

# 산소 중성빔으로 보조증착된 MgO 보호막을 갖는 AC PDP의 특성에 관한 연구

이조휘 · 권상직\*

경원대학교 전자공학과, 성남 461-701

(2008년 2월 1일 받음)

MgO는 플라즈마 디스플레이 패널 (Plasma Display Panel, PDP)의 보호막으로 널리 쓰이고 있다. 기존의 산소 이온빔 보조 증착(Ion-Beam-Assisted Deposition, IBAD) 방법을 이용하여 MgO 보호막을 형성시킨 경우 이온빔의 충전에 의해 야기되는 아크(Arc) 문제 등이 있었다. 이 문제점을 해결하기 위하여, 산소 중성빔 보조증착(Neutral-Beam-Assisted Deposition, NBAD) 방법을 이용하여 MgO를 증착하였다. 그리고 산소 중성빔의 에너지를 변화시키기에 따라 MgO 보호막의 특성과 PDP 패널 방전 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 이에 따른 실험 결과로부터 산소 중성빔 에너지가 300eV일 때, 최소 방전 개시 전압, 최고 발광 휘도 및 최고 발광 효율을 얻을 수 있었다.

주제어: 플라즈마 디스플레이 패널, 마그네슘 산화막, 중성빔 보조증착

## I. 서 론

벽걸이 TV로 알려진 플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel, PDP)은 대형화 평판표시 소자로 기체를 방전시켜 형성된 빛을 이용하여 문자나 그래픽을 표시하는 장치이다. PDP는 간단한 구조, 고 해상도, 빠른 응답 속도, 대형화와 광 시야각 등 장점을 가지고 있다. MgO 보호막은 낮은 스퍼터링율(Sputtering Yield), 높은 이차 전자 방출 계수(Secondary Electron Emission Coefficient,  $\gamma$ ) 특성이 있어서 AC PDP에서 유전체의 보호막으로 널리 사용하고 있다. 그러나 고효율, 고화질, 저가격 AC PDP개발을 하기 위하여 MgO에 의한 많은 연구발표가 있어 왔다[1-3].

AC PDP 제조 공정에서 MgO의 형성 방법은 주로 전자 빔(Electron Beam, E-beam) 증착 방법을 사용하고 있다. 그러나 고성능 AC PDP를 얻기 위하여 MgO의 형성을 위해 여러 가지 다른 방법을 시도하고 있다[4-7]. 본 연구실에서는 산소 이온빔 보조증착 (Ion-Beam-Assisted Deposition, IBAD) 방법을 이용해서 MgO 보호막을 형성하였고, MgO 보호막의 특성과 PDP 패널의 방전 특성 등을 분석하였다[8-10]. 결과는 산소 이온빔 보조증착 방법이 MgO의 특성과 PDP 패널의 방전 특성을 개선하는 반면, 이온빔에 의해서 아크(Arc)가 발생하는 문제점을 초래하였

다. Fig. 1은 산소 이온 빔 보조증착 방법으로 MgO를 형성할 때 진공 챔버(Vacuum Chamber) 안에 발생한 아크 사진이다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 이온화된 산소를 중성화시켜 얻어지는 산소 중성빔을 이용하는 보조증착 (Neutral-Beam-Assisted Deposition, NBAD) 방법을 제안하였다. 또한, 산소 중성빔 에너지가 MgO의 특성과 PDP 패널의 방전 특성에 미치는 현상을 분석하였다.

