

가시광선 영역에서 반사대역을 갖는 다층 다공성실리콘 브래그 미러 제작

Fabrication of Multi-layer porous silicon bragg reflectors in the wavelength range of visible light.

임해동, 홍성훈, 김보순, 최철현, 성준호, 이민우, 오범환, 이승걸, 박세근, 이일항

Optics and Photonics Elite Research Academy (OPERA), 집적형 광자기술센터
인하대학교 정보공학과

obh@inha.ac.kr

실리콘 기반의 전자 산업이 발달하면서 실리콘을 발광 소자로 이용하려는 연구가 활발히 진행 중이다. 잘 알려진 바와 같이 일반적인 실리콘은 간접천이형 물질로 매우 낮은 양자효율($10^{-2} \sim 10^{-3} \%$)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.

전기화학적 에칭법으로 제작된 다공성 실리콘의 다공성(Porosity)은 전류밀도나 전해질 용액의 혼합비를 통해서 조절이 가능하며, 다공성 실리콘의 두께는 에칭 시간에 의해서 조절이 가능하다. 그리고 다층 구조의 다공성 실리콘을 제작할 때 다공성 층은 이전에 형성된 다공성 층과 무관하다. 따라서 이를 이용하면 전류밀도와 시간 조절만으로 다공성 실리콘 층의 굴절률과 두께를 조절할 수 있으므로 간단하게 필터나 Optical microcavity 등 다양한 다층구조의 다공성 실리콘을 제작할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 다공성 실리콘의 장점을 이용하여 간단하게 가시광선영역에서 반사 대역을 갖는 다층의 다공성 실리콘 브래그 미러를 제작하였다.

본 실험에서는 사용된 wafer는 p+형 wafer로 비저항은 $0.005 \Omega \cdot \text{cm}$ 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 300°C 에서 열처리를 해주었다. 이러한 과정을 거친 wafer를 그림 1과 같은 실험 장치를 이용하여 양극산화(anodization) 시켰다. 상대 전극으로 백금(Pt)망을 사용하였고 전해액은 HF : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$: H_2O = 15 : 15 : 15 (ml)의 비율로 혼합하였다. 양극산화 과정을 마친 후 DI water로 세척하고 질소가스로 건조시켰다. 다공성이 높은 층을 H(전류밀도 : $60\text{mA}/\text{cm}^2$), 낮은 층을 L(전류밀도 : $10\text{mA}/\text{cm}^2$)로 하여 가시광선 영역에서 반사대역을 갖는 브래그 미러를 제작하였다. 본 실험에서 제작된 브래그 미러는 총 2가지로 중심 파장이 700nm, 550nm에서 반사 대역폭을 갖도록 설계하였다. Transfer Matrix Method를 이용하여 계산한 반사대역은 그림2의 그래프와 같다. 그림 3은 브래그 미러 사진으로 700nm 대역에서 반사하도록 설계한 경우 붉은색이, 550nm대역에서 반사하도록 설계한 경우 녹색이 반사되는

것을 확인할 수 있다. 그림4는 SEM 측정 사진으로 제작된 다공성 실리콘이 다층구조임을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 전기화학적 에칭법을 이용하여 간단하게 다층구조의 다공성 실리콘 브래그 미러를 제작하였다. 두 개의 브래그 미러는 중심파장이 각각 700nm, 550nm로 각각 붉은색과 푸른색이 반사 되는 것을 볼 수 있다.

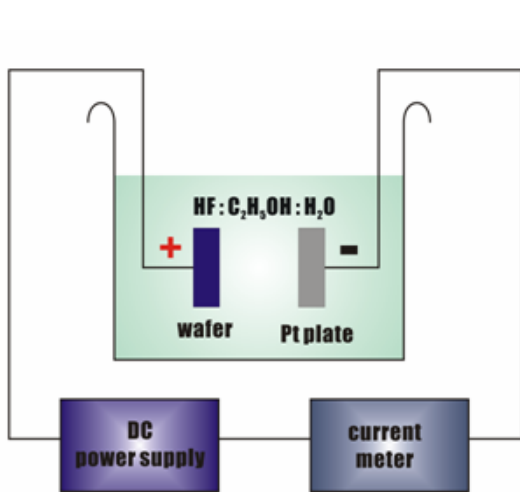


그림 1. 전기화학적 에칭 실험 모형도

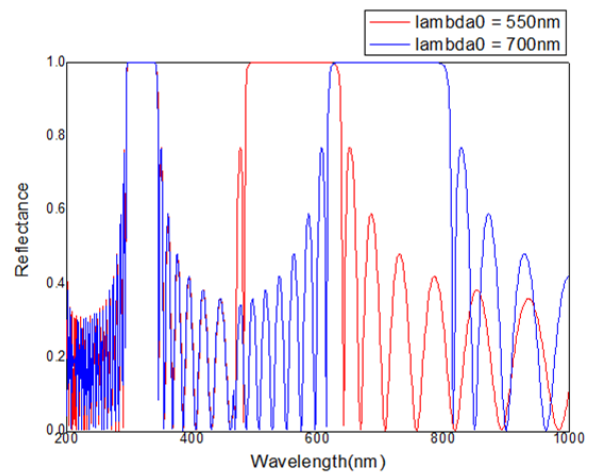


그림 2. Transfer Matrix Method를 이용하여 계산한 브래그 미러의 반사대역

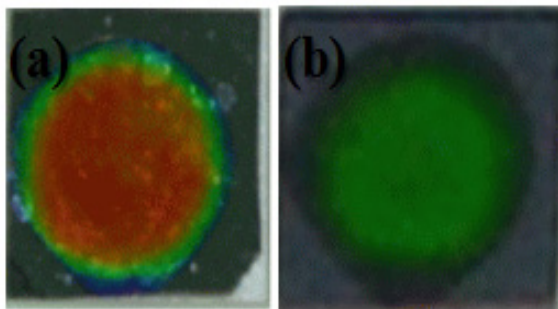


그림 3. (a) $\lambda_0 = 700\text{nm}$ 로 제작된 브래그 미러.
(b) $\lambda_0 = 550\text{nm}$ 로 제작된 브래그 미러.

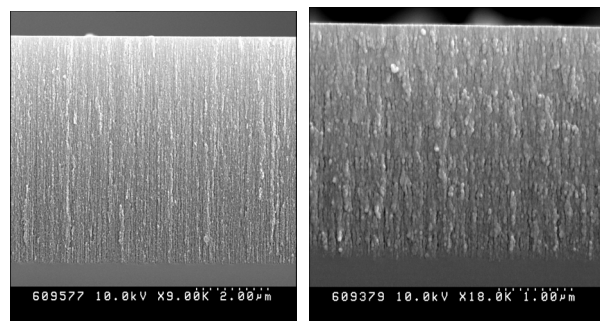


그림 4. 다공성 실리콘 브래그 미러 SEM 측정 사진.

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)