

AC PDP의 방전 특성에 미치는 MgO 활성화 영향에 관한 연구

論 文
48C-3-8

The Effects of MgO Activation Process on the Discharge Characteristics of AC PDP

金榮奇*, 金俊浩*, 孫濟奉*, 朴炳彥**, 朴明周**, 曹井守***, 朴正后***

Young-Kee Kim, Jun-Ho Kim, Je-Bong Sohn, Byeong-Eon Park, Myung-Joo Park, Jung-Soo Cho, Chung-Hoo Park

Abstract - This paper deals with the effects of activation process of MgO thin film on the dielectric characteristics of surface discharge type AC PDP. The discharge voltage decreased with increase in the MgO activation time and temperature until 400°C under the condition of clean high vacuum. However, for the sample activated above 430°C the discharge voltage increased. These results may be explained by the MgO morphology change and surface cleaning in the process of activation.

Key Words : PDP, MgO Protecting Layer, Activation process, Contamination

1. 서 론

AC PDP는 유전체 보호층인 MgO 표면에서 형성되는 표면방전에서 방사된 자외선이 형광체를 여기하여 얻어지는 가시광을 이용하는 디스플레이이다. MgO박막은 Penning 방전가스와 직접 접촉하고 있으며 AC PDP의 방전특성 및 수명에 직접 영향을 미치게 된다. 그러나 MgO의 최적 제작조건 및 MgO의 최적활성화 공정 등은 현재까지 잘 알려져 있지 않은 실정이다. 그러므로 현재 AC PDP에서 최대 현안 문제로 떠오르고 있는 휘도 및 발광효율의 향상, 높은 Contrast의 실현, 전력손실의 저감 및 제조 비용의 삭감 등과 관련하여 연구되어야 할 많은 과제 중에서 MgO박막의 특성 및 활성화 최적조건에 관한 연구는 다른 연구에 선행되어야 할 가장 중요한 과제중의 하나이다[1-3].

현재까지 알려진 MgO 박막을 형성하는 방법으로는 스퍼터링 및 E-beam 증착법, 이온 플레이팅(Ion plating) 방법과 후막인쇄법(Screen printing)등이 있다. 후막인쇄법은 대형화 및 생산 비용면에서 이점을 가지고 있지만 아직까지는 방전개시전압이 높고 투명도가 문제시되므로 실용화하는데는 어려운 점이 산재해 있고[3,4] 스퍼터링증착법은 방전특성 및 수명은 다소 우수하지만 제조 과정 및 장치설치 비용면에서 난점이 있기 때문에 현재 E-beam 증착법이 주로 실용화되고 있다[4-6].

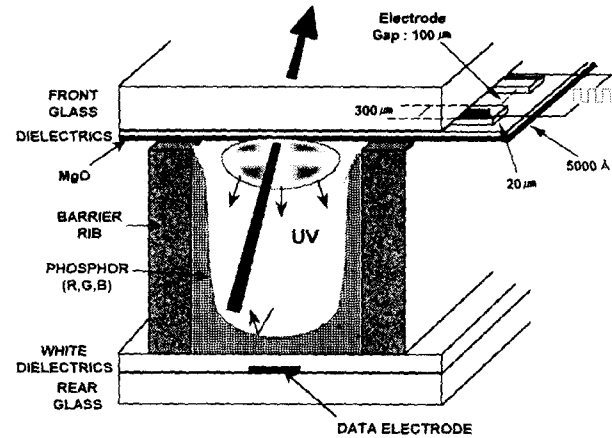


그림 1 AC PDP 단위 Cell구조의 개략도
Fig. 1 The schematic diagram of AC PDP unit cell

본 연구에서는 유지전극상에 형성된 유전체에 E-beam으로 증착한 MgO를 대상으로 하여 MgO의 활성화조건과 AC PDP의 방전특성과의 상관관계를 고찰하였다.

