

미소체적을 갖는 평판표시소자용 패널내부의 잔류가스 분석

조영래 · 오재열* · 최정옥* · 김봉철** · 이병교** · 이진호 · 조경익

한국전자통신연구원 회로소자기술연구소 FED소자팀
*오리온전기(주), 평판표시팀
**경북대학교 무기재료공학과
(2000년 10월 5일 접수)

Residual gas analysis of small cavity for emissive flat panel display

Y. R. Cho, J. Y. Oh,* J. O. Choi,* B. C. Kim,** B. K. Lee,** J. H. Lee, and K. I. Cho

Micro-Electronics Tech. Lab., ETRI, 161 Gajong-Dong, Yusong-Gu, Taejon, 305-350, Korea

**Flat Panel Display Lab., OEC, Ajou University, Suwon, Kyonggi-Do, 442-749, Korea*

***Dept. of Inorganic Materials Sci. & Eng., Kyungpook National Univ., Daegu, 702-701, Korea*

(Received October 5, 2000)

요 약 - 질량분석기가 장착된 초고진공챔버를 사용하여 미소체적을 갖는 평판표시소자용 패널내부에 존재하는 잔류가스의 전체압력과 분압을 성공적으로 측정하였다. 패널내부의 전체압력은 10^{-6} Torr 범위로 측정되었으며, 전체압력의 증가에 크게 기여하는 가스분압은 아르곤, 메탄 및 헬륨 분압들 이었다. 패널의 진공패키징을 위한 배기공정시 가열온도는 고진공패키징에 있어서 매우 중요하며, 가열배기 온도가 높을수록 전체압력과 메탄분압은 감소하였다.

Abstract - The total pressure and partial pressure of small cavity for flat panel display have been successfully measured by using an ultra-high vacuum chamber with mass spectrometer. The total pressure in the panel was in the range of 10^{-6} Torr and the major partial pressure affecting increase in total pressure were those of Ar, CH₄ and He. The baking temperature during evacuation process was very important for high-vacuum package, the total pressure and partial pressure of CH₄ were decreased as the increase of baking temperature.

1. 서 론

전자부품 및 제품의 세계적인 추세인 경박단소화와 함께 영상표시소자도 평판화가 강력히 추진되고 있다. 이런 새로운 평판표시소자(FPD, flat panel display) 중에서 현재 사용되고 있거나 연구가 진행 되고 있는 것으로는 LCD(liquid crystal display) [1-3], VFD(vacuum fluorescent display) [4], ELD(electroluminescent display) [5-6], PDP(plasma display panel) [7-8], FED(field emission display) [9-13] 등이 있다. 현재는 LCD가 FPD시장의 대부분을 차지하고 있지만, LCD는 기술의 특성상 광원(light source)을 필요로 하기 때문에 화면 표시의 선명성, 밝기, 시야각, 사용온도 범위 및 응답속도 면에서 해결하기 어려운 문제점을 가지고 있다. 그런데 FED, VFD, PDP는 원리적으로 기존의 영상표시

소자로 가장 널리 사용되고 있는 CRT(cathode ray tube)와 동일한 자발광 표시소자(emissive display) 이기 때문에 CRT의 장점인 밝은 화면, 넓은 시야각, 빠른 응답속도와 LCD의 장점인 평판화를 동시에 이룰 수 있는 영상표시소자로 알려져 있다 [7-11].

자발광 영상표시소자인 FED, VFD, PDP 등은 작동 원리가 진공 중에서 전자의 운동과 관련되는 구조이므로 이들의 제작을 위해서는 고난도의 진공패키징 기술이 요구되며 해결해야 할 몇 가지 문제점을 안고 있다 [10-13]. 특히 FED는 그 기초기술을 진공 미세전자론(vacuum microelectronics)에 두고 있어, 음극(cathode)에서 방출된 전자들(electrons)이 아무런 충돌(scattering) 없이 형광체(phosphor)에 도달해야 하기 때문에 정상적인 작동을 위해서는 10^{-6} Torr 범위의 진공도가 유지되도록 고진공패키징을 해야 한다. VFD의 경우도

