

평판디스플레이의 대기중 분진농도에 따른 수명예측 시험방법 개발

유동현 · 이건호 · 최정욱 · 안강호[†]

[†]한양대학교 기계공학과

Development of Test Method for Flat Panel Display Life Time Prediction during Atmospheric Particle Exposure

Dong-Hyun Yoo, Gun-Ho Lee, Jung-Uk Choi and Kang-Ho Ahn[†]

[†]Department of Mechanical Engineering, Hanyang University

Abstract

The electronic device, such as flat panel display (FPD), is very important in our life as a means of communication between humans. Liquid crystal display (LCD), which is categorized as a flat panel display, has been used in many display products, especially in TV industry. An LED TV is composed of several electrical components, such as liquid crystal module (LCM), analog to digital converter (AD), power supplier, and inverter board. These modules are very vulnerable to particulate contamination, and causing malfunction or visibility degradation. In this study, we developed a test method for prediction of LCM's lifetime. The test system consists of carbon particle generation flame, dilution system, test chamber, and particle concentration monitoring instrument. Since the carbon particles are the most abundant in the atmosphere and easily absorb light, soot particles are used as a challenging material for this test. The concentration of generated soot particles is set around 4,000,000 #/cc, which is 400 times higher than that of usual atmospheric particles. Through this experiment, we deduced the relationship between the dust concentration and life time of the test specimen.

Key Words : Flat panel display (FPD), Atmospheric particle, Life time prediction, Test method, MTBF

1. 서 론

자동차와 같은 화석연료를 에너지원으로 사용하는 동력기관들은 배기가스를 배출하게 되는데 이는 환경과도 관계가 있을 뿐만 아니라 TV와도 밀접한 관계를 가지고 있다. 최근 매장, 공항, 지하철 등 공공장소에 배치된 TV들을 살펴보면 검은 얼룩들을 심심치 않게 볼 수가 있는데 이는 외부의 먼지 입자들이 TV속으로 침투하여 쌓이게 되면서 얼룩처럼 남게 되고 휘도 감소를 야기시킨다.[1] 대기중 먼지의 발생원인으로는 기상변화와 고도화된 산업 환경에 따른 미세먼지의 발생, 그리고 TV를 사용하는 실내 환경내 초미세 먼지의 증가 등을 들 수 있다. 이러한 미세먼지에 아무런 대책 없이 TV가 노출 된다면 TV내부에서 발열로 인한 대

류(convection)현상으로 기류가 형성이 되고 그 기류를 따라 들어간 먼지입자들은 확산운동(Brownian motion)과 LED, Board등에서 발생하는 높은 열과 이완은 반대로 차갑게 유지되고 있는 빛을 확산시키는 역할을 하는 Diffusion Plate와 빛을 반사시키는 역할을 하는 Reflector사이에서 열영동(Thermophoresis)이라는 현상이 발생하게 되는데, 이는 먼지의 침착으로 이어지게 된다.[5,6] 결과적으로 TV의 수명과도 연관되는 것이며 이러한 요소를 파악하고 해결하기에는 지금 현 시스템에서는 연구가 부족한 실정이다. 이에 TV제조업체로서는 대기중 먼지농도에 따른 생산 제품의 수명을 예측할 수 있는 시험방법 및 제어방법이 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서는 먼지가 유입되는 원인과 먼지 오염에 따른 성능저하와 수명단축을 실제 대기 입자를 모사할 수 있는 실험 장치를 이용한 가속화 실험을 통하여

[†]E-mail : khahn@hanayng.ac.kr

LCM model의 시험방법 및 수명을 예측할 수 있는 방법을 개발하였다.

2. 실험장치

2.1. Flame chamber

본 연구를 수행하기 위하여 Flame Chamber를 제작하여 입자를 발생하였다. 이 챔버는 Diffusion Flame Burner와 고온에서 발생하는 입자 간에 coagulation을 방지하기 위해 soot particle의 온도를 저하시키고 불완전 연소로 인해 발생할 수 있는 매우 큰 입자가 sampling probe로 유입되는 것을 방지하기 위한 mixing chamber로 나눌 수 있다. Fig. 2는 Flame Chamber의 개략도이다. 연소 가스로는 아세틸렌(C_2H_2)과 질소(N_2)를 사용하였으며 이 두 가지 가스의 혼합 비율에 따라 soot particle의 입자 크기를 조절 할 수 있다[2]. 발생한 soot particle은 sampling inlet부를 통하여 mixing chamber에서 mixing후에 Test chamber로 유입된다.

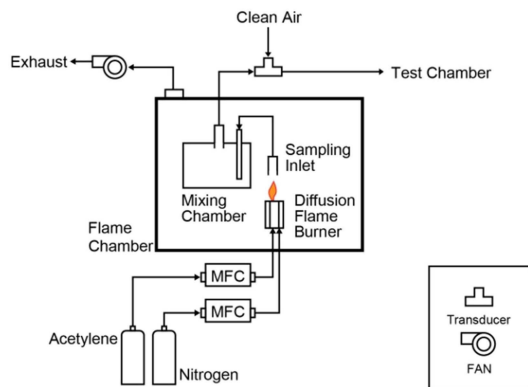


Fig. 1. Schematic of Flame Chamber.