2. 실험 방법

그림 1은 AC PDP 단위 방전셀의 개략도를 나타내고 있다. 본 실험에서는 표면방전을 형성시킬 수 있는 전면 판넬(Front panel)을 제작하여 실험을 행하였으며 시료는 먼저 70mm×90mm×3mm의 창유리 위에 Ag 페이스트(Noritake co., NP-4731C)를 사용하여 스크린 프린팅(Screen printing, ATMA co., type AT-600H/E)에 의해 전극을 형성하였다. 방전전극의 치수는 전극 폭 300μm, 전극간격 100μm로 기판위에 10조를 형성하였다. 프린팅

* 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 博士課程
** 正 會 員 : LG電子 生産技術센터
*** 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 教授 · 工博
接受日字 : 1998년 12월 1일
最終完了 : 1999년 2월 8일

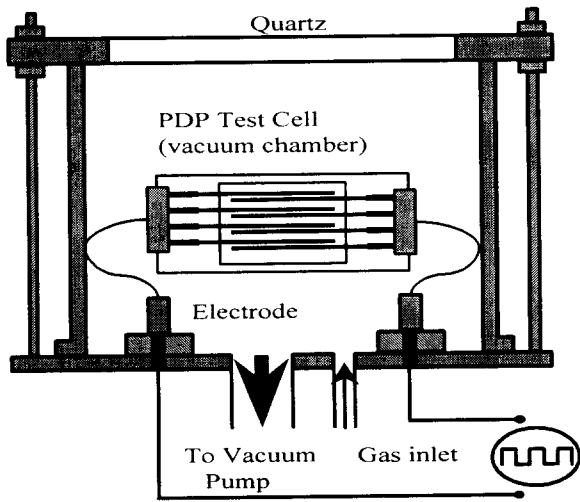


그림 2 방전 시험용 진공조의 개략도
 Fig. 2 The schematic diagram of vacuum discharge test chamber

으로 형성된 전극은 건조로에서 온도는 120°C, 시간은 10분정도 건조한 후, computer 제어용 소성로에서 소성하였다. 전극소성 후 전극상에 유전체층을 형성하였으며 유전체층의 재료는 SiO₂계로서 하층용과 상층용 유전체 페이스트(Noritke co. NP-7972C, NP-7973C)를 사용하여 각각 1회 프린팅한 후 건조 및 소성과정을 거쳤다. 소성 후 유전층의 두께는 약 20μm였다.

소성된 유전층 위에 E-beam 증착법을 사용하여 10⁻⁶Torr하에서 기판온도 200°C로 하여 MgO 보호층을 형성하였으며 MgO 박막의 두께는 약 5000Å으로 일정하게 증착한 후 주어진 활성화 공정 조건에 따라 활성화하였다. 활성화 공정시 진공조의 압력은 760Torr~10⁻⁶Torr 범위로 하였으며 로타리-디퓨전 진공펌프 시스템과 크라이오 펌프(Cryo pump) 진공 시스템의 진공 분위기 영향도 검토 대상으로 하였다. 활성화 온도는 250°C~430°C 범위로 하였고 활성화시간은 0~150분 범위로 하였다.

그림 2는 주어진 조건하에서 활성화된 MgO박막의 방전특성 측정용 진공조이다. 진공조는 직경 12cm, 높이 17cm의 원통구조로 되어 있으며, 진공조의 상부면은 석영창으로 하여 전극의 방전상태 및 발광특성을 외부에서 용이하게 관찰할 수 있도록 제작하였다. 압력변환기(Setra co. Model 280)와 디지털 디스플레이(GLA co. MD-1000)를 조합하여 진공도를 간편하게 확인할 수 있도록 하였다. 방전실험에서는 초기 배기한 후 He+Xe(1%) Penning 동작가스를 주입하여 300Torr에서 방전특성 실험을 실시하였다.

방전실험에서는 교류 구형파 펄스전압(펄스주파수 30kHz)을 단계적으로 증가하여 처음으로 쉘이 켜지는 전압인 방전개시전압(V_f)을 측정하고, 전체 방전셀을 발광하도록 전압을 상승시킨 후 단계적으로 전압을 감소하여 방전 쉘이 최초로 꺼지기 시작하는 전압인 방전유지전압(V_s)을 측정하였다. 이들 측정결과에서 메모리 마진(Memory margin)을 구하였고 각 활성화 공정 조건에 따른 방전특성을 비교 검토하였다[7-9].

