

375nm 반도체 UV 레이저를 이용한 미세 입자분사가공 SU-8 마스크의 제작

Fabrication of SU-8 Mask for Micro-AJM using 375nm Semiconductor UV Laser

*이승표¹, #이인환², 고태조³, 이승재⁴, 강현욱⁴, 조동우⁴

*S. P. Lee¹, #I. H. Lee(anxanx@chungbuk.ac.kr)², T. J. Ko³, S. J. Lee⁴, H. W. Kang⁴, D. W. Cho⁴

¹충북대학교 정밀기계공학과, ²충북대학교 기계공학부, ³영남대학교 기계공학부, ⁴포항공과대학교 기계공학과

Key words : SU-8 Mask, Micro Abrasive Jet Machining, Micro Stereolithography

1. 서론

미세 입자분사가공(Micro-AJM)은 모재 위에 패턴이 성형된 마스크를 띄워서 선택된 부분만 가공이 되도록 미세 입자를 분사하여 가공하는 방법을 사용한다¹. 따라서, 마스크의 제작이 필수적이며 현재에는 포토리소그래피 공정을 이용한 마스크 제작이 대부분이다. 그러나 포토리소그래피 공정을 이용한 마스크의 제작은 고가의 장비 및 복잡한 공정을 필요로 한다. 이에, 본 마이크로 광 조형기술²에서 광원으로 375nm 반도체 UV 레이저를 이용하여 미세입자 분사가공을 위한 마스크를 제작하였다. 즉 본 연구에서 사용된 마이크로 광 조형장치는 경제적이고 간단한 반도체 UV 레이저를 광원으로 하고 광 섬유를 이용, 레이저 빔을 마이크로 패턴이 될 마스크 재료 위에 주사한다(Fig. 1).

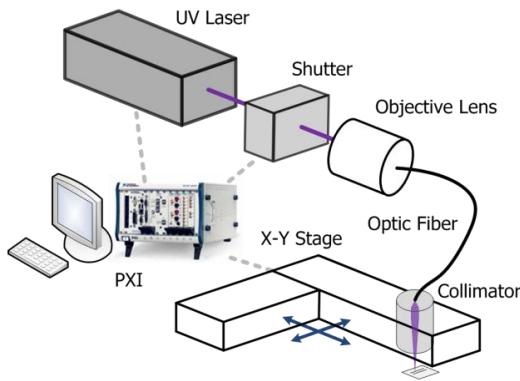


Fig. 1 Schematic drawing of micro-stereolithography apparatus for micro-AJM.

2. 실험

기존 미세입자 분사가공을 위한 마스크는 포토리소그래피 공정을 이용하여 제작하므로 고가의 포토 마스크가 필요하며 노광전에 정렬과정이 필요하다. 하지만 마이크로 광 조형 기술을 이용한 마스크 제작에서는 마스크 패턴을 위한 빛의 주사경로를 CAD를 이용하여 제작하고, 이를 좌표 코드로 변환 후 마이크로 광 조형장치의 제어 시스템에 입력하여 레이저 빔이 직접 마스크 표면에 주사 되도록 하였다. 따라서, 포토 마스크와 정렬 과정이 필요 없이 입자분사가공이 될 모재 위에 마스크 재료를 입힌 후, 직접 원하는 패턴현상을 성형하여 마스크를 제작하게 된다.

본 연구에서 사용된 마스크 재료는 에폭시 계열의 negative photoresist의 한 종류인 SU-8 2100을 사용하였다. SU-8을 이용하면 패턴의 두께를 두껍게 할 수 있으며 고 세장비를 갖는 수직벽을 갖는 복잡한 미세 패턴이 제작 가능하다. 특히 이 재료는 미세 입자분사가공에서 입자 침식에 대한 저항성이 크다는 장점이 있다.

