

# 실리콘 기반 광자결정 나노 공진기의 공진 파장 제어

## Resonant wavelength control of an Si-based photonic crystal nanocavity

송봉식, T. Asano\*, S. Noda\*

성균관대학교 정보통신공학부, Kyoto University

[songwiz@skku.edu](mailto:songwiz@skku.edu)

We experimentally demonstrate resonant-wavelength control of a series of an Si-based photonic crystal nanocavity. The cavities show a linear dependence on these parameters, a 1 nm increase of lattice constant leading to 4.2 nm increase of the resonant wavelength. The results have a small standard deviation of wavelength 1.1 nm between samples on a single chip.

나노 기술의 발달과 더불어 광통신대역에서 동작하는 나노 광자 기술은 비약적으로 발전해 왔다. 특히, 고기능성을 갖는 나노 광소자를 집적화할 수 있는 플랫폼 구조로 2차원 광자 결정(Photonic Crystal)이 주목을 받고 있다. 광자 결정은 다차원적 굴절율 분포를 갖는 구조로 전자밴드갭과 유사한 광자에 대한 밴드갭(Photonic Band Gap)을 가지고 있다. 광밴드갭내에 점 결합모드를 도입함으로써 나노 공진기가 형성되어 초소형 필터, 나노레이저, 비선형 광학소자 등 다양한 응용이 가능하다<sup>(1)-(3)</sup>. 특히, 제작 공정이 발달한 실리콘재료를 기반으로 한 연구가 활발히 진행되어 최근에 2차원 광자 결정 슬랩 구조에서 200만 이상의 Q값을 갖는 공진기가 실현되었다<sup>(3)</sup>. 일반적으로 이러한 높은 Q값을 갖는 나노공진기의 다양한 응용을 위해서는 세밀한 공진파장 제어가 중요하다. 본 발표에서는 실리콘기반 2차원 광자결정 나노공진기 구조를 나노미터스케일로 제어함에 따라 공진파장을 세밀하게 튜닝할 수 있음을 보인다. 이러한 결과는 실리콘 나노포토닉스분야의 다양한 응용을 기여할 것으로 기대된다.

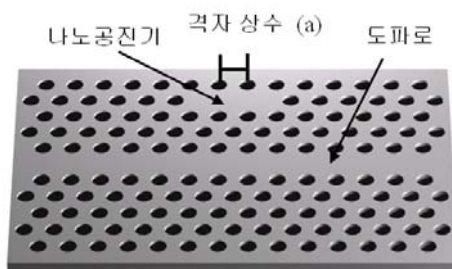


그림 1: 광자결정 소자의 모식도

그림1은 본 실험에서 이용하는 실리콘 기반 2차원 광자 결정 소자의 기본구조를 나타내며, 세 개 구멍을 메운 점 결합 나노공진기와 선형결합 도파로를 가지고 있다. 이러한 구조에서 공진 파장은 기하학적 파라미터(격자상수,홀크기, 두께)에 의해 민감하게 결정되며 본 연구에서는 리소그래피 단계에서 격자 상수(a)를 제어하였다. 그림 1과 같은 기본구조에서

격자상수( $\Delta a=1.25$  nm) 가 서로 다른 16개 구조를 동일 기판위에 순차적으로 제작하였다. 이때, 단일 구조의 크기는  $10\mu\text{m}\times 12\mu\text{m}$ 이며, 공진기의 Q값은  $\sim 3,000$ 으로 설계되었다. 또한 통계적 분석을 위해 동일한 설계값을 갖는 샘플을 3개를 동일 기판위에 제작하였다.

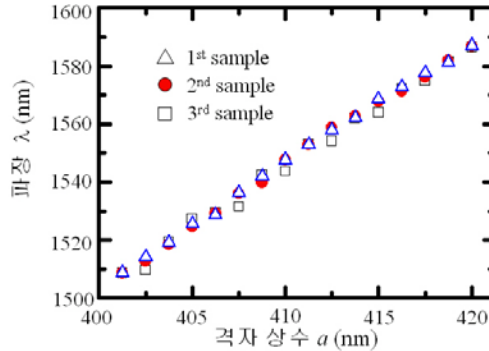


그림 2: 격자상수(설계값)와 공진파장(측정값)과의 관계

제작한 소자의 도파로 끝에 가변레이저를 빛을 입사시켜 서로 다른 격자 상수를 갖는 16개 소자의 공진기로부터 방출되는 빛의 스펙트럼을 측정하였다<sup>(4)</sup>. 또한, 통계적 분석을 위해 추가적 샘플에 대해서도 공진 스펙트럼을 측정하였다. 그림2는 격자 상수 설계값과 측정한 공진파장의 관계를 나타내고 있다. 본 그림에서 알 수 있듯이 공진 파장은 격자상수에 거의 선형적으로 제어되고 있음을 알 수 있다. 또한, 복수의 샘플의 평균값에 대해서 fitting 한 결과  $4.2\text{nm}(\text{파장증가분})/1\text{nm}(\text{격자상수})$ 라는 비율을 얻었으며 이 결과는 계산 결과와 잘 일치한다. 샘플간의 공진 파장의 표준편차는  $1.1\text{nm}$ 로 매우 작으며, 이는 공진파장이 나노미터 스케일로 제어되고 있음을 의미한다. 최근에는 서브나노 제어의 연구도 진행하고 상세한 특성은 본 학회에서 보고할 예정이다.

#### [감사의 글]

본 연구는 과학재단 우수 연구센터 사업인 집적형 광자기술 연구센터(R11-2003-022)의 지원과 2007년도 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2007-331-C00115)으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### REFERENCE

- (1) Y. Akahane, T. Asano, B. S. Song, and S. Noda, "High-Q photonic nanocavity in a two-dimensional photonic crystal," Nature 425, 944(2003)
- (2) B. S. Song, S. Noda, T. Asano, and Y. Akahane, "Ultra-high-Q photonic double-heterostructure nanocavity," Nature Materials 4, 207 (2005)
- (3) S. Noda, M. Fujita, and T. Asano, "Spontaneous-emission control by photonic crystals and nanocavities," Nature Photonics 1, 449 (2007)
- (4) 박천호, 김종연, 최선미, 송봉식, "2차원 광자 결정 기반의 나노소자 광측정", Photonic Conference TP-8 (2007)