

HALT와 고장분석을 이용한 STN LCD 모듈의 신뢰성 평가에 관한 연구

An approach of Combining HALT and Failure analysis for STN LCD Reliability Assessment

*강보철 · 홍원식 **조재립

*전자부품연구원 신뢰성평가센터 · **경희대학교 산업공학과

*Bo-Chul Kang · Won-Sik Hong · **Jai-Rip Cho

*Reliability & Failure Analysis Center, KETI

**Dept. of Industrial Engineering, Kyung Hee University

Abstract

This brief paper is an application of HALT(High Accelerated Life Test) and FA(Failure analysis) to improvement of STN LCD module. Before HALT the result of environmental test is good. So, we choose the technique of HALT to evaluate reliability. After HALT and Fa, we suggest some methods to improve reliability.

1. 서론

제품의 신뢰성은 정량적·정성적 분석 또는 시험을 통하여 평가할 수 있다. 이 중에서 신뢰성을 보증할 수 있는 가장 보편적인 방법은 신뢰성 시험이다. 그러나 높은 신뢰성을 갖는 제품의 시험은 오랜 기간과 많은 비용이 소요될 뿐만 아니라 짧은 제품 개발기간 내에 완료하기도 어렵다. 따라서 빠른 시간 내에 제품의 신뢰성을 확인할 수 있는 가속시험(Accelerated Testing)에 대한 관심과 필요성은 날로 증가하고 있다.

가속시험은 가속수명시험(HALT)과 가속스트레스시험(HASS)으로 구분할 수 있다. HALT는 강건한 설계를 하기 위한 시험으로 본 시험을 통해 설계 및 제조공정의 약점을 빨리 발견할 수 있다. 따라서 매우 짧은 시간에 소수의 시료를 사용하여 설계 및 제조공정

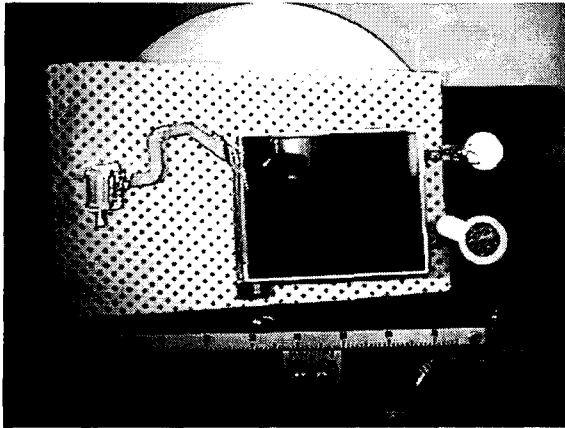
의 약점을 찾을 수 있도록 스트레스를 계단형으로 인가한다. 필드 환경을 모의시험 할 필요는 없다. 모든 가능한 수단과 방법을 동원하여 설계 및 제조상의 약점을 빨리 찾을 수 있으면 충분하며, 약점발견에 필요한 시간을 줄이기 위해서 필드환경을 초과하는 스트레스가 적용된다. HALT에서는 약점이 발견되면 고장 모드와 메커니즘만이 중요하며 사용된 스트레스와 필드환경의 관계는 전혀 중요하지 않다고 가정한다.

본 연구에서는 양산 전 품질인증 시험에서 모두 합격된 시제품에 대한 신뢰성 확보의 방안으로 HALT를 시행하였다. 먼저 시제품의 작동한계를 온도, 진동, 열충격, 복합진동으로 확인한 후 고장현상에 대한 분석을 통해 예측되는 고장의 감소를 위한 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구목적 및 시험계획

2.1 연구목적

시험용 시료는 핸드폰용 STN LCD 모듈로서 백라이트를 사용하는 10인치 이하의 소형 LCD 모듈이다. 주요 부품은 LCD 액정, F-PCB, 소형 커넥터, IC 칩, 테스트를 위한 구동모듈이다. 본 시험에서 사용된 구동모듈은 시험을 위한 테스트 전용 모듈로서 테스트 구동모듈의 불량으로 인한 고장현상은 시험결과에서 제외된다.



