

論文97-34C-1-2

# 열 복사 효과와 열 변형을 고려한 CRT전자빔 오차 해석

## (Analysis of electron beam landing shift of CRT by thermal radiative effect and thermal deformation)

康大振\*, 金國源\*\*, 宋昌燮\*

(Dae Jin Kang, Kug Weon Kim, and Chang Seop Song)

### 요 약

본 연구는 유한요소법을 이용하여 마스크 프레임 어셈블리의 열 변형을 해석하고 이를 이용하여 브라운관 동작중의 빔 랜딩 쉬프트를 예측하는 것이다. 현실적인 해석을 위하여, 새도우 마스크의 유효 열 전도 계수와 유효 탄성 계수를 계산하였고, 새도우 마스크를 구멍이 없는 평판 구조로 모델링하였다. 브라운 관내의 모든 부품을 모델링하여 각 부품 상호간의 열 복사현상을 계산하였다. 마스크 프레임 어셈블리의 과도 열탄성 변형을 유한요소해석하여 빔 랜딩 쉬프트로 환산하였다. 유한 요소 해석결과의 검증을 위해 17 음극선관(CRT)으로 실험하여 관내 모든 부품의 온도와 형광면상의 빔 랜딩 쉬프트를 측정하였고 이를 수치해석 결과와 비교하였다.

### Abstract

In this paper, we analyze the thermal deformation of mask frame assembly using finite element method(FEM) and predict the beam landing shift during tube operation. For realistic analysis, the apparent thermal conductivity and the apparent elastic modulus are calculated and the shadow mask is modeled as a shell without apertures. Also, all parts inside the tube are modeled and the each radiative effect is considered. Then the finite element analysis is performed for transient thermo-elastic deformation of the mask frame assembly and the beam landing shift is calculated. Experiments are performed for 17" cathode ray tube(CRT) to validate the FEM analysis. The temperatures of all parts inside the tube and beam landing shift on the panel are measured and the results are discussed in comparison with the results of the FEM analysis.

### I. 서 론

CRT가 동작할 때 내부에서는 전자총으로부터 나온 전자빔이 새도우 마스크와 충돌하게되고 이로 인해 새도우 마스크는 부풀어 오르게 되는 데 이를 도밍이라 부른다. (그림 1 참조) 원래 새도우 마스크 상의 구멍은 브라운관 전면 유리 내부에 입혀진 형광체와 1:1로 위치가 대응되어 있으나 도밍에 의해 위치가 어긋나는

빔 랜딩 쉬프트가 발생하고 이로 인해 원하는 색상 주위로 색 번짐 현상이 일어나 색 순도(Purity)를 떨어뜨리게 되므로 사전에 이를 예측하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 새도우 마스크의 온도분포와 열변형 해석을 수행한 후 형광면상의 빔 미스랜딩(Mis-landing)으로 변환해야 한다. 종래에는 이를 해결하기 위해 새도우 마스크의 열팽창을 줄이거나, 새도우 마스크의 열복사량을 늘여 덜 늘어나도록 하여 그 영향을 최소화시키려는 연구가 활발하였다<sup>11)</sup>. 특히 화면의 대형화에 따라, 일부는 새로운 새도우 마스크 현가 구조(suspension system)를 연구하였다<sup>12)</sup>. Yamamoto 등<sup>13)</sup>은 전자가 새도우 마스크와 충돌로 인해 발생하는 열 에너지를 줄이기 위해 전자 반사피막을 사용하여 색순

\* 正會員, 漢陽大學校 精密機械工學科  
(Dept. of Prec. Mech. Eng., Hanyang Univ.)

\*\* 正會員, LG電子 멀티미디어 研究所  
(Multimedia Lab. LG Eletronics. Inc.)

接受日字:1996年10月16日, 수정완료일:1997年1月3日

도를 증가시키는 연구를 하였다. 반면, 빔랜딩 쉬프트에 관한 연구로, Morell<sup>[4]</sup>은 랜딩 쉬프트를 예측할 수 있는 단순한 방정식을 제안하였는데 여기에는 빔 편향각, 화면 경사각, 및 새도우 마스크 온도변화등과 같은 실험 상수들이 필요하다. Okada 와 Ikegaki<sup>[5]</sup>는 FEM을 사용하여 랜딩 쉬프트를 예측하였으나, CRT내부 부품들의 온도를 직접 측정하여 사용하였고 상대적으로 수평축의 곡률이 크고 대각축의 곡률은 작을 때 열변형이 효과적으로 줄어들음을 밝혔다. Ueyama 등<sup>[6]</sup>은 CRT의 랜딩 쉬프트를 해석하는 예측 시스템을 연구하였으며, 여기서 새도우 마스크의 유효 면적에 대하여 유효 열 전도계수를 계산하였고 새도우 마스크의 과도 열변형을 해석하였다. Kim과 Im<sup>[7]</sup>은 유효 열 전도계수와 유효 탄성계수를 계산하였고 주위 온도를 예측하기 위한 단순화된 축 대칭모델을 개발하였으며, FEM을 사용하여 랜딩 쉬프트를 예측하였으나, 상기 연구들의 문제점은 새도우 마스크의 온도를 측정하여야 하거나, 새도우 마스크 주위의 온도를 근사적으로 추정할 수밖에 없는 것이다.