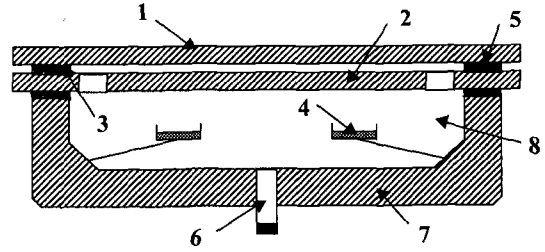
예외는 아니어서 필라멘트에서 발생한 열전자가 형광체로 날아가는 동안 다른 기체들과 충돌하지 않아야 하기 때문에 10^{-6} Torr 내외의 고진공패키징을 해야 한다. 또한 PDP는 수백 Torr 범위의 진공도 범위에서 작동되지만 방전용 불활성가스를 주입하기 이전에, 일단 패널내부를 10^{-5} Torr 범위로 고진공 배기(evacuation)를 하는 과정을 반드시 거쳐야 한다. 현재까지의 기술로는 FPD용 진공패키징과 같이 소자내부의 체적이 압력측정(pressure measurement)용 센서의 체적에 비해서 상당히 작은 경우 소자내부에 잔존하는 잔류 가스들의 분압을 측정하기가 매우 어렵다. 이런 이유로 FPD 패널내부에 잔존하는 특정한 가스들에 의한 영상표시소자의 열화(degradation)의 정도를 정량적으로 연구할 수 없었기 때문에 패널 내부에 잔류하는 특정 가스들의 분압과 영상표시소자의 성능과의 관계를 체계적으로 연구하는데 어려움이 많았다 [12,13].

본 연구는 최근 차세대 영상표시소자로 각광 받고 있는 FPD의 진공패키징시 해결해야 할 문제점으로 남아 있는 미소체적을 갖는 FPD 패널 내부에 잔류하는 가스들의 종류와 분압을 측정하고 분석함으로써 열화가 적어 수명이 긴 FPD 패널의 제작공정에 기여하고자 수행되었다. 실험에 사용한 미소체적을 갖는 패널로는 FPD 중에서 가장 높은 진공도가 요구되면서, 동시에 체적이 작아서 진공패키징시 고난도의 기술이 요구되는 FED용 패널이 사용되었다. 실험으로 구한 측정값의 신뢰도를 가능한 높이기 위하여 FED용 패널의 제작은 실제의 공정과 유사한 방법으로 수행하였으며, 제작한 시편을 질량분석기(mass spectrometer)가 장착된 초고진공 챔버를 사용해서 패널내부에 잔류하는 가스들의 종류와 분압을 측정, 평가함으로써 고진공도를 갖는 FPD용 패널의 제조 방법을 제시하였다.

2. 실험방법

2.1. 패널의 제작 및 게터활성화

FPD용 패널의 제작에는 패널의 내부를 이루는 진공 캐비티(cavity)를 형성하기 위한 두 장의 기판과 실런트(sealant)가 필수적이며 배기관(evacuation tube)과 게터(getter)가 추가로 필요하다. 기판의 재료로는 2 mm 두께를 갖는 소다유리(soda-lime glass)가 사용되었으며, 화학적 펌프 역할을 하는 게터로는 기존의 CRT 제조시 사용되는 바륨(Ba)을 주성분으로 하는 증발형게터



- | | |
|---------------|--------------------|
| 1. Face plate | 2. Base plate |
| 3. Sealant | 4. Getter |
| 5. Spacer | 6. Evacuation tube |
| 7. Mould | 8. Back chamber |

그림 1. Schematic drawing of vacuum-sealed FPD panel for residual gas analysis.

(evaporable getter)가 사용되었다. 패널의 진공실링은 스페이서(spacer)를 사이에 두고 서로 마주보도록 배치된 상부기판(face plate)과 하부기판(base plate)의 가장 자리에 ESL사의 실런트(모델명: 4010-A1)를 사용하였으며, 배기관(evacuation tube)의 부착 및 게터 지지대의 부착에도 동일한 실런트를 사용하였다.

그림 1은 본 연구에 사용된 FPD 패널의 형상을 나타내 보인 것이다. 그림 1에서 보듯이 FPD 패널은 상부기판과 하부기판 및 배기관으로 이루어져 있으며, 종래의 FED 패널과는 달리 하부기판의 배면(back side)에 백챔버(back chamber)를 갖는 것이 특징이다. FED용 패널에서 백챔버의 역할과 장점은 FED 패널의 제작시 배기시간을 단축시키고, 패널의 고진공 상태를 오랜 시간 동안 유지시키는 것 이외에 게터의 활성화공정시 소자의 오염을 방지하는 장점 등이 있다. 또한 값싼 증발성 바륨계터를 사용할 수 있는 장점이 있으며, 이 밖에 상세한 내용은 다른 연구논문에 설명되어 있다 [11].