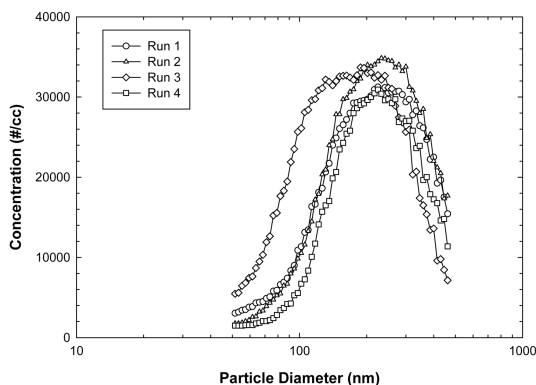


Fig. 2. Soot particle size distributions.

발생되는 입자의 크기는 Field test를 통하여 실제 대기 입자크기와 유사한 조건을 선정 하였다[1,5]. 이와 비슷한 조건을 만들기 위해 아세틸렌과 질소를 이용하여 soot particle을 발생시켰다. soot particle의 입자크기는 SMPS (scanning mobility particle Sizer, CPC-4312, HCT)를 사용하여 측정하였다. 아세틸렌과 질소의 유량 조건은 각각 0.18 lpm과 1.1 lpm이다[3]. Fig. 2는 본 실험장치에서 발생한 입자의 크기분포를 나타낸다.

2.2. 분진 Test

Flame Chamber에서 발생한 soot particle은 Test Chamber로 유입 되게 되는데 이때 LCM은 Test Chamber 내부에서 먼지입자에 노출 된다. Test chamber의 내부 용적은 2 m^3 이다. Fig. 3은 분진 Test의 개략도이며, CPC(condensation particle counter)를 통하여 실시간 입자 농도에 관한 monitoring을 할 수 있다. 유입 유량은 약 140 lpm 정도이며 입자의 수 농도는 약 4,000,000 #/cc이다. 먼지입자에 노출된 LCM내부로 먼지가 유입되게 되는데 이때, Particle Deposition 특성에 따라 LCM내부에 달라붙게 되고 이는 화상을 통해서 얼룩형태로 나타나게 된다. 일정시간 먼지에 노출된 시료를 꺼내서 화상에 나타난 얼룩여부로 Pass/Fail을 판단했는데 이는 필자의 눈을 기준으로 하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1. 시험

본 시스템의 운전 특성을 파악하기 위하여 챔버 내부의 입자 농도를 400만개/cc, 200만개/cc, 100만개/cc, 50만개/cc등의 농도를 바꿔 가면서 한 가지 LCM 샘플에 대하여 실험을 진행하여 Fig. 4와 같은 결과를 얻었다. 각각의 분진 농도에서 노출 시간을 달리하여 pass

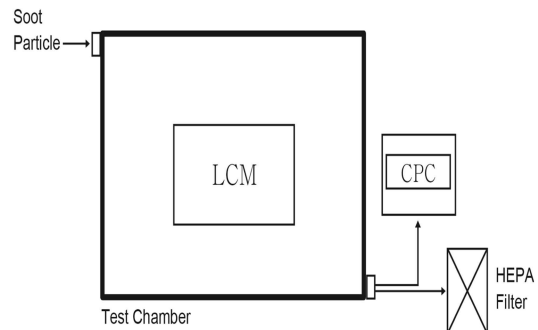


Fig. 3. Schematic of test chamber.

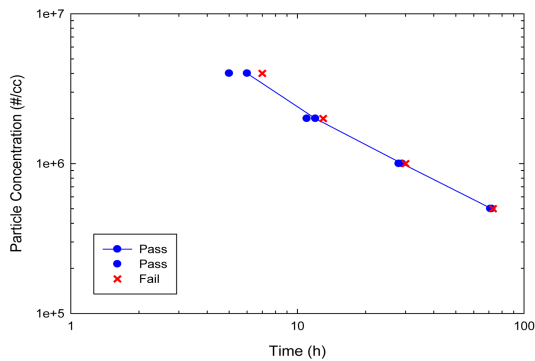


Fig. 4. LCM Sample test result.

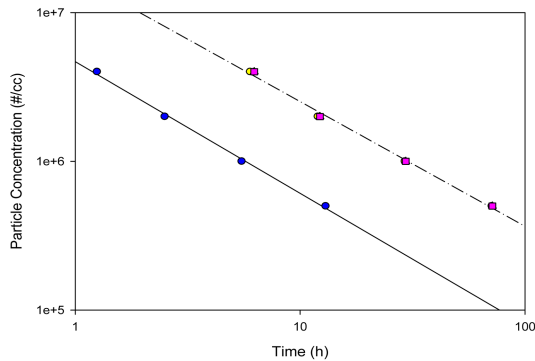


Fig. 5. LCM module test results (O : sample 1, □ : sample 2).

