

브라운관 텔레비전(CRT)의 화재위험성에 관한 연구

최기욱 선임연구원

1. 머리말

브라운관텔레비전(CRT, Cathode Ray Tube)은 발명자인 독일의 물리학자 Karl Ferdinand Rraun의 이름을 따서 “브라운관”이라고 불리게 되었으며, 그 사용용도 때문에 수상관이라고도 불린다. 또한 음극선으로 형광체를 발광시키는 원리 때문에 음극선관으로 불리기도 한다. 현재 가정에서 브라운관텔레비전(CRT)은 LCD, LED 텔레비전 등으로 교체되어 점차 사라져가고 있지만 아직까지 해상도를 중요시 하는 영상관련 산업체에서는 브라운관텔레비전(CRT)을 사용하고 있으며, 노래방, 주점 등에서도 영상장치로 브라운관모니터를 많이 사용하고 있다. 그만큼 브라운관텔레비전(CRT)은 아직까지 실용성과 경제적인 측면에서 그 유용함을 유지하고 있다고 해도 과언은 아니다. 브라운관텔레비전(CRT)은 그 사용 장소에 따라 가정집, 사무실 등 비교적 주위가 청결한 장소에 설치되는 경우도 있지만, 지하 또는 공장의 작업장 등 먼지와 수분 등의 이물질이 누적되기 쉬운 장소에 설치되는 경우도 많다. 특히 지하 노래방이나 공장의 작업장 등에 설치되는 경우 브라운관텔레비전 내부에 먼지, 수분 등의 이물질이 누적되기 쉬우며, 그로 인해 화재발생 가능성 또한 다른 장소에 설치되는 경우보다 크다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 브라운관텔레비전에 대하여 그 사용 조건 및 환경에 따른 발화위험성에 대해 분석하고자 한다.

2. 본문

가. 구조 및 원리

브라운관텔레비전(CRT)은 전기신호를 광(光)신호로 변환하여 표시하는 가전제품이며, 일반적으로 전자총(Electron Gun), 편향요크(Deflection Yoke), 섀도우 마스크(Shadow Mask), 형광면(Phosphors Screen), 퍼널(Funnel)과 패널(Panel)유리 및 플라이백트랜스포머(FBT), 회로기판 등으로 구성되어 있다. Fig. 1은 브라운관텔레비전(CRT)의 일반구조를 나타낸 것이고, Fig. 2는 브라운관텔레비전(CRT) 후면의 구조를 나타낸 것이다.

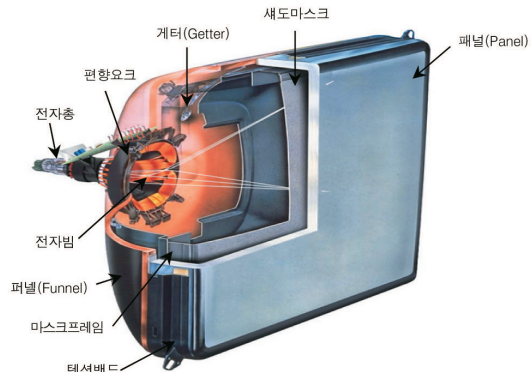


Fig. 1. 브라운관텔레비전(CRT)의 일반구조

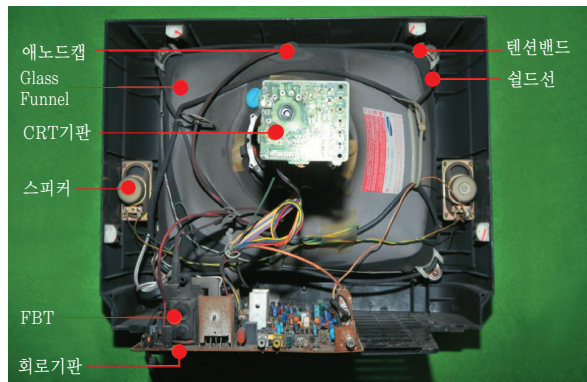


Fig. 2. 브라운관텔레비전(CRT)의 후면 구조

1) 전자총(Electron Gun)

전자총은 전자를 빔모양으로 발생시키는 장치이며, 음극에서 발생된 열전자가 도넛 모양의 전극 몇 개를 통과시켜 점점 가늘게 죄어 나가는 구조로 되어있다. 발생된 열전자는 제1그리드와 제2그리드에 걸리는 교류전압에 의해 화면의 명암이 조절되며, 양극의 고전압(+)에 의해 가속된다. 전자총의 소켓과 결합되는 부분을 스템(Stem)이라고 하며, 스템(Stem)은 베이스와 여러 개의 핀으로 구성되어 있다. 각각의 핀은 히터가열핀, R/G/B핀 등으로 구성된다.

