

<연구논문>

## 평판디스플레이용 패널의 진공도 측정

조영래 · 문제도 · 오재열 · 정효수

고등기술연구원 전자재료연구소  
(1995년 7월 18일 접수)

### Pressure Measurement in a Cavity for Flat Panel Display

Y. R. Cho, J. D. Mun, J. Y. Oh and H. S. Jeong

Electronic Material Research Lab., IAE C.P.O. Box 2849 Seoul, Korea  
(Received July 18, 1995)

**요 약** - 진공측정용 센서의 크기보다 더 작은 미세소자 내부의 진공도를 계산에 의해 간접적으로 구하는 방법을 제시하였다. 평판디스플레이용 진공패널의 설계에 본 연구의 결과를 적용하는 방법에 대해 연구하였으며, 패널의 진공도는 패널과 배기장치의 형상에 강하게 의존하였다.

**Abstract** - Method of measuring vacuum pressure inside a microcavity was proposed using a simplified model. This could be applied to a flat panel display. The results showed that the pressure in the microcavity of the panel was strongly affected by the shape of a vacuum system.

## 1. 서 론

전자부품 및 제품의 세계적인 추세인 경박단소화에 힘입어 영상표시소자도 평판화가 강력히 추진되고 있다. 이런 새로운 평판표시소자(FPD, flat panel display)들 중에서 현재 사용되고 있거나, 연구가 진행중인 것으로는 LCD(liquid crystal display), VFD(vacuum fluorescent display), ELD(electroluminescent display), PDP(plasma display panel), FED(field emission display) 등이 있다[1~7]. 이 중에서 LCD가 현재 FPD 시장의 대부분을 차지하고 있지만, LCD는 기술특성상 광원(light source)을 필요로 하기 때문에 표시의 선명성, 화면의 밝기, 시야각, 사용가능 온도범위 및 응답속도 등에 상당한 문제점을 가지고 있다. 또한 LCD의 경우 대형화를 추구할 때 생산비가 기하급수적으로 늘어나는 단점이 있기 때문에 대화면, 고품질 및 저가격을 갖는 새로운 FPD의 개발이 요구되고 있다. FPD 중에서 VFD, PDP 및 FED는 LCD가 갖는 단점을 보완할 수 있는 영상표

시소자로 각광을 받고 있으며[4~7], 특히 FED는 기존의 영상표시소자인 CRT(cathode ray tube)의 장점인 쓴가격, 넓은 시야각과 LCD의 장점인 평판화를 동시에 이룰 수 있는 우수한 영상표시소자로 알려져 있다[6, 7].

그런데 FED, VFD, PDP 등의 FPD는 작동원리가 진공중에서 전자의 운동과 관련되기 때문에 이들의 제작을 위해서는 진공패키징기술이 필수적으로 요구된다. 특히 FED는 그 기초기술을 vacuum microelectronics에 두고 있기 때문에 음극(cathode)에서 방출된 전자들(electrons)이 아무런 scattering이 없이 마주보는 곳에 위치한 형광체(phosphor)에 도달해야 하기 때문에 정상적인 작동을 위해서는  $10^{-6}$  torr 이상의 고진공패키징을 해야 한다. 더욱이 진공패키징소자 내부와 외부의 압력차이로 인해 생길 수 있는 가스의 리키지(leakage)와 침투(permeation) 현상 및 아웃개싱(outgassing) 등으로 인하여 소자내부의 진공도는 시간이 경과함에 따라 점점 더 나빠지게 되기 때문에 진공패키징시 초기의 진공도는  $10^{-6}$  torr보다 훨씬 높게 해야 한다. VFD의 경우도 예외

는 아니어서 필라멘트에서 발생한 열전자가 형광체로 날아가는 동안 다른 기체분자들과 충돌하지 않게 해야 하기 때문에  $10^{-6}$  torr 내외의 고진공패키징을 해야 한다. PDP에서도 역시 불활성가스를 채우기 이전에 일단 진공패키징소자의 내부를  $10^{-6}$  torr 정도의 고진공으로 배기를 해야 한다. 이처럼 FPD용 진공패키징소자의 제작 시에는 공통적으로 소자의 내부를  $10^{-6}$  torr 내외로 배기를 하는 공정이 필요하다. 그런데 현재까지의 기술로는 FPD용 진공패키징과 같이 소자내부의 체적이 압력측정용 센서의 체적에 비해 상당히 작은 경우, 소자내부의 실제 진공도를 측정하는 직접적인 방법은 아직 없다. 그래서 FPD용 진공패키징소자의 내부에 존재하는 잔류가스가 FPD 소자의 영상특성 및 수명에 미치는 연구를 체계적으로 할 수가 없었다.

