

AAO 를 이용한 나노 패턴 마스터 제작에 관한 연구

신홍규¹· 권종태¹· 서영호^{2#}· 김병희²

Study on Fabrication of Highly Ordered Nano Patterned Master by Using Anodic Aluminum Oxidation

H. G. Shin, J. T. Kwon, Y. H. Seo and B. H. Kim

Abstract

AAO(Anodic Aluminum Oxidation) method has been known that it is practically useful for the fabrication of nano-structures and makes it possible to fabricate the highly ordered nano masters on large surface and even on the 2.5 or 3D surface at low cost comparing to the expensive e-beam lithography or the conventional silicon processing. In this study, by using the multi-step anodizing and etching processes, highly ordered nano patterned master with concave shapes was fabricated. By varying the processing parameters, such as initial matter and chemical conditions; electrical and thermal conditions; time scheduling; and so on, the size and the pitch of the nano pattern can be controlled. Consequently, various alumina/aluminum nano structures can be easily available in any size and shape by optimized anodic oxidation in various aqueous acids. The resulting good filled uniform nano molded structure through hot embossing molding process shows the validity of the fabricated nano pattern masters.

Key Words : Anodic Aluminum Oxide (양극산화), Electropolishing (전해연마), Nano master (나노 마스터), Hot embossing (핫 엠보싱)

1. 서 론

지난 수십 년 동안 많은 연구가 이루어진 알루미늄 양극산화공정 (AAO; Anodic Aluminum Oxide) 은 탄소 나노 튜브 (CNT; Carbon Nano Tube), 나노 와이어 (nanowire), 나노 마스크 및 나노 몰드, 광 결정 등과 같은 마이크로·나노 분야에 대하여 다양한 응용·잠재력을 내포하고 있다 [1-2]. 양극산화공정은 매우 간단하며, 값 비싼 이빔 리소그래피 (E-beam lithography)나 기존 실리콘을 이용한 반도체 식각 공정에 비하여 적은 예산과 시간으로 잘 정렬되고 균일한 형태의 나노 구조물을 쉽게 얻을 수 있다는 장점을 지니고 있다 [3].

박막 공정에서 나노 마스크로의 응용은 Masuda

등에 의해 최초로 연구되었으며, 양극산화공정에서 발생하는 기계적·화학적 반응에 대한 반응 메커니즘에 대한 연구는 Li 외의 선행 연구자에 의해 이루어졌다 [4-5].

본 연구에서는 양극산화공정과 식각 공정을 통하여, 나노 사이즈의 정렬된 구조를 갖는 나노 마스터를 제작하였다. 전해연마를 통한 전처리 공정 후, 전해질, 전압·전류, 온도, 시간등과 같은 다양한 조건으로 나노 패턴의 크기와 간격을 조절할 수 있었다. 또한, 제작된 알루미늄 나노 마스터는 핫 엠보싱 공정을 이용하여 성형온도, 압력, 시간에 따른 성형 시험을 수행하였으며, 성형 결과를 바탕으로 양극산화공정으로 제작된 나노 마스터에 대한 타당성을 검증하였다.

1. 강원대학교 기계·메카트로닉스공학과

2. 강원대학교 기계·메카트로닉스공학부

교신저자: 강원대학교 기계·메카트로닉스공학부,

E-mail: mems@kangwon.ac.kr

2. 나노 마스터 제작

나노 마스터 제작 공정은 기계연마와 전해연마를 이용한 전 처리공정, 산화 알루미늄 제작을 위한 양극산화공정, 끝으로 알루미늄 제거를 위한 식각 공정으로 나뉘어진다.

2.1 전처리공정

알루미늄(99.999%, 2t) 표면 거칠기를 향상시키기 위한 방법으로 폴리싱을 이용한 기계적 연마 후, 전해액에서의 전해연마를 수행하였다. 전해연마를 위한 전해액의 조건은 HClO_4 와 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 를 1:4 비율로 10V 의 전압에서 3 분간 수행하였다 [1]. 전압이 높아짐에 따라 전해연마 공정시간도 단축되었으나, 빠른 전기반응으로 인하여 표면에 마이크로 스크래치가 발생하였다. 또한 전해연마를 마친 알루미늄의 표면에 소량의 알루미늄(Al_2O_3)가 검출되어 전해연마 과정에서 알루미늄 표면에 포어(pore)가 발생함을 알 수 있었다 [5].