<그림 1> 시험용 소형 LCD 모듈

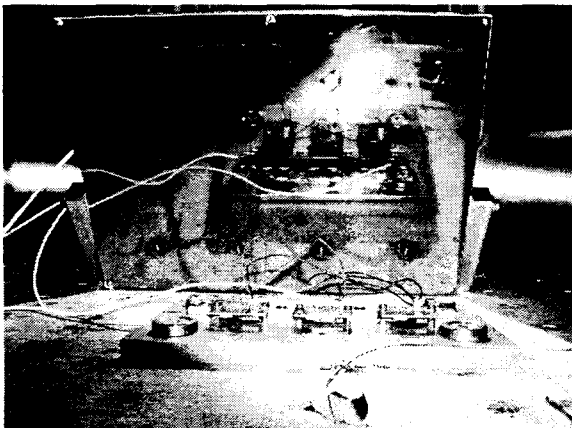
2.2 시험구성

제안된 시험절차는 다음과 같다.

- (1) 동작한계의 도출
 - 저온스텝, 고온스텝, 진동스텝, 열충격
- (2) 복합진동시험 실시
 - (1) 단계에서 도출된 한계값을 이용하여 복합진동시험 규격을 설정하고 고장재현
- (3) 시험결과 도출된 불량에 대한 고장분석 실시
- (4) 시정조치

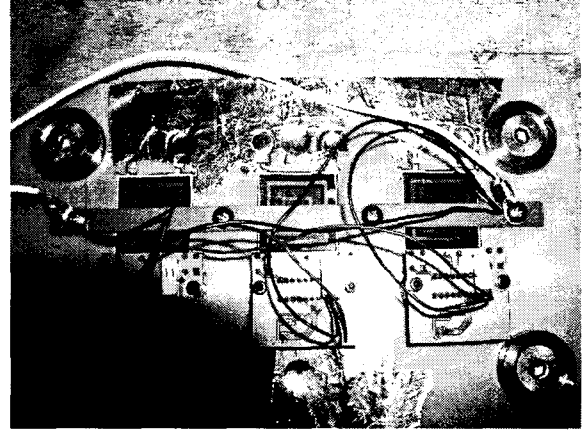
시험장비는 다음과 같다.

- Model/Maker : UHS-1400T / ACS
- Technical Data
 - Temperature range : $-100^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$
 - Acceleration : 60g RMS in Z axis
 - Colling gas : LN2
 - Max temperature variation speed : $60^{\circ}\text{C}/\text{min} (-65\sim 125^{\circ}\text{C})$
 - Data Acquisition : WINKRATOS Software



< 그림 2 > 시험시료의 Setting

<그림 2> 는 HALT 챔버내에 시료를 셋팅한 것이다. 시험 중 작동상태 확인을 위해 DC 3V 의 전원을 인가하며, 시료는 정상일 경우 정상화면(테스트용 패턴화면)을 나타내게 된다.



<그림 3> 시험시료의 구동사진

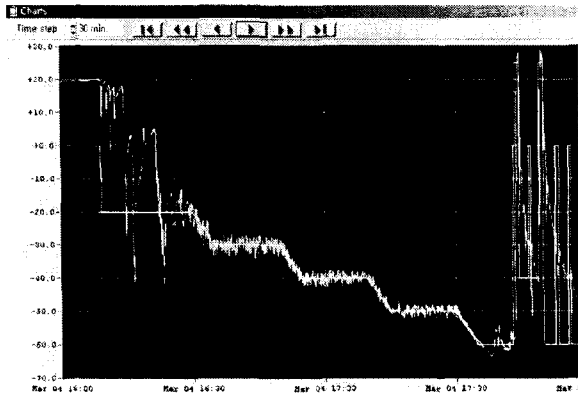
2.3 시험평가방법

LCD 모듈의 경우 일반 환경시험 및 고장률시험 후 측정항목은 콘트라스트비, 응답시간, 소비전류 및 소비전력, 휘도, 휘도 균일도, 색 재현범위(색좌표), 수직 시야각, 수평 시야각, 크로스토크, 플리커, 화질검사 등 매우 많은 항목을 전용 측정장비를 사용하여 측정해야 한다. 그러나 HALT 시험은 시험 진행중 특성치를 평가해야 함으로 측정항목은 극히 제한되게 된다. 특히 광학제품의 경우는 유안검사로 대체된다.

