “중요”요건에 대하여 설명해야 한다.

\*\* 검사 전체 로트를 나타낸다.

### 3.3 일반성능시험

#### 3.3.1 일반성능시험 방법 및 성능기준

일반성능시험에서 초기측정은 본 시험기준 내용 중 <표 2>에서 규정하고 있는 표준상태에서 측정해야 하며, 측정을 하는 동안 온도 및 습도의 변화는 최소로 유지해야 한다. 완제품에 대해서는 일반성능시험 항목 중 들뜬랜드, 휨과 꼬임, 절연저항, 전기적 연속성을 측정하고, 쿠폰의 경우는 완제품 시험항목에 유전내전압시험을 추가한다(<표 5> 참조).

<표 5> 일반성능시험 항목

시험항목		성능기준		시험방법	비고		
육안 검사	들뜬 랜드	보여서는 안됨		3.3.2 (1)			
	휨과 꼬임	표면실장 부품용 기판은 0.75 % 이하 기타 모든 기판에 대해서는 1.5 % 이하		3.3.2 (1)			
전기적 특성 검사	유진 내전압	Flashover, Breakdown이 없어야 함.		3.3.2 (2)	쿠폰에만 적용		
	절연 저항	등급 (Class)	보드특성	전기적 특성		3.3.2 (2)	측정기준은 회로의 최소간격에 따라 우선적용함을 원칙으로 한다.
			최소거리 (mm)	절연저항	전기적 연속성		
	전기적 연속성	1	0.51	500kΩ 이상	50Ω 미만	3.3.2 (2)	
2		0.38	2MΩ 이상	50Ω 미만			
3	0.25	20MΩ 이상	50Ω 미만				

(주) IPC 6012A(2000), IPC-TM-650(1990) 참조

### 3.3.2 일반성능시험 항목

#### (1) 육안검사

PCB의 제조 후 표면상에 나타나는 결함을 1차적으로 검사함으로써 불량품을 선별하는 검사이다. 그러나 육안검사로 검출되지 않는 많은 결함이 존재할 수 있으며, 이러한 것을 검사하기 위해서는 다른 시험항목을 조사해야 한다. 본 시험기준에서는 육안으로 제조시 발생된 PCB의 휨, 뒤틀림 및 회로패턴의 들뜸 정도를 검사한다.

#### 1) 들뜬랜드

외관 검사는 1.75X(약 3디오퍼)에서 수행되어야 하며 들뜬랜드가 보여서는 안 된다. 의심스런 결함 상태가 명백하지 않을 경우 점진적으로 보다 높은 배율(40X 까지)에서 검증하여 그것이 결함이라는 것을 확인해야 한다.

#### 2) 휨과 꼬임

IPC-2221(2003)의 5.2.4에 의해 설계할 때 인쇄회로기판의 최대 휨과 꼬임은 표면실장 부품을 사용하는 기판에 대해서는 0.75% 이하, 기타 모든 기판에 대해서는 1.5% 이하이어야 한다. 패널 위에 조립되어 나중에 분리되는 다중 인쇄기판을 포함하는 패널들은 패널 형태로 평가해야 한다.

## (2) 전기적 특성검사

전기적 시험은 PCB가 설계요구조건에 따라 전기적 신호를 전달하는지 확인하기 위해 실시한다. 하지만 전기적 시험을 통해 소비자의 모든 요구조건을 만족하는지 확인할 수 없으며, 단지 PCB가 조립될 수 있는지를 확인하는 것이다. 왜냐하면 PCB의 여러 물리적 특성들을 단지 전기적 시험으로만 확인할 수 없기 때문이다. 다른 물질적 특성을 확인하기 위해서는 검사 목적에 맞는 항목을 추가하여 검사해야 한다.

시료의 전기적 특성시험의 판정기준 적용은 1차적으로 <표 1>의 성능등급 분류에 따라 적용하되, <표 1>의 성능등급과 인쇄회로 패턴간의 최소거리가 상이할 경우 <표 5>의 최소거리 기준을 우선 적용한다.

유전내전압시험의 목적은 PCB가 정격전압에서 안전하고, 스위칭, 서지(Surge) 및 다른 유사현상에 기인한 과전압에 대해 안전하게 사용될 수 있는지 확인하기 위함이다. 유전내전압시험은 고전압(High potential), 과전압(Over potential), 전압파괴(Voltage breakdown) 또는 유전강도 시험(Dielectric strength test) 이라고도 말하며, 측정은 독립된 부분과 접지 또는 독립된 부분간에 대해 규정된 시간동안 정격전압 이상의 고전압을 인가하는 것으로 구성되어 있다.