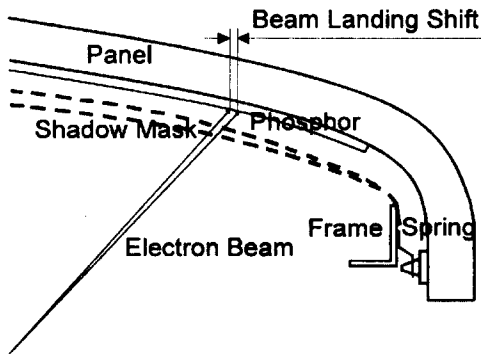


그림 1. 마스크 프레임 어셈블리의 열 팽창에 의한 빔 랜딩 쉬프트  
 Fig. 1. Beam landing shift due to a expansion of the mask frame assembly.

본 연구에서는 유한요소법(FEM)을 사용하여 과도 열탄성 변형을 해석하고 빔랜딩 쉬프트를 해석하였다. 정확한 온도해석을 위해, 튜브내의 모든 부품을 고려하였고 열 복사가 관내 열거동의 주요 현상이므로 모든 부품의 열 복사 계수를 측정하였고 관내 모든 부품들의 열 복사와 열전도를 계산하였다. 온도분포 해석후 마스크 프레임 어셈블리 상에서 열탄성 변형을 해석한 후 빔 랜딩 쉬프트로 환산하였다. 검증을 위해 관내의

모든 부품들의 온도와 형광면상의 빔 랜딩 쉬프트를 측정하여 수치해석 결과와 잘 일치함을 확인하였다. 결과, 본 수치해석으로 관내 모든 부품들의 온도를 정확하게 예측할 수 있었고, 빔랜딩 쉬프트를 예측할 수 있었음을 확인하였다. 본 연구의 결과가 마스크 프레임 어셈블리를 설계하는 데 유용하게 사용되리라 사료된다.

II. 가정

마스크 프레임 어셈블리의 열변형을 해석하기 위해서는 다음과 같은 가정이 필요하다.

- 1) 화면에 대한 전자빔의 선 속도는 화면 위치와 시간에 대해 일정하다.
- 2) 전자빔의 운동은 가상의 편향 코일 중심으로부터 출발하여 직선 운동한다.
- 3) 전자빔은 일부만 반사되고 대부분 열로 변환된다.
- 4) 실온은 25 °C로 가정한다.
- 5) 패널과 퍼널 외측면에서 대류 열 전달이 일어난다고 가정하였고 브라운관 상하좌우의 대류 열전달계수 차이는 고려하지 않는다.
- 6) 전자총으로부터 나온 전자빔중 구멍을 통과하지 못하고 충돌되는 전자빔은 모두 열로 변환된다고 가정한다. 새도우 마스크의 단위면적 당 열 입력은 새도우 마스크의 전자총쪽면 어퍼쳐어 형상, 전자빔 귀환 시간, 전자총으로부터 나오는 출력을 고려함으로 구해지는데 다음 식(1)과 같고 여기서,  $q_{in}mask$ 는 새도우 마스크 단위 면적 당 열 입력,  $P$ 는 전자총 출력,  $A_{mask}$ 는 새도우 마스크 전체면적,  $e_h$ 는 수평 귀환 시간 / 한 라인 스캐닝 시간,  $e_v$ 는 수직 귀환 시간 / 전체 스크린 스캐닝 시간,  $A_s$ 는 어퍼쳐어 면적,  $P_h$ 는 새도우 마스크 수평 피치, 그리고  $P_v$ 는 새도우 마스크 수직 피치이다.

$$q_{in}mask = \frac{P}{A_{mask}} (1 - e_h)(1 - e_v) (1 - \frac{A_s}{P_h \times P_v}) \quad (1)$$

- 7) 패널 내측면의 단위 면적 당 열 입력은 전자총으로부터 나온 출력에서 새도우 마스크 어퍼쳐어를 투과하지 못하고 새도우 마스크에 흡수된 열 입력을 뺀 값이 되며 다음 식(2)와 같이 가정한다.

여기서,  $q_{in}panel$ 은 패널 내측면의 단위 면적 당 열 입력이다.

$$q_{in}panel = \frac{P}{A_{mask}} (1 - e_h)(1 - e_v) \left( \frac{A_s}{P_h \times P_v} \right) \quad (2)$$

### III. 해석 과정

#### 1. 지배 방정식 및 경계조건<sup>18)</sup>

지배방정식은 다음의 에너지 방정식이고, 여기서  $\rho$ 는 밀도,  $c$ 는 비열,  $T$ 는 온도,  $\tau$ 는 시간,  $k$ 는 열전도 계수이다.

