

〈論 文〉

TV 마이크로포닉 현상에 관한 연구

A Study on the TV Microphonic Phenomenon

성길주* · 윤경렬** · 이재응*** · 이수훈**** · 임진수*****

Kil-Ju Sung, Kyoung-Ryoul Yoon, Jae-Eung Lee, Soo-Hoon Lee and Jin-Soo Lim

ABSTRACT

The microphonic phenomenon in TV(television) is a phenomenon that a stained pattern locally appears in the screen or moves like waves. This can be observed when audio signal of TV has specific frequencies under loud volume of sound. In this study, microphonic phenomenon has been investigated, and two practical ways of circumventing this has been proposed. Based on modal analysis of several TV parts(Cathod Ray Tube, shadowmask, etc.), it was proved that the microphonic phenomenon is caused by the resonance of the shadow mask. One of the proposed ways to circumvent this phenomenon is increasing the thickness of the frame, the other is removing the middle welding points between the frame and the shadow mask. The effects of these modifications are evaluated by the finite element analysis, and the results show that the magnitude of vibration of shadow mask reduced by 10-20dB, which is large enough to prevent microphonic phenomenon even under maximum level of sound volume.

1. 서 론

TV(Television)에서 마이크로포닉(microphonic)현상이란 화면에 국부적으로 얼룩무늬가 나타나거나 또는 물결처럼 그 무늬가 움직이는 현상을 말한다. 이러한 현상은 TV 스피커에 특정주파수의 음향신호를 공급하고 그 소리의 크기를 어느정도이상으로 하였을때 발생함을 볼 수 있다. 최근 TV의 크기가 대형화되고 또한 음향부분에 대한 용량이 점점 커지고

있는 추세에서 마이크로포닉현상은 TV의 화질을 떨어뜨려 중대한 문제가 될 수 있다.

마이크로포닉현상의 발생과정을 이해하기 위하여 먼저 CRT(Cathod Ray Tube)의 구조를 살펴 보자⁽¹⁾. CRT는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 크게 네부분, 즉 전자광선을 발생시키는 전자총, 전자광선을 화면의 원하는 위치에 도달하도록 굴절시켜주는 편향코일부분, 굴절된 전자광선이 원하는 색상의 형광물질에만 정확히 충돌할 수 있도록 해주는 새도우매스크(shadow mask)부분, 그리고 전자광선이 충돌하는 3가지 색의 형광체 점들로 도포된 형광막부분이다. 새도우매스크는 수십만개의 구멍이 있는 곡률이 있는 얇은 판으로, 주사된 전자광선이 이 구멍들을 통과하여 원하는 색상의 형광물질에 정확히 충돌하여 색이 번지지 않고 깨끗한 화면을 유지하게 해주는 역할을 한다. 새도우매스크는 이를 둘러싸고있는 프

*정회원, 중앙대학교 대학원 기계공학과

**아주대학교 대학원 기계공학과

***정회원, 중앙대학교 공과대학 기계공학과

****정회원, 아주대학교 공과대학 생산자동화공학과

*****정회원, 아주대학교 공과대학 기계공학과

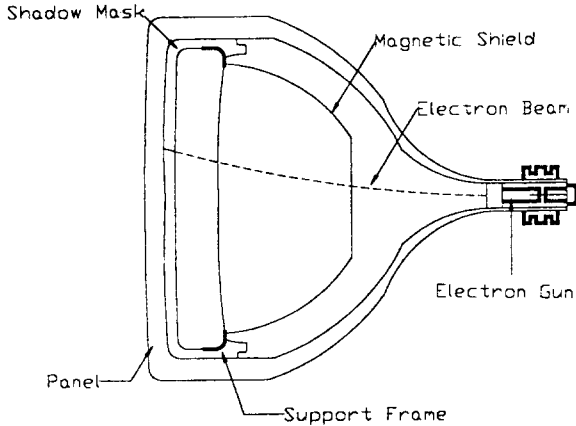


Fig. 1 Schematic diagram of Cathod Ray Tube

레이프(frame)과 여러지점에서 점용접(spot welding)으로 연결되어 있고, 프레임은 CRT안쪽에 고정클립으로 장착되어 새도우마스크를 고정시키는 역할을 한다.

화면에 얼룩무늬가 나타나는 것은 전자광선이 형광물질에 충돌하지 못하여 발생한 검은 점들이 여러 개의 띠모양으로 나타나기 때문이다. 이러한 현상이 나타날 수 있는 원인은 전자총에서 빔의 발사방향이 정확하지 않거나, 혹은 편향코일의 이상으로 빔의 굴절각도가 변하여 빔이 형광물질에 도달하지 못하여 화면의 그 위치가 검게 나타날 수 있다. 그러나 이러한 원인들은 검은 띠 모양이 움직이지 않고 항상 같은 위치에서 정지되어 나타날 것이다. 따라서 얼룩무늬가 물결처럼 움직이기 위해서는 광선이 형광물질에 충돌했다가 그 다음순간에는 충돌하지 못하는 현상이 반복적으로 발생하여야 한다. 이러한 현상은 새도우마스크의 위치가 반복적으로 변하면 발생할 수 있다.

본 연구에서는 마이크로포닉 현상의 발생원인을 규명하고 그 개선방안을 제시하고자 한다. 실험은 대우 59cm(25inch) impact TV 3대를 사용하였다. 실험에 사용한 TV는 좌우 양측에 스피커가 부착되어 있으며 상단에 우퍼(woofer)가 별도로 부착되어 있다. 새도우마스크의 크기는 가로 355mm, 세로 462mm, 두께 0.1mm이고 개구율이 24%이며, 프레임과는 네모서리와 중심선상의 네곳이 각각 점용접되어있고, 프레임은 가로 355mm, 세로 462mm, 두께 0.8mm의 판으로 네모서리가 고정 클립에 의해 브라운관안쪽에 장착되어 있다. 실험은 먼저 마이크로포닉현상 발생 주파수를 파악하기 위하여 스피커에 특정주파수의 신호를 공급하고 주파수와 소리의

크기를 변화시키면서 수행하였으며, 그 현상이 발생한 주파수와 새도우마스크, 그리고 CRT의 고유진동수를 비교하면서 그 발생원인을 규명하였다. 그 다음 새도우마스크의 구조를 변경하여 이 현상을 개선하는 방안을 고려하였으나, 제조공정상 새도우마스크의 구조를 변경시키는 것은 어려운 일이므로 현실적인 방안으로 프레임의 두께를 변경하는 방안과 새도우마스크와 프레임간의 용접위치를 변경시키는 방안을 제안하였다. 구조 변경후의 그 효과는 범용 유한요소해석 프로그램인 SDRC사의 I-DEAS⁽²⁾를 사용하여 평가하였다.

