

전주공정을 이용한 파인메탈마스크 제작

강대철¹, 김현영², 전병희³

Fabrication of Fine Metal Mask using Electroforming process

D. C. Kang, H. Y. Kim, B. H. Jeon

Abstract

Electroformed part is widely used in modern manufacturing industries, especially semi-conductor division. It is basically a specialized form of electroplating. So, it has very similar parameters with electroplating. The object of this study is development of the fine metal mask by electroforming process. In this paper considered two parameters. The first is relationship of UV exposure and soft baking time. The other one is thickness uniformity of electroformed parts by distance of between electrodes. This paper presents the fabrication method of fine metal mask by electroforming process.

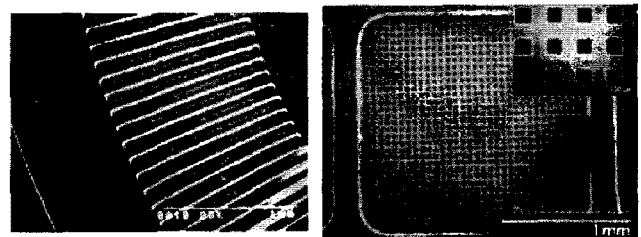
Key Words : Electroforming, Electro plating, Fine metal mask, Micro nozzle, FEM

1. 서론

최근 들어 미세가공기술은 MEMS(Micro Electro Mechanical System)의 발전과 함께 디스플레이, BIO 분야에 적용되어 OLED(Organic Electro Luminescence Display), PDP(Plasma Display Panel), 미세필터, 노즐, 광학 마스크 등의 제작에 핵심기반 기술이 되고 있다. Fine metal mask는 OLED, TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display), PDP 등 차세대 디스플레이 분야와 필터, 노즐 등 BIO 분야, 그리고 mask를 사용하는 반도체공정, 레이저 가공, 등 정밀미세가공분야에 중요한 부품이다.^[1] 특히 디스플레이분야는 연평균 성장률이 80%대에 이를 만큼 폭발적인 시장을 형성하고 있다.

Full color OLED 박막 증착에는 $\pm 5 \mu\text{m}$ 의 증착패턴이 형성되어야 한다. 이때 fine metal mask를 사용하는데 fine metal mask의 형상정밀도와 선폭에 의해 증착 정밀도가 결정된다. 이는 fine metal mask의 정밀도에 따라 증착공정에서 균일하고 미

세한 피치의 박막을 얻을 수 있기 때문이다. Fine metal mask는 선폭과 치수 정밀도, 그리고 두께에 따른 수직도가 제품의 품질을 결정한다. 이러한 fine metal mask의 제작에는 에칭이나 전주(electroforming)에 의한 방법을 사용한다. 이들 중 전주에 의한 제품은 두께와 관계없이 몰드의 형상을 전사하는 특성으로(0.05~0.1 μm 표면정밀도) 인해 고정밀도의 몰드만 있으면 고정밀도의 fine metal mask를 제작할 수 있다. 따라서 10 μm 이하의 선폭을 구현할 수 있고, 끝단부의 수직도를 유지할 수 있다. Fine metal mask는 다양한 분야에 걸쳐 파급효과가 큰 초정밀 미세 부품이며, fig. 1에 fine metal mask 부품을 나타내었다.



(a)Optical slit

(b)Micro mesh

Fig. 1 Fine metal mask applications

1. 강원대학교 기계메카트로닉스공학부 대학원
2. 강원대학교 기계메카트로닉스공학부
3. 인덕대학 컴퓨터응용설계전공

2. Fine metal mask 제작

2.1 몰드(mold) 제작

전주를 하기 위해 포토리소그래피(photo-lithography) 공정을 이용하여 몰드를 제작했다. Si 웨이퍼에 e-beam evaporator 를 사용하여 seed layer 를 증착한 후 스펀코터를 이용해 PR 을 도포하고 soft baking 을 한다. Soft baking 이 끝나면 노광을 하고, 현상액으로 PR 을 현상한다. 현상이 완료되면 전주용 몰드로 사용하여 전주를 하고, 박리하여 최종 제품으로 사용한다. Fig. 2 에 파인메탈 마스크 제작용 포토리소그래피 공정을 나타내었다.

