

## Effect of MgO Deposition Condition on the Discharge Characteristic of AC-PDP

정주영\* · 조성용\*\* · 이돈규\*\*\* · 이해준§ · 이호준§§ · 박정후†

(Joo-Young Jeong · Sung-Yong Cho · Don-Kyu Lee · Hae-June Lee · Ho-Jun Lee · Chung-Hoo Park)

**Abstract** - The discharge electrodes in ac PDP are coated with dielectric layer, and transparent MgO thin films are deposited on the dielectric layer. The main role of the MgO thin films in ac PDP is to protect the dielectric layer from sputtering by ion bombardment in the glow-discharge plasma. An additional important role of the MgO thin film is the high secondary electron emission coefficient which leads the low firing voltage and low cost of the PDP. In this paper, we investigated the relations of the crystal orientation about deposition thickness, deposition rate, temperature of substrate, and distance between the MgO tablet and the substrate. Additionally, we investigated the discharge characteristics of the AC PDP using nano-powder MgO tablet

**Key Words** : PDP, MgO Protective Layer, MgO, Discharge Time Lag, Luminous Efficacy

### 1. 서론

현재 대화면 벽걸이 TV로서 각광받고 있는 PDP(Plasma display panel)는 기체방전에 의해 생성된 플라즈마를 이용하여 영상을 표시하는 장치로서, 현재 40 ~ 60인치급 제품들이 한국과 일본의 기업을 중심으로 생산되고 있으며, 차세대 고화질, 경량의 대화면 표시소자로 주목 받고 있다. PDP는 차세대 대화면 평판 디스플레이로서 주목받고 있지만, 현재까지 기존의 CRT TV 및 LCD 비해 효율이 떨어진다는 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 PDP cell 내부의 방전 현상을 정확히 이해해야 할뿐만 아니라, PDP cell의 구조, panel 내의 동작 gas 조절, 혹은 구동 파형이나 구동 메커니즘 이 개선해야 할 필요가 있다.

특히, AC-PDP에서 유전체 위에 증착된 MgO layer는 방전 전극을 대신하는 역할을 하며, 가스 방전을 일으키는 방전개시 전압과 관계 깊은 MgO 보호막은 작은 양의 성분 변화나 증착 방법에 따라 PDP의 성능 및 수명에 큰 영향을 미치게 된다.[1~4] 증착된 MgO layer 증착 조건에 따라 MgO 결정 방향성, 증착 높이, 증착물의 변화가 나타난다. 본 논문에서는 MgO의 증착 두께, 증착 속도, 증착 온도, MgO tablet과 기판사이의 거리에 따른 E-beam evaporation

증착 방법에 따라 제작된 test panel의 방전 전압, 휘도, 효율, 방전 지연 등 전기광학적 특성을 조사하였고, AC-PDP에서의 최적 MgO 증착 조건을 제시 하였다.

### 2. 실험 방법

현재 널리 이용되고 있는 AC-PDP의 개략도를 그림 1-1에서 나타내고 있다. AC-PDP는 3mm 두께의 상판과 하판의 2장의 유리로 구성되어 있고, 이 중 상판에는 한쌍의 방전유지 전극이 있고, 각 전극은 상판 투과도 향상과 방전 안정성을 위해 ITO(Indium Tin Oxide)와 Ag 전극으로 구성되어 있다. 이 위에 Printing 기법에 의해 형성된 유전체가 유지전극을 덮고 있으며, 유전체 보호층인 MgO 박막이 유지층을 위에 증착되어 있다. 그리고 하판에는 방전을 제

