

플라스틱 필름의 극저 수분투과도 측정기술

Ultralow Water Vapor Peameation Measurement for Plastic Films

*최병일, 우상봉, 김종철 남현수

*B. I. Choi(cbi@kriss.re.kr), S. B. Woo, J. C. Kim, H. S. Nham
한국표준과학연구원 온도센터

Key words : Water vapor Transmission Rate, Tritium, Plastic film, OLED.

1. 서론

정보화의 고도화 및 대중화에 따라 각종의 장치로부터 다양한 정보를 시각화하여 인간에게 전달하는 전자 디스플레이 산업의 중요성이 증대하고 있으며, 이러한 추세는 앞으로 상당기간 지속되리라 예측되고 있다.

Flexible display는 기존의 glass 기반형 디스플레이에 비해서 박형(thinner) 및 경량(lighter)으로 충격에 강하며 휴대가 간편하다는 장점 이외에 공간상, 형태상의 제약에서 상대적으로 자유로워 다양한 응용성을 확보할 수 있다. 그러므로 flexible organic light emitting devices (OLEDs)는 차세대 디스플레이로서 최근 학문적, 산업적으로 많은 주목을 받고 있다.

현재 개발되어 지는 flexible substrate는 주로 투명한 플라스틱 필름에 다양한 코팅을 통하여 플라스틱 필름이 갖는 열악한 특성, 즉 내화화성과 기체투과방지 특성을 극복하도록 개발이 진행되고 있다.

이는 디스플레이 공정에 사용되는 다양한 화합물에 대한 플라스틱 필름의 손상을 최소화하고, 디스플레이 수명을 장시간 유지하기 위해 기체투과방지 효과를 부여하는 것을 목적으로 한다.

특히 유기물 TFT와 유기발광소재가 수분에 치명적인 특성을 보이므로, 이들 핵심물질을 수분으로부터 보호하기 위한 기판 barrier film의 수분투과(water vapor permeation) 특성은 매우 중요하다.

일반적으로 플라스틱 필름의 수분투과 특성은 (10~100) g/m².day 수준으로 수분에 충분한 방어벽 역할을 못하고 있다. 이에 비해 유기물 기반 디스플레이에 사용되는 유기물의 수명을 10,000 시간 유지하는 데는 10⁻⁶g/m².day 수준의 수분투과 방지 특성이 필요하다.

하지만 기존의 수분 투과 측정기술들(Gravimetric, Capacitive, Spectroscopy, Calcium degradation 등)은 이들 결과들에 대한 충분한 측정능력을 보여주지 못하고 있다. 현재 barrier film의 특성 평가로 Monco사의 투습도 상용장비가 가장 많이 사용되고 있지만, 이의 측정한계는 고작 <5 X 10⁻³g/m².day 이다.

그러므로 낮은 수분투과 측정기술은 차세대 OLED 디스플레이 개발에 있어 한계기술의 하나로 인식되고 있다.

2. Tritium을 이용한 수분투과도 측정

최근에 극히 낮은 수분투과도 측정방법으로 삼중수소(tritium)를 이용한 결과가 보고되고 있다. 이는 대기 중에 조성비 10⁻¹³이하로, 거의 존재하지 않는 삼중수소의 희소성을 이용하는 것이다.

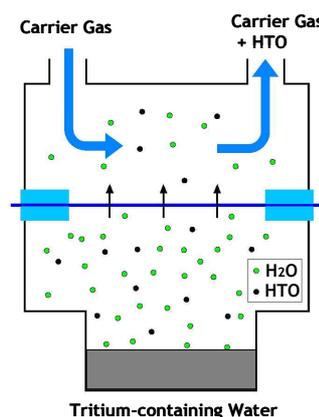


Fig. 1 Schematic of the water vapor permeation measurement with tritium-enriched water.

수분투과도 측정 방법은 Fig. 1 처럼 수분투과 특성조사의 대상인 필름으로 나뉘어 있는 공간의 아래 부분에 삼중수소 물(HTO)을 넣고, 위 부분으로 캐리어 가스를 흘리면서 필름을 투과한 HTO를 베타선 검출기로 운반하여 투과된 수분의 양을 측정하는 것이다. Fig. 2는 구성된 전체 시스템을 보여준다.

