

## 유한요소해석을 활용한 전자관(Cathod Ray Tube)의 Microphonic 현상개선에 관한 연구

°김성대\*, 서장원\*, 김석관\*, 정봉교\*\*

### Reduction of Microphonic Phenomenon in Cathode Ray Tube by Finite Element Analysis

°S.D.Kim\*, J.W.Seo\*, S.G.Kim\* and B.K.Jeong\*\*

#### ABSTRACT

TV나 스피커가 부착되는 PC Monitor에서는 스피커에서 나오는 음향에너지로 인한 진동으로 물결무늬모양의 화면떨림현상이 발생하는데 이를 감소시키기 위해 본 연구에서는 모니터에서의 스피커 부착부분에 대한 개선이 아닌 CRT 자체를 개선하여 어떤 형태의 모니터에 장착하여도 Microphonic현상이 최소화될 수 있는 CRT를 개발하고자 한다.

본 연구에서는 15" CRT를 대상으로 Microphonic현상의 원인규명과 개선안을 도출하였다. Microphonic현상의 주파수분석과 모드분석을 통해 원인을 규명하고 중요부품을 위주로 유한요소해석모델을 구현하였으며 이를 이용하여 중요인자 중 개선이 쉬운 스프링과 프레임에 대한 형상개선을 통해 Microphonic현상수준을 크게 개선하였다. 특히 17"프레임에 대한 구체적인 개선형상은 실험계획법을 사용하여 도출하였다. 15" GoldStar CRT의 경우는 동일모델에서 최고수준으로 현재 생산 판매되고 있다.

#### 1. 서론

Microphonic현상이란 PC Monitor나 TV에서 외부진동으로 인해 발생하는 화면떨림현상으로 검은 얼룩무늬가 물결처럼 생기는 현상을 지칭한다. 이 현상은 대부분 모니터나 TV에 부착되어 있는 스피커에서의 음향에너지로 인해 CRT 내부의 새도우마스크에 진동이 발생하여 일어난다. 특히 요즘 PC의 경우 Multi-Media기능을 강조하는 추세로 스피커 일체형 모니터가 요구되고 있어 Microphonic현상은 제품의 중요한 성능으로 평가되게 되었다.

물론 Microphonic현상을 감소시키는 방법으로 스피커부착부분에 대한 방안을 연구하는 것도 한 방안이겠지만 이 경우 CRT가 조립되는 모니터 캐비닛 형태에 따라 방진방법을 달리 해야하는 경우

가 발생할 수 있으므로 본 연구에서는 CRT (Cathod Ray Tube, 브라운관)자체를 개선하여 어떤 형태의 모니터에 장착하여도 Microphonic현상이 최소화되는 CRT를 개발하는 것이 목적이다.

본 연구에서는 15" CRT를 대상으로 하였으며 Microphonic현상의 원인을 규명하기위해 주파수특성과 CRT에 대한 모드특성을 비교분석하여 새도우마스크의 진동으로 인한 현상임을 규명하였으며 진동전달 메카니즘도 파악하였다. Microphonic현상에서 중요인자로 판명된 새도우마스크, 스프링, 프레임에 대한 유한요소해석모델을 구현하였으며 이를 이용하여 Frame과 Spring에 대하여 진동전달을 감소시킬 수 있는 형상을 변경하여 Microphonic 현상을 개선하였다.

처음 시도한 15" CRT에 대한 연구과정에서 Microphonic개선을 위해 도출된 형상이 때론 충격특성이나 Doring특성을 나쁘게 하는 경우도 있었으므로 이를 고려하여 최종적인 적용방안을 도출

\* LG 생산기술원  
\*\* LG전자 전자관설계실

하였다.

## 2. 본론

### 2-1. 현상

정상적인 화면재생의 경우 전자총에서 발사된 전자광선이 편향코일(DY)부분을 지나 정확히 세도우마스크의 구멍을 통과한후 원하는 색상의 형광물질에 충돌하여야 색상을 정상적으로 재생하는데 외부에서 진동이 전달될 경우 세도우마스크에 진동이 발생하게 되어 전자광선이 형광물질에 정상적으로 충돌하지 못하는 경우가 발생하는데 이때 Microphonic현상이 발생하게 된다.

Microphonic현상은 모니터나 TV의 캐비닛과는 CRT의 Glass부분은 스피커나 외부로부터의 진동을 전달할뿐 이들 모드특성과는 직접적인 관계가 없는 것으로 알려져 있다[1]. 그러므로 본 연구에서는 외부의 진동이 세도우마스크까지 전달되는 경로상에 있는 주요부품인 Glass, Spring, Frame, Shadow mask의 조립상태로 진동특성을 그림1처럼 실험적으로 평가하였다[2].

