Electroforming 공정을 통한 마이크로 적층 구조물 제작

Micro lamination production by the electroforming process

*이상일 [1], 김대용 [1], 양승진 [1], 표창률 [1], #전병희 [2]

*S. I. Lee[1](silee@probepin.com), D. Y. Kim[1] , S. J. Yang[1], C. R. Pyo[1], #B. H. Jeon[2](bhjeon@induc.ac.kr)

[1] (주)새한마이크로텍, [2] 인덕대학

Key words : electroforming, FEM, MEMS

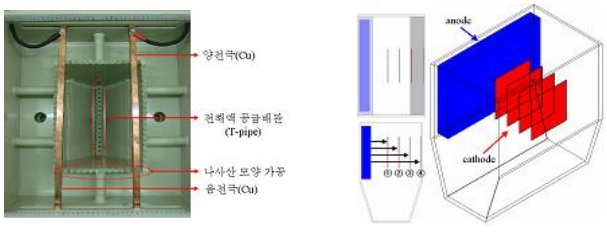
1. 서론

전주(Electroforming)는 전기도금 방법을 이용하여 두꺼운 도금을 함으로써 금속제품을 제조하거나 보수 또는 복제품을 만드는 기술로 전착된 금속의 두께가 0.025 mm 에서 25mm 로 일반 전기도금에 비하여 10 배에서 50 배에 이르는 장점을 가지고 있다. 이러한 전주의 장점을 이용하여 최근 산업제품의 제조 및 양산화가 진행되고 있다. 현재 전주법에 의해 양산화 되고 있는 것으로 PCB 기판용 전해도박, 각종 성형용 금형, 인공위성 부품, 공예 복제품, 귀금속 장신구용품 등이며, 사진술을 이용한 포토 마스킹(photo-masking) 기술을 전주에 접목시킨 사진전주(photo-electroforming) 기술에 의해 제조되는 전기 면도기의 날, 인쇄용 메탈 스크린의 digitron grid 와 같은 정밀전자 부품 등이 있다. 이와 같이 장식용 제품의 제조에서 시작된 전주도금 기술은 현재에 있어서는 기계가공에서의 불가능한 부품 이나 제품들을 생산하는 기술로 전자산업 이나 정밀기계 산업분야에서도 필수적인 기술로 자리를 잡고 있다.[1)]

본 연구에서는 전주 시 발생되는 과전류의 집중현상에 미치는 인자를 유한요소해석(FEM)함으로써 전류밀도 분포에 따른 형상변화를 고찰하여 이를 바탕으로 마이크로 적층 구조물을 제작함에 있다.

2. 유한요소해석

전주도금 수조의 해석 모델링으로 fig. 1 과 같은 전주 도금수조의 형태와 그에 따른 전극(electrode)형태로 설정하였으며, table 1 의 전해액 구성으로 설정하였다.[2)] 경계조건으로 수조와 전극이 접촉하는 곳의 전위(potential)값을 고정 하여, (+)전극에는 4V, (-)전극에는 0V 를 인가하였다. 전기장 이 분포되는 매질의 물성 치로는 유전율(permittivity)을 사 용하였으며, 물성치값은 7.04e-10 farad/m 로 설정하였다.



