

碩士學位論文

알카리토금속－희토류 원소 화합물
산화막으로 형성된 AC-PDP보호막의
특성연구



濟州大學校 大學院
物理學科
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

梁 斗 薰

110.425

2000年 12月

알카리토금속-희토류 원소 화합물 산화막으로 형성된 AC-PDP 보호막의 특성연구

指導教授 崔 治 圭

梁 斗 薰

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

2000 年 12 月

梁斗薰의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____

委 員 _____

委 員 _____

濟州大學校 大學院

2000 年 12 月

A study on the characteristics of AC-type plasma
display panel protective layer deposited using
oxides of alkaline-earth-metal and
rare-earth-element compound

Doo-Hoon Yang
(Supervised by Professor Chi-kyu Choi)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF NATURAL SCIENCE

2000. 12.

This thesis has been examined and approved.

DEPARTMENT OF PHYSICS
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

SUMMARY	i
I. 서론	1
II. 이론	3
1. 2차전자 방출계수와 방전개시전압의 관계	3
2. VUV 발생 PDP 가스의 종류와 메카니즘	6
3. AC-PDP 보호막의 조건	7
III. 실험 및 방법	9
1. 보호막형성	9
2. 보호막의 물성분석	10
3. 보호막의 표면상태 및 굴절률 측정	10
4. 보호막의 2차전자 방출계수 및 광 투과율 분석	10
5. 보호막의 방전특성 분석	12
IV. 결과 및 고찰	14
1. 알칼리토금속-희토류 원소 산화화합물 형성	14
2. 보호막의 결정성 분석	17
3. 보호막의 조성비 및 결합구조	22
4. 보호막의 표면상태 및 굴절률	28
5. 보호막의 2차전자 방출계수 및 광 투과율	35
6. 보호막의 방전특성	38
V. 결론	41
VI. 참고문헌	42

Summary

MgO, Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ and Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ /MgO films were deposited on Si(100), soda-lime glass and PDP's test pattern substrates by using e-beam vapor deposition. Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ powder for the e-beam evaporator source was prepared by sintering a mixture of BaO, SrO and Gd₂O₃ powder at a molar ratio of 0.6 : 0.4 : 1 at 1200°C for 12 hours in air. The Crystalline and chemical shift of electron orbital binding energy of the MgO, Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ and Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ /MgO films are investigated by X-ray diffraction(XRD) and X-ray photoelectron spectroscopy(XPS). And we have analyzed lamination effects of PDP protective layer and the secondary electron emission coefficient (γ_i) of films.

The secondary electron emission coefficient (γ_i) of Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ and Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ /MgO films is higher than that of MgO film. A firing and the sustain voltage of MgO film are lower than that of Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ and Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ /MgO films as about 12V, 20V respectively. Voltage margin and luminance efficiency of Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ film are 44.9V, 0.6553lm/W. Luminance of Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO film is 404.2cd/m². Transmittance of all films is above 85%.

From the results, we know that thin films made of alkaline earth metal and rare earth element oxide compound have feasibility on the application for AC-PDP protective layer.

I. 서 론

AC-PDP(Alternative Current Plasma Display Panel)는 기체 방전시 생기는 플라즈마로부터 방출되는 자외선이 형광체를 여기하여 얻어지는 가시광을 이용하는 표시장치이다. AC-PDP의 구조에서는 모든 전극의 윗면에 유전체가 도포 되는데 이 유전체는 유전상수가 큰 재료를 사용하여 정전용량을 증가시킨다. 이것은 교류전압(pulse)을 인가하면 자동적으로 $1/\omega C$ 에 해당하는 용량성 저항이 방전경로에 직렬로 형성되고, 또한 고유의 메모리 기능을 갖는다. 이 유전체는 기판인 유리와의 접착력을 고려하여 같은 계통의 물질을 프린팅 기법으로 도포한 후에 소성하여 이용하게 된다. 그러나 이렇게 형성한 유전체막은 방전시 플라즈마 내의 이온충격에 의해서 쉽게 식각되어서 디스플레이 패널의 수명을 단축시키는 요인이 된다. 따라서, 방전효율이 높은 PDP를 개발하기 위해서 유전체 표면에 식각률이 낮고 2차전자 방출이 높은 유전체 보호막의 물질 개발과 증착법이 많이 연구되고 있다(Ahn 등, 1998). 이러한 유전체 보호막은 패널의 수명을 연장시키고, 또한 보호막은 방전시에 플라즈마와 직접 접촉하게 되므로 이온 충격시에 표면에서 2차전자가 방출되기 때문에 2차전자 방출이 높은 보호막은 방전 유지전압을 낮추고 방전 효율을 높일 수 있다.(Meek 등, 1953).

현재까지 유전체 보호막으로는 MgO(Magnesium Oxide)가 방전특성이 우수하고 안정적인 막을 비교적 쉽게 형성할 수 있어서 주목받고 있다. MgO는 에너지 band gap이 7.3 eV로써 다른 산화물들에 비해 매우 크고, 또한 안정적인 NaCl 구조에 격자상수가 4.21 Å로써 화학적으로도 매우 안정하다(Samsonov 등, 1982). 그리고 굴절률도 가시광선 영역에서 1.73으로 상당히 낮은 값을 가지고 있으므로 전면기판의 투명 유전체 보호막으로도 적합하고 2차전자의 방출계수도 비교적 높은 값을 가지는 것으로 알려져 있으나, 플라즈마 방전시 방출하는 자외선을 MgO가 흡수하므로써 발광효율이 떨어진다는 보고가 있다(월간 전자부품 1996. 11월호). 따라서 장차 고효율 PDP 개발에 있어서 MgO 보호막을 대체할 수 있는 새로운 보호막이 요구되고 있다.

최근에 MgO에 알카리 토금속 원소들을 도핑하거나, CaO와 SrO 등의 혼합체를 보호막으로 형성하여 일함수를 낮추어 방전효율을 높이려는 시도가 있으며(조진희 등, 1999), 알카리 토금속-희토류 원소 화합물을 보호막으로 이용하려는 연구가 많이 시도되고 있다(Koiwa 등, 1996). 일반적으로 일함수 값이 낮고, 전자친화도가 작을수록 2차전자 방출계수가 증가하여 방전전압 특성이 향상된다고 알려져 있다. 특히, BaO, SrO는 MgO와 같은 알카리토금속 산화물은 일함수가 낮고, 밀도가 큰 fcc 결정 구조를 가지고 있다. Koiwa(1996)등은 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4$ 와 $Sr_{0.6}Mg_{0.4}Gd_2O_4$ 화합물을 스크린 프린팅 방법에 의하여 PDP소자의 보호막을 적용할 경우 MgO 보호막보다 방전효율이 5배 이상 우수하다는 보고가 있었다. 이와 같은 보호막을 스크린 프린팅 방법으로 제작할 경우 박막의 결정성, 투과율 그리고 표면 상태는 우수하지 않다. 현재 많은 연구자들은 결정성이 우수한 보호막을 형성하기 위하여 스퍼터링 방법, CVD 방법 그리고 e-beam 증착법 등의 연구가 이루어지고 있다(Kang 등, 1999).

따라서, 본 연구에서는 MgO, $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4$ 그리고 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막을 형성하여 보호막의 결정성, 조성비 그리고 결합에너지 등을 XRD와 XPS로 분석하였고, PDP 보호막의 적용가능성은 방전특성, 가시광 투과율 그리고 2차전자 방출계수 특성으로 분석하였다.

II. 이 론

1. 2차전자 방출계수와 방전개시전압의 관계

PDP 내에서 보호막에 충돌하는 이온의 운동 에너지는 거의 thermal energy 와 같다(Urade 등, 1976). 따라서 2차전자 방출계수 γ_i 와 보호막에서 방출되는 전자의 에너지 분포는 Auger 중화작용 이론으로부터 구해진다(Hagstrum 등, 1954).

그림 1에서와 같이 유효 이온화 에너지 $E_i(S)$ 인 이온이 거리가 S_m 정도로 보호막에 접근할 때 보호막의 가전자대에 있는 전자 하나가 이온과 결합하고 그와 동시에 다른 전자 하나가 에너지 ϵ_k 를 가지고 튀어 나간다. 만약에 ϵ_k 가 표면장벽 ϵ_0 보다 크면, 그때의 2차전자는 운동에너지 $E_k = \epsilon_k - \epsilon_0$ 를 갖는다. 보호막의 에너지 밴드 구조(그림 1)에서 전도도는 완전히 비어있고 전도도의 상태밀도 $N(\epsilon_c)$ 는 $\epsilon_k > \epsilon_c$ 일 때 $(\epsilon_k - \epsilon_c)^{1/2}$ 에 비례하고, $\epsilon_k \leq \epsilon_c$ 일 때 0이다. 여기서 가전자대는 완전히 차있다고 가정하고, 또한 가전자대의 전자의 에너지 상태를 상수라고 가정한다. 즉,

$$\begin{aligned} N_v(\epsilon) &= c_1 && \text{for } 0 \leq \epsilon \leq \epsilon_v, \\ N_v(\epsilon) &= 0 && \text{for } \epsilon > \epsilon_v \end{aligned} \tag{1}$$

이다. 여기서 c_1 은 $\int_0^{\epsilon_v} N_v(\epsilon) d\epsilon$ 에서 얻어지는 가전자대의 전자수이다. 위의 가정들은 2차전자 방출계수 γ_i 가 가전자대의 전자의 에너지 밀도와 깊은 관계가 없는 한 타당하다. 보호막 안에서 Auger 전이과정에 의해 여기된 전자의 에너지 분포는 $N_c(\epsilon_k)$ 에 Auger transform 항 $T(\epsilon)$ 를 곱한 것에 비례한다. Auger transform 항은 가전자대에서 두 전자의 전이확률을 합한 것이 된다. 가전자대에서 일정한 전자상태 밀도의 경우 $T(\epsilon)$ 은 다음과 같은 형태가 된다.