패널의 제작순서는 소다유리의 절단 및 세척공정을 통하여 상부기판과 하부기판을 준비하고, 디스펜싱기(dispenser)를 사용해서 상부기판의 모서리 부분에 가로와 세로가 각각 4인치와 3인치의 크기를 갖는 직사각형 형태로 폭이 4 mm 정도 되도록 실런트를 도포한다. 실런트의 건조공정 중에 도포된 실런트에 스페이서 역할을 하는 500미크론 크기를 갖는 유리구슬(glass sphere)을 적당량 산포시켰다. 실런트의 평탄화(flattening)를 위해서 도포된 실런트를 10여분간 방치시킨 후 150°C 로 유지된 핫플레이트(hot plate)에 30분간 얹어

유지시키는 공정을 수행하였다. 동일한 방법으로 하부기판의 뒷면에도 실린트를 0.3 mm 두께로 도포하여 건조시킨다. 배기관은 백챔버용 몰드(mould)에 형성된 배기구를 포함하도록 하면서 실린트를 사용해서 깔대기 모양으로 가공한 내경의 지름이 3 mm인 배기관을 백챔버에 연결시킨다. 건조공정이 끝난 상부기판 하부기판 및 백챔버를 박스형 열처리로(box furnace)에 장입하여 공기분위기에서 360°C까지 승온시킨다. 이 상태로 30분간 유지시킨 후 냉각시켜서 예비소결을 하였다. 예비소결에는 실린트에 존재하던 바인더 성분이 산화되어 실린트로부터 빠져 나오는 단계를 거치면서 실린트의 체적 감소로 인한 밀도(density) 증가 현상이 일어난다.

이어서 상부기판과 하부기판 및 백챔버를 정렬(alignment) 시킨 후 실린트가 압축되도록 상부기판과 백챔버 부분을 집개를 사용해서 집은 후 다시 박스형 열처리로에 장입하였다. 상온에서 420°C까지 알곤 분위기에서 5°C/min. 속도로 승온시켜 60분간 유지한 후 노냉(furnace cooling) 시킴으로써 FPD 패널의 제작을 완료한다. 패널의 배기는 10^{-8} Torr까지 배기가 가능한 터보분자펌프(turbomolecular pump)와 로터리 펌프가 장착된 진공시스템을 사용해서 수행하였으며, 배기시 패널들의 가열온도는 120°C와 250°C로 각각 다른 온도 조건에서 수행하였다. 가열배기는 3시간 동안 수행하였으며 배기를 계속 진행하면서 패널을 상온으로 냉각한 후 전기저항(electrical resistance) 가열방식으로 배기관을 밀봉(tip-off) 하였다. 이후에 고주파(high frequency) 가열장치를 사용해서 게터용기(getter container)를 국부적

으로 가열시켜 증발성 바륨계터를 활성화(activation) 시켰다.

2.2. 패널내부의 잔류가스 분석

그림 2는 본 연구에서 FPD 패널 내부의 잔류가스 분석시 사용한 장치를 개략적으로 나타내 보인 것이다. 이 장치는 서로 독립된 2조(2 sets)의 초고진공용 배기장치를 구비하고 있다. 그림2의 중간 부분에 있는 V3 밸브를 기준으로 왼쪽 챔버와 오른쪽 챔버는 그 역할이 서로 다르게 구분되어 있으며, 각 부분은 독립적으로 가열장치와 터보분자펌프 및 로터리펌프(rotary pump)가 장착되어 10^{-10} Torr 까지 배기가 가능하다. V3 밸브를 기준으로 왼쪽부분은 잔류가스를 분석하는 기능을 가지며, 그림에서 보듯이 질량분석기(mass spectrometer)와 V1 밸브 및 V2 밸브로 구성되어 있다. V3 밸브를 기준으로 오른쪽 부분은 FPD 패널을 부착시켜 10^{-10} Torr까지 배기하는 기능을 갖는다.

그림 3(a)는 V3 밸브를 기준으로 오른쪽 부분인 FPD 패널의 설치부를 포함한 주변의 연결부를 나타내는 실제사진을 보여준다. 그림 3(a)에서 보듯이 각종 밸브와 연결부는 지름이 2.75인치인 금속실링(Cu gasket)으로 연결하여, 170°C까지 가열배기를 할 수 있도록 되어 있다. 측정장치와 FPD 패널의 연결은 T자 형상을 갖는 석영관(quartz tube)을 사용해서 하였으며, T자형 석영관과 FPD 패널의 연결은 초고진공용 토르셀(Torr-seal)을 사용하였다. 그림 3(a)에서 FPD 패널의 뒤쪽에 연결된 T자형 석영관에는 영구자석(permanent