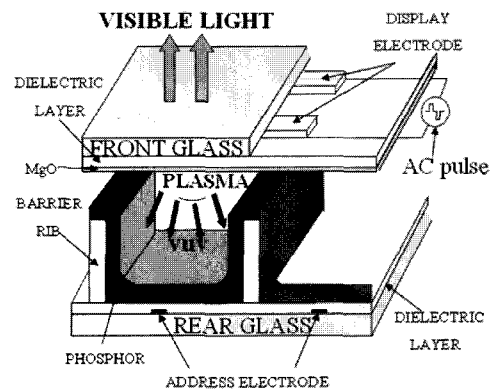


그림 1-1 AC-PDP 개략도

Fig. 1-1 Schematic diagram of AC PDP

† 교신저자, 펠로우회원 : 부산대 공대 전기공학과 교수 · 공박

E-mail : parkch@pusan.ac.kr

\* 정 회 원 : 한국전기연구원 고전압평가실 책임기술원

\*\* 정 회 원 : 부산대 공대 전기공학과 박사과정

\*\*\* 정 회 원 : 동의대 전임강사 · 공박

§ 정 회 원 : 부산대 공대 전기공학과 교수 · 이박

§§ 정 회 원 : 부산대 공대 전기공학과 교수 · 공박

접수일자 : 2009년 5월 1일

최종완료 : 2009년 6월 29일

표 1 MgO 박막 증착 조건

Table 1 MgO layer deposition condition

조건	전류	증착 시간	증착 온도	증착 거리
증착 두께	6 mA	5 min	200 °C	13 cm
		25 min		
증착 온도	6 mA	25 min	150 °C	13 cm
			200 °C	
			250 °C	
증착 거리	6 mA	25 min	200 °C	11cm
				13cm
				14cm
증착률	6 mA	35 min	200 °C	13cm
	8 mA	30 min		
	10 mA	25 min		

어하기 위한 Ag 성분의 Address 전극과 흰색 유전층, 격벽, R.G.B 삼원색의 형광체로 구성되어 있으며, 인접 cell 과의 구분을 위하여 sand blaster 기법에 의한 격벽이 형성되어 있다. 이렇게 제작된 상-하판을 합착한 후 Ne+Xe 이원가스를 400 Torr 주입한다. 동일한 MgO pellet을 E-beam evaporator 장비를 이용하여 상판 유전체 위에 증착하였다. 증착 온도, 증착 거리에 따른 유전체 위에 증착된 MgO 방향성 표면 변화를 XRD(X-Ray Diffraction), SEM(Scanning Electron Microscopy) 과 AFM (Atomic Force Microscope) 측정을 통해 분석하였고, 이를 바탕으로 결정성이 다른 3가지 조건에 대한 test panel을 제작하였다.

표 1에서는 증착 조건에 따른 증착 방법을 나타내고 있다. E-beam evaporator 방법은 진공 챔버안에서 MgO pellet을 사용하여 높은 광투과율과 빠른 증착 속도를 가지며 박막을 생성할 수 있어 현재 AC-PDP의 MgO layer 제작에 가장 많이 이용되는 방법이다. 실험에서 변수로 사용한 파라미터는 MgO 증착 높이, 증착 온도, 증착 거리, 증착 속도로서 이런 변수에 따른 MgO 박막의 기초 특성을 분석하고 이를 바탕으로 AC-PDP에 적용 되었을 때 최적의 증착 조건을 찾고자 하였다. 그림 1-2는 본 실험에서 MgO 증착에 사용된 E-beam evaporator의 장치를 나타내고 있다. 증착거리는 MgO pellet 과 target과의 거리를 조절하였으며 이 거리는 실험에 사용된 증착 장비의 최대 조절 거리로 하였다. 증착 속도는 E-beam evaporator의 power의 전압을 7.5kV로 고정시킨 후 공급 전류를 6mA에서 10mA까지 2mA 간격으로 증가시키면서 증착속도를 조절하였다.