2. 마이크로포닉 현상 발생 원인 규명 실험

2.1 마이크로포닉 현상 재현 실험

실험에 사용된 각 TV 세트마다 마이크로포닉 현상이 발생하는 주파수와 그 현상의 정도를 파악하기 위하여 실험 장치를 Fig.2와 같이 구성 하였다. 본 장치에서는 TV 화면이 단색이 되게 영상 신호를 공급하고, 신호발생기로 peak-to-peak가 0.5V인 순수 정현파신호를 스피커에 공급하여 해당 주파수의 음향이 발생되게 한후, 주파수를 변화 시켜 가면서 마이크로포닉 현상이 발생하는가를 관측 하였으며, 동시에 가속도계를 사용하여 CRT 전면 유리의 진동을 측정하였다. 실험을 수행하는동안 TV 스피커의 볼륨과 우퍼(woofer)의 볼륨은 최대로 고정하였다. 마이크로포닉 현상이 발생하는 주파수를 검출한 후에는, 그 현상이 심하게 나타나는 특정 주파수에서 스피커의 볼륨을 최대에서부터 서서히 줄이면서 현상의 변화와 CRT에 전달되는 진동 신호의 변화를 관찰하였다. 그 결과를 다음과 같이 요약하였다.

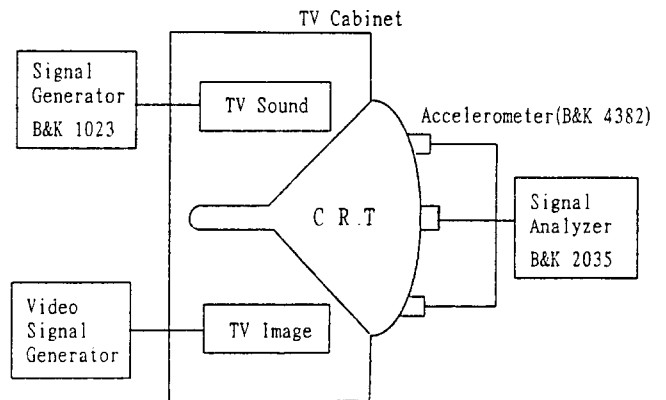


Fig. 2 Experimental setup

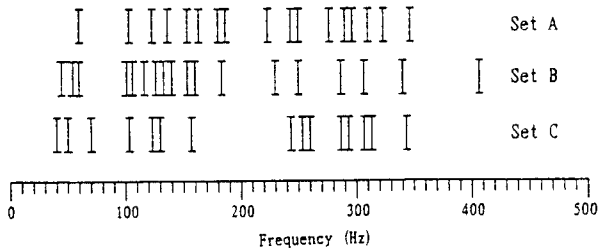
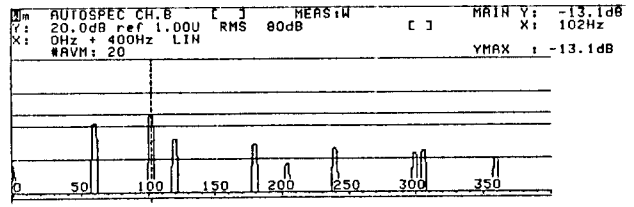


Fig. 3 Comparisons of microphonic frequencies occur in different TV sets

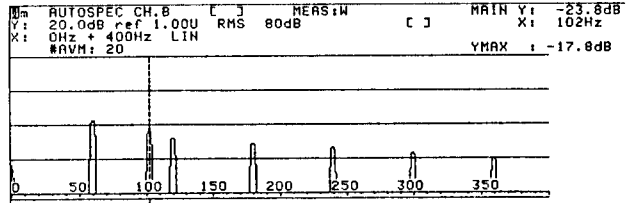
(1) 3개의 TV세트를 대상으로 하여 마이크로포닉 현상이 발생하는 주파수를 검출한 결과를 Fig.3에 나타내었다. 마이크로포닉 현상이 발생하는 주파수와 그 현상의 정도는 각 TV세트마다 다르게 나타났으나, 대체적으로 다음과 같은 4개의 주파수 영역에서 공통적으로 발생한다고 볼 수 있었다: 40-60Hz, 100-190Hz, 230-260Hz, 290-320Hz. 특히 100-190Hz 에서는 넓은 주파수 영역에 걸쳐서 그 현상이 거의 연속적으로 발생하는것을 볼 수 있었으며, 350Hz 이상의 높은 주파수에서는 발생하지 않았다.

(2) CRT에 전달된 진동은 매우 미약하여 측정된 진동 신호에는 60Hz AC noise의 영향이 상대적으로 크게 나타났다. CRT 전면 유리에서 측정된 진동의 크기가 큰 주파수 영역에서는 대체적으로 마이크로포닉 현상이 발생하였으나 반드시 일치하지는 않았다.

(3) 마이크로포닉 현상이 발생하는 특정주파수에서 스피커의 볼륨을 최대로부터 서서히 줄이면 CRT에 전달되는 진동의 크기도 서서히 감소하였다. 그러나, 마이크로포닉 현상은 서서히 사라지지 않고 어느 볼륨레벨에서 갑자기 사라지는 것이 관측되었다. 이 현상은 볼륨을 최소에서 서서히 증가시킬 경우에도 유사하게 발생하여 같은 볼륨크기에서 갑자기 마이크로포닉 현상이 발생함을 알 수 있었다. Fig.4에는 TV세트 B에서 볼륨이 최대일 때와 볼륨을 줄여서 마이크로포닉 현상이 사라지는 때에 측정된 CRT 진동 신호의 분석 결과를 비교 하였다. 주파수는 마이크로포닉 현상이 비교적 강하게 나타나는 102Hz로 고정하였다. 그림에서 보는 바와 같이 CRT에서 측정된 진동 신호의 크기가 최대 볼륨 상태에서 보다 10dB이상 감소하였을때 마이크로포닉 현상이 사라지는것을 볼 수 있었다. 다른 주파수에서의 실험 결과 160Hz에서는 25dB 이상을, 248Hz에서는 20dB 이상을 감소시켜야만 마이크로포닉 현상이 사라지는것을 볼 수 있었다.