$$\rho c \frac{dT}{d\tau} + \nabla \cdot (k \nabla T) = \dot{Q} \quad (3)$$

또한 경계조건은 다음 식(4),(5),(6)과 같다. 여기서  $\dot{Q}$ 는 단위체적당 발생된 에너지,  $S_q$ 는 열유속(Heat flux)이 정의된 면,  $S_h$ 는 열전달이 정의된 면,  $S_\epsilon$ 는 열 복사가 정의된 면,  $q$ 는 열유속(Heat flux),  $h$ 는 열전달계수,  $n$ 은 바깥방향 수직벡터(outward normal),  $\epsilon$ 는 열 복사계수,  $F_{12}$ 는 형상 계수(view factor),  $T_s, T_1, T_2$ 는 표면 온도, 그리고  $T_o$ 는 실온이다.

$$S_q \text{ 상에서 } -k \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right) = q \quad (4)$$

$$S_h \text{ 상에서 } -k \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right) = h(T_s - T_o) \quad (5)$$

$$S_\epsilon \text{ 상에서 } -k \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right) = \epsilon F_{12}(T_1 - T_2) \quad (6)$$

평형 방정식과 구성방정식 및 적합조건은 각각 식(7),(8),(9)와 같다. 여기서,  $\sigma_{ij}$ 는 응력 성분,  $\epsilon_{kl}$ 은 변형률 성분,  $\epsilon_{kl}^h$ 는 열변형률,  $D_{ikl}$ 은 구성 행렬, 및  $u_i$ 는 변위이다.

$$\sigma_{ij,i} = 0 \quad (i, j = 1, 2, 3) \quad (7)$$

$$\sigma_{ij} = D_{ijkl}(\epsilon_{kl} - \epsilon_{kl}^h) \quad (8)$$

$$\epsilon_{ij} = (u_{i,j} + u_{j,i})/2 \quad (9)$$

#### 2. 열 복사 계수 측정

CRT 내부의 열적 거동은 대부분이 열 복사라고 알려져 있다. 열 복사를 정확히 해석하기 위해, CRT내부의 모든 부품들의 열 복사 계수를 정확히 측정할 필요가 있게 된다. 열 복사 계수는 파장에 따른 온도의 함

수일 뿐 아니라, 또한 표면 거칠기에 의해 물체의 열 복사 특성이 달라지므로 물체의 열 복사 계수를 정확히 측정한다는 것은 아주 어려운 일이다.

본 연구에서는, 새도우 마스크, 프레임, 스프링, 및 이너 쉴드 등의 열 복사 계수를 회전 반원경을 사용하여 측정하였다. 실험 장치는 아래와 같다.

#### 1) 적외선 온도계

- InSb (Indium Antimonide) 센서
- 동작 파장 범위: 2~5  $\mu\text{m}$

#### 2) 진공 챔버 ( $10^{-5}$ torr )

#### 3) 회전 반원경

- 반경 60mm
- Al 코팅
- 좌우 각각  $8^\circ$  씩 회전

#### 4) Graphite Cantilever 히터

그림 2에 보인 것은 열 복사계수 측정 실험장치이다. 회전 반원경이 수평 회전 모드로 동작할 때 적외선 온도계는 시편과 가상 흑체 사이의 복사량 차이를 측정한다. 적외선 온도계에서 측정된 데이터는 PC로 보내져, 시편의 열 복사 계수가 계산된다.



그림 2. 열 복사 계수 측정장치  
Fig. 2. Emissivity test apparatus.

표 1. 측정된 열 복사 계수  
Table 1. Measured emissivity.

Shadow mask		Frame	Spring	Inner shield
apertures region	no aperture region			
0.87	0.55	0.65	0.55	0.73

표 1에 측정된 새도우 마스크, 프레임, 스프링, 및 이너 쉴드의 열 복사 계수를 보였다. 새도우 마스크의 경우, 어퍼츄어가 있는 유공 부위가 어퍼츄어가 없는 무공

부위보다 열 복사 계수가 높음을 알 수 있었으며, 이는 어퍼츄어가 있는 곳이 없는 곳보다 표면적이 넓기 때문인 것으로 설명될 수 있다.

3. 유효 물성치 계산

새도우 마스크의 경우, 어퍼츄어의 개수가 무한히 많으므로 모든 것을 고려하여 모델링 한다는 것은 불가능하다. 따라서 새도우 마스크를 어퍼츄어가 없는 동일 크기의 셀 요소로서 대체하되 유효 열 전달 계수와 유효 탄성 계수를 다음과 같이 구했다. 그림 3에 몇 개의 어퍼츄어를 가진 새도우 마스크를 보였다. 이것은 전체 새도우 마스크를 대표할 수 있는 최소 단위가 되며 이것에 대해 유한 요소 해석을 실시하였다.

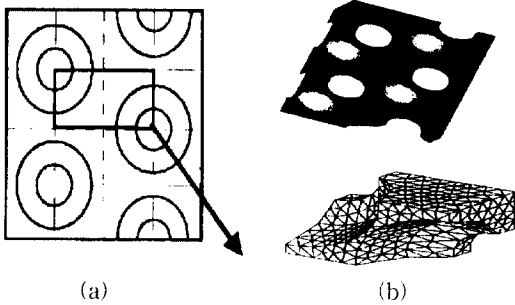


그림 3. 유효 물성치 모델  
Fig. 3. The modeling of apparent material properties.

