

LTCC-M모듈의 신뢰성설계 사례

박정원¹⁾, 박 훈²⁾

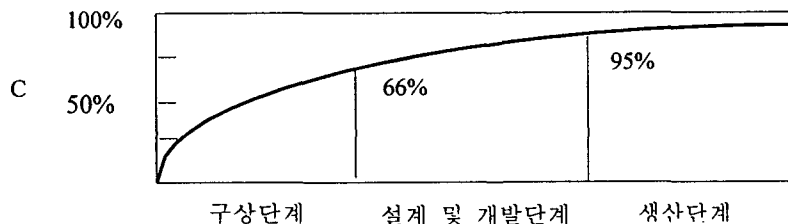
요 약

일반적으로 제품을 개발하는 과정은 구상단계(Concept/Planning Phase), 설계 및 개발단계(Design/Development Phase), 생산단계(Production/Manufacturing Phase)로 나누어 볼 수 있는데, 제품의 신뢰성은 거의 70~80%가 구상단계와 설계 및 개발단계에서 결정된다. 그러므로 높은 신뢰성을 갖는 제품을 개발하기 위해서는 구상단계와 설계 및 개발단계에서부터 신뢰성을 고려하여야 한다. 본 논문에서는 D전자(주)에서 산업기술시험원과 함께 구상단계와 설계 및 개발단계에서부터 신뢰성을 고려하여 개발한 LTCC-M(Low Temperature Co-fired Ceramic on Metal) 모듈의 신뢰성설계 사례를 기술하였다. 개발과정에 있어서 신뢰성설계 절차를 제시하고, 각 단계에 있어서 수행한 분석 및 평가 내용을 구체적으로 기술하였다.

I. 서론

일반적으로 제품을 개발하는 과정은 구상단계(Concept/Planning Phase), 설계 및 개발단계(Design/Development Phase), 생산단계(Production/Manufacturing Phase)로 나누어 볼 수 있다. 구상 단계에서는 제품에 대한 소비자의 요구사항을 조사하여 소비자의 요구에 부응하는 제품을 구상하고, 설계 및 개발단계에서는 제품이 사용될 환경을 고려하여 구상한 제품을 어떤 부품, 어떤 제조기술을 이용하여 만들 것인가를 결정하여 제품을 구체적으로 설계하고, 시제품을 제작하여 시험 및 제품 분석을 통하여 문제점을 개선해 나간다. 이와 같이 개발된 제품이 만족한 기능과 신뢰성을 갖게 되면 생산 단계로 넘어 가는데 제품 생산 단계에서는 개발단계에서 목표한 품질 및 신뢰성을 유지할 수 있도록 관리한다.

이와 같은 제품 개발의 3단계에 있어서 제품의 요구되는 성능과 신뢰성을 만족시키기 위하여 소요되는 수명주기비용(Life Cycle Cost)을 RAC(Reliability Analysis Center)[4]에서 조사한 자료에 의하면 구상단계와 설계 및 개발단계에서 소요되는 비용이 개발 중 소요되는 총 비용의 95%를 차지한다(<그림 1> 참조). 그러므로 구상단계와 설계 및 개발단계에서 효율적이고 신중한 개발 작업이 진행되어야 한다.



<그림 1> 제품 개발 3단계와 소요 수명주기비용의 비율
(C는 개발 중의 총 수명주기 비용에 대한 비율)

더구나 제품의 신뢰성은 거의 70~80%가 구상단계와 설계 및 개발단계에서 결정되기 때문에 구상단계와 설계 및 개발단계에서부터 신뢰성을 고려하여 개발하여야 한다. 요즘 산업계의 전

1) 산업기술시험원, 서울특별시 구로구 구로3동 222-13

2) 대우전자, 서울특별시 금천구 가산동 60-8

반적인 추세도 이전에는 제품을 평가하여 좋은 제품을 선택하는 경향이 있었지만 근래에는 제품을 평가하는데 시간과 비용이 많이 소요되므로 제품을 제조하는 제조자를 평가하여 좋은 제조자를 선택하는 쪽으로 변화하고 있다. 이와 같이 제조자를 평가하는데 있어서 제품을 개발할 때부터 어떻게 신뢰성을 확보하기 위한 노력을 하는가가 중요한 평가항목이 되고 있다.

