

유도결합형 Ar/CH₄ 플라즈마를 이용한 ITO의 식각 특성에 관한 연구

박준용 · 김현수 · 권광호* · 김곤호** · 염근영

성균관대학교 재료공학과, *한서대학교, **한양대학교
(1999년 8월 31일 접수)

Etch characteristics of ITO (Indium Tin Oxide) using inductively coupled Ar/CH₄ plasmas

Joon-Yong Park, Hyeon-Soo Kim, Kwang-Ho Kwon,*
Gon-Ho Kim,** and Geun-Young Yeom

Department of Materials Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746, Korea

*Department of Electronic Engineering, Hanseo University, Seosan, 356-820, Korea

**Department of Physics, Hanyang University, Ansan, 425-791, Korea

(Received August 31, 1999)

요 약 - 본 실험에서는 고밀도 플라즈마를 이용하여 디스플레이 소자에서 투명 전도막으로 사용되고 있는 ITO(indium tin oxide)의 건식 식각 특성에 관하여 조사하였으며 이들의 식각 반응을 플라즈마 진단 및 표면 분석 장비를 이용하여 관찰하였다. Ar 분위기에서 적정량의 CH₄ 첨가시 플라즈마 상에서 생성된 H, CH₃ 라디칼에 의한 반응성 증가에 의해서 ITO의 식각 속도는 증가하였으나 과다 첨가시 CH₃에 의한 hydrocarbon 계열의 폴리머(polymer) 형성의 증가로 인하여 식각 속도는 감소하였다. 또한 source power 및 바이어스 전압의 증가에 따라 ITO의 식각 속도는 증가하나 하부층(SiO₂, Si₃N₄)과의 선택비는 감소하였다. 공정 압력을 증가시킬 경우 20 mTorr까지는 ITO의 식각 속도가 약간 증가를 보였으나 그 이상의 압력 증가는 식각 속도를 감소시켰다. XPS 분석으로부터 Ar분위기에서 CH₄ 가스를 과다하게 첨가시킬 경우 ITO 표면 위에 hydrocarbon 계통의 폴리머로 추측되는 잔류물을 관찰하였으며 이것이 ITO 및 하부층의 식각에 영향을 미치는 것으로 예측되었다.

Abstract - In this study, high-density plasma etching characteristics of ITO (indium tin oxide) films used for transparent electrode in display devices were investigated. Plasma diagnostic and surface analysis tools were used to understand etch reaction mechanism. The etch rate of ITO was increased by the increase of reactive radicals such as H and CH₃ with the addition of moderate amount of CH₄ to Ar. However, the addition of excess amount of CH₄ decreased possibly due to the increased polymer formation on the ITO surface being etched. The increase of source power and bias voltage increased ITO etch rates but it decreased selectivities over underlayers (SiO₂, Si₃N₄). The increase of working pressure up to 20 mTorr also increased ITO etch rates, however the further increased of the pressure decreased ITO etch rates. From the analysis of XPS, a peak related to the polymer of hydrocarbon was observed on the etched ITO surface especially for high CH₄ conditions and it appears to affect ITO etch rates.

1. 서 론

ITO 박막은 liquid crystal displays(LCDs), electroluminescent displays(ELDs)와 같은 디스플레이 소자에서 투명성 전극으로 사용되고 있다 [1]. 디스플레이 소자의 제조 기술에서 ITO 박막은 전기적 전도성과 광학적 투과도가 우수한 물성이 요구되어지며 이는 증착 방법에

크게 의존하게 된다. 따라서 증착 방법에 대한 많은 연구가 현재까지 진행되고 있으나 실제 소자에 적용하기 위해서는 증착 기술뿐만 아니라 재현성이 우수한 ITO 식각 기술도 매우 중요한 LCD 제조 공정 기술중의 한 가지이다. 식각 방법 가운데 습식 식각법은 ITO 식각에 현재 널리 사용되어져 왔으나 습식 식각이 등방성의 경향을 지니며 결정립계를 선택적으로 식각하는 경향이 있