본 연구에서는 최근 차세대 영상표시소자로 각광을 받고 있는 FPD의 진공패키징시 문제가 되어온 소자내부의 진공도를 가능한 한 정확하게 평가하는 방법에 대해 살펴보았다. 이론적 배경에서는 기체유동에 관한 일반적인 사실들을 살펴보고, 모델실험에서는 현재까지 알려진 이론들을 사용하여 몇 가지의 전제조건 하에서 실제의 FPD용 패널(panel)의 압력을 계산해 보았다.

## 2. 이론적 배경

FPD용 진공패키징 패널을 제작하기 위해서는 배기공정(evacuation)이 반드시 필요하다. 배기공정은 패널의 내부에 이미 존재하던 여러 가지 종류의 가스분자들(gas molecules)을 진공펌프를 사용하여 패널의 바깥으로 배출시키는 것을 말한다. 본 연구에서는 소자내부의 압력이  $10^{-6}$  torr 내외인 고진공패키징에 관심이 있으므로 분자유동(molecular flow) 상태에서의 배기공정시 생기는 여러 가지 현상에 대해서 살펴보기로 한다.

### 2.1. 직렬로 연결한 두개의 진공조에서 압력관계

그림 1(a)는 진공조(chamber)에 연결한 간단한 배기장치 도식적으로 나타낸 것이며, 그림 1(b)는 각 부분에서의 압력분포를 개략적으로 나타낸 것이다[8]. 진공조 1과 진공조 2를 연결하는 원통관인  $q-r$  부위의 컨덕턴스(conductance)  $C$ 는 상온에서 공기를 기준으로 할 때 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = \frac{\alpha v}{4} A \approx 11.6 \alpha A [l/sec] \quad (1)$$

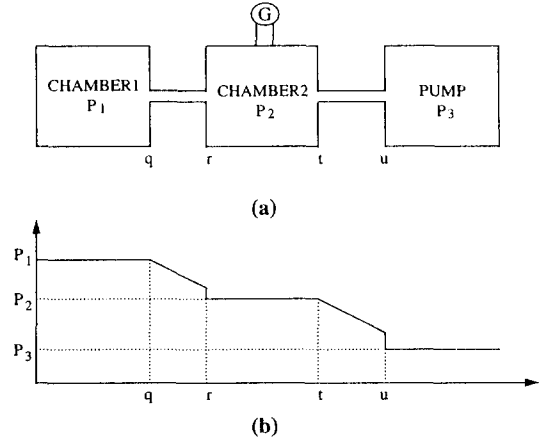


Fig. 1. Arrangement of chambers connecting and the pressure readings measured by a gauge in the gas stream. (a) chambers connecting, (b) pressure gradient.

여기서  $A$ 는 원통관의 내부단면적을  $cm^2$  단위로 나타낸 것이고,  $\alpha$ 는 전달확률(transmission probability),  $v$ 는 가스의 열적속도(thermal velocity of the gas)이다. 전달확률  $\alpha$ 는 원통관의 길이와 직경에 의존하며, 직경에 대한 길이의 비율이 커질수록 전달확률  $\alpha$ 는 작아진다[8]. 진공조 2와 진공펌프를 연결하는 원통관인  $t-u$  부위의 컨덕턴스(conductance) 역시 위의 식을 이용하여 간단히 구할 수 있다.