(1) Maximum volume level



(2) microphonic phenomenon disappeared volume level

Fig. 4 Power spectrum of vibration signal measured in CRT with different volume level(TV set B, exciting frequency : 102 Hz)

이상의 실험으로 부터 CRT에 전달되는 진동 신호의 크기가 어느 경계값(threshold value) 이하가 되면 마이크로포닉 현상은 발생하지 않으나 그 이상이 되면 갑자기 발생한다는 것을 관찰할 수 있었으며, 그 경계값은 마이크로포닉 현상 발생주파수에 따라 다른 것을 알 수 있었다.

2.2 CRT 진동 실험

본 실험에서는 CRT를 가진기로 직접 가진시켜 CRT의 진동에 의하여 마이크로포닉 현상이 발생하는가를 확인 하고자 하였으며, 또한 마이크로포닉 현상과 CRT 자체의 고유진동이 관련이 있는 가를 파악하기 위하여 CRT의 고유진동실험도 수행하였다.

스피커를 제외한 모든 전기 장치들은 작동될 수 있는 상태에 두면서 CRT만을 분리하여 공중에 매단 후 Fig.5와 같이 실험장치를 구성하였다. 가진기는 그림에서와 같이 CRT 윗쪽 우측, 캐비네트와의 연결부위에 설치하였다. 스피커 가진기와 마찬가지로 신호발생기에서 정현파 신호를 발생시켜 가진기를 통하여 CRT를 직접 가진 시켰으며, 이때 CRT 표면에서 측정된 가속도 신호 크기(root mean square)의 값이 스피커 가진기와 대체적으로 같은 값을 유지하도록 증폭기의 증폭비를 조정하였다. 이와 같이 하여 CRT의 진동에 관한 한 스피커 음향에 의한 가진과 동등한 환경을 유지하면서 발생하는 마이크로

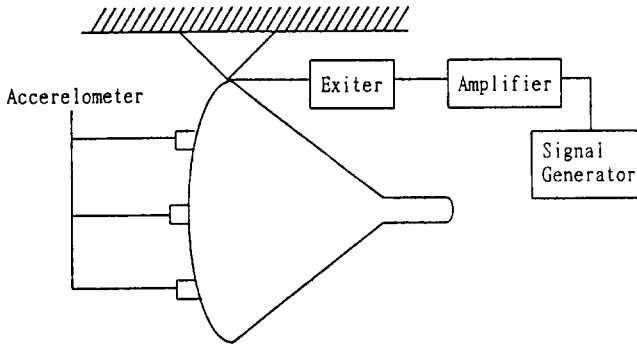


Fig. 5 Experimental setup

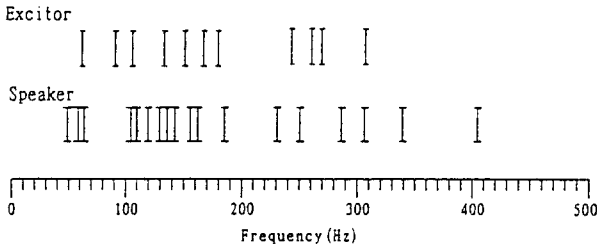


Fig. 6 Comparisons of microphonic frequencies under different exciting source

포닉 현상을 관찰하였다. 또한 앞의 장치에서 가진기를 제거한 후 충격 해머와 부착된 가속도계를 이용하여 모우드해석으로 CRT 자체의 고유진동수를 구하였다.

실험결과 가진기로 가진하였을 때에도 마이크로포닉 현상은 발생하였으며, 그 발생 주파수 영역은 스피커 가진시의 주파수 영역과 대체적으로 일치하는 것으로 나타났다. 그 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 따라서 마이크로포닉 현상은 CRT의 진동에 의해서 발생하는 현상임을 재확인하였다. 또한 CRT 자체의 고유진동 해석결과 첫번째 고유진동수는 약 700Hz로 나타났으며, 이는 마이크로포닉 발생 주파수 영역과는 크게 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서 CRT 자체는 TV 캐비네트에서 전달된 진동을 새도우 마스크로 전달할 뿐 마이크로포닉 현상과는 관련이 없다는 결론을 얻을 수 있었다.

2.3 새도우 마스크 진동실험

앞절의 실험에서 마이크로포닉 현상은 CRT에 전달된 진동에 의한 것임을 확인하였고 또 그 현상은 CRT 자체의 진동과는 무관하다는 것을 알았다. 본 절에서는 CRT 내부에 장착되어 있는 새도우 마스크의 공진 주파수를 구하고 이들과 마이크로포닉 현상 발

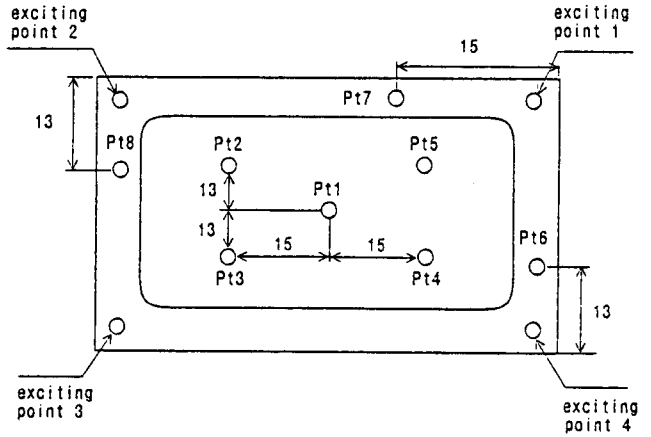


Fig. 7 Positions of four exciting points and eight response measurement points on the shadow mask and frame

생 주파수와와의 관계를 검토하고자 하였다.

Fig. 7에서 보는 바와 같이 CRT 내부에 장착된 새도우 마스크 프레임의 4지점을 가진점으로 하고, 새도우 마스크에서 5지점 그리고 프레임에서 3지점 모두 8지점을 응답 측정점으로 하여 각 가진점과 각 응답점 사이의 전달함수를 충격해머와 가속도계를 이용하여 구하였다⁽³⁾. 진동 신호는 CRT에서 프레임의 고정클립을 통하여 새도우 마스크에 전달되므로 가진점을 고정클립에 인접한 4지점으로 택하였으며, 가속도계 부착에 의한 국부적인 공진이 발생하지 않도록 소형 가속도계를 사용하였다.