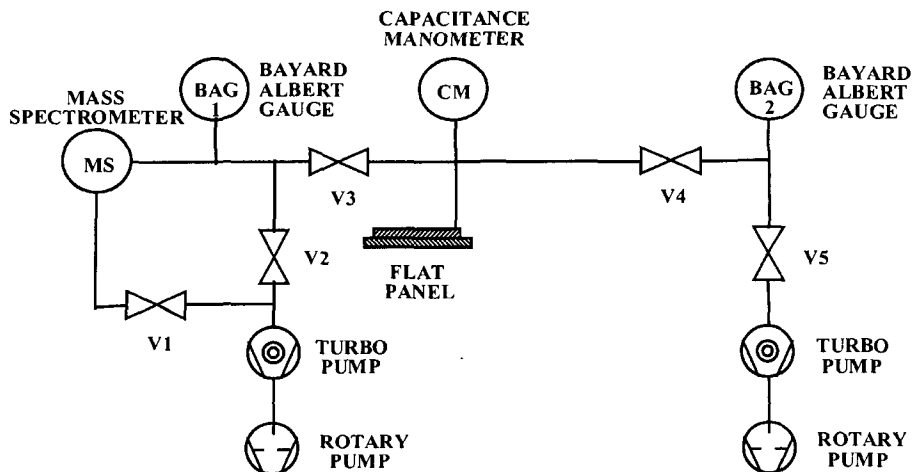


그림 2. Schematic drawing of residual gas analysis unit for flat panel display.

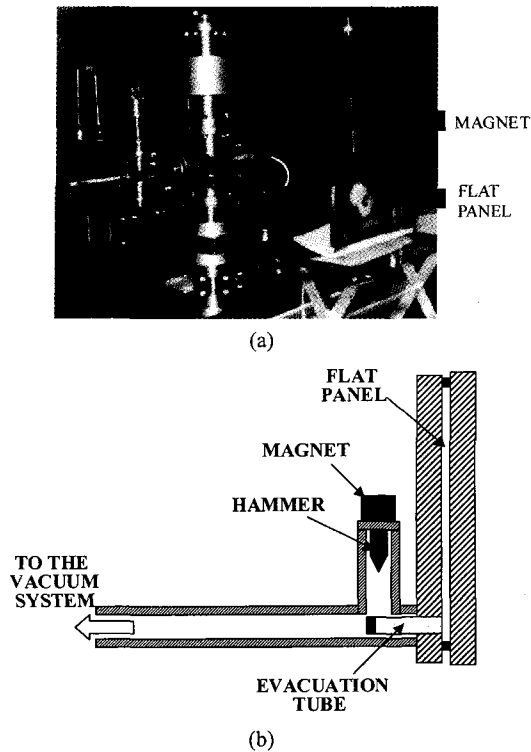


그림 3. View of sample connecting part and vacuum chamber: (a) photograph, (b) schematic drawing.

magnet)이 설치되어 있다. 그림 3(b) FPD 패널과 T자형 석영관 및 측정장치의 관계를 설명하기 위한 개략도로써, 영구자석에 인접한 T자형 석영관 내부에는 끝이 뾰족한 자성재료인 햄머(hammer)가 붙어있다. 석영관의 T자 부분에 자성재료를 설치한 이유는 영구자석을 석영관에서 제거할 때 햄머가 자유낙하 하여 석영관의 T자 부분까지 돌출되어 들어온 FPD 패널의 배기관을 순식간에 파손시키기 위함이다. 이때 FPD 패널과 측정장치를 연결하는 T자형 석영관이 파손되어서는 안 된다.

패널내부의 잔류가스 분석을 위한 공정 순서는 크게 2단계로 구분된다. 제 1단계는 FPD 패널을 T자형 석영관을 사용해서 측정장치에 부착시키고 T자형 석영관과 측정장치를 초고진공 상태로 유지시키는 단계이며, 제 2단계는 V3 밸브를 열어 놓은 상태에서 FPD 패널의 배기관을 파손시킨 후 질량분석기를 사용해서 패널 내부의 잔류가스를 분석하는 단계이다. 제 1단계에서는 V3 밸브를 잠김(close) 상태에 두고 V3 밸브 왼쪽과 오른쪽의 진공펌프를 독립적으로 작동시켜 장치내부를 초고진공으로 만드는 것이 목적이기 때문에 V3 밸브를

제외한 모든 밸브인 V1, V2, V4 및 V5 밸브는 열림(open) 상태에 있어야 한다. 질량분석기가 위치한 챔버가 초고진공(10^{-10} Torr)으로 도달되면 V1 밸브와 V2 밸브를 잠금 상태로 한다. 제 2단계는 FPD 패널 내부의 잔류가스를 질량분석기를 사용해서 측정하는 것이 목적이기 때문에 기본적으로 V4 밸브는 잠김(close) 상태로 두고, V3 밸브를 열림(open) 상태로 두어 FPD 패널의 배기관이 파손될 때 패널내부에 존재하던 가스들이 V3 밸브를 통해서 질량분석기로 유입될 수 있도록 해야 한다.