유효 열 전달 계수를 결정하기 위해, 그림 4(a) 우측면에 일정 온도를 부과하고 상면, 하면을 단열한 상태에서 좌측면에 히트 플럭스(Heat flux)를 입력한다. 유한 요소해석(FEM) 해석에 의해 우측면의 평균 온도가 구해지고 다음 식(10)에 의해 X방향 유효 열 전달 계수가 구해진다.

$$Q = -(k_x)_{eff} \cdot dy \cdot dz \frac{dT}{dx} \quad (10)$$

같은 방법으로 Y방향 유효 열 전달 계수가 구해진다.

또한 유효 탄성 계수도 다음과 같이 간단히 구해진다. 그림 4(b)에 보인 바처럼, 하면과 좌측면을 단단고정하고 상방향의 변위는 일정한 값을 주며, 우측면에 일정한 변위(h)를 부과할 때 X방향의 영(Young)계수와 이 때의 프와송 비는 다음과 같다.

$$E_x)_{eff} = \frac{(\sigma_x)_{eff}}{(\epsilon_x)_{eff}} = \left( \frac{F_x}{dy \cdot dz} \right) \left/ \left( \frac{h}{dx} \right) \right. \quad (11)$$

$$\nu_{xy})_{eff} = \frac{(\epsilon_y)_{eff}}{(\epsilon_x)_{eff}} = \left( \frac{v}{dy} \right) \left/ \left( \frac{h}{dx} \right) \right. \quad (12)$$

$F_x$  : 우측면 평균 반력

Y방향의 영(Young)계수도 간단히 구해진다.

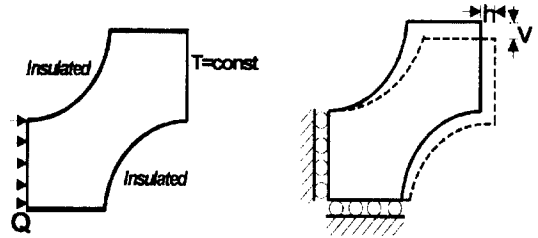


그림 4. 유효 물성치 도출을 위한 경계조건  
Fig. 4. The boundary conditions for apparent material properties.

4. 수치 해석

빔 랜딩 쉬프트를 예측하기 위하여 다음과 같은 과정으로 해석을 시도하였다. 우선 새도우 마스크 재질, 구멍 형상 및 위치로부터 새도우 마스크의 유효 면적에 대한 유효 열전달계수와 유효 탄성계수를 구하고, 둘째, CRT내부의 패널, 퍼널, 새도우 마스크, 프레임, 스프링, 이너 쉴드등 대부분의 부품을 모델링하고, 셋째, 시간에 따른 각 부품 상호간의 열 복사특성과 열전도특성을 해석한 후, 넷째, 각 부품의 온도 분포 결과를 입력 조건으로하여 마스크 프레임 어셈블리의 과도 열변형을 구한다. 마지막으로, 여기서 구해진 변형 결과를 이용하여 패널과 마스크사이의 상대거리, 새도우 마스크의 열변형 및 빔 편향 중심 위치로부터 형광면상의 빔랜딩 쉬프트를 계산한다.

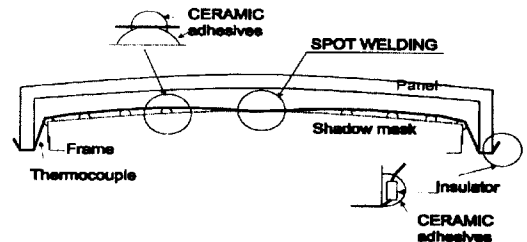


그림 5. 열전대를 이용한 온도측정용 샘플  
Fig. 5. The temperature test apparatus using thermocouples.

IV. 실험 및 검증

동작 중인 브라운관의 새도우 마스크, 프레임, 스프

링 및 이너 실드등 모든 부품의 온도를 측정하였다. 측정에는 K 타입 열전대와 멀티미터를 사용하였으며 실온 보정하였다. 그림 5는 열전대를 이용한 예의 하나로서 새도우 마스크의 표면 온도를 측정하기 위한 것이다. 이때 열전대는 새도우 마스크와 접촉되지 않도록 세라믹 접촉제로서 고정하였다. 측정값들은 온도 변환표<sup>19)</sup>로써 섭씨 온도로 환산하였다. 패널면상의 빔 쉬프트량은 시간에 대한 변화량으로 측정하였는데, 실험장치는 Convergence & Purity Measuring Unit (FELMO Co.)이다.

V. 결과 고찰

본 해석의 목적은 Dot형 어퍼추어 INVAR(Fe-36Ni) 새도우 마스크를 가진 17 CRT 온도분포 해석이다. 새도우 마스크는 프레임에 부착되어 있고, 프레임은 스프링으로 퍼널에 지지 되어있다. 새도우 마스크와 프레임 사이의 연결은 4 번의 중간 점과 4 코너에 각각 용접 되어있다. 스프링의 한쪽은 프레임에 용접 되어있고, 나머지 한쪽은 퍼널의 스테드 핀에 끼워져 있다. 각 재질들의 상수를 표 2에 보였고, 그림 6.은 유한 요소 해석을 하기 위한 각종 부품들의 모델링이다.

표 2. 브라운 관내 각 부품들의 재질 상수  
Table 2. Material properties of each parts inside CRT.