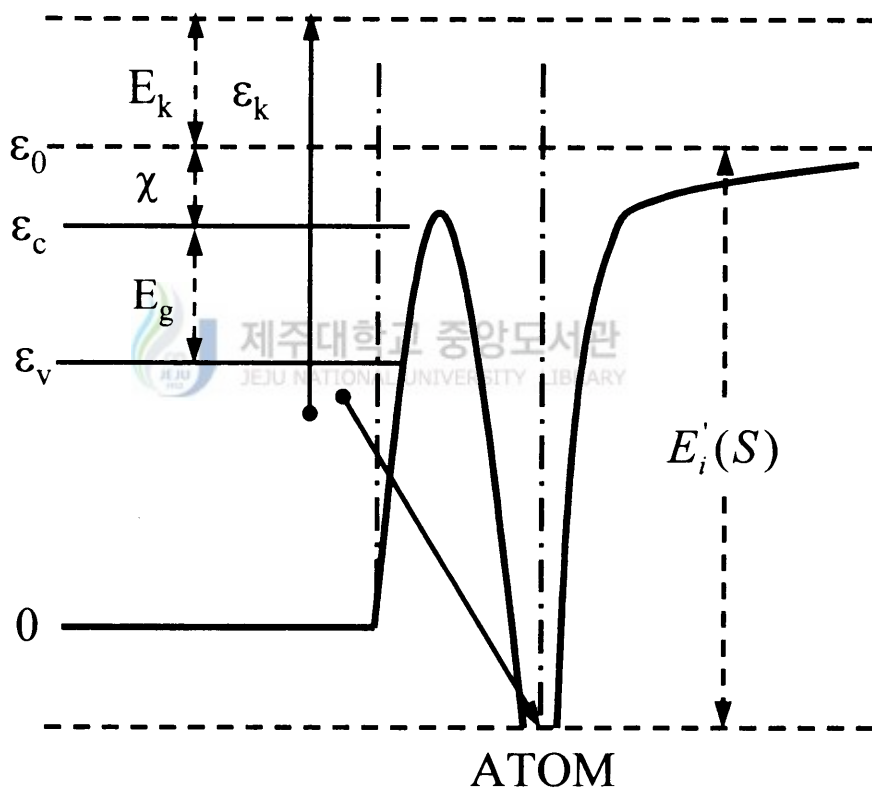


Fig. 1 Schematic diagram of illustrating Auger neutralization at a solid surface.

$$T(\varepsilon) = c_2 \varepsilon \quad \text{for } 0 \leq \varepsilon \leq \frac{1}{2} \varepsilon_v,$$

$$T(\varepsilon) = c_2 (\varepsilon_v - \varepsilon) \quad \text{for } \frac{1}{2} \varepsilon_v \leq \varepsilon \leq \varepsilon_v \quad (2)$$

여기서 c_2 는 상수이고 ε_v 은, $\varepsilon = \frac{1}{2} [\varepsilon_k + \varepsilon_0 - E_i(S_m)]$ 이다. 따라서 Auger 중화작용에 의해서 여기된 전자밀도 $N_i(\varepsilon_k)$ 는,

$$N_i(\varepsilon_k) = c_3 N_c(\varepsilon_k) T(\varepsilon) \quad (3)$$

이다. 비례상수 c_3 는 다음과 같은 가정에 의해서 구할 수 있다.

$$\int_0^\infty N_i(\varepsilon_k) d\varepsilon_k = 1 \quad (4)$$

(4)식은 Auger 과정은 단위 확률을 가지고 일어난다는 것을 나타낸다.

보호막 표면에서 탈출하는 Auger 전자의 에너지 분포 $N_0(\varepsilon_k)$ 는

$$N_0(\varepsilon_k) = N_i(\varepsilon_k) P_e(\varepsilon_k) \quad (5)$$

이다. 여기서 $P_e(\varepsilon_k)$ 는 전자의 탈출 확률이고, ε_k , ε_c , ε_0 및 α (전자의 충돌전리계수)의 함수로 표현되며(Hagstrum 등, 1954), 함수형태는 다음과 같다(Van der Ziel 등, 1957).

$$P_e(\varepsilon_k) = P_{\text{lim}} \left[1 - \left(\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_c}{\varepsilon_k - \varepsilon_c} \right)^{1/2} \right] \left[1 - \alpha \left(\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_c}{\varepsilon_k - \varepsilon_c} \right)^{1/2} \right]^{-1} \quad \text{for } \varepsilon_k > \varepsilon_c$$

$$= 0 \quad \text{for } \varepsilon_k \leq \varepsilon_c \quad (6)$$

여기서 P_{lim} 은 surface charging이 없을 때 0.50의 값을 갖는다(Hagstrum, 1954).

2차전자 방출계수 γ_i 는 다음과 같이 표현된다(Hagstrum 등, 1961).

$$\gamma_i = \int_{\varepsilon_0}^\infty N_0(\varepsilon_k) d\varepsilon_k \quad (7)$$

이 식에서 γ_i 와 $N_0(\varepsilon_k)$ 는 입사되는 이온의 유효 이온화 에너지 $E_i(S_m)$ 와 보호막의 에너지 band parameter ε_v , ε_c 및 ε_0 의 함수가 된다.

균일한 전기장 내에서 방전개시전압 V_f 는 전극간 거리 d 및 전자의 충돌전리 계수 a 의 함수로 된다. 특히 a 는 단위길이 진행시 충돌전리 횟수를 의미하고 ad 는 전극 간격 d 동안의 총 충돌 횟수이며, 전극간 거리가 d 인 경우 평균 자유행로를 λ 라 하면 총 충돌전리 회수는

$$ad = \frac{d}{\lambda} \quad (8)$$

로 된다. 한편, 압력 p 가 증가하면 기체 입자수가 증가하고 평균 자유행로는 감소하므로 p 와 λ 는 반비례하게 된다. 즉,

$$p \propto \frac{1}{\lambda} \quad (9)$$

이다. (8)식과 (9)식에서 $\frac{d}{\lambda} \propto pd$ 의 관계가 있으므로 방전개시전압은 pd 의 함수로 나타낼 수 있고,

$$V_f = f(ad) = f(pd) \quad (10)$$

다음과 같다(Choi 등, 1998).

$$V_f = \frac{Bpd}{\ln \left[\frac{Apd}{\ln(1 + \frac{1}{\gamma})} \right]} \quad (11)$$

여기서 A, B는 재료에 따라 정해지는 상수이다. (11)식에서와 같이 방전개시전압은 보호막의 γ 가 큰 만큼 저하하게 된다.

2. VUV 발생 PDP 가스의 종류와 메카니즘

VUV(Vacuum ultra violet ray)는 UV 중에서도 200nm 이하의 짧은 파장을 갖는 UV를 말한다. VUV는 가스 압력이 높다든지, 산소가 포함되어 있으면 이러한 기체를 통과하지 못하고 기체에서 강한 흡수가 일어난다. PDP에서의 VUV 파장과 세기는 패널에서 방출되는 빛의 휘도를 결정짓는 중요한 요소이다. VUV는 Diatomic 가스는 분해되는 문제가 있으므로 불활성 가스의 resonance 상태에서 방출되는 자외선이 PDP에 가장 적합한 것으로 판명되었다(황기웅 등, 1996). Xe에서 방출되는 자외선(140nm~

180nm)이 RGB(Red, Green, Blue)용의 형광물질이 가장 좋은 효율을 내는 파장영역과 겹친다. 불활성가스 중에서도 He과 Ne의 경우에는 resonance 상태에서 방출되는 자외선이 파장이 100nm 이하의 짧은 파장을 갖기 때문에 형광체를 자극하여 가시광선을 내는 UV용으로 쓰기에는 부적합하다.

발광되는 UV의 세기와 파장을 감안할 때 Xe가스가 적당한 것으로 보여지지만, 구동전압이나 전극의 수명을 동시에 고려해야 하므로 일반적으로 2원내지 3원계의 혼합가스를 이용한다. 대표적인 경우가 He이나 Ne에 Xe가스를 첨가하는 것으로써 구동전압을 낮추고 UV효율을 좋게 할 수 있다. He이나 Ne을 주된 가스로 이용하는 것은 순수한 Xe가스에 비해서 이들 가스 내의 전자의 온도가 높아 Xe의 여기가 효율적인 점과 Xe과의 Penning 효과를 이용하기 위한 것이다. 플라즈마 내에서 $Xe^*(147nm)$ 의 형성은 전자에 의한 여기와 Xe 분자이온의 재결합에 의한 형성, 준안정상태에 있는 입자가 충돌에 천이하는 등의 경로를 통해 이루어진다. 또한 $Xe_2^*(173nm)$ 의 형성은 Xe^* 가 중성입자와 충돌하여 형성된다.

3. AC-PDP 보호막의 조건

AC-PDP에서 전극은 유전체층으로 도포되어 있고, 그 위에 보호막이 형성되어 양이온과 전자, 여기원자 그리고 광자들의 충돌에 의한 스퍼터링으로부터 보호할 수 있어야하며, 또한 음극면에서 2차전자 방출계수가 커야하는 중요한 역할을 하고 있다 (Boeuf 등, 1998). 따라서 PDP의 보호막재료로서 갖추어야 할 조건은 다음과 같다 (Uchiike 등, 1976)

1) 장시간 안정성(Long - time stability)

AC-PDP 가 오랜 시간 사용되어도 동작전압이 수 볼트 이내로 일정해야한다. 따라서 보호막이 이온, 전자, 준 안정원자, 그리고 광자의 충격에 식각 되지 않는 결합에너지가 큰 물질로 형성되어야 한다.

2) 낮은 구동전압(Low operating voltage)

구동전압을 낮추는 것은 AC-PDP 제조 비용과 관련되기 때문에 아주 중요한 요인이 된다. 방전전압은 일반적으로 2차전자 방출계수가 높은 물질이 낮으므로, 보호막은

작은 일 함수와 낮은 전자 친화도를 갖는 물질이어야 한다.

3) 빠른 방전응답(Quick discharge response)

AC-PDP에서 신호를 펄스파를 쓰기 때문에 빠른 방전응답이 요구되며, 만약에 응답 시간이 길거나 계속적인 요동이 있으면 writing 동작이 좁은 폭의 writing pulse에 의해 얻어지지 않는다. 따라서 writing 속도가 더욱 느려지므로 writing pulse를 오래 유지하거나 writing 동작을 여러번 해야 하므로 해상도가 떨어지게 된다.

4) 절연특성(Adequate insulation characteristics)

AC-PDP에서 벽전하의 확산에 의한 인접셀들의 cross-talk로 인하여 해상도가 저하되는 데, 보호막의 절연성은 셀들간의 상호간섭을 없앨 수 있다.

5) 제조의 용이(Reasonable coating method)

AC-PDP 제조단가를 낮추기 위해서 빠른 증착속도, 저 비용의 증착방법이 요구된다.

6) 광 투과율(Good transparency)

85% 이상 가시광 투과율이 요구된다.

III. 실험 및 방법

1. 보호막 형성

PDP 유전체의 보호막은 e-beam 증착법으로 하였고, 진공챔버의 초기 진공도는 $\sim 10^{-7}$ Torr, 증착중의 작업진공도는 $\sim 10^{-6}$ Torr였다. 기판은 p-Si(100), soda-lime glass 및 PDP 방전특성 분석용 test panel을 사용하였다. Si 기판은 RCA 방법으로 세척한 후 진공챔버에 장착하고, 자연 산화막과 잔류 불순물을 제거하기 위하여 1200°C로 급속 열처리하였다. 또한 soda-lime glass 및 test panel은 질소가스 blowing으로 기판표면의 이물질을 먼저 제거하여 진공챔버에 장착하였다. 증착 박막의 두께는 thickness monitor로 측정하였다. 증착중 온도는 실온에서 500°C 까지 100°C씩 변화시키면서 증착하였고, 열처리는 in-situ로 증착중의 온도를 그대로 유지하면서 60 분간 행하였다.

1) MgO 보호막

MgO 보호막을 형성하기 위하여 MgO(Aldrich Co., 99.9%)분말을 알루미늄 도가니에 넣고 전기로에서 1200°C, 12시간 소결하였고, 이 때 소결은 상압에서 수행하였다. 소결된 MgO를 약 10,000 psi의 압력으로 직경 10mm, 두께가 5mm 정도의 pellet을 만들어 사용하였고, 박막의 두께는 약 3000 Å으로 하였다.

2) Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 및 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 보호막

Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막 형성은 BaO(Aldrich Co., 97%), SrO(Aldrich Co., 99.9%), Gd₂O₃(Aldrich Co., 99.9%) 분말을 각각 0.6 : 0.4 : 1의 조성비로 혼합하여 miller에서 12시간 고르게 섞은 다음 상압에서 1200°C, 12시간 소결하였고, 소결된 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄를 약 10,000 psi의 압력으로 직경 10mm, 두께가 5mm 정도의 pellet을 만들어 e-beam으로 증착하였다. 증착된 막의 두께는 약 3000 Å 정도였다. 증착 조건 및 열처리 조건은 MgO를 증착할 때와 같은 조건으로 하였다. 이중막

(Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO)인 경우 먼저 3000Å 정도로 증착된 MgO 보호막 위에 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 원재료를 1000Å 정도 증착하였다. 보호막 형성공정의 공정순서는 그림 2와 같다.

