

양극산화 알루미늄을 이용한 나노패턴 성형용 금형제작

오정길^{1,3}, 김종선², 강정진¹, 김종덕², 윤경환³, 황철진^{1,*}

Fabrication of Nano-Pattern Mold Using Anodic Aluminum Oxide Template

J. G. Oh, J. S. Kim, J. J. Kang, J. D. Kim, K. H. Yoon, C. J. Hwang
(Received Month Day, Year)

Abstract

Recently, many researches on the development of super-hydrophobic and anti-reflective surfaces have been concentrated on the fabrication of nano-patterned products. The nano-patterned mold is a key to replicate nano-patterned products by mass production techniques such as injection molding and UV molding. The present paper proposes fabricating nano-patterned mold with cost-effective method. The nano-pattern molded was fabricated by electroforming the anodic aluminum oxide template without E-beam lithography. The final mold with nano-patterns showed the pores with the diameter of 100~120 nm and the height of 150 nm was fabricated.

Key Words : nano-pattern mold, electroforming, anodic aluminum oxide(AAO)

1. 서론

최근 초소수성(super-hydrophobic) 및 반사방지(anti-reflection)와 같은 기능을 가지는 표면 제작에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 초소수성 표면의 경우 낮은 표면에너지를 갖는 물질과 높은 형상비의 나노 패턴 혹은 마이크로와 나노 크기가 혼합된 패턴이 필요하며, 반사방지 표면의 경우 나노 패턴의 형상비가 높고 패턴 바닥면으로부터 윗면까지 점차적으로 감소하는 원뿔 형상이어야 반사방지기능이 좋아진다.

초소수성 및 반사방지 기능을 갖는 제품을 사출성형(injection molding), UV 성형(UV-molding)으로 대량생산하기 위해서는 나노패턴 금형이 필요하며, 나노패턴 금형을 제작하는 대표적인 기술이 전주공정(electro-forming)이다¹⁾. 전주공정으로 금형을 제작하기 위해서는 피전착체인 나노패턴 마스

터(master)가 필요하며, 마스터를 제작하는 방식은 주로 전자빔 리소그래피(E-beam lithography)를 사용하고 있으나 공정시간이 길고 고가의 공정비용 및 장비 유지비용의 문제점을 가지고 있다²⁾.

저가의 나노패턴 금형을 제작하고자 알루미늄을 양극산화법(anodizing)으로 산화시켜 제작된 양극산화알루미늄(AAO, Anodic Aluminum Oxide)을 마스터로 사용하였다. 일반적인 산화알루미늄은 특정한 배열을 가지지 않으나, 양극산화법으로 제작된 산화알루미늄은 벌집모양의 일정한 나노크기의 구멍(nano-pore)들을 갖는다. 이러한 양극산화알루미늄은 제작공정이 쉽고 비용이 저렴하며 단일 패턴으로 패턴의 직경과 깊이의 조절이 가능하다³⁾. 기존에는 양극산화알루미늄을 금형으로 이용하여 UV 성형, 사출성형을 한 후, 양극산화알루미늄을 제거하여 나노 성형품을 제작하고 있다. 그러나, 양극산화 알루미늄을 금형으로 사용하게 되면 매 성형 사이클(cycle)마다 양극산화알루미늄을

1. 한국생산기술연구원 융합생산기술연구부
2. 한국생산기술연구원 금형기술지원센터
3. 단국대학교 기계공학과
* 교신저자: 한국생산기술연구원 융합생산기술연구부,
E-mail: cjhwang@kitech.re.kr

교체함으로써 성형시간 증가와 제품단가 상승의 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 초소수성표면 및 반사방지표면에 필요한 나노패턴 성형을 위해서 양극산화알루미늄을 전주하여 니켈 금형으로 복제하였으며, 이를 통해 값싼 나노패턴 금형을 제작하고 대량생산기술에 적용하고자 하였다.

