

교류 전압에 의한 AAO 나노 구조 성장 제어

박소정, 허정환, 이성민, 이강호, 김규태, 박성찬*, 하정숙*
 고려대학교 전기공학과 나노소자연구실, *고려대학교 화공생명공학과 표면나노연구실

AC based AAO NanoStructure Growth Control

So-jeong Park, Jung-hwan Huh, Seong-min Yee, Kang-ho Lee, Gyu-tae Kim, Sung-chan Park*, Jeong-sook Ha*
 Korea Univ. Nano Device Lab, *Korea Univ. Surface Nano Lab.

Abstract : AAO(Anodic Aluminum Oxide)는 양극산화 방법을 이용하여 얻을 수 있는 알루미늄의 다공성 산화막이다. 기존의 방법에서는 DC전압을 이용하여 AAO를 성장시켰는데 본 연구에서는 AC전압을 이용하여 AAO의 성장 특성을 제어하였다. 전압원으로 DAQ를 사용하였는데 출력전압을 증폭하기 위하여 2단 차동증폭기를 제작하였다. 실험 결과는 AAO 기판의 SEM 사진을 촬영, 분석함으로써 얻을 수 있었다. SEM 사진을 분석한 결과 pore size는 전압의 변화에 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있었던 반면 성장 길이는 AC전압의 주기가 증가함에 따라 길어지는 성향을 확인할 수 있었다. 또한 주기와 AAO 성장 길이와의 관계를 로그스케일 그래프로 나타내보면 선형적인 특성을 나타내었다. 이를 통해 인가한 전압의 주파수에 따라 AAO의 성장 길이를 예측할 수 있었다.

Key words : AAO(Anodic Aluminum Oxide), AC, Nanostructure

1. 서 론

알루미늄을 양극으로 하여 일정한 전해액에서 일정한 온도와 전압으로 전해하면 알루미늄 표면에 산화 층이 형성된다. 이때의 산화 층을 AAO(Anodic Aluminum Oxide) 또는 PAA (Porous Anodic Alumina) 라고 한다. AAO는 자연적으로 성장하기 때문에 비용이 저렴하며 자발적 성장을 하므로 잘 정렬된 나노구조를 가진다[1].

우리는 이번 실험에서 AAO의 성장 모양과 속도를 전압으로 제어할 수 있는지 연구해보았다. AAO의 성장을 전압에 따라 제어할 수 있다면 AAO의 성장패턴을 손쉽게 우리가 원하는 모양으로 바꿀 수 있을 것이라고 예상할 수 있다.

예를 들어 AC를 걸어주어 그 파형 모양대로 AAO를 성장시킬 수 있다면 나노미터 수준의 볼트, 너트 등도 제작할 수 있을 것이다. 더불어 AAO template를 통해 성장하는 nanowire의 모양도 원하는 대로 제어할 수 있을 것이다.

그러므로 기존의 AAO는 DC를 인가하여 성장시켰지만 우리는 AC를 인가하여 원하는 파형에 따라 AAO의 성장이 바뀌는 것을 관찰 하고자 하였다. 이에 따라 (1)DC condition (2)AC condition - 삼각파와 사인파 - 두 가지 mode의 파형을 인가하여 실험하였다.

2. 실험

일반적인 AAO의 제작 과정은 샘플 준비 -Electropolishing-1차 양극산화-Etching-2차 양극산화 로 이루어진다[2].

우선 샘플 준비 과정으로 순도 99.99%이상의 알루미늄을 적당한 크기(본 실험에서는 가로 5mm, 세로 27mm)로 자른다. 자른 샘플을 폴리싱(Polishing) 과정을

통해 표면을 매끄럽게 만들어준다.

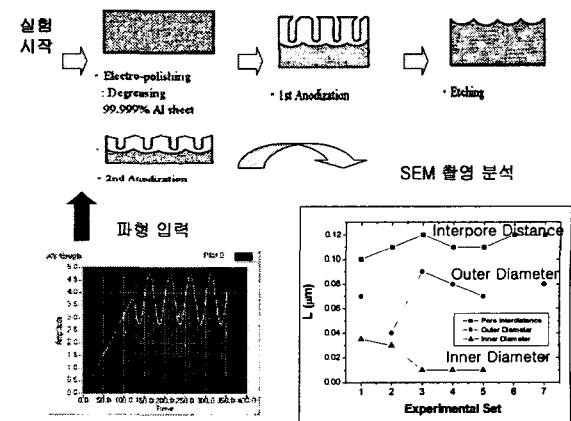


그림 1. 파형을 입력한 실험 과정

1차 양극산화를 하기 위해 옥살산 용액 안에 샘플을 넣은 후 2분 동안 40V까지 전압을 올린다. 그 후 40V인 상태로 20시간 동안 산화시킨다[4]. 이때 주의해야 할 점은 전류가 많이 흐르지 않도록 하는 것이다. 보통의 경우 3mA 안팎이다. 1차 양극 산화를 끝낸 샘플을 에칭 액에 넣은 후 60℃ 항온으로 20시간 동안 반응 시킨다. 에칭을 거쳐 산화 알루미늄을 제거시킨 후 2차 양극산화[3]를 하는데 1차 양극산화 과정과 마찬가지로 옥살산 용액에 샘플을 넣은 후 labview로 제작한 프로그램을 이용하여 우리가 원하는 전압을 DAQ를 통하여 인가하여 준다. 이때 DAQ에서 인가할 수 있는 전압의 범위가 -5V에서 +5V이므로 2단 차동증폭기를 제작하여 전압을 증폭시켜서 샘플에 전압을 인가하였다.