2. 보호막의 물성분석

형성조건에 따른 보호막의 결정상, 결정구조, 상전이, 층구조, 조성비 및 표면 상태등을 XRD, SEM, XPS 등으로 조사하여 보호막의 형성조건을 규명하였다. 시료의 XRD 스펙트럼 측정은 2θ를 20° ~ 80° 로 하였으며, AFM과 SEM으로 증착된 보호막의 표면상태, 결정입자의 크기, 거칠기 및 경계면을 조사하였다. 열처리 조건에 따른 보호막의 형성 반응기구는 XPS으로 분석하고, 두께 및 열처리 온도에 따른 특성으로부터 활성화 에너지를 도출하였다.

3. 보호막의 표면상태 및 굴절률 측정

형성된 보호막의 굴절률은 ellipsometer로 측정하였다. 증착된 보호막의 굴절률은 기판 가장자리로부터 6 mm내의 영역에서 상하좌우로 9개의 point를 측정하여 평균하였다. 이 방법으로부터 원소의 밀도와 박막의 굴절률과의 상관관계를 분석하였다. 또한 보호막의 식각률은 전자밀도가 $\sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 인 플라즈마 상태에서 측정하였다. 이 때 고밀도 플라즈마를 갖는 방전조건은 RF power가 500 W, 기판의 인가전압은 약 -400 V, Ar의 가스유량은 30 sccm, 진공도는 0.5 Torr였고, 방전시간은 30분으로 하였다.

4. 보호막의 2차전자 방출계수 및 광투과율 분석

보호막의 이차전자 방출계수를 γ -FIB system을 이용하여 측정하였다. 이 장비에서 Ne⁺이온빔을 보호막에 입사하였고, 이때 이온빔의 가속전압은 150V까지 증가시

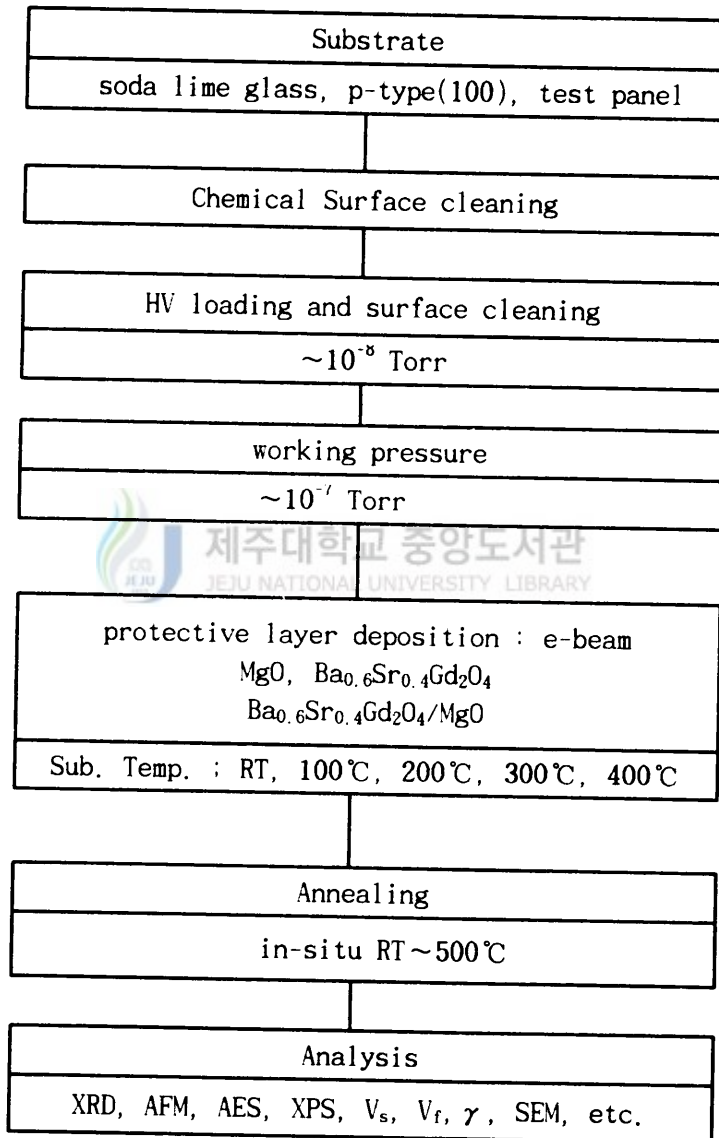


Fig. 2 Formation of PDP's protective layer.

켰다. 콜렉터 전압은 $-40\text{ V} \sim +40\text{ V}$ 까지 sweep 하였으며, 초기 진공도는 $\sim 10^{-6}$ Torr를 유지했고, 작업 진공도는 10^{-4} Torr에서 이차전자방출계수를 측정하였다. 이차전자 방출계수 γ 는 이온빔에 의한 전류 (I_i)에 대한 이차전자 전류 (I_s)의 비로 나타내게 되는데, 이차전자에 의한 전류 측정은 타겟에 이온빔이 입사되어서 이차전자가 방출되면 콜렉터에 의해 전류 (I_l)를 측정하게된다. 따라서 이차전자방출계수는 다음 식에서 계산하였다

$$\gamma = \frac{I_s}{I_i} = \frac{I_l - I_i}{I_i} \quad (1)$$

가시광선 투과율은 UV-IR spectrometer로 300nm~700nm범위에서 측정하였다.

5. 보호막의 방전특성 분석

방전특성을 측정하기 위한 test panel의 방전전극의 치수는 전극폭 $300\ \mu\text{m}$, 전극 간격 $100\ \mu\text{m}$, 대상 cell 수는 300 개로 전극 재료는 스크린 프린트 된 Ag였다. 전극 상부에는 SiO_2 계의 유전층이 스크린 프린트 되어져 있다. 측정시 초기의 불안정 방전을 배제하기 위하여 모든 패널에 대하여 동일하게 1시간 이상 예비방전을 실시하였고, 동작가스로 He을 사용하여 300 Torr 압력에서 방전특성 실험을 실시하였다. 방전실험에서는 30 kHz의 교류 구형파 펄스전압을 단계적으로 증가하여 처음으로 셀이 켜지는 전압인 방전개시전압(V_f)을 측정하고, 전체 방전셀을 발광하도록 전압을 상승시킨 후 단계적으로 전압을 감소하여 방전셀이 최초로 꺼지기 시작하는 방전유지전압(V_s)을 측정하였다. 그림 3은 방전특성 측정용 테스트 패널을 나타낸 것이고, 그림 4는 방전특성 측정방법에 대한 개략도이다.

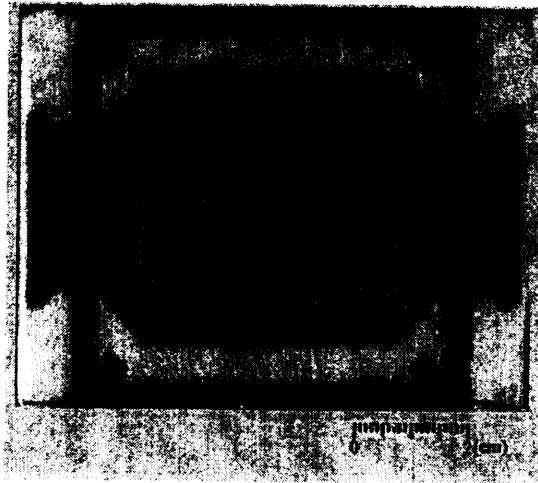


Fig. 3 Test panel.

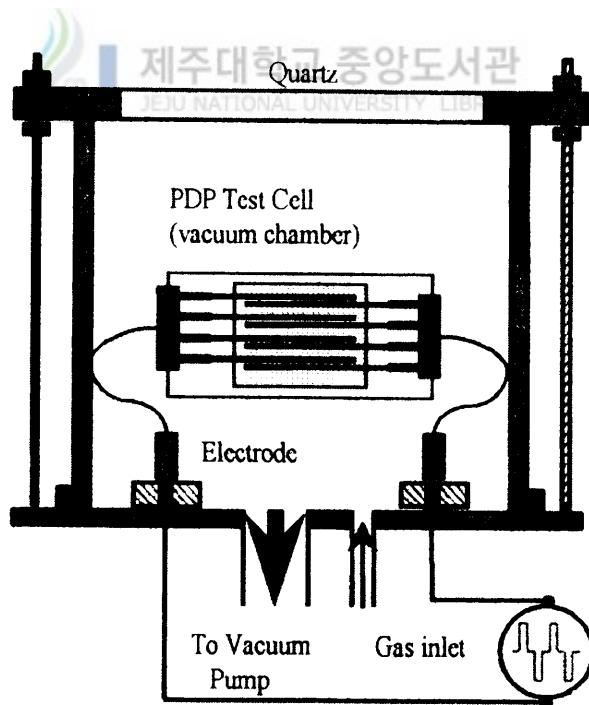


Fig. 4 Method for measurement of discharge characteristics.

IV. 결과 및 고찰

1. 알카리토금속-희토류원소 산화화합물 형성

그림 5는 $\text{BaO} : \text{SrO} : \text{Gd}_2\text{O}_3 = 0.6 : 0.4 : 1$ 의 조성비로 혼합된 powder를 질소 분위기에서 온도 증가에 따른 원재료들의 감량율을 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 수분의 배기에 의한 변화로 보이는 100°C 까지 약 2%의 감량을 보이며, 400°C 에서 감량을 시작하여 600°C 까지 약 3%의 감량이 일어났으며, 800°C 에서 930°C 까지 약 1%의 중량변화가 있었다. 이러한 결과는 400°C 에서 BaO , SrO 그리고 Gd_2O_3 가 반응하기 시작한 것으로 보이며, 온도가 약 930°C 에서 정확한 화학당량비는 알 수 없으나 $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Gd}_2\text{O}_4$ 형태의 화합물로 형성된 것으로 생각된다. 그림 6은 $\text{BaO} : \text{SrO} : \text{Gd}_2\text{O}_3 = 0.6 : 0.4 : 1$ 의 조성비로 혼합된 powder를 전기로에서 900°C 에서 1200°C 까지, 12시간 소결한 후의 XRD 스펙트럼이다. 2θ 가 27.8° , 29.3° , 29.7° , 30.7° , 에서 BaGd_2O_4 의 (111)면, (040)면, (320)면, (201)면이 관찰되었고, 2θ 가 52.9° , 56.4° , 57.9° 에서는 SrGd_2O_4 의 피크들이 관찰되었다. 이들의 피크의 격자상수는 JCPDS 카드와 일치하였다(JCPDS, 1995). 이 결과를 통하여 소결된 화합물은 $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4$ 의 형태로 이루어진 것을 알 수 있고, JCPDS 카드에 의한 분석으로부터 SrGd_2O_4 의 정확한 구조가 밝혀져 있지 않으나 BaGd_2O_4 의 형태와 큰 차이를 보이지 않는 것으로 미루어 $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4$ 의 구조는 orthorhombic 구조인 것으로 예상된다.