2. 실험방법 및 결과

2.1 양극산화 알루미늄(AAO)

금형 제작을 위해 Fig. 1에 나타낸 Whatman사의 ANODISC™를 master로 활용하였다. 양극산화법에 의해 제작된 알루미늄 산화막이며, 나노 구멍의 직경은 100 nm, 구멍의 깊이 50 μm , ANODISC™의 직경은 47 mm이다.

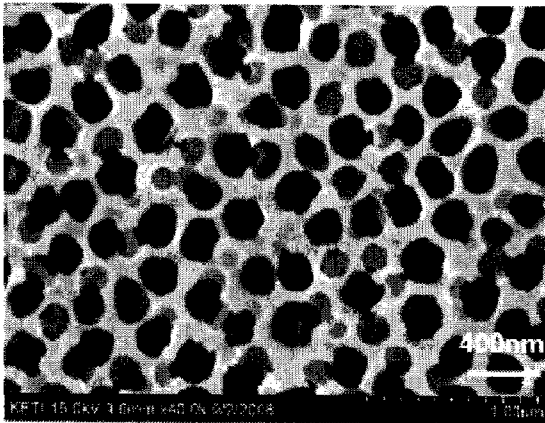


Fig. 1 The SEM image of master(ANODISC™).

2.2 금형제작

Master에 니켈 전도체층(seed layer)을 코팅한 후 전주공정을 통해 금형을 제작할 경우 Fig. 2와 같이 나노패턴이 복제되지 않았다.

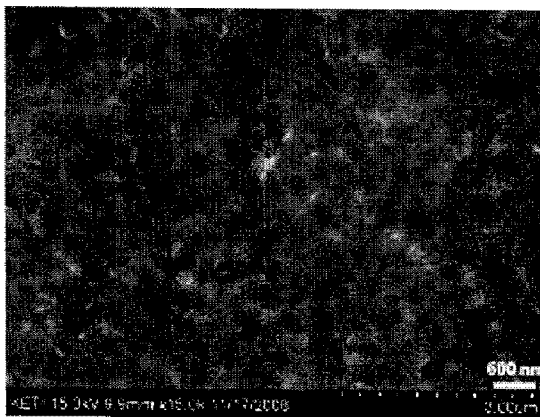


Fig. 2 The SEM image of stamper surface after electroforming.

나노패턴이 복제되지 않은 이유는 Fig. 3 과 같이 설명할 수 있다. Master 나노구멍의 직경(100 nm)에 비해 깊이(50 μm)가 너무 커서, master 밑면 스테인레스 판에서 진행되던 니켈 전착이 다 진행되기도 전에 윗면 전도체층에서 진행되던 니켈 전착에 의해 master 의 나노구멍이 메워지게 된다. 구멍이 메워짐으로 인해 밑면 스테인레스 판에서 진행되던 니켈 전착이 중단되어 나노패턴이 복제가 되지 않은 것으로 판단된다.

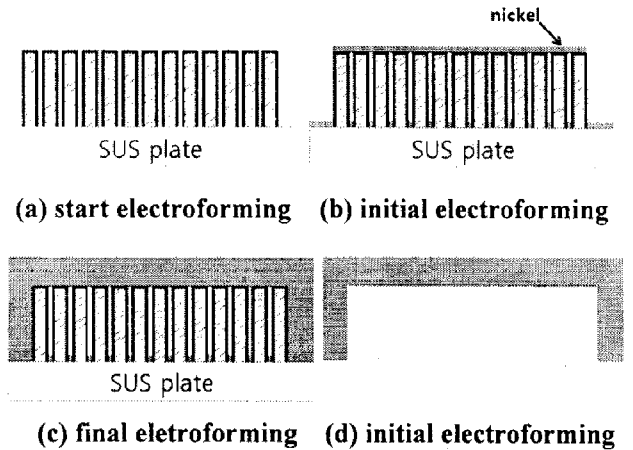


Fig. 3 A schematic diagram showing the failure of electroforming.

