

수치해석을 이용한 전주도금 공정의 전류밀도분포 최적화

Optimization of current density in Electroforming process

*김용겸¹, 김종석¹, 백병선¹, 고귀현¹, 양승진¹, 김학준¹, 표창탈¹, 전병희²

*W. K. Kim¹(wkkim@probepin.com), J. S. Kim¹, B. S. Baek¹, K. K. Ko¹, S. J. Yang¹, H. J. Kim¹,

C. R. Pyo¹, #B. H. Jeon²(bhjeon@induc.ac.kr)

¹(주)새한마이크로텍, ²인덕대학

Key words : Electroforming, FEM, Probe needle array

1. 서론

프로브 니들은 반도체의 제조과정 중 웨이퍼 상에 형성된 반도체 칩 IC 패드와 접촉하여 양·불량을 판단하는 중요한 역할을 담당하는 소모성 검사부품이다. 프로브 니들은 와이어 형태의 레늄 텅스텐 소재를 가공하여 프로브 카드에 적용하였으나, 최근에는 MEMS 기술을 적용한 새로운 개념의 프로브 니들을 프로브 카드에 적용하고자 많은 연구 개발이 이루어지고 있는 상황이다.

최근 MEMS 분야에서는 감광막 형성 기술 및 사진 식각 기술의 발달로 인해 최근 도금 공정이 광범위하게 이용되고 있다.

전주도금은 양극과 음극의 위치 및 절연필름의 배치에 따라 음극에서 전위장이 크게 달라지므로 도금두께가 위치에 따라 달라진다. 일반적으로 음극의 가장자리에 전류가 집중되므로 중앙부에 비해 더 두꺼운 도금층이 입혀진다. 이러한 도금 두께의 불균일성을 해결하기 위하여 음극 가까이에 보조전극을 설치하여 도금함으로써 음극 전면에 걸쳐 전류가 고르게 분포되도록 한다.[1,2] 이러한 보조전극은 대개 경험에 의해서 또는 시행착오적 방법에 의해 그 크기나 형태가 정해지고 있는 실정이다.

본 연구에서는 도금 공정을 이용하여 프로브 니들제작에 있어, 보조전극을 사용하여 균일한 전류밀도를 얻기 위한 조건을 수치해석적으로 구하여 실험결과와 비교하였다.

2. 유한요소 해석

2.1 도금 수조

전주도금 수조의 구조는 그림 1과 같다. 도금 수조 내에는 전압인가를 위한 전극을 양쪽에 설치하였으며, 전극간 거리를 일정하게 유지할 수 있도록 제작하였다. 또한, 전해액의 일정한 공급을 위한 배관(T-pipe)을 설치하였다.

도금되는 전극은 그림 2와 같다. 패턴의 전체 사이즈는 폭 22mm, 길이 1.5mm 이다. 패턴의 선폭은 길이 15mm, 선폭 0.08mm 그리고 피치 0.15mm로 설정하였다.

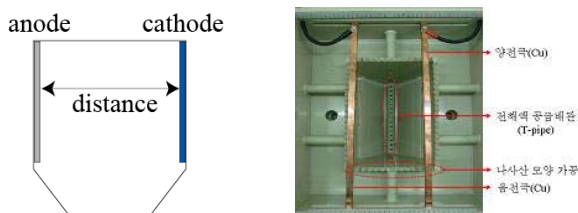


Fig. 1 Electroforming bath

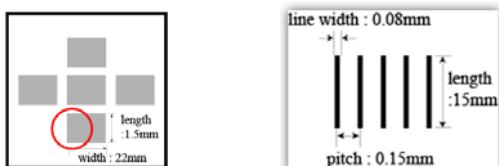


Fig. 2 Schematic diagram of electroforming pattern

2.2 경계조건

전주도금 공정에 있어 주요변수로는 전류 밀도, 전해액 농도, 전해액 pH, 도금 시 온도 등 여러 가지가 있다.

본 연구에서는 모든 변수가 일정하다고 가정하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 음극에 보조전극을 설치하여 보조전극의 유무에 따른 도금패턴의 전기장 세기와 이에 따른 실제 도금형상을 비교, 관찰 하였다.