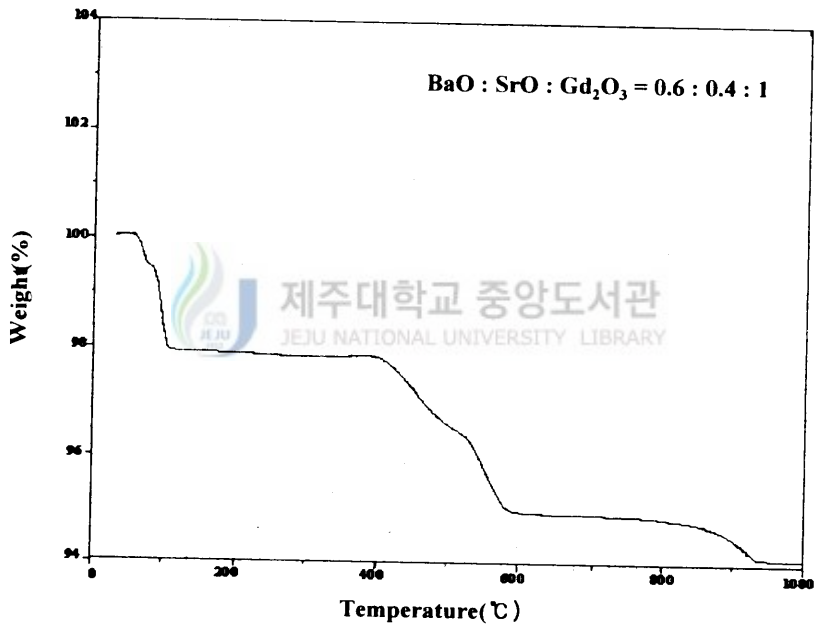


Fig. 5 TGA analysis of Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ powder.

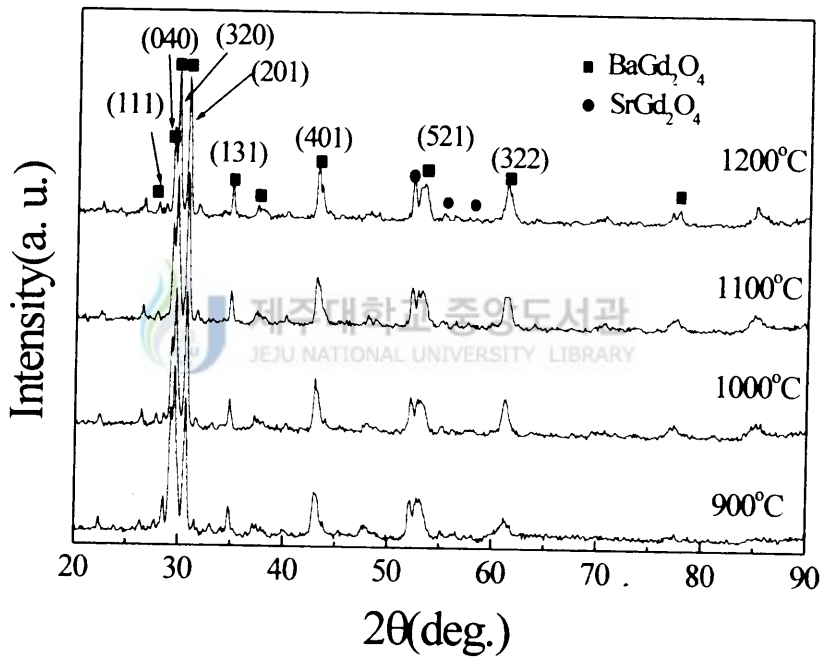


Fig. 6 XRD spectra of $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4$ powder under different sintering temperature.

2. 보호막의 결정성 분석

1) MgO 보호막

형성조건에 따른 MgO 박막의 결정성, 결정구조 등을 XRD 스펙트럼을 이용하여 조사하였다. 일반적으로, e-beam 증착에 의한 MgO의 표면 구조는 다소 불안정하고, Mg와 O의 활성입자가 막 표면에 존재하므로, 고온에서 열처리를 진행하면, 다른 화학적 결합이 없이 결정화가 진행되어 막의 표면은 더욱 안정하고, 치밀하여 낮은 방전 전압을 가질 수 있다. 따라서 열처리 온도 및 수행방법에 따라 막의 구조를 조사하였다. 그림 7은 보호막의 열처리 온도에 따른 XRD 스펙트럼이다. 열처리온도를 증가 시킴에 따라 2θ 가 (111) 면, (220) 면, (200) 면의 피크가 증가하였으나, XRD 결과로 보아 증착된 MgO 보호막의 결정성은 우수하지 않음을 알 수 있다.

2) Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막

그림 8은 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄의 당량에 맞게 혼합 소결하여 준비한 알카리토금속-희토류원소 산화화합물을 3000Å 증착하여 만든 시료의 열처리 온도에 따른 XRD 스펙트럼이다. 실온에서 300°C까지 열처리를 수행한 시료들에서는 2θ 가 24.40°, 28.43°, 34.81°, 44.43° 그리고 45.7°에서 회절피크가 관찰되었으나 회절피크는 잘 발달되지 않았다. 2θ 가 34.81°에서 나타난 회절피크는 BaGd₂O₄의 (131) 면, 2θ 가 44.43°에서의 회절피크는 BaGd₂O₄의 (411) 면 또는 (510) 면, 그리고 2θ 가 45.7°에서의 회절피크는 BaGd₂O₄의 (051) 면 또는 (350) 면으로 생각되나, 회절피크의 상태를 볼 때 증착된 보호막은 결정성이 거의 없는 비정질로 형성된 것으로 생각된다.

3) Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 보호막

그림 9는 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 이중막의 열처리 온도에 따른 XRD 스펙트럼이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 보호막의 결정화가 잘 이루어지지 않은 것으로 보이나, 300°C 이상의 열처리 온도에서는 MgO(111), (200), (220)면들의 피크가 모두 관찰되

었다. 그리고 열처리 조건이 300℃, 400℃에서 2θ 가 27.15° 영역에서 피크가 관찰되었다. 이 회절피크는 그림 6의 결과와 비교해 볼 때 2θ 가 약간 편이 되었으나 BaGd₂O₄의 (111) 면으로 생각된다. 이 결과로 보아 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 이중막의 결정화는 거의 이루어지지 않은 것으로 생각된다.



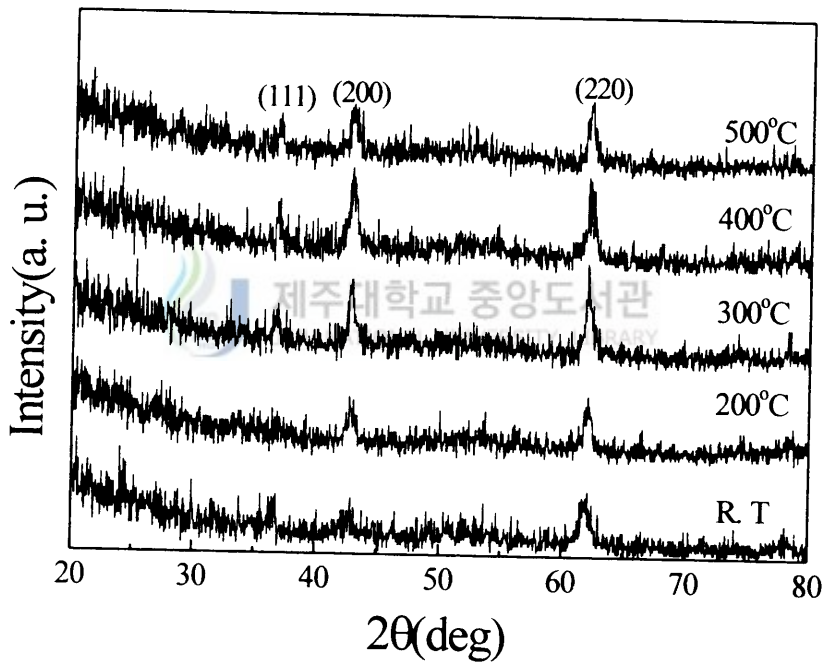


Fig. 7 XRD spectra of MgO thin films.

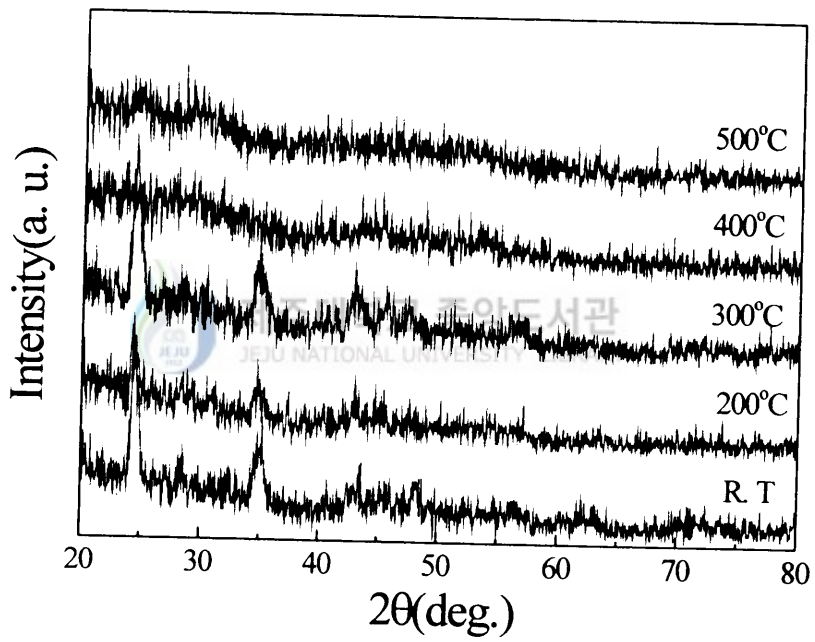


Fig. 8 XRD spectra of $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4$ thin films.

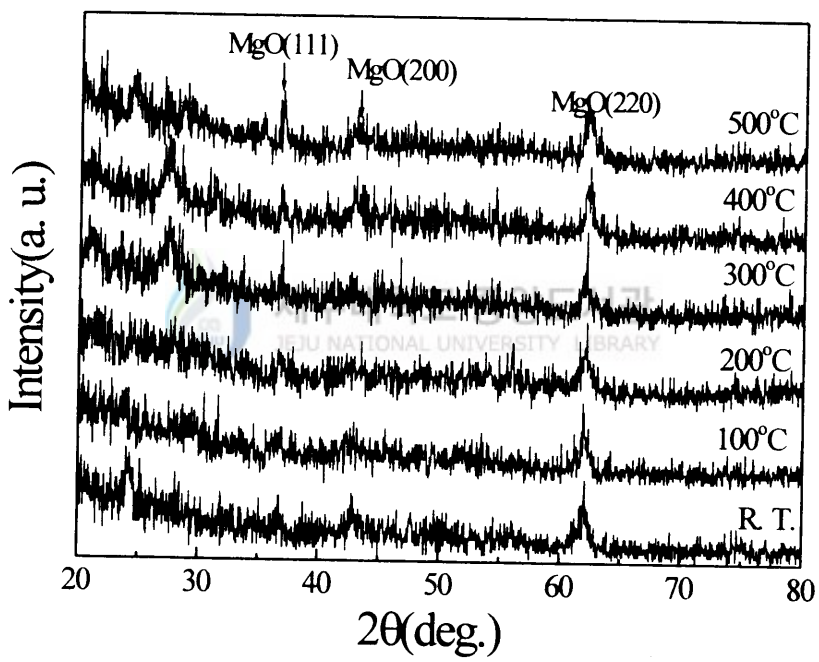


Fig. 9 XRD spectra of $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4/\text{MgO}$ thin films.

