

# 나노 광소자 응용을 위한 알루미늄 양극산화박막 공정

최재호, 백하봉, 김근주  
전북대학교 기계공학과

## Thin film process of anodic aluminium oxidation for optoelectronic nano-devices

Jae Ho Choi, Ha Bong Baek and Keunjoo Kim  
Chonbuk National University, Jeonju 561-756, R. O. KOREA

**Abstract :** We fabricated anodic aluminium oxides (AAO) on Si and sapphire substrates from the electrochemical reactions of thin Al films in an aqueous solution of oxalic acid. The thin Al films have deposited on Si and Sapphire substructure by using E-beam evaporation and thermal evaporation, respectively. The formation of AAO structures has investigated from FE-SEM measurement image and showed randomly distributed phase of nanoholes instead of the periodic lattice of photonic crystals. The AAO structure on sapphire shows the double layers of nanoholes

**Key Words :** Anodic Aluminium Oxide(AAO), AAO/Si, AAO/sapphire, Photonic crystals.

### 1. 서 론

최근에 반도체 나노 광소자의 발광효율을 높이기 위하여 많은 연구가 진행되어지고 있으며, 이중 반도체 내부에서 형성된 광자를 공기 중으로 추출할 수 있는 효율인 외부양자효율을 높이기 위하여 광결정이라는 구조가 이용되고 있다.[1] 광결정이란 두 가지 이상의 유전체가 서로 주기적으로 격자구조를 이루고 있는 것으로서, 빛이 광결정을 지나면서 나노 회절현상을 일으켜 보강간섭이나 상쇄간섭하여 빛의 세기가 달라진다.[2]

이러한 광결정을 제작하기 위해 많은 제조기술이 개발되어졌으며, 대표적으로 E-beam을 이용한 리소그래피 패턴기술이 있다. 그 외로 전기화학적 다공성의 양극산화 알루미늄(Anodized aluminium oxide : AAO)의 형성기술이 최근에 다시 활용되고 있다.[3] 이 AAO 형성기술은 전해질의 종류, 온도, 농도 등의 전기화학적 조건을 조절함으로써 다양한 종류의 nano-hole을 제작할 수 있다.[4]

본 연구에서는 Si와 sapphire 표면에 알루미늄 박막을 E-beam 증착장비와 thermal 증착장비를 이용하여 각각 증착하고 AAO 형성기술을 이용하여 광결정을 제작하였다.

### 2. 실험

본 연구에서는 Si와 Sapphire위에 알루미늄을 E-beam 증착장비와 thermal 증착장비를 각각 이용하여 알루미늄을 증착하고 양극 산화하여 나노구조를 형성하였다.

먼저 Si위에 알루미늄을 E-beam 증착장비를 이용하여 0.7 $\mu$ m 증착시키고 산화층과 압연자국 등의 표면의 불순물과 거칠을 제거하기 위하여 전해연마를 실시하였다. 이때 전해액은 HClO<sub>4</sub> : EtOH를 1 : 4 로 하는 용액이며 전압은 20V, 온도는 3 $^{\circ}$ C로 약 60초 동안 실시하였다.

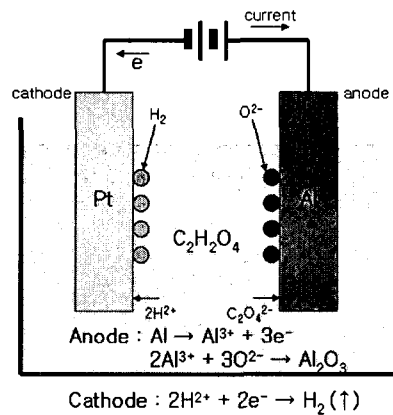


그림 1. AAO를 제작하기 위한 양극산화공정

이어서 그림 1과 같이 알루미늄을 양극으로, 백금전극을 음극으로 사용하여 1차 양극산화를 시켰다. 이때의 조건은 전해질로 0.3몰 옥살산(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)을 이용하여 40V에서 10분간 수행하였다. 그리고 1차 양극 산화된 알루미늄을 식각시켰다. 식각조건은 0.2몰 크롬산(CrO<sub>3</sub>)과 0.4몰 인산(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)을 1 : 1로 하여 60 $^{\circ}$ C에서 10분간 실시하였다. 다시 2차 양극 산화를 1차 양극산화와 같은 조건으로 하여 3분간 실시하였고 마지막으로 구멍의 크기를 키우기 위해 30 $^{\circ}$ C의 0.1몰 인산(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)용액에서 2분간 식각 하였다.

다음으로 sapphire 위에 알루미늄을 thermal 증착장비를 이용하여 0.32 $\mu$ m 증착시키고 Si과 같은 조건에서 1차 양극산화는 10분을 수행하였고 형성된 알루미늄 층의 식각은 15분을 실시하였다. 2차 양극산화는 5분을 실시해 주었으며 마지막으로 구멍 넓힘을 3분간 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 양극산화로 형성된 Si 층 위에 형성된 AAO의 FE-SEM 사진이다. 전 면적에 걸쳐 nano-hole이 형성되어 졌지만 주기적이지 못한 것을 볼 수 있다.

