

다공성 알루미나 박막을 이용한 나노마스크 제작

정경한, 류길용, 장정수, 권영수*

*동아대학교 전기공학과, 경일대학교 전기공학과

Fabrication of Nano-mask Using Porous Alumina Membrane

Kyung-Han Jung, Kil-Yong Ryu, Jeong-Soo Chang, Young-Soo Kwon*

*Department of Electrical Engineering Dong-A University, Department of Electrical Engineering Kyungil University.

Abstract : One of the promising routes for producing highly ordered nanostructures is a template method using the porous alumina membrane (PAM). Because the PAM is mechanically, chemically, thermally stable with highly ordered structure, many researchers have studied under various experimental conditions to fabricate nanostructures. We present the information on the fabrication of about 300 nm nano-mask which have important applications for various patterned nanostructures.

Key Words : nanostructures, patterning technology, self-organized materials, nano-mask

1. 서 론

전자소자 제작에서 기판의 미세한 패턴의 형성은 전자선 식각이 보편적으로 이용되고 있다. 그러나 전자선 식각은 장시간의 공정에 비해 생산량이 낮고 고가의 장비나 시설이 필요하다는 단점이 있다[1-2]. 최근에는 이온선(ion beam)이나 AFM (atomic force microscope) 혹은 STM(scanning tunneling microscope)과 같은 주사전자현미경(scanning probe microscope)을 이용하여 기판 표면에 직접 원하는 구조를 만들어내려는 시도도 이루어지고 있다[3]. 그러나 이러한 방법은 넓은 면적에 대한 제작과 대량생산이 요구되는 경우에는 효율적이지 못하다. 그 외에도 나노 크기의 식각을 위하여 여러 가지 방법들이 제시되어 있으나[4-5], 대부분 만들어진 구조들의 모양이나 크기, 배열들의 규칙성에 있어서 만족스럽지 못하다는 단점들을 가지고 있다. 따라서 이러한 단점들을 보완하면서 나노 구조물을 제작할 수 있는 새로운 기술에 대한 도전이 다양하게 시도되고 있다.

이러한 시도 중 하나로서 전해질에서 일정한 전압으로 알루미늄을 양극산화(anodization)했을 때, 스스로 조직화(self-organization)하여 나노 구조를 형성하는 다공성 알루미나 박막(porous anodic alumina film)을 나노 마스크로 이용하려는 연구가 널리 행해지고 있다[6]. 다공성 알루미나 박막의 장점으로는 넓은 면적에서 균질한 지름을 가지는 세공이 규칙적인 육방밀집 구조를 가지면서 기계적, 화학적, 열적으로 안정하다는 것이다. 또한 양극산화 시 인가되는 전압이나, 전해질 그리고 막의 에칭 조건에 따라 원하는 크기의 세공 지름을 얻을 수 있기 때문에 다양한 모양의 나노 구조를 제작이 가능하다. 본 연구에서는 다공성 알루미나 박막을 이용하여 두께가 약 300 nm 인 나노 마스크(nano-mask)를 제작하기 위한 제작조건을 알아보고 제작된 나노 마스크의 구조와 세공의 크기를 전자현미경 (FE-SEM, field emission scanning electron

microscopy, JSM-6700, JEOL)으로 관찰하였다.

2. 실험

양극산화에 의하여 알루미늄 상에 다공성 알루미나 박막을 제조하기 위해 시료를 어닐링하고 표면연마를 하는 전처리 과정과, 2단계 양극산화, 알루미늄 기판의 용해 및 장벽층의 용해를 차례로 수행하였다[14]. 본 실험에서는 99.999%의 고순도 알루미늄 판(Aldrich, 두께 0.5 mm)을 25 mm×65 mm 크기로 절단하여 시료로 사용하였다. 수용액이나 시료의 세척은 초 순수(저항=1~18 Ω×cm)를 사용하였으며, 전해질은 옥살산(C₂O₄H₂)을 사용하였다. 시료 표면을 매끄럽게 하기 위하여 6 μm 다이아몬드 현탁액(diamond suspension)으로 시작하여 차례로 3, 1, 0.25 μm의 순서로 기계연마를 수행하였다. 전처리 공정의 각 단계가 끝날 때마다 시료표면에 묻어있는 용액 및 불순물을 제거 하고자 초 순수 및 아세톤으로 수 회 세척하였다. 양극산화는 0.3 M의 옥살산에서 40 V로 수행하였다. 상대전극으로는 알루미늄 판과 같은 크기의 티타늄 판을 사용하였다 [6]

3. 결과 및 검토

그림 1은 2차 양극산화 시, 양극산화의 시간을 10분에서 40 분까지 변화를 시켜서 형성된 다공성 알루미나 박막의 FE-SEM 단면 이미지이다. 다공성 알루미나 박막은 알루미늄 기판으로 부터 전기장의 수직한 방향으로 성장하였고 박막의 두께는 약 300 nm(10분)에서 1 μm(40분)까지 성장하였다. 본 실험의 조건에서는 25 nm/분의 성장비를 가지는 것으로 나타났다. 또한 이렇게 성장된 다공성 알루미나 박막을 열 증착 마스크 (thermal evaporation-mask)로 이용하여 Si기판에 나노 돛 어레이(nanodot arrays)을 형성 시키는 실험을 해 본 결과, 두께가 300 nm인 경우에서만 나노 돛 어레이 형성하는 것을 알