현재 국내에서는 신뢰성 관련 업무가 주로 개발 완료된 제품 또는 양산하고 있는 제품에 대하여 시험을 통한 신뢰성평가에 치우쳐 있는 실정인데 근본적으로 제품의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 제품을 설계 및 개발하는 과정에서부터 신뢰성을 고려하여 개발하는 신뢰성설계 과정이 필요하다. 하지만 제품 개발자들은 제품을 설계하는 것은 유형의 대상을 만드는 것이기 때문에 설계한다는 개념이 구체적으로 이해되지만 신뢰성을 설계한다는 것은 추상적인 개념이기 때문에 어떻게 설계하는 것이 신뢰성설계인지를 모르고 있는 경우가 많다.

본 논문에서는 제품 개발자들이 신뢰성설계를 이해하고, 실제 개발업무에 활용할 수 있도록 하기 위하여 새로운 다중 칩 모듈을 개발하는데 있어서 설계 및 개발단계에서부터 신뢰성을 고려하여 개발한 사례를 기술하였다. 먼저 개발 대상인 LTCC-M 모듈에 대하여 설명하고, LTCC-M모듈의 신뢰성설계 절차를 제시하였으며 신뢰성설계 중 각 단계에 있어서 적용한 기술과 구체적 분석 및 평가 내용을 기술하였다.

II. 개발 대상 LTCC-M 모듈

1. 패키징(packaging) 기술 구분 및 관련 기술 동향

현재 전자 패키징 기술동향은 신호처리의 고속화, 회로의 고집적화, 제품의 고신뢰성화 및 가격 경쟁력의 확보를 추구하고 있다. 패키지의 종류로는 실장 되는 칩의 수에 따라 단일 칩 패키지(Single Chip Package)와 다중 칩 패키지(Multichip Package)로 나눌 수 있고, 패키지 형태에 따라서는 SIP(Single Inline Package), DIP(Dual Inline Package), QFP(Quad Flat Panel), PGA(Pin Grid Array), BGA(Ball Grid Array) 등으로 나눌 수 있으며, 사용하는 재료에 따라서는 플라스틱 패키지(Plastic Package)와 세라믹 패키지(Ceramic Package)로 대별할 수 있다.

최근 전자 패키징 기술은 능동소자인 IC의 집적화 뿐만 아니라 수동소자를 패키지에 내장(Embedded)시킴으로써 도선(Conductor Line)의 단축에 따른 주위소자와의 레디에이션(Radiation) 감소 및 인덕턴스(Inductance) 요소의 감소 효과 등의 기능상 장점을 추구하고 있으며 납땜 점(solder point)의 감소에 따른 신뢰성 향상과 이에 따른 원가절감 등을 추구하고 있다.

2. LTCC-M(Low Temperature Cofired Ceramic on Metal) 기술

LTCC-M기술은 세라믹 패키지를 제조하는데 사용하는 LTCC기술을 응용한 기술이라 말할 수 있다. 세라믹 패키지는 단일 칩을 실장 하는 경우에는 CSP(Chip Scale Package)나 BGA에 응용하고 있으며 2개 이상의 칩(Multichip)을 실장 하는 경우에는 모듈 형태로 구성된다. 이와 같이 구성되는 다중 칩 모듈(Multichip Module, MCM)은 칩이 실장 되는 기판의 종류에 따라 MCM-L(Multichip Module on Laminated Dielectric), MCM-D(Multichip Module on Deposited Dielectric), MCM-C(Multichip Module on Ceramic)로 나눌 수 있으며 LTCC-M 기술은 이 가운데 MCM-C를 제조하는데 사용하는 기술 중 하나라 할 수 있겠다.

MCM-C를 제조하는 방법에는 초기에 알루미늄 계열의 재료를 사용한 HTCC(High Temperature Cofired Ceramic)가 주류를 이루고 있었다. 이 방법에서는 기판의 소성온도가 1500℃ 이상이기 때문에 내부 전극재료로 W, Mo 등의 고용점 금속을 사용하였다. 따라서 내부전극의 저항이 높고 이에 따른 온도상승 등의 단점을 안고 있으며 알루미늄 재료 자체의 높은 유전상수(Dielectric Constant)에 의해서 고주파 회로나 고속 디지털 회로에서 신호 지연 등이 일어나 IC를 모듈화 하는 이점을 저하시키고 있다.