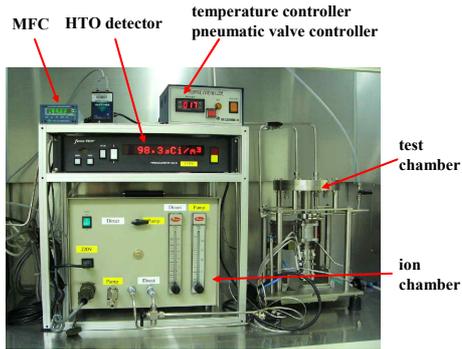


Fig. 2 Water vapor permeation measurement system

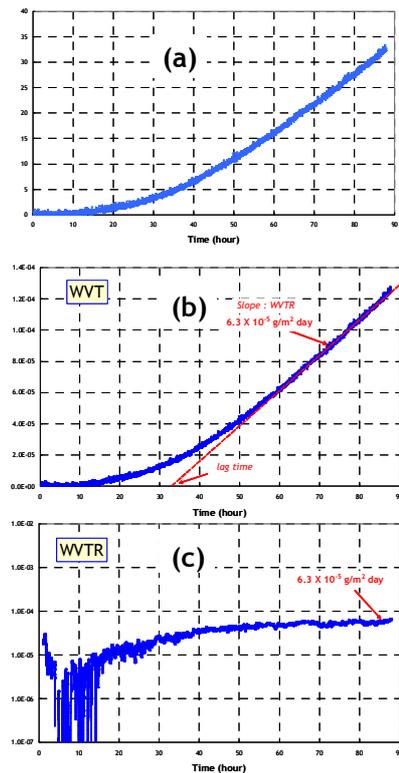


Fig. 3 Water permeation curves. (a) detected tritium signals, (b) calculated transmitted water vapor, (c) calculated water vapor transmission rate with time

본 실험에서 사용된 방사능원인 삼중수소 물 (HTO)은 10 cm³ 체적에서 비 방사능 1000 mCi/cm³ 이었다. Fig. 3는 플라스틱 베리어 필름의 수분투과도를 측정 한 예를 보여주고 있다. 그래프에서 (a)는 베타선 검출기에 검출되는 Tritium 신호의 증가를, (b)는 Tritium 신호로 증가부터 계산되어진 투과되는 물의 양을, (c)는 하루 동안 투과된 양으로 환산된 수분투과도를 보여주고 있다. Tritium 신호로부터의 투과된 물의 계산은 다음과 같다.

$$Water\ Amount[g] = C_i \sqrt{\frac{M(HTO)}{M(H_2O)}} e^{y \frac{\ln 0.5}{12.5}} \quad (1)$$

$$= 1.054 \cdot C_i \cdot e^{y \frac{\ln 0.5}{12.5}}$$

여기서 첫번째 항은 HTO와 H₂O의 분자량 차이에 따른 수분투과도의 차이를 나타내며, 두번째 항은 삼중수소 방사능 붕괴에 따른 방사능의 약화에 기인하는데, 삼중수소의 반감기는 12.5 년이고 식에서 Y=year 이다.

3. 결론

최근에 OLED 디스플레이를 위한 극저의 수분투과도를 가진 플라스틱 베리어 기관이 개발되고 있으며, 더불어 투과도 측정기술은 차세대 플렉시블 디스플레이 개발을 위한 결정적 요인 중 하나로 인식되고 있다. 본 연구는 방사성 동위원소인 tritium 이 포함된 물을 이용하여 (10⁻³~10⁻⁷) g/m².day 영역의 수분투과도 측정기술을 확립하였다. 이는 플라스틱 베리어 필름의 낮은 수분투과도 측정 뿐 아니라, OLED 디스플레이에서 투습 메카니즘의 연구 그리고 소재의 degradation 과 device lifetime을 이해하는데 큰 도움이 될 것이다. 제작된 측정 장치의 불확도는 수분투과도가 10⁻⁶[g/m².day]인 시료에 대해 대략 6.2 x 10⁻⁷[g/m².day] 이었다.

참고문헌

1. R. Dunkel, R. Bujas, A. Klein, and V. Horndt, *Proceedings of the IEEE*, **93**,1478,(2005).
2. B. I. Choi, H. S. Nham, S. B. Woo and J. C. Kim, *J. Korean Phys. Soc.* **53**, 2179, (2008).
3. ASTM D 1653-03, "Standard Test Method for Water Vapor Transmission of Organic Coating Films".