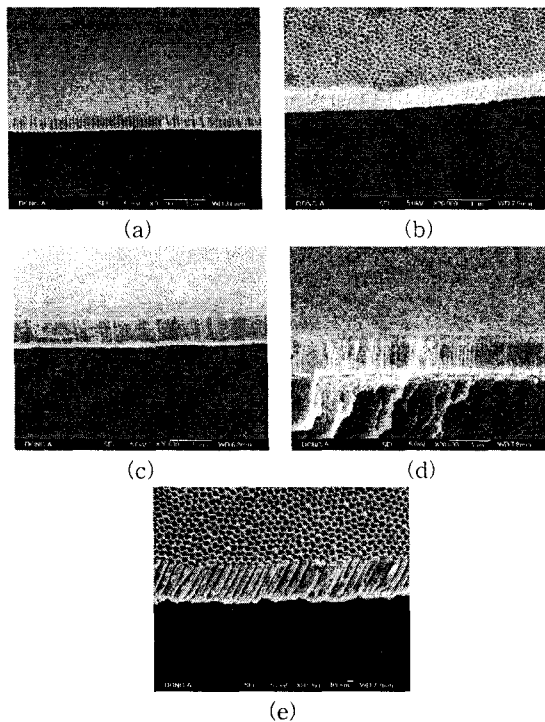


그림. 1. 양극산화 시간에 따른 다공성 알루미늄 박막의 두께 (40 V, 8 °C), (a) 10 min, (b) 15 min, (c) 20 min, (d) 30 min, (e) 40 min.

수 있었다[7]. 이러한 실험결과는 열 증착시 증착되는 증기(vapor)의 평균자유행로(mean free pass)에 의한 결과로 사료된다. 즉, 두께가 얇은 마스크 일수록 증기가 세공을 관통하여 기판에 증착되어 돛을 형성되는 것이다. 그림2는 그림1에서 형성된 다공성 알루미늄 박막 중 두께가 300 nm인 박막을 선택하여 에칭 시간에 따른 세공의 지름 증가를 관찰하였다. 다공성 알루미늄 박막의 세공은 육방밀집 배열을 하고 있고 세공의 지름이 균질하다는 것을 알 수 있다. 또한 평균적인 세공의 밀도는 $1.1 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ 이었다. 다공성 알루미늄 박막의 지름은 막의 두께와 마찬가지로 증기의 평균자유행로에 영향을 주는 요소로서 세공의 지름의 확장이 중요하다. 본 연구에서는 상온에서 5 wt%의 인산(H_3PO_4) 수용액을 이용하여 에칭시간을 20분부터 60분까지 10분 간격으로 실시하였다. 세공의 지름은 1.3 nm/분의 확장비 (enhancement ratio)를 나타내며 확장되었음을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 다공성 알루미늄 박막을 나노 마스크로 제작할 목적으로 양극산화 시간을 조절하여 두께가 300 nm에서 1 μm 인 다공성 알루미늄 박막을 제작하였다. 이렇게 제작된 박막중 두께가 300 nm인 박막을 이용하여 에

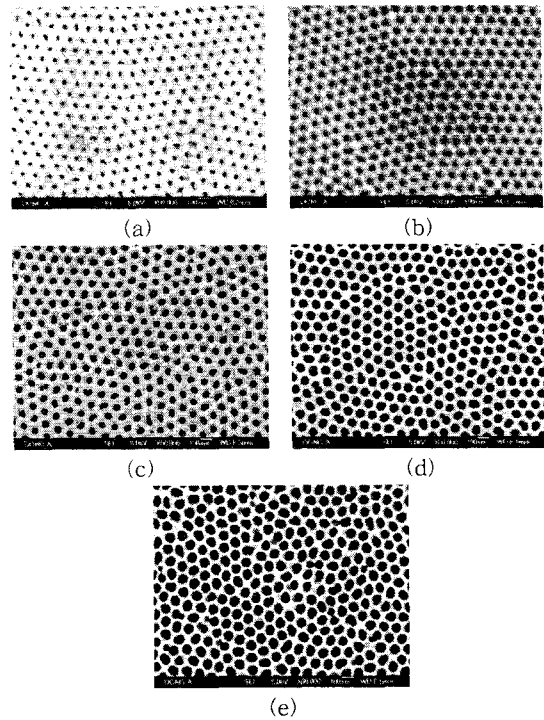


그림. 2. 에칭시간에 따른 다공성 알루미늄 박막의 세공의 지름 (299 K), (a) 20 min, (b) 30 min, (c) 40 min, (d) 50 min, (e) 60 min.

칭시간에 따라 확장되는 세공의 지름을 관찰하였다. 시간에 따른 세공의 확장비는 약 1.3/분으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-11120-0) 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] H. G. Craighead, J. Appl. Phys., Vol. 55, p. 4430, 1984.
- [2] H. Temkin, G. J. Dolan, M. B. Oanish and N. G. Chu, Appl. Phys. Lett., Vol. 50, p. 413, 1987.
- [3]. K. Matsumoto, M. Ishii, K. Segawa, Y. Oka, B. Vartanian and J. S. Harris, Proc. SSDM 95 Int. Conf., p. 192, 1995.
- [4] C. B. Roxlo, H. W. Deckman and B. Abeles, Phys. Rev. Lett., Vol. 57, p. 2462, 1986.
- [5] A. Wiedensohler, H. C. Hansson, I. Maximov and I. Samuelson, Appl. Phys. Lett., Vol. 61, p. 837, 1992.
- [6] R. Parthasaarathy, C. R. Martin, nature, Vol. 369, p. 298, 1994.
- [7] K. H. Jung, J. W. Yoon, N. Koshizaki and Y. S. Kwon, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 44, p. 5300, 2005.