배기과정에서 진공펌프를 통해 배기되는 가스의 총량은 원통관  $q-r$ 과 원통관  $t-u$ 를 통해 빠져나가는 가스의 총량이 같아야 하기 때문에 다음의 관계가 성립한다.

$$C_{qr} (P_1 - P_2) = C_{tu} (P_2 - P_3) = SP_3 \quad (2)$$

여기서  $C_{qr}$ 과  $C_{tu}$ 는 각각 원통관  $q-r$ 과  $t-u$ 에서의 컨덕턴스이며,  $P_1$ ,  $P_2$  및  $P_3$ 는 각각 진공조 1과 진공조 2 및 진공펌프의 압력이며,  $S$ 는 사용한 진공펌프의 펌핑속도(pumping speed)이다. 식 (2)에서 진공펌프의 압력  $P_3$ 를 소거하고, 진공조 1에서의 압력  $P_1$ 을 진공조 2에서의 압력  $P_2$ 의 함수로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$P_1 = P_2 \left( 1 + \frac{C_{tu}}{C_{qr}} \frac{S}{S + C_{tu}} \right) \quad (3)$$

식 (3)의 컨덕턴스  $C_{qr}$ 과  $C_{tu}$ 는 계산에 의해 구할 수 있고, 진공조 2에서의 압력  $P_2$ 는 직접 측정할 수 있으며, 진공펌프의 펌핑속도  $S$ 는 알고 있는 값이므로 진공조 1에서의 압력  $P_1$ 은 계산에 의해 구할 수 있다. 즉 진공조 2의 압력을 측정함으로써 진공조 1의 압력을 계산해 낼

수 있다.

**2.2. 판상형 판넬의 압력분포**

FPD용 판넬을 배기시키게 되면 초기의 천이상태 (transient state)를 거쳐 정상상태(steady state)에 도달하게 된다[9]. 천이상태에서 시간에 따른 판넬의 압력변화는 다음과 같으며,

$$P = P_0 \exp[-(S/V)t] \tag{4}$$

정상상태에서 판넬의 압력은 다음과 같다.

$$P = \frac{Q_G}{S} \tag{5}$$

여기서  $P_0$ 는 초기의 압력,  $V$ 는 판넬의 체적,  $t$ 는 시간,  $Q_G$ 는 가스에 의한 부하이다. 판넬의 체적이 큰 경우는 리크에 의한 가스의 부하가 정상상태에서도 무시할 수 없을 정도로 크지만, FPD와 같이 그 형상이 판상인 미소판넬(micro panel)의 경우는 리크에 의한 부하는 무시할 수 있을 정도로 작기 때문에 가스의 부하는 아웃가스에 의한 것으로 볼 수 있다. 이러한 아웃가스에 의한 부하는 판넬의 길이 방향으로 압력의 구배를 유발시킨다[8].

그림 2는 판상형 미소판넬의 전형적인 한 예인 FPD용 진공패키징소자의 모양을 도식적으로 나타낸 것이다. 여기서  $b$ 는 판넬의 두께이고,  $a$ 는 판넬의 길이이다. 따라서 진공을 유지시켜야 하는 판넬의 체적은  $a^2 \times b$ 가 된다. 그림 3은 진공펌프를 그림 2의 FPD용 판넬에 직접 연결시킨 구조를 도식적으로 나타낸 것이다. 여기서 진공펌프는 판넬의 측면에 연결되어 있기 때문에  $a \times b$ 인 단면적을 통해서 배기가 된다. 판넬내부에 존재하는 압력구배의 크기를 아는 것은 중요하며, 그림 3에서 판넬의 길이 방향인  $dx$ 에 걸쳐서 벽에서 발생하는 가스의 양은 다음과 같이 표시된다[10].

$$dQ = q_0(2a + 2b)(-dx) \tag{6}$$

여기서  $q_0$ 는 판넬재료의 아웃개싱율(outgassing rate)이며,  $dx$ 만큼 통과한 곳에서 가스의 부하량은 판넬의 컨덕턴스  $C$ 와 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$Q(dx/a) = C dP \tag{7}$$

