

휴대폰용 전력증폭기의 신뢰성 평가기준

이우성*, 황순미**, 이관훈**, 송병석**, 정해성***, 오근태****

전자부품연구원 융합부품연구본부*, 전자부품연구원 신뢰성본부**,
서원대학교 멀티미디어공학과***, 수원대학교 산업정보공학과****

Reliability Assessment Criteria of Power Amplifier for Mobile Phone

Woo Sung Lee*, Soon Mi Hwang**, Kwan Hun Lee**, Byeong Suk Song**,
Hai Sung Jeong***, Geun Tae Oh****

Convergence Components R&D Division, Korea Electronic Technology Institute*
Reliability R&D Division, Korea Electronic Technology Institute**
Dept. of Multimedia Engineering, Seowon Univ.***,
Dept. of Industrial Information Engineering, Univ. of Suwon****

Abstract

PAM(Power Amplifier Module) is the important part of a mobile phone transmitter. It amplifies the strength of signal transmitting from a mobile phone to base stations enough to resist noise or interference. In this paper reliability assessment criteria for the PAM are established in terms of quality certification test and lifetime test. The former quality certification test comprises general performance test and environmental test. Items which pass the test undergo lifetime test which guarantees the extent of mean lifetime with certain confidence.

Key word : PAM, quality certification test, lifetime test, environmental test

1. 서 론

휴대폰은 크게 고주파 신호를 다루는 무선통신(RF : Radio Frequency)부, 기저대역 신호를 다루는 베이스밴드(BaseBand)부 및 소프트웨어(SW)의 3개 부분으로 구성된다. RF부는 휴대폰이 기지국과 무선통신을 위해 고주파 신호를 안테나를 통해 송수신하는 역할을 한다. 기지국과 끊임없는 대화를 주고받는다. RF부는 또한 송신부, 수신부와 안테나로 세분화된다. 베이스밴드부는 RF부를 통해 송수신될 음성신호 및 각종 멀티미디어 데이터를 생성, 가공하는 역할을 하며, 모뎀칩세트, 메모리, LCD 등으로 구성된다.

전력증폭기(PAM : Power Amplifier Module)는 송신부의 핵심부품이다. 휴대폰에서 기지국으로 보내는 신호가 잡음 또는 전파 간섭에 견딜 수 있을 만큼 신호의 세기를 증폭시켜 준다. 따라서 휴대폰의 성능과 수명에 큰 영향을 미치는 전력증폭기에 대한 신뢰성 평가기준의 제정은 휴대폰의 경제적 사회적 중요성에 비추어 보아도 매우 중요하다고 할 수 있다.

이 연구에서는 휴대폰용 전력증폭기의 신뢰성을 높이기 위한 품질시험과 고장률시험 기준을 제시하고자 한다. 이 논문에서 제시하는 기준은 전력 증폭기의 신뢰성시험을 위한 유효한 시험기준을 제공하며, 이 기준을 적용하는 경우 인용하고 있는 규격도 동시에 참고하여야 한다. 해당 부품을 제조하는 제조자나 사용자가 해당 부품의 품질이나 특성을 고려하여 일부조건에 대한 사항을 추가하거나 일부 조건을 변경하여 이 기준을 적용하더라도 효과를 거둘 수 있도록 하였다. 이 기준의 목적은 전력증폭기의 품질시험을 합격한 시료에 대하여 신뢰성시험을 통해 B10 수명이 일정수준임을 보증하는데 있다.

2. 일반사항

2.1. 적용범위

이 기준은 휴대 이동통신 단말기용 전력 증폭기의 신뢰성 시험에 대하여 규정한다. 이 기준에서는 전력증폭기는 패키지(package) 형태에 따라 SIP(System In Package)형과 MLF(Micro Lead Frame)형에 한하여 적용하며, 이 기준과 제품사양 사이에 차이가 있을 경우는 제품 사양을 따른다.

2.2. 인용규격

이 기준을 만들기 위해 참고한 국내규격은 KS A 0006(2001), KS C 0210(1998), KS C 0222(1989), KS C 0225(2001), KS C 0238(2001), KS C 0240(1998), KS C 0241(1998), KS C 0242(1998), KS C 0283(1997), KS C 6032(1981), KS C

6430(2004)이며, 국제규격은 IEC 60068-2-7(1983), IEC 60068-2-27(1987), IEC 60068-2-29(1987), JESD22-A102(2000), JESD22-A110(1999), JESD22-A104(2005), JESD22-A106(2004)이다.

