

전주도금을 이용한 마이크로 구조 제작 FABRICATION OF A METAL BASE MICROSTRUCTURE USING ELECTROFORMING

*최진호¹, 김보현², 주종남³ #김규만¹

*J. H. Choi¹, B. H. Kim², C. N. Chu³, #G. M. Kim¹ (gyuman.kim@knu.ac.kr)

¹ 경북대학교 기계공학부, ² 숭실대학교 기계공학부, ³ 서울대학교 기계항공공학부 ¹ 경북대학교 기계공학부

Key words : MEMS , Photolithography , Electroforming , Electroplating

1. 서론

MEMS 공정의 금속 증착은 두께 1 μm 이하가 일반적이므로 제작 공정상의 한계가 있다. 그 대안으로 여러가지 금속 증착 기술이 있으며, 그 기술 중 하나가 Electroforming(전주도금)을 이용한 금속 증착 기술이다. Electroforming 기술은 전기도금의 원리를 이용하여 몰드에 금속을 전착시킨 후 그 전착금속을 분리하여 몰드와 반대의 금속을 구하거나, 그 전착금속 표면에 다시 분리피막 처리 후 금속을 전착시켜 분리하면 몰드와 같은 금속을 얻는 금속 성형공정의 하나이다. 이런 Electroforming 기술과 MEMS 공정기술인 포토리소그래피 공정의 결합으로 금속의 Micro Machining 기술이 가능하다. 오늘날 초소형 금속부품의 수요 증가에 따라 Electroforming 기술의 중요성은 급격하게 증대되고 있다.

본 연구에서는 MEMS 기술인 Photolithography 기술과 Electroforming(전주도금) 기술을 결합하여 Micro Electroforming (마이크로전주성형)을 수행하였다. 이를 이용하여, 마이크로 기계가공기술의 하나인 Micro-ECM 용 마이크로 전극을 제작하고 이를 Micro-ECM 에 적용하였다. 또한 Metal Shadow mask 를 제작하였다.

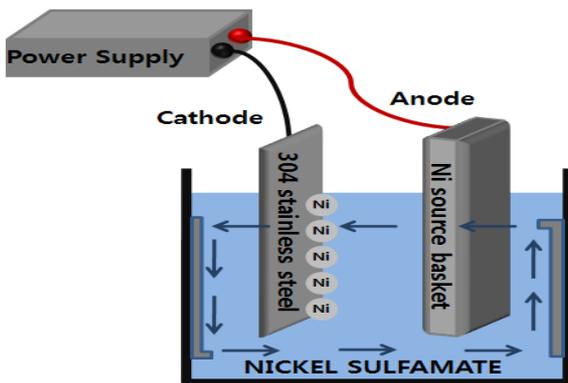


Fig.1 Electroforming Process

2. 전주도금 프로브

기존 포토리소그래피(Photolithography) 공정은 웨이퍼(Wafer) 기반에 포토레지스트(Photoresist)를 도포하지만, 여기서 사용하는 포토리소그래피(Photolithography) 공정은 웨이퍼가 아닌 SUS(STS 304 슈퍼밀러)를 사용하여 공정을 진행 하였다. SUS 위에 Positive PR 인 AZ9260 을 25~30 μm 두께로 스펀 코팅하고, 85 $^{\circ}\text{C}$ 핫플레이트(Hot plate)에서 60 분간 소프트 베이킹(Soft Baking)을 한다. 그리고 마스크 얼라이너(Mask Aligner)로 노광(Exposure)을 한 후

현상(Development)과정을 거쳐 몰드를 제작하였다. 제작된 몰드에 Electroforming 공정을 이용하여 Nickel 을 증착시켜 Micro-ECM 프로브 전극을 제작 하였다.(Fig. 1) 여기서 사용한 Electroforming 조건은 Nickel Sulfamate 에 붕산, APA, 염화니켈을 첨가제로 사용하였고, 50 $^{\circ}\text{C}$, pH 4.5, 전류밀도 20 mA/cm²로 50min 가량 증착을 시켜 20 μm 두께의 프로브 전극을 제작하였다. 전극은 electroforming 을 이용하여 제작하였고, probe body 부분 제작은 Negative PR 인 SU-8(50)을 100 μm 두께로 스펀코팅하고, 65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10min, 95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 30min 핫플레이트(Hot plate)에서 소프트 베이킹(Soft Baking)을 한다. 그리고 정해진 시간에 따라 마스크 얼라이너(Mask Aligner)로 노광(Exposure)을 한 후 65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 1min, 95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10min Post Exposure Baking 을 거친 후 현상(Development)과정을 거쳐 린싱(Rinsing)을 하는 일련의 과정으로 제작하였다. Fig. 2 는 완성된 Micro-ECM 용 마이크로 전극의 형태와 이를 이용한 MECM 가공 결과를 나타낸다.

