

KMPR을 이용한 다층구조물 제작 및 전해도금을 이용한 니켈몰드 제작

황성진*, 정필구, 고정상, 고종수(부산대학교 기계공학부),
정임덕(부산대학교 미세기계전자시스템 협동과정), 김인곤(동의대학교 신소재공학과)

Fabrication of the multi-layer structure and Nickel mold with electroforming using KMPR

Sung Jin Hwang*, Phill Gu Jung, Jeung Sang Ko, Jong Soo Ko(Mech. Eng. Dept., PNU),
Im Deok Jeong(Interdisciplinary program in Microelectromechanicalsystems, PNU),
and In Gon Kim(Dept. of Advanced Materials Eng, Dongeui University)

ABSTRACT

In this paper, we proposed XP KMPR-1050 negative tone resist to replace SU-8 resist for multi-layer micro-structures and thick plating mold fabrication using UV-LIGA process. XP KMPR resist proposed in this paper can be easily stripped using a common stripping solution such as NMP without damage of micro-structure. The conditions for the fabrication of XP KMPR micro-structure were optimized by adjustment of exposure and post-exposure bake(PEB). The 140 μ m -thick and an aspect ratio at least 10 micro-structure and multi-layer structures were successfully fabricated through the process conditions. Through-mold electroplating and PR stripping of XP KMPR has been successfully demonstrated.

Key Words : UV-LIGA, KMPR, SU-8, MEMS, Ni electroplating(니켈 전해도금), Micro-structure(미세구조물), Micro-mold(미세금형), High aspect ratio(고종횡비)

1. 서론

LIGA(Lithographie, Galvanoformung, Abformtechnik)공정은 X선 사진식각공정과 전주도금공정을 이용하여 고종횡비의 금속 부품이나 몰드를 만들고, 제작된 몰드로 폴리머를 복제하는 공정을 일컫는다[1]. 그러나 LIGA 기술은 입자가속기가 반드시 필요하기 때문에 많은 제약이 따른다. 최근에는 자외선 광원을 이용한 UV-LIGA 기술이 많이 개발되었으며, 이를 이용한 3차원 마이크로 구조물을 제작하는 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. SU-8은 대표적인 UV-LIGA용 감광제로써, 그동안 문제점으로 지적되어 왔던 고종횡비와 구조물의 수직도에 큰 향상을 가져다주지만 SU-8은 공정완료 후 완벽한 제거가 어렵다. 이러한 단점은 많은 연구자들에게 SU-8의 사용을 주저하게 만드는 가장 큰 요인이다[3, 4].

본 연구에서는 SU-8을 이용한 몰드제작공정을 대체하기 위해서 100 μ m이상의 두께를 가지며 종횡비 10:1 이상의 구조물을 KMPR로 제작하는 방법과, KMPR을 형틀로 사용하여 전주도금으로 니켈몰드를 제작하는 방법을 제안하고자 한다. XP KMPR-1000 시리즈는 KMCC(Kayaku MicroChem. Co., Ltd.)사에서 개발한 음성감광제로써 특성은 SU-8과 매우 비슷하지만 경화된 KMPR 구조물이 NMP(Remover PG)에

쉽게 제거된다는 장점이 있다.

2. 실험방법

2.1 KMPR 구조물제작

본 실험에서는 6인치 크기의 n-type(100) 실리콘 웨이퍼위에 100 μ m이상의 두께를 가지는 종횡비 10:1 구조물과 200 μ m 높이의 2단구조물을 제작하였다. 선폭이 좁고 고종횡비의 구조물에는 경질크롬마스크를 사용하였고 상대적으로 선폭이 큰 2단 구조물은 필름마스크로 공정하였다. 감광제를 두껍게 도포하기 위하여 실스크린(silk screen)방식을 사용하였다. 감광제 도포 후 평탄화를 위해 수평이 유지된 상태에서 충분한 안정화 시간을 가졌다. 표 1에 KMPR 구조물 및 몰드 제작공정절차를 나타내었다. 2단공정은 1단구조물을 만든 후 그 위에 같은 조건으로 2단 구조물을 생성하였다. 사진작업 시 사용된 UV의 파장은 365~405nm이다.

2.2 니켈몰드제작

니켈몰드 제작을 위하여 먼저 실리콘 웨이퍼 위에 Ti(1000Å)와 Cu(3000Å)를 전자빔증착기로 순차적으로 증착하여 전도성 씨앗층(seed layer)을 형성하고, 사진작업으로 100 μ m 높이의 KMPR 거푸집을 제

작한 후 니켈 전주도금을 수행하였다. KMPR은 구리 표면과의 접착력이 실리콘표면보다 상대적으로 약하기 때문에 초벌구이(soft bake)는 대류식 오븐(convection oven)을 이용하여 일정한 온도로 초벌구이시간과 용제의 증발에 의한 용제의 질량변화를 측정하여 질량변화가 거의 일어나지 않는 시간까지 초벌구이를 실시하여 감광제내부의 용제를 충분히 제거한다. 구리표면의 반사율은 실리콘웨이퍼보다 크기 때문에 노광에너지를 실리콘웨이퍼보다 50% 증가시켰다. 표 1은 KMPR 구조물 및 니켈몰드 형틀제작공정 조건을 나타낸다. 니켈전주도금은 설파민트 니켈욕에 sodium naphthalene trisulfonate를 첨가하여 수행하였다.