으므로 차세대에 요구되는 ITO 미세 형상을 제작하는데 부적합하다. 또한 습식 식각에 의한 ITO의 식각 속도는 박막의 특성에 크게 의존하여 다결정 ITO의 식각 속도의 경우 비정질 ITO 보다 최소 10배 정도가 낮다. 따라서 ITO 박막 특성에 의존하는 식각 변화는 ITO의 잔류물을 유발하거나 ITO의 측면에 과식각을 일으킬 수 있는 단점을 지닌다 [2]. 최근들어 ITO 박막에 대한 우수한 patterning 기술이 요구되어지고 있어 습식식각 보다는 건식 식각에 관한 연구의 필요성이 증대된다 [3-5]. ITO의 건식식각 방법으로는 반응성 이온식각(RIE; reactive ion etching), 전자 싸이크로트론 공명(ECR; electron cyclotron resonance) 플라즈마와 유도결합형 플라즈마(ICP; inductively coupled plasma)등을 이용한 연구가 진행되고 있다. 또한 ITO 건식 식각의 경우, pixel 전극에서 하부층으로 사용되는 SiO_2 , Si_3N_4 와의 최적의 선택비를 얻는 것이 중요하다 [6,7].

본 연구에서는 Ar/CH_4 유도결합형 플라즈마를 이용하여 ITO의 기본적인 식각 특성을 연구하였고 또한 하부층인 SiO_2 및 Si_3N_4 와의 식각 선택비를 조사하였다. 그리고 QMS, Langmuir probe를 이용한 플라즈마 특성 분석과 XPS에 의한 표면 분석을 통하여 ITO의 식각 반응 기구를 연구하였다.

2. 실험방법

본 실험에서는 고밀도 플라즈마원 중의 하나인 평판형 유도결합 플라즈마를 이용하여 ITO 및 하부층(SiO_2 , Si_3N_4)을 식각하였다. 유도결합형 플라즈마 식각 장비는 Cu 코일을 12 cm 직경으로 3.5회 나선형으로 감았으며 inductive field가 chamber내로 침투할 수 있도록 1.5 cm 두께의 석영창을 방전 chamber 위에 설치하였다. 13.56 MHz의 rf 전력이 coil에 인가되어 유도결합형 플라즈마를 발생시키고 또 다른 13.56 MHz의 rf 전력을 기판에 인가하여 식각할 시편에 바이어스 전압을 유도하였다 [8]. ITO박막(In_2O_3 :90 mol%, SnO_2 :10 mol%)은 rf 스퍼터링(sputtering)을 이용하여 LCD용 유리 기판위에 1800 Å 두께로 증착하였으며 비저항은 $2\sim 3 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ 이었다. 하부층으로 쓰이는 SiO_2 와 Si_3N_4 는 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition)법으로 각각 3000 Å과 2700 Å의 두께로 제조하였다. 식각전 표면의 이물질질을 제거하기 위하여 아세톤과 알코올 및 증류수로 각각 10분간 세정한 후 그 위에 1.2 μm 두께

의 PR(photoresist)을 패터하여 식각 실험을 수행하였다.

식각 변수로서 가스 조합비, source power(500~700 W), 바이어스 전압(-100~-250 V), 공정 압력(10~30 mTorr), 그리고 기판온도(10~70°C)를 변화시켜가며 ITO의 식각 특성을 관찰하였다. 식각 가스로는 Ar과 CH_4 를 사용하였으며 식각 후 ITO와 하부층인 SiO_2 및 Si_3N_4 와의 식각 선택비를 조사하였다. 식각 속도는 step profilometer를 이용하여 PR제거 전후 두께를 측정하여 구하였다. 플라즈마 특성이 ITO의 식각에 미치는 효과를 관찰하기 위하여 QMS(quadrupole mass spectrometry; PSM probe: Hiden Analytical Inc.) 및 Langmuir probe(ESP; electrostatic probe: Hiden analytical Inc.)로 플라즈마 진단 실험을 하였다. QMS를 이용하여 플라즈마 진단시 QMS port 내부의 오염에 의한 잔류 가스 영향을 배제하고자 열선을 이용하여 QMS port를 가열하였으며 측정전에 산소 플라즈마로 filament와 내부를 세정하였다 [9]. 중성종을 QMS로 관찰하기 위해서는 각각의 중성종을 이온화시키게 되는데 이 때 molecule과 free 라디칼의 이온화의 구별이 어려울 수 있다. 이는 중성종을 이온화시키는 이온 소스의 전자에너지 값에 따라 molecule 자체의 분해를 거친 이온화가 포함될 수 있기 때문이다. Ar 가스의 경우 이러한 문제가 발생되지 않으나 CH_4 경우에는 방전전의 molecule의 분해에 의한 H, H_2 , CH_2 , CH_3 등이 형성될 수 있다. 따라서 플라즈마 방전 전에 CH_4 의 분해에 의해 측정된 각각의 라디칼 값으로 보정하였다. Langmuir probe를 이용한 플라즈마 특성분석은 기판위 1 cm에서 probe에 -40 V에서 30 V로 scanning하여 전류-전압 곡선을 구하여 분석하였다. 반응성 플라즈마의 경우 Langmuir probe를 통하여 절대적인 이온 밀도를 구하는 것은 다양한 mass를 지닌 이온 종의 존재로 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 이온 포화 전류값을 플라즈마 이온밀도의 척도로서 사용하였다. Ar/CH_4 가스농도 변화에 따른 식각시 ITO의 표면상태를 분석하기 위하여 XPS(x-ray photoelectron spectroscopy)를 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