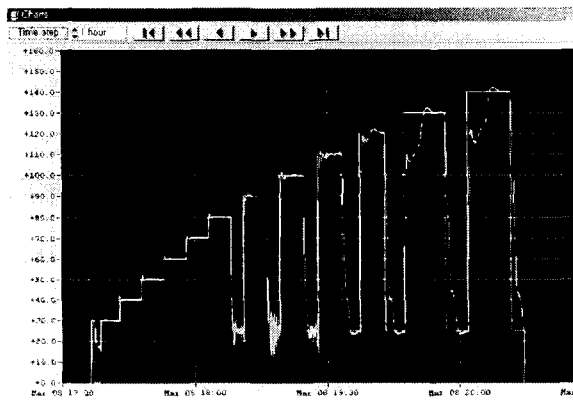
시험의 진행은 다음과 같이 총 5단계로 진행된다.

(1) Low Temperature Step Stress Test(LT)

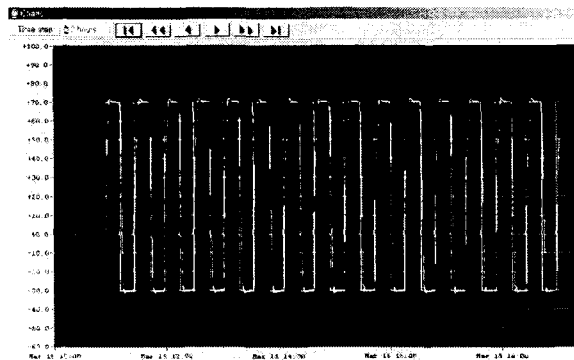
정격 인가, -10°C 부터 -60°C 까지 -10°C 간격으로 15분씩 유지하되 고장이 발생하면 0°C 로 승온 시켜서 동작여부 확인하고, 작동되면 다시 고장발생 전 단계 온도부터 계속 시험하여 시료 3개중 2개가 고장 나는 저온에서의 한계온도 확인



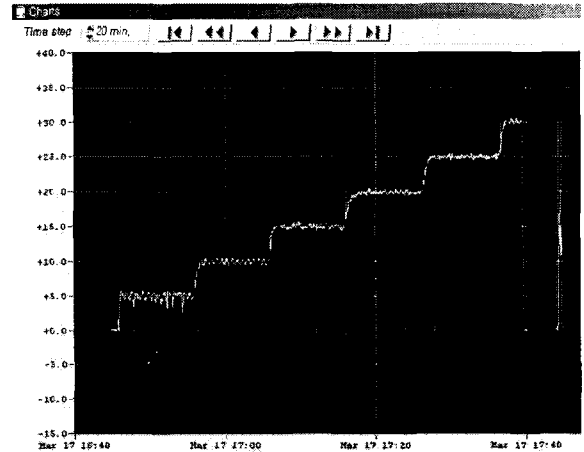
o High Temperature Step Stress Test(HT)
 정격 인가, 30℃부터 140℃까지 10℃ 간격으로 상승시키면서 15분씩 유지하되 고장이 발생하면 25℃로 강하시켜서 동작여부 확인하고, 작동되면 다시 고장발생 전단계 온도부터 계속 시험하여 시료 3개중 2개가 고장나는 고온에서의 한계온도 확인



o Rapid Thermal Shock Cycle Test(TST)
 정격인가, - 및 +온도에서 고장이 발생한 전단계 온도를 하한온도 및 상한온도로 설정하고 (ramp rate, dwell time 등 기록) 시험하여 고장 나는 사이클 수를 확인

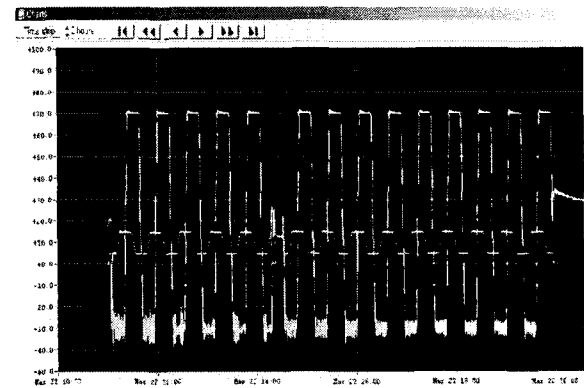


o Vibration Step Stress Test(VT)
 정격인가 상태에서 5G에서 45G까지 5G간격으로 10분씩 유지하면서 고장 발생 G값을 확인



o Combined Thermal Shock & Vibration Test(1st CT)

LT결과(-℃ 한계)와 HT(+℃ 한계)결과, TST결과(싸이클 수) 및 VT결과를 결합한 조건으로 실험

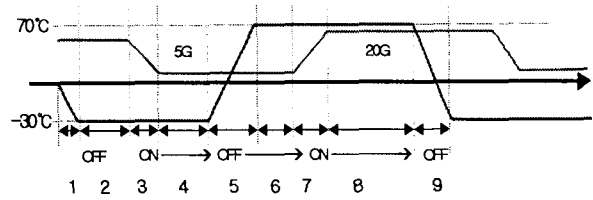


3. 시험결과

실험결과를 요약하면 다음 표 1, 표 2 와 같다.