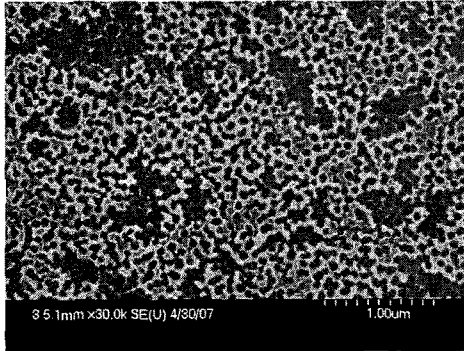


그림 2. Si 층 위에 형성된 AAO의 FE-SEM 사진

이 표면의 나노구조를 확대해 보면 그림 3과 같은 형태의 구조를 볼 수 있다. 구조의 형상은 일반적으로 실험에 사용되는 알루미늄 호일을 양극 산화시 형성되는 삼각격자구조를 보이기 위한 중간단계의 형상을 보이고 있다.

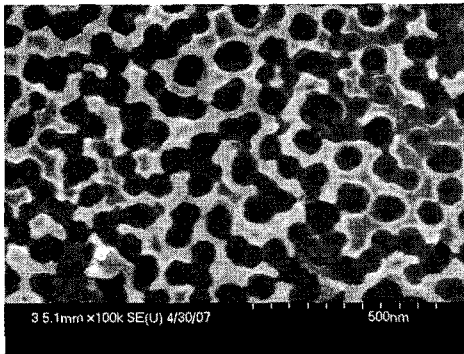


그림 3. Si층 위의 AAO를 확대한 FE-SEM 사진

그림 4는 양극산화로 형성된 sapphire 층 위에 형성된 AAO의 FE-SEM 사진이다. Nano-hole이 보다 명확히 형성되어진 것을 볼 수 있지만 광결정으로 사용하기 위한 주기성을 볼 수는 없다.

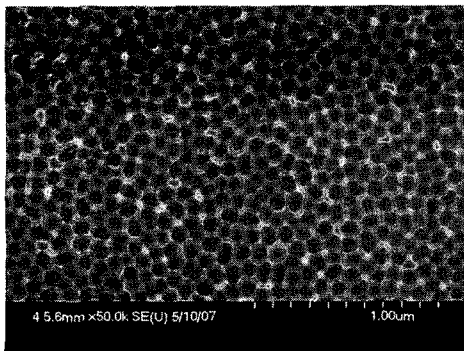


그림 4. Sapphire 층 위에 형성된 AAO의 FE-SEM 사진

그림 5는 그림 4의 표면을 확대한 SEM 이미지로서, 형성되어진 AAO 밑에 다시 아주 미세한 수 나노 단위의 nano-hole이 형성되어진 것을 보여준다. 이러한 2층구조는 양극산화시 sapphire 표면이 wet etching 된 경우로 예상된다.

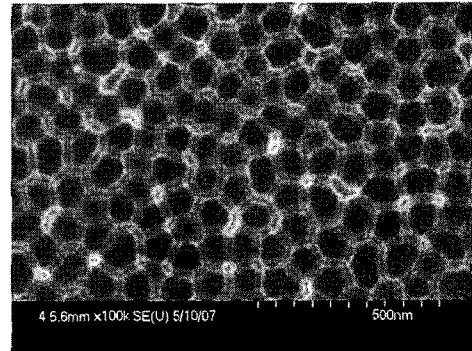


그림 5. Sapphire 위의 AAO를 확대한 FE-SEM 사진

본 연구에서 이러한 전자빔이나 열증착 방식으로 박막 형성한 Si층에 양극산화공정을 수행하는 경우, AAO 층이 주기적인 격자구조의 광결정을 형성하는지 않음을 확인하였다. 이러한 광결정을 형성하기 위해서는 증착된 Si 박막을 열처리(RTP:rapid thermal process)를 수행하여야겠다. 전자빔 증착한 경우보다 열증착한 경우의 박막이 더욱 안정적인 AAO층이 형성되고 또한 Si 보다 sapphire 기판이 AAO층과의 계면에서 전해질의 확산이 کم을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 Si와 sapphire위에 알루미늄을 E-beam 증착장비와 thermal 증착장비를 각각 이용하여 알루미늄을 증착하고 양극 산화하여 나노구조를 형성하였다. 이 나노구조는 주기적으로 배열되어진 광결정으로 사용하기 위해서는 더 많은 연구가 수행되어야 하며, AAO 층과 sapphire 계면이 wet etching 현상을 보임을 알 수 있다.

### 감사의 글

"이 논문은 2006년 정부 (교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임" (KRF-2006-511-D00166)

### 참고 문헌

- [1] N. Kawai, K. Inoue, N. Carlson, N. Ikeda, Y. Sugimoto, Asakawa and T. Takemori, Phys. Rev. Lett. Vol. 86, No. 11, p. 2289, 2001.
- [2] E.Yablonovitch, Phys. Rev. Lett. Vol. 58, pp. 2059-2061, 1987.
- [3] M. Nakao, S. Oku, T. Tamamura, K.Yasui, H. Masuda, Jpn. J. Appl. Phys. vol. 38, pp. 1052-1055, 1999.
- [4] 정 미, 박사학위논문(2005): 나노다공성 알루미늄을 이용한 균일한 탄소 나노튜브 및 CdTe 양자점 배열의 성장과 그 특성연구.