3. 신뢰성 시험

3.1 신뢰성 시험의 목적과 구분

이 연구에서는 신뢰성인증을 위하여 수행되는 시험을 크게 품질시험과 수명시험으로 나누고, 품질시험에서는 대상 부품의 성능 및 내환경성을 평가하는 항목을 포함시키고, 수명시험에서는 수명을 평가하는 항목을 포함시켰다. 품질시험에서는 대상 부품이 정해진 품질 관련 성능 요건(성능 및 내환경성 관련)을 만족하는지 여부만을 평가하고, 수명시험에서 B_{10} 수명을 정해진 신뢰수준으로 보증한다.

3.2 시험조건 및 요구사항

3.2.1 시료의 분류

시험시료는 패키지 형태에 따라 SIP 타입과 MLF 타입으로 분류된다.

3.2.2 시료수

신뢰성시험에 사용될 이동통신용 전력증폭기는 원칙적으로 최종 출하 전 전수검사를 실시하는 공정인 경우 가장 최근에 동일조건으로 생산된 양품 중 환경시험을 위한 시료 251개 및 수명시험을 위한 시료 22개를 발취하되, 제조자의 책임이 아닌 사고로 인해 결함이 발생한 제품을 대체 사용하기 위해 예비시료 2개를 추가로 발취한다.

3.2.3 표준 대기 조건 및 전원

개별 시험항목에서 시험항목이 특별히 규정되어 있지 않는 경우에는 KS C 0210(1998)에서 규정한 다음 <표 1>에 주어져 있는 표준대기조건에서 시험 및 측정을 실시한다.

<표 1> 표준 대기 조건

온도(°C)	습도(% R. H.)	압력(kPa)
15~35	25~75	86~106

4. 품질시험

품질시험은 성능시험과 환경시험으로 구성되며, 환경시험을 위한 시료들은 성능시험 결과 합격한 제품만 사용한다.

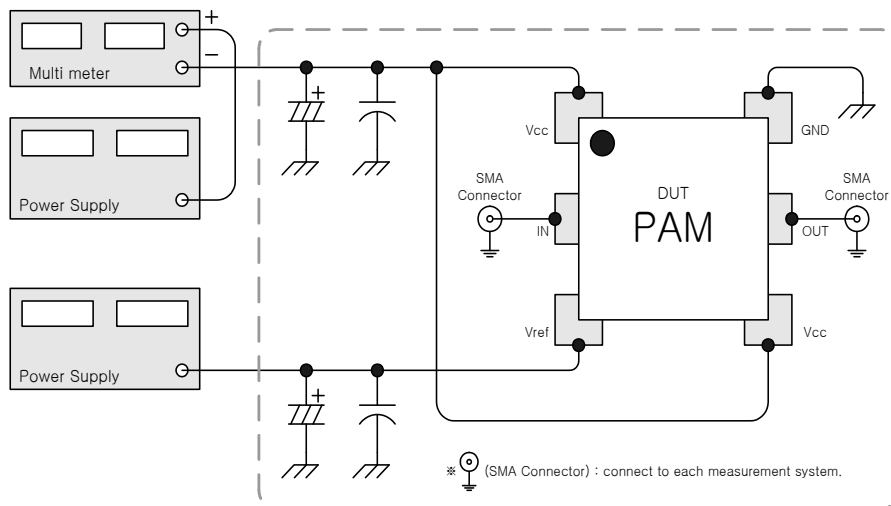
4.1 성능시험

성능시험은 다음 <표 2>의 각 항목을 만족하여야 한다.