3. 보호막의 조성비 및 결합구조

1) MgO 보호막

형성된 MgO 보호막 조성과 결합상태를 XPS로 조사하였다. 그림 10은 p-Si(100) 기판 위에 형성된 MgO 박막의 XPS wide-scan 스펙트럼이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 Mg 2p, Mg2s, O 1s 궤도 전자에 대한 스펙트럼이 각각 50.9 eV, 90.3 eV, 532 eV에서 관찰되었다. C 1s 궤도 전자에 대한 피크가 285 eV에서 관찰되었는데, 시료를 공기 중에 노출했을 때 흡착된 것으로 생각한다. 그리고 막 표면에서의 화학편이는 거의 일어나지 않았다. 이상의 결과에서 볼 때 형성된 보호막은 MgO로 조성되었음을 알 수 있다.

그림 11은 Mg 1s 및 O 1s 궤도전자에 대한 narrow scan 스펙트럼이다. 그림 10과 같이 열처리 온도에 따른 막 표면에서의 chemical shift는 거의 일어나지 않았음을 알 수 있다. O 1s에 대한 궤도전자 스펙트럼에서 hydroxyl group(533.2 eV) 피크가 실온과 200℃로 열처리된 시료에서 나타났으나, 열처리 온도가 400℃일 때 hydroxyl group의 피크가 거의 사라짐을 알 수 있다(Son 등, 1999). 이것은 대기 중에 노출되었을 때 수분 흡수에 의한 현상으로 생각된다. 그러나 400℃ 이상에서 이러한 피크가 관찰되지 않은 것은 수분이 모두 탈착된 것으로 생각된다. 따라서 400℃ 이상에서 60분 이상의 열처리가 결합 및 안정화에 어느 정도 충분한 에너지를 제공하였다고 볼 수 있다. 그림 10의 시료에 대한 XPS 깊이조성분석에서 열처리 온도에 관계없이 형성된 MgO 보호막의 원자 농도비는 균일하게 Mg : O = 45 : 55 로 조사되었다.

2) Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막

Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막에 대한 표면의 결합상태를 XPS로 조사하였다(그림 12). Survey scan 스펙트럼에서 알수 있듯이 주 피크인 Ba 3d_{5/2}, Ba 3d_{3/2}, Sr 3d_{5/2}, Gd 4d, O 1s 궤도전자 스펙트럼이 각각, 782.2 eV, 797.5 eV, 135.3 eV, 143.7 eV, 533.2 eV 근방에서 모두가 관찰되었다. 이로 보아 형성된 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막은

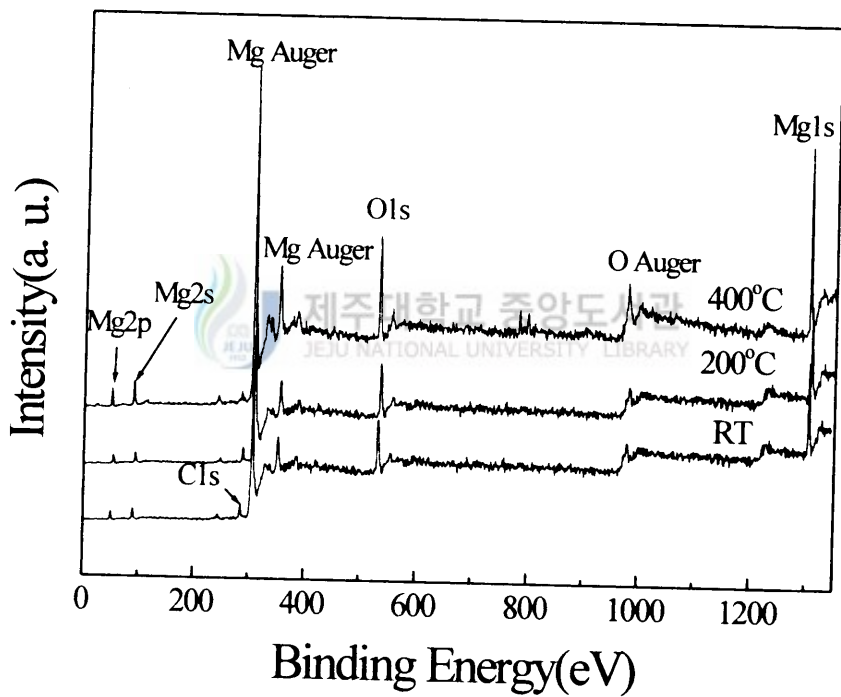


Fig. 10 XPS wide-scan spectra of MgO thin films.

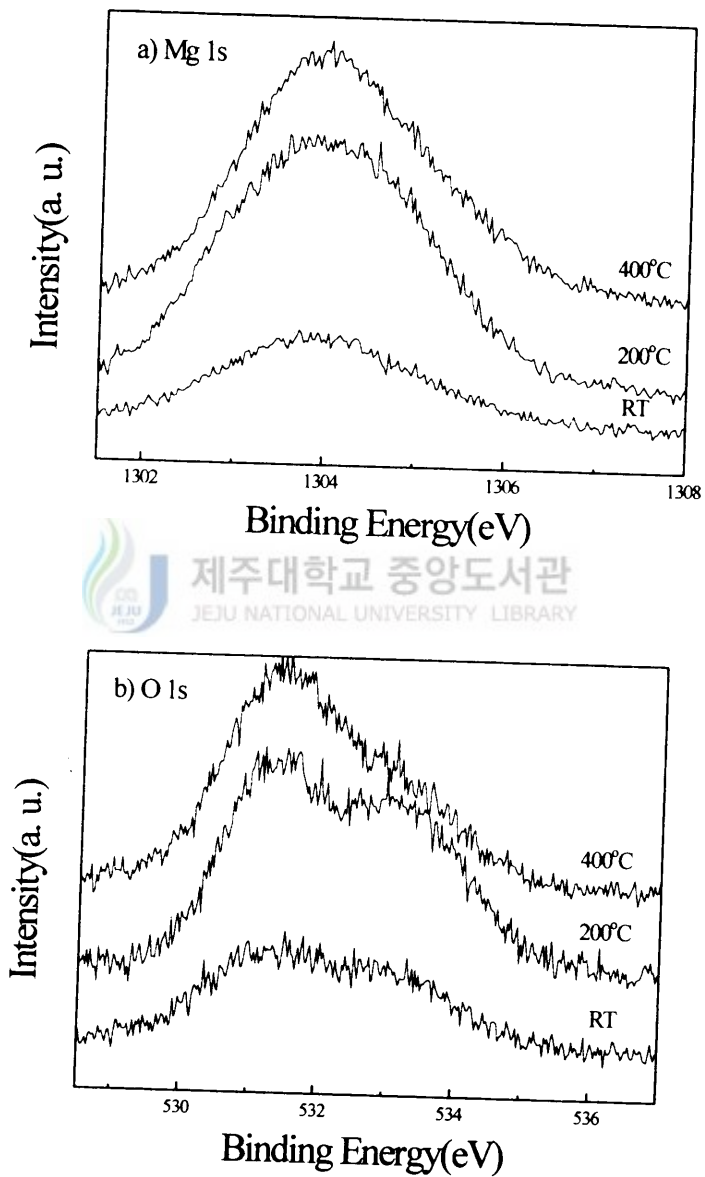


Fig. 11 XPS narrow-scan spectra of MgO thin films.

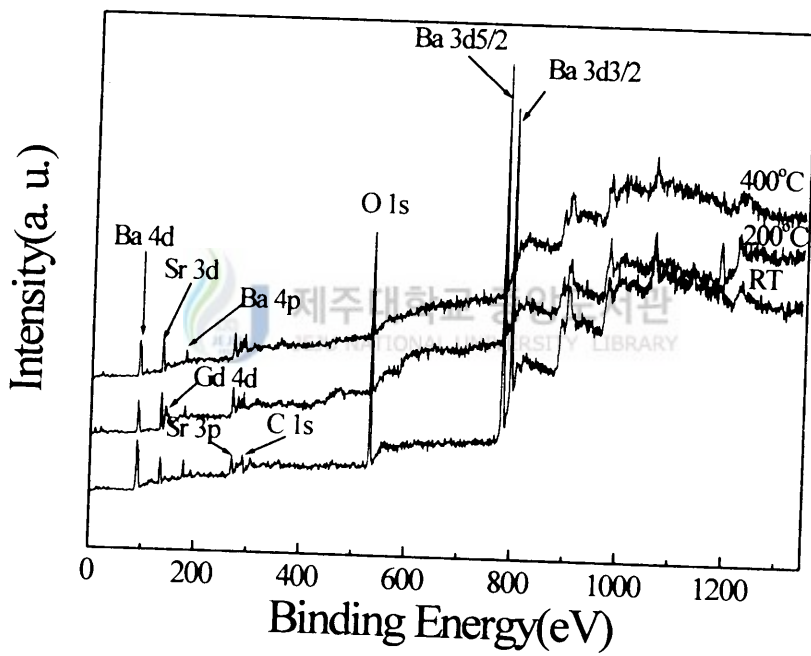


Fig. 12 XPS wide-scan spectra of $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4$ thin films.

Ba, Sr, Gd 그리고 O의 원소로 결합되어 있음을 알 수 있다. 열처리 온도가 증가할수록 피크의 강도가 증가하였다.

그림 13은 그림 12의 시료중 400°C로 열처리한 시료의 depth profile에 따른 Ba 3d, Sr 3d, Gd 4d, O 1s의 궤도전자 결합상태를 조사하기 위한 narrow scan 스펙트럼이다. 표면에서 막 내부로 스퍼터링 해 감에 따라 결합에너지 값은 전반적으로 감소하는 경향을 보였다. O 1s 궤도전자에 대한 narrow scan spectrum을 보면 Ba 와 O의 결합으로 보이는 O 1s(530.8 eV) 피크가 관찰되었다(Moulder 등,1995). Ba 3d 궤도전자는 3d_{3/2}(795 eV)와 3d_{5/2}(781 eV)를 가지는데 그림 13의 (a)에서 보는 것과 같이 깊이에 따라 Ba 3d_{3/2}는 2.2 eV 에서 2.5 eV 정도 궤도전자의 결합에너지가 높은 쪽으로 화학편이 되었으며, Ba 3d_{5/2}는 0.9 eV 에서 1.3 eV 정도 궤도전자의 결합에너지가 높은 쪽으로 화학편이 되었다. Ar⁺ ion으로 스퍼터링 하지 않은 시료에서 Ba 3d_{3/2}과 Ba 5d_{3/2} 궤도전자에 대한 결합에너지는 약 2.5 eV 와 1.3 eV 정도 화학편이가 일어났으나, 약 20 Å/min 으로 Ar⁺ ion으로 16분간 스퍼터링된 후 Ba 3d_{3/2}과 Ba 5d_{3/2} 궤도전자에 대한 결합에너지가 2.2 eV와 0.9 eV로 화학편이가 일어남을 볼 때 시료의 표면에서 결합상태와 다름을 알 수 있다. 이것은 Ba 원소가 표면에서 O와 결합되어 있음을 의미한다. Sr 3d_{3/2} 궤도전자의 결합에너지는 136 eV이다. 그러나 그림 13의 (b)에서 보는 것과 같이 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막의 깊이에 따라 변화가 없으나 3d_{5/2} 궤도전자 결합에너지는 134 eV와 비교할 때 결합에너지가 약 1.1 eV에서 2.0 eV 정도 화학편이가 일어남을 볼 수 있다. Gd 4d_{5/2} 궤도전자인 경우 결합에너지가 140 eV이다. 그러나 형성된 보호막의 깊이에 따라 2.9 eV에서 3.7 eV 정도로 화학편이가 일어났다. 이와 같은 화학편이는 성분원소간의 결합에 의한 전자 천이에 의한 것이다. 따라서 형성된 보호막은 그림 12의 결과와 같이 Ba, Sr, Gd 그리고 O의 원소로 결합되어 있는 것으로 생각된다.