ITO 식각시 Cl_2 계열의 가스로 식각할 경우 ITO의 식각 속도는 증가하나 하부층인 SiO_2 또는 Si_3N_4 는 Si 성분과의 반응성 증가로 인하여 ITO와의 선택비를 감소시킨다. 따라서 식각 선택비를 높이기 위하여 Cl_2 계열

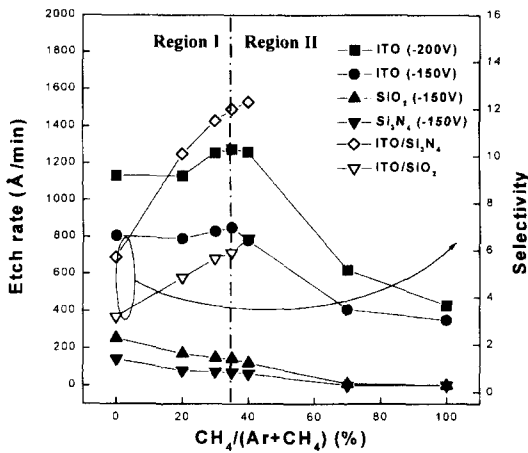


그림 1. Etch rates of ITO films and underlayers (SiO₂, Si₃N₄) and ITO etch selectivities over underlayers as a function of gas ratio of CH₄/(Ar+CH₄). (500 W, -150 V/-200 V, 15 mTorr).

의 가스보다는 CH₄/HBr 또는 CH₄/H₂의 혼합가스를 이용하여 ITO 식각에 대한 연구가 시도된 바 있다 [1,10-11]. 본 연구에서는 Ar/CH₄ 혼합가스를 이용하여 가스조합, source power, 바이어스 전압, 공정압력, 그리고 기판온도에 따라서 식각 실험을 하였다. 그림 1은 source power 500 W, 바이어스 전압 -150 V/-200 V, 그리고 15 mTorr의 공정압력 하에서 Ar/CH₄ 가스 조합에 따른 ITO 및 하부층의 식각 속도와 식각 선택비를 나타내고 있다. ITO의 식각 특성에 따라 region I과 region II로 구분하였는데 region I은 Ar 분위기에서 CH₄ 농도를 증가시키기에 따라서 ITO의 식각 속도는 증가하는데 반해 region II는 CH₄ 농도에 따라서 식각 속도가 감소하였다. Region II에서 ITO의 식각속도 감소는 CH₄계 플라즈마로 식각시 보고되는 바와같이 [1,12-14] hydrocarbon 계통의 폴리머가 ITO 표면에 형성되기 때문으로 보인다. 이러한 폴리머 형성에 의한 ITO의 식각속도 감소는 같은 이유로 SiO₂와 Si₃N₄의 식각 속도를 감소시켰으나 하부층의 식각 속도의 감소가 증가하여 Ar 분위기의 40%CH₄ 까지는 식각 선택비가 증가하였다. 그러나 -150 V의 바이어스 전압의 식각 조건에서 50%이상의 CH₄를 Ar분위기에 첨가한 경우에 Si₃N₄ 표면의 polymerization의 증가로 인한 식각 중단 (etch stop) 현상으로 ITO와 무한대의 식각 선택비를 나타내었다.

Ar/CH₄ 식각 가스 분위기에서 ITO의 식각에 미치는 영향을 조사하기 위하여 QMS(quadrupole mass

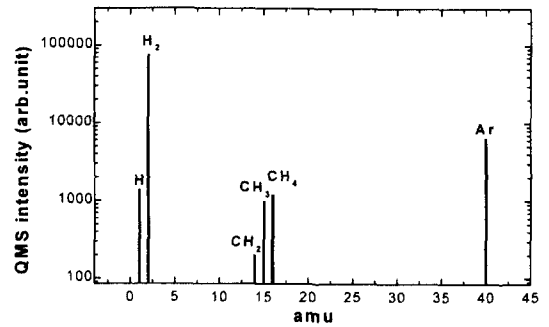


그림 2. QMS output intensities of neutral species in the 65%Ar/35%CH₄ plasma.