모재가 될 실리콘 웨이퍼 위에 균일한 두께의 SU-8을 200 μ m 두께로 도포하고 soft-bake 과정을 거친 후 마스크 패턴을 제작을 위한 실험을 실시하였다. 우선 UV 레이저 빔의 세기와 주사 속도에 따른 SU-8의 경화 현상을 파악하였다. Table 1은 실험 조건이다.

Table 1 Experimental condition

Parameters	Value
SU-8 thickness	200 μ m
Beam power	10.68 μ W ~ 92 μ W
Scanning speed	0.96 ~ 5.76mm/min

Fig. 2는 Table 1의 실험 조건에서 UV 레이저 빔의 세기가 43.5 μ W 및 55.3 μ W 일 때의 실험 결과이다. Fig. 2에서 알 수 있듯이 UV 레이저 빔의 세기가 강하고 주사속도가 느릴수록 성형되는 선폭이 증가됨을 알 수 있다. 따라서 레이저 빔의 세기나 이송속도를 적절히 조절하면 원하는 마이크로 패턴 형상을 얻을 수 있다. 한편, Fig. 2의 실험조건에서 주사속도를 3.36mm/min 보다 빠른 경우는 성형된 SU-8이 현상과정에서 실리콘 웨이퍼에서 분리되었다.

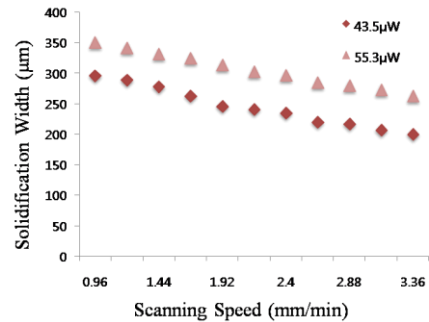


Fig. 2 Solidification width according to scanning speed and power of UV laser.

SU-8은 UV 레이저 빔이 주사된 부분이 경화되는 negative photoresist이다. 따라서 SU-8 마스크 제작 시 패턴을 정확하게 제작하기 위해서는 레이저 빔이 주사에 따른 성형된 홈(groove)의 실제 폭과 CAD로 제작되는 좌표코드에 의한 폭과의 차이를 알아야 한다. 이에, 레이저 빔의 세기와 주사속도를 각각 43.5 μ W, 3.36mm/min로 일정하게 유지하며 패턴제작 실험을 실시 하였으며 이때 성형된 선폭은 200 μ m이다. Fig. 3은 좌표코드 상의 홈의 폭과 실제 성형된 홈의 폭을 측정된 값을 나타내었다. 좌표코드 상의 거리와 실험값으로 얻어진 홈의 폭은 약 30 μ m의 차이를 갖는 경향을 보였다.

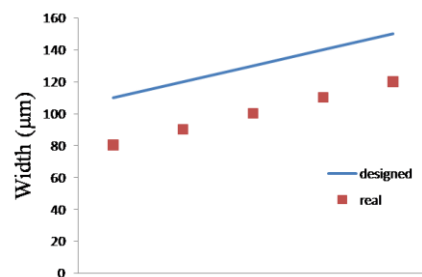


Fig. 3 The difference between designed groove width and real groove width.

확보된 데이터를 바탕으로 200 μ m 두께를 가진 SU-8 위에 UV 레이저 광원의 마이크로 광 조형 장치를 이용하여 레이저 빔의 세기 43.5 μ W, 주사속도 3.36mm/min의 실험조건을 가지고 패터닝 후 PEB(post expose bake)과정^{3,4}을 거친 마스크를 제작하였다.