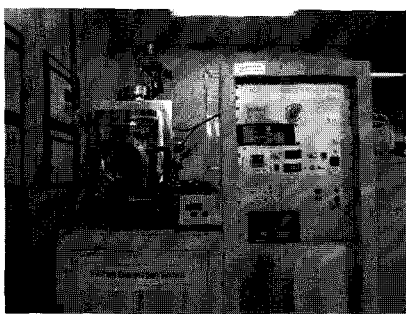


그림 1-2 E-beam 증착 장비

Fig. 1-2 E-beam evaporator chamber

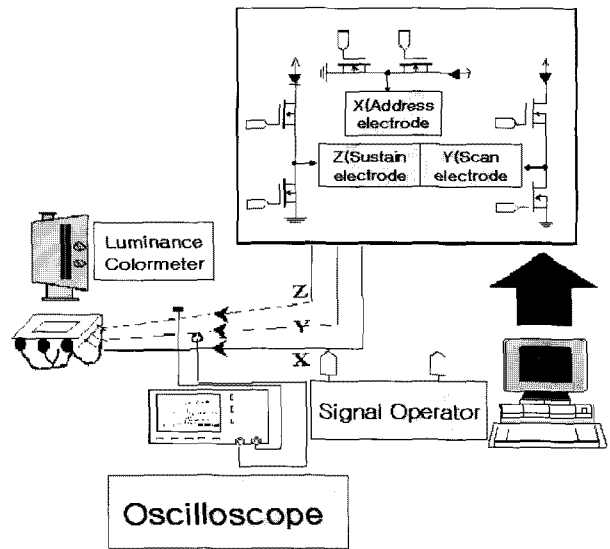


그림 1-3 패널 특성 측정 system

Fig. 1-3 Panel properties measurement system

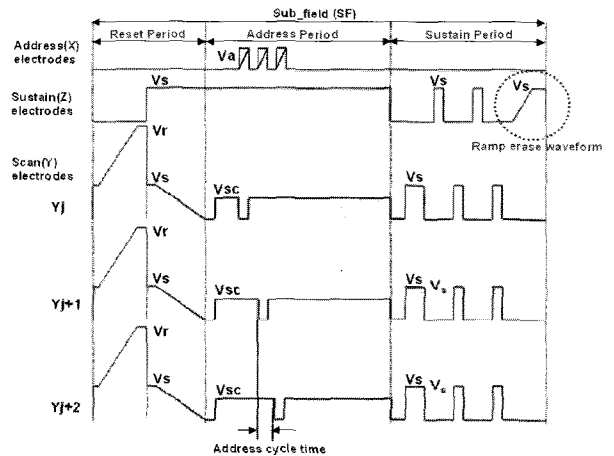


그림 1-4 address 방전 지연 측정을 위한 ADS 파형

Fig. 1-4 ADS wave form

그림 1-3은 제작된 test panel의 전기광학적 특성을 측정하기 위한 장치 개략도이다. 실험장치는 크게 signal 발생 부분과 구동회로 부분, 그리고 측정 부위로 휘도 측정을 위한 BM-7 휘도 측정기와 방전 전류, 전압 및 방전 지연을 측정하기 위한 오실로스코프로 구성되어 있다. 측정된 전류, 전압, 휘도를 이용하여 효율을 계산하였다.[5] 그림 1-4는 address 방전 기간 동안의 방전 지연을 측정하기 위한 ADS(Address Display Separated) 파형의 개략도이다. Rest 기간 동안 모든 cell을 OFF 상태로 만든 후 addressing시 write 방전을 선택적으로 발생시켜 ON 상태로 변환시키는 구동 방식으로 write 과정에서 방전 지연은 address time의 증가를 가져 오고 이는 PDP에서의 문제점으로 지적되고 있다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 증착 조건에 따른 MgO 표면 특성