<표 2> 성능시험

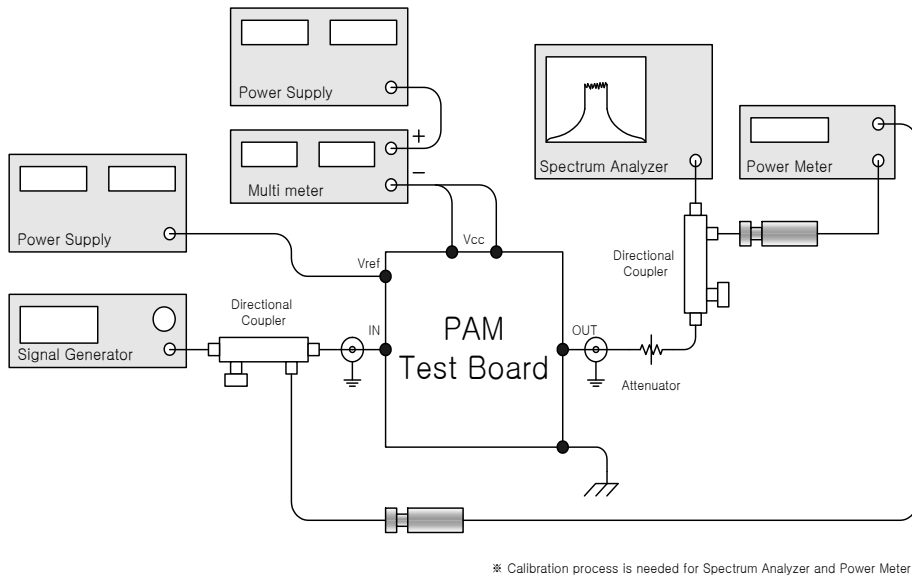
구분	시험항목	시험방법	시험조건	판정기준	시료수	허용 고장수
성능 시험	직류전원 소비	4.1.1	정격전압	제품사양	251	0
	이득	4.1.2				
	출력전력	4.1.3				
	전력부가효율	4.1.4				
	인접채널전력비	4.1.5				
	인접채널누설비	4.1.6				
	고조파	4.1.7				

전력 증폭기 모듈의 일반성능 측정을 위한 테스트보드는 다음 <그림 1>과 같이 구성하여 측정한다.



<그림 1> 전력 증폭기 모듈 일반성능 테스트 보드

다음 <그림 2>와 같은 측정시스템을 구성하여 직류 전원을 인가하고 신호 발생기의 출력을 인가하는 것을 시초로 하여 신호 발생기의 출력 전력을 키워 가면서 스펙트럼 분석기, 전력 측정기, 직류 전류계를 통하여 각각 항목에 대해 측정한다.



<그림 2> 전력 증폭기 모듈 성능 테스트 조직 구성

4.1.1 직류 전원 소비(DC Consumption)

소비하는 직류 전압과 직류 전류에 대한 측정으로 직류전압은 직류 전원 인가할 때 직류 전압계를 이용하여 측정하고, 신호 발생기의 출력 전력을 키워 가면서 스펙트럼 분석기 또는 전력 측정기로 측정되는 전력 증폭기의 출력 전력에 따른 직류 전류 소비를 직류 전류계를 통해 전류 값을 측정한다.

4.1.2 이득(Gain)

신호 발생기의 출력 전력을 키워 가면서 전력 측정기를 이용하여 입력과 출력의 전력을 측정하여 출력 전력에 따른 입출력 전력의 비를 다음 식 (1)에서 계산한다.

$$Gain = \frac{P_{out}(W)}{P_{in}(W)} = P_{out}(dB) - P_{in}(dB) \quad (1)$$

4.1.3 출력전력 (output power)

전력 증폭기의 출력 전력을 스펙트럼 분석기 또는 전력 측정기를 이용하여 측정한다.

4.1.4 전력부가효율(PAE)

앞의 측정 방법 4.2.1~4.2.3 과정에서 측정한 결과를 다음 식 (2)에 대입시켜 계산한다.

$$PAE(\%) = \frac{P_{out}(W) - P_{in}(W)}{P_{DC}(W)} \times 100 = \frac{10 \left(\frac{P_{out}(dB)}{10} \right) - 10 \left(\frac{P_{in}(dB)}{10} \right)}{V(V) \times I(A)} \times 100 \quad (2)$$

4.1.5 인접채널전력비(ACPR)

전력 측정기로 측정하는 전력에 따라 스펙트럼 분석기의 인접채널전력비 측정모드를 이용하여 특정 오프셋 주파수에서의 인접채널전력비를 측정한다.

4.1.6 인접채널누설비(ACLR)

전력 측정기로 측정하는 전력에 따라 스펙트럼 분석기를 이용하여 특정 오프셋 주파수에서의 인접채널누설비를 측정한다.

4.1.7 고조파(Harmonics)

스펙트럼 분석기의 주파수 측정 범위를 넓혀 기본 주파수의 신호에 대한 정수배가 되는 주파수에서의 신호의 크기를 측정한다.

4.2 환경시험

시험품을 <표 3>의 각 조건으로 시험 후 4.1 성능시험을 만족하여야 한다. 단, 전처리 시험 후에는 성능시험을 하지 않는다.