따라서

$$dQ/dx = aC d^2P/dx^2 = -q_0(2a + 2b) \tag{8}$$

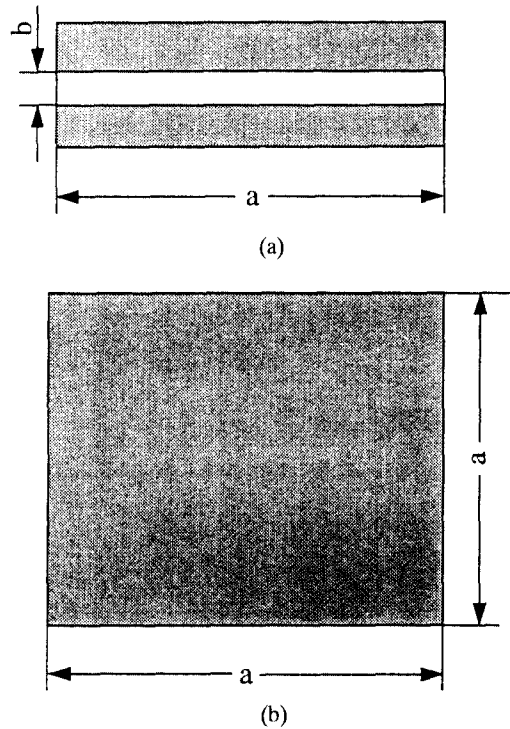


Fig. 2. Schematic diagram of flat panel. (a) side view, (b) front view.

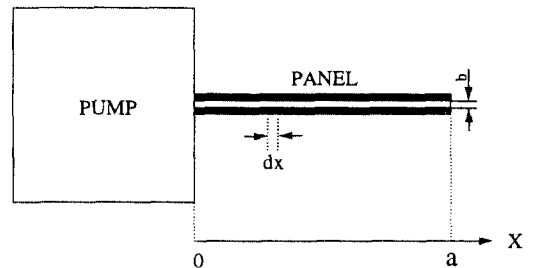


Fig. 3. Model for calculating pressure gradient along the flat panel.

위의 미분방정식을 풀면 아래와 같다.

$$P(x) = q_0(2a + 2b) [a/S + (x/C) - x^2/(2aC)] \tag{9}$$

식 (9)로부터 판넬의 압력은 진공펌프에서 멀어질수록 포물선적으로 증가한다는 것을 알 수 있으며, 판넬입구와 끝부분의 압력차이  $\Delta P$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$\Delta P = P(x = a) - P(x = 0) = q_0(a + b) a/C \tag{10}$$

식 (10)에서 판넬의 압력차이  $\Delta P$ 는 펌핑속도에는 무관하고, 사용한 판넬의 재료와 형상에 의존하는 것을 알

수 있다. 식 (10)이 의미하는 특히 중요한 사실은 판넬 입구에서의 압력  $P(x=0)$ 를 알면 판넬의 끝부분의 압력  $P(x=a)$ 도 계산에 의해 구할 수 있다는 것이다.

### 3. 모델실험

#### 3.1. FPD용 판넬의 구조와 배기용 세관의 연결방법

모델실험에 사용한 판넬은 그림 2에 도시한 것처럼 두 장의 판유리를 작은 간격을 두고 측면사방을 실링한 판상의 구조를 갖는다. 본 연구에서 판넬의 크기는 10 inch급 이상인 FPD의 크기에 근거하여 판넬의 길이  $a$ 는 20 cm, 판넬의 두께  $b$ 는 100  $\mu\text{m}$ 로 가정한다. 그림 4는 FPD용 판넬과 배기장치를 개략적으로 나타낸 것이다. 배기용 세관의 연결은 FED나 PDP처럼 판넬의 두께  $b$ 가 배기용 세관의 내경  $d$ 에 비해 아주 작은 경우 주로 사용하는 방법으로써 배기용 세관을 판넬에 수직하게 설치한다. 커넥터는 스텐레스제의 원통관을 사용하며, 진공조의 체적은 커넥터의 체적에 비해 훨씬 크게 만들며, 진공조의 어느 한 부분에 압력측정용 센서(vacuum gauge)를 설치한다. FPD용 판넬의 측면사방은 사전에 밀봉제로 실링하였으며, 그림 4에서 보듯이 판넬내부의 가스는 배기용 세관(tube)을 통해서만 배기된다.

#### 3.2. 모델실험의 구성과 압력의 계산방법

본 연구의 모델실험에서 가정한 전제조건은 다음과 같다. 첫째로, 판넬의 배기공정시 정상상태에 도달하는 시간이 매우 짧아서 판넬입구의 압력  $P_2$ 를 계산할 때 정상상태에 도달했다고 가정한다. 둘째로, 정상상태에서 판넬의 압력차이 즉, 판넬입구의 압력  $P_2$ 와 판넬의 끝부분의 압력  $P_1$ 의 압력차이  $\Delta P$ 는 판넬재료의 아웃개싱율에만 의존한다. 위의 두 가지 가정이 성립되면 첫번째 가정에서 판넬입구의 압력을 구할 수 있고, 두번째 가정에서 판넬의 압력분포를 구할 수 있기 때문에 판넬의 압력을 구할 수 있다.

