

# 칩페라이트 비드의 신뢰성평가에 관한 연구

\*강보철 · \*\*조재립

\*전자부품연구원 신뢰성평가센터 · \*\*경희대학교 산업공학과

## A Study on the Chip Ferrite Bead Reliability Assessment

\*Bo-Chul Kang · \*\*Jai-Rip Cho

\*Reliability & Failure Analysis Center, KETI

\*\*Dept. of Industrial Engineering, Kyung Hee University

### Abstract

칩비드는 전자제품에서 전기적 노이즈(noise)의 기기 유입에 대해 제품의 사양에 따라 일정한 전압으로 강하게주는 보호소자로서 유무선통신기기, 컴퓨터 등 소형 전자제품에 많이 쓰이고 있다. 특히 IT제품의 소형화 추세로 수요가 계속 증가되고 있는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 생산되는 칩비드의 대표적인 2종(1005, 1608 형)에 대한 신뢰성 평가를 위해 시험기준을 개발하고 수명시험을 통한 제품의 신뢰성에 대해 분석하였다. 특히 기존의 다양한 환경시험과 함께 고장률시험을 추가하여 제품의 수명을 예측하는데 기초자료로 활용하고자 한다.

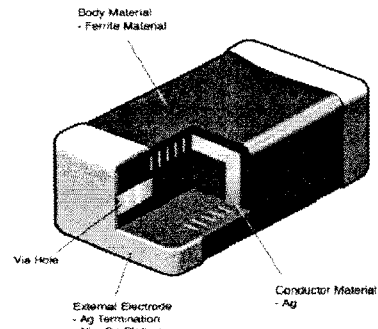
### 1. 서론

제품의 신뢰도를 평가하고 개선하는 방법론 중에서 수명분석(lifetime analysis)과 고장물리(physical failure analysis)가 있다. 이 중 수명분석은 실험실에서 행해지는 수명시험(life testing)이나 가속수명시험(ALT : Accelerated Life Test)에 의한 시험데이터나 A/S 센터로부터 얻어지는 사용현장데이터(field claim data)를 이용하여 부품이나 제품의 수명분포를 알아내고 이로부터 수명분포의 모수 등을 알아내는 방법이다(Kalbfleish and Lawless, 1988; Lawless, 1981; Nelson, 1990; Suzuki, 1985). 이렇게 얻어진 제품수명에 관한 품질특성 값들은 출하시기 및 보증기간 결정, 제품 재고수량 결정 등 신뢰성에 관련된 의사결정을 위한 중요한 자료로 사용된다. 본 연구에서는 칩 페라이트 비드(Chip Ferrite Bead)의 신뢰성을 평가하기 위한 시험규격의 개발과 실제 시험을 통한 결과분석을 행하였다. 시험결과 개발된 규격의 적합성과 각 시험항목별 제품 품질 특성치의 변화를 살펴보았으며 수명시험을 통한 제품의 신뢰성을 평가하였다.

### 2. 대상제품의 특성

칩비드는 저항, 캐패시터와 함께 전기, 전자회로의 중요 구성요소를 이루는 수동 부품으로 주파수에 비례하여 임피던스가 높아지는 특성으로 해당

주파수 대역에 있는 노이즈(noise)를 제거하는 역할을 한다. 특히 이동통신기기의 RF단에 사용되는 칩비드는 소형화, 높은 품질계수(Q FACTOR)와 높은 사용 주파수를 필요로 하며 이를 위한 기술개발 등이 활발하게 진행되고 있다.



< 그림 1 > 칩페라이트 비드의 구조

본 연구에서는 국내업체의 제품을 대상으로 대표적인 크기인 1005형, 1608형 2개 모델을 시험품으로 선정하였다. 시험품은 모두 양산중인 제품이다.

