

RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용한 MgO 박막의 특성에 관한 연구

정연우*, 윤차근, 황기웅
서울대 전기공학과

A Study on the Characteristics of MgO Thin Film Prepared by RF Magnetron Sputtering Method

Yeon-woo Jung, Cha-Keun Yoon, Ki-Woong Whang
Dep. of Electrical Engineering, Seoul National Univ.

Abstract : Thin films of magnesium oxide(MgO) were deposited on glass substrates by RF magnetron sputtering method. The characteristics of MgO thin films were analyzed as a function of various deposition conditions such as substrate temperature, substrate self-bias, input power and pressure. As the substrate temperature and bias voltage were increased, the grain size of MgO thin film increased. XRD peaks of (111) and (222) direction became dominant, as the substrate bias voltage increases and temperature decreases.

1. 서 론

교류 플라즈마 디스플레이 패널(AC Plasma Display Panel)의 구조는 전극의 표면에 유전체가 도포되어서 전하의 축적에 의한 고유의 메모리 특성을 가진다. 그러나, 이 유전체막은 방전시 플라즈마 내의 이온 충격에 의하여 쉽게 스퍼터링되어 디스플레이 패널의 수명을 단축시킨다. 이를 방지하기 위하여, 유전체 표면에 스퍼터링에 강한 물질을 코팅하여 패널의 수명을 연장해야 할 필요가 있다. 또한, 이 유전체 보호막이 높은 2차전자방출계수를 가질 경우, 방전개시전압 및 방전유지전압을 낮출 수 있다.

유전체 보호막의 물질로는 많은 물질들이 연구되어 왔으며, 일반적으로 큰 결합에너지와 균일하고 안정한 특성을 가지는 산화물 계열의 막이 주류를 이루고 있다. 그 중에서 마그네슘 옥사이드(MgO)는 안정적인 NaCl구조에 격자상수가 4.21Å으로 화학적으로도 안정하다. 그리고, 굴절율도 가시광선 영역에서 1.73으로 상당히 낮은 값을 가지고 있으므로 전면기판의 투명유전체 보호막으로 적합하다. 또한, 2차전자방출계수도 비교적 높은 값을 가지는 것으로 알려져 있다. 따라서, 최근의 유전체 보호막의 연구는 MgO박막에 주안점을 두고 있다.

MgO를 얻는 방법으로는 전자빔 증착법(E-Beam Evaporation), 이온 플레이트팅법(Ion plating method), 마그네트론 스퍼터링법(magnetron sputtering method) 등이 있다. 본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 MgO 박막을 증착하고, 그 특성을 분석하였다.

RF 마그네트론 스퍼터링은 일반적인 스퍼터링법이 갖는 단점인 낮은 증착속도를 개선한 것으로, 타겟의 내부에 강한 자장을 발생시키는 영구 자석을 배치하고 RF 전원을 인가하면, 타겟에서 나온 전자가 자장 때문에 전극 주위에 갇혀 나선운동을 하게 되어 전자의 손실이 줄어들며, 그 결과로 이 전자들이 기체분자와 충돌하는 확률이 증가하게 되어 보다 많은 이온들을 만들어 낼 수 있게 된다. 타겟 근방에 활동하는 전자

의 수가 많다는 것은 타겟 근방에 보다 많은 이온들을 생성하는 것을 의미하며, 그 결과 낮은 압력에서도 효과적으로 스퍼터링이 가능하며 보다 빠른 속도로 박막을 증착할 수 있다.

본 논문에서는 RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 기판 온도, 공정압력, 기판 바이어스, 입력전력 등을 변화시키면서 MgO 박막을 증착하였고, 그에 따른 증착 속도, 결정성, 표면 morphology 등의 경향성을 파악하였다.