<표 1> HALT 시험결과
(온도스텝, 진동, 열충격)

시험명	결과
온도 스텝	1. 화면 흐려짐- 동작마진 (80℃) 2. 동작중지- 파괴마진 (140℃)
	1. 동작중지 - 동작마진(-40℃) 2. 동작중지 - 파괴마진(-60℃)
열충격 사이클	-30℃↔+70℃ 30회 반복 -정상
진동 스텝	25Grms - on/off 반복
	30Grms - fail



1. Ramp Rate 40℃/min	6. Dwell 6minutes
2. Dwell 6minutes	7. Ramp Rate 8.3G/min
3. Ramp Rate 8.3G/min	8. Dwell 6minutes
4. Dwell 6minutes	9. Ramp Rate 40℃/min
5. Ramp Rate 40℃/min	

3.1 고온스텝시험결과

고온시험 결과 80℃에서 LCD 구동시 휘도의 감소가 현저하게 관찰되었다. 90℃ 이상에서는 구동패턴이 관찰되지 않으며 흑화현상으로 인해 백색화면이 나타나며 100℃ 이상에서는 붉은색으로 변하였다. 이 현상은 130℃까지 계속되었으며 상온 25℃에서는 정상작동을 하므로 동작마진은 80℃로 결정되었다. 140℃ 동작 후에는 정상조건에서도 전원이 들어오지 않으므로 140℃를 파괴마진으로 설정하였다.

3.2 저온스텝시험결과

저온시험 결과 -40℃에서 휘도의 감소가 관찰되었으며 -50℃에서는 전원이 인가되지 않았다. 동작마진은 -40℃이며 파괴마진은 -60℃로 설정되었다.

3.3 열충격시험결과

3.1 및 3.2에서 도출된 동작마진을 이용하여 열충격 기준을 -30℃ ↔ 70℃로 설정하고 시험한 결과 30회 반복 후 상온에서 정상동작을 하였다.

3.4 진동시험결과

진동시험결과 25G에서 3개의 시료 중 2개 시료에서 전원 on/off 현상이 반복적으로 관찰되었으며 30G 에서 전원이 인가되지 않았다. 진동시험의 파괴마진은 30G로 설정되었으며 동작마진은 25G 로 설정되었다.

3.5 복합진동시험결과

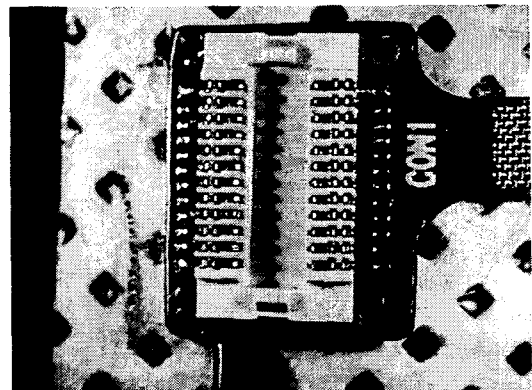
3.1~3.4의 결과를 토대로 다음과 같은 복합진동시험 기준을 설정하였다.

시험결과 열충격 시험에서 30회 이상 반복에서도 고장이 검출되지 않았으나 복합진동에서는 2회 반복 후 LCD 화면의 on/off 현상이 관찰되었다. 이를 토대로 진동의 영향을 확인하기 위해 시험 규격을 -30℃/70℃/15G 로 낮추어 재시험한 결과 42회 반복 후 까지 고장이 발생하지 않음을 확인하였다.

