

첨가제를 이용한 SUS MASK 에칭에 관한 연구

이우식*

A Study on SUS MASK Etching Using Additives

Woo-Sik Lee*

요약 본 논문은 SUS MASK을 FeCl₃에 첨가제 (F300)를 첨가하여 에칭하는 것이 목적이다. 실험에 사용된 장비는 자체 제작된 자동 액 관리 시스템이다. 자동 액 관리 시스템은 비중(S.G)과 산화환원전위 (ORP)를 실시간으로 제어하고 FeCl₃ 및 첨가제를 정량 공급할 수 있는 장치이다. SUS MASK를 10장 단위로 200장까지 1분 동안 에칭하였다. 초기 SUS MASK가 10장 일 때 ORP 값이 628 mV로 시작하여 40장 투입할 때부터 611 mV로 측정되어 200장까지 610 mV에 가깝게 유지되는 것을 확인하였다. 또한 비중은 1.640 근처에서 유지되었다. 그리고 SUS MASK가 50장 이후부터 200장까지 0.4 mm에 근접하게 측정되었다. 실험은 ORP는 610 mV, 비중은 1.463, 에칭 압력은 3.0 kg/cm², 첨가제 (F300) 비율은 1.2%로 하였고 한번 에칭할 때 10장씩 200장까지 하여 홀 크기를 측정하였다. 그 결과, 20장부터 직경이 0.4 mm에 근접하였다. SUS MASK 매수가 늘어나도 ORP 및 비중 조절이 잘 되었고 실험 목표치인 0.4 mm에 근접된 것을 확인하였다.

Abstract The purpose of this paper is to etching SUS MASK by adding an additive (F300) to FeCl₃. The equipment used in the experiment is a self-made automatic liquid management system. The automatic liquid management system is a device capable of controlling the Oxidation Reduction Potential (ORP) and specific gravity in real time and supplying FeCl₃ and additives in a quantitative manner. SUS MASK was etched in units from 10 sheets up to 200 sheets for 1 minute. It was confirmed that when the initial SUS MASK was 10 sheets, the ORP value started with 628 mV and measured at 611 mV from the time of 40 sheets being injected, and maintained close to 610 mV up to 200 sheets. The specific gravity was maintained near 1.640. And the SUS MASK was measured close to 0.4 mm from 50 sheets to 200 sheets. The experimental conditions of ORP had a specific gravity of 610 mV, 1.463, an etching pressure of 3.0 kg/cm², an additive (F300) ratio of 1.2%, and the hole size was measured by up to 200 sheets of 10 sheets at once etching. As a result, the diameter approached 0.4 mm from 20 sheets. Even if the number of SUS MASK was increased, the ORP and specific gravity were well controlled, and it was confirmed that the experimental target value was close to 0.4 mm.

Key Words : Additive (F300), etching, Oxidation Reduction Potential (ORP), specific gravity, SUS MASK

1. 서론

현재 유기발광디스플레이(OLED)은 생산 공정은 자동화 설비업체가 양산하고, 검사장비, 봉지장비, 증착기 등은 업체를 통해 생산 장비를 구축하고, 최종적으로 OLED 재료, 유리기판(ITO), 구동IC 및 발

광재료를 납품받는 전형적인 장치 산업 구조를 가지고 있다. 현재 국내·외에서 유기발광디스플레이의 수요는 OLED TV와 스마트폰의 수요 증가에 의해 빠른 속도로 증가하고 있다. 그러므로 OLED 제조 공정에서 SUS MASK는 필수적으로 사용되고 있으며 그 수요는 매년 빠르게 증가하고 있다[1,2,3]. 일

*Department of Chemical & Biological Engineering, Gachon University

*Corresponding Author : Department of Chemical & Biological Engineering, Gachon University (leews@gachon.ac.kr)

