

Heat spreader를 통한 PDP의 냉각성능 평가

김재중*·장석원*·조영진**·이태구**·노홍구***·이재헌†

Evaluation of Cooling Performance of PDP by Heat Spreader

Jae-Jung Kim, Seog-Weon Chang, Young-Jin Cho, Tae-Gu Lee,
Hong-Koo Noh, Jae-Heon Lee

Key Words: Heat spreader(히트스프레더), PDP(Plasma Display Panel), Venthole(환기구)

Abstract

This paper reports the cooling performance of a PDP(plasma display panel) with a heat spreader by means of numerical analysis. Due to the simplifications and assumptions inherent in the analysis, computed results are found to differ those of the experiment by 13%. Calculation shows a maximum temperature of 65°C for the plasma glass, as opposed to the allowable temperature of 90°C, producing a temperature difference of 25°C between the upper and lower regions. This is enough to cause cracks in the plasma glass. In order to avoid this, more ventholes are added at the upper center region of the back cover, thereby causing a 3°C drop in the maximum temperature, which reduces the temperature difference to 12°C. The new design gives more uniform temperature distribution across the plasma glass.

1. 서론

PDP(Plasma Display Panel)는 기체방전에 의해 생성된 플라즈마를 이용하여 영상을 표시하는 장치이다. PDP는 평면 유리를 사용하므로 브라운관 처럼 화면이 굴절되지 않고 왜곡 현상도 없으며, 평면 유리의 사용으로 두께 15cm 이하의 얇은 모니터를 만들 수 있어 가벼운 벽걸이 TV를 가능하게 하였다. 또한 PDP는 LCD의 단점이었던 좁은 시야각이 넓어져 160도 이상의 범위에서도 화질 저하 없이 시청가능 하게 하였다.⁽¹⁾ 이러한 장점에 따라 국내 각 업체들은 PDP를 2000년대

의 주력 상품으로 개발하고 있다. 그러나 대부분 업체에서 PDP에 관한 연구는 화질향상이나, plasma glass의 제조에 관하여 주로 수행되고 있는 실정이다. Plasma glass의 최대 허용 동작 온도는 90°C 이하이며 형광영역(방전영역)과 비형광영역(비방전영역) 온도차가 10°C 이상이 되면 plasma glass에 균열이 발생한다. 그러므로 PDP 동작시 발생하는 높은 발열을 효율적으로 제거하기 위한 신뢰성 관련연구가 요구된다. 플라즈마 광원을 이용하는 PDP는 내부에 고전압/고전류가 발생되며, 이로 인해 42인치 모델의 경우 350W 정도의 열이 발생한다. 더구나 슬림박형화 구조가 구현되어야 하는 PDP는 이전의 브라운관 화면표시장치보다 협소한 구조로 인해 열적으로는 열악한 환경에 처해 있다. 기존 PDP의 냉각장치로서 Fan이 많이 사용되었다. 그러나 Fan은 PDP 두께의 슬림박형화에 가장 큰 장애요인이 되고있으며 또한 Fan의 소음, 중량증가 및 동력소비 등의 문제를 갖고 있다. 따라서 PDP에 Fan이 사용

* 대우전자(주) 품질경영연구소

** 한양대학교 대학원 기계공학부

*** 한국전자통신 연구소

† 한양대학교 기계공학부

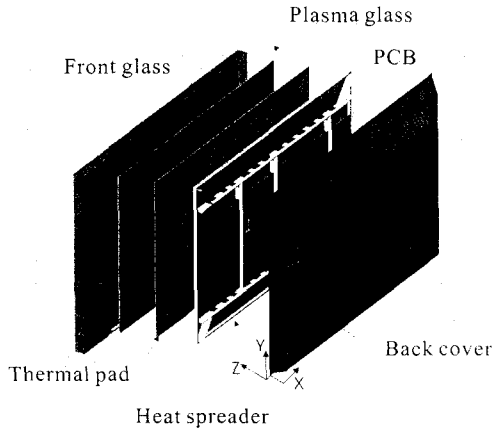


Fig. 1 Schematic diagram of PDP

되지 않는 '무동력 방식'의 냉각장치가 요구되었으며 현재는 발생된 열을 신속히 저온부로 균일하게 확산 전달시킬 수 있는 고효율 heat spreader가 개발되어 채용되고 있다. 또한 spreader를 통해 전달된 열이 정체없이 원활하게 밖으로 빠져나가기 위해서는 환기구의 위치 및 크기가 중요하게 고려되어야 할 사항이다. 본 연구에서는 최근 A사에서 제안된 heat spreader를 냉각장치로 사용하는 PDP를 모델로 선정하여 그 냉각성능을 파악하였다. 추가로 환기구의 위치 및 크기를 고려하여 냉각성능을 파악함으로써 개발될 PDP의 열적 신뢰성을 높이고자 하였다.

