

양자광 엔지니어링에 대한 밝은 전망

(2024.08.13., 양자정보연구지원센터)

□ 양자 인터넷 발전에 필수적인 양자광 엔지니어링

- 양자 인터넷의 필요성: 양자 컴퓨터가 진정한 가치를 발휘하려면 양자 인터넷이 필수적임
 - 현대 인터넷에서는 데이터가 먼 거리에서도 손상되지 않고 전송되는 것이 중요한데, 이를 위해 포톤(빛의 단일 단위, quanta)을 활용
 - 포톤은 다른 양자 입자들과 달리 환경과 약하게 상호작용하여, 장거리 양자 정보 전송에 매우 적합함
- UC 산타바바라 공대 연구팀의 연구
 - 특정 결함(imperfection)을 가진 결정체에서 단일 포톤을 생성하여 양자 상태로 정보를 전송하는 방법 연구
 - 원자의 진동이 포톤 방출 과정에서 에너지를 소모하여 효율성을 저하시킨다는 점을 발견
 - 이 모델을 통해 효율적인 양자 방출기를 설계하는 기술을 제안
- 통신 파장 대역(telecom wavelength band)에서의 포톤 생성 문제 해결
 - 연구팀은 통신 파장 대역의 파장에서 포톤 방출 효율이 낮아지는 이유를 규명(*APL Photonics* 게재)
 - 효율성을 극대화하기 위한 방안으로, 호스트 재료 선택과 원자 수준의 진동 속성 조정 제안
 - 원자는 끊임없이 진동, 이 진동은 광 방출기에서 에너지를 소모할 수 있음, 결과적으로 광자를 방출하는 대신 결함이 원자를 진동시켜 광 방출 효율을 감소시킬 수 있음
 - 방출 파장이 가시광선(보라색에서 빨간색)의 파장을 넘어 통신 파장 대역의 적외선 파장으로 증가할 때 단일 광자 방출의 효율성

이 급격히 감소하는 이유를 설명함

○ 향후 응용 가능성

- 연구 결과는 더 밝고 효율적인 양자 방출기(quantum emitter)를 설계하는 데 기여할 것이며, 미래의 양자 네트워크 구축에 중요한 역할을 할 것으로 기대됨

□ 효율적인 결함 기반 양자 방출기의 합리적 설계(Rational design of efficient defect-based quantum emitters, *APL Photonics*)

○ 단일 포톤 방출기(single-photon emitter), 양자 네트워크 필수적 구성요소

- 반도체 결함이나 불순물은 양자 방출기를 구현할 수 있는 유망한 플랫폼임
- 실제 포톤 방출기의 동작을 지배하는 중요한 물리 현상인 포논과의 결합을 설명하는 모델을 제시함
- 통신 파장 대역에서 방출이 매우 바람직하지만, 모델에 따르면 이러한 낮은 포톤 에너지에서는 비방사성(nonradiative) 과정이 크게 강화되어 효율이 감소함
- 연구 결과는 포논의 주파수를 낮추는 것이 효율을 향상시키는 유망한 방법임을 시사함

○ 단일 포톤 생성은 양자 인터넷과 양자 혁명 실현에 필수적임

- 전자-포논 결합(electron-phonon coupling)은 더 긴 파장에서 효율적인 단일 포톤 방출기를 얻는 것이 어렵지만, 평균 포논 주파수를 낮추는 등의 방법으로 효율을 향상시킬 수 있음
- 이 연구는 전자-포논 결합이 단일 포톤 방출기에 미치는 영향을 모델링하고, 이를 통해 효율을 개선할 수 있는 방향을 제시함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/08/05/bright-prospects-for-engineering-quantum-light/>