3. 미세 입자분사가공 실험

제작된 SU-8 마스크의 특성평가를 위하여 미세 입자분사가공에 적용시켜 보았으며 SU-8 마스크의 기계적 성질을 높이기 위해 하드 베이킹을 실시 하였다⁵. 입자분사를 위한 노즐은 3.75mm의 폭을 가지고 있으며, 분사가공에 사용한 입자는 직경 17 μ m의 알루미늄 세라믹을 사용했다. SU-8 마스크를 SOD(stand off distance) 5mm로 두고, 분사압력을 0.2MPa, 입자량을 2g/min, 노즐이송 속도 0.3mm/sec의 조건으로 2회 분사하였으며 분사가공이 끝난 후 비접촉식 3차원 측정기로 측정하였다. Fig. 4 (a), (b)는 폭이 300 μ m인 사각형 및 지름이 400 μ m인 원형 홈의 단면 프로파일이다.

분사가공 후의 실리콘 웨이퍼 중심부의 제거량은 약 50 μ m이며, Fig. 4에서 보는 바와 같이 SU-8 마스크의 제거량은 약 30 μ m로 나타났다.

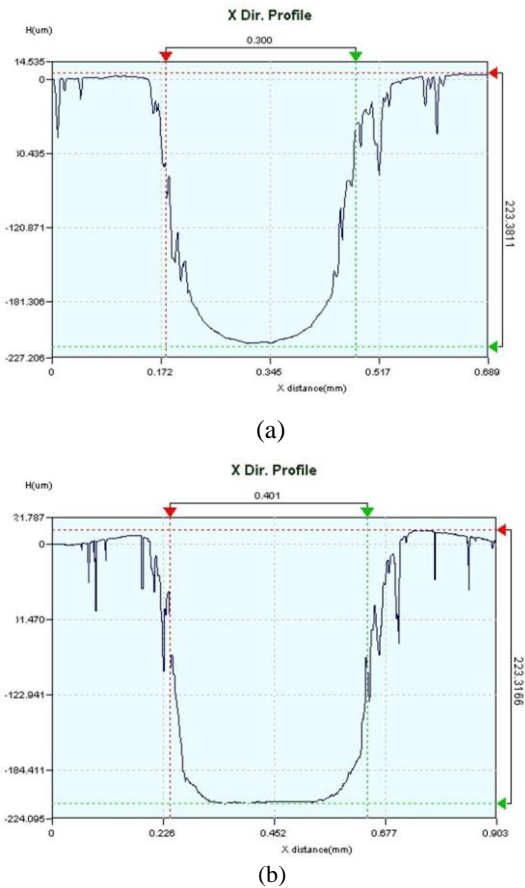


Fig. 4 (a), (b) Erosion profile of SU-8 masks.

4. 결론

기존의 미세 입자분사 가공용 SU-8 마스크를 제작하기 위해서는 고가의 장비와 공정이 필요한 포토리소그래피 공정을 이용하였다. 그러나 본 연구에서는 375nm 반도체 UV 레이저를 광원으로 하는 마이크로 광 조형기술을 이용하여 미세입자 분사가공을 위한 마스크를 제작하였다. 본 연구를 통해 보다 효율적인 입자 분사가공을 위한 마스크의 제작이 가능함을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 과학재단 목적 기초 연구 (K01-2004-060-10556-0)의 지원으로 수행 되었으며 이의 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Henk Wensink, J.W.Berenschot, Henri V. Jansen, Miko C. Elwenspoek, "High resolution powder blast micromachining", Proc. IEEE Int. Conf. Micro Electro Mechanical Systems, 769-774, 2000.
2. In Hwan Lee, Ji Soon Choi, Tae Jo Ko, "Development of a novel Micro-stereolithography Technology" International conference on Micro Manufacturing(ICOMM' 06), 358-361, 2006.
3. MICROCHEM Corp., NANOTM SU-8 2000, "Negative tone photoresist formulations 2035-2100"
4. Paul M Dentinger, W. Miles Clift, Steven H. Goods, "Removal of SU-8 photoresist for thick film applications", Microelectronic Engineering 61-62, 993-1000, 2002.
5. 고태조, 박동진, 김희술, "미세입자분사 가공에서 SU-8 마스크의 특징", 한국 정밀공학회지, 190, 71-78, 2007.