2. 연구모델

2.1 연구대상

본 연구에서 모델로 선정한 PDP의 대략적인 형상을 Fig. 1에 나타내었다. 연구모델로써는 42인치형 디스플레이 화면을 가진 폭×깊이×높이가 1030mm×89mm×633.5mm인 PDP를 선정하였다. 그림에서 보이는 바와 같이 PDP는 front glass, plasma glass, thermal pad, heat spreader, PCB, 그리고 back cover부분으로 나눌 수 있다. front glass는 PDP의 전면부로서 plasma glass에서 방전된 기체상태의 플라즈마가 글자 또는 그래픽으로 디스플레이 되는 부분이다. Front glass의 하부에는 가로, 세로 약 2mm의 환기구가 있어서 이곳을 통해 외기가 들어와 PDP내부를 순환하며

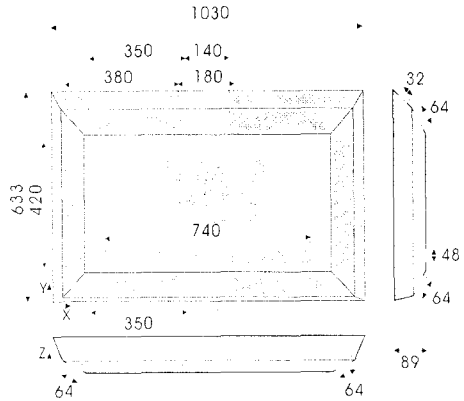


Fig. 2 Schematic diagram of venthole on the back cover [unit : mm]

열을 밖으로 전달시킨다.

Plasma glass는 glass 내부를 교차하는 수많은 전선들로 이루어져 여기에서 기체 방전이 일어나서 열이 발생하는 부분이다. 이곳이 PDP내의 주 발열체이며 이 부분의 냉각이 제대로 이뤄지지 않으면 균열이 발생하는 등 전체제품의 신뢰성을 감소시킨다. Thermal pad는 접착성이 강한 스티로폼형태의 물질로서 plasma glass와 heat spreader를 접촉시켜주는 역할을 한다. 주 냉각장치인 heat spreader는 얇은 알루미늄판으로 제작되며 plasma glass에서 발생한 열이 자연대류에 의해 외기로 전달되도록 한다.⁽²⁾ Heat spreader는 발생된 열을 외부로 전달시키는 것 이외에도 PCB나 back cover가 설치되고 고정되도록 지지하는 역할도 한다. Heat spreader후면에는 PDP의 주요 회로를 포함하는 네 개의 PCB가 부착되어있다. PCB자체에서도 개별 칩마다 발열이 일어나기 때문에 PCB상의 주요 발열체 위에는 방열판이 부착되어 있다.

Back cover는 PDP내부를 보호하기 위하여 필요하며 이의 상부와 하부에는 냉각용 외기가 PDP 내부로 들어갈 수 있도록 수많은 환기구가 설치되어 있다. 환기구는 4mm 직경의 수많은 구멍이 뚫려진 50% 개구율의 타공판으로 만들어 졌으며, Fig. 2는 back cover 환기구의 위치를 나타내고 있다. 환기구는 back cover의 상부, 하부 및 좌우에 모두 9개 분포되어 있다. 그러나 back cover 상부중앙부에서는 환기구가 설치되어 있지 않아 heat spreader에서 전달된 열이 PDP 내부로 들어

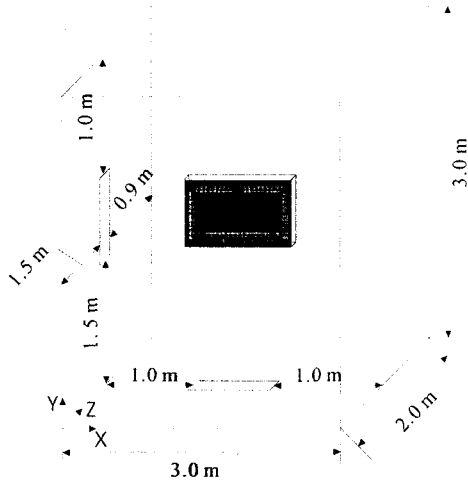


Fig. 3 Calculation domain for numerical analysis [unit : m]

은 냉각공기를 통해 빠져나가지 못하고 기류정체 및 최대온도분포 영역이 나타날 것이라 예상된다.