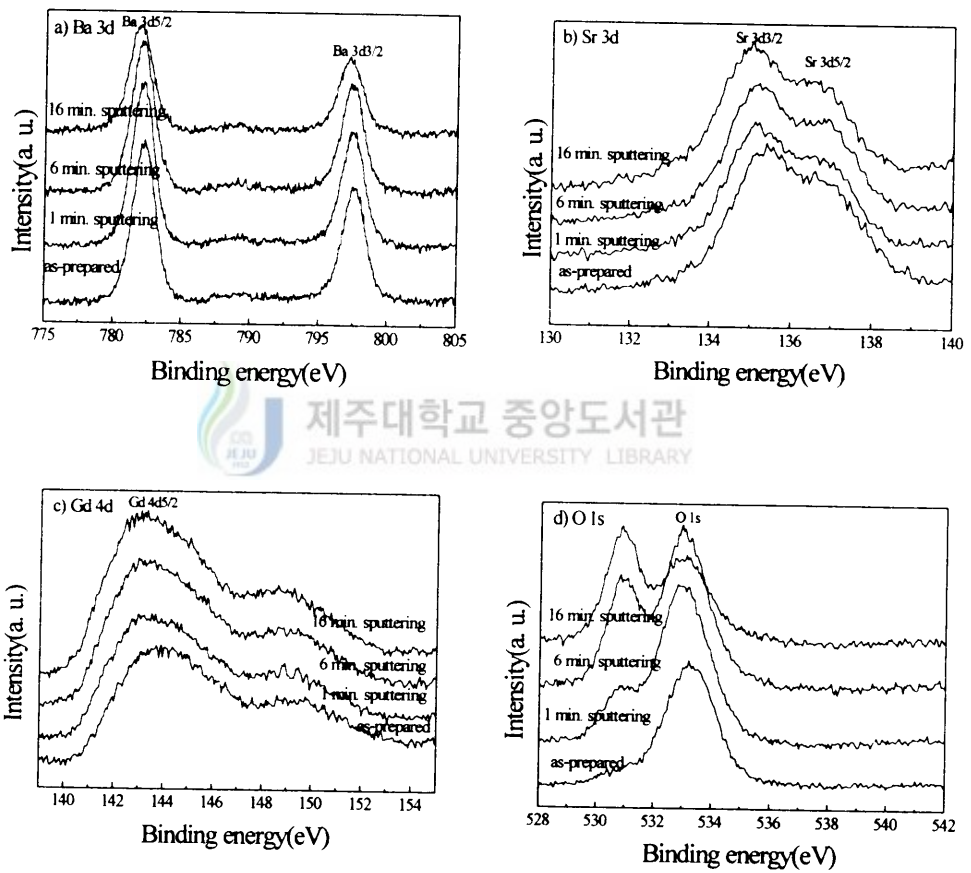


Fig. 13 XPS narrow-scan spectra of $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4$ thin films.

4. 보호막의 표면상태 및 굴절률

1) MgO 및 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막의 표면 상태

MgO 보호막의 표면상태를 FESEM(Field Emission Scanning Electron Microscope)을 이용하여 살펴보았다. 그림 14에서 보는 바와 같이 열처리를 하지 않은 MgO 보호막의 표면은 치밀하지 못하나, 열처리온도를 높여감에 따라 표면이 치밀해 짐을 관찰할 수 있었으며 void 및 crack 은 관찰되지 않았다. MgO 보호막의 결정성과 표면상태가 중요한 것은 MgO 보호막 상부에 적층된 막의 성질에 큰 영향을 미치기 때문이다. 보호막의 특징 중 굴절율은 막의 성분 및 밀도에 크게 의존하므로, 굴절률로부터 밀도를 예측할 수 있다. 보호막의 밀도는 AC-PDP보호막이 내식각율을 높이는 데 가장 중요한 변수 중의 하나이다.

그림 15는 그림 14의 시료를 ellipsometer와 AFM에 의한 굴절률과 표면 거칠기를 나타낸 것이다. Bulk MgO의 경우 굴절율은 1.736 이지만 실측된 값은 이것보다 작아, 400℃에서 열처리한 시료의 경우, 1.724의 값을 가졌다. 이는 MgO 내의 약간의 미세 결합들이 존재하기 때문으로 생각된다. 또한 AFM을 이용하여 측정한 표면 거칠기 값은 굴절율이 커짐에 따라 감소하는 경향을 보였다.

그림 16은 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막의 표면상태를 알아보기 위해 100K 배율로 확대한 SEM사진이다. 열처리를 하지 않은 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막이 300℃로 열처리를 한 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막보다 표면이 좀더 부드럽고 균일하며, 결합이 보이지 않으나 결정립의 형성을 확인할 수는 없었다. 열처리 온도가 300℃인 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막은 표면상태가 거칠어지고 약간의 void가 관찰되지만, 결정의 grain 영역이 20nm 정도로 커지고 그 크기가 균일해 짐을 알 수 있다.

3) MgO 및 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 보호막의 내식각성

보호막이 플라즈마에 노출되었을 때의 표면거칠기를 알아보기 위하여 Ar⁺ 이온의 밀도가 약 10¹²cm⁻³인 500W의 플라즈마에 약 30분 가량 sputtering 시켜보았다. 그림 17은 400℃의 열처리 조건으로 형성된 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 보호막의 스퍼터링 전후의

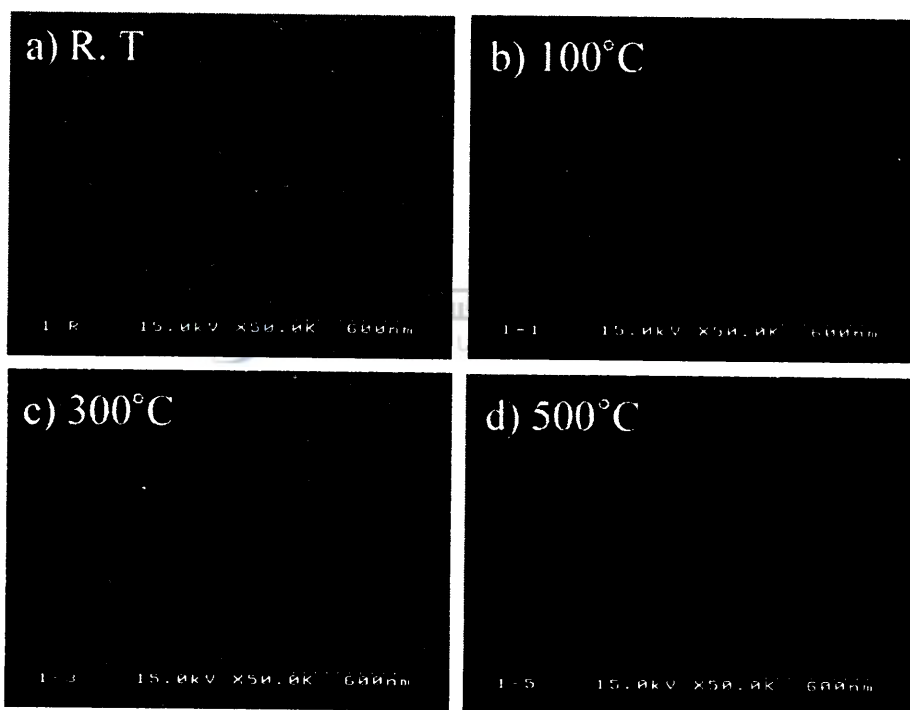


Fig. 14 SEM images of MgO thin films.

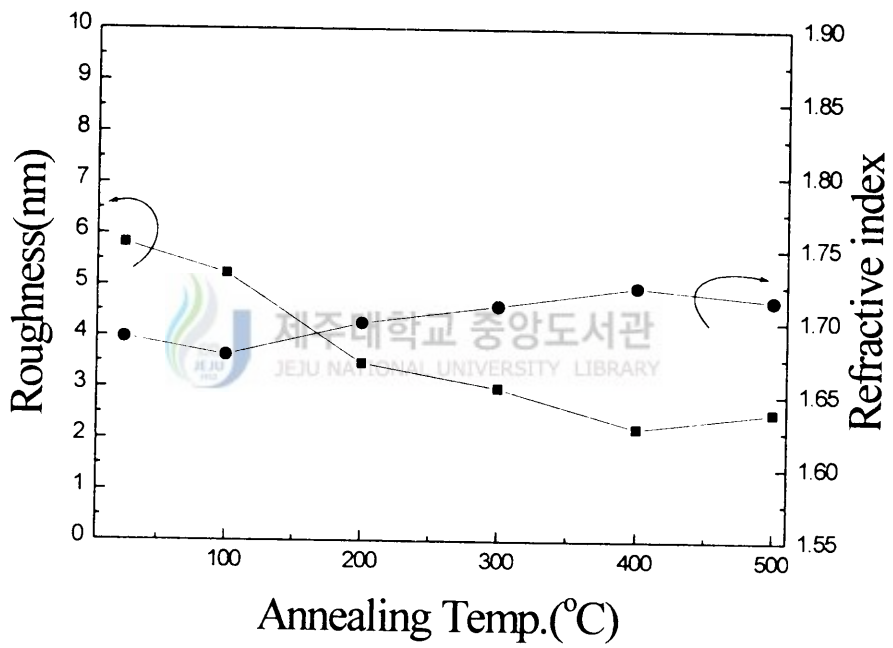


Fig. 15 Refractive index and roughness of MgO thin films.

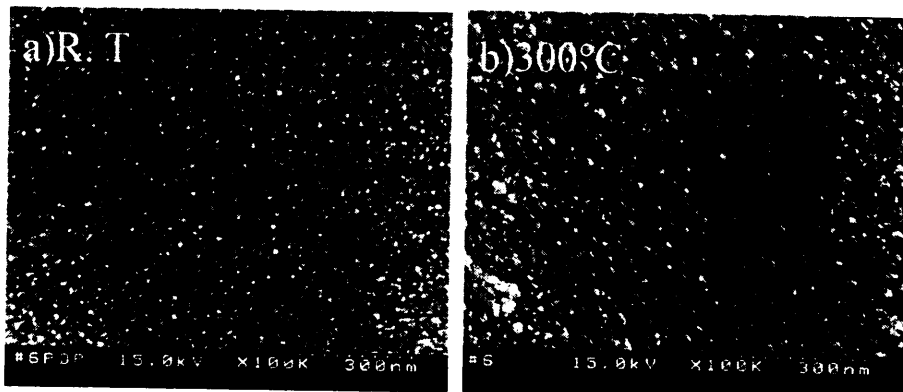


Fig. 16 SEM images of $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4$ thin films.