### 1) 유전내전압

시료의 성능등급이 등급1(Class 1)인 경우 유전내전압시험은 필요하지 않으며, 성능등급이 등급2, 3(Class 2, 3)이고 쿠폰시료인 경우에 한해 본 시험을 수행한다. 유전내전압시험은 IPC-TM-650(1990)의 방법 2.5.7에 따라 수행한다. 패턴간격이  $80\mu\text{m}$  이상인 경우에는  $500+15/-0$  V DC,  $80\mu\text{m}$  이하인 경우에는  $250+15/-0$  V DC를 도체간이나 랜드간의 인접부분 사이에  $30+3/-0$ 초 동안 인가하여 Flashover나 Sparkover, Breakdown이 없어야 한다. 규정된 시험조건이 없는 경우에는  $500+15/-0$  V DC를 인가한다. 시험시 인가전압은 대략 100V DC/sec의 속도로 가능한 균일하게 증가시킨다. 시험을 완료 후에도 인가전압은 서지(Surge)를 피하기 위하여 점차적으로 감소시킨다. 시험 의뢰자의 요구가 있는 경우 인가전압을 기준전압보다 증가시키고, 시간을 감소시킬 수 있으며, AC 전압을 인가할 수 있다.

### 2) 절연저항

수동시험의 경우 전압은 최소 200V이어야 하고 최소 5초간 인가되어야 한다. 자동화 시험장비를 사용할 경우 최소 인가시험전압은 기판 최대 정격전압의 2배이어야 한다. 최대한도가 규정되어 있지 않을 경우 시험 전압은 최소 40V로 한다. 절연저항의 성능기준은 <표 5>의 일반성능시험의 성능기준을 따른다.

### 3) 전기적 연속성

전기적 연속성시험을 위한 전류는 도체나 도체군의 각 끝 부분의 단자에 전극을 붙임으로써 각 도체나 상호 연결된 도체군을 통해 흘러야 한다. 도체를 통해 흐른 전류는 최대 50V, 최소 5초간 인가했을 때 저항은 <표 5>의 일반성능시험 항목 중 전기적 특성시험의 성능 기준을 만족해야 한다.

### 3.4 환경시험

#### 3.4.1 열충격시험

이 항목은 PCB가 갑작스런 온도변화에 대해 물리적으로 견딜 수 있는지 확인하기 위한 시험이다. 이 시험은 물리적 피로에 기인한 고온과 저온 사이클 시험에 시료를 노출하는 것으로 구성되어 있다. 시험장비는 고온과 저온 환경영역을 자동으로 조절할 수 있는 챔버 (Chamber) 또는 저온영역 챔버에서  $-40^{\circ}\text{C}$  또는 그 이하온도  $+0, -5^{\circ}\text{C}$ 가 유지 가능하고, 고온영역에서  $70, 85, 105^{\circ}\text{C}$  또는  $125 +0, -5^{\circ}\text{C}$ 가 유지 가능한 깨끗한 챔버로 시험해야 하며, 시험 진행 동안 온도와 습도를 기록계를 통하여 기록되어야 한다.

#### 3.4.2 항온항습시험

이 시험은 PCB의 수명에 가장 큰 영향을 미치는 가속요인인 온도와 습도에 대해 제품이 안정적인지 확인하는 시험이다. 본 시험에서는 PCB를 고온, 고습의 환경에 일정시간 노출 시킨 후 육안검사 및 전기적 특성 검사 등을 통하여 PCB의 물리적, 전기적 특성의 열화 (절연재료의 열화여부) 여부를 검사한다. 시험에 사용되는 장비는 온도와 습도가 자동 조절이 가능한 깨끗한 챔버이어야 하며, 시험 진행 동안에 온도와 습도가 기록계를 통하여 기록되어야 한다.

#### 3.4.3 환경시험 항목 및 방법

환경시험 항목과 시료수 및 시험 전 후의 일반성능시험 항목은 다음의 <표 6>과 같다. 일반성능시험 완료 후 열충격시험은 전원을 인가하지 않은 상태에서 <표 6>의 시험조건에 따라 실시한다. 일반성능시험은 표준시험상태에서 2~24시간 방치한 후 성능기준 시험항목에 합격해야 한다.