제 2단계의 핵심은 V3 밸브는 열림상태이고, 나머지의 V1 밸브와 V2 밸브 및 V4 밸브는 잠김상태에서 질량분석기(Balzers사, 모델명: QMG 422)를 사용해서 초고진공으로 유지된 챔버내부에 잔존하는 가스들을 분석한 후 자료들을 저장하는 단계와, 곧 바로 T자형 석영관에 붙여 놓은 햄머를 자유낙하 시켜서 FPD 패널의 배기관을 순간적으로 파손시키는 단계를 갖는다. 배기관의 파손과 동시에 FPD 패널 내부에 존재하던 가스들은 V3 밸브를 통하여 초고진공으로 유지된 질량분석기가 설치된 챔버로 이동하게 된다. 이때 한번 더 질량분석기를 사용해서 FPD 패널의 파손에 의해서 FPD 패널 내부에 존재하던 가스들이 측정용 챔버로 유입된 상태에서의 가스들을 분석한다. 마지막 단계로, FPD 패널 내부에 존재하는 잔류가스의 분석은 배기관을 파손한 후에 측정된 질량분석 값에서 배기관을 파손하기 직전에 측정된 잔류가스의 측정값들의 차이로써 계산하였다.

3. 실험결과 및 토의

그림 4는 본 연구에서 잔류가스 분석을 위해 제작한

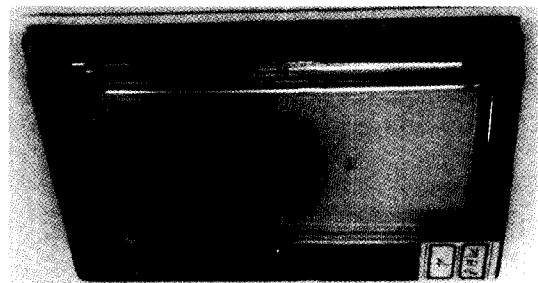


그림 4. Photograph of FPD panel that is composed of main space and back chamber.

FPD 패널과 동일한 방법으로 제작한 시편의 사진이다. 그림의 아래쪽 중앙에 깔대기 모양의 배기관이 실린드로 부착되어 있는 것을 볼 수 있다. 영상표시소자로 사용될 주공간(main space)은 상부기관과 하부기관으로 이루어진 부분에 해당하며, 하부기관에 형성된 지름이 5 mm인 4개의 구멍들을 통해서 백챔버와 주공간은 연결되어 있다. 백챔버를 이루는 하부기관에는 증발성 게터가 활성화될 때 생긴 바륨 박막으로 코팅되어 있음을 볼 수 있다. 그림 4에서는 1개의 바륨게터가 사용되었지만, 패널의 진공도를 오랫동안 유지시키기 위하여 잔류가스 분석용 실제 패널에서는 그림 3(a)에서 보듯이 2개의 바륨게터가 사용되었다. 그림 4에서 사각형의 검은 테두리는 소결된 실린드로써 상부기관과 하부기관의 사이와 하부기관과 백챔버용 유리몰드 사이에 있음을 볼 수 있다. 유리몰드에 부착된 배기관의 내경(inner diameter)은 2.4 mm였으며, 주공간과 백챔버 및 배기관을 포함한 패널 내부의 전체체적은 44 cm³로 계산되었다.

3.1. 패널 내부의 전체압력과 분압

초고진공용 챔버에 설치된 질량분석 장치를 사용해서 그림 4와 같이 체적이 44 cm³ 정도로 작은 FPD 패널 내부의 잔류가스를 분석하였다. 표 1은 120°C와 250°C 온도에서 가열배기하여 제작한 FPD 패널 내부의 잔류가스 분석결과를 요약해 나타낸 것이다. 가열배기 조건에 상관 없이 진공패키징한 FPD 패널에서 전체압력(total pressure)은 10⁻⁶ Torr 범위로 나타났다. 이 결과는 계산에 의해 간접적인 방법으로 FPD 패널 내부의 진공도를 계산한 결과와 비슷한 전체압력 값이다 [12]. 배기공정과 게터의 활성화공정 전후에 일어나는 패널내부의 진공도 변화는 다음과 같다. 가열배기시 사용한 터보분자펌프의 진공도가 10⁻⁸ Torr일때 길이가 10 cm 이고, 내경(inner diameter)이 2.4 mm인 배기관을 사용해서 패널을 배기한 본 연구에서 배기관을 밀봉하기 전

표 1. The results of residual gas analysis for vacuum-sealed FED Panels

Gas	Pressure (Torr)	
	Panel A	Panel B
He	7.0×10^{-7}	4.8×10^{-7}
CH ₄	1.3×10^{-7}	3.9×10^{-6}
Ar	1.3×10^{-6}	1.4×10^{-6}
C _n H _m	5.5×10^{-9}	-
Total	2.2×10^{-6}	7.1×10^{-6}

의 FPD 패널 내부의 진공도는 10⁻⁵ Torr 정도일 것으로 계산되며 [12], 배기관의 용융접합 후 패널내부의 진공도는 배기관의 밀봉시 발생한 가스의 양을 고려할 때 10⁻⁴ Torr 정도가 되었을 것으로 보인다 [11-12]. 이어서 증발성 바륨게터를 활성화시키면 패널 내부에 존재 하던 활성가스들이 바륨박막과 반응해 바륨화합물(barium compound)을 형성함으로써 패널 내부의 진공도가 좋아져서 10⁻⁶ Torr의 전체압력에 도달하는 것으로 해석된다.