그림 4에서 판넬입구의 압력  $P_2$ 를 구하기 위해 식 (2)의 유도과정을 적용하면 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$C_{3-4}[P_2 - P_{chamber}] = C_{7-8}(P_{chamber} - P_{pump}) = SP_{pump} \quad (11)$$

여기서  $C_{3-4}$ ,  $C_{7-8}$ 은 배기용 세관 3-4와 커넥터 7-8의 컨덕턴스이며,  $P_2$ ,  $P_{chamber}$ ,  $P_{pump}$ 는 각각 판넬입구, 진공조 및 진공펌프의 압력이며,  $S$ 는 진공펌프의 펌핑속도이다. 식 (11)을 정리하여 판넬입구의 압력  $P_2$ 를 진공조의 압력과

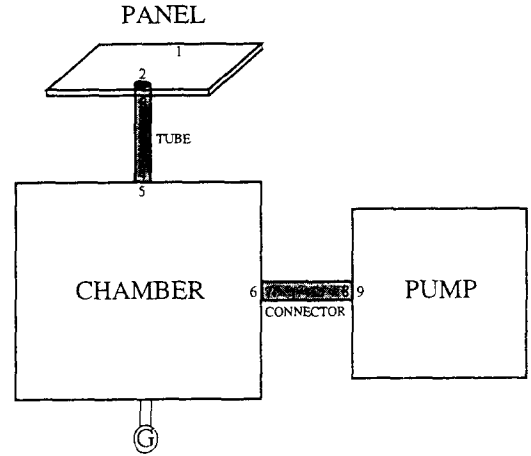


Fig. 4. Model system for measuring the pressure inside the flat panel.

컨덕턴스 및 펌핑속도의 함수로 나타내면 다음과 같다.

$$P_2 = P_{chamber} \left( 1 + \frac{C_{7-8}}{C_{3-4}} \frac{S}{S + C_{7-8}} \right) \quad (12)$$

식 (12)의 물리적 의미는 매우 중요하며, 그 의미는 진공조의 압력  $P_{chamber}$ 만 측정하면 식 (12)에서 다른 값들은 모두 알 수 있는 값들이므로 판넬입구의 압력  $P_2$ 를 계산에 의해 구할 수 있다는 것이다.

### 4. 모델실험의 결과 및 고찰

FPD용 판넬을 고진공으로 배기시키기 위해서는 판넬 입구의 압력을 진공펌프의 압력과 가능한 비슷하게 배기시키는 기술과 판넬의 각 부분에서 압력을 판넬의 입구와 비슷하게 만드는 기술이 중요하다. 이들 조건을 동시에 만족시킬 수 있는 가장 좋은 방법은 우선 펌핑속도  $S$ 가 큰 진공펌프를 사용하고, 동시에 안지름  $d$ 가 크고 길이가 짧은 배기용 세관을 사용함으로써 배기용 세관의 컨덕턴스  $C_{3,4}$ 를 크게 하고, 판넬의 두께  $b$ 를 크게 하여 판넬의 컨덕턴스  $C$ 를 증가시키면 된다. 그러나 FED의 경우는 저전압 구동과 해상도의 관점에서 볼 때 원리상 base plate와 face plate 사이의 간격을 100  $\mu\text{m}$  내외로 제작해야 하기 때문에 판넬의 컨덕턴스  $C$ 를 증가시키는 데는 한계가 있다.

