

Fine pitch probe 제작을 위한 고세장비 마이크로 구조물 제작

이상일¹ · 김웅겸¹ · 표창률¹ · 김대용¹ · 양승진¹ · 고귀현¹ · 김학준¹ · 전병희[#]

Fabrication of High Aspect Ratio Micro Structure for fine pitch probe production

S. I. Lee, W. K. Kim, C. R. Pyo, D. Y. Kim, S. J. Yang, K. H. Ko, H. J. Kim, B. H. Jeon

Abstract

Continuing improvements in integrated circuit chip density and functionality have mostly contributed toward a very large-scale integrated circuit(VLSI) and display device. In order to test (pass or fail) all of the high integrated semiconductor chip and display device, fine pitch probes are used. Fine pitch probes are manufactured by electroforming process of a Ni alloy in an electrolytic bath. In this paper, we expect that the electric field in bath with the Finite Element Method and applying the FEM result. So, we can obtained the probes that have high aspect ratio of 10 : 1

Key Words : HAR, electroforming, probe, FEM

1. 서론

2000년까지 디스플레이 시장의 주류를 형성하고 있던 것은 CRT 였으나, 인간공학적인, 환경친화적, 고기능화 등에 부합할 수 있는 FPD에 대한 관심이 높아지면서 LCD의 비중이 커지게 되었고 현재는 PDP, OLED 등 차세대 평판 디스플레이의 출현으로 디스플레이간 경쟁이 심화되고 있다.¹⁾ 특히 OLED는 자기발광, 저전압 구동, 경량 박형, 광시야각, 그리고 빠른 응답속도 등의 장점을 가지고 있어서 밝기, 대조비, 시야각 등에 기술적 한계를 가지고 있는 LCD의 단점을 극복할 수 있는 새로운 차세대 첨단 평판 디스플레이로서 향후 급격한 성장을 이룩할 것으로 예상된다. 이러한 디스플레이 장치들은 최근 공정기술의 개선으로 해상도의 급격한 증가 추

세를 보이고 있으며, 이에 따라 픽셀 피치(pixel pitch)와 전극 패드의 사이즈 또한 줄어들기 때문에 각각의 서브-픽셀(sub-pixel)의 특성을 검사할 수 있는 고집적화된 테스트 장비의 개발이 필요한 추세이다. 평판 디스플레이 제품의 생산성 및 품질 향상을 위하여 검사 공정에 필수적으로 사용되는 핵심 모듈인 고집적화된 프로브 유닛(probe unit)의 핵심 부품인 프로브 니들(probe needle)은 디스플레이 장치의 검사공정에 필요한 장치인 프로브 유닛(probe unit)의 측정장치와 디스플레이 패널 위의 전극(pad)을 전기적으로 연결시켜주는 부품으로 사용된다.

본 연구에서 전주도금(electroforming)공정을 통하여 고세장비 마이크로 구조물을 제작하였고, 유한요소해석(FEM)을 통하여 전극간 전류밀도의 최적 조건을 도출하였다.

1. ㈜새한마이크로텍 기술연구소
교신저자: 인덕대학 기계공학부
E-mail: bhjeon@probepin.com

2. 구조물 제작

2.1 유한요소 해석

Fig. 1 은 니켈도금의 기본 개념을 나타낸 것이다. 수조에 니켈설페이트 전해액을 넣고 니켈양극에 “+” 를 연결하고, 몰드에 “-” 를 연결한 후 전원을 인가하면 니켈양극에서 전자를 잃은 니켈 이온이 방출되고 물질이동과정을 거쳐 음극 표면에서 석출된다. 이때 음극표면에서 수소가 발생되며 전류밀도가 너무 높으면 수소취성의 등급이 될 수 있다. 수소취성이 발생했을 때는 탕세하거나 200 °C 이상으로 열처리를 하여 수소취성을 제거 할 수 있다.