3. 이론적 연구

3.1 지배방정식 및 경계조건

PDP 내부의 냉각환경을 평가하기 위하여 본 연구에서는 Fig. 3에서 보이는 바와 같이 PDP의 열성능을 해석하기 위하여 PDP의 좌우 상하 전후로 2m의 공간을 설정하고 전체 공간에서의 열 및 물질 전달 현상을 파악하기 위하여 3차원 정상상태 연속방정식, 운동량 방정식, 난류운동에너지 방정식, 난류운동량소멸방정식, 에너지방정식을 풀이하였다. 각 식들에서의 기호 선정은 일반적인 문헌의 예를 따랐으며 난류를 해석하기 위해 부력이 고려된 $k-\epsilon$ 방정식을 계산하였다.⁽³⁾

본 연구에서는 PDP를 포함하는 공간의 각 벽면에는 외기온도가 27°C인 등온조건과 접촉조건을 부여하였으며 PDP내의 주 발열체인 plasma glass와 PCB는 내부 발열 조건을 부여하였다. 수치계산에서 back cover 환기구의 크기는 실제 타공판의 면적에 개구율을 곱한값으로 정하였다. PDP내부 각 부품의 발열량 및 크기는 Table 1에 나타냈었다. 표에서 보면 Plasma glass의 발열량이 330W로 최대발열이 발생하므로 PDP 내부 온도에 미치는 영향이 가장 클것으로 예상되고 또한

Table 1 Power dissipation and size of components

Name	Power dissipation[W]	Size[mm]
Plasma glass	330	970×555×5
PCB1	6	300×235×2
PCB2	6	320×190×2
PCB3	18	300×320×2
PCB4	6	325×120×2

Table 2 Conductivity of substrate material

Substrate material	Conductivity(W/mK)
Air	0.02
Aluminum	202.0
Glass	1.72
Pad	0.75
PCB	4

PCB3에 주요 발열소자가 부착되어 타 PCB 에 비해 높은 발열량을 나타낸다. 해석모델 각 구성요소의 열전도율을 작동유체인 공기를 포함하여 Table 2에 나타내었다.

3.2 이론해석방법

본 연구에서는 PDP 내부의 온도 분포를 해석하기 위하여 열·유체유동 해석프로그램인 FLUENT 5.4를 이용하였다.⁽²⁾ 이 프로그램은 완전 암시기법(fully implicit scheme)을 사용한 유한체적법코드로서 속도 등의 벡터량과 압력, 온도 등의 스칼라량의 존재 위치가 서로 다른 엇갈린 격자계를 사용한다. 운동량 방정식의 압력장을 처리하기 위해서 SIMPLE을 이용하였다. 또한 전체영역을 x, y 및 z 방향으로 총 250,000개의 작은 제어체적으로 분할하였다. 반복계산시 종속변수들의 수렴정도를 점검하기 위하여 아래에 정의된 잉여치(Residual), R값이 조사되었으며, 종속변수에 대하여 잉여치 값이 10^{-3} 이하에 도달하면 수렴된 것으로 간주하였다.

$$R = \sum_{all\ domain} |\sum a_{nb} + b - a_p \phi_p|$$

여기서 ϕ 는 본 연구에서의 종속변수들, a 는 이산화방정식의 계수, b 는 생성항, 그리고 하첨자

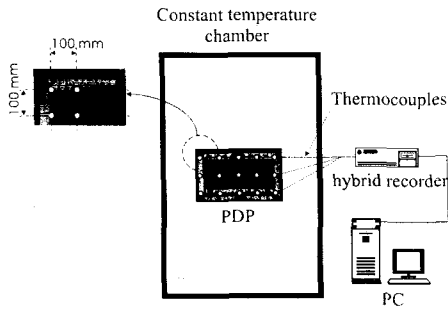


Fig. 4 Schematic diagram of experiment apparatus

p , nb 는 각각 계산제어체적과 인접제어체적의 격자점을 뜻한다.⁽⁵⁾ 본 연구의 실제계산에서는 Pentium 800MHz, RAM 512Mbyte P/C에서 수렴조건을 만족하기 위하여 3000회의 반복계산을 수행하였다.

