

# 자동차용 조명부품의 고장분석

김재중\*, 이정배\*\*\*, 류대현\*\*, 신승중\*\*

\*한양대학교 신뢰성분석연구센터

\*\*한세대학교 IT학부

\*\*\*선문대학교 컴퓨터정보학부

e-mail:kimjaejung@nate.com

## Failure Analysis of Automotive Lighting Componets

Jae-Jung Kim\*, Jeong-Bae Lee\*\*\*, Dae-Hyun Ryu\*\*, Seung-Jung Shin\*\*

\*Reliability Analysis Research Center, Hanyang University

\*\*Dept of Information Technology, Hansei University

\*\*\*Dept of Computer Engineering, SunMoon University

### 요 약

고장분석은 전자 제품 또는 부품의 설계, 제조, 사용과정에서 항상 발생할 수 있는 문제점으로 분석을 통하여 고장 모드/메커니즘을 규명하고, 그 원인을 제거하는 일련의 과정으로서, 고장분석 절차는 육안검사, 전기적 특성검사, 비파괴 검사, 파괴검사로 구분되며, 분석 절차에 따라서 실제 필드 고장시료인 자동차용 조명부품에서 발생하는 고장품의 고장분석 후 고장모드 및 고장메커니즘을 규명 할 수 있었다. 그러므로 상기 방법에 따라 IT용 부품의 고장 분석에도 유용할 것으로 판단된다.

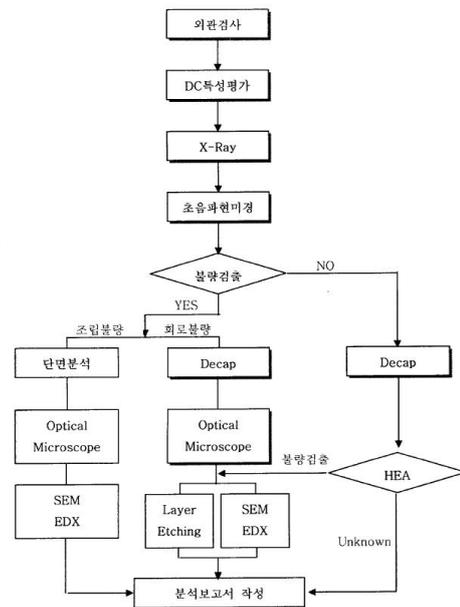
### 1. 서론

자동차용 조명부품은 차량의 전방 및 후방에 장착되어 차량의 위치 및 동작상태 등을 운전자 또는 타 운전자에게 그 정보를 제공하기 위한 표시용으로 사용되는 부품이다. 차량의 운행중 조명부품의 갑작스런 무점등 발생 또는 초기 광속대비 광속감퇴가 심한 경우 운전자의 시인성이 저하되어 추돌 또는 충돌 등 인명사고로 이어질 수 있으므로 안전성 및 신뢰성 확보가 필수적인 부품이다. 그러므로 자동차용 조명부품의 고장원인을 명확히 분석하여야 한다.

### 2. 고장분석 기법과 절차

고장분석은 고장메커니즘, 고장원인 및 결과를 확인하고 분석하기 위한 아이템의 논리적, 체계적 조사로 정의된다. 전기·전자부품 등의 고장분석은 일반적으로 그림 1과 같은 절차를 따른다. 그림에서 보듯이 고장분석은 고장이 발생한 상황 및 고장현상에 대한 정확한 파악으로부터 출발한다. 어떤 고장현상이 발생하였고, 어떤 환경 하에서 어느 정도 사용된 후에 고장이 발생하였는지 등에 대한 정보를 먼저 조사하여야 한다. 이와 같은 조사가 진행된 후에는 고장시료를 파괴하지 않고 가능한 많은 정보를 얻을 수 있도록 분석을 진행한다. 외관검사를 통하여 어느 부위에서 어떤 고장이 발생하였는지 파악하고, 특성 측정을 통하여 고장모드를 확인한다. 이와 같은 기본적인 검사를 통하여 고장원인을 추정하고, 추정된 고장원인을 확인할 수 있는 비파괴검사(방사선, 초음파, 전자기, 레이저를 이용한 분석 등)를 실시한 후 파괴검사(SEM : 주사전자현미경,

화학·물리적 분석 등)를 실시하여 고장원인을 밝혀낸다.