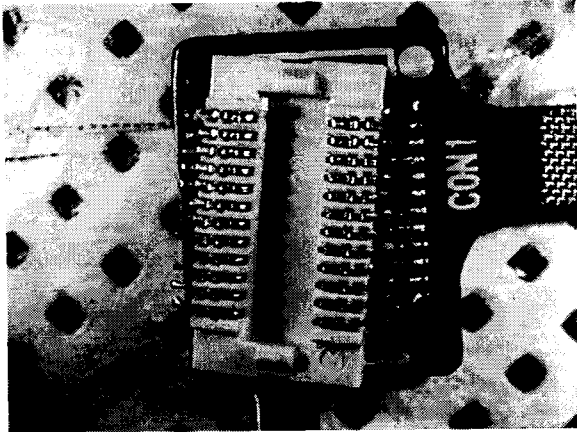
4. 시험결과 분석

시험결과 LCD 모듈의 경우 동작 마진과 파괴마진의 차이가 매우 큰 것을 알 수 있다. 이로 인해 동작마진을 이용한 열충격시험은 30회 이상에서도 고장현상을 검출하지 못하였다. 이는 동작마진 이하에서는 열충격시험에 매우 안정적임을 알 수 있다. 그러나 복합진동 시험의 경우 온도 및 진동의 동작마진보다 한 단계 낮은 복합시험에서 진동에 매우 민감함을 알 수 있다. 다음은 각 시험에서 고장현상에 대한 분석 결과이다.

고온시험의 고장시료를 분석한 결과 주 고장모드(failure mode)는 F-PCB의 소형 커패터의 납땜부 단선이다.

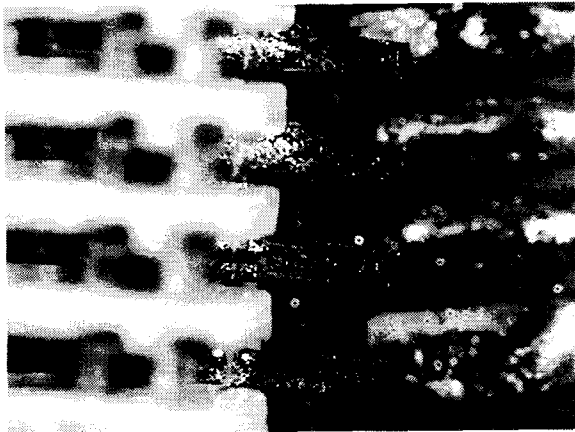


<그림 4> 정상시료의 커넥터



<그림 5> 고온시험 시료의 커넥터

사진과 같이 고온시험 후 커넥터의 납땜 부가 소손되었음을 알 수 있다.



<그림 6> 납땜 부위의 세부사진

저온시험 및 진동시험의 고장시료는 외관 검사로는 특별히 찾아낼 수 없었다. 이는 고장 부위가 LCD 패널과 F-PCB 사이에 실장된 부품의 영향인 것으로 예상된다. 이와 같은 경우 모듈을 분해하여 특성치를 검사하여야 한

다. 현재 세부 분석이 진행중이며 특성치의 검토가 끝나면 고장모드를 확인 할 수 있을 것이다.

특히 복합진동시험의 경우 20G 진동상태에서는 특이한 현상이 관찰되는데 고온 70℃와 저온 -30℃ 유지 후 온도가 변화되는 시험에서 약 50℃~60℃ 사이에서 LCD 화면이 백색으로 바뀌는 고장현상이 관찰되었다. 그러나 15G 상태에서는 동일한 현상이 나타나지 않는 것으로 보아 진동이 시험품의 고장에 주요한 원인으로 예상된다.

5. 결론

현재 고장시료에 대한 추가적인 분석이 진행중에 있어 명확한 고장모드 및 실제사용 조건에서의 신뢰성예측과의 상관관계가 아직은 명확치는 않다. 그러나 본 시험의 주 목적은 실제 사용 조건에서의 신뢰성예측이 아니라 모듈의 강건설계를 위한 확인시험 이므로 시험결과는 중요한 자료가 될 것이다. 또한 고장 판정기준이 다소 복잡한 LCD 모듈과 같은 시료의 HALT 시험방법 개선에 사전자료로 활용될 수 있을 것이다.

또한 본 시료는 동작마진과 파괴마진의 차이가 매우 커서 열충격 및 복합시험이 기준에 대한 변경이 필요할 것으로 사료된다.

6.참고문헌

1. G. K. Hobbs, in *Accelerated Reliability Engineering, HALT and HASS*, Wiley, New York, 2000.
2. G. K. Hobbs, in *Mastering HALT and HASS*, Hobbs Engineering Corp., 2000.
3. Harry W. McLean, in *HALT, HASS, and HASA Explained*, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 2000.