spectrometry), Langmuir probe를 이용하여 플라즈마 특성을 측정하였다. 그림 2에는 Ar 분위기에서 35%CH₄ 플라즈마의 QMS scan 결과의 한 예를 보였는데 Ar/CH₄ 플라즈마의 증성종을 분석한 결과 CH₄는 H₂를 포함하여 H, CH₂, CH₃로 분해됨이 측정되었다. 그러나 CH₂의 경우 가스 조합에 따라서 측정되는 intensity가 작았다. 그림 3(a)에는 QMS로 측정된 H, CH₃ 라디칼의 식각 가스 조합에 대한 상대적인 변화를 나타내고있다. Ar 분위기에서 35%CH₄ 첨가까지는 H 라디칼이 증가하나 그 이상 첨가시 라디칼은 감소하다가 일정한 값으로 유지되는 경향을 보였다. 반면 CH₃ 라디칼은 전반적으로 CH₄ 농도에 따라서 증가하였다. 동일한 조건에서 그림 3(b)에 보듯이 Langmuir probe를 이용하여 측정된 포화 이온 전류 밀도는 CH₄ 농도가 증가함에 따라서 감소하였다. 이는 Ar의 감소에 따른 이온 분해율의 감소로 보여지며 이로 인해서 이온충돌의 효과를 떨어뜨리는 것으로 보인다. 우선 region I에서 보면 이온 충돌양이 감소함에도 불구하고 ITO의 식각 속도는 다소 증가하였는데 이는 H 라디칼과 CH₃ 라디칼의 증가에 따른 영향으로 보여진다. CH₃ 라디칼은 ITO 표면의 In 또는 Sn 성분과 반응하여 In(CH₃)_x, Sn(CH₃)_y [15,16]의 휘발성 부산물을 발생시켜 식각에 참여한 것으로 보였다. H 라디칼은 ITO내 산소 제거에 부가적으로 참여한 것으로 사료되며 연속적으로 충분한 이온 충돌이 수반되어 식각되는 것으로 보인다. 따라서 region I에서는 CH₄ 첨가의 증가에 따라 반응성 CH₃ 라디칼, H 라디칼의 반응성 증가로 인하여 이온 충돌에 의한 물리적 식각 반응의 감소에도 불구하고 ITO의 식각 속도가 증가한 것으로 보인다. 반면 region II의 경우 CH₄ 증가에 따라서 Ar 이온의 감소에 따른 이온충돌

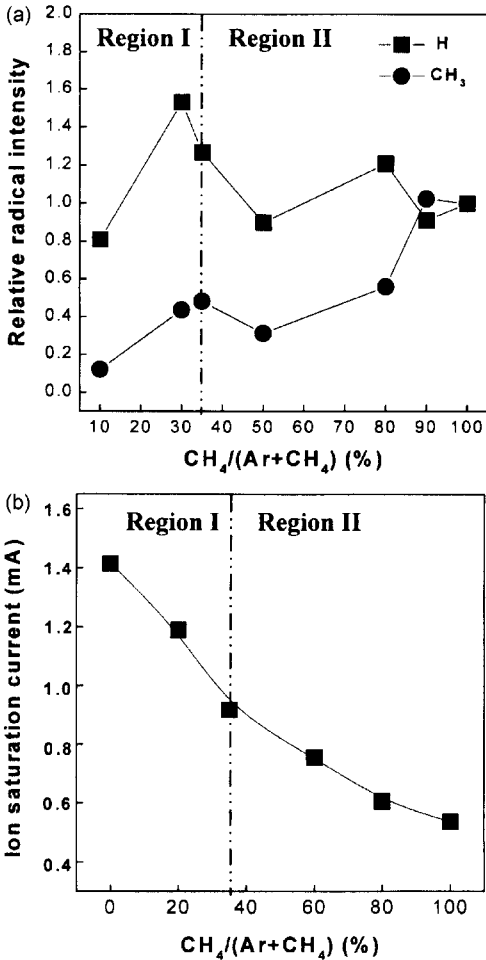


그림 3. (a) Relative radical intensity measured by QMS and (b) ion saturation current measured by Langmuir probe as a function of gas ratio of $CH_4/(Ar+CH_4)$. (500 W, 15 mTorr).