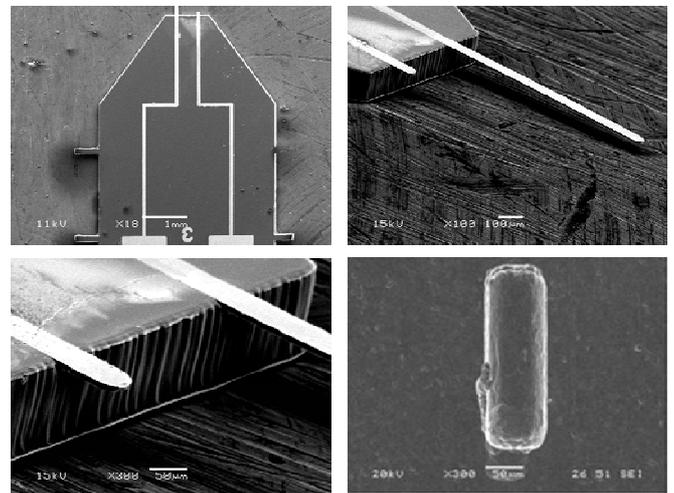


Fig.2 Fabricated of nickel cantilever electrode (Top left, right and bottom left : fabrication result. Bottom right : MECM result using the nickel electrode. Electrode thickness : 20 μm , width : 50 μm , length : 100 μm / 1000 μm)

3. 새도우마스크 제작

Shadow Mask 는 Fig. 3 에서 보는 바와 같이 미리 정의된 개방형 패턴을 지닌 얇은 막(membrane)이다. 패턴 하고자 하는 표면 위에 Shadow Mask 를 얹고 물질을 증착시키면 Shadow Mask 에 정의된 개방패턴이 표면 위로 전사된다. Shadow Mask 를 사용하면 단일 공정으로 원하는 패턴을 제작할 수 있고, 패턴을 하

는 표면 위에 직접 증착을 하여 부가적인 식각공정이 필요하지 않으며, 또한 Photoresist 가 필요없다. 그리고 Shadow Mask 는 반영구적으로 사용 할 수 있다는 장점이 있다.