## II. 실험방법

실험에서 사용된 기판은 PD-200 유리 기판이었으며 주 발광 영역이 35(W)×35(H)mm<sup>2</sup>인 2인치 테스트 패널을 제작하였다. 전면 패널은 유리 기판에 증착되어 있는 ITO를 사진 식각 공정을 이용하여 투명 전극을 형성하였고, 그 위에 스크린 프린터(Screen Printer)를 사용하여 버스 전극(Bus Electrode)과 투명 유전체(Transparent Dielectric)를 형성하였다. 이어서 전자빔(E-beam) 증착방법을 이용해 MgO 박막을 증착하였으며 증착되는 동안 Fig. 2에서와 같이 부가적으로 설치된 RF 이온 소스(RF Ion Source)로부터 발생하는 산소 이온빔을 중성화시켜 얻어지는 중성빔을

\* [교신저자] sjkwon@kyungwon.ac.kr

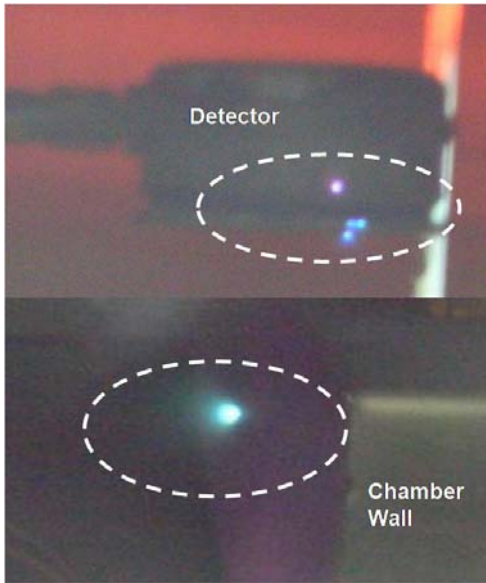


Fig. 1. Arc discharge during MgO deposition by IBAD.

보조적으로 조사시켰다. 배면 패널은 유리 기판에 스크린 프린팅 방법을 이용하여 어드레스 전극(Address Electrode)과 백색 유전체(White Dielectric), 격벽(Barrier Rib), 형광체(Phosphor) 부분을 형성시켰다. 이렇게 형성된 전면과 배면 기판을 진공 챔버(Vacuum Chamber) 안에 세팅하고  $1 \times 10^{-6}$  Torr까지 배기시켰다. 그 다음 Ne + Xe (4%) 혼합가스를 400 Torr까지 주입하였다. 발광 특성을 측정하기 전에 Annealing은 300℃ 1시간 하였고 방전은 유지하면서 Aging을 충분히 수행하였다.

NBAD 시스템 구조 개념도를 Fig. 2에 나타내었다. 타겟은 99.99%의 순도를 가지는 직경 10 mm, 두께 5 mm의 MgO 펠릿(Pellet)을 사용하였다. 증착 전에 초기 진공도는  $1.0 \times 10^{-6}$  Torr였고 전자빔을 이용하여 MgO를 증착하는 동안 산소 가스를 RF 이온 소스 속으로 유입시켜 산소 중성빔을 발생시킨다. 산소 가스 주입량이 10 sccm이고 산소 이온들을 발생시키기 위한 플라즈마 전력은 200 Watt로 하였다. 증착시 산소 가스 유입에 의한 챔버 진공도는  $1.6 \times 10^{-4}$  Torr이었다. 이온 소스에서 나오는 산소 중성빔의 에너지를 100eV부터 700eV까지 변화 시켰다. 또한 비교를 위해서 산소 이온 빔을 이용하지 않고 E-beam만을 사용하여 증착한 시편(No NBAD)도 준비하였다. 증착시의 기판온도는 300℃로 하였으며 증착율은 5 Å/s, 그리고 증착된 MgO 막의 두께는 5,000 Å가 되도록 하였다.

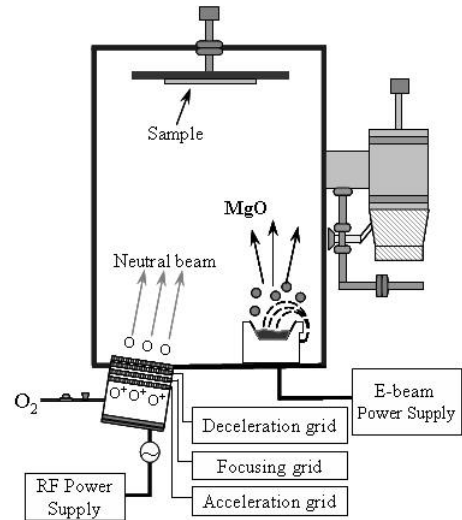


Fig. 2. Schematic of NBAD system.