그림 2-1은 MgO layer의 증착 조건에 따른 시료 표면의 SEM 이미지를 보여주고, 그림 3은 샘플에 대한 XRD 패턴의 변화를 보여 주고 있다. SEM image는 각 grain의 상태를 알 수 있으며 XRD 패턴의  $\theta$ - $2\theta$  방식으로 측정하였다. 각 증착 조건 별로 증착 두께, 증착 온도, 증착 거리, 증착률로 나눌 수 있다. E-beam 증착 조건에 따른 MgO 박막 특성을 분석하고 이를 바탕으로 MgO layer의 결정성에 따른 패턴 특성을 분석한다. MgO(cubic type)의 결정 방향은 (111), (200), (220) 등을 주요 peak으로 가지고 있으며, 각 결정 방향성에 따라 (111) peak 증가 시 방전 개시 및 유지 전압이 감소하며, (200) peak 증가 시 방전 지연 시간이 감소 및 오방전 확률이 줄어 든다.[6, 7]

#### 3.2 증착 두께에 따른 MgO 표면 특성

그림 2-1(a), 그림 3(a)는 증착 두께에 따른 MgO 표면 특성을 나타내며 MgO layer 두께가 3000Å에서 6000Å으로 증가하면, (111) 결정방향의 intensity는 56% 증가하였고 (200) 결정 방향과 (220) 결정방향의 intensity는 각각 216%와 143% 증가하였다. 증착 두께의 변화는 결정성의 변화 보다는 두께 증가에 따른 XRD 측정 시에 나타나는 intensity 증가로 보인다. 따라서 모든 결정 방향의 intensity가 증가할 뿐 MgO 표면의 결정 방향을 변화 시키는데 효과적 얻을 수 없었다.

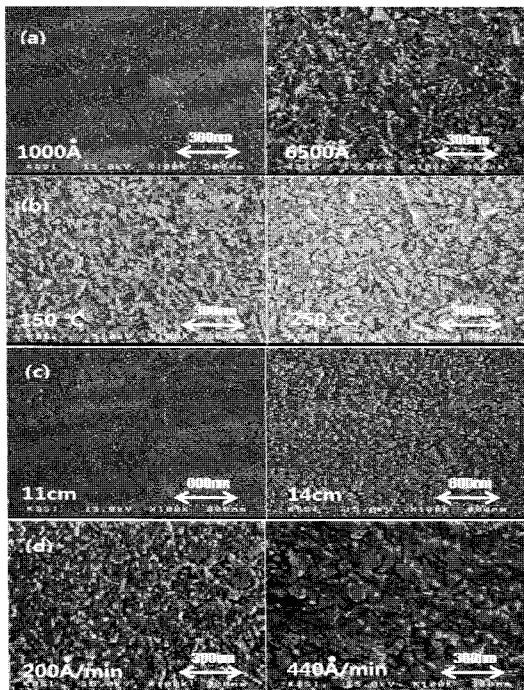


그림 2-1 증착 조건에 따른 표면 SEM image (a) 증착 두께, (b) 증착 온도, (c) 증착거리, (d) 증착률에 따른 SEM image

Fig. 2-1 SEM image with variation of deposition condition (a) thickness (b) temperature (c) distance (d) ratio