이와 같은 기능상의 단점을 극복하기 위해서 유리-세라믹(Glass-Ceramic) 계통의 재료를 사용한 모듈 제조기술에 대한 연구가 활발해지면서 LTCC 및 LTCC-M 기술이 적용된 상품이 나오게 되었다. LTCC 및 LTCC-M 기술에 사용되는 유리-세라믹은 소성시 어느 일정온도이상에서 핵이 생성되고, 성장하여 결정화되는 결정화유리로서 일반유리에 비해 기계적 성질이 우수할 뿐만 아니라 1000℃ 정도의 온도에서 소성이 가능하여 Cu, Ag, Au 등 전기전도도가 우수한 저용점 금속을 전극재료로 사용할 수 있고 조성의 선택범위가 넓기 때문에 적층형 세라믹 모듈을 제조하는데 주로 사용되고 있다.

LTCC-M은 이와 같은 특성을 갖는 유리-세라믹을 가지고 LTCC를 제조하는 경우 발생하는 소성수축을 금속기판과의 접합으로 억제하여 저항, 인덕터, 커패시터를 모듈 내부에 내장시키는 경우 내장 소자크기를 일정하게 유지시켜 LTCC의 단점을 극복하고 있다. 즉 금속기판을 사용하면 세라믹 기판을 구성하는 그린 시트(Green Sheet) 적층체가 저온 동시 소성될 때 금속기판과 접합하여 유리-세라믹이 주원료인 그린 시트의 수축률을 거의 x-, y- 방향으로 1% 이내로 억제할 수 있다. 즉, LTCC-M의 경우에는 소성시 x-, y- 방향으로의 수축이 최소 15% 이상 일어나는 것을 억제하여 초기에 정해진 회로패턴의 치수변화가 x-, y- 방향으로 거의 없으므로 내장된 저항, 인덕터, 커패시터 소자의 특성 및 층간 정렬 등에 있어서 기존 LTCC 보다 우수하고 수동 소자를 내장시킴으로써 소자간의 거리가 짧아져 이에 따른 신호처리 시간이 짧아지며 표면실장에 의한 납땜 점의 감소로 고주파 회로나 디지털 회로에서 쉽게 발생하는 잡음들이 감소하여 공정의 단순화뿐만 아니라 신뢰성 증가의 효과를 가져오는 기술이라 하겠다.

3. 개발 대상 LTCC-M 모듈

개발 대상인 LTCC-M 모듈은 컬러 TV를 구성하는 부품 가운데 TV의 음성신호를 제어하는 오디오(Audio) IC와 TV 화면의 수직주파수를 제어하는 수직(Vertical) IC를 하나의 기판 상에 구현한 다중 칩 모듈(Multichip Module)이다. 즉, 특별히 디자인된 LTCC-M 기판 상에 오디오 증폭부(Audio Amplifier Part)와 수직 편향부(Vertical Deflection Part)를 함께 구성한 것으로 오디오 증폭부의 경우 10W의 출력(Output Power)과 과전압으로부터의 보호(Overvoltage Protection), 단락으로부터의 보호(Short Circuit Protection), 과열로부터의 보호(Thermal Overload Protection) 기능 등을 내장하고 있으며 수직 편향부는 24V 입력전압으로 램프 생성(Ramp Generator), 파워 증폭(Power Amplifier), 플라이백 생성(Flyback Generator) 기능을 수행하면서 열로부터의 보호(Thermal Protection) 특성도 함께 갖추고 있다.