#### 4.1. 판넬입구의 압력

그림 4와 같은 방법으로 진공펌프와 판넬을 연결하여

배기를 하면 식 (12)를 이용해 판넬입구의 압력  $P_2$ 를 구할 수가 있다. 한 예로 펌핑속도가 500 l/sec이고, 진공조의 압력  $P_{chamber}$ 가  $10^{-6}$  torr일 경우에 대해 판넬입구의 압력  $P_2$ 를 구해 보면 다음과 같다. 이때 사용한 커넥터의 내경은 10 cm이고, 길이가 10 cm인 원통형으로 가정한다. 또한 배기용 세관의 형상은 내경이 4 mm이고, 길이가 10 cm인 원통형이라고 가정한다. 먼저 커넥터와 배기용 세관의 전달확률은 각각의 경우 0.51423 과 0.04851이 된다. 커넥터의 컨덕턴스  $C_{7,8}$ 과 배기용 세관의 컨덕턴스  $C_{3,4}$ 는 위에서 얻은 전달확률을 2.1. 절의 식 (1)에 대입함으로써 계산할 수 있으며[8], 커넥터와 배기용 세관의 컨덕턴스는 각각 468 l/sec와 0.071 l/sec로 된다. 이들 값과 펌핑속도 및 진공조의 압력을 식 (12)에 대입하면 판넬입구에서의 압력  $P_2$ 는  $3.4 \times 10^{-3}$  torr가 된다. 위의 실험결과가 의미하는 바는 기존에 사용하는 방법으로 진공조에서 측정된 압력은 판넬의 실제압력과 큰 차이가 있다는 것을 보인다. 본 예의 경우 진공조의 압력이  $1 \times 10^{-6}$  torr가 되었을 때 판넬의 실제압력은  $3 \times 10^{-3}$  torr로 그 보다 훨씬 높게 나타난다. 이렇게 볼 때 판넬입구의 압력  $P_2$ 를 FED의 작동에 필요한  $10^{-6}$  torr로 배기하기 위해서는 진공조에서 측정된 압력  $P_{chamber}$ 는  $10^{-9}$  torr 이하로 낮게 해야함을 알 수 있다. 이와 비슷한 현상은 미세소자의 진공배기시 흔히 나타나며, 판넬입구와 진공조 사이의 압력차이는 식 (12)에서 보듯이 배기용 세관의 컨덕턴스에도 크게 영향을 받는다.

배기용 세관의 형상이 판넬입구의 압력  $P_2$ 에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 앞에서 사용한 실험조건을 그대로 사용하고 오직 배기용 세관의 형상만 변화시켜 보았다. 즉 내경이 2배인 8 mm로, 길이가 0.5배인 5 cm로 바꾸었다. 이때 배기용 세관의 전달확률은 0.16214가 되고, 배기용 세관의 컨덕턴스  $C_{3,4}$ 는 0.945 l/sec로 증가한다. 이 경우 판넬입구의 압력  $P_2$ 는 앞서의  $3.4 \times 10^{-3}$  torr보다 낮은  $2.6 \times 10^{-4}$  torr로 된다. 즉 배기용 세관의 형상은 판넬의 배기에 상당히 중요하며, 배기용 세관의 컨덕턴스를 증가시킬수록 판넬입구와 진공조의 압력차이를 줄일 수 있다. 그러나 FPD의 진공패키징은 FPD의 유효화면의 크기와 진공실링을 위한 배기용 세관의 밀봉(tipping)시 발생하는 가스의 발생량 등을 고려해야 하기 때문에 배기용 세관의 크기를 무한정 크게 할 수가 없다. 그래서 FPD용 세관으로 현재 많이 사용하는 것은 내경  $d_i$ 이 3~10 mm인 소다유리관이다. 또한 진공패키징의 생산성을 고려해 볼 때 배기시간은 1~3시간 이내

로 해야한다. 따라서 실제의 FPD용 진공패키징의 배기공정시는 정상상태에 도달하기 이전에 배기용 세관을 밀봉해야 하기 때문에 판넬입구의 실제 압력은 위에서 계산한 압력보다도 더 높을 것으로 생각된다.