전주도금 수조의 해석 모델은 그림 3과 같이 모델링하였으며, 경계조건으로 수조와 전극이 접촉하는 곳의 전위(potential)값을 고정하여, (+)전극에는 4V, (-)전극에는 0V를 인가하였다. 전기장이 분포되는 매질의 물성치로는 유전율(permittivity)을 사용하였으며, 물성치 값으로 7.04e-10 farad/m가 설정하였다.

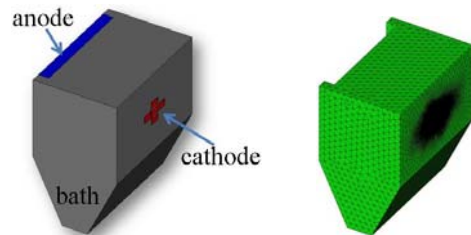


Fig. 3 FEM Model of electroforming bath

3. 결과 및 고찰

3.1 보조전극

전류밀도 분포는 전극의 크기에 따라서 서로 다른 양상을 보인다. 전류는 모서리 부분으로 많은 전류가 집중되기 때문에 전류밀도가 높게 나타나며, 전류집중 현상은 균일한 도금제품을 얻을 수 없다. 이러한 전류 집중 현상을 방지하기 위하여 모서리 주변에 보조전극을 사용함으로써 전류집중 현상을 방지할 수 있다.[3]

전류밀도를 알아보기 위하여 전기장 세기에 대한 시뮬레이션을 수행 하였으며, 전류밀도와 전기장의 세기는 식 (1)과 같은 관계에 있다.

$$J_e = \frac{E}{\rho_e} = \sigma_e E \quad (1)$$

여기서, σ_e :비저항, ρ_e :전기 전도도, J_e :전류 밀도 (A/m²), E:전기장 (V/m)

그림 4는 일반적인 전극과 전류집중을 방지하기 위한 보조전극과 각각의 전극에 대한 전기장 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 그림 4 (a)에서와 같이 보조전극을 사용하지 않았을 경우, 모서리 부분으로 급격하게 전류가 집중됨을 알 수 있었다. 또한, 그림 4 (b)에서와 같이 보조전극을 사용하였을 경우 보조 전극으로 전류가 집중됨을 알 수 있었다.

그림 5는 보조전극 유무에 따른 전기장 세기를 나타내고

있다. 그림 5 (a)에서 보는바와 같이 전류밀도는 좌우측으로 높게 나타나고 있으나, 중간부분은 전류밀도가 고르게 분포한다. 이는 가운데 부분을 중심으로 상하좌우의 프로브 니들 어레이가 보조전극 역할을 한 것으로 예상된다. 이러한 현상은 제품 수율과 밀접한 관계에 있으며 꼭 피해야할 현상이다. 그러나 그림 5 (b)의 보조전극을 사용하였을 경우 전체적으로 전류밀도가 고르게 분포함을 알 수 있었다.