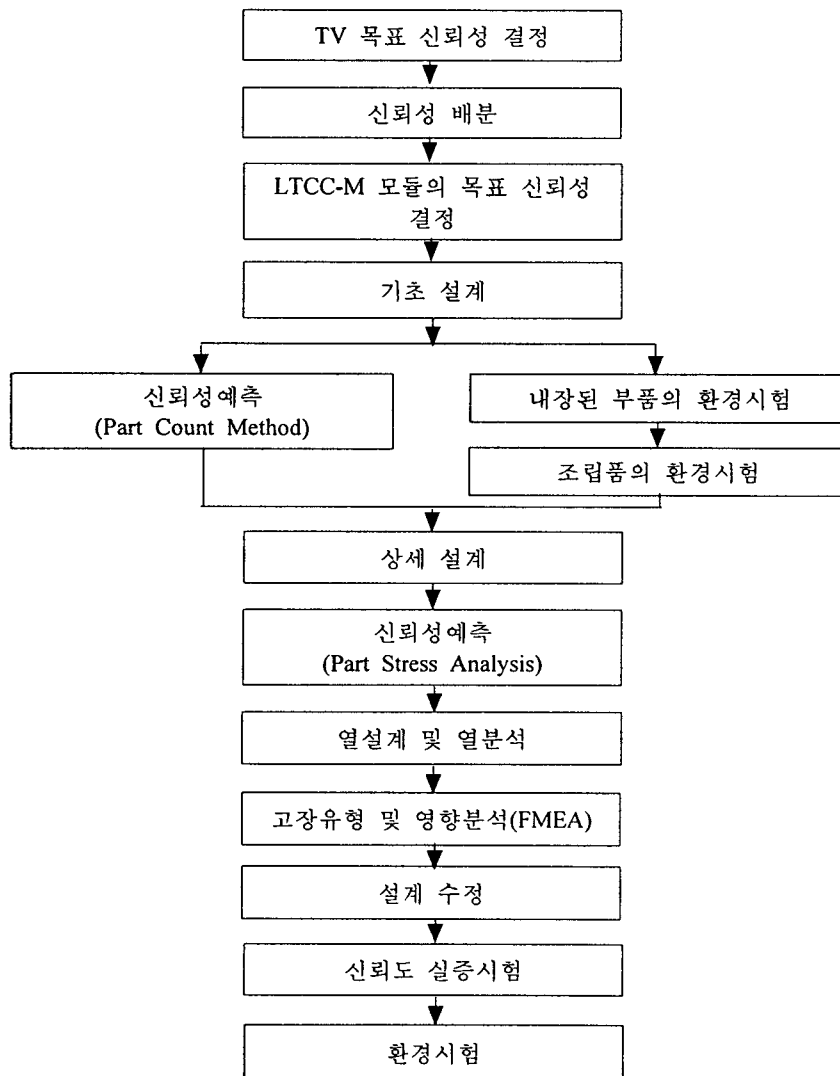
III. LTCC-M 모듈의 신뢰성설계

1. 신뢰성설계 절차

LTCC-M 모듈의 신뢰성을 고려하여 개발하기 위하여 <그림 2>와 같은 절차에 따라서 개발하였다. <그림 2>의 신뢰성설계 절차는 우선 목표 신뢰성을 명확히 결정하고, 시제품을 만들기 전에 여러 가지 분석을 통하여 목표 신뢰성을 만족시킬 수 있는지 여부를 충분히 검토한 후 시제품을 만들고 최종적으로 시험을 통하여 목표 신뢰성을 만족함을 검증하는 순서로 구성되어있다.

세부적인 절차를 살펴보면 먼저 최상위 제품인 TV의 목표 신뢰성을 결정하고, TV 목표 신뢰성으로부터 TV를 구성하는 구성품들의 고장률을 감안한 신뢰성배분을 통하여 LTCC-M 모듈의 목표 신뢰성을 결정한 후 LTCC-M 모듈의 기능을 구현하기 위한 구성부품들의 선정 등의 기초 설계를 실시한다. 기초 설계를 한 후에는 목표하는 신뢰성을 실현할 수 있는지 평가하기 위하여 MIL-HDBK-217F[3]의 부품 수 방법(Part Count Method)을 이용하여 LTCC-M 모듈의 신뢰성을 예측하고, LTCC-M 모듈을 개발하는데 처음 사용하여 신뢰성이 입증 안 된 기술 또는