<표 3> 환경시험 판정기준

구분	시험항목	시험방법 및 엄격도		시료수	허용 고장수	
		시험 조건	패키지 형태			
			SIP			MLF
환경 시험	납땜성 시험 4.2.1	- 온도 : (215±2)℃ - 시간 : 5초 침적	공통		10개	0
	전처리 ⁽¹⁾ 4.2.2	(1) 고온시험 - 온도 : (125±2)℃ - 시간 : 6시간	공통		231개	-
		(2) 습도시험 - 온도 : (30±2)℃ - 습도 : (70±3)% R.H. - 시간 : 96시간				
		(3) 온도변화시험 - 온도범위 : 패키지구분 - 온도변화률 : 1℃/분 - 유지시간 각 1분 - 시험주기 : 6주기				
	포화증기 가압시험 4.2.3	- 온도 : (121±2)℃ - 습도 : 100% R.H. - 기압 : 204kPa(2.0 atm) - 시간 : 패키지 구분	96시간	168시간	전처리 시료 77개	0
	고온고습 동작시험 4.2.4	- 온도 : (85±2)℃ - 습도 : (85±3)% R.H. - 정격전압인가 - 시험시간 : 패키지 구분	1,000시간	500시간	전처리 시료 77개	0
	열충격시험 4.2.5	- 온도범위 : 패키지 구분 - 온도변화률 : 5분 이내 - 유지시간 : 각 20분 - 시험주기 : 1,000주기	(-40~125)℃	(-65~125)℃	전처리 시료 77개	0
ESD시험 4.2.6	(1) Human Body class- 1B condition:±500V, 100pF, 1.5kΩ	공통		10개	0	

주(1) 포화증기가압시험, 고온고습시험, 열충격시험은 전처리 시험을 거친 시료를 사용한다.

4.2.1 납땜성시험

납땜성시험은 전기전자제품에 사용하는 인쇄회로기판 및 전기, 전자 부품의 단자부에 대한 땜납 붙임성과 땜납 내열성을 시험하는 방법으로 KS C 0250에 따라 시험한다. 시험 후 4.1 성능시험을 만족하여야 한다

- a) 땜납조 : 땜납조는 깊이가 40mm 이상으로, 300ml 이상의 용량인 것을 사용한다.
- b) 플럭스 : 로진 플럭스, type LRC3N(J-STD-004) 또는 제품사양에 규정된 플럭스를 사용한다.
- c) 땜납 : Sn60Pb40, Sn63Pb37 또는 제품사양에 규정된 땜납을 사용한다.

- d) 전처리 : 시료를 받은상태(as received)로 시험하여야 하며 판매자와 소비자가 동의하는 경우 시험 전 세척을 수행한다. 세척은 10%Vol HCl(60℃ ± 5℃)에 15초간 침지 후 물 세척 및 이소프로필알콜을 사용하여 충분히 건조한다. 시료는 규정된 상온의 액체 플럭스에 침지한 후 과잉의 플럭스는 깨끗한 필터지 위에 시료를 수직으로 1~5초간 올려놓아 제거한다. 시료를 용융납에 침지하기 전 용융납 표면으로부터 최대 3mm 정도 위에서 대략 (10~20)초 간 유지시간 경과 후 규정된 침지시간, 침지속도 그리고 침지깊이로 용융납에 침지한다. 시험 후 납땜면적에 대해 최소 95%이상 젖음이 발생하여야 하고, 표면에 핀홀(Pin hole)은 극히 소량만이 허용되며, 납이 묻지 않은 부분(Non-wetting)과 기지금속(Base metal)이 노출된 면적은 없어야 한다.
- e) 납조온도 : (235 ± 2)℃
- f) 침지시간 : 시료를 납조에 침지하는 시간은 5초간 침지한다.
- g) 침지속도 : 시료를 납조에 침지할 때의 침지속도는 (20~25±2.5)mm/초를 유지한다.
- h) 침지깊이 : 시료는 1회에 한해 침지를 하며, 침지깊이는 ((5.0~6.0)±0.1)mm 또는 부품사양 기준에 따라 부품을 일정 깊이로 침지한다.

4.2.2 전처리시험

전처리 시험은 a) 고온시험, b) 습도시험, c) 온도변화시험 순으로 실시한다. 전처리 시험 후 시료는 4.1 성능시험을 하지 않는다.