따라서, master 나노구멍의 깊이를 줄이는 방법으로 Fig. 4 에 도시한 것과 같이 자외선경화 수지(UV curable resin)를 이용하여 모세관 현상(capillary phenomenon)에 의해 master 의 나노구멍을 채우는 방법을 이용하였다. 실리콘 웨이퍼 위에 자외선경화 수지를 균일하게 코팅한 후 master 를 자외선경화수지 위에 올리게 되면 모세관현상에 의해 자외선 경화수지가 master 나노구멍을 채우게 된다. 어느 정도 모세관현상이 안정화 된 후, UV 노광을 하면 수지가 경화(UV-curing) 됨으로써, master 나노구멍의 깊이를 줄일 수 있다. Master 와 자외선경화 수지가 비전도체이기 때문에 니켈 전도체층을 코팅한 후 두께 0.5 mm 로 전주공정을 수행하였다. 전주공정이 끝난 후 자외선 경화 수지를 떼어내고 스템퍼에 남아 있는 master 를 제거하기 위해 0.3M 수산화칼륨 수용액으로 60℃에서 30 분 동안 부식시켰다.

SEM 촬영 결과 Fig. 5 와 같이 직경이 약 100 ~120 nm 인 나노기둥(nano-pillar)을 가진 스템퍼(father stamper)가 제작되었다.

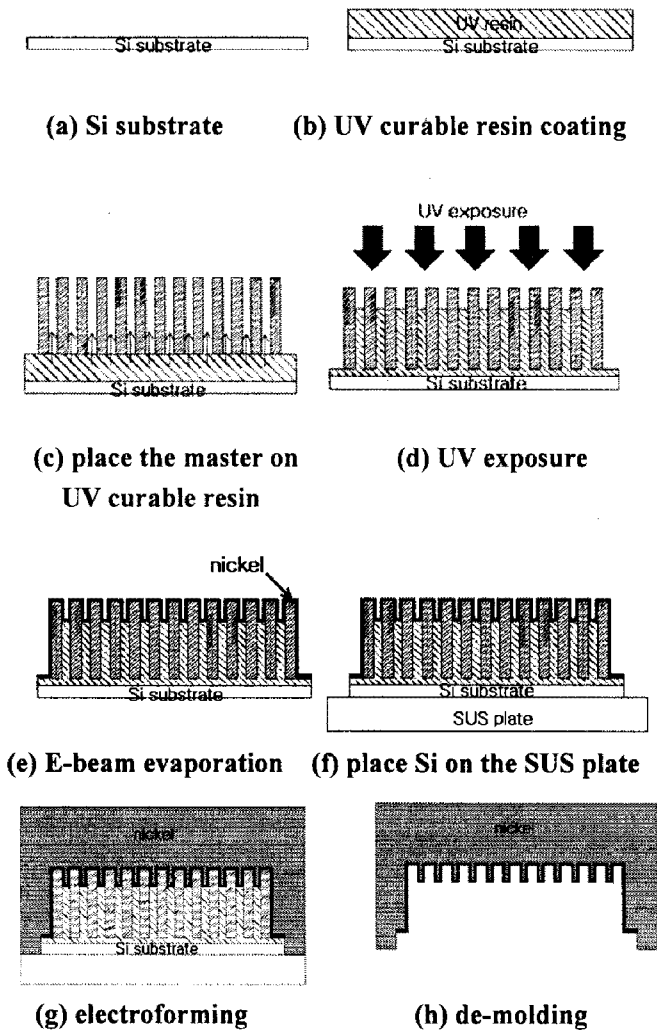


Fig. 4 Fabrication procedure of nano-pattern stamper using capillary phenomenon with UV curable resin.

