

대면적 플라즈마 소스에서의 ITO 식각균일도 향상

Improvement of ITO etching uniformity in a large area plasma source

김진우, 조수범, 김봉주, 박세근, 오범환, 이종근

(C.-W. Kim, S.-B. Jo, B.-J. Kim, S.-G. Park, B.-H. O, J.-G. Lee)

Abstract

A large area plasma source using parallel 2×2 ICP antennas showed improved etching uniformity by the E-ICP operation. ITO etching process with CH₄ gas chemistry is optimized with the DOE(Design of Experiment) based on Taguchi method. Various methane ratios in methane and argon mixture are compared to confirm the effect of polymerization. The analysis shows that the effect of bias power is the largest. We obtained higher ITO etching rate and better uniformity on 350×300mm substrate at the 50Hz magnetization frequency of the E-ICP operation technique,

Key Words : large plasma source, ITO etching

1. 서 론

최근 평판디스플레이의 화면이 더욱 대형화되고 그 수요가 급증하는 추세이다. 따라서 대형 평판디스플레이의 제작에 있어서 박막의 증착이나 패턴 형성을 위한 식각 공정 기술확보의 중요성이 증대되고 있다.[1] 반도체 산업에서 현재 300mm wafer공정이 이루어지고 있는 것에 비해 1m×1m 이상의 대형 기판을 사용하는 LCD 평판디스플레이의 공정에서 균일도의 확보는 무엇보다 중요시되고 있다. 평판디스플레이의 투명전극으로 널리 사용되는 ITO의 경우, HCl과 같은 강산 용액을 사용한 습식식각이 많이 이루어지고 있으나,[2] 대면적에서는 식각 균일도 문제 및 습식식각이 가지는 등방적 식각특성 문제가 있어 차세대 고해상도를 위한 미세패턴 형성에는 다소 부적합하다. 또한 ITO 박막의 종류에 따라 식각율의 차이가 커서 식각 후 금속잔여물을 남겨 전기적으로 단락되거나, 과도한 식각으로 인해 심한 측면식각 문제를 야기

하기도 한다.[3] ITO의 건식식각에는 halogen 계열과 organic 계열의 gas들이 사용된다. Halogen gas는 높은 식각율을 가지지만 다른 하부 박막과의 낮은 선택비가 단점으로 지적되고 있으며, 하부 박막과의 높은 선택비를 가지는 organic gas의 경우에는 낮은 식각율이 문제로 남아있다.[4]

ITO의 식각 특성에 관한 연구가 활발하면서도 대면적에서의 식각균일도 확보에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 본 논문에서는 ICP source를 2×2로 배열한 대면적 플라즈마 소스에서 CH₄/Ar이 혼합된 organic gas를 사용하여 ITO를 식각하였으며 기체의 혼합비에 따른 식각특성을 살펴보았다. 또한 Taguchi 방법을 사용한 통계적 실험계획법을 통하여 높은 식각율을 구현할 수 있는 최적조건을 찾았으며 E-ICP기술을 적용하여 ITO의 식각율과 식각균일도를 향상시켰다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에는 평판형 ICP source를 2×2로 배열한 대면적 플라즈마 소스에 주기적으로 플라즈마

인하대학교 정보통신공학부
(인천시 남구 용현동 253,
Fax : 032-875-5882
E-mail : obh@inha.ac.kr)

의 자화상태를 조절하는 기술인 E-ICP기술을 적용하였다. 그림 1은 사용된 플라즈마 식각장비의 개략도이다.

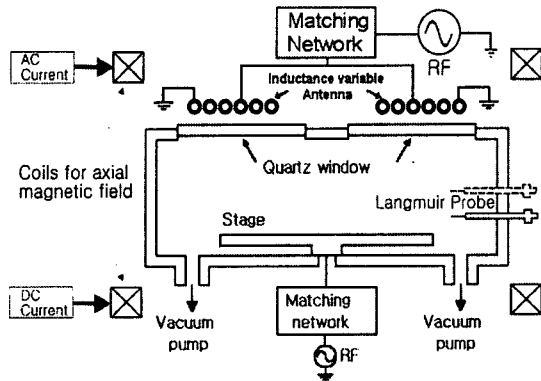


그림 1. 2×2 배열 플라즈마 소스와 식각장비
Fig. 1. A schematic of the 2×2 array plasma source and etch chamber

반응기의 외부 크기는 620×620×170mm이며 식각 가능한 substrate는 350×300mm이다. 개별적으로 inductance가 조절 가능한 단위 소스를 사용하여 RF power분배를 조절하여 플라즈마 밀도를 균일하게 보정할 수 있었다. 반응기의 상부와 하부에 유사 Helmholtz 코일을 형성하고 하부에는 DC전류, 상부에는 AC전류를 인가하여 플라즈마의 자화상태를 주기적으로 조절 가능하게 하였다.[5]

ITO 식각의 최적 조건을 찾기 위해 실험계획 수립 및 데이터분석은 Taguchi 방법을 통하여 수행되었다. Organic gas의 단점인 식각율에 중점을 두어 주요 식각 특성은 식각율로 제한하였으며 실험 변수는 source power, bias power, pressure 및 flow-rate으로 설정하였으며 각 요인은 3수준으로 정하였다. 표 1은 본 실험에 사용된 $L_9(3^4)$ 직교배열표이다. 총 9개의 시료를 식각하였으며 4개의 인자에 대해 변화된 실험조건이 나와있다. 기존 실험 결과로부터 예상된바와 같이 통계적 실험계획법에 의해 식각의 주요 효과는 bias power로 확인되었다. 이 bias power에 따른 식각율을 알아보았으며 최적화된 조건하에서 methane의 비율에 따른 식각특성을 살펴보았다. 상기 실험을 통해 최적화된 조건에서 E-ICP 기술을 적용하여 그 식각율과 식각균일도를 확인하였다.