하는 경우가 나오면 노출시간을 증가시켜 다시 검사하고 pass/fail 여부를 체크한 후 pass가 되면 검사를 반복하였다. 이러한 검사 방법은 기존의 염수 분무를 이용하여 검사할 경우 LCM 모듈을 일정시간 노출시킨 후 시험 챔버에서 빼내어 모듈을 분해한 후 pass/fail을 검사하였다. 이러한 염수분무에 의한 시험 방법은 노출시간을 계속해서 연장 시험을 할 수 없는 문제점이 있으나, 본 연구에서 개발한 시험방법은 LCM 제품을 분해하지 않고 제품의 밝기에 문제가 발생하였는지 바로 육안으로 검사가 가능하므로 생산성 측면에서 본 시험방법이 매우 유리할 것으로 사료된다. 또한 염수분무로 발생된 소금은 광학적으로 투명하여 LCM의 내주 전면부에 부착이 되었을 경우 제품을 분해하지 않고서는 소금의 부착 여부를 육안으로 판단하기 어려울 수 있다. 이러한 문제점 때문에 기존의 염수분무 시험방법에서는 일정시간 LCM 모듈을 노출 시킨 후 pass/fail 평가를 위하여 모듈을 분해하여야 만 하였다.

2가지 샘플에 대하여 시험한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 시험 결과에서 보는 것과 같이 노출 입자의 농도

가 낮을수록 fail이 일어나는 시간이 지수함수적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

3.1. 수명예측

실험결과를 바탕으로 LCM의 기대 수명은 다음의 log liner model 관계식을 써서 예측 가능 하다.[4]

$$\ln(L) = A \ln(n) + B \tag{1}$$

여기서 L 은 수명 (hour), n 은 입자의 농도 (#/cc), A 와 B 는 상수이다. 식 (1)을 간단한 형태로 다시 표시하면 아래 식과 같다.

$$y = ax + b \tag{2}$$

여기서 식(2)를 Fig. 5의 결과에 대입하면 a 는 기울기 b 는 절편이 된다.

따라서 제품의 MTBF(mean time between failure)는 아래와 같은 식으로 표시될 수 있다.

$$MTBF = 10^{1/a \log(n) - b/a} \tag{3}$$

이 식을 바탕으로 Fig. 5의 샘플2의 결과에서 기울기 $a = -0.842$, $b = 7.247$ 이므로, 만약 샘플 2가 일반대기 중에 노출될 경우 대기중 입자의 농도를 10,000 #/cc로 가정하면 샘플2의 수명은 다음과 같이 계산하여 예측할 수 있다.

$$\begin{aligned} MTBF &= 10^{-1/0.842 \log(10000) + 7.247/0.842} \\ &= 7,182.8 \text{ hour} \end{aligned}$$

이상과 같이 실험결과를 사용하여 제품의 대기중 먼지 노출 조건에 따라 수명을 미리 예측할 수 있다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 FPD나 LCM 모듈의 수명예측을 위한 시험방법을 개발하였다. 본 시험 방법은 기존의 염수분무 시험법에 비해 시험입자를 대기중에 많이 존재하는 soot를 사용함으로써 제품을 보다 실제 환경에 근접한 조건에서 시험을 할 수 있게 되었다. 또한 염수분무에서 발생되는 소금 입자는 광학적으로 투명(흰색)하여 제품의 pass/fail 여부를 판단하기 위해서는 제품을 분해하여야 해서 시간적 손실이 많이 발생하였으나, 본 시험 방법은 제품을 분해하지 않고 직접 육안으로

관찰하여 제품의 불량여부를 판단할 수 있는 장점이 있다.

참고문헌

1. Sanghoon Kim, Sang-Chul Lee, Se-Jin Yook, Jung-Uk Choi, and Kang-Ho Ahn (2013), "LCD Brightness Decay due to Particulate Contamination of Back Light Unit," J. OF THE KOREAN PHYSICAL SOCIETY, V.62, No. 2, Jan., pp.213-249 SCI0.447, 2013.
2. U. J. Hwang, K.H. Kim, S.J. Yook, and K.H. Ahn, "Soot Nano Particle Removal Characteristics by Tree Leaves," Proceeding the 12th Korean Conference on Aerosol and Particle Technology, p140, 2011.
3. Ahn, K.H., Jung, C.H., Choi, M., Lee, J.S., "Particle sampling and real time size distribution measurement in H₂/O₂/TEOS diffusion flame," Journal of Nanoparticle Research, 3:161-170, 2001.
4. Knoke, D. and P.J. Burke, Log-Linear Models. Sage Publication, Inc. Newberry Park, California, USA, 1980.
5. S. C. Lee, S.J. Yook, and K. H. Ahn, "Particle Contamination Root Cause Analysis inside LCM Module," 2012 KSSDT Spring Symposium, Jeju, p. 117, 2012.
6. S.H. Kim, S. J. Yook, J. W. Choi, and K. H. Ahn, "LCD TV Brightness decay effect by a particle deposition," 2013 KSME Spring Symposium Proceedings, p287-288, 2013.

접수일: 2013년 11월 20일, 심사일: 2013년 12월 5일,
 게재확정일: 2013년 12월 16일