120°C로 낮은 온도에서 가열배기한 패널(Panel B)에서 전체압력이 7.1×10^{-6} Torr로 250°C에서 가열배기하여 제작한 FPD 패널(Panel A)의 전체압력 보다 높게 나타난 이유는 전체압력에 기여하는 각종 가스들의 분압(partial pressure)을 살펴봄으로써 원인을 찾을 수 있다. 120°C로 낮은 온도에서 가열배기한 패널에서는 메탄분압(P_{CH₄} = 3.9×10^{-6} Torr)이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 아르곤분압(P_{Ar} = 1.4×10^{-6} Torr), 헬륨분압(P_{He} = 4.8×10^{-7} Torr)의 순서를 갖는다. 반면, 250°C의 높은 온도에서 가열배기한 FPD 패널내부의 전체압력은 2.2×10^{-6} Torr로 120°C의 온도에서 가열배기한 패널에서 보다 높은 진공도를 갖는다. 250°C의 온도에서 가열배기한 패널의 전체압력을 지배하는 잔류 가스들의 분압은 아르곤분압(P_{Ar} = 1.3×10^{-6} Torr)이 가장 우세하였으며, 다음으로 메탄분압(P_{CH₄} = 1.3×10^{-7} Torr)과 헬륨분압(P_{He} = 7×10^{-7} Torr)의 순서를 가지며, 무시할 수 있을 정도로 낮은 다중 탄화수소분압(P_{C_nH_m} = 5.5×10^{-9} Torr)이 나타남을 볼 수 있다.

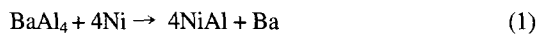
3.2. 패널 내부에 불활성가스의 잔류원인

진공패키징한 FPD 패널 내부의 잔류가스에 미량의 아르곤과 헬륨이 포함되어 있는 이유는 아르곤과 헬륨은 불활성가스(inert gas)이기 때문에 사용한 바륨게터와 화학반응을 일으키지 않기 때문이다. FPD 패널 내부에 잔류하는 가스 중에서 상당히 큰 10⁻⁶ Torr 범위의 분압을 갖는 아르곤이 존재하는 원인(source)은 바륨게터의 제조공정시 분위기 가스로 사용한 아르곤이 게터 재료 내부에 잔존해 있다가 게터의 활성화공정시 방출되는 것도 하나의 원인으로 추정된다. 또한 대기압인 760 Torr에서 공기(air)를 구성하는 가스들 [14] 중에서 아르곤분압은 대략 7 Torr 정도가 되는데, 진공패키징시 모든 가스들이 동일한 비율로 배기 된다고 가정하면 전체압력이 10⁻⁶ Torr인 FPD 패널 내부에는 대략

10^{-7} Torr 내지 10^{-8} Torr의 아르곤분압이 나타날 것이다. 헬륨 역시 불활성 기체로 공기를 구성하는 중요한 성분으로 존재하며 대기압하에서 헬륨분압은 4×10^{-3} Torr를 차지한다. 진공패키징시 공정시 공기를 구성하는 모든 가스들이 동일한 비율로 배기 된다고 가정하면, 진공패키징된 FPD 패널 내부의 전체압력이 10^{-6} Torr 일때 패널 내부의 헬륨분압은 10^{-10} Torr 내지 10^{-11} Torr로 매우 낮아야 한다. 하지만 본 연구의 FPD 패널에서는 헬륨분압이 10^{-7} Torr 범위로 높게 나타났다. 이유는 터보분자펌프를 사용해서 FPD 패널을 배기할 때 헬륨을 포함한 가벼운 가스들(light gases)은 낮은 압축율(compression ratio)을 갖기 때문에 헬륨은 다른 가스들에 비해서 덜 효율적으로 배기되기 때문이다 [15]. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 로터(rotor)의 회전속도(rotational speed)가 더욱 큰 터보분자펌프를 사용하든지, 아니면 기체분자를 응축시켜서 고진공을 달성하는 원리를 갖는 크라이오제닉 펌프(cryogenic pump)를 사용해서 배기하는 편이 좋다고 판단된다.