표 1. $L_9(3^4)$ 직교배열표

Table 1. $L_9(3^4)$ Orthogonal array

	Source (Watt)	Bias (Voltage)	Pressure (mTorr)	Flow-rate (sccm)
1	400	150	10	30
2	400	200	15	40
3	400	250	20	50
4	700	150	15	50
5	700	200	20	30
6	700	250	10	40
7	1000	150	20	40
8	1000	200	10	50
9	1000	250	15	30

3. 결과 및 고찰

그림 2는 Taguchi 방법으로 실험 수행후 분석된 결과이며 표 2는 그 결과를 수치적으로 나타낸 ANOVA table이다.

그래프에서 보이 듯 bias power가 가장 큰 식각율의 차이를 주고 있음을 확인할 수 있었다.

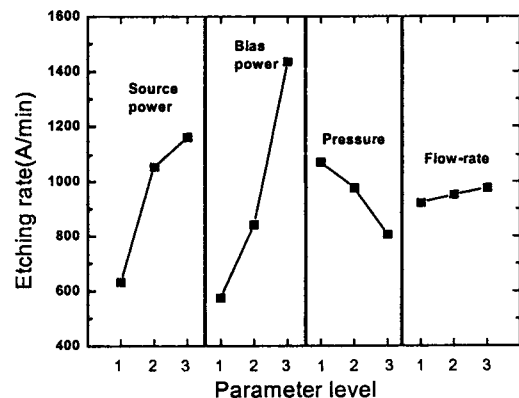


그림 2. 인자수준에 따른 식각율

Fig. 2. Etching rate for 3 levels of each parameter

표 2. 분산분석표

Table 2. ANOVA table

	SS	df	MS	f-ratio
Source	465997	2	232998	4.3
Bias	1160921	2	580460	10.7
Pressure	108631	2	54316	
Flow-rate	4389	2	2194	
Total	1739937	8		

상기 ANOVA table의 f-ratio 값으로 판단해 보았을 때 ITO 식각에서 가장 주요하게 영향을 주는 공정변수가 bias power임을 알 수 있다.

그림 3에 보였듯이 ITO의 식각율은 bias power의 증가에 따라 선형적으로 증가함을 알 수 있다.

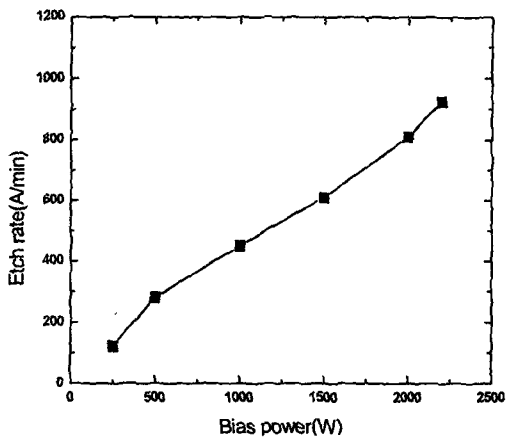


그림 3. Bias power에 따른 식각율
Fig. 3. Etching rate vs. bias power

그림 4는 methane의 첨가에 따른 식각율을 나타내고 있다.

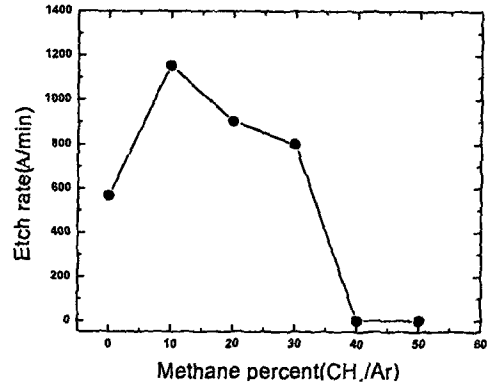


그림 4. methane 비율에 따른 식각율
Fig. 4. etching rate vs methane ratio

Methane의 첨가에 따라 ITO의 etchant로 알려진 CH₃의 증가로 인해 약 10% 첨가시 가장 높은 식각율을 보였으나, 첨가 비율이 증가함에 따라 잘 알려진 바와 같이 hydrocarbon 계열의 폴리머 형성으로 인해 식각율이 감소며 약 40%이상 첨가시 식각이 중단되는 현상을 보였다.

이제, 10%의 CH₄ 혼합가스 조건에서 E-ICP 기술을 적용하여 자화주파수에 따른 식각율 변화를 그림 5에 보였다.