#### 4.2. 판넬내부의 압력분포

4.1절에서는 판넬의 평균압력이 아닌 판넬입구의 압력  $P_2$ 를 구하였다. 본 모델실험의 경우 그림 2에서 보듯이 두께  $b$ 가 100  $\mu\text{m}$  정도인 판넬이기 때문에 판넬의 위치에 따라 압력의 불균일성이 생긴다. 즉 판넬입구의 압력  $P_2$ 가 판넬의 전체압력을 대표하지 못하며 판넬의 압력은 판넬입구에서 멀어질수록 식 (12)에서 보듯이 포물선적으로 증가하게 된다. 판넬의 두께  $b$ 에 대한 길이  $a$ 의 비가  $2 \times 10^3$ 이므로 전달확률  $\alpha$ 는  $3.89 \times 10^{-3}$ 이다 [10]. 이때 판넬의 컨덕턴스는 전달확률과 판넬의 길이 및 두께를 식 (1)에 대입하므로써 구할 수 있으며  $9.02 \times 10^{-3}$  l/sec가 된다. 만약 아웃개싱율  $q_0$ 이  $10^{-13}$  torr l/sec  $\text{cm}^2$ 인 재료를 사용하여 판넬을 제작했다고 가정하면 판넬입구의 압력  $P_2$ 와 판넬의 끝부분의 압력  $P_1$ 의 압력차  $\Delta P$ 는 식 (10)으로 구할 수 있다. 즉 식 (10)에 판넬의 길이 20 cm, 판넬의 두께 100  $\mu\text{m}$ , 판넬재료의 아웃개싱율  $10^{-13}$  torr l/sec  $\text{cm}^2$ 을 대입하면 압력차이  $\Delta P$ 는  $4.5 \times 10^{-9}$  torr가 된다. 이 압력차이  $\Delta P$ 는 기판재료의 아웃개싱에 의해 발생하는 판넬내부의 압력의 불균일성의 정도를 나타내며, 본 모델실험에서 판넬의 배기공정시 초기의 천이상태를 지나 정상상태에 도달하였을 때 이 값은 의미를 가진다.

판넬내부의 압력분포에 크게 영향을 미치는 인자로는 식 (10)에서 보듯이 판넬재료의 아웃개싱율과 판넬의 형상을 들 수 있다. 판넬재료의 아웃개싱율이 판넬의 압력 차이에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 아웃개싱율이  $10^{-15}$  torr l/sec  $\text{cm}^2$ 로 낮은 coming 1720 판유리를 판넬재료로 선택해 보았다. 이때 구해진 압력차이  $\Delta P$ 는  $4 \times 10^{-11}$  torr로써 식 (10)에서 알 수 있듯이 압력차이는 기판재료의 아웃개싱율에 따라 비례적으로 감소한다. 다음은 판넬의 두께  $b$ 가 압력차이  $\Delta P$ 에 미치는 영향을 알아보기 위하여 아웃개싱율이  $10^{-13}$  torr l/sec  $\text{cm}^2$ 인 첫 번째의 판넬재료를 사용하고, 판넬의 두께  $b$ 만 첫 번째 판넬보다 2배 크게 한 200  $\mu\text{m}$ 인 판넬을 선택한 경우 전달확률은  $7.83 \times 10^{-3}$ 이고, 판넬의 컨덕턴스  $C$ 는  $3.6 \times 10^{-2}$  l/sec가 된다. 이 경우 압력차이  $\Delta P$ 는  $1.1 \times 10^{-9}$  torr가 된다. 앞의 두 가지 예에서 보듯이 판넬내부의 압

력차이  $\Delta P$ 는 FPD용 진공패키징의 진공도인  $10^{-6}$  torr에 비해 매우 작다는 것을 알 수 있다.