<표 6> 환경시험 항목

시험항목	시험조건	시험방법	시료수	성능기준
열충격시험	$-40^{\circ}\text{C}$ 15분 ~ $85^{\circ}\text{C}$ 15분 100사이클	3.4.3	표 4 참조	휨과 꼬임 들뜬랜드 절연저항 전기적 연속성

## 4. 고장률시험

### 4.1 용어의 정의

고장률시험에 사용되는 주요 용어의 정의는 다음과 같다.

- 고장: 부품이 규정된 기능을 상실하는 것을 말한다.
- 고장률: 부품이 일정기간 고장 없이 동작을 수행한 후 단위기간 내에 고장을 일으킬 확률을 말한다.
- 고장률 수준: 고장률수준은 고장률을 몇 개의 군, 즉 수준으로 구분하여 기호를 부여한 편의상의 고장률 수분을 말한다. 이 고장률 수준은 바람직하지 않은 로트 고장률의 상한치 수준이다. 본 기준에서는 시간에 대하여 103시간당의 퍼센트 즉,  $10^{-5}$ /시간을 단위로 한다. 또한  $10^{-9}$ /시간을 단위로 하여 표시하는 경우가 있는데, 이 단위를 피트(FIT)라 한다.
- 총 시험시간 및 총 동작횟수: 총 시험시간 및 총 동작횟수는 시료의 총수에 있어서의 시험시간 및 동작 횟수의 누계이다.
- 신뢰수준: 고장률이 특정 고장률수준일 때 Lot가 합격될 확률을 소비자 위험( $\beta$ )이라 부르고, 로트가 불합격될 확률( $1-\beta$ )을 신뢰수준이라 한다. 본 기준에서는 신뢰수준 90% 또는 60%의 2수준에 한하고 있다.

### 4.2 고장률 시험조건

#### 4.2.1 노출환경

- 온도: 유리전이 온도( $T_g$ )보다  $10^\circ\text{C}$  낮은 온도  
(예) FR 4의  $T_g$ 가  $135^\circ\text{C}$  인 경우 고장률 시험온도는  $125^\circ\text{C}$ 를 적용한다.
- 습도: 80 ~ 90%R.H.

#### 4.2.2 작동부하

DC  $100\text{V} \pm 10\text{V}$  인가전압 또는 제품성능 정격을 인가한다. 단, PCB 완제품인 bare board의 경우 작동부하는 인가하지 않는다.

### 4.3 고장률 시험방법의 적용과 고려사항

본 기준에서 규정하는 고장은 원칙적으로 우발고장을 말한다. 즉, 고장발생시간이 지수분포(exponential distribution)를 따르므로 시간적으로 보아 고장률이 일정하다고 간주한다. 이는 MIL-STD-690C(1993)의 내용과 동일하다. 그러나 그 부품의 고장률에 관한 정보가 축적되어 고장률이 시간적으로 변화하는 경우에는 와이블분포에 기초를 둔 시험방법을 적용해야 하며, 이때에는 보다 실질적인 판정이 가능하다.

### 4.4 시험시료

시험시료는 테스트용 PCB 쿠폰(Coupon)이나 완제품으로 한다. 테스트용 PCB 쿠폰은 IPC-2221(2003) 규격이 규정한 대로 제작되어야 된다. 단, 관련규격 완제품은 IPC 제 규격을 따르며, 쿠폰 제작인 경우 IPC-2221(2003)에 따라 시료를 제작한다.

### 4.5 고장률 인증시험 세부절차

고장률 인증시험을 위한 쿠폰(Coupon) 및 완제품의 성능평가는 <표 5>의 일반성능시험 항목의 필수항목을 고장판정 기준으로 한다.

#### 4.5.1 고장률 인증수준

고장률 인증수준은 <표 7>과 같이 M, P, R, S, T의 5수준으로 구분한다.