3.3. 활성가스의 반응 및 탄화수소의 생성원인

표 1에서 보듯이 FPD 패널에 잔류하는 기체 중 활성가스로는 메탄(CH_4)이 대부분을 차지한다. 반면에 대기압에서 공기중의 대부분을 이루는 가스들인 질소(N_2)와 산소(O_2)는 전혀 검출되지 않고 있다. 이는 10^{-6} Torr 범위의 진공도를 갖는 고진공챔버 내부에 잔류하는 가스의 분석시 가장 흔하게 검출되는 가스들인 수분(H_2O)을 비롯한 미소량의 CO 및 CO_2 등이 검출되지 않는 것도 특이한 현상이다. 진공패키징된 FPD 패널 내부에 잔류하는 가스들의 종류 및 비율이 고진공으로 배기한 진공챔버 내부에 잔류하는 가스들의 그것들과 근본적으로 차이를 보이는 이유는 화학적 펌프 역할을 하는 증발성 바륨게터의 활성화시 일어나는 일련의 화학반응 때문으로 해석된다. 진공패키징된 FPD 패널의 진공도를 더욱 좋게 하기 위해서는 바륨게터를 국부적으로 가열시켜 게터를 활성화시켜야 하는데 증발성 바륨게터의 활성화시 일어나는 주요 반응은 다음과 같다 [16].



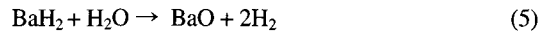
식 1은 강한 발열반응이기 때문에 일단 800°C 까지만 외부에서 바륨게터에 열을 인가하게 되면 자동으로 계속적인 반응이 진행되어 1200°C 이상의 고온까지 순식

표 2. Primary reactions between Ba getter and active gases

Reactants	Products
$3 \text{Ba} + \text{N}_2$	Ba_3N_2
$\text{Ba} + \text{H}_2$	BaH_2
$\text{Ba} + \text{O}_2$	BaO_2
$2\text{Ba} + \text{O}_2$	2BaO
$2\text{Ba} + 2\text{CO}$	$\text{BaC}_2 + 2\text{BaO}$
$5\text{Ba} + \text{CO}_2$	$\text{BaC}_2 + 4\text{BaO}$
$\text{Ba} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{BaO} + 2\text{H}$
$2\text{Ba} + \text{CH}_4$	$2\text{BaH}_2 + \text{C}$

간에 도달한 후 몇 초 이내에 활성화반응이 완료된다. 식 1에서 활성화반응의 결과로 생성된 Ba은 증발되어 허부기판의 뒤쪽 면에 박막형태로 코팅 된다. 박막형태로 존재하는 Ba은 반응성이 매우 크기 때문에 진공패키징된 FPD 패널내부에 잔류하는 활성가스들과 1차반응, 2차반응 및 3차반응을 함으로써 진공도를 더욱 좋게 한다 [16].

표 2는 바륨게터의 활성화로 생긴 박막형 Ba이 FPD 패널 내부에서 활성화 가스들과 반응하여 바륨화합물을 형성하는 대표적인 반응식을 나타내 보인 것이다. 표 2에서 보듯이 박막형의 Ba은 N_2 , O_2 , H_2 등과 반응하여 각각 Ba_3N_2 , BaO_2 , BaH_2 등의 바륨화합물을 형성함으로써 패널내부의 진공도를 좋게 한다. 특히 수분(H_2O)은 표 1에서 보듯이 박막형 Ba과 반응하여 BaO와 H를 형성하기 때문에 질량분석기를 사용해서 분석시 H_2O 자체는 검출되지 않는 것으로 해석된다. 또한 박막형 Ba은 CO, CH_4 와 반응하여 각각 BaC_2 , BaH_2 등의 고체화합물을 형성한다. 또한, 박막형 Ba과 활성화 가스의 1차 반응의 결과로 생성된 BaC_2 , BaH_2 등은 반응성이 매우 강하기 때문에 다시 활성가스와 다음과 같이 2차 반응을 한다 [16].



위에서 보듯이 증발성 바륨게터는 값이 싸면서도 1차 반응 및 2차 반응을 통하여 진공패키징된 FPD 내부에 잔류하던 활성가스와 쉽게 반응하여 고체화합물을 형성하기 때문에 FPD 패널 내부의 질량분석기를 통한 분석시 N_2 , O_2 , H_2O 등의 활성가스들이 검출되지 않았던 것으로 해석된다.