효과의 감소뿐만 아니라 CH_3 라디칼의 폴리머 형성에 기여하여 ITO의 식각속도 감소를 가져온 것으로 보였다 [10]. H 라디칼의 경우에 ITO 표면의 폴리머의 형성으로 인하여 식각에는 큰 영향을 주지 못한 것으로 사료되었다. 따라서 region II에서는 이온 충돌의 감소로 인한 CH_3 에 의한 표면의 CH계 폴리머 형성으로 인하여 ITO의 식각 속도가 감소한 것으로 나타났다. 결과적으로 Ar/ CH_4 플라즈마에서 CH_3 라디칼과 Ar에 의한 이온 충돌 효과가 ITO의 식각에 큰 영향을 주는 것으로 보였다. 한편 Ar/ CH_4 분위기에서 하부층의 식각 특성을 관찰한 결과 Si_3N_4 및 SiO_2 의 식각 속도는 CH_4 농도 증가에 따라 지속적으로 감소하였으며 같은 CH_4 농도

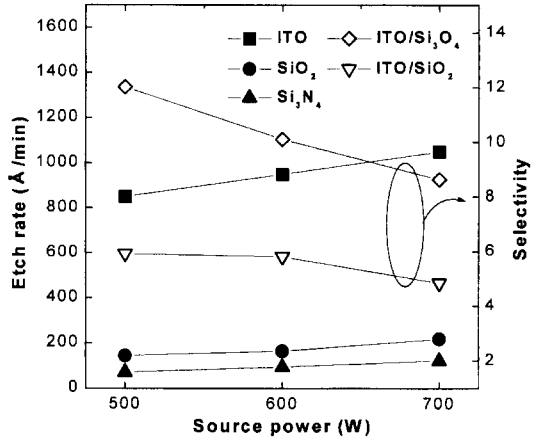


그림 4. Etch rates of ITO films and underlayers and etch selectivities over underlayers as a function of source power. (65%Ar/35% CH_4 , -150 V, 15 mTorr).

에서 Si_3N_4 의 식각 속도가 SiO_2 의 식각 속도보다 낮았다. 이는 SiO_2 및 Si_3N_4 의 식각이 주로 Ar 이온에 의한 물리적 식각에 의존하기 때문으로 사료되며 SiO_2 의 경우 CH_3 및 H가 SiO_2 내 O와의 반응으로 인하여 표면에 폴리머의 형성을 줄여 Si_3N_4 보다 식각 속도가 높은 것으로 사료된다.

다음에는 그림 1에서 비교적 높은 식각 속도와 식각 선택비를 보인 35% CH_4 가 첨가된 Ar/ CH_4 플라즈마를 이용하여 source power와 바이어스 전압에 따른 식각 특성을 관찰하였다. 그림 4에서 source power 증가시 ITO 및 하부층인 Si_3N_4 와 SiO_2 의 식각 속도가 같이 증가하였는데 이는 가스 분해에 따른 휘발성 부산물을 형성하는 라디칼의 증가와 이온 밀도 증가에 의한 이온 충돌 효과로 인하여 ITO와 하부층의 식각 속도가 증가한 것으로 보인다. 그러나 기판에 도달하는 이온의 증가에 의한 물리적 스퍼터링의 증가로 인하여 식각 선택비는 감소하였다. 한편 바이어스 전압에 따른 식각 특성을 그림 5에서 보였는데 바이어스 전압을 증가시키면 따라서 ITO 및 하부층의 식각속도 역시 모두 증가하였으며, 특히 ITO의 식각 속도는 약 1700 Å/min까지 관찰되었다. 이는 바이어스 전압 증가시 기판에 도달하는 이온 충돌의 증가로 보여진다. 그러나 바이어스 전압을 높이면 CH_4 에 의한 화학적 식각보다는 Ar에 의한 물리적 식각의 영향으로 하부층의 식각 속도를 증가시키기 때문에 선택비는 감소하였다. 따라서 높은 ITO의 식각 속도를 유지하면서 동시에 하부층과의 적절한 식각 선택비를

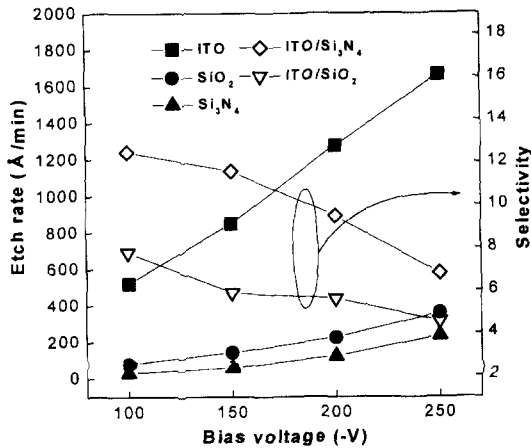


그림 5. Etch rates of ITO films and underlayers and etch selectivities over underlayers as a function of bias voltage. (65%Ar/35%CH₄, 500 W, 15 mTorr).

