

양자 간섭을 사용하는 새로운 단일 분자 트랜지스터

(2024.04.08., 양자정보연구지원센터)

□ 새로운 양자 간섭을 활용한 단일 분자 트랜지스터 개발

- 양자 간섭을 사용하여 전자 흐름 제어하는 새로운 단일 분자 트랜지스터 개발
 - London Queen Mary 대학, Oxford 대학, Lancaster 대학 및 Waterloo 대학 국제 연구팀 협력
 - 새로운 트랜지스터는 전자 기기에서 양자 효과 활용하는 새로운 가능성 제시(*Nature Nanotechnology*)
- 기존의 트랜지스터 제작 방법에 한계 도달하여 새로운 스위칭 메커니즘 탐구
 - 트랜지스터는 현대 전자기기의 기본 구성 요소임, 전기 신호 증폭 및 전환에 사용되며 스마트폰부터 우주선까지 필수적임
 - 트랜지스터가 작아지면 전자가 누출되어 효율 저하되고 오류 발생, 양자 터널링이라는 과정으로 전자가 꺼진 상태에서도 장치를 통과할 수 있음
 - 양자 간섭을 이용하여 전자 흐름 제어, 트랜지스터의 켜기/끄기 (스위칭 메커니즘) 비율 높이기 및 안정성 향상
- 나노 규모 구조물에서 양자 역학적 효과가 우세하며, 전자가 입자 대신 파동으로 행동함
 - 양자 효과를 활용하여 연구진은 새로운 트랜지스터를 만들었음, 트랜지스터의 전도 채널은 전기를 전달할 수 있는 분자인 단일 아연 포르피린(single zinc porphyrin)
 - 포르피린은 두 개의 그래핀 전극 사이에 삽입되면, 전극에 전압을 가하면 양자 간섭을 사용하여 분자를 통한 전자 흐름을 제어할 수 있음

- 양자 간섭은 두 파동이 상호 작용하여 서로 교차되어 서로를 상쇄(destructive interference)하거나 보강(constructive interference)하는 현상임
- 새로운 트랜지스터가 매우 높은 켜기/끄기 비율(on/off ratio)을 갖는 것을 발견
 - 트랜지스터가 매우 정밀하게 켜고 끌 수 있음, 트랜지스터가 켜져 있을 때 양자 터널링을 통한 누출 전자 흐름 제거함으로써 파괴적 양자 간섭이 중요한 역할을 함
 - 이전 단일 분자 트랜지스터는 수십 개의 스위칭 주기만을 보여주었지만, 이 장치는 수십만 개의 주기에 걸쳐 작동할 수 있음을 발견함
- 양자 간섭을 활용한 효율적이고 신뢰할 수 있는 전자 기기의 가능성 제시
 - 양자 간섭을 사용하여 트랜지스터에서 전자의 흐름 제어 가능
 - 더 작고 빠르며 더 효율적인 새로운 유형의 트랜지스터 개발을 통한 전자 기기 기술 발전에 기여
- 양자 간섭 효과가 트랜지스터의 하위 임계 스윙(subthreshold swing) 개선에 사용될 수 있음
 - subthreshold swing: 게이트 전압의 변화에 대한 트랜지스터의 민감도를 나타내는 지표, 낮을수록 트랜지스터가 효율적임
 - 이 트랜지스터는 140 mV/dec 하위임계 스윙을 갖추었으며, 다른 단일 분자 트랜지스터에 보고된 하위임계 스윙보다 우수하며 탄소 나노튜브 같은 재료 장비와 비슷한 수준임

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/03/29/new-single-molecule-transistor-that-uses-quantum-interference-could-lead-to-smaller-faster-more-energy-efficient-transistors/>