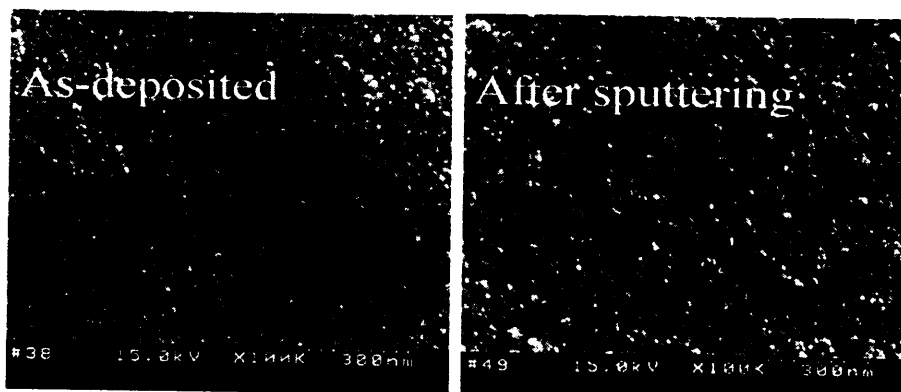


Fig. 17 SEM images of $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4/\text{MgO}$ thin films.

표면 SEM 사진이다. 스퍼터링 후의 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막의 표면상태는 스퍼터링 전과 비교할 때 다소 거칠어 졌으나 crack은 거의 관찰되지 않았다.

그림 18은 열처리 온도에 따라 형성된 MgO 및 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막을 같은 조건에서 식각 한 후, 식각 전과 후의 두께를 비교하여 분당 식각율로 나타내었다. MgO 보호막의 경우가 최소값으로 $4\text{\AA}/\text{min}$ 의 스퍼터링 비율을 보였으며, $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막은 열처리 온도가 증가됨에 따라 선형적으로 감소하여 400°C 에서 형성된 보호막의 경우 MgO 보호막보다는 조금 큰 $4.5\text{\AA}/\text{min}$ 의 식각율을 보였다. 이것은 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4$ 보호막의 결정성에 관계되는 것으로 보이며, $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4$ 보호막이 MgO 보호막보다 결정성이 우수하지 않음을 알 수 있고 XRD 결과와 일치한다.

그림 19는 그림 18의 시료에 대한 표면거칠기를 나타낸 것이다. MgO 및 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막 모두 열처리 온도에 따라 표면거칠기가 선형적으로 감소하였으며, 400°C 의 열처리를 한 시료인 경우 MgO 보호막은 5nm 정도이고, $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막인 경우는 8nm 정도의 거칠기 값을 가졌다. 식각 전과 후를 비교한다면, 식각 후에 MgO 및 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막 모두 표면 거칠기가 조금씩 증가했으며, $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막이 순수 MgO 보호막 보다 표면거칠기가 다소 거칠어졌으나 그 차이는 거의 없다.

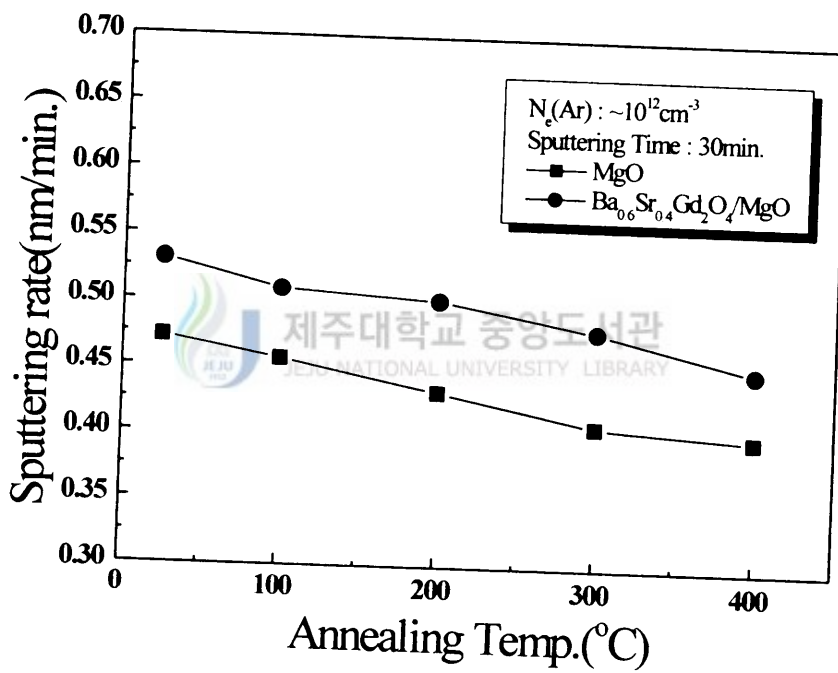


Fig. 18 Sputtering rate of MgO and $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4/\text{MgO}$ thin films.

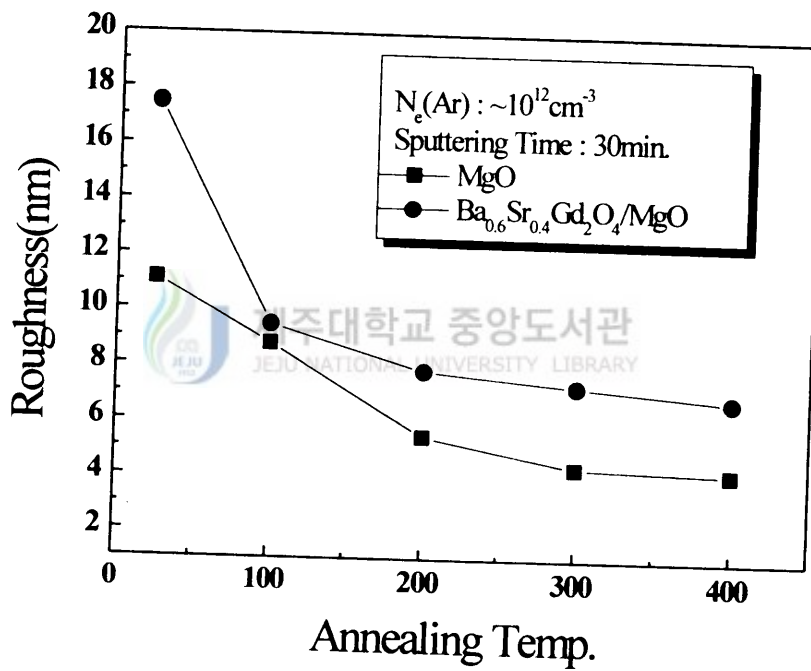


Fig. 19 Roughness of MgO and $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Gd}_2\text{O}_4/\text{MgO}$ thin films after sputtering.

5. 보호막의 2차전자 방출계수 및 광 투과율

보호막의 방전전압과 2차전자 방출계수는 서로 밀접한 관계가 있다. 실제 측정된 자료를 가지고 상호 연관성을 정리할 필요가 있다. PDP 유전체 보호막의 이차전자 방출계수가 크면 플라즈마 밀도가 증가되어 VUV 강도가 증가되기 때문에 효과적으로 방전개시전압을 낮출 수 있다.

그림 20은 MgO, Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 그리고 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 보호막에 대한 2차전자 방출계수를 가속전압에 따라 나타낸 그래프이다. 그림에서 보는 바와같이 열처리 온도를 400℃로 하여 증착된 MgO 보호막은 2차전자 방출계수가 0.012에서 0.061로 증가하였고, 400℃로 하여 증착된 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막은 0.019에서 0.101로 나타났다. Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 보호막은 200℃로 열처리한 경우에는 0.023에서 0.110로 증가하였고, 400℃로 열처리한 경우는 0.034에서 0.131로 각각 가속전압이 증가함에 따라 선형적으로 증가하였다. 이 그림으로 부터 열처리 온도가 증가함에 따라 2차전자 방출계수가 증가함을 알 수 있다. 이 것은 XRD 결과에서 알 수 있듯이 보호막의 결정성에 의한 것으로 생각된다. 특히 가속전압이 150 V 일 때 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 보호막의 2차전자 방출계수가 0.110(200℃), 0.131(400℃)로 MgO 보호막 보다 우수하게 나타났다. 이 결과는 알카리토금속-희토류원소 산화물로 이루어진 보호막들의 일 함수가 MgO 보호막 보다 작기 때문이라고 생각된다.

그림 21은 MgO와 알카리토금속-희토류원소 산화 화합물로 이루어진 보호막의 광투과율을 측정한 그래프이다. 모든 보호막의 가시광 투과율은 85%이상으로 양호하게 나타났다.

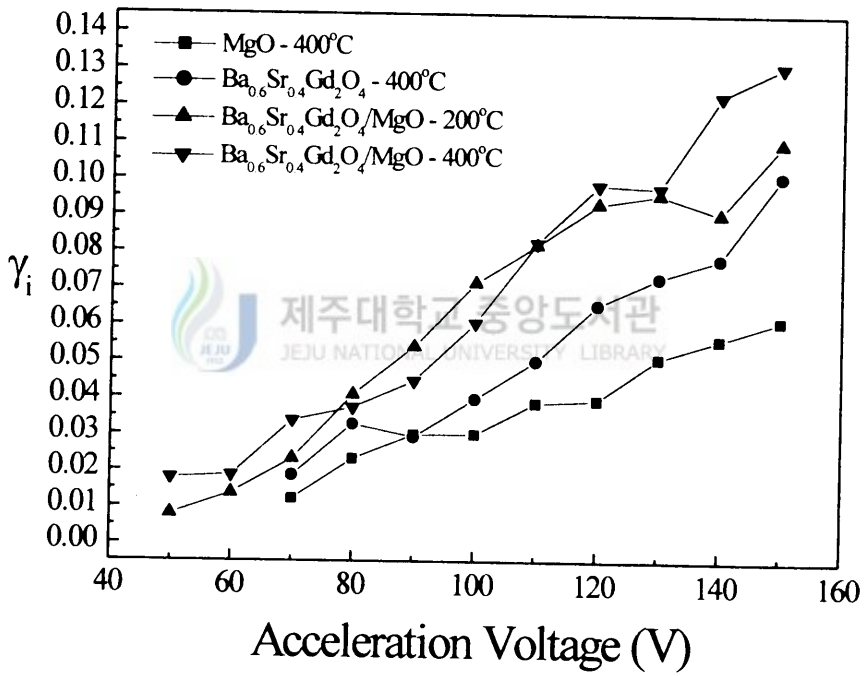


Fig. 20 Secondary electron emission coefficients of thin films.

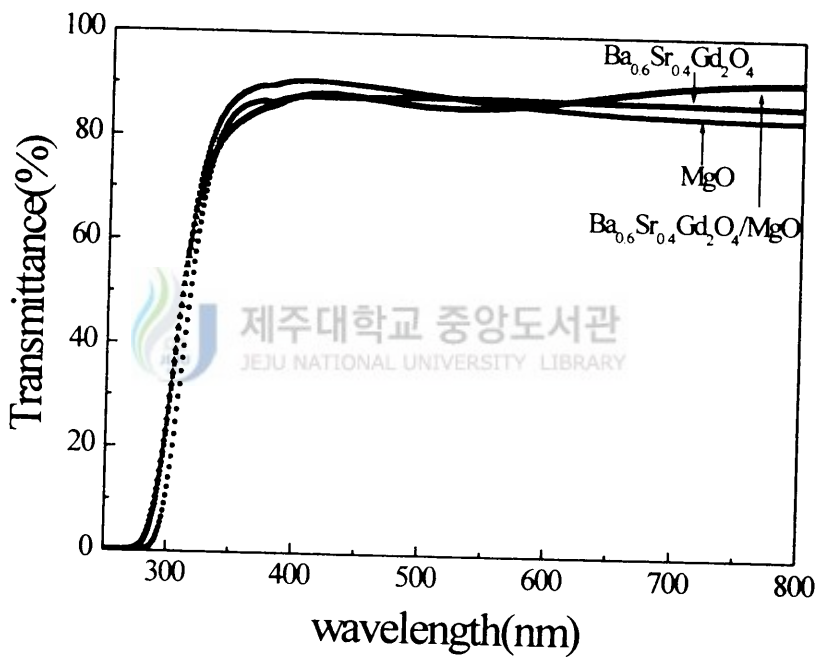


Fig. 21 Transmittance of thin films.