실험에서 구한 전달함수 H_{ij} (가진점 j 와 응답점 i 와의 전달함수)중에서 H_{12} 를 Fig. 8에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 전달함수의 peak 주파수, 즉 장착된 새도우 마스크의 공진 주파수는 50Hz와 88Hz 그리고 129Hz 근처에 있음을 알 수 있으며, 이들은 마이크로포닉 현상 발생주파수와 일치함을 알 수 있었다. 이와같이 분석하여 마이크로포닉 발생 주파수에서 peak가 있는 전달함수들을 Table 1에 정리하였다. 표에서 보는 바와같이 새도우 마스크의 고유진동수는 1, 2번째 마이크로포닉 발생 주파수 영역내에 분포되어있고, 프레임의 고유진동수는 2, 3, 4번째 영역내에 주로 분포되어 있음을 볼 수 있다. 따라서 새도우 마스크의 공진과 프레임의 공진은 마이크로포닉 현상에 직접적인 영향을 끼친다고 볼 수 있다.

2.4 원인 규명 실험의 결론

이상의 여러 실험 결과에서 얻은 결론을 다음과

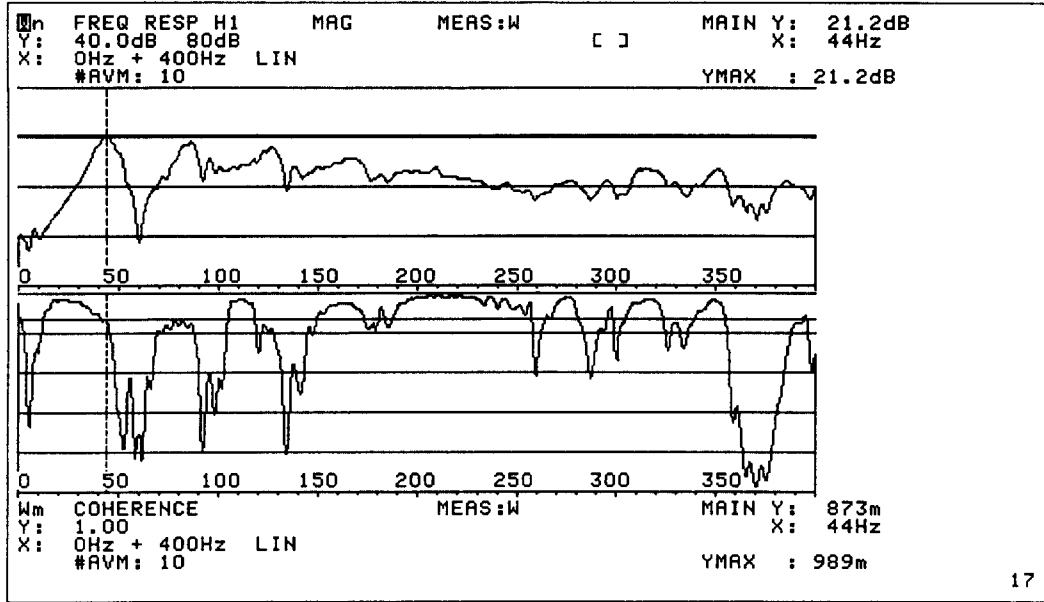


Fig. 8 Transfer function and coherence function between exciting point 2 and response measurement point 1 (H12)

Table 1 Transfer functions whose peak is in the range of microphonic frequencies

Microphonic frequencies	40-60Hz	90-190Hz	230-260Hz	290-320Hz
Transfer	H ₁₁ , H ₁₂ , H ₁₃ , H ₁₄ H ₂₂ , H ₂₃ , H ₂₄ H ₃₁ , H ₃₂ , H ₃₃ , H ₃₄ H ₄₁ , H ₄₂ , H ₄₃ H ₅₂ , H ₅₃ , H ₅₄	H ₁₁ , H ₁₂ , H ₁₃ , H ₁₄ H ₂₁ , H ₂₂ , H ₂₃ , H ₂₄ H ₃₁ , H ₃₂ , H ₃₃ , H ₃₄ H ₄₁ , H ₄₂ , H ₄₃ , H ₄₄ H ₅₂ , H ₅₃ , H ₅₄	H ₁₁ H ₃₃ , H ₃₄ H ₄₁ , H ₄₂ , H ₄₃ , H ₄₄ H ₅₂ , H ₅₃ , H ₅₄ H ₆₁ , H ₆₂ , H ₆₃ , H ₆₄ H ₇₁ , H ₇₂ , H ₇₃ , H ₇₄ H ₈₁ , H ₈₂ , H ₈₃ , H ₈₄	H ₁₂ , H ₁₄ H ₂₁ , H ₂₂ H ₄₁ , H ₄₂ , H ₄₃ H ₅₂ , H ₅₃ , H ₅₄ H ₆₁ , H ₆₂ , H ₆₃ , H ₆₄ H ₇₁ , H ₇₂ , H ₇₃ , H ₇₄ H ₈₁ , H ₈₂ , H ₈₃ , H ₈₄
Functions	H ₆₄ H ₇₂ H ₈₂	H ₆₁ , H ₆₂ , H ₆₃ , H ₆₄ H ₇₁ , H ₇₂ , H ₇₃ , H ₇₄ H ₈₁ , H ₈₂ , H ₈₃ , H ₈₄	H ₆₁ , H ₆₂ , H ₆₃ , H ₆₄ H ₇₁ , H ₇₂ , H ₇₃ , H ₇₄ H ₈₁ , H ₈₂ , H ₈₃ , H ₈₄	H ₆₁ , H ₆₂ , H ₆₃ , H ₆₄ H ₇₁ , H ₇₂ , H ₇₃ , H ₇₄ H ₈₁ , H ₈₂ , H ₈₃ , H ₈₄

같이 정리해 보았다. 스피커에서 발생한 진동은 여러 경로를 통하여 CRT에 전달된다. 전달된 진동의 크기가 어느 경계값보다 커지면 마이크로포닉 현상이 발생 하는 특정 주파수들이 존재하였는데 그들의 대다수는 새도우매스크 및 프레임의 고유 진동수에 근접해 있었다.