### 3. 시험규격의 개발

시험규격은 아직까지 전자기기용 칩비드에 대한 국가규격이나 국제규격이 없기 때문에 세계 최고수준인 국내외 선진사 규격을 참고하고 해당 분야 및 기업체의 전문가들의 의견을 반영하여 개발되었다. 개발된 규격에서는 신뢰성인증을 위하여 수행되는 시험을 크게 품질시험과 고장률시험으로 나누고, 품질시험에서는 대상 부품의 성능 및 내환경성을 평가하는 항목을 포함시키고, 고장률시험에서는 고장률을 평가하는 항목을 포함시켰다. 품질시험에서는 대상 부품이 정해진 품질 관련 성능요건(성능 및 내환경성 관련)을 만족하는지 여부만을 평가하고, 고장률시험에서 제품의 고장률을 정해진 신뢰수준으로 보증한다. 고장률 보증시험은 MIL -STD-690C와 이를 준용한 KS C 6032의 고장률 시험방식을 사용하였다. <표 1> 은 개발된 환경 시험규격을 요약한 것이다.

<표 1> 환경시험 규격

구분	시험항목	시험조건
환경시험	납땀성	(1) 전처리 : 105~150 °C, 2~3 분 (2) 납종류 : Sn60Pb40 (3) 땀납의 온도 : (230 ± 5) °C (4) 침지 시간 : (4 ± 1) 초
	땀납내열성	(1) 전처리: 150 °C, 60 초 (2) 납종류 : Sn3.0Ag0.5Cu (3) 납도의 온도 : (288 ± 5) °C (4) 침지 시간 : (10 ± 0.5) 초 (5) 시험방법 : 플로팅 (Floating)
	고온시험	(1) 시험온도 : (125 ± 2) °C (2) 방치시간 : 500 시간
	저온시험	(1) 시험온도 : (-40 ± 2) °C (2) 방치시간 : 500 시간
	고온고습시험	(1) 시험온도 : (85 ± 2) °C (2) 상대습도 : (85 ± 3) % R.H. (2) 방치시간 : 1,000 시간
	낙하시험	(1) 시험높이: 1 m (2) 콘크리트 바닥으로 낙하 10회
	정현파진동시험	(1) 시험주파수: 10 ~ 55 ~10 Hz (2) 진폭: 1.52 mm (3) 스위프시간 : 1옥타브 (4) 시험시간 : 각 2시간/축, X,Y,Z 3축
	정격전류	상온에서 연속적인 전류를 인가하여 시료의 표면온도가 제품규격 이상 상승하는 전류값 측정

환경시험별 시료수는 각 20개로 시험 후 각 제품의 임피던스(Z 값) 측정치가 초기치±30% 이내이어야 한다.

수명시험은 제품의 고장모드 및 고장메커니즘과 밀접한 연관이 있다. 전자기기용 칩비드의 주 고장모드 및 고장메커니즘은 주로 사용중 고열의 발생등과 같은 원인에 의한 내부단선이 주 고장모드이다. 이는 마모 및 열화에 의한 고장이 아닌 제조 공정의 불량에 의한 우발고장이 빈번함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 우발고장의 대표적인 고장분포인 지수분포를 가정하고 시험의 시간제약을 고려하여 고장률 보증시험방법을 채택하였다. 이에 따라 시험시간 및 시료수는 MIL-STD-690C를 참고로 결정하였다. 이는 부품의 고장까지 시간이 지수분포를 따랐을 때, 그 로트에서 n개의 시료를 채취하여 총 시험시간 T의 시험을 하고 그사이에 r 개 고장나는 확률이 포아송(Poisson)분포에 따름을 가정한 것이다. MIL-STD-690C에서는 총시험시간 T에 따라 시험시간 및 시료수를 결정하도록 되어 있으나, 본 기준에서는 시험의 유효성을 높이기 위하여 시험시간을 1000시간 이상으로 규정한다. 또한 신뢰수준을 90%로 설정하여 시험결과와 정확성을 보다 향상코자 한다. <표 2>는 고장률 수준에 따른 시료수와 시험시간이다.

<표 2> 고장률 보증 시료수 및 시험시간

고장률 수준	고장률	신뢰수준 90%	
		시료수	시험시간
M	$1.0 \times 10^{-5}/h$	154	1,500 시간
N	$5.0 \times 10^{-6}/h$	230	2,000 시간

고장률 시험조건은 온도스트레스가 칩비드의 주 고장메커니즘으로 가정하여 고온동작시험을 고장률 시험으로 설정하였다. 시험온도 85°C에서 제품에 정격전류를 인가하여 동작을 재현한다. 규정된 시험후 각 시료의 임피던스 변화량이 초기치 대비 ±30% 이내 이어야 한다.