여기서, 메모리 마진 α_M은

$$\alpha_M = \frac{V_f - V_s}{\frac{V_f}{2}} \quad (1)$$

으로 구해지며 α_M 값이 클수록 메모리 마진이 크며, AC PDP 구동회로 구성 시 여유도를 갖게 된다. 특히, MgO 형성 후 기중에 노출했을 경우 MgO 표면 불순물 흡착에 의한 방전특성 변화도 고찰 대상으로 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림 3은 E-beam 증착으로 형성한 MgO에 대하여 cryo pump 진공배기 시스템으로 10⁻⁶Torr의 진공을 유지하면서 활성화 온도 및 활성화 지속시간을 변수로 하여 활성화 공정을 거친 시료의 방전개시전압 특성을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 활성화 온도 250°C까지는 활성화 영향이 거의 나타나지 않았으나 300, 400°C 등으로 활성화 온도가 증가함에 따라 활성화 영향은 현저하였다. 방전개시전압의 최저값은 400°C에서 약 2시간동안 활성화 공정을 거친 시료에서 얻어졌으며 활성화 전의 176V에서 164V로 약 12V정도 방전개시전압이 저하하였다. 그러나 주어진 온도에서 2시간이상 처리한 시료에서는 방전개시전압은 거의 포화하는 경향을 나타내었다. 특히, 430°C에서 30분동안 활성화 공정을 거친 시료의 방전개시전압은 저하하였으나 그 이상 시간동안 활성화 공정을 거친 시료의 방전개시전압은 활성화 처리 전 시료의 방전개시전압보다 상승하였다. 그 이유를 고찰하기 위하여 시료의 표면의 SEM 사진을 검토한 결과 그림 4에서 알 수 있는 바와 같이 430°C에서 1시간동안 활성화 공정을 거친 시료는 표면에 많은 크랙(Crack)이 형성되어 방전개시전압이 높은 유전체가 노출되고 있음을 확인할 수 있었다. 그러므로 430°C에서 오랫동안 활성화 공정을 거친 시료의 방전개시전압 상승원인은 활성화 공정중에 유전체 표면과 MgO 박막간의 열팽창 계수의 차이 및 MgO 입자의 열운동 등에 의한 MgO 표면 크랙 발생이 그 원인임을 알 수 있었다.

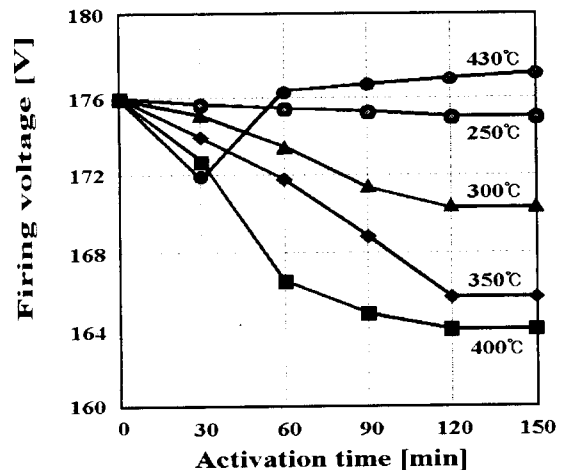


그림 3 활성화 시간과 온도에 따른 방전개시전압
 Fig. 3 Firing voltage as parameters of activation time and temperature



그림 4 430°C 활성화한 경우 MgO 표면의 크랙 사진
Fig. 4 SEM photo of MgO surface cracks after 430°C activation for 1hr

그림 5는 그림 3과 동일한 실험 조건하에서 활성화 공정을 거친 시료에 대한 방전유지전압 특성을 나타내고 있다. 방전유지전압 특성은 400°C에 이르기까지 활성화 온도 및 시간이 증가할수록 감소하다가 430°C에서 30분 이상 활성화 공정을 거친 시료의 방전유지전압이 상승하였으며, 그림 3의 방전개시전압 특성과 동일한 경향을 나타내었다. 그러나 그림 3의 방전개시전압 특성과 비교하여 방전유지전압 특성에 대한 활성화 효과는 현저히 감소하였다. 즉, 400°C에서 2시간 활성화 공정을 거친 시료의 방전개시전압은 활성화 전에 비해 약 12V 저하하였으나, 방전유지전압의 경우는 활성화 전의 약 131V에서 127V로 저하하여 4V정도만 저하하는 효과를 나타내었다. 이상에서와 같이 활성화 공정을 거치면서 가능한 방전개시전압이나 방전유지전압을 저하시키고자하는 이유는 현재 AC PDP 40"급의 가격이 1500만원이상이므로 그 제작비용의 60% 이상이 구동회로에 소요되고 있으므로, 가능한 구동전압을 저하시켜 구동회로 IC 단가를 저하시킴으로써 제작비용을 저감시킬 필요가 있기 때문이다.