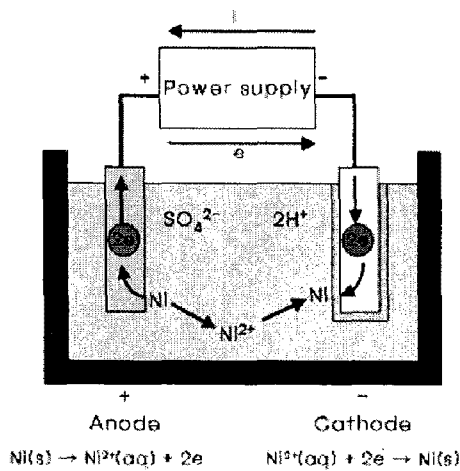


Fig. 1 The principle of Ni plating

니켈전주도금은 크게 와트욕(watt electrolyte)과 설페이트산 니켈욕(nickel sulfamate acid electrolyte)이 있다. 본 연구에서는 설페이트산 니켈욕을 해석 대상으로 선정했고, 설페이트산 니켈욕의 구성과 작업 조건을 table 1 에 나타내었다.²⁾

해석은 fig. 2 에 나타난 유한요소 모델과 같이 2D 단위 셀에 대해 해석을 수행하였다. 아래 식으로 전극간 거리를 264, 164, 64 mm 로 변화시켜가며 거리에 따른 전류밀도 분포를 계산하였다. 경계조건은 다음과 같다.

$$(-k\nabla\Phi) \cdot n = i_0 \left(\frac{c_i}{c_i^0} \right) \exp\left(\frac{aF(\Phi_s^0 - \Phi)}{RT} \right) \quad \text{electrode kinetics}$$

$$\Phi = \Phi_0 \quad \text{given potential}$$

$$N_i \cdot n = \frac{1}{nF} i_0 \left(\frac{c_i}{c_i^0} \right) \exp\left(\frac{aF(\Phi_s^0 - \Phi)}{RT} \right) \quad \text{Faraday's law}$$

$$(-k\nabla\Phi) \cdot n = 0$$

insulation

Table 1 Composition of nickel sulfamate solution

Compositions	Conditions
Nickel sulfamate [$Ni(NH_2SO_3)_2 \cdot 4H_2O$]	300 ~ 450 g/l
Nickel chloride [$NiCl_2 \cdot 6H_2O$]	0 ~ 30 g/l
Boric acid [H_3BO_3]	30 ~ 45 g/l
Temperature	40 ~ 60 °C
pH	3.5 ~ 4.5
Anode voltage	4 V

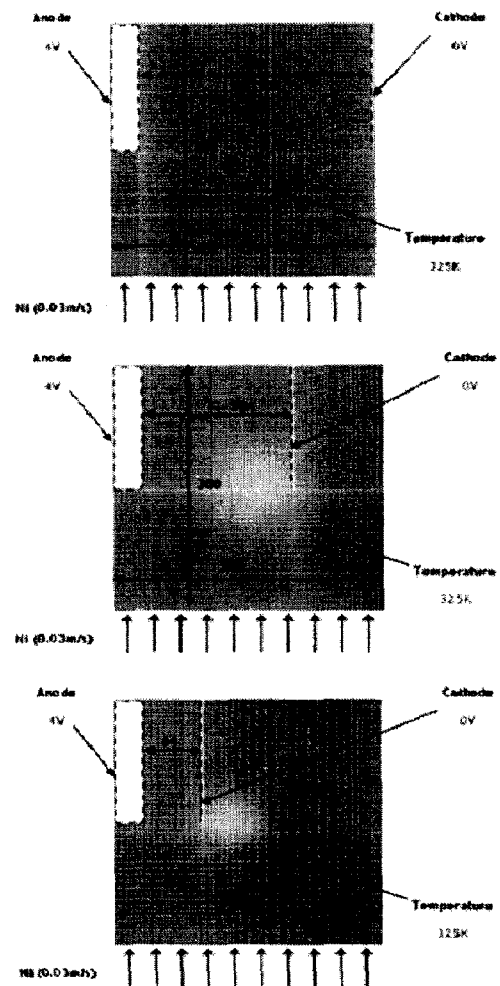
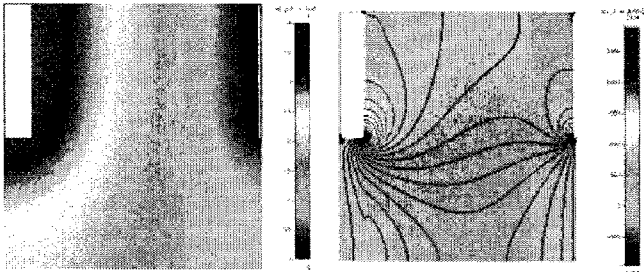


Fig. 2 FEM modeling and boundary condition

2-2 유한요소 해석 결과

2 차원 유한요소해석을 통해 전극 거리에 따른 영향을 평가하였다. 해석은 다중 물리 현상을 고려하여 전극 거리에 따른 전류밀도를 계산하였다. Fig. 3 은 거리에 따른 해석 결과를 나타낸 것이다.