2.2 알루미늄 양극산화

전해연마를 마친 시편은 표면에 수많은 포어가 존재하는 알루미늄을 제작하기 위하여, 0.3M 의 수산화(oxalic acid) 용액에서 수행하였다 [2]. 기존에 존재하는 양극산화 방법들보다 빠른 제작과 포어의 크기 증가를 위하여 전압을 70V 이상으로 증가시켰다. 또한 공정시간을 20 분으로 제한하여 양극 산화를 수행하였다. 전압의 증가에 따라 포어의 크기가 증가하였으며, 일정 전압 이상에서는 산화 알루미늄 층이 완전히 파괴되는 현상을 보였다.

2.3 식각 공정

나노 마스터 제작을 위한 마지막 단계인 식각 공정은 알루미늄 표면의 알루미늄을 선택적으로 제거하기 위하여, 크롬산(1.8wt%)과 인산(6wt%)을 사용하여 65°C 에서 실험하였다. SEM 과 EDS 표면 성분검사를 통하여 알루미늄이 모두 제거됨을 확인하였으며, 나노 패턴을 가진 마스터를 얻을 수 있었다.

2.4 핫 엠보싱 공정

핫 엠보싱(Hot Embossing) 공정은 10nm 이하의 분해능을 가지며 재현성도 뛰어나고 재료처리량이 크며 매우 경제적인 공정이다 [6]. 앞서 제작된 나노 마스터를 스탬프로 사용하여 핫 엠보싱 공

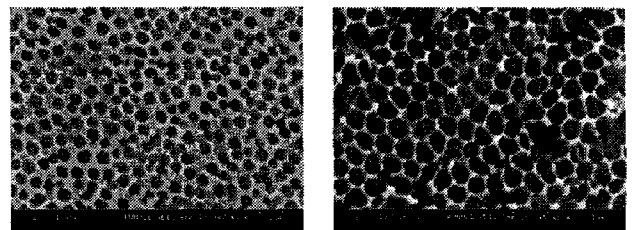
정을 160~180°C 에서 1 분간 최대 압력으로 성형했으며, 100°C 에서 이형하였다. 사용된 기판의 재료는 PC(polycarbonate)이다.

3. 결과 및 토의

Fig. 1 은 전압증가에 따른 포어의 형성 밀도와 크기 변화를 나타내는 SEM 사진이다. 전압의 증가에 따라 포어의 크기가 증가하였으며, 80V 에서는 포어와 포어간의 경계벽이 무너지는 현상을 확인할 수 있었다. 이는 높은 전압에 의해 반응하는 알루미늄의 양이 증가로 판단된다.

Fig. 2 는 산화 알루미늄을 제거한 베이스 표면의 전압 변화에 따른 SEM 사진이다. 전압의 증가에 따라 베이스 패턴의 크기가 비례적으로 증가하였으며, Fig. 2(c)에서와 같이 경계면이 무너진 구조물에서도 베이스 패턴은 형성됨을 알 수 있었다.

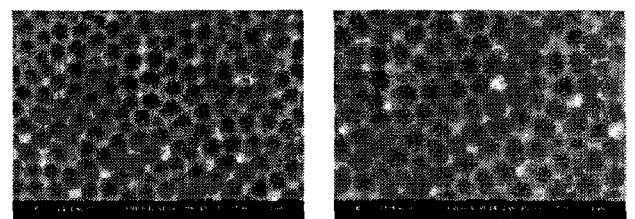
Fig. 3 는 양극산화와 식각 공정에서의 샘플 표면 성분을 각각 분석한 EDS 결과이다. Fig. 3(a)의 경우, 산화 알루미늄(Al_2O_3)가 형성되었으며, Fig. 3(b)의 경우, 알루미늄이 제거된 순수 알루미늄만이 분석되었다. 이는 본 연구에서 사용한 양극산화와 식각 공정의 타당성을 보여준다.