### 4.3. 모델실험과 실제상황

본 연구의 모델실험은 실제로 판넬의 배기시에 나타나는 여러가지 복잡한 현상을 편의상 심하게 단순화시켰기 때문에 다음과 같은 한계점을 가진다. 첫째로 본 모델실험에서는 판넬과 진공펌프를 연결하는 구성요소인 배기용 세관, 진공조, 커넥터 및 모든 연결부는 이상적이기 때문에 판넬에서 빠져나온 가스분자의 총량은 진공펌프를 통해 배출된 가스분자의 총량과 같다고 가정하였다. 그러나 실제로는 판넬의 배기시 연결부를 통해서 수많은 가스분자가 유입되기 때문에 판넬의 압력은 모델실험에서 계산된 값보다 높을 것이다. 둘째로 그림 3과 같이 판넬의 측면전체로 배기할 경우의 이론을 그림 4에서 보듯이 배기용 세관을 판넬에 수직하게 연결한 모델실험에 적용하였다. 여기서 생기는 문제점 중 하나는 그림 3의 경우 판넬의 한쪽 측면전체를 통해서 배기가 되기 때문에 판넬내부의 압력구배가  $x$ 방향으로만 존재하지만, 모델실험의 경우는 판넬내부에서 생긴 모든 가스분자가 내경이  $d$ 인 배기용 세관을 통해서만 배기가 되기 때문에 판넬내부의 압력구배는 간단히 설명하기 어렵다. 그러나 한 가지 확실한 것은 그림 4에서도 판넬내부의 압력은 배기용 세관이 연결된 판넬의 입구에서 멀어질수록 높아진다는 것이며, 판넬입구의 압력  $P_2$ 와 끝부분의 압력  $P_1$ 의 차이  $\Delta P$ 는 그림 3에 근거하여 구한 식 (10)으로 추정할 수 있다는 것이다. 이때 주의해야 할 점은 모델실험에서는 그림 4에서 보듯이 배기용 세관을 통해서만 판넬의 가스분자들이 배기되기 때문에 컨덕턴스  $C$ 는 판넬의 측면 전체가 아닌 그보다 훨씬 작은 배기용 세관의 크기와 관련된 실제의 컨덕턴스를 식 (10)에 대입해야 한다. 셋째로 모델실험에서는 FPD용 판넬의 배기시 정상상태에 도달할 경우로 가정하여 판넬내부의 압력분포를 계산하였다. 그러나 기업체에서는 경제적인 이유로 무한정 긴 시간 동안 배기를 할 수 없다. 따라서 판넬입구의 압력과 판넬내부의 압력은 모델실험에서 구한 것보다 더욱 클 것으로 보인다. 즉 실제의 판넬에 본 연구의 결과를 그대로 적용시키는데는 아직 문제점이 많다.

## 5. 결 론

진공패키징소자의 체적이 매우 작은 FPD용 판넬의 배기시 판넬의 압력을 간접적으로 평가하는 방법에 대해서 연구하였다.

1. 진공펌프와 진공패키징용 판넬의 중간에 체적이 큰 진공조를 직렬로 연결시키고, 진공조의 압력을 측정함으로써 계산에 의해 판넬의 압력을 간접적으로 예측할 수 있었다. 여기서 얻어진 결과는 FPD용 진공패키징에 참여하는 연구자들에게 매우 중요한 자료를 제공한다.
2. 판넬입구의 압력은 판넬입구와 진공조의 압력차이를 계산함으로써 구할 수 있었으며, 압력차이는 진공조와 판넬을 연결하는 배기용 세관의 컨덕턴스에 크게 의존하였다. 모델실험의 조건에서는 판넬입구와 진공조의 압력차이는  $10^3$  내외로 매우 크게 나타났다.
3. 판넬내부의 압력구배는 판넬재료의 아웃개싱율과 판넬의 형상에 크게 의존하며 배기용 세관의 연결방법에도 의존한다.

## 참고문헌

1. H. L. Pong, SID DIGEST **14**, 658 (1993).
2. N. A. Clark, SID DIGEST **14**, 363 (1993).
3. H. J. Plach, E. Bartmann, E. Poetsch, S. Naemura and B. Rieger, SID DIGEST **13**, 13 (1992).
4. Y. Shimizu, N. Shiraishi, K. Ueda, Y. Kobori and H. Watanabe, SID DIGEST **13**, 741 (1992).
5. S. Kanagu, Y. Kanazawa, T. Shinoda, K. Yoshikawa and T. Nanto, SID DIGEST **13**, 713 (1992).
6. A. C. Spindt, C. E. Holland, A. Rosengreen and Ivor Brodie, IEEE Trans. Electron Devices **36**, 2355 (1991).
7. W. Dawson Kesling and Charles E. Hunt, J. Vac. Sci. Technol. **B11**, 518 (1993).
8. John F. O'Hanlon, *A User's Guide to Vacuum Technology*, 2nd ed. (Wiley-Interscience, New York, 1989) Chap. 3.
9. A. Roth, *Vacuum Technology*, 1st ed. (North-Holland, Amsterdam, 1987) Chap. 3.
10. Paul Schwoebel, *Lecture Notes of Vacuum Microelectronics Engineering* (UC Davis, May 1994).