3.3 타당성 검증

3.3.1 실험장치 및 실험방법

이론 예측의 타당성을 확인하고자 본 연구에서는 PDP내부의 온도를 측정하여 비교하였다. 온도 측정 실험장치의 개략도를 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 실험장치는 크게 항온챔버(constant temperature chamber)와 자료획득부로 구성된다. 항온챔버는 PDP 외부의 온도조건과 유동조건을 일정하게 유지시키기 위한 부분으로서 내부에 실험대상 PDP가 위치한다. PDP 내부의 열특성을 파악하기 위한 온도측정위치는 총 50개이며, 각 측정점의 위치는 시험모델 각 표면에 가로, 세로 각각 100mm 간격으로 총 50개의 격자점으로 나누어 설치하였고 온도측정을 위해서 T형 열전대를 이용하였다.

자료획득부는 50여개의 측정점에서 측정된 온도를 시간에 따라 기록하는 하이브리드 레코더와 컴퓨터로 구성된다. 각 격자점의 온도는 열원에 의해 상승하게 되고 온도분포가 정상상태에 도달한 것을 확인한 후, 하나의 측정점에서 매 30초 간격으로 10회씩 온도를 측정하고 이 온도의 평균값으로 취하였다.

3.3.2 실험결과 및 이론해석과의 비교

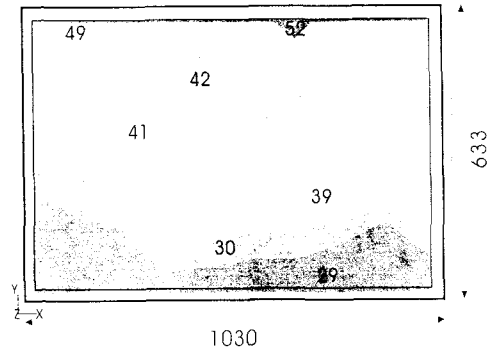


Fig. 5 Experimental temperature distribution of PDP[z=5mm]

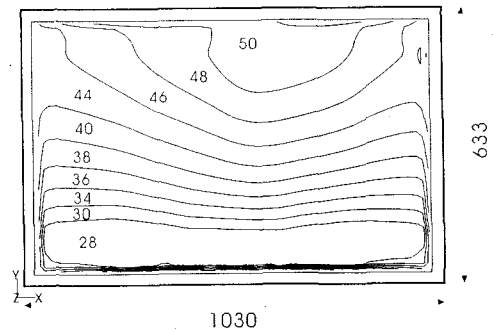


Fig. 6 Numerical temperature distribution of PDP[z=5mm]

이론해석을 타당성을 검증하기 위하여 PDP내부 공기의 실측 온도값과 이론에 의한 예측 온도분포를 Fig. 5과 Fig. 6에 각각 나타내었다. Fig. 5의 실험결과와 비교하여 온도분포는 발열량이 큰 PCB3의 영향으로 우측이 다소 높게 나타나고 있는 것을 볼 수 있으며, 상부 기류 정체 영역에서 최대 약 55°C의 분포를 보이고 있음을 알 수 있다. Fig. 6의 이론해석에 의한 온도분포도 실측에 의한 온도분포와 매우 유사한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 상부 정체영역 부근에서 최대 약 50°C의 온도분포를 보이고 있으며 대체적으로 모든 영역에서 실험값과 매우 유사한 온도분포를 보이고 있다. 또한 최대 온도차는 최상부에서 약 6°C 정도로 실험의 온도를 기준으로 최대 11%의 오차로 나타났으며 이는 수치해석시 사용된 여러 가지 가정에 의한 것으로 생각된다. 그러나 전체적인 온도분포는 정성적으로 비교적 잘 일치함을 알 수 있어 본 연구의 이론해석 방

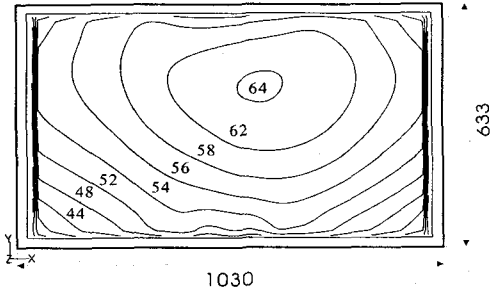


Fig. 7 Temperature distribution of plasma glass[z=81mm]

법은 타당하다고 판단된다.