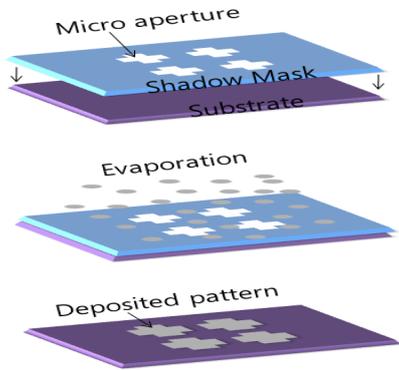


Fig.3 Schematic of shadow mask concept

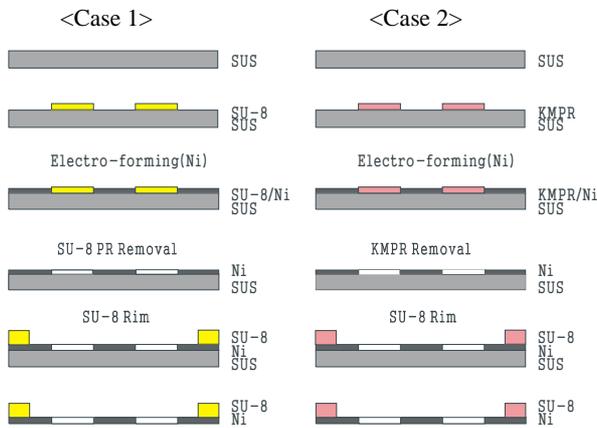


Fig.4 Schematic overview of shadow mask

Fig.4 에서는 Shadow Mask 를 제작하는 일련의 공정을 보여주고 있다. Electroforming 공정 조건은 Micro-ECM 전극 제작 공정과 동일한 조건을 사용하였다. 25min 가량 증착을 시켜 10 μm 두께의 Ni Shadow mask 를 제작하였다. 도금용 몰드는 포토리소그라피로 제작하였고, 몰드로부터 분리하는 경우(Case 1), 몰드를 제거하는 경우(Case 2)로 나누어 테스트 하였다. Case 1 은 SU-8(5) PR 을 이용하여 15 μm 두께로 스펀코팅하고, 소프트 베이킹(Soft Baking 65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2min, 95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5min), 노광(Exposure), Post Exposure Baking (65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 1min, 95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2min), 현상(Development)과정을 거쳐 몰드를 제작하였다. Electroforming 공정으로 10 μm 의 Ni 박막을 제작 한 후 니켈층을 몰드로부터 분리하였다. SU-8 은 제거가 쉽지 않기 때문에 Case 2 에서는 KMPR-1010 을 사용하여 몰드를 제작하였다. 스펀코팅(10 μm 두께), 소프트베이킹(65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 3min, 95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10min), 노광, Post Exposure Baking(65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2min, 95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5min), 현상공정을 통하여 electroforming 용 몰드를 제작하였다. Electroforming 공정으로 두께 10 μm 니켈박막을 도금한 후, Remover PG, Remover K Part A, Remover K Part B, Neutralizer K 용액으로 몰드를 제거하였다. 완성된 Ni shadow mask 의 힘을 방지 하

기 위하여 SU-8(50) PR 을 이용하여 50 μm 두께 Rim 구조물을 제작하였다. Rim 제작공정은 SU-8(50) PR 을 50 μm 두께로 스펀코팅하고, 65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 6min, 95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 20min 핫플레이트(Hot plate)에서 소프트 베이킹(Soft Baking)을 한다. 그리고 정해진 시간에 따라 마스크 얼라이너(Mask Aligner)로 노광(Exposure)을 한 후 65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 1min, 95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5min Post Exposure Baking 을 거친 후 현상(Development)과정을 거쳐 린싱(Rinsing)을 하는 일련의 과정으로 Rim 구조물을 제작하였다. Fig. 5 는 Case 2 으로 제작한 Ni Shadow mask 의 제작결과물이다. 최소패턴 크기는 10 μm 이다.

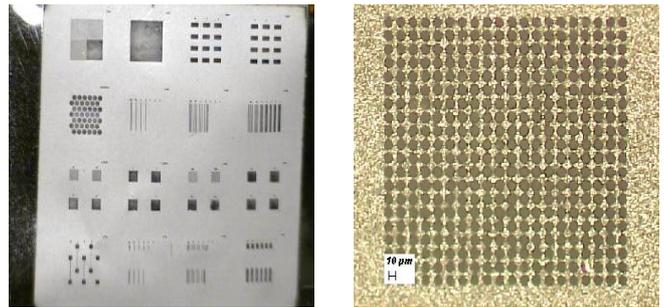


Fig.5 Fabricated of shadow mask

4. 결론

본 연구에서는 Photolithography 와 electroforming 을 복합적으로 적용하여 금속과 폴리머가 복합된 마이크로 구조물을 제작하였다. Photolithography 를 이용하여 몰드 패턴을 제작한 후 electroforming 으로 금속층을 도금하여 금속패턴을 제작하였다. 제작된 금속층 위로 다시 Photolithography 를 적용하여 폴리머 구조 제작이 가능하다.

이러한 기술을 이용하여 광학 부품, 통신부품, 마이크로 금형 등 다양한 초소형 부품 제작이 가능하다.

후 기

이 논문은 2006 년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (KRF-2006-311-D00020)

참고문헌

1. Che -Chih Tsao and Emanuel Sachs, "Photo-Electroforming: 3-D Geometry and Materials Flexibility in a MEMS Fabrication Process", IEEE Journal of Microelectromechanical System, Vol. 8, No. 2, pp. 161-171, 1999
2. L.S.Johansen, M.Ginnerup, J.T.Ravnkilde, P.T.Tang, B.Lochel, "Electroforming of 3D microstructures on highly structured surfaces" Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 83, pp.156-160, 2000
3. C H Lee and K Jiang, "Fabrication of thick electroforming micro mould using a KMPR negative tone photoresist", Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol. 18, 055032(7pp), 2008
4. J.A. McGeough, M.C. Leu, K.P. Rajurkar, A.K.M. De Silva and Q. Liu, "Electroforming Process and Application to Micro/Macro Manufacturing" CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 50, pp. 499-514, 2001