(a) 70V

(b) 80V

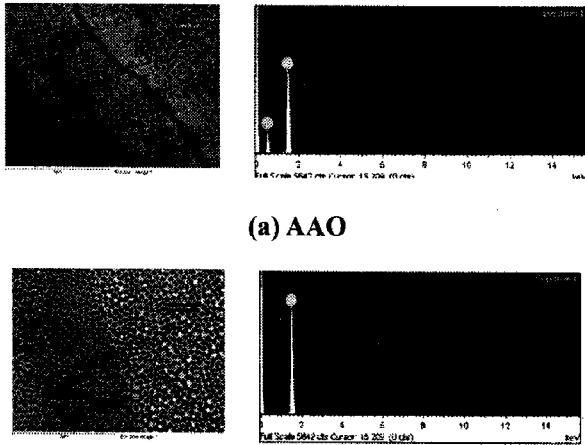
Fig. 1 SEM images of porous structures on alumina surface with respect to anodized voltage



(a) 70V

(b) 80V

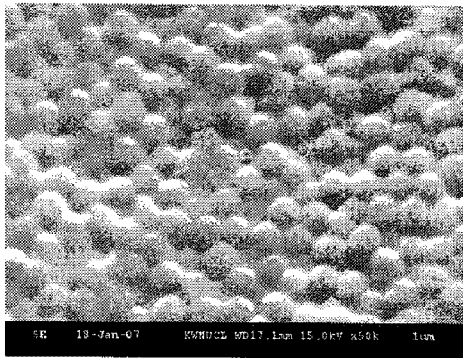
Fig. 2 SEM images of base patterns on aluminum surface with respect to anodizing voltage



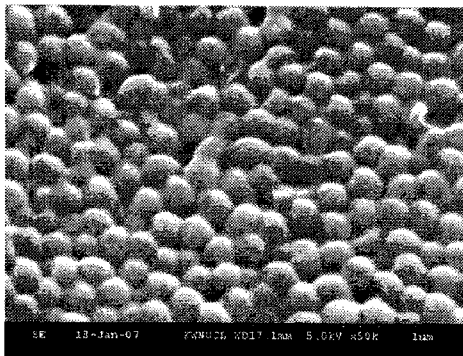
(a) AAO

(b) base pattern

Fig. 3 EDS results of AAO and base pattern



(a) 160°C



(b) 180°C

Fig. 4 SEM images of results of hot embossing with respect to temperature variation

Fig. 4 는 제작된 나노 마스터를 이용하여 핫 엠보싱을 수행한 결과이다. 나노 마스터를 구성하는 베이스 패턴에 따라 육각 형태로 성형되었으며, 온도가 증가함에 따라 스틱킹(sticking) 현상이 발생하였다. 이는 폴리머가 유리전이온도 이상에서

성형됨에 따라 이형 시 발생된 문제라 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 양극산화와 식각 공정을 통하여 나노 패턴의 마스터를 제작하였으며, 이를 사용하여 핫 엠보싱 공정에서의 성형을 수행하였다. 전압 증가에 따른 포어 크기의 증가와 공정 시간을 단축하였다. 또한, 나노 마스터를 핫 엠보싱 공정에 사용함에 따라 값싼 나노 마스터의 제작에 대한 기틀을 마련하였다.

후 기

본 연구는 과학기술부가 주관하는 21 세기 프론티어 연구개발사업의 일환인 나노메카트로닉스기술개발사업단의 연구비 지원(06K1401-00511)에 의해 수행되었습니다. 또한 이 연구에 참여한 연구자는 '2 단계 BK21 사업'의 지원비를 받습니다.

참 고 문 헌

- 1 J. Suh and J. Lee, 1999, Highly ordered two-dimensional carbon nanotube array, *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 75, pp. 2047-2049.
- 2 O. Lee, S. Hwang, S. Jeong, P. Lee, K. Lee, 2004, Synthesis of carbon nanotubes with identical dimensions using an anodic aluminum oxide template on a silicon wafer, *Synthetic Metals*, Vol. 148, pp. 263-266.
- 3 A. P. Li, F. Muller, A. Biner, K. Niesch and U. Gosele, 1998, Hexagonal pore arrays with a 50-420 nm interpore distance formed by self-organization in anodic alumina, *J. of Appl. Phys.*, Vol. 84, No. 11, pp. 6023-6026.
- 4 H. Masuda, H. Yamada, M. Satoh and H. Asoh, 1997, Highly ordered nanochannel-array architecture in anodic alumina, *Appl. Phys. Lett.* Vol. 71 (19), pp. 2770-2772.
- 5 F. Li, L. Zhang and R. M. Metzger, 1998, On the growth of highly ordered pores in anodized aluminum oxide, *Chem. Mater.*, Vol. 10, pp. 2470.
- 6 H. Shin, J. Ban, K. Cho, H. Kim and B. Kim, 2006, Nano molding technology for optical storage media with large-area nano-pattern, *한국정밀공학회지*, 제23권, 제4호, pp. 162-167.