연구 위해서는 높은 바이어스 전압보다는 적절한 바이어스 전압이 필요한 것으로 보인다.

또 다른 식각 공정 변수로서 압력에 따른 식각 특성을 동일 CH₄/(Ar+CH₄) 가스조합에서 source power 500 W, 그리고 바이어스 전압을 -150 V로 유지하면서 관찰하였으며 이를 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서 보면, 20 mTorr 까지는 ITO의 식각 속도가 약간의 증가를 보이나 그 이상의 공정압력에서는 식각 속도가 감소하였으며 Si₃N₄ 및 SiO₂의 식각 속도는 공정압력의 증가에 따라 지속적으로 감소하고 있다. 식각 선택비는

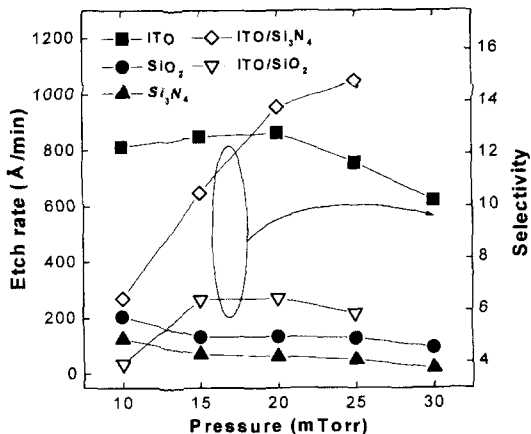


그림 6. Etch rates of ITO films and underlayers and etch selectivities over underlayers as a function of pressure. (65%Ar/35%CH₄, 500 W, -150 V).

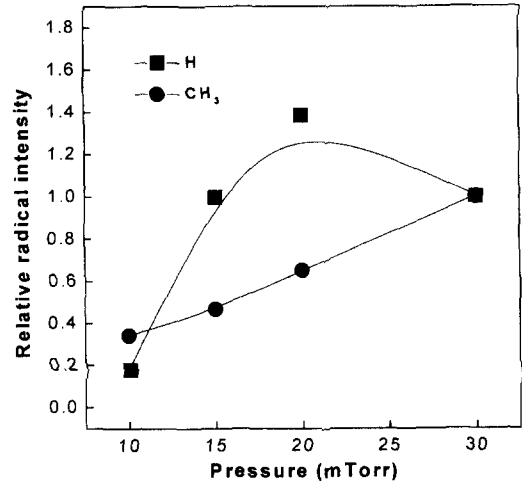


그림 7. Relative radical intensity measured by QMS as a function of pressure. (65%Ar/35%CH₄, 500 W).

압력이 증가함에 따라 지수적으로 증가하였으며 특히 30 mTorr 이상에서는 Si₃N₄의 식각 중단 (etch stop) 현상이 나타나 무한대의 식각 선택비를 보였다. 압력에 따른 라디칼의 상대적인 변화를 그림 7에 나타내었는데 H 라디칼은 20 mTorr 까지는 증가를 하다가 그 이상의 압력에서는 감소하였으며 CH₃ 라디칼의 경우 압력에 따라서 지수적으로 증가를 하였다. 따라서 20 mTorr 이하에서는 H 및 CH₃ 라디칼의 증가에 의해서 ITO의 식각 속도에 다소 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 그 이상의 압력에서는 증가된 CH₃ 라디칼이 폴리머 형성에 기여하여 식각 속도를 감소시켰으며 또한 이것에 의해서 하부층인 Si₃N₄의 식각 중단 현상을 가져온 것으로 보인다. 한편 표면반응에 의한 ITO의 식각 변수를 고려하기 위하여 동일 식각 조건에서 기판 온도(10~70°C)를 변화시켜 보았다. 그 결과를 그림 8에 나타내었는데 기판 온도에 대한 식각속도 및 선택비는 변화가 작았다. 따라서 본 실험 조건하에서 기판 온도(10~70°C) 변화는 낮은 온도 범위로 인해 일부 연구에서 보고되는 임의의 온도이상에서 휘발성 부산물을 촉진시켜 표면 반응에 의해서 나타나는 식각 속도의 증가 현상은 관찰되지 않은 것으로 사료된다 [12, 13]. 식각 변수에 따른 실험결과 Ar 분위기의 35%CH₄, source power 500 W, 15 mTorr, 그리고 바이어스 전압 -150 V 조건에서 850 Å/min 이상의 ITO 식각 속도를 유지 하면서 Si₃N₄와 ~12:1이상의 선택비를 얻었다. 그리고 본 실험의 모든 식각 변수에서 Si₃N₄가 SiO₂에 비해서