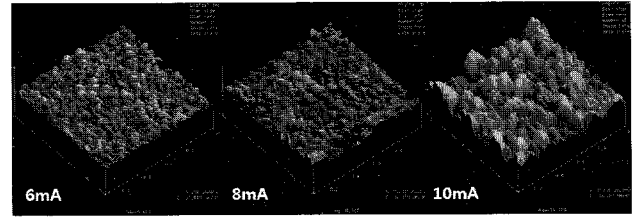


그림 2-1 증착률에 따른 AFM image

Fig. 2-1 AFM image with variation of deposition ratio

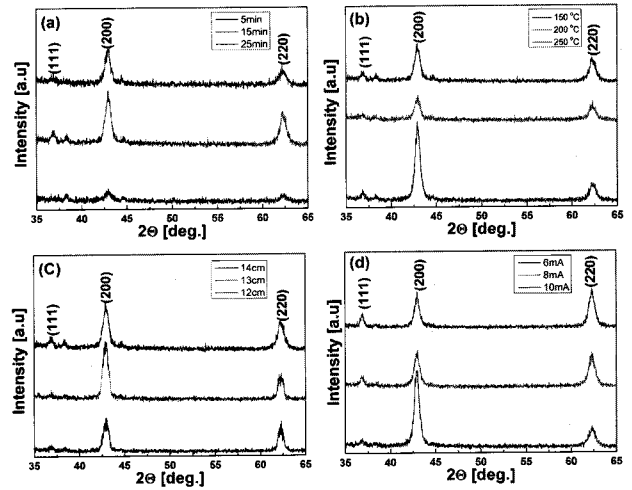


그림 3 증착 조건에 따른 표면 XRD data (a) 증착 두께, (b) 증착 온도, (c) 증착거리, (d) 증착률에 따른 XRD image

Fig. 3 XRD data with variation of deposition condition (a) thickness (b) temperature (c) distance (d) ratio

#### 3.3 증착 온도에 따른 MgO 표면 특성

그림 2-1(b), 그림 3(b)는 증착 온도에 따른 MgO 표면 특성을 나타내며 MgO layer 증착 시 glass 기판온도를 각각 150°C, 200°C와 250°C로 변화 시키며 증착하였으며 다른 모든 조건은 일정하게 유지하였다. 증착 온도 변화에 따른 SEM image 특성은 모든 시료들이 거의 동일한 형태를 가지고 있지만, XRD 패턴은 온도가 증가할수록 (200) peak intensity는 증가하였고, (111) peak과 (220) peak intensity는 감소하였다. 따라서 기판온도가 변화할 경우 초기 결정 성장 방향을 결정하는 영향을 주며, 이는 기판 온도에 따라 MgO pellet에서 방출된 MgO의 기판에 증착될 때의 이동속도와 energy 상태의 차이에 의한 결과이다

#### 3.4 증착 거리에 따른 MgO 표면 특성

그림 2-1(c), 그림 3(c)는 증착 거리에 따른 MgO 표면 특성을 나타내며 기판과 MgO pellet과의 거리를 11cm에서 15cm까지 변화 시키면서 증착 하였다. 증착 거리는 MgO의 증착 밀도를 조절할 수 있는 중요한 요인으로, 거리가 길어질수록 표면에 sputtering 에너지의 감소에 의한 MgO 결정화가 잘 일어나며, 이는 SEM image를 통해서 grain size 증가를 확인할 수 있다. XRD 패턴은 기판과 pellet과의 거리가 증가할수록 (111) 결정방향과 (220) 결정 방향의

intensity 는 변화 하지 않고, (200) 결정방향의 intensity 는 63% 증가하였다.

### 3.4 증착물에 따른 MgO 표면 특성

그림 2-1(d), 그림 3-(d)는 증착물에 따른 MgO 표면 특성을 나타내며 E-beam 인가 전류를 6mA, 8mA 와 10mA 로 변화 시키면서 인가하여 240[A/min], 300[A/min] 과 400[A/min] 의 증착률로 MgO layer를 각각 증착하였다. 이때 증착 두께를 동일 시 하기 위해 증착 시간은 인가 전류에 반비례 하여 적용하였다. 증착 속도를 증가시키면 MgO particle 의 이동속도(energy) 및 방출량이 증가하게 되고 이 결과로 MgO 결정성에 영향을 미치게 된다. 그림 2-2의 AFM image 측정 결과 증착률이 증가할수록 표면의 결정성이 약해져 입자 크기가 커지고 조밀도의 감소가 나타남을 알 수 있다. XRD 패턴은 증착률이 증가할수록 (111) 결정방향과 (220) 결정 방향의 intensity 는 20% 감소하고, (200) 결정방향의 intensity 는 141% 증가하였다. 즉, 증착률의 증가는 (200) 결정방향을 향상시키는 중요한 요인이 되는 것을 알 수 있었다.

