

초전도 다이오드 효과 검토

(2023.10.18., 양자정보연구지원센터)

- FLEET, 최근 양자 응집 물질 물리 분야 가장 흥미로운 현상 중 하나인 초전도 다이오드 효과(Superconducting diode effect) 검토
 - 소산되지 않는 초전류가 한 방향으로만 흐르게 하는 양자 효과인 초전도 다이오드 효과 검토
 - 비소산(non-dissipative) 회로 요소는 미래 초저에너지 초전도 및 하이브리드 양자 장치의 핵심, 고전 컴퓨팅과 양자 컴퓨팅 모두에서 양자 기술 잠재력을 가지고 있음
 - 초전도체와 다이오드 효과
 - 초전도체는 저항률이 0이고 완벽한 반자성(diamagnetic) 거동을 특징으로, 소산 없는(dissipationless) 이동과 자기 부상(magnetic levitation)으로 이어짐
 - ‘기존’ 초전도체와 저온 초전도의 근본 현상은 미시적 Bardeen-Cooper-Schrieffer(BCS) 이론으로 잘 설명됨(1957),
 - Fulde-Ferrel-Larkin-Ovchinnikov 강자성 초전도 단계 예측(4965), 반강자성(antiferromagnetic) 구조의 ‘고온’ 초전도성 발견(1987)은 비전통적 초전도 분야 초전도의 발판 마련, 비전통적 초전도 분야(자기 초전도체, 강유전성 초전도체, 나선형 또는 chiral 위상 초전도체) 같은 기능성 물질에서 안정화
 - 기존 반도체 및 일반적 도체와 달리 초전도체의 전자는 쿠퍼쌍(Cooper pair)라는 쌍을 이루고, 쿠퍼쌍의 흐름을 초전류(supercurrent)라고 함
 - 최근 연구는 단결정, 박막, 이종구조(heterostructure), 나노와이어 및 조셉슨 접합 포함하여 다양한 기하학적 구조와 디자인을 가진 다양한 초전도 물질에서 다이오드 효과로 이어지는 비가역 초전

류 수송(nonreciprocal supercurrent transport) 관찰

○ 연구

- FLEET 연구팀, 초전도 다이오드 효과(SDE)의 이론적, 실험적 진전 검토, SDE 호스팅하는 다양한 재료, 장치 구조, 이론적 모델 및 SDE로 이어지는 다양한 물리적 메커니즘에 대한 대칭 요구 사항 조명
- 초전류의 방향은 자기장이나 게이트 전기장 사용하여 제어 가능, 전계 효과 초전도 구조의 게이트 조정 가능 다이오드 기능은 초전도 및 반도체-초전도 하이브리드 기술을 위한 새로운 장치 응용 가능
- SDE는 기존의 초전도체, 강유전성(ferroelectric) 초전도체, 꼬인 소수 층 그래핀(twisted few-layer graphene), van der Waals 이종 구조 및 나선형 또는 chiral 위상 초전도체로 만들어진 광범위한 초전도 구조에서 관찰됨

○ FLEET(ARC Center of Excellence in Future Low-Energy Electronics Technologies), 미래 저에너지 전자 기술 분야의 ARC(Australian Research Council) 우수 센터

- 거의 0에 가까운 저항으로 전류가 흐를 수 있는 시스템을 개발하기 위해 topological 재료, exciton 초유체, 빛으로 변환된(light-transformed) 재료 분야 연구
- 원자적으로 얇은 소재, 나노소자 제작 기술을 통해 구현됨
- 저항 없는 전자 전도는 가장자리를 따라서만 전도되는 위상 절연체와 광자와 강력하게 결합된 전자의 초흐름(superflow)을 지원하는 반도체에서 실현될 것임

(원문)

1. <https://www.sciencedaily.com/releases/2023/10/231002124407.htm>
2. <https://www.fleet.org.au/blog/examining-the-superconducting-diode-effect/>