2. 실험 장치 및 방법

그림 1.은 실험에 사용된 장비를 개략적으로 나타낸 것이다. 마그네트론은 Nd-Fe-B 영구자석을 방사상으로 배치하여 제작하였으며, 과열로 자장이 사라지는 것을 방지하기 위하여 냉각수를 흘렸다. 타겟은 순도 99.95%의 6인치 MgO(SS-243-X1, CERAC)를 사용하여 스퍼터링하였다. 기판은 PDP 실험용 패널의 크기에 맞게 6cm×9cm의 유리를 장착할 수 있도록 만들었다. 기판 가열장치는 기판 지지대 아래에 위치하며, 할로겐 램프로 가열이 되게 구성되었으며, 기판의 온도제어는 thermocouple로 측정된 온도를 히터제어기에서 읽어 일정하게 유지되도록 하였다. 시스템에는 Load-lock 챔버가 설치되어서 Robot-arm에 의해서 시편을 로딩할 수 있으며, 프로세스 챔버가 외부 공기로부터 오염되는 것을 방지하여 높은 청정도를 유지하고 실험 후에 뜨거운 시편이 공기와 접촉하여 막의 표면이 수산화(-OH)되는 것을 막을 수 있도록 하였다. Load-lock 챔버에는 터보 분자펌프, 프로세싱 챔버에는 Cryo 펌프가 각각 장착되어 10⁻⁶Torr의 초진공 상태가 가능하도록 하였다. MgO박막 증착에 사용된 기판으로는 corning glass(7095F, CERAC)를 이용하였다. 막을 증착하기 전에 기판의 세척은 아세톤과 메탄올로 각각 10분 간 초음파세척을 한 후에 질소로 건조시키고 즉시 증착하였다. 그리고, 증착 전에 20분 간 프리스퍼터링(pre-sputtering)으로 표면을 세정하여 막의 접착성이 우수하게 하였다. 증착시에 가스는 아르곤(Ar)만을 이용하였으며 유량은 모든 실험에서 40sccm으로 일정하게 하였다. 챔버 내의 압력은 throttle 밸브, 압력센서, 제어기에 의해서 항상 일정하게 유지되도록 하였으며, 증착시간은 1시간으로 하였다. 그리고, 타겟과 기판 사이의 거리를 5cm로 일정하게 유지하였다.

3. 실험 결과 및 토론

3.1. 증착 속도(Deposition Rate)

기판 온도, 기판에 인가되는 RF 전원에 의한 바이어스의 크기, 공정압력, 입력전력(Main Power) 등에 따른 MgO박막의

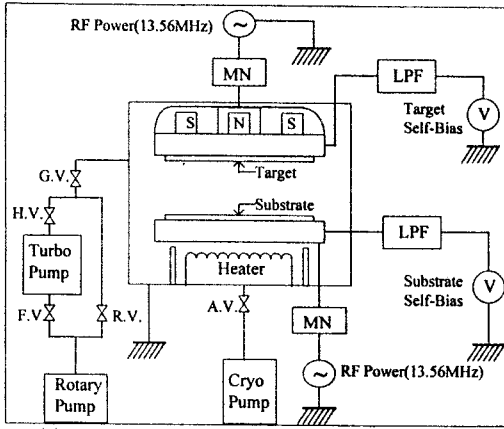


그림 1. RF 마그네트론 스퍼터링 장치의 개략도

증착 속도는 증착된 막의 두께를 측정하여 구하였다.

그림 2.a는 기판 온도에 따른 증착 속도를 나타내었다. 온도가 증가함에 따라 증착 속도가 감소하는데, 이는 기판의 온도가 상승함에 따라 표면확산(Surface Diffusion)이 활발해지고, 기판의 표면에서 재증발하는 입자가 많아지기 때문이다.

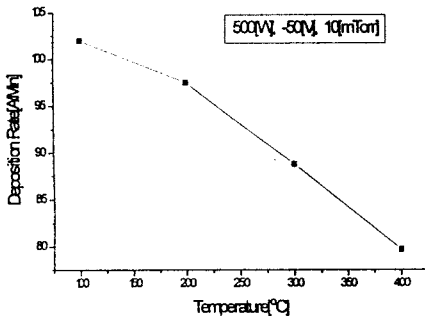


그림 2.a. 기판 온도에 따른 증착 속도

그림 2.b는 기판 바이어스에 따른 증착 속도를 나타낸 것인데, 높은 바이어스에서는 증착속도가 다소 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것은 증착된 MgO박막이 가속된 이온에 의해 재스퍼터링되기 때문이다.