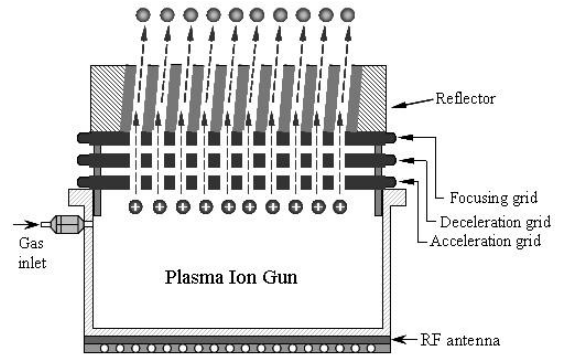


Fig. 3. Schematic of low-angle reflector neutral beam source.

중성빔은 반도체 공정에서 널리 사용하고 있다[11-15]. Fig. 3은 중성빔 발생 기구를 나타낸 그림이며, 본 실험에서 사용되는 중성빔은 이온 소스와 로우 앵글 리플렉터(Low-Angle Reflector)로부터 발생하였다. 먼저 산소 가스를 RF 이온 소스 속으로 유입시켜 산소 플라즈마를 발생시킨다. 이온 소스의 가속 그리드(Acceleration Grid)에 전압을 가하고, 다른 그리드는 그라운드(Ground)와 연결시키면 산소 플라즈마 중에서 양이온만 가속되므로 RF 이온소스 밖으로 나온다. 따라서 가속된 산소 이온들은 리플렉터(Reflector)를 거칠 때 Auger 포획 과정(Auger Capture Process)과 공진 중화 과정(Resonance Neutralization Process)을 통해서 산소 중성빔으로 된다[12].

이때, 가속되는 이온빔의 에너지를 달리하여 추출된 중성빔을 적용하여 테스트용 2인치급 PDP 패널을 제작하였

으며 제작된 PDP 패널에 대해 오실로스코프(Oscilloscope, TDS-540C)를 이용하여 방전 개시 전압(Firing Voltage,  $V_f$ )과 방전 유지 전압(Sustain Voltage,  $V_s$ )을 측정하였으며, 전류 프로브(Current Probe, TCPA300)를 이용하여 방전 전류를 측정하였다. 또한 휘도계(CS-100A)를 이용하여 각 시편의 휘도를 측정하였다. 증착된 MgO 박막의 표면 형상의 분석을 위하여 전자 현미경(Scanning Electron Microscopy, SEM)과 원자 힘 현미경(Atomic Force Microscopy, AFM)을 사용하였다.

### III. 실험결과

먼저, 산소 중성빔 보조증착 방법으로 MgO를 형성하는 동안에는 아크가 발생하는 경우가 없었다. 따라서 산소 중성빔 보조증착이 산소 이온빔 보조증착보다 안정된 공정조건을 제공하는 것으로 확인되었다.

산소 중성빔 보조증착 방법으로 증착된 MgO 박막의 전자현미경(SEM) 사진을 Fig. 4에 나타내었다. No NBAD의 경우는 MgO 그레인(Grain)이 균일하지 않음을 볼 수 있다. 산소 중성빔 에너지가 100에서 500eV 범위에서는 에너지가 높을수록 증착된 MgO 박막의 그레인은 작아지는 것을 볼 수 있다. 따라서 산소 중성빔 보조증착시 중성빔 에너지가 MgO 표면 그레인에 크게 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 산소 중성빔 에너지에 의해서 MgO 그레인들이 집합되는 것을 볼 수 있다.