따라서 CRT에 전달된 진동 신호의 주파수가 새도우매스크의 고유 진동수와 일치하여 공진이 발생하면 새도우매스크는 CRT에 대하여 비교적 큰 폭으로 진동하게되고 이것이 전자광선의 오차를 유발시켜 마이크로포닉 현상이 발생하는 것이다. 또한 프레임의 공진 역시 새도우매스크의 큰 변형을 유발하여 같은 현상이 나타나는 것이라고 결론 지을 수

있다.

그러나 실험에서는 진동크기가 어느 경계값 이상이 되었을때만 그 현상이 발생하였는데 그 이유는 다음과 같다⁽⁴⁾. 새도우매스크가 진동함에 따라 그 위치가 변하게 되면 전자광선이 새도우매스크의 구멍을 통과하지 못하고 표면에 부딪혀 차단되거나 또는 광선의 일부분이 구멍을 통과한다 하여도 그 구멍의 위치가 변했기 때문에 형광물질에 충돌하지 못하여 화면이 검게된다. 이때 진동의 크기가 작아서 어느 경계값이 되기전까지는 새도우매스크의 위치 변화가 크지 않으므로 전자광선의 일부분이 구멍을 통과하여 형광물질에 충돌하게되고 따라서 마이크로포닉 현상은 발생하지 않는 것이다.

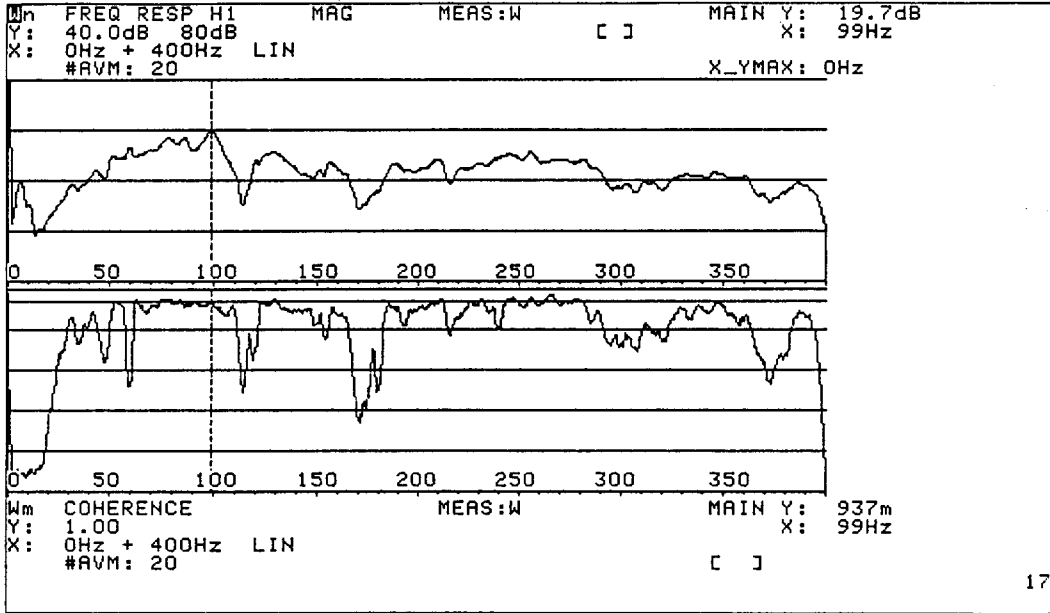


Fig. 9 Transfer function between speaker and CRT

3. 진동 전달 경로 동특성 실험

마이크로포닉 현상은 스피커에서 발생한 진동이 여러 경로를 통하여 CRT 내부의 새도우매스크에 전달되어 발생하는 현상임을 밝혔다. 본 실험에서는 진동 전달 경로의 동특성을 파악하기 위한 실험을 수행하였다.

먼저 TV 캐비네트 위에 붙어있는 우퍼의 영향을 파악하기 위하여 우퍼의 볼륨만을 변화 시키면서 실험한 결과 마이크로포닉 현상의 정도와 발생주파수 그리고 CRT표면의 진동 크기는 변화가 거의 없었다. 다음에는 우퍼를 캐비네트에서 제거한 후 반복 실험을 하였으나, 이 경우에도 별 변화가 없었다. 따라서 비록 우퍼의 활동 주파수 영역내에 마이크로포닉 발생 주파수들이 존재하지만 우퍼의 음향 및 그 자체는 마이크로포닉 현상에 큰 영향을 미치지 않는다고 결론지을 수 있다.

따라서 새도우매스크에 전달되는 진동 신호는 캐비네트 양측에 부착된 스피커로부터 발생한 신호가 전달된 것이다. 그 전달경로의 동특성을 구하기 위하여 스피커를 0-400Hz의 band limited 백색잡음(white noise)으로 가진하고 CRT 표면에서 응답 신호를 측정하여, 스피커와 응답 측정점간의 전달함수 즉 전달 경로의 동특성을 구하였다. 그 결과를 Fig. 9에 나타내었고 마이크로포닉 현상이 발생하는 주파

수 영역과 비교하였다. 그림으로부터 전달함수의 peak 주파수와 마이크로포닉 현상이 발생하는 주파수가 일치하는 영역이 많이 있는 것을 알 수 있다.

대부분의 마이크로포닉 현상이 새도우매스크의 공진에 의하여 발생한다는 사실을 고려해볼때, CRT에 전달된 진동 신호의 주파수 성분중에 새도우매스크의 공진 주파수 성분의 크기가 상대적으로 크다는 것은 결코 바람직한 현상은 아니라고 생각된다. 따라서 스피커와 CRT사이의 진동 전달 경로의 동특성을 변화시키는 것은 마이크로포닉 현상을 개선할 수 있는 하나의 방안이 될 수 있을 것이다.

4. 유한요소법에 의한 구조 변경 및 진동해석

본 절에서는 새도우매스크와 프레임의 구조를 변경하여 마이크로포닉 현상을 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해서는 새도우매스크가 공진주파수에서도 그 진폭이 어느크기 이하로 유지되어야 하며, 이런 방향으로 새도우매스크의 구조를 변경하고자 하였다.