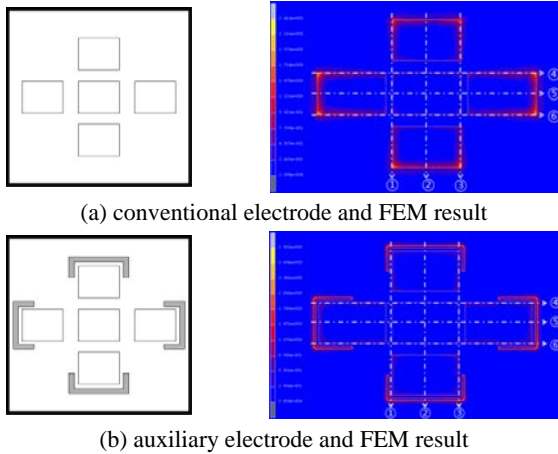


Fig. 4 Electrode shape and FEM results

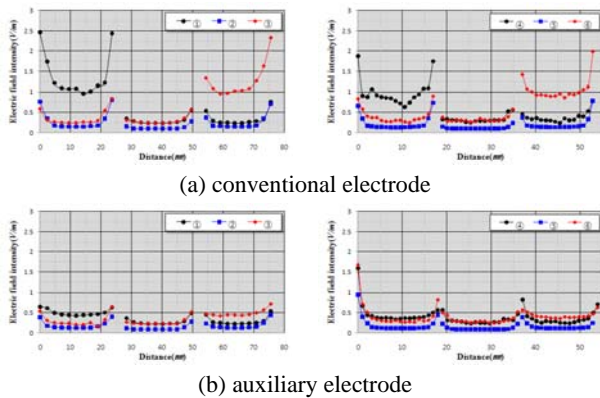


Fig. 5 Comparison of electric field intensity

3.2 도금결과

시뮬레이션 결과를 바탕으로 프로브 니들 어레이를 제작하였다. 도금은 동일한 조건하에서 약 5분간 실시하였다.

그림 6은 보조전극을 사용하지 않은 프로브 니들 어레이 형상을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 전류가 집중되는 모서리 부분으로 과도도금되는 것을 알 수 있었다.

그림 7은 보조전극을 사용한 프로브 니들 어레이 형상을 나타내고 있다. 그림 6과 비교하였을 때, 전류집중 현상에 의한 과도도금 현상이 감소되었음을 알 수 있었다.

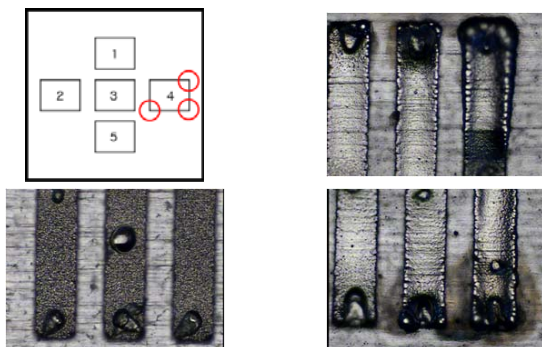


Fig. 6 Probe needle array without auxiliary electrode

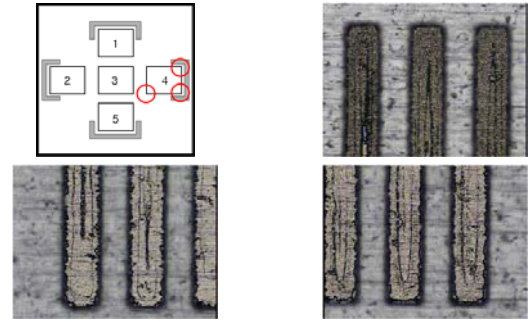


Fig. 7 Probe needle array with auxiliary electrode

4. 결론

프로브 니들 어레이를 제작하기 위하여 전주도금 방식을 사용하였으며, 균일한 도금을 위한 주요한 변수 중 하나인 전극의 형태를 변경하였다. 전극형태에 따른 전기장의 세기를 알아 보았다. 전극 형태는 일반적인 전극과 보조전극을 이용한 방법을 사용하였으며, 도금공정을 수행하기 이전 FEM을 이용하여 전기장의 세기를 알아보았다.

일반적인 전극을 사용하였을 경우, 모서리 부분으로 전기장 집중 현상이 발생하였으며, 실제 도금 후 모서리 부분이 과도도금 되는 것을 알 수 있었다. 또한, 보조전극을 사용하였을 경우, 모서리 부분에 전기장 집중 현상이 현저히 감소되었으며, 실제 도금 후 균일한 프로브 니들 어레이를 얻을 수 있었다.

후기

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

참고문헌

1. N. S. Kim, H. D. Oh, and T. Kang, "Optimization of Current distributions of Electroplating on Patterned Substrates with the Auxiliary Electrode", J. Korean Institute of Surface Engineering, vol. 25, No.3, pp.164~173, 1995
2. Tusty, J., Smith, S. and Zamudia, C., "Operation Planning Based on Cutting Process Model," Annals of the CIRP, 39, 517-521, 1990.
3. S. Mehdizado, J. Dukovic, P. C. Andricacos, and L. T. Romankiw : J. Electrochem. Soc., 139(1) (1992) 78