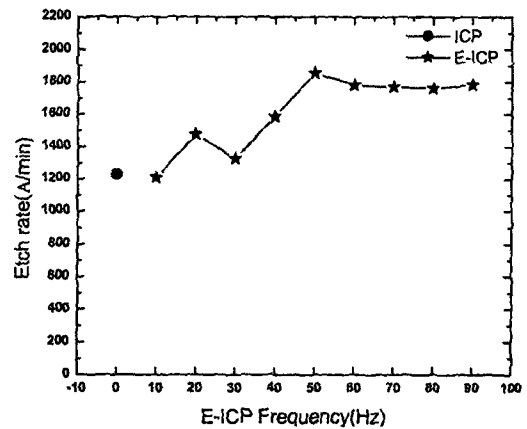


그림 5. 자화주파수에 따른 식각율
Fig. 5. etching rate vs. magnetization frequency

자화주파수에 따라 식각율은 50% 정도까지도 향상되는 것을 볼 수 있으며, 50Hz의 자화주파수에서 최고의 식각율을 나타내었다. 이때 2×2 E-ICP 장비에서 source power는 1.2kW, bias power는 2kW, chamber pressure는 20mTorr, 그리고 CH₄/Ar의 혼합비는 10%로 고정하였다. 그림 6은 350×300mm 기판에서의 위치에 따른 식각율을 나타내고 있다.

시킴으로써 전체적으로 균일도를 크게 향상시켰음을 볼 수 있다.

4. 감사의 글

본 연구는 인하대학교 교내 특성화 연구비의 지원과 차세대평판표시장치기반기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

5. 결론

E-ICP 기술을 적용한 결과 식각율의 향상뿐 아니라 대면적하에서 식각균일도를 23%에서 12% 정도로 크게 향상시킬 수 있었다. 그리고, 예상된 바와 같이 Taguchi 방법에 의해 실험 수행 후 분석결과 CH₄/Ar을 사용한 ITO 식각 공정에서 가장 주요한 식각변수가 bias power임을 확인할 수 있었다. 다른 보고에서와 유사하게 methane의 첨가가 ITO 식각율 향상에 도움이 되지만 과도하게 첨가될 경우에는 폴리머 형성으로 인해 식각이 중단되는 현상도 관찰되었다.

참고 문헌

- [1] Y. Kuo, "Plasma processing in the fabrication of amorphous silicon thin film transistor arrays", IBM journal of research and development, Vol.44, No.1/2, P73, 1999.
- [2] Meerakker, "On the mechanism of ITO etching in halogen acids", J. Electrochem Soc., Vol.142, No. 7, P2321, 1995.
- [3] Masaru Takabatake, "Indium Tin Oxide dry etching using HBr gas for thin-film transistor liquid crystal displays", J. Electrochem Soc., Vol.142, No. 7, P2470, 1995.
- [4] R.J. Saia, "Selective reactive ion etching of Indium Tin Oxide in a hydrocarbon mixture", J. Electrochem Soc., Vol.138, No. 2, P493, 1991.
- [5] C.-W. Kim, "Large area plasma by individually controllable array sources.", IMID'01 Digest, P707, 2001.

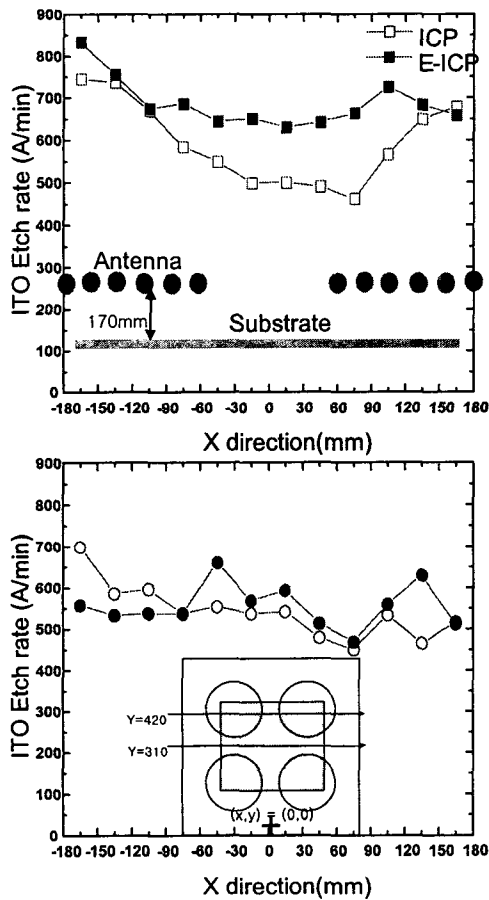


그림 6. 위치에 따른 식각율 변화정도
Fig 6. Variation on Etching Rate

그림 6의 상부는 y=420mm 위치에서, 그림 6의 하부는 y=310mm에서의 식각율을 나타낸다. ICP의 경우 각 단위 source 바로 밑과 source 사이의 식각율이 큰 차이를 보이는 반면 E-ICP를 적용한 결과 단위 source 사이 공간에서의 식각율을 증가