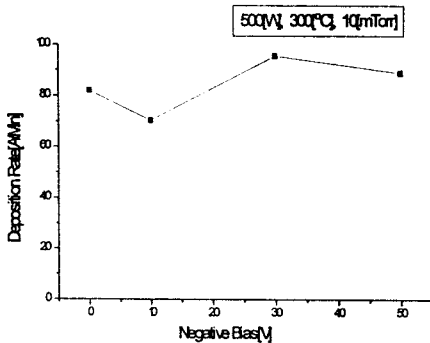


그림 2.b. 기판 바이어스에 따른 증착 속도

그림 2.c에 공정압력에 따른 증착 속도를 나타내었는데, 공정압력이 낮아짐에 따라 증착속도가 증가한다. 이는 공정압력이 높아짐에 따라 평균이동거리(Mean Free Path)가 짧아지므로 타겟을 출발한 MgO분자 중에서 기판에 도달하는 비율이 작아지기 때문이다.

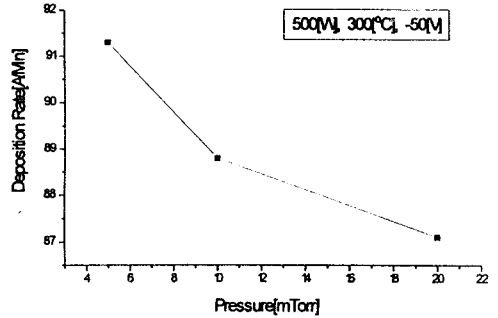


그림 2.c. 공정압력에 따른 증착 속도

그림 2.d는 입력전력에 따른 증착 속도를 나타내었는데, 입력전력에 따라 선형적으로 증가함을 알 수 있다.

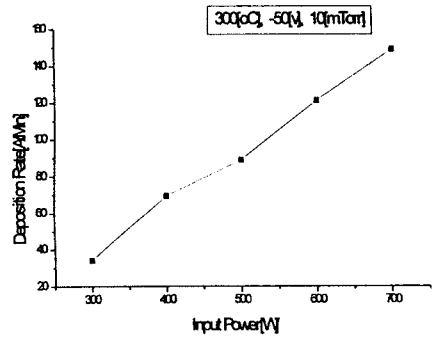


그림 2.d. 입력전력에 따른 증착 속도

3.2. 결정성 분석

니켈 필터와 구리(Cu) 발광을 사용하는 X선 회절(X-Ray Diffraction, XRD) 분석기를 이용하여 MgO박막의 결정성을 분석하였다. 기판은 결정성이 없는 유리이므로 분석결과 나타난 Peak는 MgO박막의 결정성을 의미한다. 그림 3.a는 입력전력 500W, 기판온도 300°C, 공정압력 10mTorr로 유지하면서 기판 바이어스에 따른 결정성의 변화를 나타낸다.

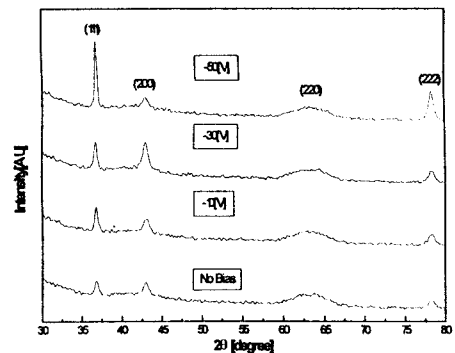


그림 3.a. 바이어스에 따른 결정성

바이어스가 증가함에 따라 결정방향은 (111)과 (222) 방향으로 우선 성장하는 것을 보여주고 있다. 이는 바이어스의 크기가 커지면, 권위차에 의해 가속된 이온들의 충돌에 의해 계면의 온도가 국부적으로 증가하게 되고, 표면 확산이 활발해져서 원자의 재배열이 쉽게 일어나기 때문에 결정성이 강한 성장을 보이는 것으로 생각된다.