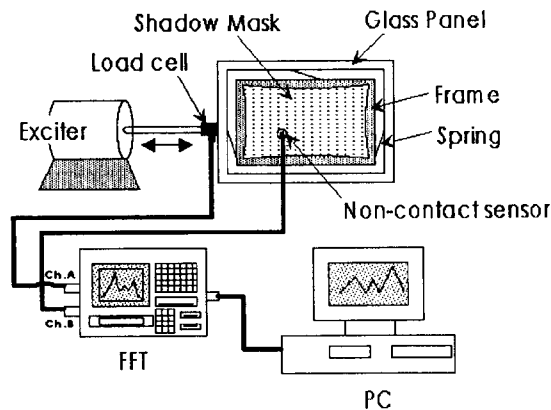
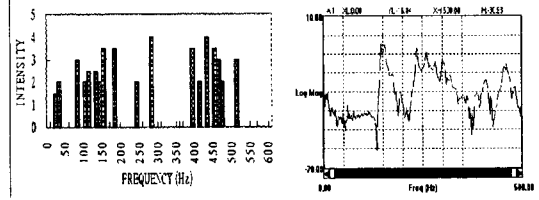


그림1) 조립체의 모드분석을 위한 실험

여기에서 추출된 전달함수의 경향이 세도우마스크상의 대부분의 점에서 실제 Microphonic현상과 대체로 유사하게 나타났다. 그림2는 그 중 한점에서의 전달함수와 실제 Microphonic현상을 비교한 것이다. 이 결과를 토대로 보면 이들 조립상태의 진동특성이 Microphonic현상을 좌우하는 요인

임을 알 수 있다.



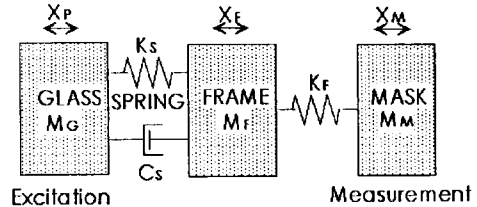
a) Microphonic현상      b) 조립체의 전달함수

그림2) Microphonic현상과 조립체의 전달함수 비교

그래서 본 연구에서는 이들만으로 구성된 유한요소해석모델을 구현하였으며 이를 이용하여 개선 방안을 도출하였다.

### 2-2. 해석 및 개선안 도출

전절에서 기술된 현상을 바탕으로 이들에 대한 대략적인 진동특성을 파악하기위해 그림3과 같이 3자유도 모델로 간략화 시켜보았다. 이들의 물성치는 각 부품들에 대한 첫번째 모드를 기준으로 설정하였다. 세도우마스크는 개선대상에서 제외시켰기 때문에 질량으로만 모델링 하였다. 현상과 마찬가지로 Glass부분에 가진을 하고 마스크의 진동을 평가하는 방법으로 하였다. 그림4는 이들의 결과를 나타낸 것이다. 이 시스템에서의 K와 C는 2단계의 증감으로만 설정하고 주파수대역은 Microphonic 현상이 심하게 나타나는 100Hz에서 500Hz까지를



$K_s$ : spring coeff. of the spring  
 $C_s$ : damping caused by the friction between the spring and connector pin on the glass  
 $K_f$ : spring coeff. of the frame

그림3) 조립체의 간략화 모델

중점적으로 평가하였다. 평가결과는 그림4에 나타내었는데 기존의 결과와 비교하여 볼때 먼저 스프링의 경우는 강성과 댐핑을 감소시키고, 프레임의

경우는 강성을 높이는 것이 세도우 마스크에서의 진동전달률을 감소시킬 수 있는 개선방향임을 알 수 있었다.