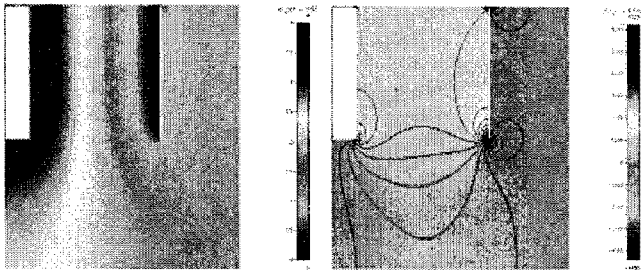


(a) Distribution of voltage

(b) Distribution of current density

(length : 264 mm)

(length : 264 mm)



(c) Distribution of voltage

(d) Distribution of current density

(length : 164 mm)

(length : 164 mm)



(e) Distribution of voltage

(f) Distribution of current density

(length : 64 mm)

(length : 64 mm)

Fig. 3 Result of FEM

Fig. 4 는 전극 거리에 따른 최대 전류밀도를 나타낸다. 전극간 거리가 일정거리(164 mm)이상이므로 멀어지면 최대 전류밀도의 편차가 더 이상 크게 나타나지 않았다. 이 결과는 현재 제작된

도금 수조에서 전극간 거리를 일정한 거리(164 mm) 유지하여 양호한 결과를 얻을 수 있음을 나타낸다.

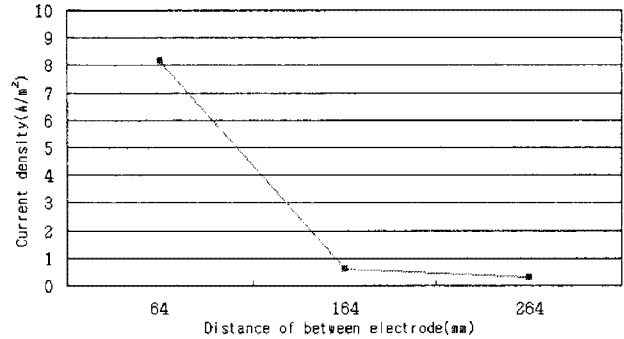


Fig. 4 Current density as a length of electrode

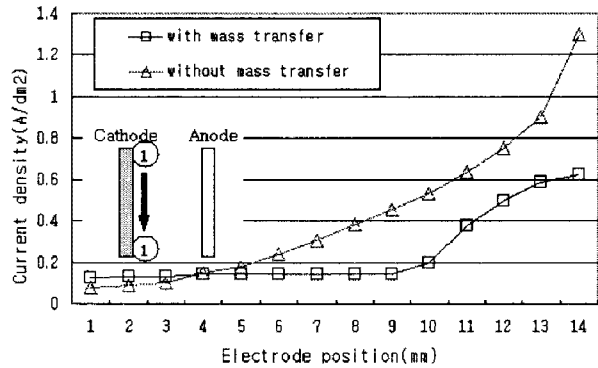


Fig. 5 Distribution of current density as a cathode position

Fig. 5 는 전극간 거리가 164 mm 일 때 음극의 부위별 전류밀도를 나타낸다. 전극의 수직 위치에 따라 전류밀도의 차이가 발생한다. 이는 형상의 특성(형상에 따른 전류밀도의 집중) 및 물질 이동현상(mass transfer)에 기인한다.³⁾ Fig. 5 에서 물질이동효과를 고려하지 않았을 때는 위치별로 전류밀도가 지수적으로 변하는 것을 볼 수 있다. 하지만 물질이동효과를 고려하여 다중물리현상으로 해석을 하면 전류밀도 집중부를 지나면 대체적으로 균일한 전류밀도를 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 실제 현상과 유사한 결과이며, 이러한 전류밀도 분포를 차폐막, 교반 등으로 이온 농도를 균일하게 하면 두께 불균일을 해결할 수 있다.