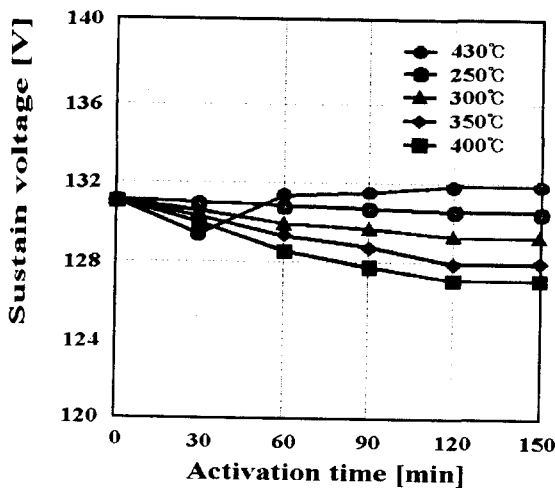


그림 5 활성화 시간과 온도에 따른 방전유지전압
Fig. 5 Sustain voltage as parameters of activation time and temperature

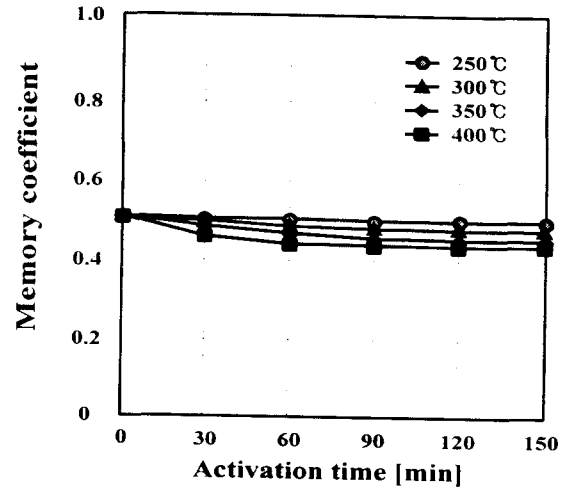


그림 6 활성화 시간과 온도에 따른 메모리 마진
Fig. 6 Memory margin as parameters of activation time and temperature

한편, 그림 6은 활성화 온도 및 시간에 따른 메모리 마진 특성을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 고온에서 활성화 공정을 거칠수록 방전개시전압의 저하가 크고, 방전유지전압의 저하는 적게되므로 메모리 마진은 감소하게 됨을 알 수 있다.

그림 7 및 8은 진공조 내부에 시료를 두고 활성화 온도 (350°C 및 400°C)와 활성화 시간을 120분으로 일정하게 하고 cryo pump 진공배기 시스템을 제어하여 진공조의 압력을 변수로 하여 활성화한 시료의 방전개시전압 및 방전유지전압 특성을 나타내고 있다. 고온일수록 방전개시 및 유지전압은 낮으며, 활성화 공정시의 진공조 압력이 저하할수록 방전개시전압은 저하하고 있음을 알 수 있다. 특히 0.1mTorr~760Torr 영역에서 방전전압의 변화는 거의 없었다. 이 경우 주의할 점은 일반실험실에서 사용하고 있는 로타리-디퓨전

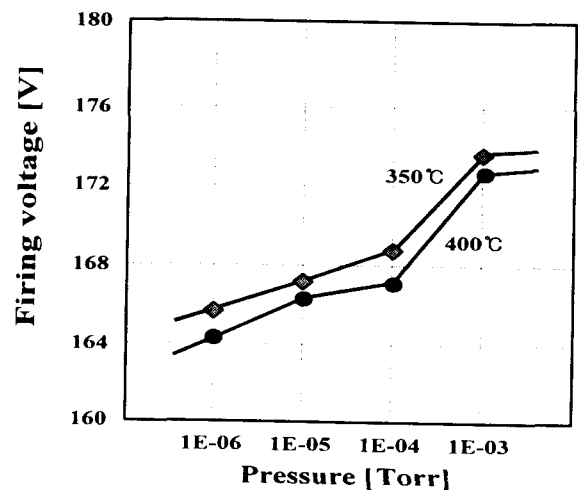


그림 7 활성화 압력에 따른 방전개시전압
Fig. 7 Firing voltage as a parameter of activation pressure