구성품에 대하여 다양한 환경시험을 통하여 결함이 없는지 확인한다. 이와 같은 평가를 통하여 얻어진 문제점을 분석하여 상세설계에 반영하고, 상세설계된 LTCC-M 모듈의 신뢰성을 MIL-HDBK-217F의 부품 스트레스 분석방법(Part Stress Analysis Method)을 이용하여 더 정밀하게 예측한 후 예측 결과로부터 설계한 LTCC-M 모듈이 목표 신뢰성을 만족할 수 있는지 여부를 판단한다. LTCC-M 모듈에 포함되는 IC들은 발열이 많이 되는 IC들이므로 열을 방산하기 위한 열설계를 하고, 열설계의 효과를 분석한다. LTCC-M 모듈은 새로 개발되는 모듈로서 고장현상에 대한 정보가 없으므로 FMEA를 실시하여 발생가능한 고장현상들을 밝혀내고, 주요 고장현상에 대하여 필요한 조치를 취한다. 앞 선 여러 가지 분석 결과들을 설계에 반영하여 설계 수정을 한 후 LTCC-M 모듈을 제작하여 목표 신뢰성을 만족하는지 신뢰도 실증시험을 통하여 확인하고, 저장, 운송, 사용 중에 겪을 수 있는 여러 가지 환경조건 하에서 정상적으로 사용될 수 있는지 환경시험을 통하여 검증한다.



<그림 2> LTCC-M 모듈의 신뢰성설계 절차

2. 목표 신뢰성 결정

LTCC-M 모듈의 목표 신뢰성을 결정하기 위하여 먼저 최상위 제품인 TV의 목표 신뢰성을 다음과 같이 결정하였다. TV 제작회사에서 개발 제품의 목표를 1년간 A/S(After Service)율을 1%이하가 되도록 하는 것으로 설정하고 있었다. 실제로 소비자들이 제품을 사용하다가 고장이 나는 경우 모두 A/S를 받는 것은 아니므로 실제 고장발생률은 A/S율보다 더 높다고 볼 수 있다. 일반적으로 현장에서는 실제 고장발생률을 A/S율의 2배 정도로 추산하고 있었다. 그러므로 고장발생률 관점에서 볼 때 TV 제작회사에서는 1년에 2%이하의 고장발생률을 갖는 것을 목표로 하고 있었다. 이와 같은 목표는 바꾸어 말하면 1년 동안 고장이 발생할 확률을 0.02 이하가 되도록 한다는 것이다. 이로부터 TV의 목표 고장률을 구하기 위하여 다음과 같은 가정을 하였다.

- ① 제품의 수명분포는 (1)식과 같은 확률밀도함수를 갖는 지수분포를 따른다.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{1}$$

단, λ 는 고장률, t 는 수명이다.

- ② TV의 일일 사용시간은 8시간이다.

이와같은 가정하에서 TV 제조회사의 목표는 (2)식과 같이 표현된다.

$$P[1년동안 고장이 발생할 확률] = 1 - \exp[-(365 \times 8)\lambda] \leq 0.02 \tag{2}$$

(2)식으로부터 TV 목표 고장률 λ 는 6919FIT(Failure In Time, 10^9 시간)가 된다. 이와 같은 TV 목표 고장률을 LTCC-M 모듈에 배분하여 (3)식과 같이 LTCC-M 모듈의 목표 고장률을 정하였다. 이 때, 신뢰성을 배분하는 방법으로는 ARINC 방법[4]을 이용하였고, 예측 고장률에 대한 정보는 기존 모델 TV의 A/S데이터를 활용하여 얻었다.

LTCC-M 모듈의 목표 고장률

$$\begin{aligned} &= (\text{LTCC-M 모듈의 예측 고장률} / \text{TV의 예측 고장률}) \times \text{TV의 목표 고장률} \\ &= (173.9\text{FIT} / 8632.2\text{FIT}) \times 6919\text{FIT} \\ &= 139.4\text{FIT} \end{aligned} \tag{3}$$

3. 신뢰성예측

LTCC-M 모듈의 목표 신뢰성이 실현 가능한지 여부를 판단하기 위하여 구성부품의 정보를 기초로 MIL-HDBK-217F의 부품 수 방법(Part Count Method)을 이용하여 LTCC-M 모듈의 고장률을 예측하였다. 예측할 때 환경조건은 G_B (Ground Benign)으로 가정하였다. 예측 결과 <표 1>과 같은 고장률이 산출되었다. 단, <표 1>의 MIL-SPEC 수준은 상용수준의 한 수준 위의 MIL-SPEC 수준을 의미한다.