4. 시험결과 분석

4.1 환경시험 결과

1005형과 1608형 두개 모델에 대한 환경시험결과 2개모델 모두 개발된 규격시험에 합격하였다. 즉, 각 시료의 특성치인 임피던스 값은 환경시험 후 초기치대비 ±30% 변화량 이내임을 확인하였다. 그러나 일부시험은 시험 후 특성치의 변화가 현저히 나타남을 알 수 있었다. 1005 형의 경우 납땀성 시험, 땀납내열성 시험, 낙하시험에서 임피던스 값이 감소됨을 보였다. 1608형의 경우 납땀성 시험, 땀납내열성 시험, 저온시험, 고온고습시험 진동시험에서 임피던스값이 감소됨을 볼 수 있다. 물론 이러한 차이는 임피던스라는 특성치의 측정오차도 무시할 수 없으나 공통적으로 납땀성, 땀납내열성과 관련된 고온스트레스와 낙하 및 진동과 관련된 기계적 충격이 제품의 특성치변화에 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다.

<표 3> 및 <표 4> 는 1005와 1608 각 모델의 환경시험 후 임피던스 값의 감소를 보이는 것을 정리한 것이다. 각 시험의 20개 시료에 대하여 시험전/후의 임피던스 값의 t-test 결과 이다.

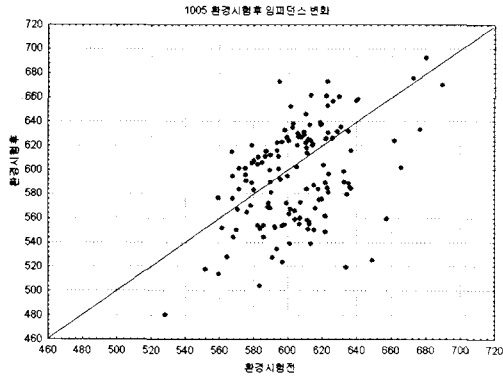
< 표 3 > 1005 모델의 환경시험후 임피던스 변화

환경시험	초기 평균	시험후 평균	t-value	df	p
납땀성	603.2	552.8	6.6	38	0.00
땀납내열	609.1	574.1	4.8	38	0.00
낙하시험	594.6	555.9	4.2	38	0.00

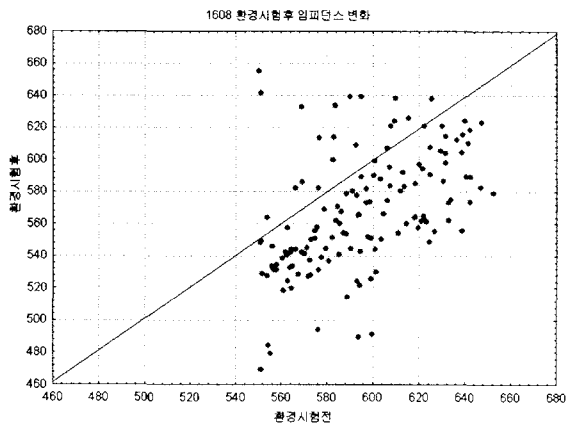
< 표 4 > 1608 모델의 환경시험후 임피던스 변화

환경시험	초기 평균	시험후 평균	t-value	df	p
납땀성	598.3	546.6	6.9	38	0.00
땀납내열	598.2	554.7	6.4	38	0.00
저온시험	593.7	562.9	2.8	38	0.00
고온고습	596.6	565.0	2.8	38	0.00
진동시험	592.3	547.2	4.9	38	0.00

납땀성 시험부터 진동시험까지 각 모델별 140개 시료에 대한 시험전후 값의 산점도는 다음 <그림 2>, <그림 3> 과 같다. t-test 결과 2개 모델에서 모두 환경시험 전/후 임피던스 값이 감소함을 알 수 있다.