4. 결과 및 고찰

PDP의 안정적인 운전을 위해서 가장 중요한 사항은 PDP glass에서의 온도분포를 전반적으로 최대한 균일하게 유지시켜, 국부적인 큰 온도차가 발생되지 않도록 적절히 냉각을 시켜주어야 하는 것이다. PDP glass에서 발생된 열은 이와 접해있는 냉각장치로 열이 전달되고 대류를 통하여 제거된다. 본 이론연구에서는 모델로 선정한 PDP 내부의 냉각성능과 back cover 중앙상부에 환기구구를 추가설치했을때의 냉각 성능에 대한 이론해석을 수행하였다.

4.1 PDP 열성능 평가

Plasma glass의 전체적인 온도분포를 Fig. 7에 나타내었다. 전체적으로 약 45℃에서 65℃의 온도분포를 보이고 있으며 상부 중앙부로 갈수록 표면의 온도가 상승되고 있음을 알 수 있다. 중앙 상부온도와 하부의 온도차가 약간은 과도하게 나타나고 있다고 판단되며 다만 특이한 사항은 최대온도 영역이 상부 끝단에 나타나지 않고 상부에서 약간 떨어져서 나타나는 점이다. 따라서 상부 중앙부에 국부적으로 높은 온도를 보이는 이 지점에 추가적인 냉각장치를 고려하거나 형상변경을 할 경우 이 점을 고려하여야 할 것이다.

또한 heat spreader의 전체적인 온도분포를 Fig. 8에 나타내었다. Plasma glass서 발생된 열을 spreader가 내부를 지나는 냉각 공기로 전달하게 된다. 따라서 heat spreader의 형상에 따라서 plasma glass의 온도분포가 다르게 된다. 또한

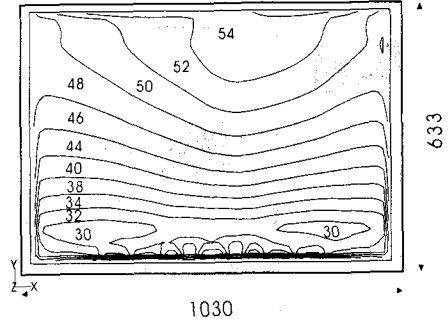


Fig. 8 Temperature distribution of heat spreader[z=75mm]

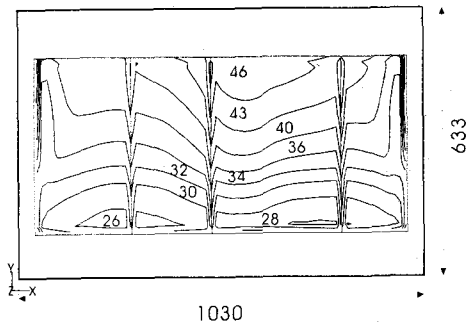


Fig. 9 Temperature distribution of PCB [z=53mm]

Fig. 9은 PCB의 온도분포를 나타내고 있다. 중앙 우측부에 있는 PCB3의 발열량이 가장 크고 중앙상부에 환기구가 없어서 발생하는 기류정체로 인하여 우측에 최대 온도분포 영역이 나타나고 있다. 또한 최대 온도분포영역이 최상부 지점에 발생되지 않는 것은 최상부까지 PCB가 분포되어 있지 않아 PCB 상부를 지난 공기와 PCB 하부를 지난 공기가 최상부를 냉각시킬 수 있는 반면에 최대온도영역은 PCB의 하부를 지난 공기만이 이 부분을 냉각시키기 때문이라 판단된다. 따라서 back cover 내부에 공기를 적절히 혼합시킬 수 있는 구조물을 설치하여 이를 개선한다면 온도분포가 개선될 것이라 여겨진다.