4.1 유한요소모델

새도우매스크와 프레임의 유한요소모델은 Fig. 10에 나타내었다. 새도우매스크는 두께가 얇은 곡면으로서 그 면에는 수십만개의 작은 구멍이 있는데, 이들을 모델링 과정에서 고려하기는 불가능하다. 따라

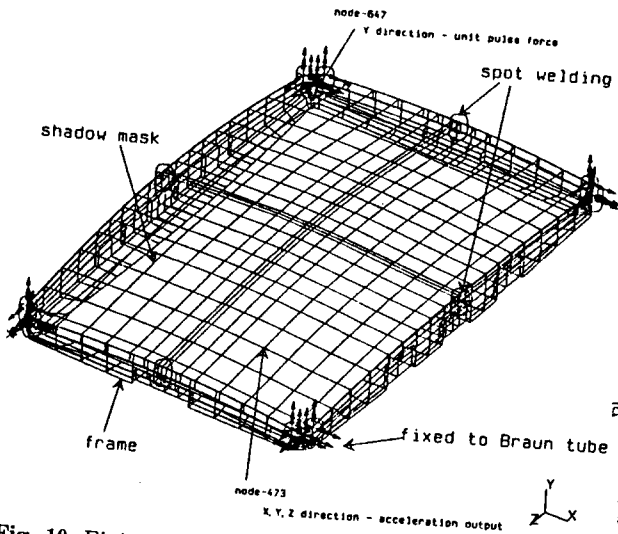


Fig. 10 Finite element model of the shadow mask and frame

Table 2 Material properties

	Frame	Shadow mask
Poisson ratio	0.28	0.25
Density(kg/mm ³)	7.85×10^{-6}	7.86×10^{-6}
Young's modulus (N/mm ²)	2.0×10^5	2.158×10^5

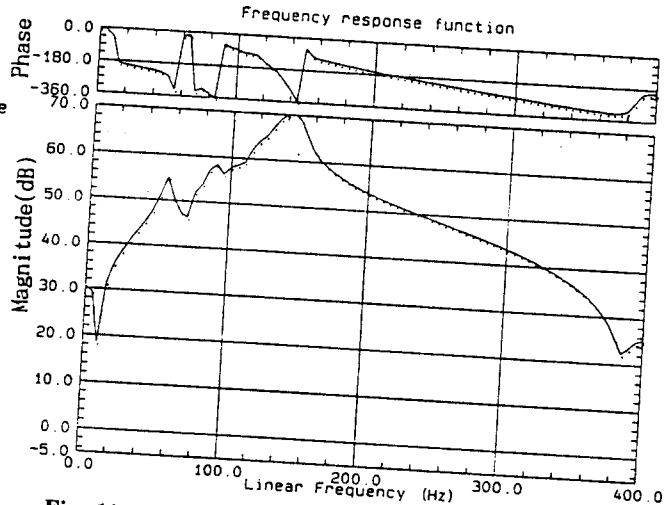


Fig. 11 Frequency response functions between node 647 and 473

Table 3 Natural frequencies of shadow mask and frame (Hz)

	Finite element analysis results	Experimental results
Mode 1	49.49	44
Mode 2	56.11	55
Mode 3	69.73	60
Mode 4	90.0	102
Mode 5	124.98	125

서 본 해석에서는 개구율을 고려하여 실제 두께보다 24% 얇은 두께 0.076mm의 균일한 판으로 모델링하였다. 모델은 4절점얇은셸(4-node thin shell)의 선형 4변형요소(linear quadrilateral element)를 사용했고, 새도우매스크와 프레임에 연결하는 점용접부위는 두물체의 접합노드에서 병진운동과 회전운동을 구속시키는 구속요소(constraint element)를 사용했다. 사용한 요소의 갯수는 1008개이고 절점수는 1111개이다. 경계조건으로는, 프레임이 네모서리에서 브라운관에 강하게 부착되어있어 상대운동이 없으므로 각모서리의 네노드에서 병진운동과 회전운동을 제한하였다.

새도우매스크는 A1-killed강을 재질로 사용하고 있고, 프레임은 SS41강을 재질로 사용하고 있으며, Table 2에 각 재료의 성질을 나타내었다. 유한요소 모델링 및 해석은 범용 프로그램인 SDRC사의 I-DEAS⁽²⁾를 사용하였다.

4.2 모델의 검증

모델을 검증하기 위하여 유한요소해석 방법으로 새도우매스크와 프레임의 고유진동수를 구하고 이를 실험결과와 비교하여 두 결과가 일치함을 확인하였다. 유한요소해석으로 새도우매스크와 프레임의 고유진동수를 구하기위하여 실제 실험조건과 같이 프레임의 모서리 한점(절점 647)에 단위충격힘을 가하고, 새도우매스크의 절점 473(Fig.10)에서 Y방향(새도우매스크 표면과 수직인 방향)의 가속도응답을 구

한후, 두점사이의 주파수 응답함수를 구하였다. 여기서 주파수 응답함수의 peak주파수는 새도우매스크와 프레임의 고유진동수를 나타낸다. Fig.11에는 두점사이의 주파수 응답함수를 나타내었다. 최대 진폭은 125Hz근처에서 70 dB정도로 나타났다.

Table 3에는 유한요소해석과 실험으로 구한 고유진동수를 비교하였다. Fig.12에는 새도우매스크 및 프레임의 고유진동형(mode shape)을 나타내었다. 그

림에서 보는바와 같이 1,2차 모우드는 상대적으로 새도우매스크의 변형이 크며, 3차모우드는 프레임의 변형이 크게 발생함을 알 수 있다.

