

전기화학적 에칭법을 이용한 나노 다공성 실리콘 제작

Fabrication of nanoporous silicon prepared by electrochemical anodic etching

임해동, 최철현, 성준호, 이민우, 양정수, 오범환, 이승걸, 박세근, 이일항
 Optics and Photonics Elite Research Academy (OPERA), 집적형 광자기술센터
 인하대학교 정보통신공학부
 obh@inha.ac.kr

실리콘 기반의 전자 산업이 발달하면서 실리콘을 발광 소자로 이용하려는 연구가 활발히 진행중이다. 잘 알려진 바와 같이 일반적인 실리콘은 간접천이형 물질로 매우 낮은 양자효율(10^{-2} ~ 10^{-3} %)을 가지고 있으며 에너지 밴드갭이 1.12 eV로 적외선 광소자 개발에 제약이 큰 물질이다.⁽¹⁾ 다공성 실리콘(porous silicon)은 1990년대 L.T.Canham과 A.G.Cullis에 의해 실리콘 단결정 에칭법으로 제작되었다. 다공성 실리콘은 상온 가시광선 영역에서 강한 photoluminescence(PL) 현상이 발견되어 주목받기 시작하였고⁽²⁾, 그 이후로 이 특성을 이용한 연구가 진행되어 왔다. 다공성 실리콘 구조에 의한 빛의 흡수, porosity에 따른 다공성 실리콘 층의 굴절률 변화, 다공성 실리콘 표면 물질에 따른 저항과 커패시턴스의 변화 등의 다양한 연구가 진행되어 그 응용성이 증가하고 있다. 특히 porosity는 전류 밀도를 통해서 조절이 가능하기 때문에 간단하게 굴절률이 다른 다공성 실리콘을 만들 수 있고, 이를 이용하여 필터나 optical microcavity 등을 제작할 수 있다.

본 논문에서는 전기화학적 에칭법을 이용하여 센서로 이용하기 위한 나노 다공성 실리콘을 제작하였다. 본 실험에서 사용된 wafer는 p형 wafer로 비저항은 $2 \Omega\cdot\text{cm}$ 이다. 다공성 실리콘을 제작하기 위해 wafer를 HF용액에 잠시 담궈 자연 산화막을 제거하였다. 그 후 wafer 뒷면에 바이어스 스퍼터를 이용하여 크롬(Cr), 골드(Au)를 증착하여 전기도통을 위한 전극을 형성하였다. 또한, ohmic contact를 위하여 160°C에서 열처리를 해주었다. 이러한 과정을 거친 wafer를 그림 1과 같은 실험장치를 이용하여 양극산화(anodization) 시켰다. 상대 전극으로 백금(Pt)망을 사용하였고 전해액은 HF : C₂H₅OH : H₂O = 35 : 15 : 10 (ml)의 비율로 혼합하였다. 양극산화 과정을 마친 후 DI water로 세척하고 질소가스로 건조시켜 나노구조의 다공성 실리콘이 제작되었다. 다공성 실리콘 층의 구조는 양극산화 조건과 실리콘의 비저항에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 실리콘의 비저항이 낮을수록 식각률이 높고, p형 실리콘에 형성된 다공성 실리콘의 pore 크기는 더 작게 나타난다.⁽³⁾ 그림 2는 제작된 nanopore 다공성 실리콘의 주사전자현미경(SEM) 사진이다. 다공성 실리콘 층의 두께는 주로 식각 시간에 의해서 조절되지만, 식각률이 전류밀도에 따라 다르기 때문에 원하는 두께를 얻기 위해서는 전류 밀도를 잘 조절해 주어야 한다. 그림 3은 전류밀도에 따른 다공성 실리콘 층의 두께 변화이며 전류밀도가 증가할수록 두께가 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한, 각각의 전류밀도에서 제작된 다공성 실리콘의 현미경 사진을 그림 4에 나타내었다.