2-3 구조물 제작

니켈 전주도금공정을 진행하기 위한 마스터(master)를 제작하였다.⁴⁾ 마스터 제작은 음성 감광제인 KMPR-1050 을 사용하였다. 웨이퍼 기관위에 감광제를 스핀코팅한 후 가열판(hot plate) 위에서 건조하였고, 자외선(365nm)을 조사하였다. 현상 후 얻어진 형상을 다음 그림에 나타내었다.

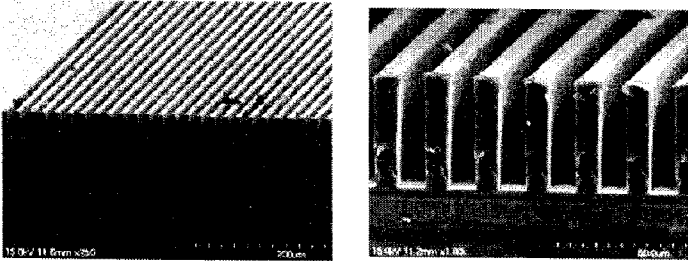
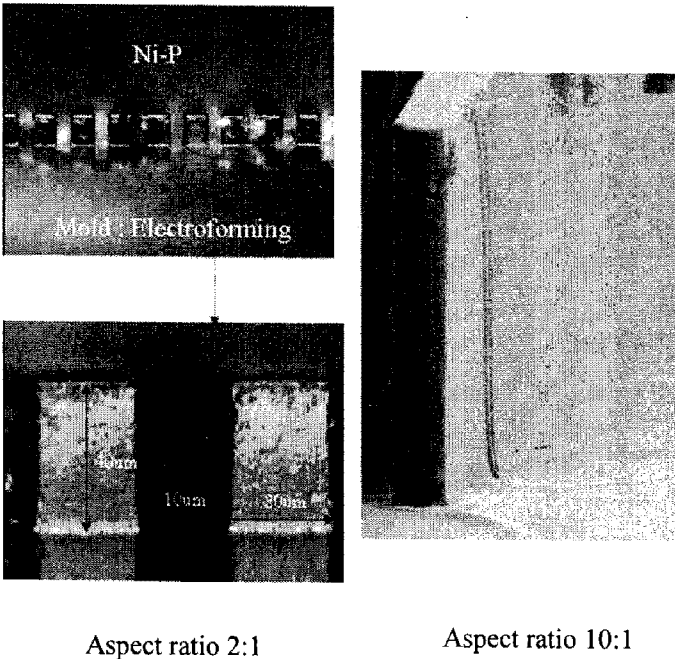


Fig. 6 SEM image of photo resist on the wafer

마스터의 피치(pitch)는 10um ~ 50um 로 제작되었다. 제작된 마스터 위에 알루미늄(Al)을 증착하여 니켈 전주도금 공정의 몰드(mold)로 사용하였다. 전주도금 공정은 유한요소해석을 통한 결과로 진행하였으며, 다음 그림과 같은 구조물을 제작하였다.



Aspect ratio 2:1

Aspect ratio 10:1

Fig. 7 High Aspect Ratio Micro structure

3. 결론

본 연구에서는 반도체 디바이스 검사용 fine pitch probe 를 제작하기 위한 고세장비 마이크로 구조물을 제작하였다. 구조물의 제작을 위해 니켈전주공정이 사용되었으며, FEM 해석을 통한 최적의 조건을 도출하였다. 구조물 제작에 대하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1). 전극간 거리가 일정거리(164mm) 이상 멀어지면 최대 전류밀도의 편차가 더 이상 크게 나타나지 않았다.
- (2). 니켈 전주도금 공정을 통해 제작된 고세장비 마이크로 구조물의 피치는 최소 10um 이며, 세장비 10:1 의 구조물을 제작하였다.

후 기

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

참 고 문 헌

- [1] 김한기, '유기 EL 디스플레이', 한국소성가 공학회지, 14 권, 9 호, 2005, pp. 731~732
- [2] S. Alec Watson(1990), Nickel sulphamate solution.
- [3] E. Bezerra Cavalcanti, F. Cœuret, Journal of Applied Electrochemistry, Volume29 1999.
- [4] M. Bao and W. Wang, Sensor and Actuator, A56, 135 (1996)