2) 편향요크(Deflection Yoke)

브라운관텔레비전(CRT)의 자기장치 중 가장 중요한 부품인 편향요크는 브라운관의 목부분에 설치되어 있으며, 각각 직각으로 배치된 2개의 코일에 전류를 흘려 자계를 만들고, 플레밍의 왼손법칙을 이용하여 전자빔을 편향시키는 장치이다. 시간계열로 전송된 전기신호가 브라운관텔레비전(CRT)에서 영상신호로 재생되기 위해서는 전자총에서 발사된 전자빔을 영상면상에 2차원적으로 편향시켜 재생해야 하는데, 이 전자빔을 편향시키는 장치가 편향요크이다. 편향요크의 코일 2개를 수평편향코일(Horizontal coil), 수직편향코일(Vertical coil)이라고 부르며 수평편향코일에는 15.75[kHz]의 교류전류를 흘려 전자빔을 상하로 편향시킨다. 두 가지 편향코일을 조합하여 전자빔을 화면상에 좌·상에서 우·하까지 순차주사 한다.

3) 형광면(Phosphors Screen)

형광면에는 형광물질이 도포되어 있어 색도마스크를 통과한 전자빔의 충돌에 의해 형광물질이 발광하게 된다. 형광면에는 휘도, 명암 대조비, 잔광 특성 등을 통해서 규격을 정한다. 형광면의 내측에 설치된 알루미늄 박막은 형광체의 이탈을 방지하고 2차 전자를 흡수할 뿐만 아니라 후방으로 산란되는 빛을 반사시키는 역할을 한다. 형광면의 재료는 발광이 청록색인 황화아연(ZnS)과 황화카드뮴아연(ZnCdS)의 혼합물 또는 황화아연과 황색의 구산베륨아연[(ZnBe)2SiO4]의 혼합물 등이 사용되며, 형광

체의 성분은 따라 CRT의 색깔 표현이 달라진다.

4) 플라이백트랜스포머(Flyback Transformer)

플라이백트랜스포머(FBT, Flyback Transformer)는 전자총에서 발생된 전자빔을 브라운관의 패널(panel)로 가속시키기 위한 장치이며, 일반적으로 20[kV]에서 50[kV] 정도의 전압을 발생시킨다. 또한 플라이백트랜스포머(FBT)는 다른 변압기와는 다르게 15[kHz]에서 50[kHz]의 고주파대역에서 작동하도록 생산된다.

나. 발화위험

브라운관텔레비전(CRT)은 보통 가정, 사무실, 공장 또는 지하 노래방 등의 업소에서 주로 사용되며, 대부분 한번 설치되면 고장발생 전까지 내부를 들여다 볼 기회가 없어 장기간 사용하는 과정에서 내부에 먼지가 많이 쌓인다. 또한 지하 노래방 등의 업소 내부에는 여름철 습기의 체류가 많아 누적된 먼지 상부로 물기가 누적되어 종종 화재로 확대되기도 한다. 미관을 위해 브라운관텔레비전(CRT) 상부에 화분을 올려놓는 경우 및 상부에 올려놓은 음료수가 쏟아지는 경우 그 액체를 매개로 발생한 누설전류에 의해 화재가 발생할 수도 있다. 이처럼 브라운관텔레비전(CRT)은 내부의 작동 및 구조적인 발화위험보다는 열악한 사용 환경 등으로 인한 발화위험이 더 크다고 할 수 있다. 다만 브라운관텔레비전(CRT)의 내부 고전압 발생장치인 플라이백트랜스(FBT, Flyback Transformer)의 연결전선의 소손으로 인한 누설방전으로 인해 발화가 능성이 존재하나 연결전선은 한번 설치되면 움직임이 잦지 않아 소손의 가능성은 낮다고 할 수 있다.