### 3.4 MgO layer의 결정 방향성에 따른 패널 특성

증착 조건에 따른 MgO 표면 특성 실험 결과를 바탕으로 (200) 결정방향 intensity에 따른 AC-PDP 패널의 방전특성을 파악하기 위해 3가지 증착 조건에 대한 MgO layer를 test panel 로 제작하여 방전 전압, 휘도, 효율 과 address jitter 특성을 측정 하였다. 표 2는 (200) 결정방향 intensity 변화에 따른 증착 조건을 나타내고 있다. 그림 4-1은 증착 조건에 따른 각각 시료의 XRD 패턴을 나타내고 있다. sample C 의 경우 (200) 결정방향이 가장 높게 나타나고 있으며 다음으로 sample B, sample A 순이 된다. 하지만 다른 결정 방향성은 차이는 나타나지 않으므로 (200) 결정방향성에 따른 패널 특성 분석에 적합함을 알 수 있다.그림 4-2는 각 sample 의 방전 전압 특성을 나타내었다. 방전 전압 특성은 sample C 의 경우 방전 개시 및 유지 전압이 sample A 에 비해 각각 22Volt, 23Volt 씩 저하 하였다. 이는 MgO 박막 성장조건에 따른 MgO 결정성의 변화로 인하여 방전 개시 및 유지 전압에 변화가 생김을 알 수 있고, (200) 결정성 방향을 가지는 MgO 박막의 경우 2차 전자 방출 계수의 상승이 있음을 알 수 있다. 파센공식에 의한 2차 전자방출 계수 계산에 의하면 sample A 의 gamma 값을 0.1로 하였을 경우 sample C 의 gamma 값은 0.121로 MgO 에 대해서 증착 조건의 변화로 이차전자 방출계수를 20% 이상 향상 시켰다.[6, 8]

표 2 Sample 에 따른 MgO 증착 조건

Table 2 MgO layer deposition condition with variation of sample

조 건	증착률	증착 온도	증착 거리
Sample A	440 Å/min	150 °C	11 cm
Sample B	350 Å/min	200 °C	13 cm
Sample C	200 Å/min	250 °C	14 cm

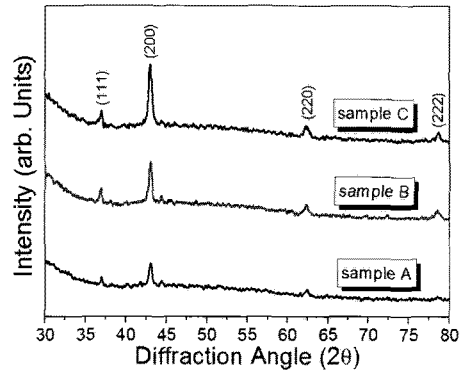


그림 4-1 증착조건에 따른 XRD 측정결과  
Fig. 4-1 XRD data with variation of deposition condition

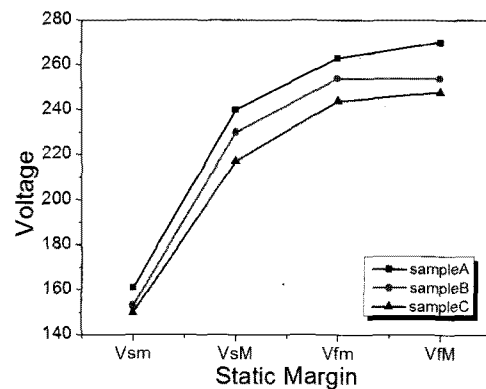


그림 4-2 패널 방전 전압 특성  
Fig. 4-2 The characteristics of discharge voltage

그림 4-3은 각 sample 의 휘도 및 효율 특성을 나타내었다. 휘도 특성의 경우 방전 전압 감소로 인한 방전 공간내의 E-field 감소로 인한 sample C (220Volt) 의 휘도 값이 sample A (240Volt) 에 비해 13% 감소하였다. 효율 특성의 경우 sample C 의 방전 개시 및 유지 전압 감소로 인하여 sample C (220Volt) 효율 값이 2.35 lm/W 로 sample B (230Volt) 2.25 lm/W, sample C (240volt) 2.14 lm/W 보다 크게 나타났다.