<표 1> 예측 결과

품질수준	상용 수준	MIL-SPEC 수준
예측 고장률	496.64FIT	122.11FIT

부품의 품질수준이 상용수준인 경우 목표 고장률과 차이가 크지만 한 수준 위의 품질수준인 경우 목표 고장률을 만족할 수 있으므로 실현 불가능한 목표 고장률은 아님을 알 수 있다.

부품의 부하를 경감(Derating)시키는 등의 상세 설계를 한 후 상세한 부품 적용 정보를 기초로 MIL-HDBK-217F의 부품 스트레스 분석방법(Part Stress Analysis Method)을 이용하여 고장률을 예측한 결과 <표 2>와 같았다.

<표 2> 예측 결과

품질수준	상용 수준	MIL-SPEC 수준
예측 고장률	267FIT	62FIT

사용온도를 30℃로 볼 때 품질수준이 상용수준인 경우 267FIT로 목표 고장률의 약 2배 정도 되고, 상용수준보다 한 수준 위인 경우 62FIT로 목표 고장률의 1/2 밖에 안 됨을 알 수 있다. 그러므로 모든 부품을 상용수준의 부품을 사용하는 경우 목표 고장률을 만족시킬 수 없으며, 목표 고장률을 만족시키기 위해서는 구성부품 중 상대적으로 고장률이 차지하는 비율이 큰 IC와 같은 부품은 부품을 구입할 때 특히 부품의 신뢰성을 고려하여 신뢰할 수 있는 부품 제조업체로부터 구입한다.

4. 내장된 부품의 환경시험

LTCC-M 모듈을 개발하면서 새로운 기술을 적용하여 만든 패키지에 내장시킨 저항에 대하여 사용되어지는 환경조건 하에서 시간이 지남에 따라 특성이 변화하지 않고 안정된 값을 갖는지 확인하기 위하여 대표적인 환경요인인 온도, 온도변화, 습도를 고려하여 고온시험, 온습도 시험, 온도싸이클시험을 실시하였다. 이 때, 시험조건 및 시험시간은 <표 3>과 같이 결정하였고 각 시험에 있어서 시료수는 5개로 정하였다.

<표 3> 시험조건

	고온시험	온습도시험	온도싸이클시험
시험조건	125℃	85℃, 85%RH	고온 125℃, 저온 -55℃
시험시간 (싸이클)	1,000시간	1,000시간	1,000싸이클 온도 유지시간 20분 온도간 변화시간 1분

시험 중 저항의 특성은 고온시험 및 온습도시험의 경우 120시간, 250시간, 500시간, 1000시간 후 측정하였고, 온도싸이클시험의 경우 120싸이클, 250싸이클, 500싸이클, 1000싸이클 후 측정을 하였으며, 초기값에 대한 상대적인 변화율(초기 특성값과 측정시기의 특성값 차이를 초기 특성값으로 나눈 값)이 $\pm 0.5\%$ 를 초과하는 경우 고장으로 판정하였다.

시험 결과 시간에 따라서 특성이 크게 변화하지 않았다. 이와 같은 시험결과로부터 새로 적용하는 기술을 통하여 만든 부품의 강건성(robustness)을 확인하였다.

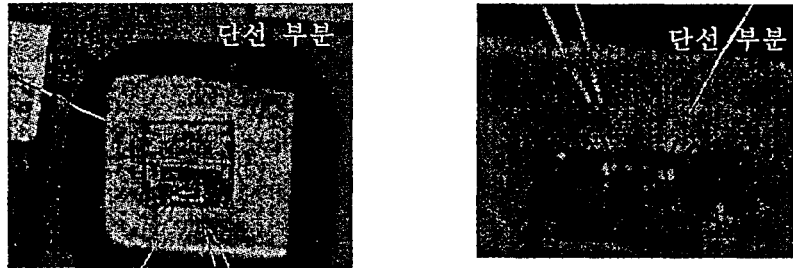
5. 조립품의 환경시험

LTCC-M 모듈에 있어서 저항을 내장시킨 기판과 그 위에 실장되는 부품 및 패키지에 대한 조립 및 제조기술을 평가하기 위하여 시험을 실시하였으며 LTCC-M의 시험과 마찬가지로 온도, 온도변화, 습도를 고려하여, 고온시험, 온습도시험, 온도싸이클시험을 실시하였다. 시험조건과 시험시간은 내장 부품의 시험과 동일하게 정하였으며 각 시험항목에 있어서 4개씩 시험하였다.