(a) Electroforming bath (b) modeling

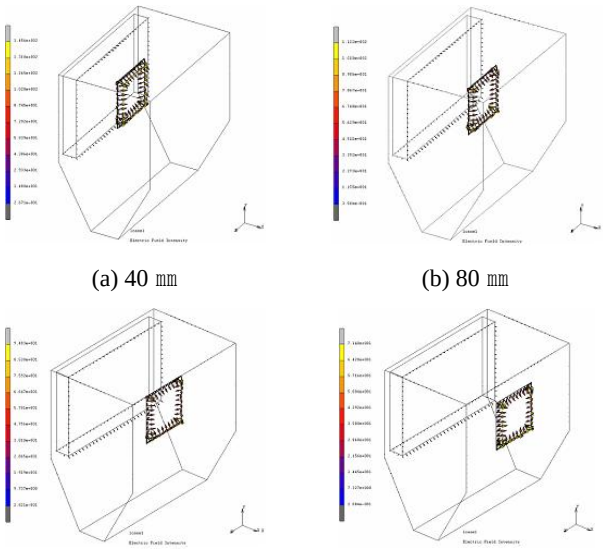
Fig. 1 Modeling for Electroforming FEM

Table 1 Comparison of measured roughness data

Composition Density	(g/ℓ)
Nickel sulfate[Ni(SO_3 NH_2)$_2$ 4H_2 O]	300~700
Boric acid(H_3 BO_3)	40
Nickel chloride($NiCl_2$ 6H_2 O)	1

2.1 전극간 거리에 따른 전류밀도 분포

전극간 거리에 따른 해석 결과와 실험을 통한 전주 형상을 비교 및 분석하였다. 전극간 거리는 40, 80, 120, 160 ㎜로 설정하였다. Fig. 2 에서 보듯이, 전극의 거리가 가까울수록 전극판(cathode) 끝 단 쪽으로 전기장의 세기가 강하게 분포되는 것으로 해석되었으며, 이 결과 전기장의 세기가 커지면 전류밀도의 분포가 커짐을 알 수 있었다.

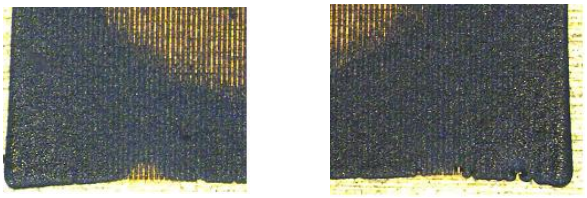


(a) 40 ㎜ (b) 80 ㎜

(c) 120 ㎜ (d) 160 ㎜

Fig. 2 FEM of Electric field intensity as a distance between electrode

Fig. 2 에서 알 수 있듯이 fig. 2(a)는 fig. 2(d)에 비하여 약 2 배 만큼의 전기장 세기를 갖는다. 해석결과를 기반으로 실험을 진행한 결과, 전기장 세기가 집중됨에 따라 fig. 3 과 같이 전주 후 끝 단이 과 충전(over charging) 됨을 확인할 수 있었다.



(a) current concentration(left) (b) current concentration(right)

Fig. 3 Over charging as a current concentration

전기장의 세기와 전류밀도와의 상관관계를 알아보기 위하여 식 1 을 이용하여 전류밀도 분포를 알아보았다.

$$J = \varepsilon E \qquad \text{식 1}$$

여기서 J는 전류밀도(current density), ε 는 전기전도도(conductivity), E 는 전기장 세기(electrical field intensity) 이다. 식 1 을 이용하여 전극의 거리 별 전류밀도를 계산하였다.

Fig. 4 는 전극간 거리에 따른 음극(cathode)에서의 최대 전류 분포를 나타낸 것이다.

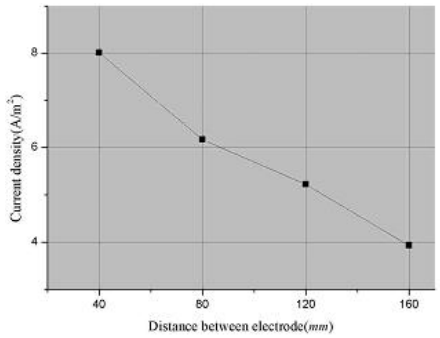
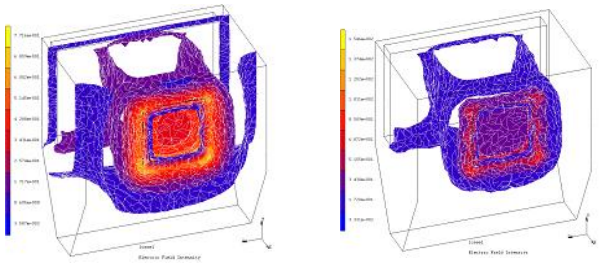