4.2 열성능 개선안의 제시

Back cover 상부중앙부의 기류정체를 개선하기 위하여 Fig. 10에서 나타낸 바와 같이 상부중앙부에 140[mm]×64[mm] 및 180[mm]×3[mm]의 환기

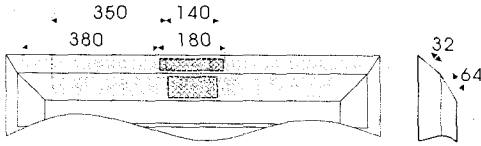


Fig. 10 Schematic diagram of venthole added on the top of the back cover

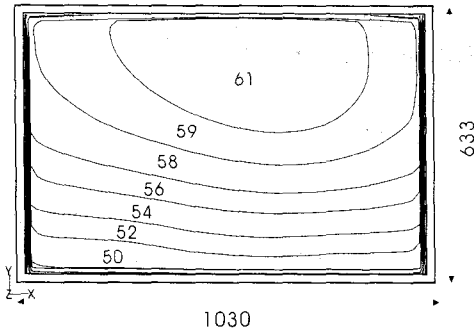


Fig. 11 Temperature distribution of plasma glass [z=81mm]

구를 2개 추가 설치하였다. 환기구를 추가 설치한 후 개선된 냉각성능을 확인하고자 plasma glass의 전체적인 온도분포를 Fig. 11에 나타내었다. 전체적인 온도분포는 50~61°C의 온도분포를 보이고 있다. 환기구 추가전 온도분포에 비해 최대 온도가 약 3~4°C 정도 감소되었으며 glass면 전체의 온도분포가 더 균일하게 분포됨을 알 수 있다. 또한 Fig. 12 및 Fig. 13는 환기구를 설치한 후의 heat spreader와 PCB의 온도분포 그림을 나타내고 있다. 전반적으로 중앙부에서의 온도가 환기구 추가전에 비하여 2~3°C 정도 감소되어 각 단면에서의 상하부 온도 편차가 감소되었음을 알 수 있다. Plasma glass의 균일한 온도분포는 PDP의 열적신뢰성에 매우 큰 영향을 주기때문에 본 연구에 제안한 back cover 상부중앙부에 환기구 추가 설치하는 타당한 것으로 판단된다.

5. 고찰

이상과 같이 본 연구에서는 heat spreader를 냉각장치로 사용하는 PDP의 내부 열성능을 이론예측 및 실험을 통해 비교하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

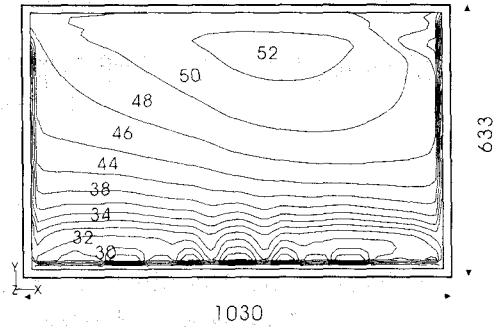


Fig. 12 Temperature distribution of heat spreader [z=75mm]

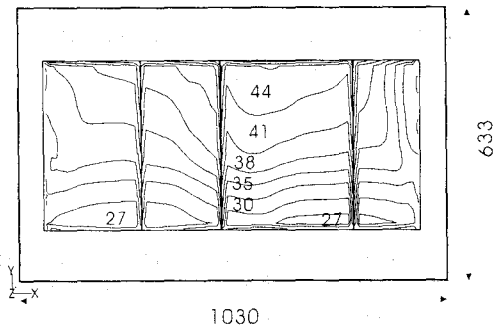


Fig. 13 Temperature distribution of PCB [z=53mm]

(1) Plasma glass의 전체적인 온도 분포는 허용 동작온도인 90°C이내에 분포하지만 상하부의 온도차가 20°C 정도로 과도하게 나타나고 있어 추가적인 냉각장치의 설치 혹은 heat spreader의 형상 변경이 요구된다.

(2) 추가적으로 back cover에 환기구를 설치한 경우의 이론해석결과 plasma glass, heat spreader 및 PCB의 온도분포는 약 2~3°C 정도 감소하였으며 각 단면에서의 상하부 온도 편차가 감소되었음을 알 수 있다.

참고문헌

- (1) 이두희, 2000, "플라즈마 디스플레이 패널의 기술동향"
- (2) Fluent Inc., 1998 "Fluent 5.0 User's Guide", Fluent Inc.
- (3) Patankar, S. V., 1998, "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow", Hemisphere, Washington, DC