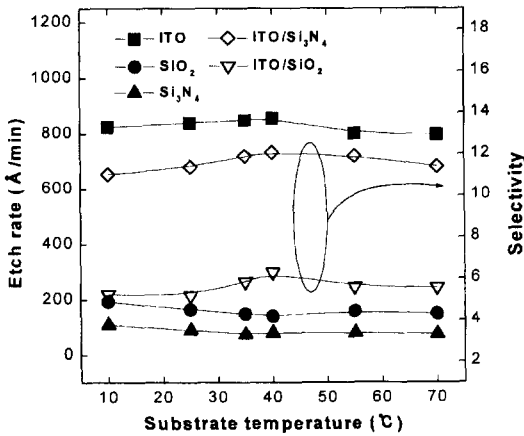


그림 8. Etch rates of ITO films and underlayers and etch selectivities over underlayers as a function of substrate temperature (65%Ar/35%CH₄, 500 W, -150 V, 15 mTorr).

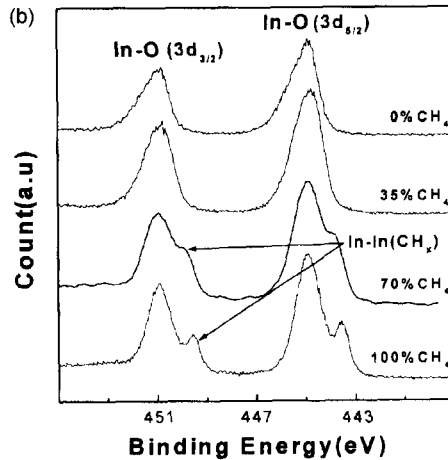
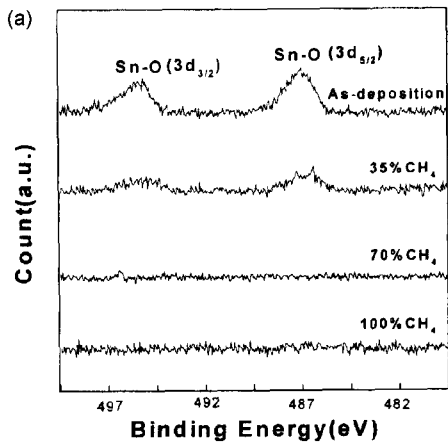


그림 9. ESCA spectra of Sn_{3d} (a) and In_{3d} (b) of ITO surface etched as a function of CH₄ percentage (500 W, -150 V, 15 mTorr).

보다 높은 식각 선택비를 보였으며 그 결과 하부층으로는 Si₃N₄가 더 효과적임을 알 수 있었다.

그림 1에 보인 Ar/CH₄ 가스에 대한 식각 특성의 영향을 좀 더 관찰하기 위하여 XPS를 이용하여 식각한 후 ITO 표면분석을 하였다. 그림 9은 CH₄/(Ar+CH₄) 비율에 따른 ITO표면의 XPS (x-ray photoelectron spectroscopy) narrow scan을 나타낸 것이다. Sn peak의 경우 CH₄ 가스의 농도가 증가할수록 감소하였다. 반면 Ar 분위기의 35%CH₄ 이하의 조건으로 식각시 In 성분의 peak은 In-O 결합만이 관찰되었으나 70% CH₄ 이상의 조건에서는 ITO의 표면에서 In-In(CH_x)로 여겨지는 부가적인 결합이 관찰되었다. 이는 CH₃의 영향으로 인한 앞서 설명한 바와 같이 hydrocarbon 계열의 폴리머 형성으로 보여지며 이것이 ITO 식각을 지연시키는 것으로 여겨진다. 따라서 Ar 분위기의 35%CH₄ 이하에서는 CH₃가 폴리머 형성보다는 ITO 식각에 참여하여 식각 속도가 증가하였으나 과다한 CH₄ 농도에서는 폴리머의 영향으로 인하여 식각 속도가 감소하였으며 이는 그림 1의 결과와 일치하였다. 한편 ITO의 식각 과정의 경우 CH₄ 가스 농도 증가에 따라서 Sn 성분 peak이 우선적으로 감소하는 것으로 나타나 Y. Kuo 등에 의해 연구된 바와 같이 [14] Sn 성분이 In 성분에 비해서 보다 효율적으로 식각이 되는 것으로 관찰되었다. 따라서 표면에 잔류하는 In-In(CH_x) 결합의 제거가 ITO의 식각 속도를 결정하는 것으로 보인다.

