

고체 결합 기반 양자광원: 양자정보 연구를 위한 새로운 빛

Jae-Pil So

Department of Physics, Soongsil University, Seoul 06978, Republic of Korea
Integrative Institutes of Basic Science (IIBS), Soongsil University, Seoul 06978, Republic
of Korea

AI-BIO Convergence Research Institute (ABCRI), Soongsil University, Seoul 06978,
Republic of Korea

최근 양자정보기술(quantum information technology)은 암호통신, 양자컴퓨터, 양자센서 등 다양한 분야에서 핵심적인 역할을 하고 있다. 이러한 기술의 기반이 될 수 있는 것이 바로 양자광원(quantum emitter, QE)이다. 양자광원은 단 하나의 광자(single photon)를 방출할 수 있는 소스로, 고체 물질 속에서도 구현할 수 있다. 고체 물질 기반 양자광원은 크게 두 종류로 나눌 수 있다. 첫째는 양자점(quantum dot)과 같은 반도체 기반의 미세한 입자에서 생기는 국소엑시톤(localized-exciton) 기반 광원이고, 둘째는 다이아몬드나 SiC(실리콘카바이드)와 같은 넓은 밴드갭을 가진 물질 내부의 원자 결함(color-center)을 이용한 시스템이다.

2 차원 반도체(예: WS₂, WSe₂ 등)는 원자 한 층 두께로 이루어져 있어, 빛과 물질이 상호작용하는 면적이 극도로 얇다는 장점이 있다. 이들 물질에 변형(strain)을 주거나 결함(defect)을 인위적으로 도입하면 단일광자 방출이 가능하며, 이를 통해 양자통신이나 양자센싱에 활용할 수 있다. 한편, SiC는 다이아몬드와 유사한 결함 특성을 가지면서도 칩 수준(on-chip)의 집적이 가능해 주목받고 있다. SiC 내의 실리콘 공공(Silicon vacancy) 결함은 긴 스핀 수명과 우수한 광학적 안정성을 보여주며, 나노-광공진기(nanocavity)와 결합하면 방출 효율을 크게 향상시킬 수 있다.

본 발표에서는 이러한 고체 기반 양자광원의 생성과 제어 방법, 그리고 광공진기 구조와의 결합을 통한 광자 방출 특성 향상 연구를 소개하고자 한다. 이를 통해 차세대 양자 네트워크 및 양자 센서로의 응용 가능성을 논의한다.

- [1] So et al., Nano Letters 21, 1546-1554 (2021).
- [2] Lee et al., Science Advances 10, eadn7210 (2024)
- [3] So et al., Science Advances 7, eabj3176 (2021).
- [4] So et al., Nano Letters 24, 11669 (2024)