6. 보호막의 방전특성

표 1에서와 같이 MgO 보호막인 경우 증착 중 400℃, 그리고 in-situ 후열처리를 400℃로 60분 수행한 panel의 경우, 200℃ 열처리한 panel에 비하여, 방전개시전압은 185.4 V에서, 183.4 V로, 방전개시 전압은 163.6 V에서 161.6 V로 낮아졌으며, 전압마진은 각각 21.8 V, 21.1 V로 측정되어 방전특성이 열처리온도에 의존함을 알 수 있다. MgO 보호막의 결정화를 위한 열처리 시간과 온도가 높을수록, 그리고 열처리 시 고진공일수록 방전전압이 저하됨을 예측할 수 있는데, 이는 MgO 표면이 대기 중에 노출 시 흡착할 수 있는 O₂, OH, CO₂ 등이 배기되어 표면이 깨끗할 것이기 때문이며, 또한 MgO 자체의 결정화에 따른 고밀도의 막이 형성됨에 기인한다고 생각할 수 있다.

표 2 에서와 같이 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄막은 증착중 200℃, in-situ 후열처리를 200℃ 60분 수행한 panel의 경우, 200℃ 30분 후열처리를 행한 panel보다 방전개시전압은 227.6 V에서 202.7 V로 15.0 V, 방전유지전압은 192.3 V에서 157.8 V로 34.5 V 낮아졌다. 증착중 400℃, in-situ 후열처리를 400℃ 60분 수행한 panel의 경우, 400℃ 30분 후열처리를 행한 panel보다 방전개시전압은 194.0 V에서 190.4 V로 4.4 V, 방전유지전압은 171.0 V에서 169.4 V로 1.6 V 낮아졌다. 이것은 MgO 보호막에서 나타난 바와 같이 방전특성이 열처리 시간과 온도에 관련됨을 알 수 있다.

표 3에서 MgO 위에 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄막이 적층된 경우도 다른 보호막에서와 같이 열처리 온도 및 시간에 따라 방전특성이 향상됨을 알 수 있다. 증착중 200℃, in-situ 후열처리를 200℃ 60분 수행한 panel의 경우, 200℃ 30분 후열처리를 행한 panel보다 방전개시전압은 213.9 V에서 207.0 V로 6.9 V, 방전유지전압은 197.6 V에서 173.0 V로 23.6 V 낮아졌다. 증착중 400℃, in-situ 후열처리를 400℃ 60분 수행한 panel의 경우, 400℃ 30분 후열처리를 행한 panel보다 방전개시전압은 203.0 V에서 193.4 V로 9.6 V, 방전유지전압은 178.0 V에서 175.6 V로 2.4 V 낮아졌다.

이상의 결과에서 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ 보호막과 Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO 보호막이 방 MgO 보호막보다 방전개시전압 및 방전유지전압이 높게 측정되었는데 이는 XRD 결과에서 보여지듯 결정성에 기인한 것으로 생각된다. 그러나 방전 마진, 휘도 및 효율 등에서

는 MgO보호막 보다 우수하게 나타났다. 따라서 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4$ 보호막과 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막에 대한 최적의 증착조건을 찾아내어 결정성을 확보한다면 AC-PDP 보호막으로서의 적용가능 할 것으로 생각된다.



Table 1 Discharge characteristics of MgO thin films.

Annealing Time(min.)	Annealing Temp. (°C)	$V_{min}(V)$	$V_{smax}(V)$	Voltage Margin(V)	Operation Voltage(V)	Luminance (cd/m ²)	Average Discharge Current(nA)	Efficiency (lm/W)
30	200	182.7	166.5	16.2	178	262.8	37	0.5223
	400	-	-	-	-	-	-	-
60	200	185.4	163.6	21.8	174.5	341.6	60.6	0.5074
	400	183.4	161.6	21.1	172	333.9	61.2	0.4983

Table 2 Discharge characteristics of Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄ thin films.

Annealing Time(min.)	Annealing Temp. (°C)	$V_{min}(V)$	$V_{smax}(V)$	Voltage Margin(V)	Operation Voltage(V)	Luminance (cd/m ²)	Average Discharge Current(nA)	Efficiency (lm/W)
30	200	217.6	192.3	35.3	210	344.8	32.8	0.6553
	400	194	171	23	180	148	18.6	0.4629
60	200	202.7	157.8	44.9	180	378	70.6	0.4672
	400	190.4	169.4	21	180	345.6	57.4	0.5254

Table 3 Discharge characteristics of Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd₂O₄/MgO thin films.

Annealing Time(min.)	Annealing Temp. (°C)	$V_{min}(V)$	$V_{smax}(V)$	Voltage Margin(V)	Operation Voltage(V)	Luminance (cd/m ²)	Average Discharge Current(nA)	Efficiency (lm/W)
30	200	213.9	197.6	16.3	205	196.8	27.4	0.4586
	400	203	178	25	190	147.6	31.4	0.3238
60	200	207	173	34	190	404.2	78	0.4184
	400	193.4	175.6	17.8	184.5	372.6	62.4	0.5084

V. 결 론

AC-PDP의 보호막으로서 MgO 보호막 및 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4$ 보호막, $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막을 e-beam 증착법으로 형성하였다. 증착된 보호막의 결정성, 내식각율, 2차전자 방출계수, 광 투과율 및 방전특성에 대해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. MgO 나 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4$ 원재료의 결정성은 우수하나 증착된 보호막은 결정화가 잘 이루어지지 않았다.
2. MgO 보호막과 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막의 식각률을 측정한 결과 400℃에서 열처리한 보호막의 식각률이 각각 4Å/min 및 4.5Å/min 정도로 낮았다. MgO 보호막의 굴절율은 400℃에서 열처리했을 때 1.724로 bulk MgO(1.736)에 비슷했다. MgO 보호막 및 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막의 30분간 식각 후 표면 거칠기는 열처리 온도가 증가함에 따라 감소했으며, 400℃에서 열처리한 MgO 보호막 및 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막은 각각 5 Å, 8 Å 정도였다.
3. 보호막이 2차전자 방출계수는 MgO 보호막보다 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4$, $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막이 높게 나타났으며, 특히 400℃ 열처리한 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막에서 콜렉터 전압이 50 V일 때 2차전자 방출계수 값이 0.034로 가장 높게 나타났다.
4. 모든 보호막의 광투과율은 85%이상으로 나타났다.
5. 방전개시전압은 200℃에서 열처리한 MgO 보호막이 182.7 V를 보였고, 방전유지 전압은 400℃에서 열처리한 MgO 보호막에서 161.6 V 로 나타났다. 전압마진 및 효율은 200℃에서 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4$ 보호막에서 45 V, 0.6553 lm/W 로 우수했다. 또한 휘도는 200℃에서 열처리된 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}Gd_2O_4/MgO$ 보호막이 404.2 cd/m²로 가장 우수했다.

참고 문헌

- Aboelfotoh, M. O. and J. A. Lorenzen, Influence of secondary-electron emission from MgO surfaces on voltage-breakdown curves in Penning mixtures for insulated-electrode discharges., J. of Appl. Phys. Vol. 48, No. 11, 1977.
- Ahn, S. I., K. Yoshida, M. Sawa, H. Uchiike, W. T. Park and J. M. Kim, Proceeding of Asia Display 98, 397, 1998.
- Boeuf, J. P., C. Punset, A. Hirech and H. Doyeux, Physics and Modeling of Plasma Display Panels., Journal de Physique III, 1998.
- Choi, E. H., H. J. Oh, Y. G. Kim, J. J. Ko, J. Y. Lim, J. G. Kim, G. S. Cho and S. O. Kang, Measurement of Secondary Electron Emission Coefficient(γ) of MgO Protective Layer with Various Crystallinities., Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 37, 1998.
- Hagstrum, H. D., Phys. Rev., 96, 336, 1954.
- Hagstrum, H. D., Phys. Rev., Theory of Auger Neutralization of Ions at the Surface of a Dimond-Type Semiconductor., Vol. 122, No. 1, 1961.
- JCPDS, 19-0889, 42-1496, 1995.
- 조진희, 김락환, 김정렬, 이유기, 김희재, 박종완, PDP 보호막용 MgO 박막의 저전압 특성에 미치는 알카리토금속산화물 첨가 효과., 한국재료학회지, Vol. 9, No. 5, 1999.
- 조진희, 김락환, 박종완, 교류형 PDP 보호막용 MgO-CaO 박막의 광학적 특성과 전기적 특성., 한국재료학회지, Vol. 9, No. 6, 1999.
- Kang, M. S, K. M. Lee, J. C. Byun, D. S. Kim, C. K. Choi, J. Y. Lee and K. H. Kim, Formation and Characterization of the MgO Protecting Layer Deposited by Plasma-Enhanced Metal-Organic Chemical-Vapor Deposition., J. Korean Phys. Soc. Vol. 35, 1999

- Koiwa, I., T. Kanehara and J. Mita, Application for Alkaline-Earth-Metal and Rare-earth-Element Compound-Oxide Formation Solutions to a Protective Layer for AC-type Plasma Display Panel., IEICE Trans. Electron., E-79-C, No. 11, 1608~1617, 1996.
- Makino, M., T. Yoshioka, M. Ueoka and T. Saito, Non-uniform electric field influence on firing voltage of surface discharge AC-PDPs., International Display Workshop(IDW'96), 1996.
- Meek J. M. and J. D. Craggs, Electrical Breakdown of Gases, Oxford, England: Clarendon Press, pp. 80-83, 1953.
- Moulder, J. F., W. F. Stickle, P. E. Solbol and K. D. Bomben, Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy, Physical Electronics, Inc., 1995.
- Samsonov. G. V., The Oxide Hand Book, IFI Plenum Data Company, New York, Chaps. 2,5., 1982.
- Shinoda, T., H. Uchiike and A. Andoh, IEEE Trans. Electron Devices 26, 1163, 1979.
- Son, C. Y., J. H. Cho and J. W. Park, Stoichiometry dependecy of the firing and sustain voltage properties of MgO thin films for alternating current plasma display panels., J. Vac. Sci. Technol. A, 17, 5, 1999.
- Uchiike, H., K. Miura, N. Nakayama, T. Shinoda and Y. Fukushima, Secondary Electron Emission Characteristics of Dielectric Materials in AC-Operated Plasma Display Panels., IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-23, 1211-1217, 1976.
- Urade, T., T. Iemori M Osawa, N. Nakayama and I. Morita, A protecting layer for the dielectric in AC plasma panels., IEEE Trans. Electron Devices, Vol. 23, No. 3, 1976.
- Van der Ziel, A., Solid State Physical Electronics, 1957.
- 月刊 電子部品, 96년 11월호, 47, 1996.
- 황기웅, PDP의 일반원리, 전자디스플레이 제2권, 1996.

Yosida, K., H. Uchiike and M. Sawa, Fundamental Characteristics of MgO Film and Their Influence on the Operation of Plasma Displays., IEIECE Trans. Electron., Vol. E82-C, No. 10, 1999.