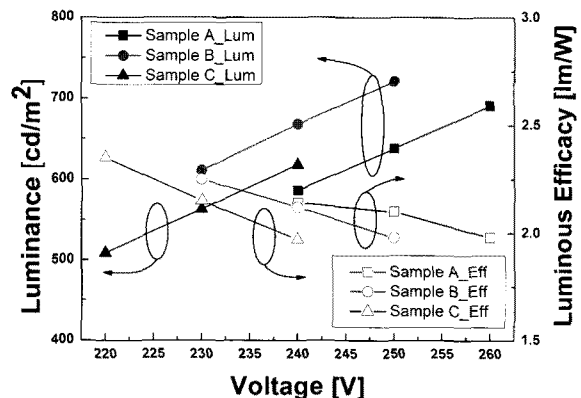


그림 4-3 패널 휘도 및 효율 특성  
Fig. 4-3 The characteristics of luminance and luminous efficacy

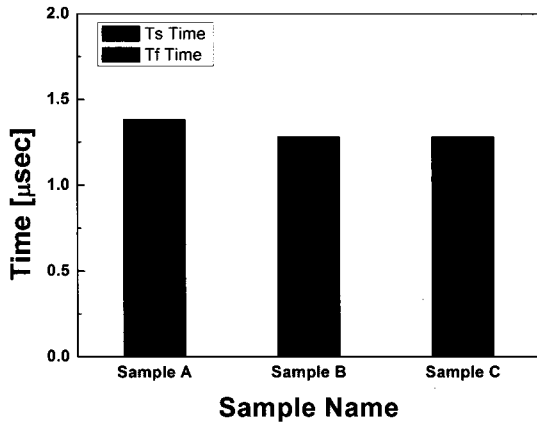


그림 4-3 패널 방전 늦음 특성  
Fig. 4-3 The characteristics of discharge time lag

그림 4-4는 방전 형성 늦음 및 통계적 방전 늦음 특성을 나타내었다. 방전 형성 늦음의 경우 0.05 μs 이내의 차이를 나타내고 있으며 통계적 방전 늦음의 경우 sample A 가 1 μs 로 가장 크게 나타났으며 sample B 가 0.95 μs, sample C 가 0.9 μs 로 작아짐을 알 수 있다. 통계적 방전 늦음 특성은 방전공간 내의 priming 입자가 많을수록 작아지며 통계적 방전 늦음이 줄어들 경우 패널 제작에 있어 고속 구동이 가능하게 되어 sustain 방전 구간의 증가를 통해 휘도를 향상시킬 수 있게 된다. 따라서 sample C 의 경우 높은 이차 전자 방출 계수를 가짐과 동시에 고속구동에 필요한 priming 입자의 원활한 공급으로 고속구동이 가능하며 sustain 구간을 늘릴 경우 앞의 휘도 특성에서 낮게 나타났던 휘도 값을 동일 구동 시간 조건에서 향상시킬 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 AC-PDP 의 MgO 보호막의 증착 조건과 박막의 결정성간의 상관관계, 그리고 결정성에 따른 패널의 전기 광학적 방전 특성을 연구 하였다. 증착시 낮은 증착률, 높은 기판온도에서 (200) 구조가 강하게 나타났으며, 증착 거리에 따른 결정성의 변화는 나타나지 않았다. 각 증착 조건 중 (200) 구조의 크기 변화에 따른 3가지 sample 의 패널을 제작하고 이에 대한 전기 광학적 특성을 확인 한 결과 (200) 구조가 가장 큰 sample C 의 방전 개시 및 방전 유지 전압이 sample A 에 비해 각각 22Volt, 24Volt 낮게 나타났으며 휘도는 방전 유지 전압 감소로 인하여 낮게 13% 낮게 낮았으나 효율은 9.8% 상승하였다. 또한 방전 늦음 특성은 방전 공간내 priming 입자 상승과 이차전자 방출 계수 상승으로 sample C 가 가장 낮게 나타났으며 따라서 패널의 고속 구동이 가능하며 sustain 구간의 증가 시켜 휘도를 상승시킬 수 있다.