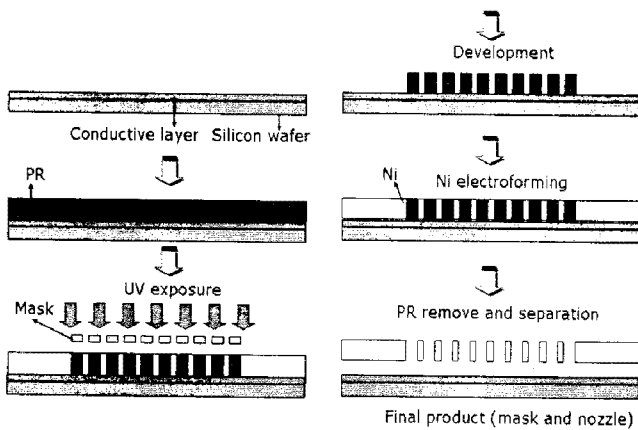


Fig. 2 Photolithograph process

2.1.1 포토 마스크 제작

파인메탈마스크를 제작하기 위해 Fig. 3 과 같은 포토마스크를 제작하였다. 패턴은 $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ 사각형과 지름 $50\ \mu\text{m}$ 의 원형이며 패턴간극은 $10\ \mu\text{m}$ 이다. 대각선 길이가 약 $1.5''$ 인 영역에 179,328 개의 패턴이 4 세트가 들어있다.

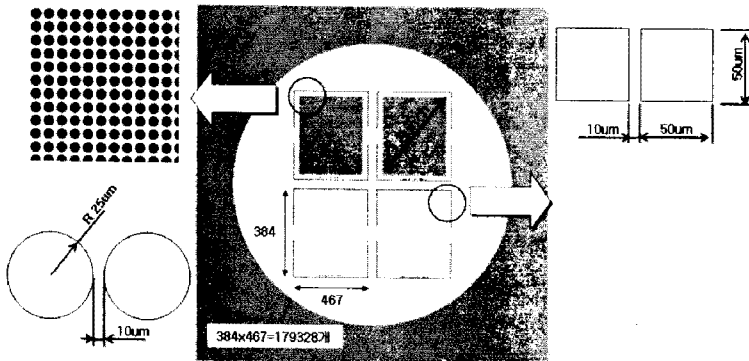


Fig. 3 Photo mask pattern

2.1.2 마이크로 패턴 몰드 제작

Seed layer 가 증착된 Si 웨이퍼에 Positive PR 인 AZ9260 을 스펀코팅을 하고 포토마스크를 사용하여 soft baking 을 하여 몰드를 제작 하였다. 전주 공정의 특성상 이형을 하게 되는데 이때 원활한 이형을 위해서 몰드에 구배각을 준다. 노광 및 soft baking 시간에 따른 구배각을 fig. 4 에 나타내었다. Soft baking 시간이 100 초 이하일 때는 내부의 용제가 완전히 증발하지 않아 현상 후 경계가 무너지는 현상을 볼 수 있었다. 또한 40 초 이하의 노광 시간에서는 구배각이 작아 몰드의 형상이 완전하지 않았다. 본 연구에서는 56 초 노광, 120 초 soft baking 을 했을 때 약 88.4° 의 구배각을 얻었다.

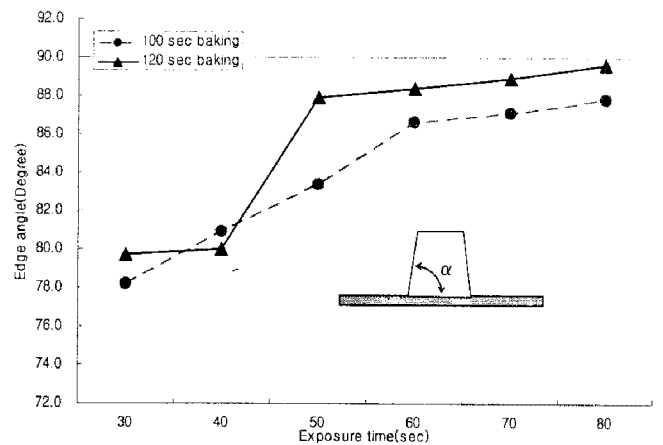


Fig. 4 Edge angle - exposure time curve

Table 1 에 사용된 스펀코팅 조건과 노광조건을 나타내었으며, fig. 5 에 제작된 몰드를 나타내었다.

Table 1 Parameters of electroforming mold

	Step	RPM	Time	Soft baking
	Spin coating ($16\ \mu\text{m}$)	1 st	500	5sec.
2 nd		2000	50sec.	
3 rd		500	10sec.	
Exposure	Align gap	Exposure time	Energy	
	$10\ \mu\text{m}$	56sec.	$1680\text{mJ}/\text{cm}^2$	