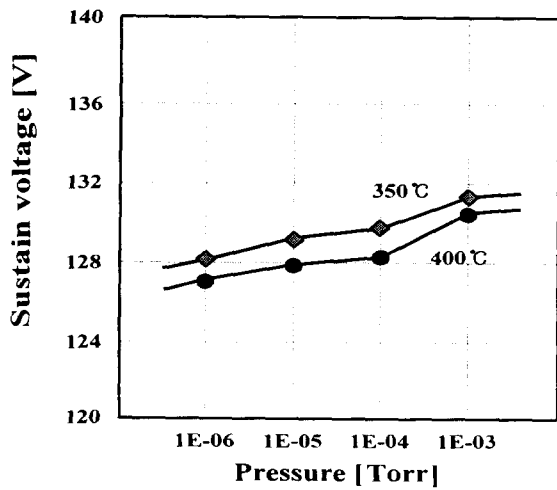


그림 8 활성화 압력에 따른 방전유지전압
Fig. 8 Sustain voltage as a parameter of activation pressure

펌프로 진공 배기된 진공조 내에서 같은 온도와 시간동안 활성화 공정을 거친 시료의 활성화 효과는 거의 없었다는 점이다. 이 원인으로는 확산펌프 내의 미세 증기상의 유적(Oil drop)이 MgO 표면 활성화에 큰 영향을 미치기 때문으로 생각된다.

그림 9는 활성화 시의 압력에 따른 메모리 마진의 변화를 나타내고 있다. 그림 7과 8에서 알 수 있듯이 방전개시전압의 경향과 방전유지전압의 경향은 비슷하게 되므로 활성화 시의 압력 및 온도에 따른 메모리 마진의 변화는 극히 적게 됨을 알 수 있다.

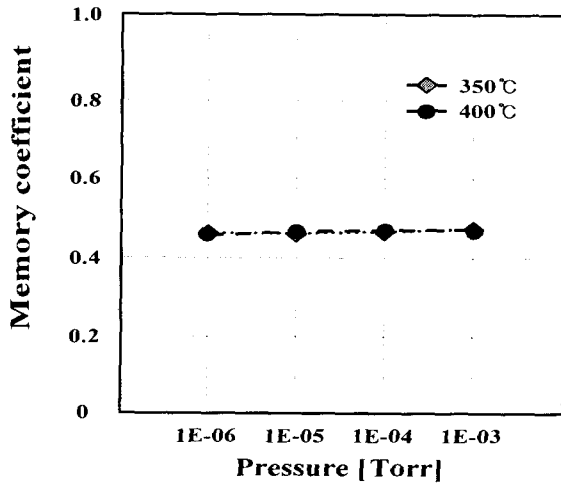


그림 9 활성화온도(350°C 및 400°C) 및 시간(120분)이 일정한 경우 활성화 압력에 따른 메모리 마진
Fig. 9 Memory margin as a parameter of activation pressure under constant activation temperature(350°C or 400°C) and time(120min)

이상에서의 그림 3과 5 및 그림 7과 8에서 나타난 실험결과에서 크랙이 발생하지 않는 고온 및 고진공 하에서 활성화 공정을 거칠수록 MgO 표면 방전전압은 더욱 저하된다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 고온 및 고진공에서 활성화 공정을 거칠수록 방전전압이 저하하는 다음과 같은 두 가지 원인에 기인한다고 생각할 수 있다. 첫째, 고온 및 고진공에서 처리할수록 MgO 표면에 흡착된 OH기 및 CO₂, O₂ 등의 기체 등이 탈착되어 방전전압이 저하한다고 생각할 수 있다 [10-12]. 둘째, E-beam 증착에 의한 MgO의 표면 구조는 극히 불안정하고 Mg와 O로 분리된 활성입자가 MgO 표면에 다수 존재하므로 고온 및 고진공 하에서 처리하면 다른 불순물 gas와 화학 결합없이 구조의 변화가 나타나고 결정화가 진행되어 MgO 표면은 더욱 치밀해지고 안정되어 방전전압이 저하하게 된다고 생각할 수 있다. 위의 첫째 이유의 타당성에 대해서는 지금까지 보고된 연구가 다소 있다[11,12]. 본 연구에서 제안한 두 번째 이유의 타당성을 검토하기 위하여 활성화 전후의 MgO 표면의 AFM 사진 분석과 XRD 분석을 행하여 고찰하였다.