#### 감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유연구과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

#### 참 고 문 헌

- [1] J. H. Ryu, "A study on the Improvement of the High Temperature Mifiring", thesis for a doctor's degree, Pusan National University, August, 2005
- [2] S. K. Lee, K. W. Whang, J. H. Kim and J. H. Lee, "Secondary Electron Emission from MgO Thin Films for Low-Energy Noble gases by Pulsed ion beam Technique", SID 02 DIEST, pp,424-427, 2002.
- [3] Chung-Hoo Park, "Plasma Display", PNU, 2001
- [4] C. H. Park, "Introduction to Plasma Display Panel", PNU Press, 2001
- [5] C. H. Park et al, Trans. KIEE. Vol. 56, No. 9, SEP, 2007.
- [6] E. H. Choi, "Discharge and γ characteristics of Ion induced MgO protective layer in PDP" Information Display, VOL.5, No.6, pp,23-35, 2004
- [7] Eun-ha. Choi, "Measurement of Secondary Electron Emission coefficient(γ) of MgO Protective Layer with Various Crystallinities.", Japanese Journal of Applied physics vol.37 pp,7015-7018, 1998
- [8] Sanjay K. Rama, b, U.K. Barikc, S. Sarkarb, P. Biswasb, V. Singha, H.K. Dwivedic and S. Kumarb. "Discharge characteristics of plasma display panels with Si-doped MgO protective layers", Thin Solid Films (2009)

#### 저 자 소 개



#### 정 주 영 (鄭周榮)

1962년 11월 26일생. 1986년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).

1989년~현재 한국전기연구원 시험인증본부 책임기술원. 2006년~현재 한국전기연구원 신뢰성인증평가실 실장

Tel : 055-280-1526

Fax : 055-280-1167

E-mail : jyjeong@keri.re.kr



#### 조 성 용 (曹成龍)

1978년 3월15일생.. 2006년 부산대학교 대학원 물리학과 졸업(석사). 2006~2009년 현재 동대학원 전기공학과 공학박사과정 재학중

Tel : 051-510-1544

Fax : 051-510-1498

E-mail : jwok@pusan.ac.kr



**이 돈 규 (李 敦 揆)**

1976년 10월15일생. 2002년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업 (박사). 현재 동의대 전임감사

Tel : 051-890-2544  
Fax : 051-510-1498  
E-mail : donkyu@deu.ac.kr



**이 해 준 (李 海 準)**

1972년2월25일생, 1994년 서울대학교 원자핵공학과 졸업, 1996년 포항공대 물리학과 대학원 석사, 1998년 포항공대 물리학과 박사, 현재 부산대학교 공과대학 전기공학과 부교수

Tel : 051-510-3516  
Fax : 051-513-0212  
E-mail : haejune@pusan.ac.kr



**이 호 준 (李 晁 駿)**

1966 10월 14일생, 1989 서울대 공대 전기공학과 졸업 1991 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 1996 서울대공대 대학원 전기공학부 졸업 (공학박), 현 부산대 공대 전자전기통신공학부 부교수

Tel : 051-510-2301  
Fax : 051-513-0212  
E-mail : hedo@pusan.ac.kr



**박 정 후 (朴 正 后)**

1945년 4월8일생. 1968년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1974년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1980~1983년 일본 구주대학대학원 졸업 (공학박). 현재 부산대 공대 전기공학과 교수.

Tel : 051-510-2369  
Fax : 051-513-0212  
E-mail : parkch@pusan.ac.kr