	Mask	Frame	Spring	Shield
Young's modulus (N/mm <sup>2</sup> )	0.15×10 <sup>5</sup>	0.2×10 <sup>6</sup>	0.2×10 <sup>6</sup>	0.2×10 <sup>6</sup>
Poisson's ratio	0.3	0.28	0.32	0.28
Conductivity (W/mm℃)	1.386×10 <sup>-2</sup>	0.43×10 <sup>-1</sup>	0.151×10 <sup>-1</sup>	0.43×10 <sup>-1</sup>
Density (kg/mm <sup>3</sup> )	0.796×10 <sup>-5</sup>	0.785×10 <sup>-5</sup>	0.765×10 <sup>-5</sup>	0.785×10 <sup>-5</sup>
Specific heat (J/kg℃)	470.4	470.0	477.0	470.0
Coefficient of thermal expansion (1/℃)	0.13×10 <sup>-5</sup>	0.103×10 <sup>-4</sup>	0.103×10 <sup>-4</sup>	0.12×10 <sup>-4</sup>

본 연구에서는 브라운관내 각 부품들, 즉 새도우 마스크, 프레임, 스프링, 이너 실드등의 온도 분포를 과도 해석하였고, 브라운 관내 각종 부품들의 온도를 측정하

였다. 그림 7(a), 그림 7(b)는 동작 초기로부터 각각 10분, 120분 시의 온도 분포를 나타낸다. 온도 분포는 일정한 형상을 유지하였고 120분이 경과되었을 때 거의 안정화 상태에 도달하였다. 새도우 마스크상의 최고 온도 점은 중심부 근방으로 판명되었다. 해석 및 측정 결과, 브라운관 동작 초기에는 새도우 마스크가 형광체 쪽으로 부풀어 오르는 도밍 현상이 주된 현상이나, 시간이 지남에 따라 프레임의 열팽창에 의해 새도우 마스크의 도밍 현상은 감소되었다. 그림 8(a), 그림 8(b)는 동작 초기로부터 각각 10분, 120분 시의 새도우 마스크 열변형 결과이다. 브라운관 동작 초기에는, 새도우 마스크 도밍 현상은 형광면상으로 부풀어 오르나, 이어서 프레임이 팽창함에 의해 부풀어 오른 양이 줄게 된다.

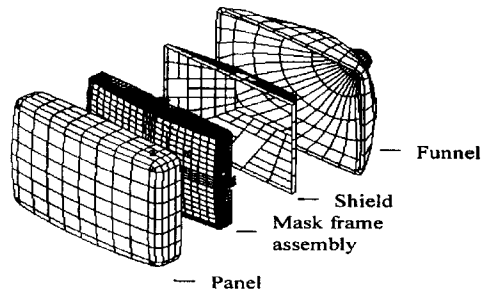
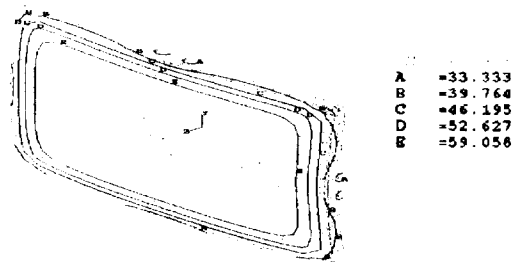
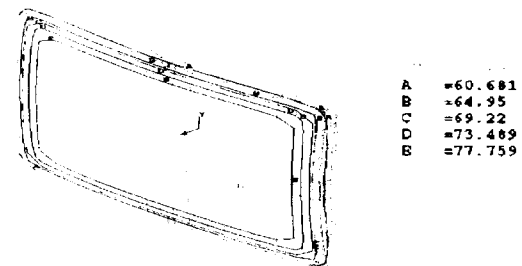


그림 6. 유한 요소 해석을 위한 모델링  
Fig. 6. Modeling for finite element analysis.

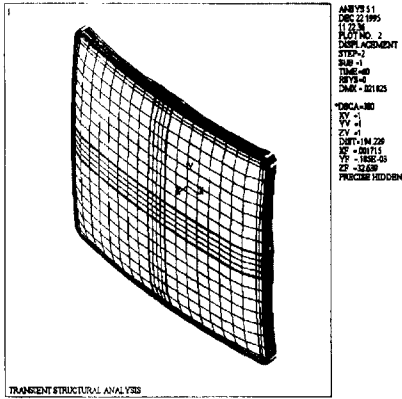


(a) time=10 minutes

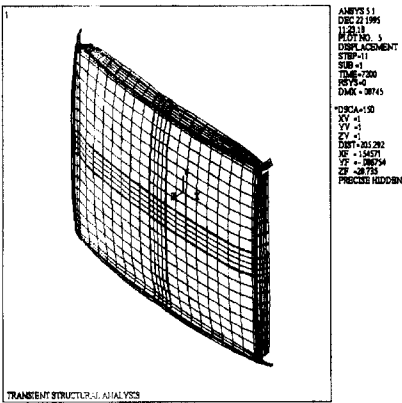


(b) time=120 minutes

그림 7. 새도우 마스크 온도분포 해석결과  
Fig. 7. Temperature distributions of shadow mask.