4.3 구조변경 및 진동해석

구조의 변경은 유한요소모델의 변경을 통하여 이

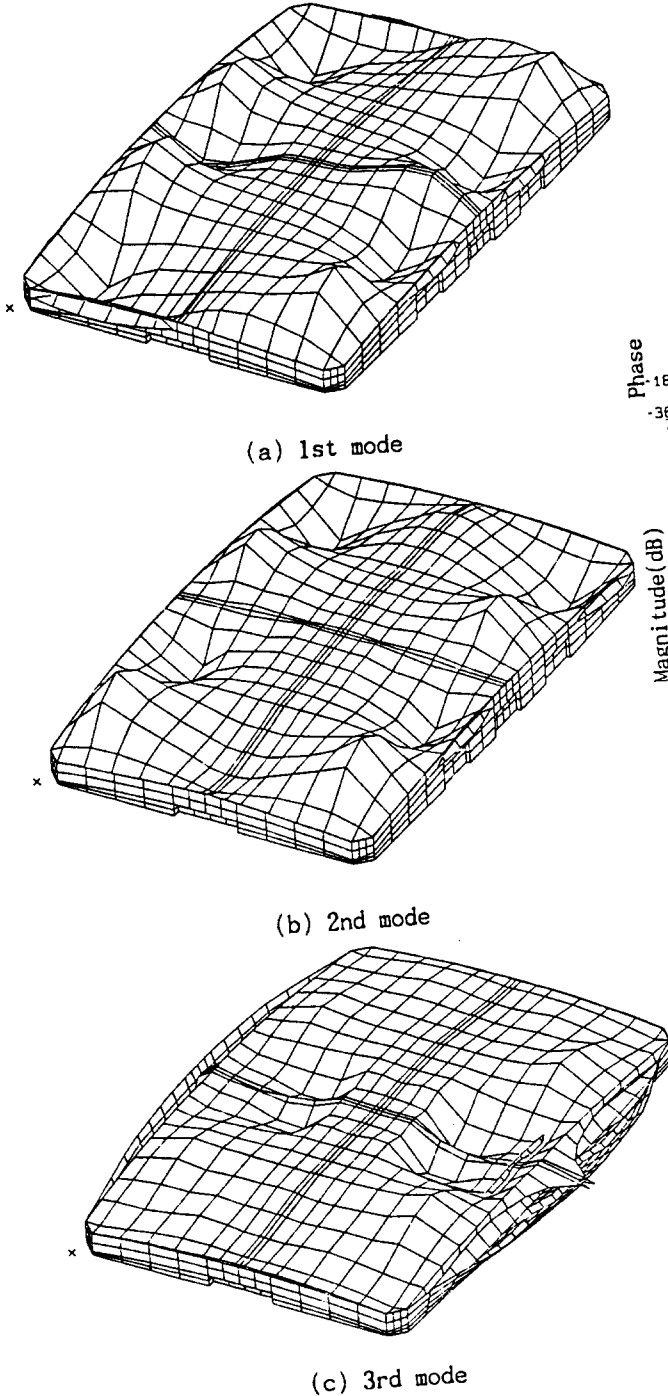


Fig. 12 Mode shapes of the shadow mask and frame

를 수 있고, 구조변경후 진동 저감 효과를 비교하기 위하여 4.2절과 동일한 조건하에서 유한요소해석을 하였다.

(1) 프레임두께의 변경

제조공정상 새도우매스크의 구조를 변경시키는 것은 어려운 일이다. 따라서 비교적 쉽게 변경시킬 수 있는 프레임의 두께를 현재의 0.8mm에서 2mm로 증가시켰으며, 그 해석 결과를 Fig.13에 나타내었다. 최대진폭은 160Hz 근처에서 58dB 정도로 나타나며 Fig.11와 비교할때 특히 프레임의 비틀림모우드(3차모우드)에서 진동의 크기가 10dB 이상 감소한 것을 볼수있다. 이는 프레임의 고유진동수를 변화시켰으며 또한 질량의 증가로 인하여 진폭이 감소했기 때문인 것으로 볼 수 있다.

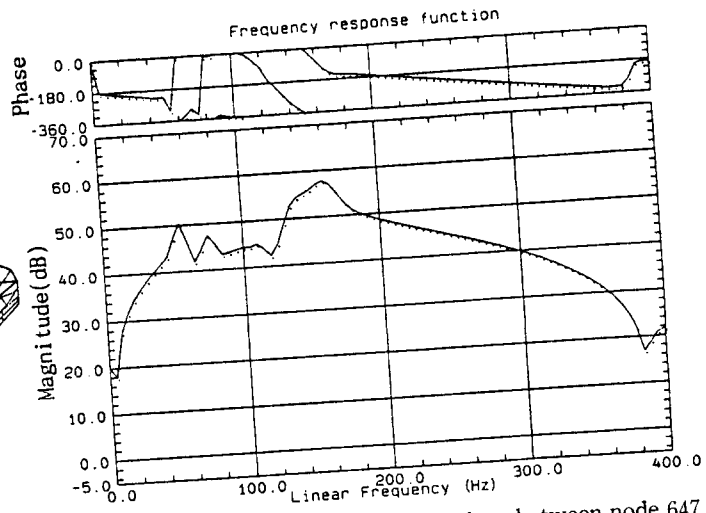


Fig. 13 Frequency response functions between node 647 and 473 (frame thickness increased)

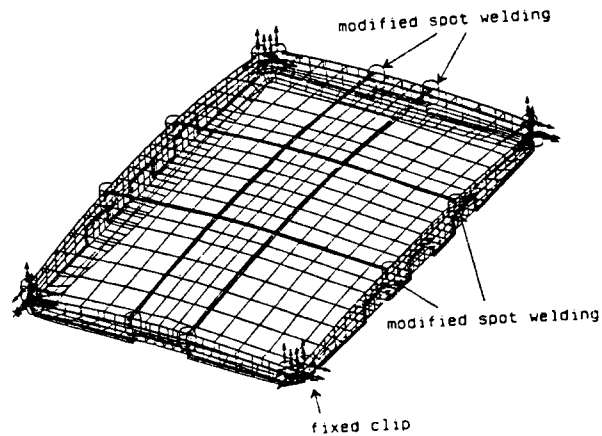


Fig. 14 Finite element model of the shadow mask and frame (number of welding point increased)

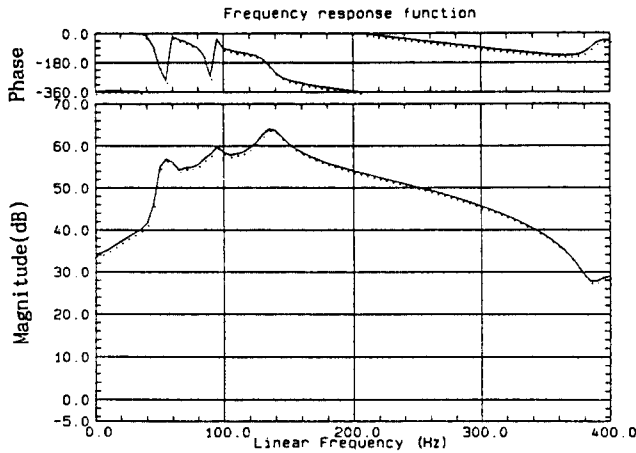


Fig. 15 Frequency response functions between node 647 and 473 (number of welding point increased)

(2) 용접위치의 변화

현재 새도우매스크와 프레임은 점용접으로 서로 구속되어 있는데, 진동전달경로인 용접부분에 변화를 주면 새도우매스크에 전달되는 진동크기가 달라질 수 있다.