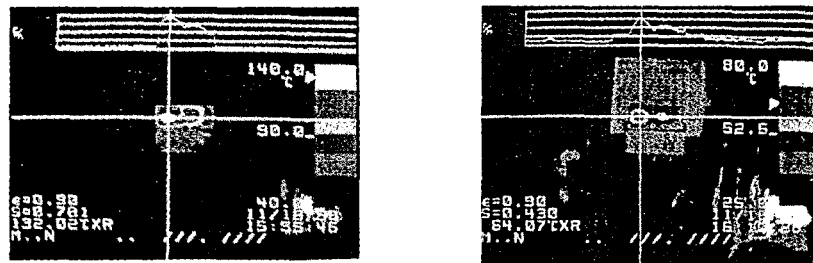
시험결과 고온시험과 온습도시험에서는 결함이 없었으나 온도싸이클시험에서 250싸이클만에 4개의 시료가 모두 고장났다. 고장난 시료의 외관검사, 전기적특성검사, 파괴시험을 통한 고장분석으로부터 <그림 3>과 같이 와이어 벵의 단선으로 인한 고장인 것으로 밝혀졌다. 이와 같은 고장발생의 원인은 와이어와 패키지 사이의 열팽창계수 차이에 의한 열응력 발생때문인 것으로 판단되었다. 고장 원인을 제거하기 위하여 패키지 재료를 교체하였다.

6. 열설계 및 열분석

LTCC-M 모듈은 자체 발열에 의하여 모듈의 표면온도가 높이 올라가므로 LTCC-M 모듈의 신뢰성을 높이기 위하여 발생하는 열을 효과적으로 방출시키는 것이 중요한 일이었다. 발생하는 열을 방출시키기 위하여 방열판을 설계하여 부착하고, TVS(Thermal Video System)를 이용하여 방열판의 효과를 평가하였다. 가장 열이 많이 발생하는 곳의 경우 방열판을 부착한 후 온도가 약 52% 정도 떨어졌다(<그림 4> 참조).



<그림 3> 고장난 시료의 사진



(a) 방열판을 부착하기 전 (b) 방열판을 부착한 후

<그림 4> 방열판을 부착하기 전과 후의 표면온도 분포

7. 고장유형 및 영향분석(FMEA)

LTCC-M 모듈의 설계 상의 신뢰성 관련 문제점과 제조공정 상에서 발생할 수 있는 문제점을 체계적으로 검토하고, 분석하여 문제점을 개선하기 위하여 설계 FMEA와 공정 FMEA를 실시하였다. FMEA 실시 결과로부터 발생 가능한 문제점들의 치명도와 빈도를 고려하여 집중적으로 관리해야 할 부분을 제시하였다.

8. 신뢰도 실증시험

LTCC-M 모듈의 설계 과정에서 앞에서 언급한 여러 가지 분석을 통하여 목표 신뢰성을 만족할 수 있는지 충분한 검토를 거친 후 시제품을 제작하고, 신뢰도 실증시험을 통하여 개발한 모듈이 목표 신뢰성을 만족하는지 검증하였다. 신뢰도 실증시험은 정상 사용온도보다 높은 온도조건인 125℃(접합온도)에서 실시하였으며, 이 때 가속계수는 구성부품의 활성화에너지 정보를 이용하여 모듈의 가속계수를 결정하는 IBM의 가속계수 계산방식[1, 2]을 사용하여 산출하였다. 정상 사용온도를 48℃(접합온도)라고 할 때 가속계수는 (4)식과 같이 계산되었다.

$$af = \exp\left[\frac{0.65}{8.617 \times 10^{-5}} \left(\frac{1}{48 + 273} - \frac{1}{125 + 273}\right)\right] \approx 94 \quad (4)$$