그림 10은 진공조의 압력을 cryo pump 배기 시스템으로 10⁻⁶Torr로 일정하게 유지하고 주어진 온도에서 2시간동안 활성화 공정을 거친 시료의 AFM(Atomic force microscope) 시료 표면 사진을 나타내고 있다. 그림 11은 그림 10의 각 조건 하에서 얻어진 시료의 XRD 결과를 나타내고 있다. 그림 10(a)의 활성화 공정을 거치지 않은 시료는 극히 미세한 침상 수직구조가 조밀하게 성장하고 있는 것을 알 수 있다.

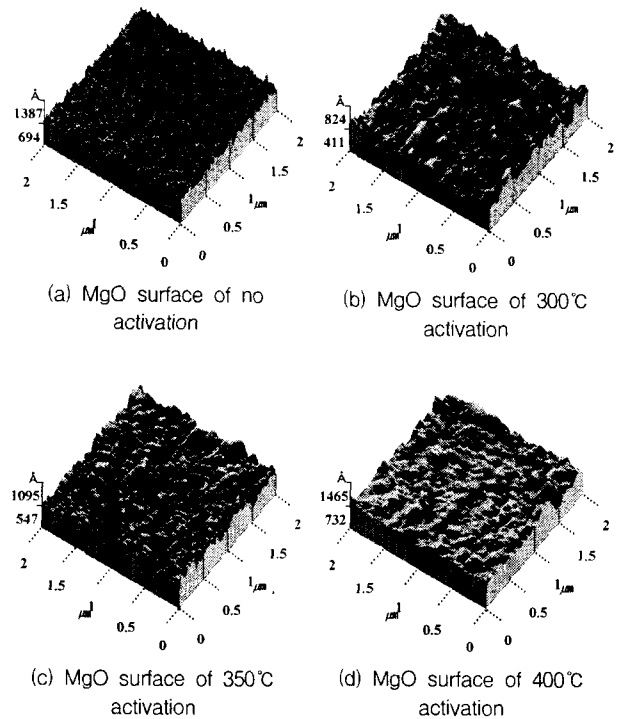
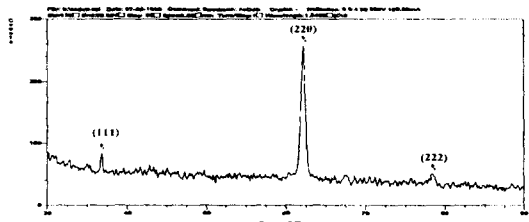
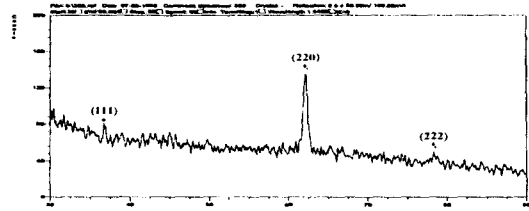


그림 10 활성화 온도에 따른 MgO 표면의 AFM 사진
Fig. 10 AFM photos of MgO surface as a parameter of activation temperature

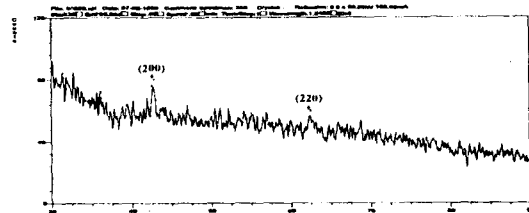
이 시료를 300~350°C 정도에서 활성화 공정을 거치면 그림 10(b) 및 (c)에서 알 수 있듯이 (a)의 미세 침상의 결정을 중심으로 하여 결정이 성장하게 된다. 이 경우 그림 11의 XRD 결과에서 알 수 있듯이 그림 11(a)의 (220)면의 결정이 점차 감소하고 (200)면의 결정이 점차 우세한 방향으로 결정화가 진행됨을 알 수 있다. 더욱이 그림 10(d)에서 알 수 있는 바와 같이 400°C에서 활성화 처리한 시료의 표면은 MgO 결정 그래인(Grain)이 상호 결합하여 하나의 결정결합으로 성장해 가는 과정에 있음을 알 수 있다. 이 경우 그림 11(d)에서 알 수 있는 바와 같이 초기 (220)결정면에서 (200)결정면으로 완전히 변하고 있음을 알 수 있다. 이상에서 논한 바와 같이 고온 및 고진공 하에서 활성화 공정을 거칠수록 방