4. 결 론

본 연구에서는 유도결합형 플라즈마를 이용하여 ITO 식각특성 및 하부층인 SiO₂와 Si₃N₄와의 식각 선택비를 플라즈마 진단 기술과 표면 분석을 이용하여 관찰하였다. Ar 가스에 적정량의 CH₄ 첨가시 반응성 라디칼의 증가와 이온충돌에 의해 ITO의 식각 속도는 증가하였다. 그러나 CH₄ 첨가량을 어느 정도 이상으로 첨가시킬 경우 Ar 이온의 절대량의 감소에 따른 이온 충돌 효과의 감소와 CH₃에 의한 표면의 폴리머 형성으로 인하여 ITO의 식각 속도는 떨어졌다. 하부층(Si₃N₄, SiO₂)의 경우 주로 Ar 이온에 의한 물리적 식각에 의존하기 때문에 Ar분위기의 CH₄ 농도증가에 따라 식각 속도가 감소하였으며 동일 CH₄ 농도에서 플라즈마상의 CH_x 및 H가 SiO₂내 O와의 반응으로 인한 표면 폴리머의 감소로 인하여 Si₃N₄보다 식각 속도가 높은 것으로 사료된다.

Source power, 바이어스 전압, 그리고 공정 압력에 따라서 각각의 식각 특성의 의존성을 보였으나 기판온도 (10~70°C) 변화에는 그 영향이 작았다. XPS 분석으로부터 Ar분위기에서 CH₄ 가스를 과다하게 첨가시킬 경우 ITO 표면 위에 hydrocarbon 계통의 폴리머로 보이는 것을 관찰하였으며 이러한 폴리머가 ITO 식각을 지연시키는 것으로 예측되었다. 또한 ITO 식각에 있어서 Sn 성분이 In 성분에 비해 우선적으로 식각되는 것으로 보아 표면에 잔류하는 In-In(CH_x) 결합의 제거가 ITO의 식각 속도를 결정하는 것으로 해석되었다.

감사의 글

“이 논문은 1998년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음”(KRF-98-016-E00100).

참고문헌

- [1] M. Mohri, H. Kakinuma, M. Sakamoto, and H. Sawai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **29**, L1932 (1990).
- [2] M. Takabatake, Y. Wakui, and N. Konishi, *J. Electrochem. Soc.* **142**, 2470 (1995).
- [3] M. Scholten and J. Meerakker, *J. Electrochem. Soc.* **140**, 471 (1993).
- [4] J. Meerkker, P. C. Baarslag, and M. Scholten, *J. Electrochem. Soc.* **142**, 7 (1995).
- [5] M. Inoue, T. Matsuoka, Y. Fujita, and A. Abe, *Jpn. J. Appl. Phys.* **28**, 274 (1989).
- [6] A. H. Shih, A. Demos, and R. D. Beer, *Solid State Technology*, **39**, 71 (1996).
- [7] K. Nakamura, T. Imura, H. Sugai, M. Ohkubo, and K. Ichihara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **33**, 4438 (1994).
- [8] 이주훈, 이영준, 김현수, 이주욱, 이정용, 염근영, *한국진공학회지*, **6**(3), 267 (1997).
- [9] 김현수, 이원정, 장제욱, 염근영, 이재원, 김태일, *한국표면공학회지*, **32**(3), 416 (1999).
- [10] I. Adesida, D. G. Balleger, J. W. Seo, A. Ketterson, H. Chang, and K. Y. Cheng, *J. Vac. Sci. Technol.* **B9**, 3551 (1991).
- [11] T. Minami, T. Miyata, A. Iwamoto, S. Takata, and H. Nanto, *Jpn. J. Appl. Phys.* **27**, L1753 (1988).
- [12] Y. Kuo, *J. Appl. Phys.* **36**, L629 (1997).
- [13] Y. Kuo, *J. Appl. Phys.* **29**, 2243 (1990).
- [14] Y. Kuo and T. L. Tai, *J. Electrochem. Soc.* **145**, 4313 (1998).
- [15] S. J. Pearton, J. C. Zolper, R. J. Shul, and F. Ren, *J. Appl. Phys.* **86**, 33 (1999).
- [16] *CRC Handbook of Chemistry and Physics, 77th ed.*, D. R. Lide, Editor, CRC Press, New York (1996-1997).