3. 실험

본 연구에서는 브라운관텔레비전(CRT)의 사용 중에 위험하다고 판단되는 경우를 Table 1.과 같이 선정하여 실험을 실시하였으며, 그에 따른 브라운관텔레비전(CRT) 발화위험성에 대해 분석하였다.

조 사 연 구

Table 1. 실험상황

번호	실험상황	비고
1	정상운전	발열특성 및 전기신호 확인
2	전원단자 사이 트래킹	회로기판 전원단자에 이물질 누적
3	FBT단자 사이 트래킹	FBT단자에 이물질 누적

가. 실험장치

온도를 측정하고 기록하는 장비인 직경 0.65 mm의 K-Type 열전대(KS C 1602)와 PC Recorder(MSR128, MSYSTEM, Japan)를 사용하였다. 실험 중 PC Recorder (MSR128)의 7개의 채널을 사용하였으며, 각 채널당 1초 간격으로 샘플링 하도록 설정하였다.

나. 실험방법 및 결과

1) 정상운전

가) 실험방법

브라운관텔레비전(CRT) 후면에 위치한 부품으로 FBT, 전자총, 브라운관상부 및 회로기판에 설치되어 발열현상이 있는 반도체소자(이하 “소자①”, “소자②”, “소자③”이라 칭함)의 표면온도를 측정하였다. 실험 중 브라운관텔레비전에 안테나는 설치하지 않았으며, 전원만 인가한 상태에서 실험을 수행하였다. Fig. 3은 브라운관텔레비전(CRT) 후면의 열전대가 설치된 부품의 위치를 나

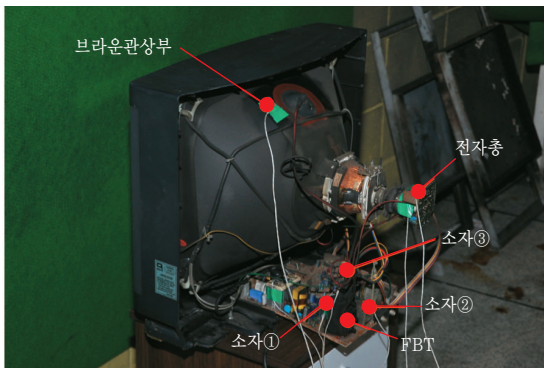


Fig. 3. CRT의 후면 열전대 설치상황

나) 실험결과

『정상운전』 실험에서는 브라운관텔레비전(CRT)의 후면 커버를 제거한 상태에서 실시하였다. Fig. 4는

각 부품의 시간-온도를 나타낸 그래프이며, Fig. 4에서 보는 바와 같이 소자②의 표면온도는 최고 75℃까지 상승하는 것으로 나타났으며, 소자①과 전자총의 온도는 최고 60℃까지 상승하는 것으로 나타났다. 브라운관의 상부 표면은 대기온도로 유지하였고, FBT의 표면온도 또한 그리 높지 않아 약 40℃ 정도를 유지하는 것으로 나타났다. 각 반도체 소자(소자①, 소자②, 소자③) 부품은 정상적인 상황에서 약간의 발열특성이 있었으나 발화에 이를 정도의 온도상승은 없는 것으로 나타났다.

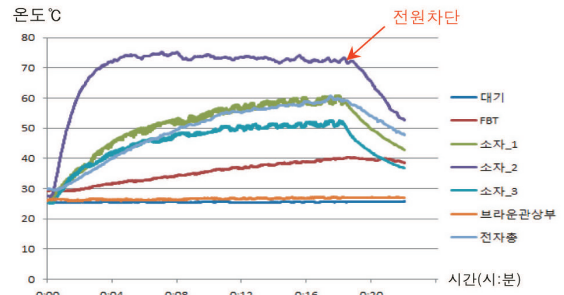


Fig. 4. 정상운전 시 시간-온도 그래프

2) 전원단자 사이 트래킹실험

가) 실험방법

본 실험에서는 브라운관텔레비전(CRT)의 회로기판에 220[V]를 공급하는 전원공급단자에 이물질과 물기가 누적되는 상황을 가정하여 실험을 실시하였으며, 운전 중 누설전류가 전원공급장치와 면한 회로기판 표면으로 흐르고, 표면으로 흐르는 누설전류에 의해 회로기판의 표면에서 발열되는 상황을 시나리오로 설정하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 회로기판의 전원공급단자 주위에 먼지가 누적된 상황을 나타낸 것이다.