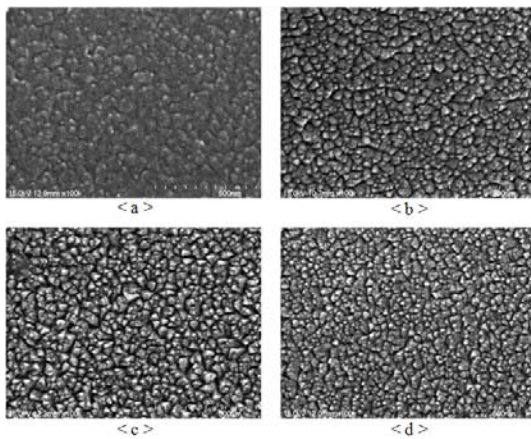


Fig. 4. SEM images of MgO thin films deposited by NBAD. (a) No NBAD, (b) 100eV, (c) 300eV, and (d) 500eV.

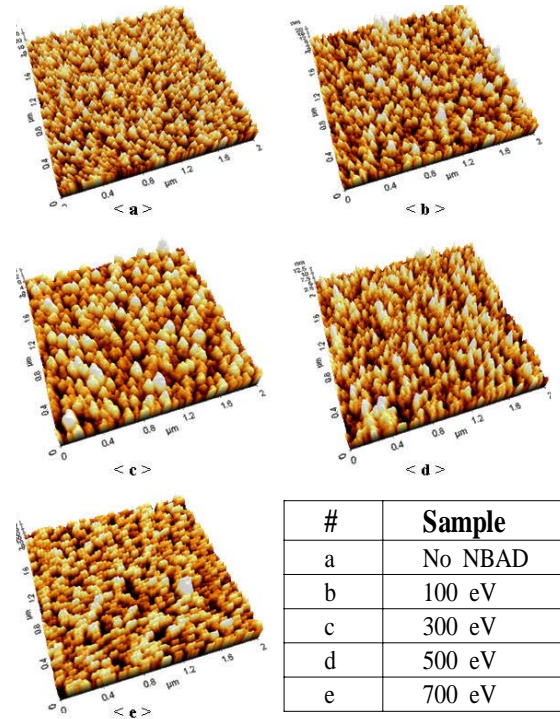


Fig. 5. AFM images of MgO thin films deposited by NBAD.

산소 중성빔 보조증착 방법으로 증착된 MgO 박막의 원자 힘 현미경(AFM) 사진을 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 MgO 표면 그레인 성장 형태는 산소 중성빔 에너지에 따라서 달리 나왔다. No NBAD 경우는 그레인은 불균일하고 작게 나타났다. 산소 중성빔 에너지가 증가함에 따라서는 MgO 표면의 조도(Roughness)는 높게 나타났다. 따라서 산소 중성빔의 에너지가 증가하면 산소 중성빔의 충돌(Bombardment) 현상이 더 크게 작용하는 것으로 예측된다.

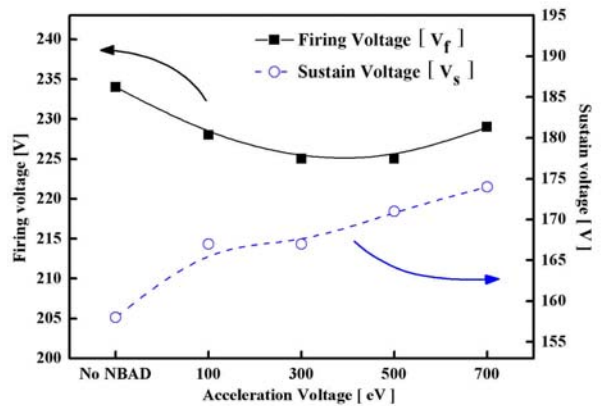


Fig. 6. Firing and sustaining voltages versus different oxygen neutral beam energies.