- a) 고온시험 : KS C 0221(2004) 및 IEC 60068-2-2(2007)에서 규정하는 고온시험 Bb의 발열이 없는 시험품에 대한 완전한 온도변화를 수반하는 고온시험방법을 따른다. 시험품을 시험실의 온도에 있는 동안 시험조에 넣는다. 조안의 온도를 (125±2)℃로 하고 시험품이 안정에 도달할 때 까지 방치한 후, 시험품을 6시간 방치한다. 시험시간은 온도 안정에 도달한 시점에서 측정한다. 6시간 방치후 시험품을 조 안에 둔 채, 조 안 온도를 표준상태의 범위 내까지 서서히 낮춘다. 조 안의 온도변화 비율은 5분 이내의 평균으로 매분 1℃를 넘지 않도록 한다.
- b) 습도시험 : IEC 60068-2-78(2007)에서 규정하는 안정상태의 내습성 시험방법을 따른다. 시험품을 시험실의 온도에 있는 동안 시험조에 넣는다. 조 안의 온도를 (30±2)℃, 습도를 (70±3)% R.H. 하고 시험품이 안정에 도달할 때 까지 방치한 후, 시험품을 96시간 방치한다. 96시간 방치 후 시험품을 조 안에 둔 채, 조 안 온도와 습도를 표준상태의 범위 내까지 서서히 낮춘다. 조 안의 온도변화 비율은 5분 이내의 평균으로 매분 1℃를 넘지 않도록 한다.
- c) 온도변화시험 : KS C 0225(2001)에서 규정하는 정속 온도변화 시험방법을 따른다. 시험품을 시험실의 온도에 있는 동안 시험조에 넣는다. 조 안의 온도를 규정된 저온까지 (1±0.2)℃/분으로 내린다. 저온에서 1분 방치한 후 조 안의 온도를 규정된 고온까지 (1±0.2)℃/분으로 올린 후 고온에서 1분 방치를 1회로 간주하여 총 6회 반복한다.

4.2.3 포화증기가압시험

4.2.2 전처리 시험을 거친 시료를 시험실의 온도에 있는 동안 시험조에 넣는다. 시험품을 온도 (121 ± 2) °C, 100% R.H., 2.0atm으로 가압하여 규정된 시험시간 동안 방치한 후 시험조에서 꺼내어 표준대기 조건에 1시간이상 방치한다. 시험 후 4.1 성능시험을 만족하여야 한다.

4.2.4 고온고습동작시험

4.2.2 전처리 시험을 거친 시료를 시험실의 온도에 있는 동안 시험조에 넣는다. 각 시험품에 정격전압을 가한 후 조안의 온도를 (85 ± 2) °C, 습도를 (85 ± 3)% R.H.로 하고 규정된 시험시간 동안 정격전압을 유지한다. 시험 후 시험조에서 꺼내어 표준대기 조건에 1시간 이상 방치한다. 시험 후 4.1의 성능시험을 만족하여야 한다.

4.2.5 열충격시험

4.2.2 전처리 시험을 거친 시료를 시험실의 온도에 있는 동안 시험조에 넣는다. 조 안의 온도를 규정된 저온 까지 내린 후 저온에서 20분 방치한 후 조 안의 온도를 규정된 고온까지 올린 후 고온에서 20분 방치를 1회로 간주하여 총 1,000회 반복한다. 저온과 고온의 온도 변화시간은 5분 이내로 한다. 시험 후 4.1 성능시험을 만족하여야 한다.

4.2.6 ESD시험

MIL-STD-883E(1996) 클래스 1B의 시험법을 따른다. 에너지 축적용 콘덴서 100pF와 방전저항 1.5kΩ을 규정된 시험규격에 맞게 연결하고 $\pm 500V$ 를 시험에 직각으로 표면에 직접 인가한다. 출력전압은 정극성(+)과 부극성(-)을 순차적으로 인가한다. 이때 각 극성에 3회의 전압을 인가하고, 각 전압사이의 방전시간 간격은 1초 이상으로 한다. 시험 후 4.1의 성능 시험을 만족하여야 한다.

5. 수명시험

5.1 시험조건 및 판정기준

다음 <표 4>에 제시된 바와 같이 시험하여 판정기준을 만족하는 경우 신뢰수준 90%에서 제품의 B_{10} 수명이 25°C에서 46,000시간임을 보증한다.