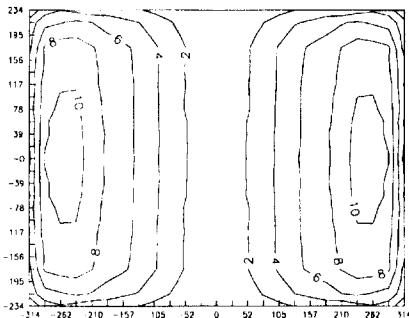
(a) time=10 minutes



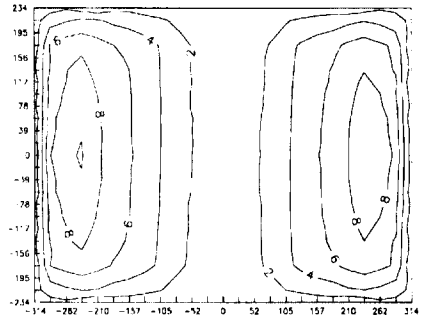
(b) time=120 minutes

그림 8. 새도우 마스크 변형  
Fig. 8. The deformations of shadow mask.

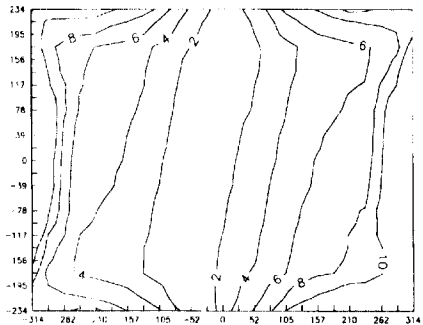
그림 9는 2분, 10분, 120분후의 빔 랜딩 쉬프트이다. 동작 초기에는 새도우 마스크의 도밍으로 인해 빔 랜딩 쉬프트의 최대값은 주변부에 있었다. 시간이 지나고 프레임이 팽창함에 의해 최대점 위치는 코너 부위로 옮겨간다.



(a) 2 minutes



(b) 10 minutes



(c) 120 minutes

그림 9. 패널면상의 빔랜딩 쉬프트  
Fig. 9. Beam landing shift on the panel.

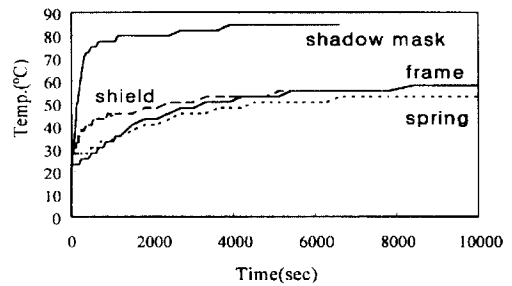


그림 10. 각 부품별 온도변화 측정결과  
Fig. 10. The test results of temperature variation of each parts.

그림 10은 브라운관내 모든 부품 즉, 새도우 마스크, 프레임, 스프링 및 이너 쉴드등의 측정된 온도 변화를 보인 것이다. 동작 초기에 새도우 마스크는 급격한 온도변화를 보인다. 이후 새도우 마스크의 열이 점차 프레임과 스프링으로 전도와 복사로 전달되면서 프레임과 스프링의 온도도 서서히 올라간다. 여기서 주목할 것은 이너 쉴드의 온도 변화이다. 이너 쉴드의 온도변화는 동작초기 프레임의 온도상승보다 급격한데, 이는

브라운관 동작시 열전달의 주요한 요인이 열 복사임을 뜻한다.

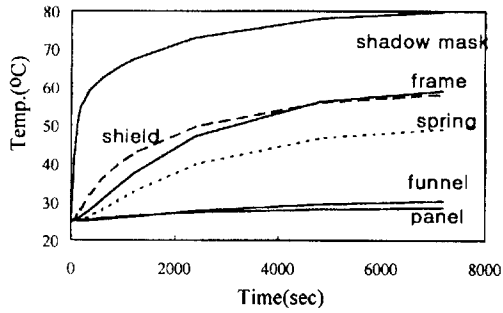
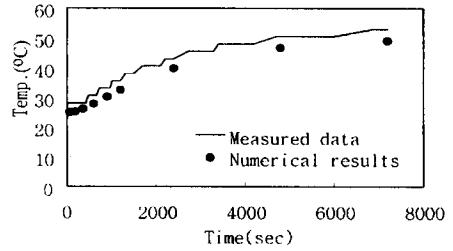
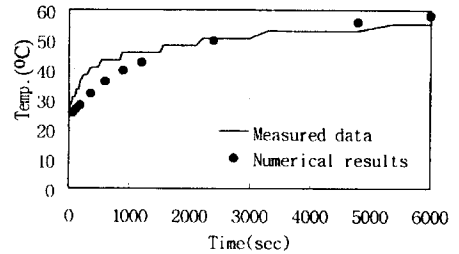


그림 11. 온도변화 해석결과  
Fig. 11. The analysis results of temperature variation of each parts.