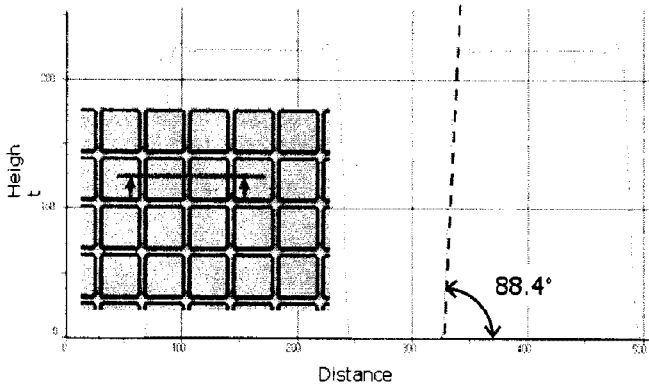


Fig. 5 Mold and edge angle profile

2.2 전주공정

전주는 전기도금의 한 분류로 전기도금과 유사한 공정을 갖는다. 치수정밀도가 높고 복잡한 형상의 전사성이 우수하며, 대량생산이 가능하여 그 중요성이 날로 증가되고 있다. 특히 기계가공이 어려운 미세한 부품의 제작이 가능하여 최근에 반도체 및 디스플레이 분야에서 많이 사용되고 있다.

전주는 1837년 프린팅 기관에 구리를 도금하는 과정에서 Jacobi에 의해 처음 제안되었다.^[1] 이후 많은 연구가 수행되었는데, Popov^[2] 등은 "current line division"이라는 개념을 도입하여 전주공정 중 "corner weakness"를 수치 모사하였고, Mcgeough^[3] 등은 전류의 극성을 이용하여 균일두께분포를 갖는 전주물의 전류와 전극형상최적화를 수치해석을 이용해 시도했다. 채만승^[4] 등은 전주물의 분리력과 전류밀도에 따른 내부응력 평가를 했으며, Hülsenberg^[5] 등은 전류밀도와 시간을 공정변수로 하여 고 세장비 구리회로를 유리에 전주로 형성하였다.

Fig. 6에 전주 및 전기도금의 기본 개념도를 나타내었다. 도금조 속에 원형이 되는 몰드를 넣고 "-"를 연결하여 음극(cathode)을 만들고, 반대쪽에 Ni을 넣고 "+"를 연결하여 양극(anode)을 만든다. 그리고 전원을 인가하면 양극에서 Ni 양이온이 도금액 속으로 해리되고, 해리된 Ni 양이온이 음극측에 Ni로 석출되면서 도금이 된다. 도금량은 Faraday의 법칙에 의해 구해지고, 원하는 두께로 도금이 되면 도금조에서 꺼내 몰드에서 분리시켜 제품으로 사용하거나 후 공정을 적용한다.

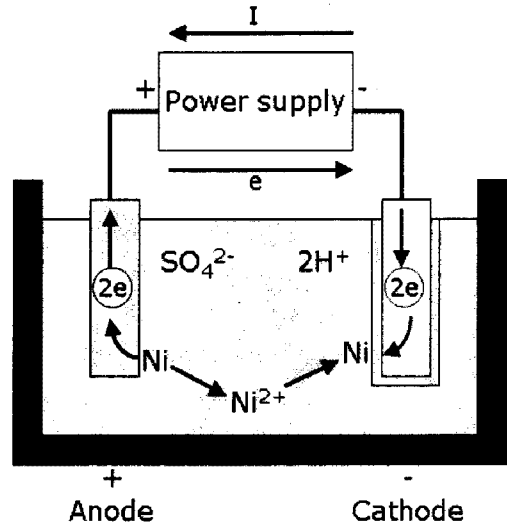


Fig. 6 Concept diagram of electroforming and electroplating

2.2.1 실험 및 고찰

파인메탈마스크를 제작하기 위해 fig. 7과 같이 실험장비를 구성하였다.

본 연구에서는 설��파민산 니켈옥(nickel sulfamate acid electrolyte)을 사용했으며, 설��파민산 니켈옥의 구성과 작업조건을 table 2에 나타내었다.

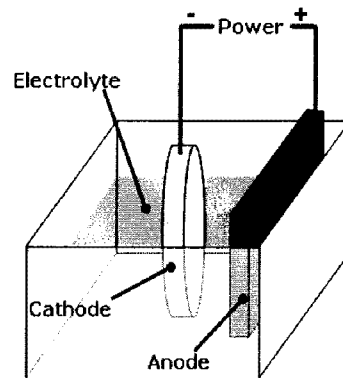


Fig. 7 schematic diagram of electroforming

Table 2 Typical composition and operating condition of nickel sulfamate acid solution

Compositions	Conditions
Nickel sulfamate	300~450g/Litter
Nickel chloride	0~30g/Litter
Boric acid	30~45g/Litter
Temperature	40~60 °C
pH	3.5~4.5

몰드와 전극사이의 거리에 따라 국부적인 전류 밀도가 달라지므로 두께 분포가 균일하지 못 할 수 있다. Fig. 8 은 몰드와 양극 사이의 거리에 따른 두께분포를 나타낸다. 거리를 1mm, 5mm, 10mm, 30mm 로 바꾸어가며 10 μm 두께를 증착했다. 몰드와 양극사이의 거리가 10mm 이상이 되었을 때 균일한 두께 분포를 나타냄을 알 수 있다.