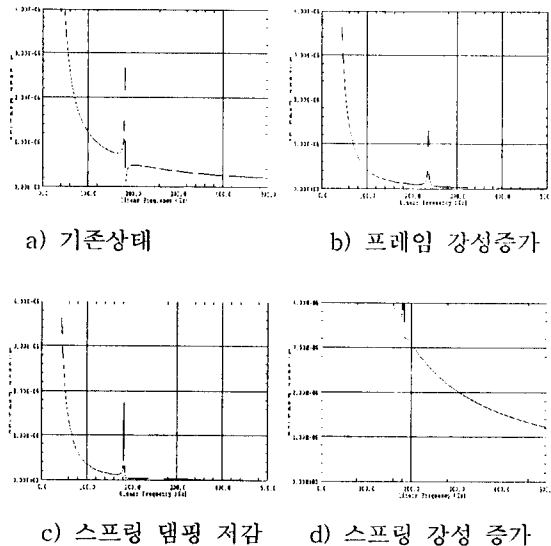


그림4) 간략화모델에서의 전달함수

간략화모델에서의 결과를 검증하고 또한 구체적인 개선형상을 도출하기위해 SDRC사의 I-DEAS를 이용하여 그림5와 같이 유한요소해석모델을 구현하였다[3]. 그리고 이를 이용하여 부품들의 형상이나 특성변화에 대한 전달함수변화를 분석하여 개선결과를 도출하였다.

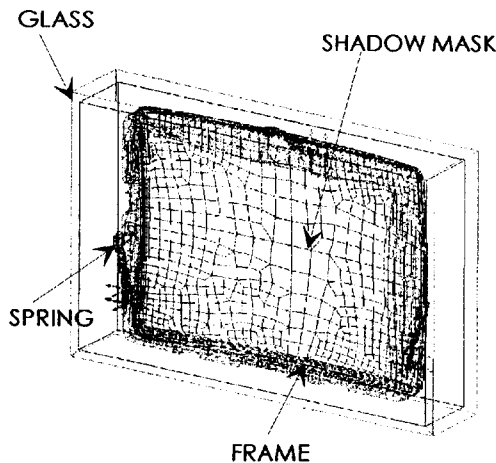


그림5) 조립체의 유한요소해석 모델

먼저 스프링의 경우는 개략모델에서 스프링의 강성이 낮은 것이 유리하다는 결과를 나타냈기 때문에 두께를 줄이는 방안을 택하였다. 그러나 이 경우 해석과 실험 모두에서 만족한 결과를 나타내었으나 모니터의 낙하충격실험에서 문제가 발생하였다. 이를 보완하기위해 스프링의 두께는 기존의 두께로 하고 형상 변경을 통한 개선시도를 하였다. 그러나 여기에서도 Doming이라는 CRT의 특성을 만족시키지 못해 스프링의 두께나 형상의 개선은 적용하지 못하였다. 이와 같이 개선방안을 도출할 때에는 CRT의 다른 특성을 함께 고려해야하기 때문에 현재 본 논문의 내용에는 포함시키지 않았지만 이들과의 연계연구도 수행중이다.

그러므로 스프링의 개선방법으로 댐핑을 감소시키는 방법을 택하였다. 스프링의 댐핑은 그림6과 같이 Glass의 Stud Pin과 Spring의 Hole과의 마찰로 인한 쿨롱댐핑을 생각할 수 있다[4]. 또한 이 쿨롱댐핑은 궁극적으로 스프링이 Glass와 결합되는 힘, 즉 결합력과 비례함을 알 수 있다.

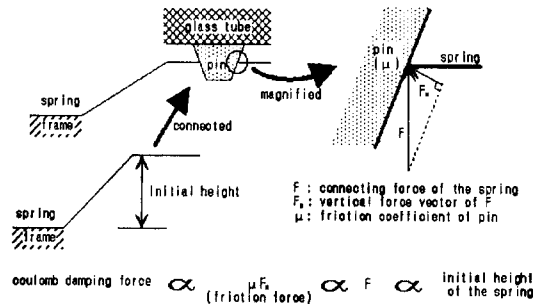


그림6) 스프링결합력과 쿨롱댐핑과의 관계

스프링의 결합력은 그림6에서 알 수 있듯이 굽힘각도, 즉 결합전의 초기높이에 비례함을 알 수 있다. 그래서 스프링에서의 개선방안으로 초기높이를 낮추는 방법을 택하였으며 이를 제작하여는 Microphonic현상을 측정해본 결과 크게 개선됨을 확인하였다. 이는 Frame의 변형없는 첫번째모드(강체모드)가 50-60Hz근처이고 관심주파수는 100-500Hz근처이므로 이런 결과가 나타난 것이다.

그리고 Frame의 경우는 강성을 보장하는 형상을 도출하였다. 본 프로젝트에서는 Frame에 대한 강성보장을 위해 두께를 증가시키는 방법은 Cost에 직접적인 영향을 주기때문에 두께는 변경 없이 형상을 바꾸는 방법으로 수행해야 한다.