개발한 LTCC-M 모듈이 목표 신뢰성을 만족하는지 여부는 n개의 시료를 1008시간 시험하여 고장이 한 개도 발생하지 않으면 목표 신뢰성을 만족한다고 판단하는 방식을 취하였으며, 이 때 시료수는 신뢰수준 60%로 (5)식으로부터 70개로 정하였다.

$$n \geq \chi^2(0.6; 2) / [2 \times 94 \times 139.4 \times 10^{-9} \times 1008] = 69. \dots \quad (5)$$

9. 환경시험

개발한 LTCC-M 모듈이 운송, 저장, 사용 중 겪을 수 있는 환경조건 하에서 정상적으로 작동하는지 여부를 평가하기 위하여 <표 4>와 같은 환경시험을 실시하였다. 각 환경시험에 있어서 시료수는 LTPD 10%를 신뢰수준 60%로 보증하는 방식으로 (6)식으로부터 10개로 정하였다.

$$n \geq \chi^2(0.6; 2) / (2 \times 0.1) = 9.16 \dots \quad (6)$$

즉, 10개의 시료를 시험하여 한 개의 고장도 발생하지 않으면 합격시키는 것으로 결정하였다.

<표 4> 환경시험항목

시험항목	시험조건	시험시간
고온저장시험	150℃(최고 저장온도)	1000h
단속동작시험	102℃(최고 사용 주위온도), ON(2분)/OFF(2분)	1000h
고온고습바이어스시험	85℃/85%	1000h
불포화증기가압시험	120℃/85%	100h
온도싸이클시험	-40℃(최저 저장온도)/150℃(최고 저장온도)	1000싸이클
납땜내열성시험	260℃	10sec.
진동시험	10~50Hz, 1.6g, 1cycle: 1분	30cycle(각 X,Y,Z 축)
자연낙하시험	높이: 84Cm	-

IV. 결론

본 논문에서는 제품의 설계·개발단계에서부터 신뢰성을 고려하여 제품을 개발한 사례를 제시하였다. 본 논문에서 제시한 신뢰성설계 절차는 우선 목표 신뢰성을 명확히 정하고, 여러 가지 정량적 분석 및 정성적 분석을 통하여 목표 신뢰성의 실현 가능성을 검토하고, 예상되는 결함을 적절한 조치를 취하여 제거한 후에 시제품을 만들어 신뢰성 실증시험 및 환경시험을 통하여 목표 신뢰성을 만족하였는지 평가하고, 운용환경에서 정상적으로 동작함을 확인하는 순서로 되어 있다. 이와 같은 절차가 현장 개발자 입장에서는 많은 시간과 노력을 필요로 하기 때문에 현실적으로 짧은 개발기간동안 구현하기 어려운 것으로 생각하고 있지만 실제로 충분한 분석 및 검토없이 제품을 만들어 최종 시험에서 여러 가지 문제가 발생하는 경우 문제를 해결하기 위하여 더 많은 노력과 비용이 소요되고, 근본적으로 설계를 다시 해야 하는 경우도 있으므로 개발기간이 더 길어질 수도 있다. 본 논문에서 제시한 사례에서는 설계·개발단계에서 신뢰성 설계 과정을 통하여 예상되는 결함을 미리 제거함으로써 개발기간동안 소요되는 비용과 시간을 줄여줄 수 있었다.

본 논문에서는 설계·개발단계에서 신뢰성을 향상시키고 평가하는 방법을 기술하였는데, 설계·개발단계에서 목표 신뢰성을 만족함이 입증되어 양산단계로 넘어가면 통계적 공정관리, PRAT(Production Reliability Acceptance Test), 번인(Burn-in) 및 ESS(Environmental Stress Screening) 등 양산단계에서의 신뢰성을 향상시키기 위하여 수행하는 업무들이 있다. 이와 같은 업무들을 구체적으로 어떻게 수행할 것인지 세부 수행 절차를 개발하는 것이 향후 연구과제이다.

참고문헌

- [1] Hart, L.(1987), "Reliability of an Electronic Assembly: A Case History," IEEE Trans. on Reliability, Vol.36, No.4, 385-389.
- [2] IBM, Power Supply Evaluation Plan.
- [3] MIL-HDBK-217F(1995), Reliability Prediction of Electronic Equipment, Depart of Defense.
- [4] RAC(1996), Blueprints for Product Reliability.