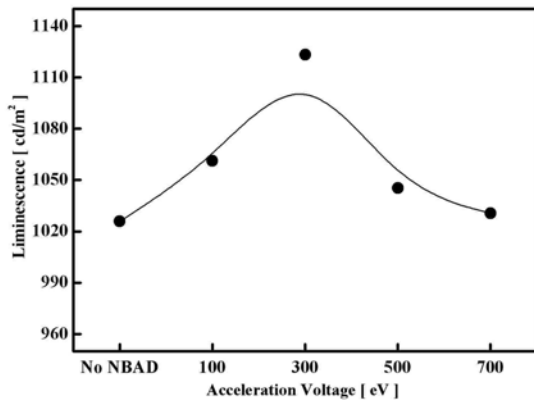


Fig. 7. Luminous efficiency of each sample deposited by NBAD.

산소 중성빔 보조증착 방법으로 형성된 MgO 보호막을 갖는 PDP 패널의 방전 특성을 분석하기 위하여 방전 개시 전압(Firing Voltage,  $V_f$ )과 방전 유지 전압(Sustain Voltage,  $V_s$ )을 측정하였다. 측정된 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 산소 중성빔 보조증착 방법을 적용한 경우 PDP 패널의  $V_f$  값은 No NBAD 경우보다 낮게 나왔지만, 산소 중성빔 에너지가 300eV일 때 최소 방전 개시 전압  $V_f$ 를 얻었다. 또한 산소 중성빔 에너지가 500eV를 넘으면  $V_f$ 가 점점 증가하는 반면, 산소 중성빔 에너지 증가에 따라서 방전 유지 전압  $V_s$ 도 점차 증가함을 볼 수 있다.

Fig. 7은 산소 중성빔의 에너지에 따른 PDP 패널의 휘도를 측정된 결과이다. Fig. 7로부터, 중성빔 에너지가 300eV까지 증가하였을 때 휘도 값은 증가하다가 300eV보다 더 높은 에너지에서는 휘도 값은 감소하는 것을 볼 수 있다. 즉, 중성빔 에너지가 300eV일 때 휘도 값이 가장 높은 것을 알 수 있다.

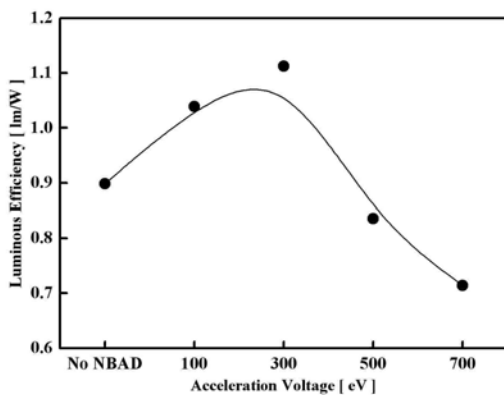


Fig. 8. Luminescence versus different oxygen neutral beam energies.

이와 같이 측정된 휘도 값을 이용하여 발광 효율을 다음과 같이 구하였다.

$$\eta = \frac{\pi \times B \times S}{\int_0^T v(t) \times i(t) dt \times F} \quad (1)$$

여기서  $\pi$ 는 3.14, B는 휘도 값, S는 패널의 방전 면적, F는 구동 펄스의 주파수다. Fig. 8은 위 식을 이용해서 얻어진 방전 효율 그래프이다. 마찬가지로, 중성빔 에너지가 300eV까지 증가함에 따라 발광 효율도 증가하다가 300eV보다 더 높은 에너지에서는 휘도 값은 급격히 감소하였다. 따라서 중성빔 에너지가 300eV일 때 최고 발광 효율을 얻을 수 있다.

위 결과로부터 산소 중성빔 보조 증착시의 중성빔 에너지가 MgO 보호막의 표면 특성에 크게 영향을 주고 PDP 패널의 방전 특성이 MgO 표면 보호막의 표면 상태에 따라서 크게 영향을 받는 것으로 볼 수 있다.