<표 7> 고장률수준 조건

구 분	고장률 수준(%/1000h)
M	$1.0 \times 10^{-5}$ /시간
P	$1.0 \times 10^{-6}$ /시간
R	$1.0 \times 10^{-7}$ /시간
S	$1.0 \times 10^{-8}$ /시간
T	$1.0 \times 10^{-9}$ /시간

#### 4.5.2 고장률 수준에 따른 총 시험시간의 결정

<표 8>의 계수 1회 샘플링 검사표에 의거하여 합격판정갯수 c와 총 시험시간을 설정하여

(최소 400시간 이상) 시험을 하며, 관측된 총 고장수  $r$ 이 설정된 합격판정갯수  $c$ 를 넘지 않을 때 그 부품은 설정된 고장률수준에 합격한 것으로 판정한다. 여기서 로트허용고장률 LTFR(lot tolerance failure rate)= $1.0E-05$ /cycle 또는  $h$  (M 수준) 이외의 수준에 대하여는 고장률이  $1/x$  배의 경우 총 시험시간을  $x$  배 한 값을 사용한다.

<표 8> 계수 1회 샘플링 검사표 (LTFR= $1.0E-05$ /cycle 또는  $h$  (M 수준))

신뢰수준 $1-\beta(\%)$	T(총 시험시간) = n(시료수) × t(시험시간)	
	c=0	c=1
10	10,547	53,203
50	69,297	167,813
<u>60</u>	<u>91,641</u>	<u>202,266</u>
90	230,315	389,063

## 5. 고장률시험의 이론적 배경

### 5.1 고장률시험방법

본 기준에서는 LTFR(M, P, R, S, T 수준) 보증방식을 이용한다. 이 보증방식은 이 시험을 통해 합격한 로트의 고장률이 적어도 LTFR 보다는 작다는 것을 보증하는 것이다.

### 5.2 관련 분포에 대한 기초지식

- 포아송분포

$$P(X=x) = \frac{e^{-m} m^x}{x!}, \quad x=0, 1, 2, \dots$$

-  $\chi^2$ 분포

$$f(x) = \frac{(1/2)^{v/2}}{\Gamma(v/2)} x^{v/2-1} e^{-x/2}, \quad x \geq 0$$

- 포아송분포와  $\chi^2$ 분포의 관계

$$X \sim \chi^2(2k+2), \quad Y \sim \text{Poisson}(m) \text{ 일 때 } P(X \geq 2m) = P(Y \leq k)$$

### 5.3 LTFR보증

로트의 신뢰성을 보증하는 것으로서 로트의 고장률이 로트허용고장률일 때 합격확률을  $\beta$ 이하가 되도록 보증하는 것이다. 여기서 로트 허용고장률은 가능하면 불합격시키고 싶은 로트 고장률의 하한을 말한다.

### 5.4 LTFR보증방식

로트에서  $n$ 개의 시료를 취하여  $T$ 시간 시험한 후 고장수가  $c$ 개 이하이면 로트를 합격시킨다.

### 5.5 LTFR보증방식의 설계

(a) LTFR보증 방식의 설계는 로트에서 샘플링하는 시료수와 시험시간 그리고 합격판정개수  $c$ 를 결정하는 것이다.

(b) 로트의 고장률이  $\lambda$  (LTFR)일 때 합격확률은 다음과 같다.

$$P(X \leq c | \lambda) = \sum_{x=0}^{x=c} m^x e^{-m} / x!$$

단,  $X$ 는 고장수,  $m = n\lambda T$ ,  $n$ 은 시료수,  $T$ 는 시험시간.

(c) 로트의 고장률이 로트허용고장률일 때 합격확률을  $\beta$ 이하가 되도록 한다는 것은 다음과 같이 표현된다.

$$P(X \leq c | \lambda) = \sum_{x=0}^{x=c} (n\lambda T)^x e^{-n\lambda T} / x! \leq \beta$$

(d) 포아송분포와  $\chi^2$ 분포사이의 관계는 다음과 같다.

$$P(X \leq c | \lambda) = P(Y \geq 2n\lambda T | \lambda) \leq \beta \quad (1)$$

단,  $Y \sim \chi^2(2c+2)$ .

(e) 식 (1)으로부터 다음 식을 구할 수 있다.

$$2n\lambda T \geq \chi^2(\beta; 2c+2)$$

$$n \geq \chi^2(\beta; 2c+2) / 2\lambda T$$

(f) 가속조건에서의 시험한 결과 가속계수가  $af$ 라면 LTFR보증방식은 다음과 같다.