본 연구에서는 전기화학적 에칭방법을 이용하여 나노구조의 다공성 실리콘을 제작하였

다. 전류밀도를 조절하여 다공성 실리콘의 두께를 알아보았다. 이러한 다공성 실리콘의 두께 조절은 전류밀도에 따른 굴절률 조절^{(4),(5)}과 함께 다공성 실리콘을 이용한 광도파로 및 센서 제작에 널리 응용될 것으로 기대된다.

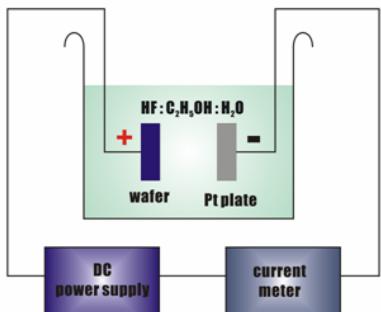


그림 1. 전기화학적 에칭 실험 모형도

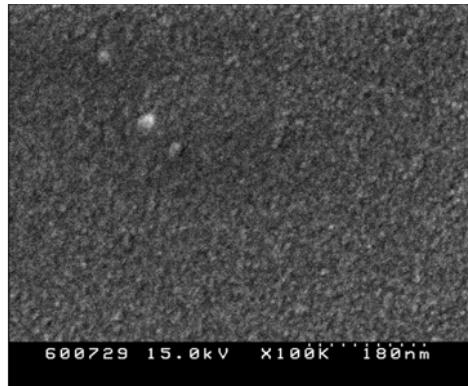


그림 2. 나노 다공성 실리콘 표면 주사전자현미경 사진, 전류밀도 : 60mA/cm²

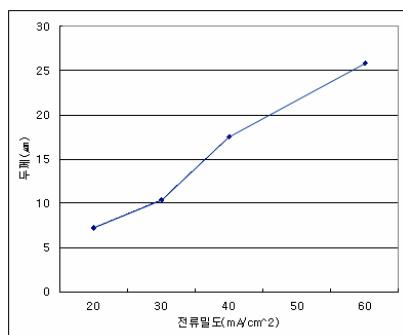


그림 3. 전류밀도에 따른 다공성 실리콘 두께 변화

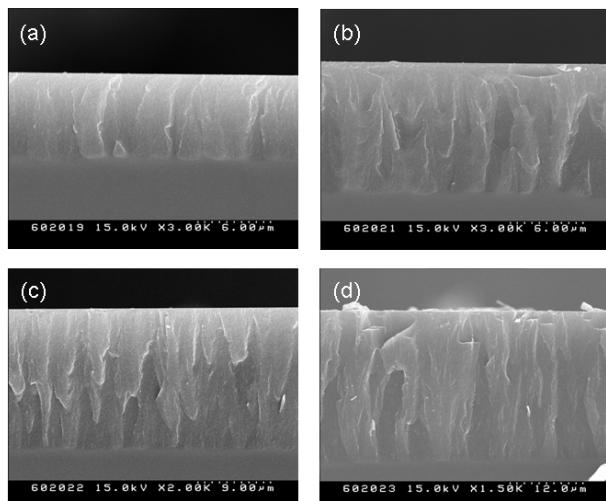


그림 4. 전류밀도에 따른 다공성 실리콘 단면의 주사전자현미경 사진 (a) 20, (b) 30, (c) 40, (d) 60 mA/cm²

참고 문헌

1. L. T. Canham, T. I. Cox, A. Lon and A. J. Simons, "Progress Towards Silicon Optoelectronics Using Porous Silicon Technology", Appl. Surf. Sci., 102, 436-411(1996)
2. L. T. Canham, Appl. phys. lett. 57, 1046(1990)
3. G. Cullis, L. T. Canham and P. D. J. Calcott "The structural and luminescence properties of porous silicon" J.Appl.Phys, 82 (3), pp909-965(1997)
4. 오범환 "Novel Form Birefringence Modeling for an Ultra-compact Sensor in Porous Silicon Films Using Polarization Interferometry," Photonics Technology Letters, Vol. 16, No. 2, pp. 1546-1548(2004)
5. Helena F. Arrand "The Application of porous silicon to Optical Waveguide Technology" IEEE Quantum electronics, Vol. 4, NO. 6, (1998)