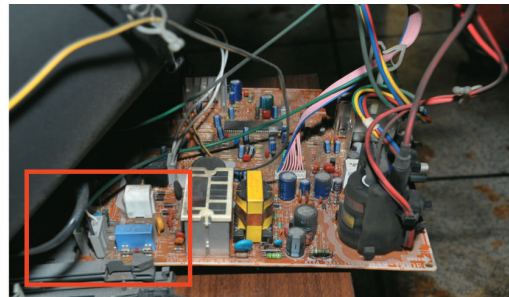


Fig. 5. 회로기판의 상황

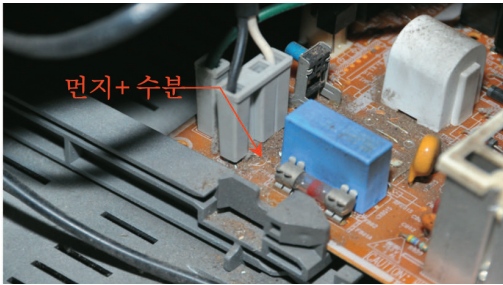


Fig. 6. □표지부분, 전원단자 주위에 이물질 (먼지+수분)이 누적된 상황

나) 실험결과

본 실험은 전원공급단자 사이의 이물질을 통해 발생된 아크트래킹(Arc Tracking)에 의한 화재실험이며, 실험 과정에서 순간적으로 발생하는 아크(Arc)로 인한 측정장비의 소손이 예상되어 각 부품의 발열특성은 측정하지 못하였다. Fig. 7은 회로기판 전원공급단자에서 아크트래킹(Arc Tracking)의 발생과정을 나타낸 사진이며, Fig. 8은 그 결과 발생된 회로기판의 탄화된 상황을 나타낸 것으로서 아크트래킹(Arc Tracking)에 의해 회로기판이 탄화되고 전원공급단자의 금속 충전부가 용융된 상황을 나타내고 있다.

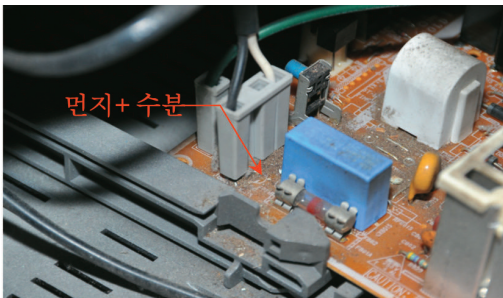


Fig. 7. 누설전류에 의해 회로기판 표면이 열분해 되는 상황

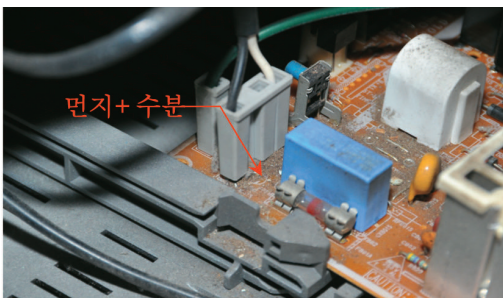


Fig. 8. 회로기판 전원공급단자 주위의 탄화된 상황

3) FBT단자 사이 트래킹실험

가) 실험방법

본 실험에서는 FBT의 단자 사이에 먼지 및 수분 등의 이물질이 누적된 상황을 가정하여 실험을 수행하였으며, 그에 따른 발화위험을 관찰하였다. Fig. 9는 정상적으로 사용하는 브라운관텔레비전(CRT)의 회로기판을 나타낸 것이고, Fig. 10은 FBT 하부에 이물질이 누적된 상황을 나타낸 것이다.