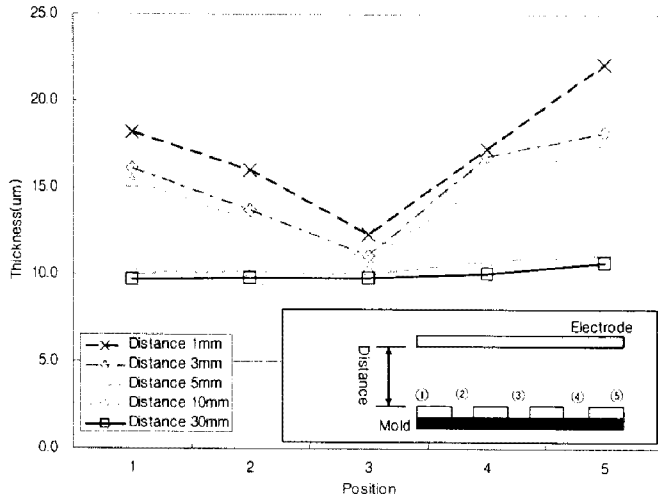
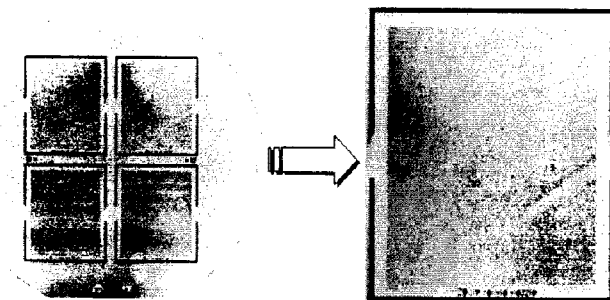


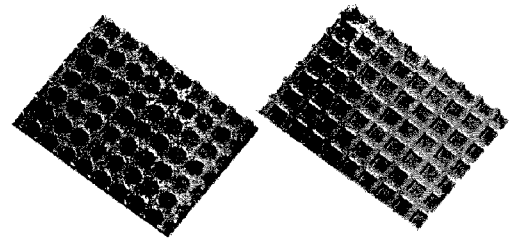
Fig. 8 Thickness distribution (current density : 1.0A/dm²)

2.2.2 파인메탈마스크 제작

앞 절에서의 결과를 적용하여 파인메탈마스크를 제작하였다. 도금 두께는 약 15 μm 이고, 몰드와 양극간의 거리는 30mm 로 했다. Fig. 9(a) 에 제작된 파인메탈마스크를 나타내었으며, fig. 9(b)는 3D 이미지를 나타낸다. 원형 마스크의 패턴 직경은 50 μm 이고, 사각형 마스크의 패턴 크기는 50 μm x 50 μm 이다. 패턴 최소 간극은 10 μm 이고, 제작된 파인메탈마스크의 두께는 약 15 μm 이다.



(a) Electroformed fine metal mask



(b) 3D image

Fig. 9 Electroformed fine metal mask

3. 결론

본 연구를 통해 Ni 전주공정을 수행하였으며, 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

- (1) 이형을 고려한 몰드를 제작 하였으며, 56 초 노광 및 120 초 soft baking 했을때 88.4°의 구배각을 얻었다.
- (2) 몰드와 양극 사이의 거리가 10mm 이상이 되었을 때 두께분포가 균일하게 나타났다.
- (3) 두께 15 μm , 개구부 크기 50 μm , 패턴 최소 간극은 10 μm 인 원형 및 사각형 파인메탈 마스크를 제작하였다.

참고 문헌

- [1] M. J. Sole, 1994, "Electroforming: Methods, Materials and Merchandise", Minerals, Metals and Materials, Vol. 46, pp. 29~35.
- [2] K. I. Popov, R. M. Stevanovic, 2000, "A new current line division concept for the determination of the current distribution in electrochemical cells. Part I. Theoretical background of the "corner weakness" effect in electroforming", J. Serb. Chem. Society, Vol. 65, pp. 905~914.
- [3] J. A. McGeough and H. Rasmussen, 1981, "Theoretical Analysis of the Electroforming Process", J. Mechanical Engineering Science, Vol. 23, No. 3, pp. 113~120.
- [4] 채만승, 이회근, 1991, "Study on separation of electroformed shell from a mold", 부산공전 연구 논문집 제 16 호, pp. 285~290.
- [5] D. Hülsenberg, A. Harnisch, C. Jakob, M. May, B. Straube, 1996, "High Aspect Ratio Structures Obtained by Electroforming in Microstructured Glass", Microsystem Technologies Vol. 2, pp. 109~113.