<그림 2> 1005 모델의 환경시험 전/후 산점도



<그림 3> 1005 모델의 환경시험 전/후 산점도

#### 4.2 고장률 시험 결과

고장률 시험은 개발된 규격의 M 수준인  $1.0 \times 10^{-5}/h$  를 90% 신뢰수준에서 보증하는 시험을 실시하였다. 2개 모델에 대하여 각 154개를 시험용 지그에 장착하여 정격전류를 인가하며 85℃에 1500시간 방치하였다. 임피던스 변화를 측정하기 위해 500시간, 1000시간, 1500시간 대에 시험을 중단하고 중간측정을 하였다. 시험 후 2개 모델 모두 각 154개의 시료의 임피던스값이 초기치대비 오차범위에 들어와 합격되었다. 따라서 시험품의 고장률은 85℃에서  $1.0 \times 10^{-5}/h$  이하임을 신뢰수준 90%에서 보증할 수 있다. 다음은 각 모델별 고장률 시험결과 임피던스 값의 통계량이다.

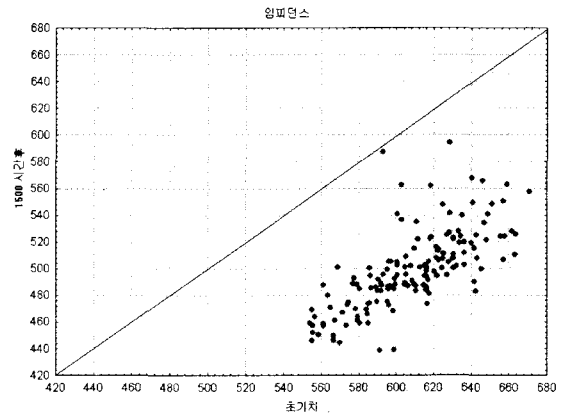
< 표 5 > 1005 모델의 고장률시험 결과

항목	특성치	
	초기값	고장률시험후
시료수	154	154
평균	608.4	499.0
중앙값	610.1	496.6
최대값	670.7	594.0
최소값	554.1	438.2
분산	765.7	872.5
표준편차	27.67	29.5

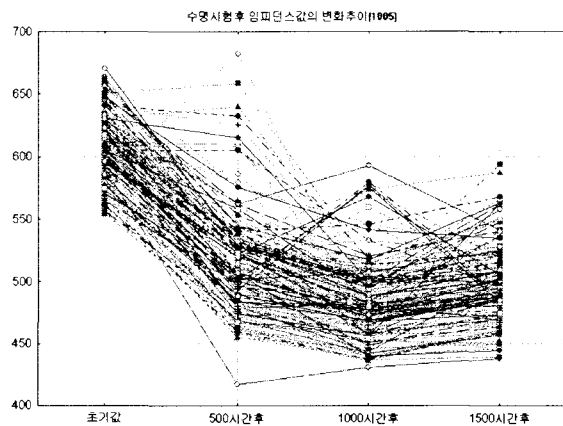
고장률 시험전후의 임피던스 측정치에 대하여

t-test를 통해 시험전후의 통계적인 변화정도에 대하여 검정하였다. 분석결과 t-value 는 33.55 P-value 는 0.000 로서 유의수준 0.05를 만족하므로 시험 후 데이터의 변화에 유의한 차가 있는 것으로 나타났다.

<그림 4>, <그림 5>는 1005 모델의 시험전/후의 임피던스의 산점도와 중간측정결과의 임피던스 값의 변화를 나타낸 것이다.



<그림 4> 고장률시험 전/후의 임피던스(1005모델)



<그림 5> 고장률시험 중 임피던스 변화추이(1005모델)

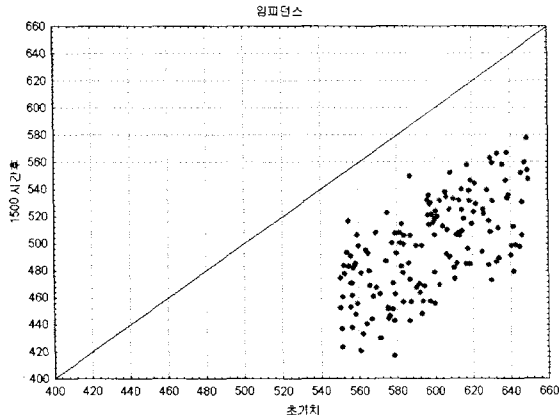
< 표 6 > 1608 모델의 고장률시험 결과

항목	특성치	
	초기값	고장률시험후
시료수	154	154
평균	596.8	496.7
중앙값	597.2	497.9
최대값	649.6	577.0
최소값	550.6	416.8
분산	823.8	1241.1
표준편차	28.7	35.2