Received July 19, 2022

Revised August 10, 2022

Accepted August 16, 2022

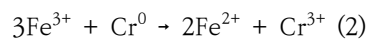
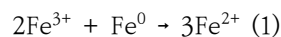
반적으로 반도체 공정에 사용되는 shadow mask의 에칭에 이용되는 에칭 용액은 FeCl_3 수용액으로서, 매우 강한 산화력이 있고, 저가이며 냄새 발생과 유독 가스가 적어 반도체용 lead frame과 PCB (printed circuit board) 등 여러 정밀 전자부품의 에칭 용액으로도 사용되고 있다[4,5]. 일반적으로 Shadow mask 에칭 기술은 분사 에칭(spray etching) 법을 사용한다. 이 방법은 높은 에칭 속도(etching rate)와 균일한 에칭(etching profile)을 할 수 있다[6,7,8]. 분사 에칭 공정은 제작되는 shadow mask의 원가와 품질에 직접적인 영향을 미치는 공정으로써, 공정 조건의 미세한 변화에 따라 제품의 품질이 변화되는 특징을 가지고 있다. 예를 들어, 공정 조건 중 에칭용액의 온도는 shadow mask의 공정 속도와 관련되고, 에칭 용액의 농도와 비중은 에칭 속도 그리고 표면 거칠기에 영향을 준다. 노즐로부터 분사되는 에칭 용액의 압력 또한 에칭 속도와 표면 거칠기에 영향을 주며 에칭 용액의 유리산도는 에칭 용액 내의 슬러지 생성을 막아주는 역할을 한다[4]. 본 연구는 SUS MASK를 균일하게 에칭하는 것을 목표로 하고 있다. SUS MASK 에칭방식은 Dump out 방식이 많이 사용되고 있다. 이 방식은 스테인레스 금속을 에칭 하는 방법으로, 에칭액으로 FeCl_3 로 사용하므로 에칭액 관리가 불안정하여 에칭액 농도 변화에 의한 재현성이 낮고 단위 에칭성(Etching factor)의 저하로 인하여 초정밀 에칭에는 한계가 있다[9,10]. 또한 스테인레스 금속 에칭 시는 FeCl_3 에칭액에 용해되면서 불순물 함량과 Fe가 증가되어 순도가 낮아질 수 있고[11,12,13], 에칭액의 증가로 인하여 폐기물이 발생하여 처리 비용과 환경문제가 발생할 수 있는 단점이 있다. 또한 SUS MASK를 에칭할 때, 산화환원전위(ORP: Oxidation Reduction Potential)와 비중(SG: Specific Gravity)을 수동으로 조절하여 에칭 함으로써 부품의 균일성과 정밀하게 에칭함에 어려움이 발생 할 수 있다[14,15]. 참고문헌[16,17]은 자동 액 관리 시스템을 이용하여 FeCl_3 를 이용하여 분사 압력과 비중을 변화시켜

SUS MASK의 에칭을 분석하여 발표하였다. 따라서 본 논문에서는 에칭액(FeCl_3)과 자체 개발한 에칭 첨가제 F300를 일정하게 유지될 수 있는 자동 액 관리 시스템을 이용하여 FeCl_3 (에칭액)의 산화환원전위(ORP)와 비중(S.G)을 변화시키면서 에칭의 최상의 조건을 찾아 에칭 공정의 정밀도를 향상시킬 수 있는 조건을 찾는데 그 목적을 두었다.

그리고 본 실험에 사용된 자동 액 관리 시스템을 이용하면 폐기물과 처리 비용 및 환경문제를 많이 감소시킬 수가 있고 부품의 균일성과 정밀하게 에칭 할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 이론적 배경

OLED를 제작할 때는 SUS MASK가 필수적이다. 고 해상도가 요구되고 있는 OLED용 유리 기판에 회로를 형성시킬 때 dry 에칭 공정이 필수적이다. 에칭 공정은 기판과 하부전극의 간격을 일정하게 유지시키기 위하여 정전기를 균일하게 발생시키는 유전막이 증착된 정전척이 필요하며 이때 사용되는 유전막 증착용 마스크를 SUS MASK라고 한다. SUS MASK 표면에 위치한 반응부분과 식각액 속에 함유된 Fe^{3+} 이온 간의 전자이동 메커니즘에 의해 에칭이 이루어진다. 식(1), 식(2)이 적용된다[15].



본 논문에서는 에칭성을 일정하게 유지 관리할 수 있는 자동 액 관리 시스템을 사용하였다. 그리고 염화제이철 약품의 비중, ORP 및 분사 압력에 따른 에칭 최적의 조건을 찾아 에칭의 가공 정밀도를 향상시킬 수 있는 조건을 찾자 하였다.

3. 실험방법

그림 1은 실험에 사용된 자동 액 관리 시스템의 구성도를 나타냈다[16,17]. 자동 액 관리 시스템은

비중과 산화환원전위(ORP)를 실시간으로 제어하고 에칭액인 FeCl₃ 및 첨가제인 F300을 정량 공급할 수 있는 장치이다. 장치 구성도에서 S.G는 비중, ORP는 산화환원전위, pH는 수소이온농도를 각각 측정하여 각 부분에서 측정된 데이터를 디스플레이 되도록 구성되어 있다. 화면에서 초기에 설정한 값이 변화되면 자동 공급 펌프를 제어하여 HCl, H₂O, FeCl₃의 밸브를 자동으로 on/off를 하여 산화환원전위(ORP) 및 비중(S.G)을 제어한다. 본 실험은 SUS MASK의 홀 직경을 0.4 mm로 에칭하는 것을 목표치를 설정하였다. 홀 직경 측정은 비접촉3차원측정기(HIT-V)로 측정하였다. 비중은 1.463로, ORP는 610 mV로 초기 값을 세팅하였으며 2분 간격으로 SUS MASK를 10장씩 투입하고 에칭 시간을 1분 동안 하면서 첨가제 F300을 첨가하여 ORP 변화에 따른 무게 변화, 에칭 시간 변화에 따른 ORP 및 비중을 측정하여 최종적으로 에칭 시 ORP와 비중의 최적 조건을 찾고자 하였다. 그림 2는 제어화면을 나타냈다.

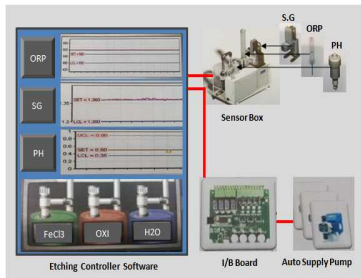


그림 1. 자동 액 관리 시스템의 구성도
 Fig. 1. Configuration diagram of automatic liquid management system

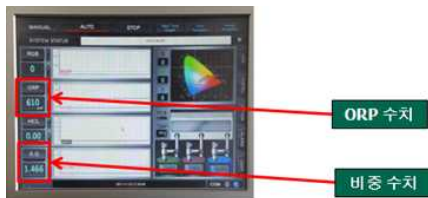


그림 2. 제어화면
 Fig. 2. Screen of control

4. 결과 및 고찰

400 mm × 500 mm의 SUS MASK를 5개를 이용하여 FeCl₃에 첨가제 F300을 첨가제 F300을 1.2%로 첨가하였고 에칭 압력 수치는 3.0kg/cm², 비중은 1.463, 에칭 시간은 3분으로 에칭을 진행하여 홀 직경 및 편차를 측정한다. 결과, 평균 직경은 0.4 mm, 편차는 0.08 mm로 측정되어 실험 목표치에 접근한 것으로 측정되었다[16,17]. 참고문헌[16,17]에서 자동 액 관리 장치는 ORP 값이 낮아지면 FeCl₃을 공급하고 비중이 증가하면 H₂O가 자동으로 공급되도록 설계되어 있어 ORP는 608 mV에서 611 mV까지 측정되었고 시간이 증가해도 자동으로 조절이 잘 되었다. 위 내용을 기초로 하여 F300을 첨가제로 하여 SUS MASK 수량 변화에 따른 ORP, 비중, 홀 직경 및 편차를 측정하였다. 그림 3은 SUS MASK 수량 변화에 따른 ORP를 측정하는 것으로 ORP는 610 mV, 비중은 1,455로 세팅하였고 SUS MASK를 10장 단위로 1분 동안 에칭하였다.

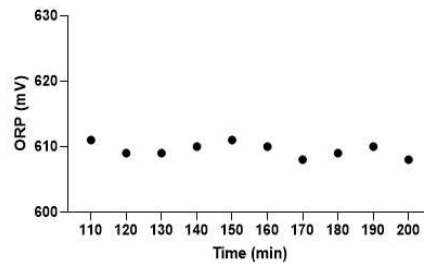
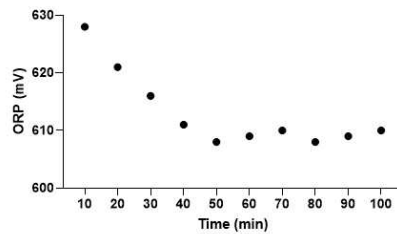


그림 3. SUS MASK 수량 변화에 따른 ORP
 Fig. 3. ORP with SUS MASK quantity variation

초기 에칭 시작은 SUS MASK가 10장 일 때 ORP 값이 628 mV로 시작하여 40장 투입할 때 부터 611 mV로 측정되었으며 200장까지 610 mV에 가깝게 유지되는 것을 확인하였다. 결론적으로 SUS MASK 수량에 관계없이 ORP가 거의 일정하게 유지되었다.

그림 4는 비중을 측정한 것을 나타냈다. 비중은 1.640 근처에서 유지되었다. 비중 또한 ORP와 같이 SUS MASK 수량에 관계없이 거의 일정하게 유지되었다.

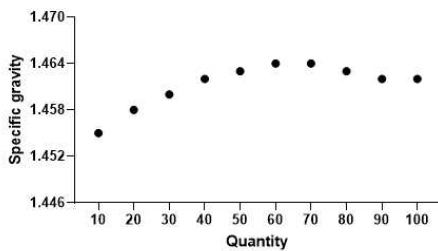


그림 4. SUS MASK 수량 변화에 따른 비중
Fig. 4. Specific gravity with SUS MASK quantity variation

그림 5는 SUS MASK 홀 크기를 측정한 것을 나타냈다. 50장 이후부터 200장까지 0.4 mm에 근접된 것으로 나타났다. 결론적으로 자체 제작된 자동 액 관리 시스템을 이용하면 홀 크기의 목표치에 접근하는 것으로 나타났다.

앞에서 실험한 결과를 참고하여 ORP는 610 mV, 비중 값은 1.463, 에칭 압력은 3.0 kg/cm², 첨가제(F300) 비율은 1.2%로 하여 에칭을 실시하였다. 한번 에칭할 때 10장씩 200장

까지 하여 홀 크기를 측정하였다.

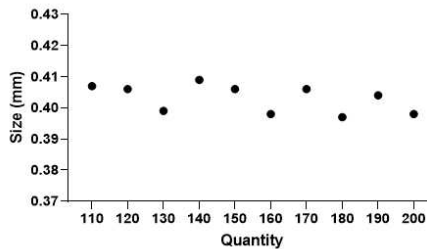
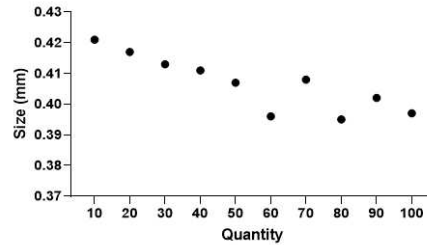


그림 5. 매수 변화에 따른 홀 크기
Fig. 5. Hole size with sheet variation

그림 6은 SUS MASK에서 홀 크기를 측정하는 위치 25지점을 나타낸 것이다. 홀 측정은 그림 6에 나타낸 25지점을 측정하여 평균값을 나타내었다.

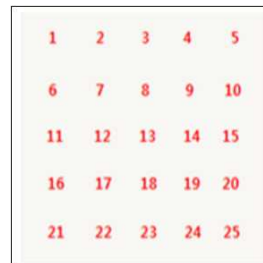


그림 6. 측정 위치
Fig. 6. Measuring position of hole size

그림 7은 200장까지 에칭하였을 때 홀 직경을 측정하여 나타낸 것이고 그림 8은 홀 편차를 측정하여 나타낸 것이다.

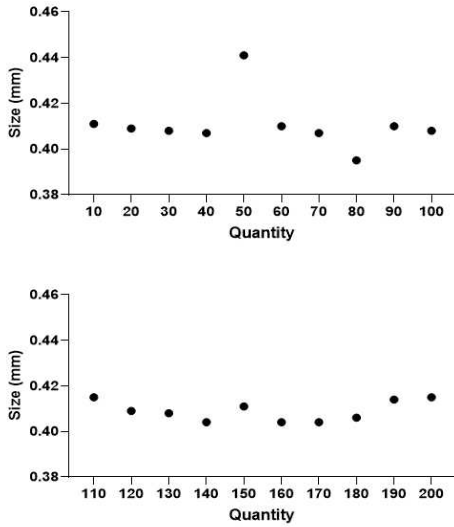


그림 7. 매수 변화에 따른 홀 크기
Fig. 7. Hole size with sheet variation

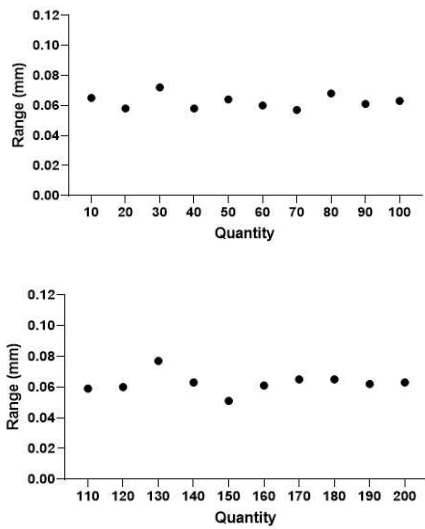


그림 8. 매수 변화에 따른 편차
Fig. 8. Range with sheet variation

홀 직경은 0.395 mm에서 0.441 mm까지 측정되었다. 20장부터 직경이 0.4 mm에 근접하였고 편차는 0.058로 우수한 것으로 측정되었다. 결론적으로 에칭 매수가 늘어나도 ORP 및 비중

조절이 잘 되어 실험 목표치인 0.4 mm에 근접된 것을 확인하였다.

5. 결론

본 논문은 OLED 공정에 사용되는 SUS MASK을 FeCl₃에 첨가제를 투입하여 에칭하는 것이 목적이고 실험에 사용된 장비는 자체 제작된 자동 액 관리 시스템이다. 자동 액 관리 시스템은 산화환원전위 (ORP)와 비중을 실시간으로 제어하고 FeCl₃ 및 첨가제를 정량 공급할 수 있는 장치이다.

SUS MASK를 10장 단위로 200장까지 1분 동안 에칭하였다. 초기 SUS MASK가 10장 일 때 ORP 값이 628 mV로 시작하여 40장 투입할 때부터 611 mV로 측정되어 200장까지 610 mV에 가깝게 유지되는 것을 확인하였다. 또한 비중은 1.640 근처에서 유지되었다. 그리고 SUS MASK가 50장 이후부터 200장까지 0.4 mm에 근접하게 측정되었다. 에칭 조건을 ORP는 610 mV, 비중은 1.463, 에칭 압력은 3.0 kg/cm², 첨가제(F300) 비율은 1.2%로 하였으며 한번 에칭할 때 10장씩 200장까지 하여 홀 크기를 측정하였다. 그 결과, 20장부터 직경이 0.4 mm에 근접하였다. SUS MASK 매수가 늘어나도 ORP 및 비중 조절이 잘 되었고 실험 목표치인 0.4 mm에 근접된 것을 확인하였다. 향후 자체 제작된 자동 액 관리 장치의 보안을 통해 SUS MASK의 홀 크기 및 편차를 더 줄일 수 있도록 실험을 진행하여 OLED 공정 생산라인에 투입될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

[1] D. W. Kim, I. J. Park, G. H. Kim, B. M. Chae, S. W. Lee, H. L. Choi, H. C. Jung, "Oxidation Process for the Etching Solution Regeneration of Ferric Chloride Using Liquid and Solid Oxidizing Agent", Clean Technol, Vol. 23, No. 2, pp.158-162, 2017.
[2] W. S. Choi, H. Y. Kim, J. W. Jeon, W. S. Chang, S. H. Cho, "Vibration- Assisted

- Femtosecond Laser Drilling with Controllable Taper Angles for AMOLED Fine Metal Mask Fabrication”, *Materials*, Vol. 10, pp.212-220, 2017.
- [3] Y. Ito, M. Ueki, T. Kizaki, N. Sugita, M. Mitsuishi, “Precision cutting of glass by laser-assisted machining”, *Procedia Manuf.*, Vol. 7, pp.240-245, 2016.
- [9] M. R. Park, Y. W. Kim, J. H. Park, C. H. Park, “Separation of Iron and Nickel from Heavily Concentrated Aqueous”, *Clean Tech.*, Vol. 13, No. 4, pp.274-280, 2007.
- [4] Ueda, R., “Chemical Machining by Ferric Chloride Etchant,” *Corrosion Eng.*, Vol. 38, pp.231-237, 1989.
- [5] Lewis, R. J. Sir., “Sax’s Dangerous Properties of Industrial Materials,” 8th ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
- [6] Maynard, R. B., Moscony, J. J. and Saunders, M. H., “Ferric Chloride Etching of Low Carbon Steels,” *RCA Review*, Vol. 45, p.73, 1992.
- [7] Ueda, R., Asakura, S., Tanozaki, Y. and Sugiura, T., “Analysis of Spray Etching Rate of Ferric Chloride Etchant,” *Hyoman Gijutsu*, Vol. 43, p.48, 1992.
- [8] Allen, D. M. and Hegarty, A. J., “Surface Textures of Annealed AISI 304 Stainless Steel Etched by Aqueous Ferric Chloride/hydrochloric Acid Solution,” *T. I. Met. Finish.*, Vol. 59, pp.25-29, 1981.
- [10] M. M. Heravi, F. K. Behbahani, M. Daraie, H. A. Oskooie, “ $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: A mild and efficient catalyst for one-pot three component synthesis of β -acetamido carbonyl compounds under solvent-free conditions”, *Molecular Diversity*, Vol. 13, No 3, pp.375-378. 2009.
- [11] I. J. Park, B. Swanin, D. W. Kim, G. H. Kim, D. H. Han, H. C. Jung, “Preparation of nickel nanoparticles using nickel raffinate separated by solvent extraction from spent FeCl_3 etching solution arch”, *Metall. Mater.*, Vol. 64, No 2, pp.531-534, 2019.
- [12] E. Najafi and F. K. Behbahani, “Three Component Synthesis of 3-Diarylmethyl indoles Using $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3/\text{SiO}_2$ as Catalyst”, *Russian Journal of Organic Chemistry*, Vol. 53, No. 3, pp.454-458, 2017.
- [13] S. Tao, B. Wu, S. Lei, “A comparative study of the interaction between microhole sidewall and the plasma generated by nanosecond and femtosecond laser ablation of deep microholes”, *J. anuf. Process*, Vol. 14, pp.233-242. 2012.
- [14] W. T. Kwon, L. S. Kwon, W. S. Lee, “The Development of New Cost-Effective Optimization Technology for OLED Market Entry”, *Journal of Distribution Science* Vol. 17, No. 4, pp.51-57, 2019.
- [15] Y. W. Kim, M. R. Park, H. M. Lee, G. H. Park, C. H. Park, “Effect of $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ Addition in the Aqueous Ferric Chloride Etchant on the Increase of Shadow Mask Etch Rate”, *Korean Chem. Eng. Res.*, Vol. 48, No. 2, pp.157-163, 2010.
- [16] W. S. Lee, “A Study on SUS MASK Etching using of FeCl_3 ” *Korea Information Electron Communication Technology*, Vol. 13, No. 5, pp.412-418. 2020.
- [17] W. S. Lee, “A Study on the Etching of SUS MASK using Automatic Liquid Management System” *Korea Information Electron Communication Technology*, Vol. 14, No. 4, pp.412-418. 2021.

저자약력

이 우 식 (Woo-Sik Lee)

[정회원]



- 1998년 2월 : 대구대학교 화학과 (이학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 화공생명공학과 교수

〈관심분야〉 신재생에너지