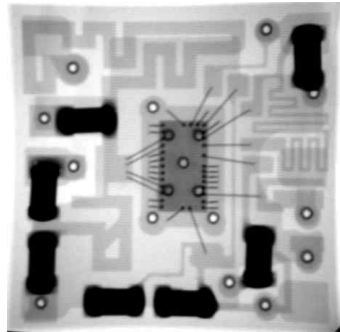
<표 4> 수명시험

시험항목	시험조건	판정기준	시료수	허용 고장수
수명시험	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시험온도 : 125℃ ○ 부하 : 정격 전압 무출력상태 ○ 시험시간 : 700시간 	○ 4.1 성능시험항목	22	0

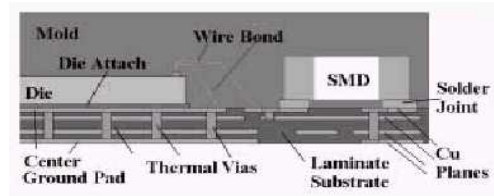
5.2 수명시험의 이론적 근거

5.2.1 전력증폭기의 주요 고장모드 및 고장메커니즘

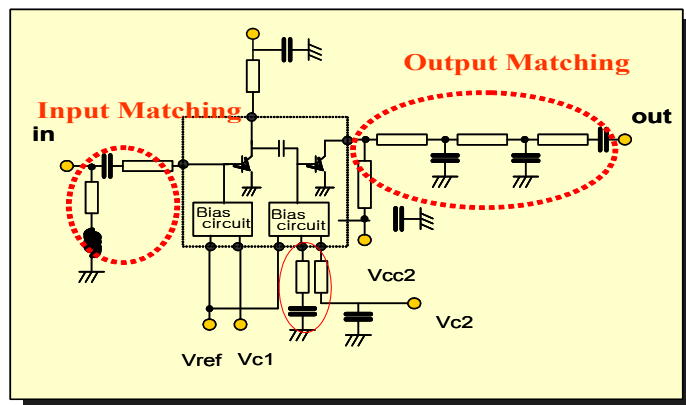
전력증폭기는 PCB기판, 구동IC, 다양한 SMD 부품들의 조합이므로 개개의 부품뿐만 아니라 하나의 고장이 전체의 고장을 야기하므로 주의해야 한다. 다음은 전력증폭기의 X-Ray 사진 및 구조도이다.



<그림 3> 전력증폭기 X-Ray 사진



<그림 4> 전력증폭기의 단면도



<그림 5> 전력증폭기의 구성도

<그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에서 알 수 있듯이 전력증폭기는 PCB, IC, SMD 부품으로 구성되어 있다. 구성품중 신뢰성에 중요한 영향을 미치는 부품은 IC로서 InGaP HBT 계열의 IC를 주로 사용하고 있다. 또한 다음 <표 5>와 <표 6>에서처럼 일반적인 전력증폭기의 고장메카니즘(Failure Mechanism)에 따르면 전력증폭기의 수명에 결정적인 부품은 IC의 열화이기 때문에 수명시험은 IC의 수명을 기준으로 설계되었다.

<표 5> 일반적 전력증폭기의 고장원인 및 고장메카니즘

고장원인 (Stresses and Performance)	부식	균열	IC 열화
습도	○	○	○
열	○	◎	◎
열주기	○	○	◎
납땀	-	○	-
고전압	-	-	◎

* 신뢰성에 관련된 중요도에 따라 표시 : ◎가장 중요 ○ 중요 ◇ 보통
* 고장기구(Failure Mode/Mechanism)는 해당 부품·소재에서 발생할 수 있는 모든 고장 형태를 나타냄

<표 6> 고장메카니즘 및 시험방법

고장기구 (Failure Modes/Mechanisms)	포화 수중기 가압	고온고습 동작	온도주기	납땀성	정전기
부식	○	○	○	-	-
균열	○	◎	○	○	-
IC 열화	○	◎	◎	-	◎

* 신뢰성에 관련된 중요도에 따라 표시 : ◎가장 중요 ○ 중요 ◇ 보통
* 고장기구(Failure Mode/Mechanism)는 해당 부품·소재에서 발생할 수 있는 모든 고장 형태를 나타냄
* 시험방법은 해당 발생고장을 일으킬 수 있는 시험방법을 나타냄

5.2.2 신뢰성 평가척도 선정과 수명분포

주된 고장메카니즘이 IC의 마모고장 형태이므로 B_{10} 수명을 신뢰성 평가척도로서 선정하였다.

5.2.3 수명분포

대상 부품의 수명분포는 마모고장 형태의 고장시간을 모델링할 수 있도록 와이블분포로 가정하였다.

5.2.4 보증수명

산업계요구에 따라 B_{10} 수명은 25℃에서 46,000시간, 즉 약 5년으로 정한다.

5.2.5 시험시간

산업계에서 요구되고 있는 수명(25℃에서 B_{10} 수명 45,000시간 이상)을 보증하기 위해서 125℃에서 B_{10} 수명을 700시간으로 결정하고, 시험시간도 같은 700시간으로 한다.