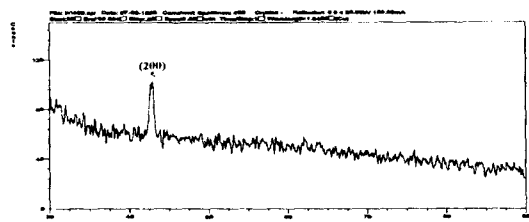
(a) Without activation



(b) Activation at 300°C



(c) Activation at 350°C



(d) Activation at 400°C

그림 11 활성화 조건에 따른 MgO 박막의 XRD 결과
 Fig. 11 XRD pattern of MgO thin film as a parameter of activation condition

전압이 저하하는 주된 원인의 하나는 본 연구에서 제안한 바와 같이 활성화 공정에 의한 MgO 구조 자체의 변화에 기인하고 있음을 알 수 있다.

한편 그림 10에 나타난 바와 같이 활성화 공정을 거치게 되면 초기의 MgO 표면의 (220)면의 침상 결정이 사라지고 침상결정이 서로 융합하여 큰 결정을 형성함으로써 초기보다 smooth한 결정으로 형성하게 되므로 불순물 가스의 흡착 및 표면 화학작용이 현저히 감소하여 불순물 가스 흡착에 대한 방전특성의 변화가 적을 것으로 생각된다. 그림 12에서는 이러한 특성을 확인하기 위하여 cryo pump 진공 배기 시스템을 제어하여 10⁻⁶Torr에서 400°C, 2시간동안 활성화 공정을 거친 시료를 제작하였다. 그후 시료를 기중에 접촉시키지 않은 채로 진공조내에 동작가스 He+Xe(1%)를 주입하여 가스 압을 변수로 하여 방전개시전압과 방전유지전압을 측정할 경우와 시료를 기중에 노출시켜 공기중에 48시간 방치한 후 같은 조건하에서 방전전압을 측정할 경우의 결과를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 기중에서 48시간동안 가스 및 습기등에 오손된 시료의 경우에도 오손되지 않은 시료와 거의 같은 방전전압 특성을 나타내었다. 그 결과 일단 활성화 공정을 거친 AC PDP 패널은 기중에 어느정도 방치되더라도 크게 오손되지 않아 제작공정 면에서 유리하게 됨을 알 수 있다.

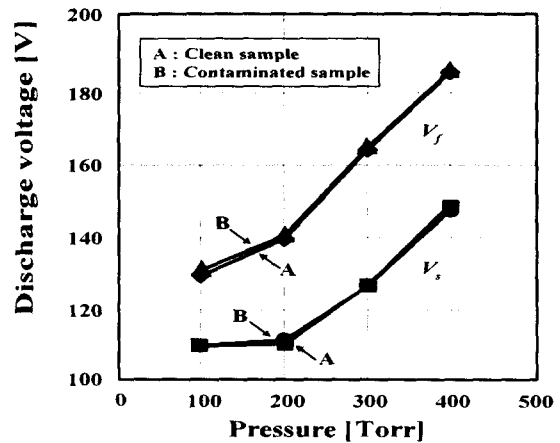


그림 12 활성화한 MgO시료의 기중오염에 따른 방전특성

Fig. 12 Discharge characteristics of activated MgO thin film as a parameter of contamination in the air

4. 결 론

본 연구에서는 AC PDP의 유전체 보호막인 MgO 박막의 활성화 공정 변수인 온도, 시간, 압력에 따른 방전 특성 및 MgO 박막 특성변화를 고찰하였다. 방전개시전압 및 방전유지전압은 활성화 온도 및 시간이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며 2시간 이상 활성화하면 방전전압은 거의 포화하는 경향을 나타내었다. 더욱이, 430°C에서 30분 이상 활성화한 MgO 표면에는 크랙이 발생하여 활성화 전보다 오히려 방전전압은 상승하였다. 대략 400°C에서 2시간 활성화한 시료의 방전특성이 가장 우수하였으며 방전개시전압은 12V

정도 감소하였고, 방전유지전압은 4V정도 감소하였다.