Fig. 4 current density as a distance between electrode

2.2 더미 존 유무에 따른 전류밀도 분포

FEM 해석 결과, 전주 시 기판의 끝 단 쪽으로 전류밀도가 집중됨을 알 수 있었고, 이러한 현상을 방지하기 위하여 기판 주변에 더미 존(dummy zone)을 설계하여 전류의 집중 현상을 방지할 수 있도록 하였다. 그림 5 는 더미 존의 유무에 따른 전기장 세기의 분포를 해석한 결과이다. 이 결과 fig. 5(a)에서 전기장 세기가 전극 끝 단에 집중되는 것을 알 수 있었고, 더미 존의 사용을 통해 fig. 5(b)와 같이 전극 끝 단에 집중된 전기장의 세기가 균일하게 분포됨을 알 수 있었다.

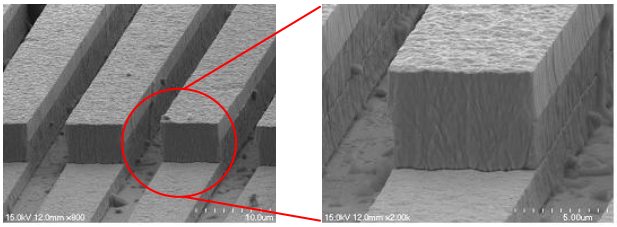


(a) used not dummy zone (b) used dummy zone

Fig. 5 FEM result (ISO surface plane)

3. 마이크로 적층 구조물 제작

구조해석을 통하여 얻어진 최적화된 결과를 적용하여 전주도금을 수행하였다. 더미 존의 사용으로 전류집중 부분에 발생되는 과 도금 현상을 고르게 분포하는 도금 형태로 제작할 수 있었다. 마이크로 적층 구조물 제작을 위해 네거티브(negative) 감광제인 KMPR-1050 을 사용하여 웨이퍼 기판에 스핀코팅을 한 후 가열 판(hot plate)으로 건조하였다. 노광공정 후 현상하여 array 패턴을 형성하고, 형성된 마이크로 패턴에 니켈 전주도금공정을 수행하였다.[3~5] 적층 구조물을 제작하기 위하여 1 단 층과의 얼라인 후 전공정과 동일한 공정을 반복 수행하였다. Fig. 6 에 적층 구조로 제작된 마이크로 구조물의 형상을 나타내었다.



(pitch : 10 ㎛)

Fig. 6 Micro lamination production

4. 결론

본 연구를 통하여 마이크로 적층 구조물을 제작하였으며, 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

(1) 전극거리에 따른 전류밀도 분포에 대한 유한요소 해석을 수행하였다.
(2) 더미 존의 유무에 따른 전류밀도 분포의 변화를 알 수 있었다.
(3) 해석결과를 이용하여 균일한 두께의 마이크로적층 구조물을 제작하였다.

후기

본 논문은 산업자원부 2005-13 호 우수제조기술 연구센터(Advanced Technology Center)의 지원에 의해 수행되었습니다.

.

참고문헌

1. 장도연, 이규환, 김만(1995), 전주기술의 원리와 응용, 기계와 재료 7 권, 4 호. pp. 138-155
2. S. Alec Watson(1990), Nickel sulphamate solution.
3. Said Emre Alper, Ilker Ender Ocak, and Tayfun Akin, Member, IEEE, JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, VOL. 16, NO. 5, OCTOBER 2007
4. C. K. Chung Æ Y. J. Fang Æ C. M. Cheng, Y. Z. Hong Æ C. H. Wang, Microsyst Technol (2007) 13: 299–304, DOI 10.1007
5. C. K. Chung, C. J. Lin, L. H. Wu, Y. J. Fang, Y. Z. Hong, Microsystem Technologies 10 (2004) 467–471