5.2.6 B10 수명 보증을 위한 시료 수 결정을 위한 식

B_{10} 수명 보증을 위한 시료 수 결정은 다음과 같이 유도된다. n 을 시료수, 소비자 위험을 α , 합격판정개수를 C , 누적분포함수를 $F(t)$ 라고 하면, 고장갯수는 자유도 $2(C+1)$ 의 χ^2 분포를 하므로

$$2nF(t) \geq \chi^2_{\alpha} [2(C+1)], \quad t \geq 0$$

이 된다. 그러므로, 시료수 n 은

$$n \geq \frac{\chi^2_{\alpha} [2(C+1)]}{2 F(t)} \quad (3)$$

으로 표현된다. 와이블분포에 있어서 위치모수의 값이 0 이라고 하면, 누적분포함수 $F(t)$ 는

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}}, \quad \beta, \eta > 0 \quad (4)$$

가 된다. 여기서, β 는 형상모수, η 는 척도모수를 나타낸다. 식 (4)를 정리하여, 양변에 대수를 취하면

$$-\ln[1-F(t)] = \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}$$

되고, 일반적으로 $F(t)$ 값은 작기 때문에 다음과 같이 근사화시킬 수 있다.

$$-\ln[1-F(t)] \doteq F(t) \tag{5}$$

식 (5)를 식 (4)에 대입하여 정리하면

$$t = n F(t)^{1/\beta}.$$

한편, 와이블분포에서 평균수명 θ 는

$$\theta = n \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \tag{6}$$

이므로

$$\frac{t}{\theta} = \frac{[F(t)]^{\frac{1}{\beta}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)}.$$

여기에서 $F(t)$ 에 대해서 정리하면

$$F(t) = \left[\frac{t \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)}{\theta} \right]^\beta \tag{7}$$

따라서, 식 (6)을 식 (7)에 대입하여 정리하면 $F(t)$ 는

$$F(t) = \left[\frac{t}{n} \right]^\beta \tag{8}$$

한편, B_{10} 수명은

$$B_{10} = n [-\ln(1 - 0.1)]^{(1/\beta)} \tag{9}$$

이므로 식 (9)를 n 에 관해 정리하여 식 (8)에 대입하면 $F(t)$ 는 식 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$F(t) = \left[\frac{-t \ln[1 - (0.1)]^{(1/\beta)}}{B_{10}} \right]^\beta \tag{10}$$

따라서, 식 (4)는 다음 식 (11)과 같이 유도된다.

$$n \geq \frac{\chi_a^2 [2(C+1)]}{2 \left(\frac{t}{B_{10}} \right)^\beta \ln[1-0.1]^{-1}} \quad (11)$$

5.2.7 시료 수 결정

τ^* 를 보증하고자 하는 B_{10} 수명, T 를 시험시간이라 하면 식 (11)은

$$n \geq (\tau^*/T)^\beta [\chi_a^2(C+1)/2] [1/\ln(1-0.1)^{-1}]$$

이 된다[19]. 따라서, 시료수 n 은 인증 받고자 하는 수명수준과 시험시간을 동일하게 700시간으로 결정하였기 때문에 $\tau^*/T=1$ 이 되어 형상모수 β 에 영향을 받지 않으며, 신뢰수준은 90%, 허용 고장수 C 는 0으로 하면

$$n \geq [\chi_{0.1}^2(2)/2] [1/\ln(1-0.1)^{-1}] \approx 22$$

가 되어 시료수는 22개로 결정된다.

5.2.8 가속시험 계수

전력증폭기의 주 고장부위는 IC의 성능열화로 조사되었으며, 본 기준에서는 수명시험 후 InGaP HBT IC 가속수명시험결과(By WIN Semiconductor Corp.)를 활용하여 정상사용 조건 25℃에서의 수명을 동시에 인증한다.