- 가속조건에서의 LTFR은  $af \cdot \lambda$

- 시료수는  $n \geq \chi^2(\beta; 2c+2) / 2(af \cdot \lambda) T_a$ , 단,  $T_a$ 는 가속조건에서의 시험시간

## 6. 결 론

본 기준서에서는 컴퓨터, 인공위성 및 세탁기와 같은 내구소비재 등 근래의 모든 전자 제품에 들어가는 PCB의 신뢰성을 높이기 위해 신뢰성평가기준을 세웠다. 신뢰성평가기준은 품질인증시험과 고장률시험으로 구성되며, 고장률시험은 품질인증시험 결과 결격사유가 없는 제품에 한하여 실시한다.

본 기준서에서는 PCB의 수명이 지수분포를 따른다는 가정 하에 고장률시험 기준을 세웠다. 하지만 해당 아이템이 시간에 따라 고장률이 변할 수 있다. 이때에는 와이블분포 등을 적용하여 기준을 세워야 한다. 추후 연구에서는 시간의 변동에 따라 고장률이 변하는 경우 신뢰성평가기준을 어떻게 세울 것인지 알아보고자 한다.

## 참고문헌

- [1] KS C 6032 (1981), 전자부품의 고장률 시험 통칙.
- [2] KS C 6430 (2004), 신뢰성보증 전자부품 통칙.
- [3] ASTM B152 (2006), Standard Specification for Copper Sheet, Strip, Plate and Rolled Bar
- [4] ASTM B488 (2006), Standard Specification for Electrodeposited Coating of Gold for Engineering Uses.
- [5] ASTM B579 (2004), Standard Specification for Electrodeposited Coating of Tin-Lead Alloy (Solder Plate).
- [6] IPC-A-600 (2004), Acceptability of Printed Boards.
- [7] IPC-2221 (2003), Generic Standard on Printed Board Design.
- [8] IPC-4101 (2006), Specification for Base Materials for Rigid and Multilayer Boards.
- [9] IPC-6011 (1996), Generic Performance Specification for Printed Boards.
- [10] IPC 6012A (2000), Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards.
- [11] IPC-6015 (1998), Qualification and Performance Specification for Organic Multichip Module (MCM-L) Mounting and Interconnecting Structures.
- [12] IPC-7721 (2007), Repair and Modification of Printed Boards and Electronic Assemblies.
- [13] IPC-100002 (1989) Universal Drilling and Profile Master Drawing.

- [14] IPC-100047 (1989) Composite Test Pattern Basic Dimension Drawing-Ten Layer.
- [15] IPC-AI-642 (1988), User Guidance for Automated Inspection of Artwork, Innerlayer and Unpopulated PWBs.
- [16] IPC-CC-830 (2002), Qualification and Performance of Electrical Insulating Compound for Printed Board Assemblies.
- [17] IPC-CF-148 (1998), Resin Coated Metal for Printed Boards.
- [18] IPC-CF-152 (1997), Composite Metallic Specification for Printed Wiring Boards.
- [19] IPC-D-325 (1995), Documentation Requirements for Printed Boards, Assemblies, and Support Drawings.
- [20] IPC-DD-135 (1995), Qualification for Deposited Organic Interlayer Dielectric Materials for Multichip Modules.
- [21] IPC-ET-652 (1990), Guidelines and Requirements for Electrical Testing of Unpopulated Printed Boards.
- [22] IPC-FC-232 (1995), Adhesive Coated Dielectric Films for Use as Cover Sheets for Flexible Printed Wiring and Flexible Bonding Films.
- [23] IPC-MF-150 (1991), Metal Foil for Printed Wiring Applications.
- [24] IPC-QL-653 (1997), Certification of Facilities that Inspect/Test Printed Wiring Boards, Components and Materials.
- [25] IPC-SM-840 (2007), Qualification and performance of Permanent Solder Mask.
- [26] IPC-T-50 (2003), Terms and Definitions for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits.
- [27] IPC-TM-650 (1990), Test Methods Manual.
- [28] J-STD-003 (2007), Solderability Tests for Printed Boards.
- [29] MIL-STD-690C (1993), Failure Rate Sampling Plans and Procedures.
- [30] QQ-A-250 (1997), Aluminum Alloy, Plate and Sheet.
- [31] QQ-N-290 (2000), Nickel Plating.
- [32] QQ-S-635 (1988), Steel Plate. Carbon.
- [33] UL 94 (1996), Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances.