

## 자동액관리 시스템을 이용한 SUS MASK 에칭에 관한 연구

이우식\*

### A Study on the Etching of SUS MASK using Automatic Liquid Management System

Woo-Sik Lee\*

**요약** 본 논문은 OLED에 사용되는 SUS MASK를 자동액관리 시스템을 사용하여 제작 하였다. SUS MASK의 홀 직경은 0.4 mm으로 설정하여 실험 하였다. 첨가제 F300이 홀 직경이 0.4 mm에 근접하고 오차범위는 평균 0.08로 측정되어 우수함을 알 수 있었다. 그리고 산화환원전위(ORP) 변화에 따른  $\text{CuCl}_2$ 와  $\text{FeCl}_3$ 의 무게 감소량을 측정결과,  $\text{FeCl}_3$ 이 ORP 변화에 상대적으로 민감도가 높은 것으로 나타났다. SUS Mask를 연속적으로 에칭하면서 ORP(610 mV)와 비중(1.463)이 자동으로 조절되는지를 실험을 하였다. 실험결과로서는 셋팅 값이 크게 변화되지 않아 자동액관리 시스템이 잘 조절이 잘 되는 것으로 나타났다. 그리고 홀 직경을 0.4 mm로 목표치로 설정한 후 실험 한 결과는 0.36 부터 0.44까지 측정되었다. 따라서 SUS MASK 제조공정에서 에칭가공공정은 제작된 자동액관리 시스템을 적용시키면 보다 안정성 높은 정밀도로 향상 시킬 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** This paper produced SUS MASK, which is used for OLEDs, using an automatic liquid management system. The SUS MASK was tested by setting the hole diameter to 0.4 mm. The additive F300 was found to be excellent as the hole diameter was close to 0.4 mm and the error range was measured to be 0.08 on average. And as a result of measuring the weight reduction amount of  $\text{CuCl}_2$  and  $\text{FeCl}_3$  according to the change in oxidation-reduction potential (ORP),  $\text{FeCl}_3$  is relatively sensitive to ORP changes. Experiments were conducted on whether ORP (610 mV) and specific gravity (1.463) were automatically controlled while continuously etching the SUS Mask. Experimental results show that the automatic liquid management system is well controlled because the setting value is not significantly changed. After setting the hole diameter to 0.4 mm as the target, the experiment results were measured from 0.36 to 0.44. Therefore, it is expected that etching processing in the manufacturing process of SUS MASK can be improved with higher precision by applying the manufactured automatic liquid management system.

**Key Words** : Automatic liquid management system, SUS MASK, etching speed,  $\text{FeCl}_3$ , Oxidation-reduction Potential, OLED, specific gravity

### 1. 서론

현재 유기발광디스플레이 생산은 자동화 설비업체를 통해 생산 공정을 건설하고, 증착기, 봉지장비, 검사장비 등 업체를 통해 생산 장비를 구축하고, 최

종적으로 유리기판, OLED 재료 및 부품 업체 등으로부터 발광재료, 구동IC, 유리기판을 납품받는 전형적인 장치산업 구조를 가지고 있다. 앞으로 국내외에서는 스마트폰과 OLED TV의 수요 증가로 인하여 빠른 속도로 증가되고 있다. 그러므로 OLED 제조공

\*Department of Chemical & Biological Engineering, Gachon University

\*Corresponding Author : Department of Chemical & Biological Engineering, Gachon University(leews@gachon.ac.kr)  
Received July 29, 2021                      Revised August 02, 2021                      Accepted August 17, 2021

정에 필수로 사용되는 SUS MASK 수요가 증가할 것으로 예상된다[1,2,3]. Dump out 방식은 SUS MASK 에칭공정에 이용되고 있으며 이 방식은 스테인레스 소재의 에칭 방법으로, FeCl<sub>3</sub>를 에칭액으로 사용하므로써 에칭액 관리가 불안정하므로 에칭액 농도 변화 및 단위 에칭성(Etch factor)의 저하에 따른 재현성 저하로 인하여 초정밀 에칭 부품 가공에 한계가 있다[4,5]. 그리고 현재 에칭액 관리 방법은 에칭 약품 사용량의 증가로 폐기물이 많이 발생하여 환경문제와 처리 비용이 많이 발생하는 단점이 있다. 또한 FeCl<sub>3</sub> 약품을 사용하여 에칭을 함으로서 스테인레스 스틸 소재가 FeCl<sub>3</sub> 에칭액에 용해되면서 철과 불순물의 함량이 증가되어 약품의 순도가 낮아진다[6,7,8]. 또한 SUS MASK 제조방법은 비중(SG : Specific Gravity) 및 산화환원전위(ORP : Oxidation Reduction Potential)를 수동으로 조절하여 제작을 하여 초정밀 에칭 부품의 정밀도 및 균일한 품질의 부품을 가공하는데 있어 어려움이 있다[6,7,8,9]. 참고문헌[10]은 자동액관리 시스템을 이용하여 FeCl<sub>3</sub>를 이용하여 비중 및 분사압력을 변화주어서 SUS MASK의 에칭을 분석하여 발표하였다. 본 논문에서는 FeCl<sub>3</sub>에 자체 개발한 에칭첨가제(F200, F300)을 이용하여 에칭의 가공 정밀도를 향상시킬 수 있는 조건을 찾는 데 목적을 두었다. 특히 SUS MASK의 에칭 정밀도와 제품의 불량률 및 폐기물을 감소하여 친환경적인 기술개발에 목적을 두었다.

## 2. 실험방법

그림 1은 본 논문에서 사용된 자동액관리 시스템의 구성도를 나타냈다[10]. 자동액관리 시스템은 ORP와 비중을 실시간으로 제어하고 FeCl<sub>3</sub> 및 첨가제 F200, F300을 정량 공급 할 수 있는 장치로서, ORP는 산화환원전위를, S.G는 비중 측정용, pH는 수소이온농도를 측정하는 곳으로 각 3부분에서 측정된 데이터를 센서 박스로 전송하여 디스플레이를 하게 되어 있다. 화면에서 설정된 값이 변화되면 I/B Board에서는 Auto Supply Pump를 제어하여

FeCl<sub>3</sub>, HCl, H<sub>2</sub>O의 밸브를 자동으로 on/off를 하여 ORP 및 비중을 제어한다. 홀 직경을 0.4 mm로 설정하여 첨가제(F200, F300)의 혼합비율에 따른 에칭성, 에칭 폐액을 재생하기 위해 ORP(610 mV 셋팅) 변화에 따른 무게 감소량, 시간변화에 따라 비중(1.463) 및 홀 직경을 측정, 실험하였다. 그림 2는 제어화면을 나타냈다.

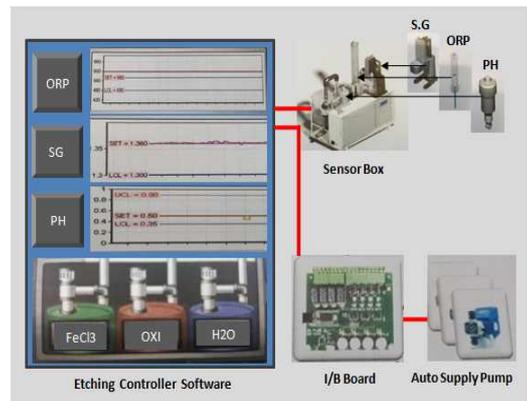


그림 1. 자동 액 관리 시스템의 구성도

Fig. 1. configuraion diagram of automatic liquid management system

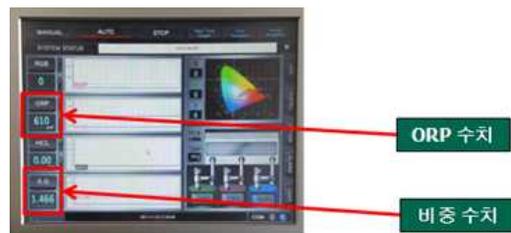


그림 2. 제어화면

Fig. 2. screen of control

## 3. 결과 및 고찰

FeCl<sub>3</sub>에 첨가제(F200)의 혼합비율을 0~1.6%까지 변화를 주어 5개의 sheet에서 에칭 직경 치수 및 오차범위를 측정하는 것을 표 1과 표 2에 나타냈다. 첨가제 혼합비율이 증가할수록 에칭현상이 향상되는 현상을 발견할 수 있으며, 혼합비율이 0.8% 이상부터 에칭 직경의 변화가 크게 줄어들

며, 1.2% 이상부터 에칭현상의 향상 효과가 거의 없거나 무의미한 수준으로 나타났다.

표 1. 첨가량 변화에 따른 직경  
Table 1. Diameter according to change in amount added

Sheet number	content(%)				
	0	0.4	0.8	1.2	1.6
1	0.400	0.403	0.394	0.402	0.399
2	0.410	0.409	0.410	0.412	0.395
3	0.416	0.396	0.389	0.397	0.401
4	0.408	0.399	0.411	0.411	0.399
5	0.415	0.397	0.409	0.407	0.415
Average	0.410	0.401	0.403	0.406	0.402

표 2. 첨가량 변화에 따른 편차  
Table 2. Hall range according to change in amount added

Sheet number	content(%)				
	0	0.4	0.8	1.2	1.6
1	0.081	0.085	0.056	0.072	0.077
2	0.082	0.070	0.086	0.081	0.062
3	0.092	0.067	0.064	0.076	0.071
4	0.090	0.089	0.058	0.069	0.080
5	0.073	0.087	0.072	0.082	0.067
Average	0.084	0.080	0.067	0.076	0.071

첨가제 F300을 이용하여 1.2% 혼합 것을 F200과 동일한 조건에서 실험한 결과를 표 1에 나타냈다. F300은 홀 크기의 목표인 0.4 mm에 근접한 것으로 측정되었고 오차범위는 평균 0.08로 측정되어 F200 보다 F300이 더 우수하다는 것을 알 수 있었다.

표 3. 첨가제 1.2%에 따른 sheet 내 오차 (F300)  
Table 3. Sheet hole Range of Additives 1.2% (F300)

Sheet number	Average (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Range (mm)
1	0.403	0.358	0.441	0.083
2	0.401	0.364	0.441	0.077
3	0.414	0.374	0.443	0.069
4	0.395	0.361	0.443	0.082
5	0.411	0.364	0.442	0.068
Average	0.40	0.36	0.44	0.08

에칭 폐액을 재생하기 위해 ORP 변화에 따른 CuCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub> 무게 감소량을 측정한 것을 그림 3에 나타냈다. CuCl<sub>2</sub> 보다 FeCl<sub>3</sub>이 ORP 변화에 상대적으로 민감도가 높은 것으로 나타났다. 580 mV 이상에서 CuCl<sub>2</sub>와 FeCl<sub>3</sub>는 모두 감소율은 미미한 것으로 나타났다.

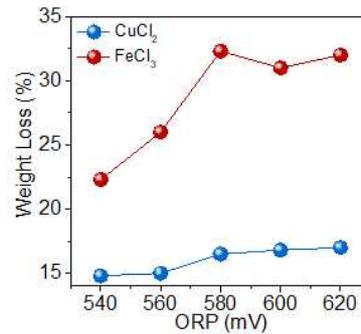


그림 3. ORP 변화에 따른 무게손실  
Fig. 3. Weight loss with ORP variation

일반적으로 에칭이 진행되는 동안 ORP 값은 떨어지고, 비중 값은 증가한다. 자동액관리 시스템은 ORP 값이 떨어질 경우에는 FeCl<sub>3</sub>을 공급하고, 비중 값이 증가할 경우에는 H<sub>2</sub>O를 공급하는 장치로서 ORP는 610 mV, 비중은 1.463로 셋팅시켰다.

이 장치를 이용하여 3분마다 SUS Mask를 10장씩 투입하여 연속적으로 에칭하면서 자동으로 ORP 및 비중이 조절되는지 확인하였다.

그림 4는 시간변화에 따른 ORP를 확인한 것으로 611 mV에서 608 mV까지 측정되어서 610 mV로 셋팅을 한 것에 크게 변화되지 않고 자동으로 조절이 잘 되는 것을 확인 할 수 있었다.

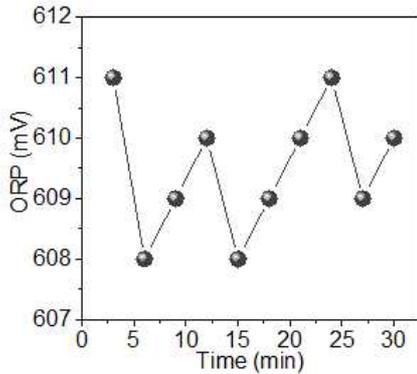


그림 4. 시간 변화에 따른 ORP  
Fig. 4. ORP with time variation

그림 5는 시간변화에 따른 비중을 확인한 것으로 1.464에서 1.461까지 측정되어 1.463으로 셋팅을 한 것에 크게 변화되지 않고 자동으로 조절이 잘 되었다.

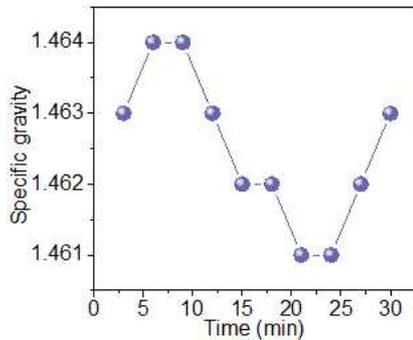


그림 5. 시간 변화에 따른 비중  
Fig. 5. Specific gravity with time variation

그림 6은 홀 직경을 0.4 mm로 목표치로 설정한 후 직경을 측정하는 것으로 시간에 관계없이 큰 오차없이 에칭이 된 것으로 보여 준다. 결론적으로 제작된 자동액관리 장치에서 자동으로 에칭액을 조절하므로써 ORP 및 비중은 자동조절된 것으로 관찰되었다.

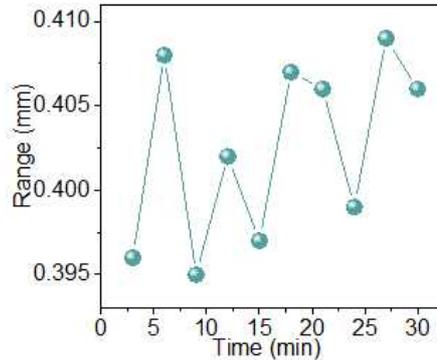


그림 6. 시간 변화에 따른 편차  
Fig. 6. Range with time variation

#### 4. 결론

본 논문은 OLED에 사용되는 SUS MASK를 가공할 때 에칭액인 FeCl<sub>3</sub>를 자동액관리 시스템을 사용하여 홀 직경을 0.4 mm로 목표치를 설정하고 첨가제(F200, F300)의 혼합비율에 따른 에칭성, 에칭 폐액의 변화에 따른 무게 감소량, 시간변화에 따라 비중(1.463) 등을 시험하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 첨가제 F200, F300을 이용하여 5개의 sheet에서 에칭 직경 치수 및 오차범위를 측정하는 결과 첨가제 혼합비율이 증가할수록 에칭현상이 향상되며, F300이 홀 크기의 목표인 0.4 mm에 근접하고 오차범위는 평균 0.08로 측정되어 우수함을 알 수 있었다.
2. 에칭 폐액을 재생하기 위해 ORP 변화에 따른 CuCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub> 무게 감소량을 측정결과 FeCl<sub>3</sub>이 ORP 변화에 상대적으로 민감도가 높은 것으로 나타났다.
3. 3분마다 SUS Mask를 10장씩 투입하여 연속적으로 에칭하면서 자동으로 ORP 및 비중이 조절되는지 확인한 결과 ORP 610 mV, 비중 1.4631으로 셋팅 값이 크게 변화되지 않아 자동으로 조절이 잘 되고 있는 것으로 생각된다.
4. 홀 직경을 0.4 mm로 목표치로 설정한 후 직경을 측정하는 것은 시간에 관계없이 큰 오차 없이

잘 에칭이 된 것으로 나타났다.

위 실험결과를 SUS MASK 에칭공정에 제작된 자동액관리 장치를 적용시키면 보다 안정성 높은 정밀도로 향상 시킬 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.S. Uegita, M. Mitsuishi, "Precision cutting of glass by laser-assisted machining", Procedia Manuf, Vol. 7, pp.240-245, 2016

[4] 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

[5] M. M. Heravi, F. K. Behbahani, M. Daraie, H. A. Oskooie, "Fe(ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>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

[6] 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<sub>3</sub> etching solution arch", Metall. Mater, Vol. 64, No 2, pp. 531-534, 2019

[7] E. Najafi and F. K. Behbahani, "Three Component Synthesis of 3-Diarylmethyl indoles Using Fe(ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> as Catalyst", Russian Journal of Organic Chemistry, Vol. 53, No. 3, pp.454-

458, 2017

[8] 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

[9] 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

[10] W. S. Lee, "A Study on SUS MASK Etching using of FeCl<sub>3</sub>" Korea Information Electron Communication Technology, Vol. 13, No. 5, pp.412-418. 2020

---

### 저자약력

---

이 우 식(Woo-Sik Lee)

[정회원]



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

〈관심분야〉 신재생에너지