Table 1. Comparison of master, stamper

	Master(AAO)	Father stamper(Ni)	Mother stamper(Ni)
pattern shape	nano-pore (negative pattern)	nano-pillar (positive pattern)	nano-pore (negative pattern)
SEM image			

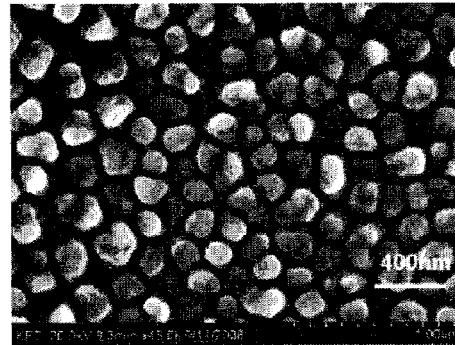


Fig. 5 The SEM image of stamper surface using capillary phenomenon with UV curable resin.

양각 나노패턴의 성형품을 생산하기 위해 금형이 오목한 음각(negative) 나노패턴이어야 한다. 따라서 제작된 스탬퍼를 이용하여 전주공정을 수행하였다. SEM촬영 결과 Fig. 6과 같이 나노패턴의 직경이 100~120 nm인 나노구멍을 가진 스탬퍼(mother stamper)가 제작되었다. Table 1은 전주에 사용한 마스터, 마스터를 복제한 스탬퍼를 정리하였다.

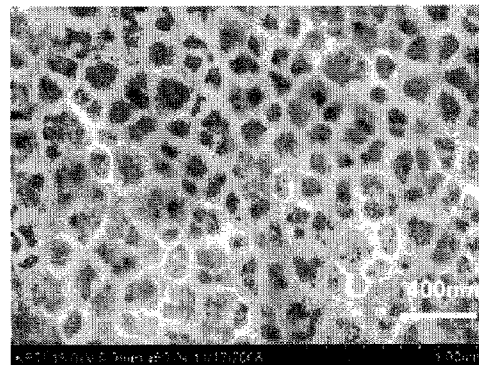


Fig. 6 The SEM image of mother stamper surface.

3. 결 론

본 연구는 초소수성표면 및 반사방지표면에 필요한 나노패턴 성형을 위해서 양극산화알루미늄을 전주하여 니켈 금형으로 복제하였으며, 이를 통해 값싸고 대량생산기술 적용이 가능한 나노패턴 금형을 제작하였다.

자외선 경화수지로 모세관 현상을 이용하여 나노 구멍의 깊이를 줄여서 전주를 한 결과 최종적으로 나노 구멍의 직경이 100~120 nm인 나노패턴을 가진 금형제작이 가능하였다.

추후 초수성 기능을 가진 제품 제작을 위해 제작한 나노패턴 금형을 이용하여 마이크로 패턴 가공을 통해 나노-마이크로 패턴 금형제작과 반사방지 기능을 가진 제품 제작을 위해 모세관현상에 주요인자인 자외선 수지의 점도와 나노구멍의 직경의 조절을 통해 형상비가 높은 나노패턴 금형제작에 대해 연구 할 예정이다.

후 기

본 연구는 청정기반전략기술개발사업 중 “초발수 표면 미세 패턴 사출성형 기술개발” 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] T. Hart and A. Watson, *Electroforming*, Metal Finishing, Vol. 105, pp. 331~341, 2007.
- [2] W. Menz, J. Mohr and O. Paul, *Microsystem Technology*, Germany : WILEY-VCH, 2004
- [3] 김태훈, 유영은, 서영호, 이학주, 박영우, “고세장비 플라스틱 나노헤어 성형에 관한 연구”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 471~472, 2006.
- [4] S. H. Hong, J. H. Lee and H. Lee, *Fabrication of 50 nm patterned nickel stamp with hot embossing and electroforming process*, Microelectronic Eng., Vol. 84, pp.977~979, 2007.
- [5] H. S. Lee, D. S. Kim and T. H. Kwon, *UV nano embossing for polymer nano structures with non-transparent mold insert*, Microsyst. Tech., Vol. 13, pp. 593~599, 2007.