본 시험의 가속계수를 다음과 같이 계산할 수 있다. 가속모델은 다음과 같이 아레니우스 모델을 사용한다.

$$\frac{L(T_{low})}{L(T_{high})} = \exp \left[\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_{low}} - \frac{1}{T_{high}} \right) \right]$$

여기서 E_a 는 활성화 에너지(activation energy), k 는 볼츠만(Boltzman) 상수, T_{low} 와 T_{high} 는 절대온도값이다. 가속계수의 산정기준이 되는 활성화 에너지는 선행연구결과 1.42eV(InGaP HBT IC의 작동온도(junction Temperature)에 대한 활성화 에너지)를

사용한다. 정상사용 온도를 25℃로 가정하는 경우 전력증폭기의 작동온도는 평균 출력인 19~20dBm에서 125℃이다. 본 기준에서 수명시험은 시험의 편의성을 위해 무출력 상태로 DC 전압을 인가하며 이때의 IC 작동온도는 주위온도보다 45℃ 상승한다. 따라서 125℃ 주위온도에서 정격전압을 인가하는 경우 무출력상태에서 IC의 온도는 170℃ 까지 상승함을 가정하였다. 이에 따라 시험온도는 125℃, 사용온도는 25℃를 가정하는 경우 가속계수는 66.8임을 알 수 있다.

6. 결 론

이 논문에서는 휴대폰용 전력증폭기의 신뢰성을 높이기 위한 품질시험과 고장률시험 기준을 제시하였다. 휴대폰용 전력증폭기의 신뢰성 평가 기준으로서 JESD22-A102(2000) 등을 근거 기준으로 기준 체계를 설정하였지만 아직까지 전력증폭기에 대한 국가규격이나 국제 규격이 없기 때문에 세계 최고수준인 국내외 선진사 규격을 참고하여 보증수명기간에 반영하였다. 본 논문은 전력 증폭기의 신뢰성시험을 위한 유효한 시험기준을 제공하며 이 기준을 적용하는 경우 인용하고 있는 규격도 동시에 참고하여야 한다. 해당 부품을 제조하는 제조자나 사용자가 해당 부품의 품질이나 특성을 고려하여 일부조건에 대한 사항을 추가하거나 일부 조건을 변경하여 이 기준을 적용하더라도 효과를 거둘 수 있도록 하였다.

참고문헌

- [1] 김명수, 유동수 (2001), 신뢰성평가를 위한 기본 개념과 시험조건 결정, 제2회 부품·소재 신뢰성 워크샵.
- [2] IEC 60068-2-2 (2007), Environmental testing - Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat
- [3] IEC 60068-2-7 (1983), Environmental testing - Part 2 : Tests. Test Ga : Acceleration, steady state.
- [4] IEC 60068-2-27 (1987), Environmental testing - Part 2 : Tests. Test Ea and guidance : shock.
- [5] IEC 60068-2-29 (1987), Environmental testing - Part 2 : Tests. Test Eb and guidance : Bump.
- [6] IEC 60068-2-78 (2007), Environmental testing - Part 2-78: Tests - Test Cab: Damp heat, steady state.
- [7] JESD22-A102 (2000), the purpose of unbiased autoclave(Accelerated Moisture Resistance Test) is to evaluate the moisture resistance of non-hermetic packaged solid state devices.

- [8] JESD22-A104 (2005), the purpose of the test is to determine the resistance of the part to examines of high and low temperature and the effect of alternate exposure of temperature cycle.
- [9] JESD22-A106 (2004), the purpose of the test is to determine the resistance of the part to sudden changes in temperature and to the affect of alternate exposures to thermal shock.
- [10] JESD22-A110 (1999), the purpose of the test is to evaluated the reliability of non-hermetic solid state devices in a biased humid environment. same type of failures as does biased 85/85 but accelerated by temperature, pressure, and humidity.
- [11] KS A 0006 (2001), 시험 장소의 표준상태.
- [12] KS C 0210 (1998), 환경시험방법(전기·전자) 통칙.
- [13] KS C 0221 (2004), 환경 시험 방법-전기·전자-고온(내열성) 시험 방법
- [14] KS C 0222 (1989), 환경시험방법(전기·전자) 고온고습.
- [15] KS C 0225 (2001), 환경시험방법(전기·전자) 온도변화 시험방법.
- [16] KS C 0238 (2001), 환경시험방법(전기·전자) - 가속도시험.
- [17] KS C 0240 (1998), 환경시험방법(전기·전자) - 정현파 진동.
- [18] KS C 0241 (1998), 환경시험방법(전기·전자) - 충격시험.
- [19] KS C 0242 (1998), 환경시험방법(전기·전자) - 범프시험.
- [20] KS C 0283 (1997), 환경시험방법(전기·전자) - 내습성 시험.
- [21] KS C 6032 (1981), 전자부품의 고장률시험방법 통칙.
- [22] KS C 6430 (2004), 신뢰성보증 전자부품 통칙.
- [23] MIL-STD-883E (1996), Test Method Standard Microcircuits.