


공동·위탁연구과제 제안요청서(RFP)

과제구분	2026년도 주요사업 위탁 과제		
주관과제명 (중과제)	양자 기반 핵심 측정기술 개발	연구책임자 (중과제)	최재혁
연구분야	양자광학 기반 양자정보 네트워킹 및 센싱 핵심기술 개발 (양자정보네트워킹그룹)		
공동·위탁과제명	좁은 선폭 광자쌍 광원 개발		
총연구기간	2026.01.01. ~ 계속 (연차평가결과에 따라 조정 가능하며, 연차별 협약 진행)	총연구비	130,000천원 / 년
당해연구기간	2026.01.01. ~ 2026.12.31.	당해연구비	130,000천원
연구과제 최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고품질 양자통신 및 센싱을 위한 긴 결맞음 길이를 갖는 좁은 선폭 (예: 500 MHz 이하)의 고순도 양자얽힘 광원 개발 ○ LNOI(Lithium Niobate on Insulator) 링공진기 기반 공진기 강화 SPDC로 협대역 광자쌍 생성 ○ 얽힘 인코딩: time-bin 방식 또는 주파수-빈(frequency-bin) 방식 		
연구과제 필요성, 주요내용 및 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구과제의 필요성 <ul style="list-style-type: none"> - 500 MHz 이하 협대역 광원은 결맞음 길이를 수십 cm 이상으로 늘려 고품질 간섭 기반 양자통신·센싱에 유리 - 공진기 기반 협대역 소스는 필터링 부담을 줄이고, 스펙트럼/모드 순도(Schmidt number ~ 1 및 얽힘 가시도를 동시에 확보 가능 ○ 주요내용 <ul style="list-style-type: none"> - (소자) LNOI 나노도파로 및 링공진기 설계/제작: 저손실 전파(α), 높은 Q, 안정적 공진 튜닝(열/전기광학) 확보 <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p style="text-align: center;">Integrated photonic devices on thin-film lithium niobate (Adv. Opt. Photonics 13, 242-352 (2021))</p> <ul style="list-style-type: none"> - (비선형) SPDC 위상정합: 모달 위상정합 또는 주기적 도메인 - (다중공진) 펌프/신호/아이들러의 2중(또는 3중) 공진 조건을 고려해 생성 효율과 선폭(=공진 선폭)을 동시에 최적화 		

- (엮힘 생성) Time-bin: 펄스 펌프 + asymmetric MZI로 time-bin 엮힘 생성, Franson 간섭으로 검증
- (엮힘 생성) 주파수-빈: 링의 인접 공진모드 쌍을 이용해 2개 이상 주파수 모드의 중첩 상태를 생성/제어(EO 변조기 · 필터링 활용)

○ 요구사항

- 500 MHz 선폭 달성을 위한 공진기 Q 및 광손실 요구조건(출력 1550 nm, $n_g \approx 2.2$ 가정)

- 공진 선폭 $\Delta\nu = \frac{\nu_0}{Q_{loaded}}$, ($\nu_0 \equiv \frac{c}{\lambda}$)

- $\Delta\nu \leq 500 \text{ MHz} \Rightarrow Q_{loaded} \geq (c/\lambda)/\Delta\nu = 3.9 \times 10^5 @1550 \text{ nm}$

- 결합(버스-링) 설계에 따른 필요한 intrinsic Q_{int} :

- under-coupled($\eta_{esc} \approx 0$): $Q_{int} \approx Q_{loaded} \approx 3.9 \times 10^5$

- critical coupling($\eta_{esc} \approx 0.5$): $Q_{int} \approx 2 * Q_{loaded} \approx 7.7 \times 10^5$

- high escape($\eta_{esc} \approx 0.8$): $Q_{int} \approx 5 * Q_{loaded} \approx 1.9 \times 10^6$

- 전파손실-품질계수 관계(파워 감쇠계수 $\alpha_{lin} [1/m]$): $Q_{int} \approx 2\pi * Q_{loaded} \approx 1.9 \times 10^6$

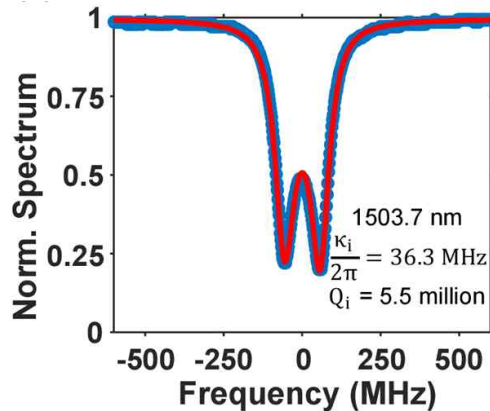
$Q_{int} = (2 \pi n_g) / (\lambda \alpha_{lin})$

- $\alpha_{dB/cm} = (4.343 \alpha_{lin}) / 100$

- $Q_{int} \approx 3.9 \times 10^5 \rightarrow \alpha \leq 1.0 \text{ dB/cm}$

- $Q_{int} \approx 7.7 \times 10^5 \rightarrow \alpha \leq 0.50 \text{ dB/cm}$ (critical coupling 기준)

- $Q_{int} \approx 1.9 \times 10^6 \rightarrow \alpha \leq 0.20 \text{ dB/cm}$ ($\eta_{esc} \approx 0.8$ 기준)



Fitted spectrum of typical resonance
(Opt. Lett. 48, 3949-3952 (2023))

기대효과 및 활용방안

- (양자통신) 협대역($\leq 500 \text{ MHz}$) · 장결맞음 엮힘 광자쌍을 통해 높은 가시도 간섭 기반 QKD/양자 네트워크 실증에 활용 가능
- (센싱) 긴 결맞음 길이를 갖는 양자광을 이용한 간섭형 센싱(위상/거리/시간지연 측정)의 분해능 및 안정성 향상
- (집적화) LNOI 플랫폼의 저손실 + $\chi^{(2)}$ + EO 기능을 결합하여 ‘협대역 생성-튜닝-모드제어’를 단일 칩/모듈로 구현

	<ul style="list-style-type: none"> ○ (확장성) 확보된 high-Q LNOI 공진기 공정/모델은 주파수 변환(QFC), squeezed light, 양자 주파수 콤팩트 등 후속 과제로 확장 가능
참여제안자 자격요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNOI 소자 설계 및 나노공정 수행 역량 ○ 링공진기 특성평가(Q, 공진선폭, 커플링 조건, 온도/전기광학 튜닝) 및 모델링 경험 ○ SPDC 기반 광자쌍 계측 경험: coincidence, CAR, $g^{(2)}(0)$, JSI/스펙트럼 분석을 통한 모드 순도 평가 ○ time-bin 또는 주파수-빈 얽힘 생성 및 검증(Franson 간섭, 모드 분석/토모그래피) 실험 수행 역량 ○ 단일광자 검출(SNSPD) 및 저잡음 광학 시스템 구축 능력
기타사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ (리스크 및 대응) QPM(도메인 폴링) 구현이 제한될 경우 모달 위상 정합 기반 SPDC로 대체하여 과제 목표(협대역/얽힘) 달성 ○ (필요 지원) 장시간 안정화를 위한 온도 제어/패키징(파이버 결합)
담당자 (문의처)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 성명: 박희수 ○ 부서명/직급: 양자기술연구소 양자정보네트워킹그룹/책임연구원

2026년 04월 20일

중과제 연구책임자 : 최재혁 