

# 차세대 입자 물리 실험을 위한 양자 센서 테스트

(2025.05.09. 양자정보연구지원센터)

## □ 차세대 입자 물리 실험을 위한 양자 센서 테스트

### ○ 연구 배경 및 목적

- 물질, 에너지, 시공간의 본질을 이해하기 위해 입자 물리학자들은 고에너지 입자 충돌 실험을 진행하며, 이로 인해 표준 모형으로 예측할 수 없는 새로운 입자들이 생성될 수 있음
- 차세대 초고에너지 가속기의 개발이 진행 중이며, 이로 인해 더욱 복잡하고 방대한 입자 데이터 분석이 필요함
- 이에 따라 더 정밀한 검출 기술이 요구되며, 양자 센서 기술이 해답이 될 수 있음

### ○ 연구 내용 및 기술

- (새로운 검출 기술, 초전도 마이크로와이어 단일 광자 검출기(SMSPDs, Superconducting microwire single-photon detectors) 개발 및 테스트)
- 고에너지 양성자, 전자, 파이온 빔을 이용하여 센서의 검출 효율성과 시공간 해상도 측정
- 보다 향상된 성능 입증 (더 빠르고 정밀한 입자 추적 가능)
- (기존의 초전도 나노와이어 센서(SNSPDs, Superconducting nanowire single-photon detectors)는 양자 통신과 천문학에 활용됨)
- JPL은 이 센서를 사용하여 심우주 레이저 통신 실험 수행
- INQNT 프로젝트에서 장거리 양자 정보 전송 실험에도 활용됨
- (SMSPDs는 SNSPDs와 달리 더 넓은 표면적을 가지며, 처음으로 전하 입자 검출에 성공함)

○ 기술적 특징 및 장점

- SMSPDs는 ‘4D 센서’ 로 불리며, 시공간 해상도 모두 향상됨
- 입자의 궤적을 시간과 공간 모두에서 정밀 추적 가능
- 수백 개의 상호작용이 동시 발생하는 충돌 이벤트 속에서 주요 상호작용을 효과적으로 식별 가능
- 초당 수백만 개 이벤트의 분석을 가능하게 함
- (예) 대규모 기차역에서 군중 속 특정 인물을 찾는 보안 카메라의 고해상도 공간·시간 이미지를 비유로 설명

○ 향후 전망 및 의의

- SMSPDs 기술은 미래 순환형 가속기(Future Circular Collider), 뮤온 가속기 등 대형 입자물리 프로젝트의 핵심 기술로 활용 가능성
- 기술 개발을 통해 저질량 및 새로운 유형의 입자(예: 암흑물질 후보) 검출 가능성이 확대됨
- 연구팀은 다양한 전문기관 협력 하에 차세대 입자 검출 연구를 선도 중

○ 연구 기관 및 협력

- 페르미 국립 가속기 연구소(Fermilab), Caltech, NASA 제트추진 연구소(JPL), 제네바 대학교, 칠레 페데리코 산타 마리아 기술 대학교 등 다기관 협력
- 연구지원 기관: 미 에너지부, Fermilab, 칠레 국가연구개발청(ANID), 페데리코 산타 마리아 기술 대학교 등

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/04/26/quantum-sensors-tested-for-next-generation-particle-physics-experiments/>