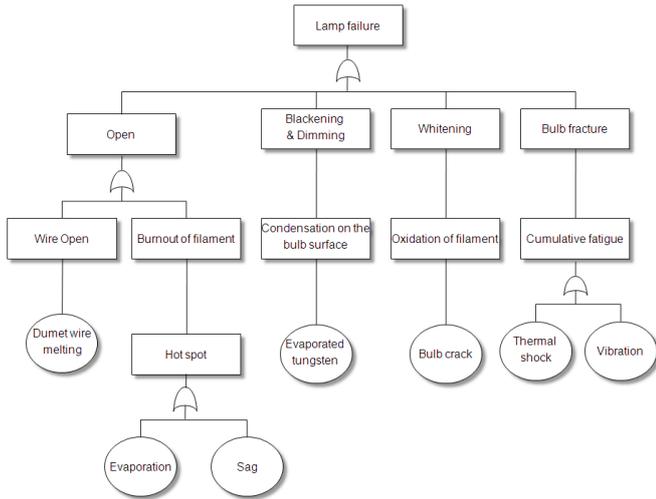


(그림 1) 고장분석 절차

### 3. 자동차용 조명부품의 고장메커니즘과 고장모드

자동차용 조명부품의 고장모드는 필라멘트의 open, leading wire의 open, 필드에서 "백화(whitening)"라고 칭하는 leak에 의한 필라멘트의 oxidation 및 bulb fracture 등 여러 가지 형태가 있으나 공정 중 발생하는 결함에 의한 취성파괴, 또는 필드에서의 과도한 충격에 의한 bulb fracture를 제외한 대부분의 고장은 주로 필라멘트의 고장

에 의해 발생한다. 조명부품의 수명에 가장 큰 영향을 끼치는 필라멘트의 고장모드는 크게 open과 백화가 있으며 그 원인이 되는 메커니즘으로는 burnout(용융단선)과 oxidation(산화) 등이 있다. 필라멘트의 용융단선에 의한 open의 원인은 텅스텐 증발에 의한 것임이 이미 밝혀져 있다. 용융단선의 원인을 설명하기 위한 hot spot model, sag 등 여러 가지 모델들이 제시되었다. 필드에서의 고장 사례 및 선행 연구의 결과를 바탕으로 자동차용 조명부품의 고장계통도(Fault Tree Analysis : FTA)를 그림 1에 나타내었다.