#### IV. 결 론

본 실험에서는 산소 중성빔 보조증착 방법을 이용하여 형성된 MgO의 특성 및 이 MgO 보호막을 가지는 PDP 패널의 발광 특성에 관한 연구를 하였다. 실험 결과는 산소 중성빔의 에너지가 MgO 보호막의 표면 특성과 PDP의 발광 특성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구 실험의 조건하에서는 산소 중성빔 에너지가 300eV일 때 최소 방전 개시 전압, 최고 발광 휘도 값 및 최고 발광 효율을 얻을 수 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-521-D00332).

참고문헌

- [1] T. S. Tae, H. J. Seo, and S. H. Jang, *J. Korean Phys. Soc.* **42**, S844 (2003).
- [2] M. Noh, Y. Yi, and K. Jeong, *J. Korean Phys. Soc.* **42**, 631 (2003).
- [3] H. Sun, *J. Korean Phys. Soc.* **40**, L777 (2002).
- [4] Y. Ushio, T. Banno, N. Matuda, Y. Saito, B. Baba, and A. Kinbara, *Thin Solid Films* **167**, 299 (1988).
- [5] I. Koiwa, T. Kanehara, and J. Mita, *J. Electrochem. Soc.* **142**, 1396 (1995).
- [6] C. Y. Son, J. H. Cho, and J. W. Park, *J. Vac. Sci. Technol. A* **17**, 2619 (1999).
- [7] K. H. Park and Y. S. Kim, *IDW'06 Dig.*, 351 (2006).
- [8] S. J. Kwon and Z. H. Li, *Jpn. J. Appl. Phys.* **46**, 217 (2007).
- [9] Z. H. Li, E. S. Cho, and S. J. Kwon, *J. Korean Phys. Soc.* **49**, 2332 (2006).
- [10] Z. H. Li, K. H. Kim, M. H. Ahn, S. J. Hong, S. K. Im, and S. J. Kwon, *J. Korean Vac. Sci.* **16**, 338 (2007).
- [11] D. H. Lee, J. W. Bae, S. D. Park, and G. Y. Yeom, *Thin Solid Films* **398-399**, 647 (2001).
- [12] M. S. Hur, S. J. Kim, H. S. Lee, J. K. Lee, and G. Y. Yeom, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **30**, 110 (2002).
- [13] S. J. Kim, H. J. Lee, G. Y. Yeom, and J. K. Lee, *Jpn. J. Appl. Phys.* **43**, 7261 (2004).
- [14] K. S. Min, B. J. Park, G. Y. Yeom, S. J. Kim, and J. K. Lee, *J. Korean Vac. Sci.* **4**, 387 (2006).
- [15] D. H. Lee, M. J. Jung, J. W. Bae, S. J. Kim, J. K. Lee, and G. Y. Yeom, *J. Vac. Sci. Technol.* **7**, 23 (2003).

## **A Study on the MgO Protective Layer Deposited by Oxygen-Neutral-Beam-Assisted Deposition in AC PDP**

Zhao Hui Li, Sang Jik Kwon\*

*Department of Electronics Engineering, Kyungwon University, Seongnam 461-701*

(Received February 1 2008)

The magnesium oxide (MgO) protective layer plays an important role in plasma display panels (PDPs). Our previous work demonstrated that the properties of MgO thin film could be improved, which were deposited by Ion-Beam-Assisted Deposition (IBAD). However arc discharge always occurs during the IBAD process. To avoid this problem, Oxygen-Neutral-Beam-Assisted Deposition (NBAD) is used to deposit MgO thin films in this paper. The energy of the oxygen neutral beam was used as the parameter to control the deposition. The experimental results showed that the oxygen neutral beam energy was effective in determining in structural and discharge characteristics. The lowest firing inception voltage, the highest brightness and the highest luminous efficiency were obtained when the MgO thin film was deposited with an oxygen neutral beam energy of 300eV. The surface morphology of MgO thin film was also analyzed using AFM (Atomic Force Microscopy) and SEM (Scanning Electron Microscopy).

Keywords : Plasma Display Panel (PDP), Magnesium Oxide (MgO), Neutral-Beam-Assisted Deposition (NBAD)

\* [corresponding author] sjkwon@kyungwon.ac.kr