특히 로타리 및 디퓨전 펌프를 사용해 배기한 진공조 내에서 활성화한 모든 시료의 방전특성은 개선되지 않았다. 그 원인은 확산 펌프내의 미세 증기상의 유적이 MgO 표면 활성화에 악영향을 미치기 때문으로 생각된다. 그러므로 크라이오 펌프(Cryo pump)와 같이 clean 진공을 유지할 수 있는 진공조중에서 활성화해야할 필요가 있음을 알 수 있었다. 활성화 공정 시 진공조의 압력을 고진공으로 할수록 활성화 효과가 컸으며 압력이 10^{-3} Torr 이상으로 되면 활성화 효과는 거의 나타나지 않았다. 활성화 공정에 따른 MgO 표면의 AFM 및 XRD 분석 결과 활성화 공정을 거친 시료는 MgO 표면의 (220)면의 침상 결정이 서로 융합하여 (200)면의 굵기가 적은 큰 결정집합체가 형성되었다. 그러므로 활성화 효과의 주된 원인의 하나는 활성화 공정중에 나타나는 MgO 구조자체의 변화에 기인하고 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Joseph A, Castellano, "Handbook of Display Technology", Academic Press, Inc., 1992
 [2] M.O.Aboelfotoh, O.Sahni, "Aging Characteristics of AC Plasma Display Panels", Proceedings of the SID, Vol.22/4, pp.219-227, 1981
 [3] T.Urade et al, "A Protecting Layer for the Dielectric in AC Plasma Panels", IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.23/3, pp.313-318, 1976
 [4] 内池 平樹, "ディスプレイ", 丸善株式会社, 1993
 [5] M.O.Aboelfotoh, K.C.Pack, W.A.Pliskin, "Infrared and high-energy electron diffraction analysis of electron-beam-evaporated MgO films", Journal of Applied Physics, vol.48, No.7, 1977
 [6] H.Uchiike et al, "Secondary Electron Emission Characteristics of Dielectric Materials in AC-Operated Plasma Display Panels", IEEE Trans. vol. ED-23, No.11, 1976
 [7] S.Sato et al, "Surface-Discharge-Type Plasma Display Panel", IEEE Trans. vol.23, 'No.3, 1976
 [8] B.W.Byrum, "Surface Aging Mechanism of AC Plasma Display Panels", IEEE Trans. vol. ED-22, No.9, 1975
 [9] M.O.Aboelfotoh, J.A.Lorenzen, "Influence of secondary-electron emission from MgO surfaces on voltage-breakdown curves in Penning mixtures for insulated-electrode discharges", Journal of Applied Physics, vol.48, No.11, 1977
 [10] K.Machida, H.Uchiike, H.Sasaki, "Surface Analysis Comparison of Vacuum Evaporated and Thick-Film Printed MgO Films in ac Plasma Displays", SID 92 DIGEST, pp531-534.
 [11] H.Uchiike, S.Harada, "Annealing Process of

Evaporated MgO Films in ac Plasma Displays", SID 91 DIGEST, pp.444-447, 1991
 [12] S.Sakamoto et al, "Technology and Materials of Color Plasma Panel" CMC. Co, 1996

저 자 소 개



김 영 기 (金榮奇)
 1972년 6월 6일생. 1997년 부경대 전기공학과 졸업. 1999년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정



김 준 호 (金俊浩)
 1957년 10월 25일생. 1980년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 부산대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 1982년~1988년 삼성중공업 연구원. 1988년~현재 국립 부산 기계 공업 고등학교 교사. 현재 동 대학원 박사과정

손 제 봉 (孫濟奉)

전기학회논문지 제48C권 제1호 참조



박 병 언 (朴炳彦)
 1964년 9월 16일생. 진주 경상대 화학과 졸업. 현재 LG생산기술원 CL Group 주임 연구원. 관심분야 : 평판 display device 분야



박 명 주 (朴明周)
 1972년 8월 17일생. 1995년 부산대 기계설계학과 졸업. 1997년 동 대학원 기계설계공학과 졸업(석사). 현재 LG생산기술원 CL Group 연구원. 관심분야 : 진공기술

조 정 수 (曹井守)

전기학회논문지 제48C권 제1호 참조

박 정 후 (朴正后)

대한학회논문지 제48C권 제1호 참조