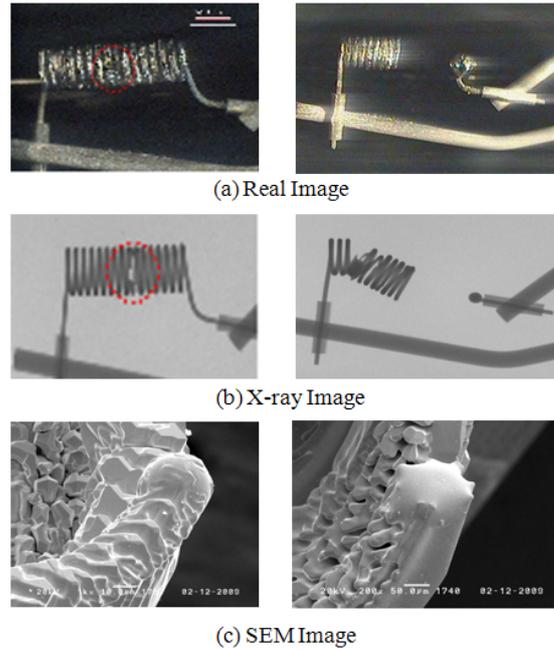


(그림 2) 자동차용 조명부품의 고장계통도

#### 4. 자동차용 조명부품의 고장분석

자동차의 조명부품의 고장을 분석하기 위하여 필드에서 고장이 발생한 조명부품을 수거한 결과 고장난 조명부품의 고장모드(Failure mode)는 전압을 인가하여도 광속이 전혀 없는 무점등 현상으로 나타났다. 고장분석 절차에 의거하여 첫째, 고장품의 외관검사 시 유리구 표면의 일부 흑화와 텅스텐 필라멘트에서 단선현상이 발생한 것을 육안으로 확인할 수 있었으며, 둘째, 고장품의 전기적 특성을 디지털멀티미터를 이용하여 측정된 결과 조명부품에서의 전기적 저항이 무한대( $\infty$ ), 즉 단선(open)으로 나타났다. 조명부품에서 전기적 단선이 나타날 수 있는 부분은 텅스텐 필라멘트와 리드와이어 부분으로 이 두 부분을 확대 촬영하여 그림 3에 나타내었다. 그림에서 조명부품의 단선은 리드와이어부가 아닌 텅스텐 필라멘트부에서 단선이며, 단선된 크기 및 위치는 고장품마다 상이하지만 동일한 형태로 텅스텐 필라멘트부에서 단선이 발생했음을 확인할 수 있었다. 텅스텐 필라멘트의 발생할 수 있는 단선의 원인은 급작스런 충격에 의한 단선 또는 시간경과에 따른 열화에 의한 단선 등이 있으므로 정확한 단선 원인을 규명하기 위하여 반과괴적 분석방법으로 X-ray 및 SEM(전자주사현미경)을 이용하여 텅스텐 필라멘트의 표면 및 파단면을 분석하였다. 반과괴 분석결과 필드에서 단선이 발생한 대부분 텅스텐 필라멘트의 표면은 텅스텐 입자

가 많이 증발하여 재결정(re-crystallization)과 입계성장(grain growth)이 다량 발생하였음을 알 수 있다. 또한 단선이 발생한 텅스텐 필라멘트의 파단면에서는 용융이 발생되어 둥글게 몽우리가 형성되었음을 확인 할 수 있다. 이는 텅스텐 필라멘트의 단선이 외부의 급작스런 충격에 의해 발생한 것이 아니라 장시간 사용에 따른 텅스텐이 증발하여 발생한 것을 확인할 수 있다. 그러므로 조명부품의 고장분석 결과 주 고장은 조명부품의 점등시 텅스텐 필라멘트에서 텅스텐 입자의 증발에 의한 용융단선 발생으로 인한 할로겐램프의 무점등 임을 알 수 있다.



(그림 3) 자동차용 조명부품의 고장분석 결과

#### 5. 결론

고장분석 절차에 따라서 실제 필드 고장시료인 자동차용 조명부품에서 발생하는 고장품의 고장분석 후 고장모드 및 고장메커니즘을 규명 할 수 있었다. 그러므로 상기 고장분석 방법은 IT용 부품의 고장 원인 규명에도 유용할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] Cayless M. A. and Marsden A. M., 1997, "Lamps and lighting", *Arnold*, pp. 177-193.
- [2] Covington E. J., 1973, "Hot spot burnout of tungsten filaments", *Journal of IES*, pp. 372-380.
- [3] Horster H., 1971, "The burnout mechanism of incandescent lamps", *Philips tech. Rev.*, pp. 155-164.
- [4] Godfrey T. J., 1976, "On the nature and distribution of defects in tungsten lamp wire", *Journal of the less-common metals*, pp. 319-326.
- [5] Horacek O., 1980, "Properties and failure modes of incandescent tungsten filaments", *IEE PROC.*, pp. 134-141.