이러한 방법으로 AAO를 성장시킨 후 알루미늄에서 AAO를 분리하여 SEM으로 촬영하여 결과를 얻었다. (그림 1)

3. 결과 및 검토

표 1은알루미늄을 양극산화시킬 때 DC와 여러 가지 조건의 AC를 인가하여 얻은 AAO의 측정 결과이다.

표 1. 주기와 성장 길이의 관계

입력 전압	시간	성장 길이(L)	지름	Pore간 거리
40~55V(삼각파)	20분	1.96~2 μ m	0.07 μ m	0.1 μ m
40~55V(삼각파)	10분	1.16 μ m	0.04 μ m	0.11 μ m
40V (DC)	11분	0.84 μ m	0.09 μ m	0.12 μ m
30~50V(삼각파)	20분	0.99~1.05 μ m	0.08 μ m	0.11 μ m
30~50V(Sine파) 주기 10초	15분	0.47 μ m	0.07 μ m	0.11 μ m
30~50V(Sine파) 주기 50초	15분	0.60~0.64 μ m		0.12 μ m
30~50V(Sine파) 주기 250초	15분	0.82~0.84 μ m		
30~50V(Sine파) 주기 500초	15분	0.89~0.96 μ m	0.08 μ m	0.12 μ m

위의 결과에서 시간의 증가에 따라 성장 길이가 증가하는 것을 확인할 수 있는데 이것은 그간 여러 논문에서 발표된 것과 일치하는 결과이다. 여러 가지 주파수를 인가한 결과에서는 pore의 크기나 pore간 거리가 거의 일정한 것으로 보아 주파수에 대한 pore크기나 pore간 거리의 의존성을 갖지 않음을 알 수 있다.

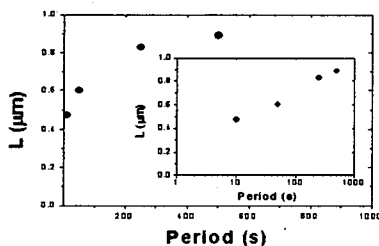


그림 2. 주기와 성장 길이의 관계

그러나 그림 2에서 나타난 것처럼 주파수에 대해 성장 길이가 달라짐을 확인함으로써 성장 속도는 변화할 수 있음을 알 수 있다. 또한 주파수를 로그스케일로 하여 성장 길이와의 관계를 그래프로 그렸을 때 거의 선형적인 모양을 나타냈다.

4. 결론

본 연구에서는 AC를 이용한 AAO 성장 특성에 대한 실험을 하였다. SEM 이미지 분석 결과, pore간의 거리는 어떠한 경우에서도 일정한 값을 유지하고 있다는 것을 알 수 있고 pore의 지름 역시 전압에 그다지 영향을 받지 않는 것을 사실을 얻어낼 수 있었다. 그리고 pore의 성장 길이가 주파수에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다.

결과적으로 처음에 예상했던 인가 파형에 따른 AAO 성장 패턴 변화는 관찰할 수 없었지만 위에서 얻은 결과를 바탕으로 AAO 성장에 있어서 인가하는 전압의 주파수를 조절함에 따라 AAO의 성장 속도를 조절할 수 있다는 결론을 이끌어낼 수 있다.

감사의 글

이렇게 실험 할 수 있도록 응원해 주신 나노소자 연구실 식구들에서 감사의 말을 전합니다.

본 연구는 한국과학재단 R01-2005-000-10648-0(200 5) 연구과제의 지원으로 수행되었습니다.

V.참고문헌

- [1] Hideki Masuda et al., "Self-repair of ordered pattern of nanometer dimensions based on self-compensation properties of anodic porous alumina", Appl.Phys.Lett.,Vol.78. pp. 826-828, 2001
- [2] Woosung NAM et al., "Fabrication of Nanodot Arrays on Si by pulsed Laser Deposition Using Anodic Aluminum Oxide Nanopore Membrane as Mask", J.Appl.Phys.,Vol.43. pp. 7793-7797, 2004
- [3] H. Masuda and M. Sotoh, " Fabrication of Gold Nanodot Array Using Anodic Porous Alumina as an Evaporation Mask" ,Jpn. j. Appl. Phys., Part2 Vol.35, L126, 1996
- [4] H. Masuda and K. Fukuda, Science, "ORDERED METAL NANO HOLE ARRAYS MADE BY A 2-STEP REPLICATION OF HONEYCOMB STRUCTURES OF ANODIC ALUMINA" Vol 268, pp1446-1468, 1995