그림 11에 보인 것은 온도 변화에 대한 해석결과이다. 브라운관내 모든 부품 즉, 새도우 마스크, 프레임, 스프링 및 이너 쉴드등을 모델링하고 각 부품들사이의 전도와 복사를 고려하여 해석한 결과 실험과 해석치사이에서 모든 부품들의 온도가 잘 일치함을 알 수 있었다. 특히 이너 쉴드의 온도해석 결과는 해석치와 잘 일치하므로 본 해석이 정확하였음을 알 수 있다. 그림12는 새도우 마스크, 프레임, 스프링 및 이너 쉴드등의 해석치와 실험 결과를 비교한 것으로서, 각 부품의 온도변화에서 해석과 실험이 전반적으로 잘 맞음을 볼 수 있다.



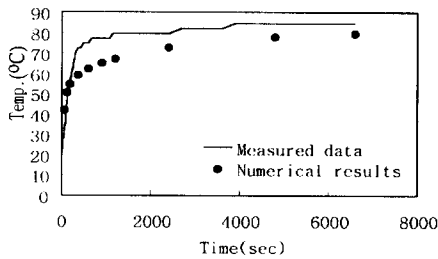
(c) Spring



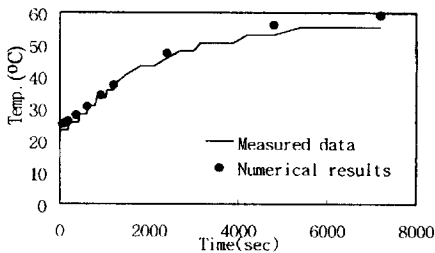
(d) Inner shield

그림 12. 새도우 마스크, 프레임, 스프링, 이너 쉴드등의 온도변화 해석과 실험결과 비교

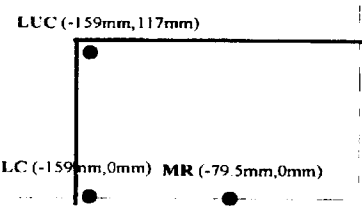
Fig. 12. The data comparisons between analysis and test of shadow mask, frame, spring & inner shield.



(a) Shadow mask

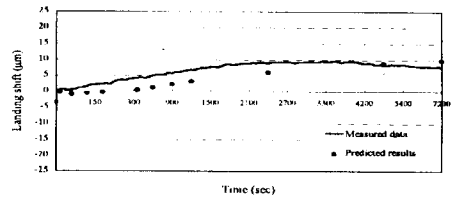


(b) Frame



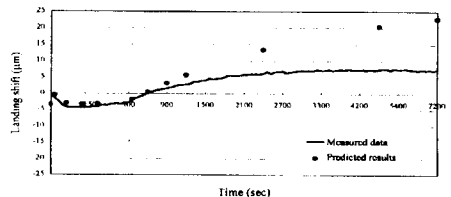
(a) The temperature test points on the panel

Transient Landing Shift at LUC



(b) LUC(x=-159 mm, y = 117 mm)

Transient Landing Shift at LC



(c) LC(x=-159 mm, y=0 mm)

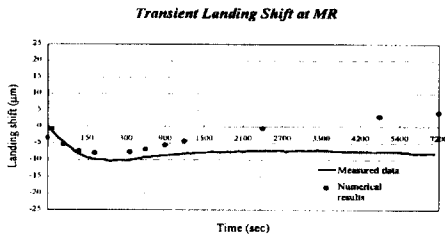
(d) MR( $x=-79.5$  mm,  $y=0$  mm)

그림 13. 빔랜딩 쉬프트 해석 결과와 측정결과 비교  
Fig. 13. The data comparisons between analysis and test of beam landing shift.

그림 13에 화면상의 3점 LUC( $x=-159$  mm,  $y=117$  mm), LC( $x=-159$  mm,  $y=0$  mm) 및 MR( $x=-79.5$  mm,  $y=0$  mm)에서의 계산치와 비교한 빔 랜딩 쉬프트량을 비교하였다. 빔랜딩 쉬프트의 부호는 형광면상 바깥쪽으로 갈 때 양(+)으로, 형광면상 안쪽으로 갈 때 음(-)으로 정의하였다. 동작 초기시, MR점에서의 빔 랜딩 쉬프트방향은 새도우 마스크의 도밍현상이 주가되므로 형광면상 중심점으로 향한다. 여기서 빔랜딩 쉬프트의 최고값은 동작후 4분만에 일어나며, 이후 새도우 마스크와 프레임사이의 온도차가 감소됨에 따라, 프레임의 열팽창이 증가되어 빔 랜딩 쉬프트의 방향은 화면상 바깥쪽을 향하고 동작개시후 30~40분후에 점차 안정된다. LUC점의 빔랜딩 쉬프트는 점차 바깥쪽으로 흐르나 새도우 마스크의 도밍현상에 의해서는 거의 영향을 받지 않는다. LC점의 빔 랜딩 쉬프트는 동작개시 초기에는 MR점과 비슷하나, 시간이 지남에 따라 바깥쪽의 빔 랜딩 쉬프트가 과도하게 일어난다. 화면상의 3점에서의 빔 랜딩 쉬프트는 수치해석 결과로부터 계산된 값과 측정값이 동작 초기시에 특히 잘 맞는다. 따라서 현재의 해석 결과로 화면 전체 각 부분의 빔 랜딩 쉬프트량을 잘 예측할 수 있고, 이 결과를 마스크 프레임 어셈블리 설계시에 적용할 수 있다.