(i) 중심선상의 용접점 수를 증가시키면서 그 위치를 변경시켰다. Fig. 14에 그 위치를 나타내었고, Fig. 15에는 유한요소해석을 하여 구한 주파수응답함수를 나타내었다. Fig. 11와 비교할때 전체적으로 특성이 크게 달라지지 않고 최대진폭이 3-4dB 정도 감소한다는 것을 볼 수 있다.

(ii) 이번에는 중심선상의 용접점을 제거하고 해석하였고, 그 결과는 Fig. 16에 나타내었다. Fig. 11와 비교할때 Y방향의 진동이 20dB 이상 감소함을 볼 수 있다. 이런 현상이 발생하는 것은 프레임과 새도우매스크가 모서리에서만 연결되어있어 프레임의 진동이 이곳을 통하여 새도우매스크에 전달되는데 모서리에서의 진동의 크기는 그 구조나 경계조건상 매우 작기 때문인것으로 볼 수 있다.

(iii) 중심선상의 점용접을 없애고 프레임의 두께를 증가시켰다. Fig. 17는 그 주파수응답함수를 나타내며, Fig. 11와 비교할때 20-25dB 정도로 진동이 현저히 감소되는 것을 볼 수 있다.

4.4 구조 변경에 대한 결론

새도우매스크와 프레임의 중심선상의 용접점을 제거하거나 또는 프레임의 두께를 증가시키면 새도우매스크의 진동크기가 10-20dB이상 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이 정도로 크기가 감소하면 2.1절의 실험

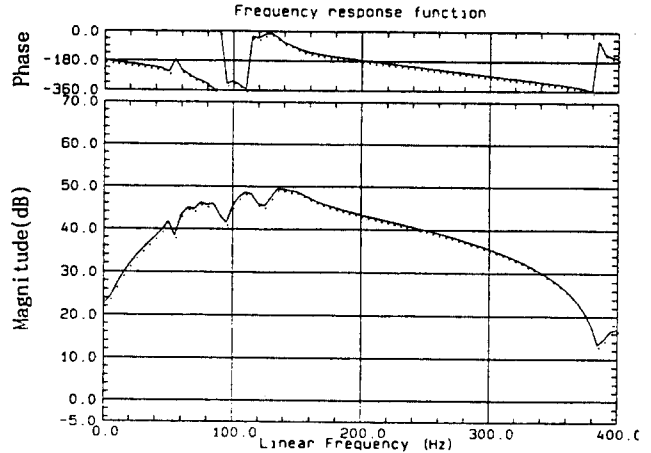


Fig. 16 Frequency response functions between node 647 and 473 (middle welding points removed)

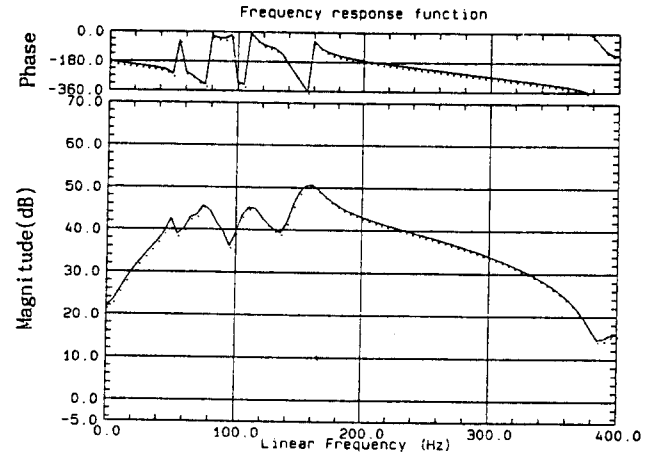


Fig. 17 Frequency response functions between node 647 and 473 (middle welding points removed and frame thickness increased)

험결과를 근거로 판단해 볼때 TV의 소리가 최대인 경우에도 마이크로포닉 현상은 발생하지 않을 것이라 추정할 수 있다. 따라서 본 절에서 제시하는 구조 변경 방안은 효과적이라고 본다.

5. 결 론

본 연구에서는 TV의 마이크로포닉 현상 발생과정을 규명하고 현실적인 개선 방안을 제안하였다. 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 마이크로포닉 현상은 스피커에서 발생한 진동 신호가 새도우매스크의 공진을 유발하여 발생하는

현상임을 증명하였다. CRT에 전달된 진동 주파수가 새도우매스크의 고유 진동수와 일치하여 공진이 발생하고 따라서 새도우매스크는 CRT에 대하여 비교적 큰 폭으로 진동하게되며 이것이 전자광선의 오차를 유발시켜 마이크로포닉 현상이 발생하는 것이다.

(2) 마이크로포닉 현상을 개선하기 위해서는 새도우매스크의 진폭을 감소시켜 전자광선이 항상 원하는 색의 형광물질에만 정확하게 충돌하게 하여야 한다. 본 논문에서는 현실성이 있는 두가지 구조 변경 방안을 제시하였다. 첫째는 프레임의 두께를 증가시키는 것이고 둘째는 새도우매스크와 프레임의 연결을 모서리 부분에서만 점용접으로 연결하는 방법이다. 유한요소해석 결과 이 두 방법은 각각 10-20dB 이상의 진동 저감효과를 보여주었다. 기초실험 결과로 추정해볼때 이정도 크기의 감소는 TV소리가 최대인 경우에도 마이크로포닉 현상은 발생하지 않을 것이라고 볼 수 있다.

후 기

본 연구는 대우전자주식회사의 지원으로 이루어졌음을 밝히고 관계자 여러분들께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Bernard Grob, 1984, "Basic Television and Video System", McGraw-Hill Co.
- (2) "I-DEAS System Dynamics User's guide", SDRC Co., 1990.
- (3) D.J.Ewins, 1984, "Modal Testing: Theory and Practice", John Wiley & Son Inc., pp.153~216.
- (4) 임진수, 이수훈, 이재응, 1995, "새도우매스크 진동에 의한 TV 마이크로포닉 현상 시뮬레이션", 한국정밀공학회지, 제12권 3호에 출판될예정.