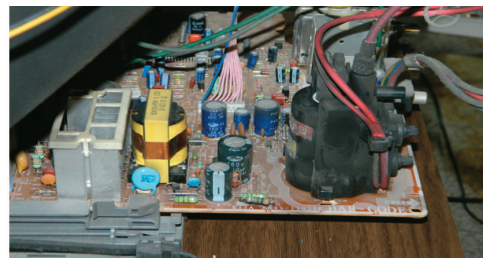


Fig. 9. 회로기판의 상황

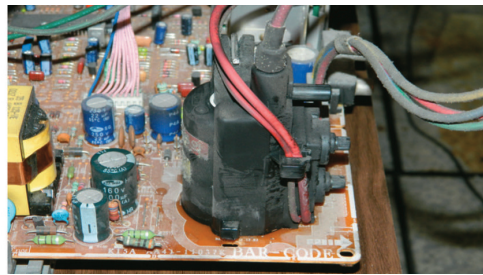


Fig. 10. FBT 하부 회로기판에 이물질이 누적된 상황

나) 실험결과

Fig. 11 ~ Fig. 12는 실험종료 후 회로기판에 설치된 FBT의 상황을 나타낸 것이며, FBT의 단자 사이에서 발생한 아크트래킹(Arc Tracking)에 의해 단자가 용융되고 회로기판이 탄화된 것을 확인할 수 있다.

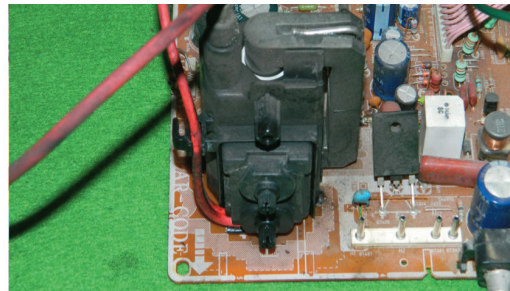


Fig. 11. FBT 실험종료 후의 상황

조 사 연 구

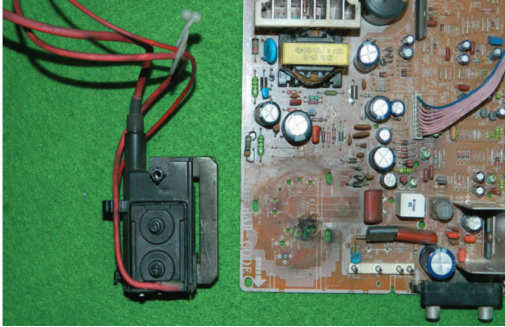


Fig. 12. FBT 및 회로기판의 탄화상황

플라이백트랜스포머(FBT) 하부 단자부분으로 먼지, 수분 등의 이물질이 누적되는 경우 이물질을 통해 흐르는 누설 전류에 의해 회로기판이 탄화되며, 지속적으로 탄화되는 경우 아크트래킹(Arc Tracking)에 의해 회로기판이 연소될 수 있으며, 그러한 과정에서 화재로 이어질 수 있다.

4. 맺음말

본 실험에서는 브라운관텔레비전(CRT)의 회로기판에 먼지 및 물기 등의 이물질이 누적된 상황에서 상황별 발열 특성 및 아크(Arc) 발생 시 그 연소특성을 분석하였으며, 이와 같은 실험을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

가. 브라운관텔레비전(CRT)이 정상적으로 작동하는 경우 브라운관 표면은 대기온도 정도로 유지되었으며, 플라이백트랜스포머(FBT)의 표면은 약 40 ℃까지 상승하였으며, 전자총의 표면은 약 60 ℃까지 상승하였다. 또한 반도체소자(소자1, 소자2, 소자3)는 각각 60 ℃, 75 ℃, 53 ℃까지 상승하는 것으로 나타났으나, 정상적으로 작동하는 경우 브라운관텔레비전(CRT)의 부품에서 발화에 이를 정도의 발열은 없는 것으로 나타났다.

나. 브라운관텔레비전(CRT) 내부의 회로기판에 먼지, 수분 등의 이물질이 누적된 상태에서 지속적으로 사용하는 경우 회로기판에 220[V]전압이 인가된 전원공급단자 사이의 회로기판 위로 이물질을 매개로 누설전류가 흐를 수 있으며, 지속적인 누설전류로 인해 회로기판의 탄화심도가 깊어지면 아크트래킹(Arc Tracking)에 의해 발생된 열에너지에 의해 회로기판, 소자 및 전선 등의 가연성 물질이 연소될 수 있다.

다. 브라운관텔레비전(CRT) 내부의 회로기판에 설치된