지금까지 본 연구에서 이루어진 해석은 온도의 경우 측정 오차를 감안한다면 비교적 실제 현상을 잘 기술한다고 볼 수 있으나, 빔 랜딩 쉬프트에 대해서는 주변부에서 실험치와 계산치는 1 ~ 15 m정도의 오차를 보인다. 그 외 대부분의 영역에서도 마스크의 과도한 팽창의 원인으로 계산치는 실험치에 비해 과도한 값을 보이고 있다. 이러한 현상은 그 영향이 미미할 것이라 예상되어 무시하였던 인자들이 마이크로 단위의 거동

을 예측하는 본 해석에 있어서는 상대적으로 큰 영향을 미친다고 생각된다. 특히 마스크 주변부 또는 프레임의 물성치등에 대해 향후 계속 연구할 필요가 있다고 생각된다.

## VI. 결 론

본 연구로부터 다음의 결론을 얻었다.

- 1) 브라운관 동작 초기시에는 실험 결과와 해석 결과 모두 이너 실드의 온도가 프레임의 온도보다 높았다. 이는 브라운 관내의 열 거동에 있어 복사 가 주된 현상임을 뜻한다.
- 2) 본 연구의 해석과정으로 새도우 마스크의 온도를 측정하는 별도의 실험설비<sup>16)</sup>나 새도우 마스크의 주변온도를 예측하는 보조모델<sup>17)</sup>없이도 빔랜딩 쉬프트를 예측할 수 있다.
- 3) 해석을 검증하기 위해, 새도우 마스크, 프레임, 스프링, 및 이너 실드등의 온도와 패널상의 빔랜딩 쉬프트를 측정하였으며, 온도 및 빔랜딩 쉬프트의 해석결과가 실험치와 잘 맞았다. 따라서 본 해석 결과로써, 마스크 프레임 어셈블리를 설계하는 데 도움을 줄 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] M. Ibane, K. Teshima, E. Higashinaka-gawa and Y. Ohtake, Development of an INVAR(Fe-36Ni) Shadow Mask for Color Cathode Ray Tubes, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 35, No. 10, pp. 1721-1729, 1988.
- [2] K. Tokita, H. Urata, M. Nakamura and T. Sone, A New Shadow Mask Suspension System For a Color CRT : Corner-Suspended Mask, Proceedings of the SID, Vol. 29/1, pp. 13-17, 1988.
- [3] M. Yamamoto, M. Koitabashi and H. Kimura, Improvement of Mislanding in Shadow Mask Cathode Ray Tubes(CRTs) by Electron-Reflecting Coatings, Japan. J. Appl. Phys., Vol. 32, Pt. 1, No. 5A, pp. 2083-2088, 1993.
- [4] A. M. Morrell, H. B. Law, E. G. Ranberg and E. W. Herold, Color Television Pic-



*ture Tubes*, Academic Press, 1974.

[5] T. Okada and M. Ikegaki, A Structural Analytical Study on Shadow Mask Thermal deformation of Color CRT, Japan Display, pp. 20-22, 1983.

[6] T. Ueyama, H. Kanai, R. Hirai and T. Yano, Improved Computer Simulation Method for Shadow Mask Thermal Deformation and Beam Shift, Japan Display, pp. 558-561, 1989.

[7] H. Kim and S. Im, Analysis of Beam Landing Shifts Due to Thermal Deformations of a Shadow Mask, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 40, No. 1, pp. 47-54, 1994.

[8] R.R. Archer, N.H. Cook, and S.H. Crandall, *An introduction to the mechanics of solids*, Mcgraw-Hill Book Company, 1959.

[9] 김용규, 감기술, 강기훈 & 지대성, 국제온도논문금 (ITS-90)에 준한 규격화된 열전대의 온도-기전력 기준표, KRISS-94-025-MO, 1994

저 자 소 개



康大振(正會員)

1957년 3월 25일생, 1981년 2월 한양대학교 공과대학 정밀기계공학과 졸업(학사), 1983년 8월 한양대학원 정밀기계공학과 졸업(석사), 1996년 10월 현재 한양대학원 정밀기계공학과 박사과정중, 현재 LG전자 멀티미디어연구소에서 근무중, 주 관심분야는 구조해석, 열응력해석 및 비접촉 계측분야임



金國源(正會員)

1965년 11월 12일생, 1988년 서울대학교 공과대학 기계설계학과 졸업(학사), 1990년 2월 서울대학원 기계설계학과 졸업(석사), 1995년 2월 서울대학원 기계설계학과 졸업(박사), 1996년 10월 현재 LG전자 멀티미디어연구소에서 근무중, 주 관심분야는 전산역학 및 구조해석임.



宋昌燮(正會員)

1947년 4월 3일생, 1972년 한양대학교 공과대학 정밀기계학과 졸업(학사), 1976년 2월 한국과학원 기계공학과 졸업(석사), 1980년 8월 한국과학원 기계공학과 졸업(박사), 1996년 12월 현재 한양대학교 공과대학 정밀기계공학과 교수, 주 관심분야는 자동제어임.