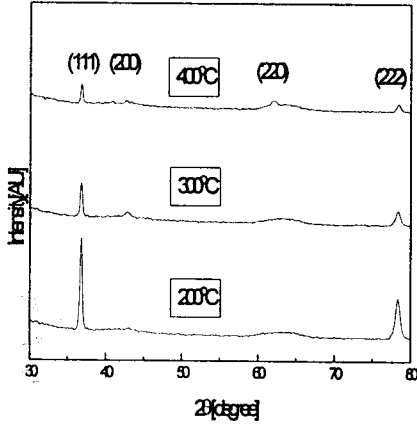


그림 3.b. 기판 온도에 대한 결정성

그림 3.b는 입력전력 500W, 기판 바이어스 -50V, 공정압력 10mTorr인 경우의 기판 온도에 따른 변화를 보여준다. 이 경우는 온도가 증가함에 따라 결정성의 크기가 전반적으로 작아진다. 그리고, 여전히 (111)과 (222) 방향이 우세하지만, (220) 방향으로도 박막이 성장한다.

3.3 표면 Morphology

시편의 표면을 FE-SEM(Field Emission-Scanning Electron Microscopy, HITACHI S-4200)을 이용하여 6만 배 확대하여 관찰하였다. 입력전력 500W, 기판 바이어스 -50V, 공정압력 10mTorr에서 기판 온도가 증가하면, 표면 확산이 활발해져 그레인의 크기가 증가한다. 특히, 기판 온도 400°C에 이르면 그레인의 크기가 대략 750Å 정도 된다.



그림 4.a. 기판온도 : R. T.

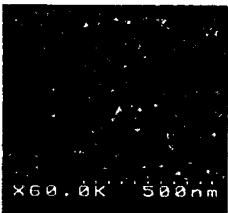


그림 4.b. 기판 온도 : 300°C

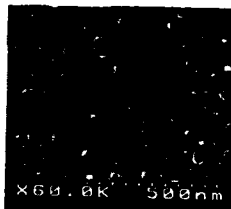


그림 4.c. 기판 온도 : 400°C

그림 5는 입력전력 500W, 기판 온도 300°C, 공정압력 10mTorr에서, 기판 바이어스의 변화에 따른 SEM 사진이다. 여기에서도 역시 같은 이유로 기판의 바이어스가 증가하면, 그레인의 크기가 커진다.



그림 5.a. No Bias



그림 5.b. 바이어스 : -10V

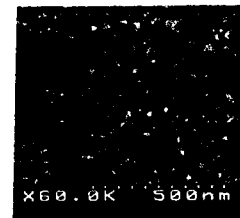


그림 5.c. 바이어스 : -50V

4. 결론

본 논문에서는 AC PDP에서 유전체의 보호막으로 이용되고 있는 MgO박막을 RF 마그네트론 스퍼팅법을 이용하여 유리 기판 위에 증착하였다. 기판 온도, 공정 압력, 기판 바이어스 및 입력전력 등의 변화에 따라 증착된 MgO 박막의 증착 속도, 결정성, 표면 morphology 등을 조사하였다. 증착 속도는 기판 온도와 공정 압력이 낮을수록, 입력 전력이 높을수록 커지는 경향성을 확인하였다. 그리고, 기판의 온도 또는 바이어스가 증가할수록 그레인의 크기가 커졌다. 특히, 기판에 인가되는 바이어스에 따른 MgO 박막의 결정성을 XRD를 통하여 조사하였으며, 막의 결정성은 기판의 바이어스가 증가할수록, 기판 온도가 낮을수록 (111)과 (222) 방향으로 우선 성장하려는 경향을 보였다.

참고문헌

- [1] J. L. Vossen and W. Kern, "Thin Film Processes", Academic(1978)
- [2] D. A. Glocker and S. I. Shah, "Handbook of Thin Film Process Technology", IOP Publishing(1995)
- [3] Yasuhisa Kaneko et al. "Preparation of MgO Thin Film by RF Magnetron Sputtering", Jpn. J. Appl. Phys. V.30, 1091-1092(1991)
- [4] 이영준·백성기, J. Korean Ceramic Society, V.31, 643-650(1994)
- [5] Hai Lin et al. , "Secondary Electron Emission Characteristics of protecting Materials for Plasma Displays by Ion Bombardment", ASID' 95, p70-74, 1995