Table 1. Process conditions for KMPR structure and Ni mold fabrication

Process	Condition for structure	Condition for plating mold
	1st & 2nd layer substrate: Si wafer	substrate: Cu(3000 Å)
Dehydration	20min @120°C (oven)	20min @120°C (oven)
PR coating	PR coating 200µm	PR coating 200µm
Relaxation	60min @R.T.	60min @R.T.
Pre-baking	20min @65°C (oven)	30min @65°C (oven)
Soft-baking	120min @95°C (oven)	240min @95°C (oven)
UV exposure	990mJ/cm ²	1200mJ/cm ²
Relaxation	30min @R.T.	30min @R.T.
P.E.B.	5min @65°C (oven)	15min @65°C (oven)
	15min @95	190min @95°C
Relaxation	40min @R.T.	40min @R.T.
Development	SU-8 developer	SU-8 developer
Rinsing	IPA→N ₂	IPA→N ₂
Plating		Ni electroplating
PR strip		Remover PG @70°C

3. 결과 및 고찰

3.1 KMPR 미세구조를 제작 결과

그림 1(a)는 KMPR을 이용하여 폭 10µm, 높이 100µm의 종횡비 10:1의 원기둥구조물을 형성한 결과이며, 그림 1(b)는 폭 50µm, 높이 120µm의 1단 구조물 위에 폭 50µm, 높이 100µm의 원기둥 2단 구조물을 형성한 결과이다. 경질크롬마스크를 사용한 경우 구조물의 벽면이 깨끗하고 90°의 수직도를 가졌으며, 필름마스크를 사용한 2단구조물은 형상정밀도는 다소 떨어지나 85° 이상의 수직도를 나타내었다.

3.2 니켈몰드제작결과

그림 2(a)는 폭 450µm, 높이 100µm의 기어 형틀에 60µm 높이의 전주도금을 수행한 결과이며, 그림 2(b)는 폭 50µm에 높이 100µm의 원기둥 형틀에 60µm 높이의 니켈 전주도금을 수행한 결과이다. KMPR형틀 제거 시 70°C의 NMP와 반응하여 감광제가 덩어리져 떨어져 나가는 것을 관찰할 수 있었으며 감광제 제거가 완벽히 이루어졌다.

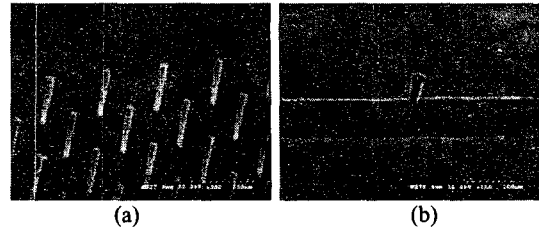


Fig. 1 SEM photographs of KMPR structures: (a) 10µm width & 100µm thick KMPR structures (aspect ratio 10); (b) Double layer KMPR structures (1st layer: 50µm width & 120µm thick, 2nd layer: 50µm width & 100µm thick)

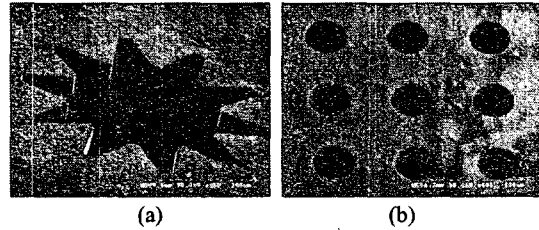


Fig. 2 SEM photographs of the Ni electroplated micro mold master: (a) angle view of the close gear structure (450µm width & 60µm thick); (b) top view of a close structure with cylindrical shape (50µm width & 60µm thick)

4. 결론

본 연구를 통해 종횡비 10:1의 KMPR 구조물과 200µm 높이의 2단구조물을 제작하였으며 전주도금으로 니켈몰드를 제작하였다. 또한 100µm 이상의 KMPR 형틀을 70°C의 NMP에서 완벽히 제거함으로써 기존의 경화된 SU-8 제거의 어려움을 해소할 수 있었다. 이러한 결과 KMPR을 이용한 고종횡비의 고정밀 금속부품 및 몰드제작의 활용 폭이 넓어질 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 산업자원부 지역산업기술개발사업(과제번호: 10022162)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 임종석, 이선아, 구양모, "LIGA 공정 중 PMMA 현상 과정의 모사," 한국정밀공학회 2000년도 추계학술대회논문집, pp. 733~736, 2000.
- [2] jang Hoo Lee, et al., "Fabrication of the Nickel microstructure using UV-LIGA," J. Kor. Inst. Met. & Mater, Vol. 40, No. 5, pp. 342-350, 2000.
- [3] Cuodong Hong, et al., "SU8 Resist plasma etching and its optimization," DTIP 2003, pp. 268-271, 2003.
- [4] Paul M. Dentinger, et al., "Removal of SU-8 photoresist for thick film application," Microelectronic Engineering, Vol. 61-62, pp. 993-1000, 2002.