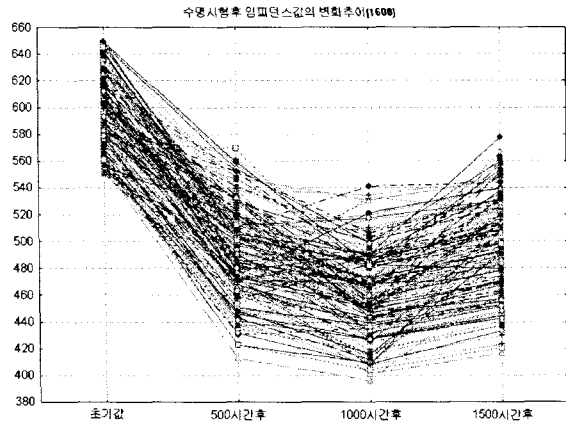
고장률 시험전후의 임피던스 측정치에 대하여 T-test를 통해 시험전후의 통계적인 변화정도에 대하여 검정하였다. 분석결과 t-value 는 27.33 P-value 는 0.000 로서 유의수준 0.05를 만족하므로 시험 후

데이터의 변화에 유의한 차가 있는 것으로 나타났다.

<그림 6>, <그림 7>는 1608 모델의 시험전/후의 임피던스의 산점도와 중간측정결과의 임피던스 값의 변화를 나타낸 것이다.



<그림 6> 고장률시험 전/후의 임피던스(1608모델)



<그림 7> 고장률시험 중 임피던스 변화추이(1608모델)

고장률 시험결과 2개 모델모두 1500시간 시험 후 임피던스 변화량이 154개 시료 모두 초기치 대비  $\pm 30\%$  이내로 규격에 부합되었다. 따라서 두 모델의 칩비드는 신뢰수준 90%에서 고장률이  $1.0 \times 10^{-5}/h$  이하임을 보증 할 수 있다.

## 5. 결론

본 연구에서는 1005형, 1608형의 국내 칩비드에 대해 신뢰성시험 규격을 개발하고 시험을 통해 신뢰성을 평가하였다. 시험규격은 국제환경시험 규격등을 참조하고 해당제품의 제조사와 관련 전문가로 구성된 WG 회의를 통해 결정된 것이다. 신뢰성 시험규격의 주시험이 되는 고장률 보증시험은 칩비드의 고장형태를 우발고장으로 가정하고 지수분포를 고장분포함수로 채택한 MIL-STD-690C의 시험방법을 채택하였다. 시험결과 2 모델의 칩비드 모두 시험규격에 합격하였으며 고장률 수준을 보증할 수 있었다.

환경시험 및 고장률 시험을 통해 칩비드의 품질특성치인 임피던스가 감소하는 경향을 확인할 수 있었으며 특히 온도 및 기계적 충격이 임피던스의

감소에 유의한 관계가 있음을 통계적으로 확인할 수 있었다. 또한 고온동작시험인 고장률 시험결과를 보면 500시간 까지 임피던스값이 급격히 감소하다가 이후에는 임피던스의 감소율이 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 이는 제조공정상의 불량이나 우발요인이 없는 경우에는 1500시간 까지는 85°C의 조건에서 고장이 거의 발생하지 않을 것으로 추측된다. 이점은 2000시간 이상의 장시간 시험으로 확인이 가능할 것으로 판단된다.

시험결과 고장분포에 대한 예측은 고장이 발생되지 않아 예측이 불가능하였다. 고장분포에 대한 확인을 위해서는 85°C 이상의 고온으로 시험조건을 강화하거나 열충격 시험과 같은 다른 형태의 시험방법을 고려할 필요가 있다. 본 시험을 통해 칩비드의 신뢰성을 평가해 보았는데 추후로는 수명분포의 확인을 위한 가속수명 시험이 지속되어야 할 것으로 판단된다.

## 6. 참고문헌

- [1] MIL-STD-690C (1993), *Failure Rate Sampling Plans and Procedures*. U.S. Department of Defense, Washington D.C.