그런데, CH₄가 패널내부의 잔류가스로 검출된 이유는 패널내부에 잔류하던 H₂O가 Ba과 반응하여 생성된 반응생성물 때문으로 생각된다. 즉, 표 2에서 Ba과 H₂O가 반응하여 BaO와 H가 생성되며, 식 (3)에서 Ba과 활성가스의 1차의 생성물인 BaC₂와 H₂O가 반응해서 BaO와 CH가 생성된다. 계속적으로 반응은 진행되어 표 2에서 Ba과 H₂O의 반응 생성물인 3H와 식 (3)에서 생성된 CH가 반응해서 CH₄를 형성한다. 결론적으로, CH₄은 Ba 혹은 BaC₂와 H₂O가 반응하여 생성된 H와 CH의 반응 생성물이기 때문에 CH₄의 생성원은 H₂O라고 볼 수 있다. 이 결과는 표 1에서 보는 바와 같이 가열배기시 온도를 변수로 하여 측정된 FPD 패널 내부에 잔류하는 CH₄의 분압차이와도 잘 일치한다. 즉, 가열배기 온도가 120°C로 낮았던 패널에서는 CH₄의 분압이 3.9×10^{-6} Torr로 높는데 비해서, 가열배기 온도가 250°C로 높았던 패널에서는 CH₄의 분압이 1.3×10^{-7} Torr로 낮았다. 이는 가열배기 온도가 높을수록 FPD 패널 내부에 잔류하는 수분의 양이 작았기 때문으로 해석된다.

4. 결 론

질량분석기가 장착된 초고진공챔버를 사용해서 체적이 44 cm³로 작은 미소체적을 갖는 평판표시소자용 패널 내부의 잔류가스 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 진공패키징한 FED용 패널내부의 전체압력은 10⁻⁶ Torr 범위로 낮아서 FED의 작동에 필요한 진공도를 만족시키며, 패널내부에 잔류하면서 전체압력을 증가시키는 잔류가스들로는 아르곤과 메탄 및 헬륨이 대부분을 차지하고 있었다.
2. 패널의 가열배기시 가열온도는 진공패키징한 패널 내부에 잔류하는 가스들의 전체압력과 분압에 큰 영향을 미치며, 가열배기시 가열온도가 낮았던 패널에 비해서 가열온도가 높았던 패널에서 전체압력과 메탄분압이 낮게 나타났다.
3. 저온인 120°C에서 가열배기한 패널에 비해서 고온인 250°C에서 가열배기한 패널의 내부에 잔류하는 메

탄의 분압이 낮았던 이유는 진공패키징시 고온에서 가열배기 함으로써 FPD 패널 내부에 잔류하는 수분의 양을 낮출 수 있었기 때문이다.

감사의 글

FPD 패널 내부의 잔류가스 분석을 도와 주신 이태리 밀라노의 SAES Getter 본사와 한국 Getter사에 감사드립니다. 이 연구는 정보통신부의 선도기술개발 사업의 연구비로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] R. G. Greene, J. P. Krusius, O. P. Seraphim, D. Skinner and B. Yost, SID'00 DIGEST, 461 (2000).
- [2] M. Kimura, T. Fukami, K. Kumagawa, S. Asada, H. Wakemoto and Y. Takubo, SID'00 DIGEST, 468 (2000).
- [3] Y. M. Ha, SID'00 DIGEST, 1116 (2000).
- [4] H. Sakurada, S. Shinya and H. Yamaguchi, Proceeding of the 15th IDRC (ASIA DISPLAY'95), 625 (1995).
- [5] J. Mori, S. Matsumoto and N. Endo, Proceeding of the 15th IDRC (ASIA DISPLAY'95), 849 (1995).
- [6] K. Utsugi, M. Tamegai and E. Hasegawa, SID'00 DIGEST, 640 (2000).
- [7] L. F. Weber, SID'00 DIGEST, 402 (2000).
- [8] M. H. Park, SID'00 DIGEST, 475 (2000).
- [9] C. J. Curtin and Y. Iguchi, SID'00 DIGEST, 1263 (2000).
- [10] N. Y. Lee, B. C. Kim, J. H. Jung, M. S. Kang, H. Kim, B. K. Ju, Y. H. Lee, M. H. Oh, J. Jang, S. Ahn, SID'99 DIGEST, 584 (1999).
- [11] Y. R. Cho, H. S. Kim, J. D. Mun, J. Y. Oh, H. S. Jeong and S. Ahn, J. Vac. Sci. Technol. **B16**, 3069 (1998).
- [12] Y. R. Cho, J. D. Mun, J. Y. Oh and H. S. Jeong, 한국진공학회지, **4**, 247 (1995).
- [13] J. Y. Oh, K. J. Woo, K. S. Kim, D. Y. Lee and J. O. Choi, IVMC'00 DIGEST, 25 (2000).
- [14] A. Roth, *Vacuum Technology*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Chapter 5, P 219 (1990).
- [15] Maissel and R. Glang, *Handbook of Thin Film Technology*, McGraw-Hill Book Company, New York, Chapter 2, p 58 (1970).
- [16] J. Verhoeven and H. van Doveren, J. Vac. Sci. Technol., **20**, 64 (1982).