

# 광섬유 기반 Quantum OCT를 위한 얽힘상태 광자쌍의 양자간섭 실험

## Quantum interference experiment using entangled photon pairs for fiber-based Quantum Optical Coherence Tomography

권오성, 조영욱, 김윤호  
포항공과대학교 물리학과  
oskwon@postech.ac.kr

Optical Coherence Tomography (OCT)는 선폭이 넓은 빛의 간섭현상을 이용하여 물질의 단면정보를 얻어내는 기술이며 주로 생체조직의 깊이방향의 정보를 얻기 위해서 많이 사용된다. OCT 기술의 기초인 빛의 간섭현상은 물질의 굴절율에 영향을 받으므로 물질의 굴절율 분산은 깊이방향정보의 신뢰성에 큰 영향을 줄 수 있다.

최근 양자역학적인 얽힘상태 광자를 이용한 Quantum OCT(QOCT)가 제안되었는데, QOCT의 가장 큰 장점은 얽힘상태 광자쌍을 이용한 양자간섭현상이 특정 굴절율 분산에 영향을 받지 않는다는 것이다. 또 얽힘상태 광자쌍을 이용할 경우 같은 파장의 광자를 이용하는 OCT의 경우보다 2배의 해상도를 얻을 수 있음이 알려져 있다.

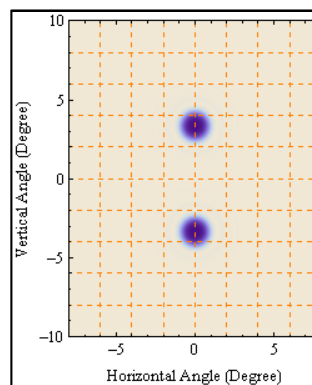


그림 1. Beamlike type-II SPDC를 통해 생성된 광자쌍의 emission pattern.

본 연구에서는 광섬유 기반 QOCT의 구현에 필요한 핵심 기술, 즉 자발매개하향변환(SPDC)를 통해 생성된 얽힘상태 광자쌍을 이용해 광섬유 기반의 양자간섭계를 구성하고 이 양자간섭계를 이용한 2차 양자간섭실험을 수행하였다.

그림 1은 본 실험에서 사용한 beamlike type-II SPDC의 transverse emission pattern을 나타낸다. 얽힘상태 광자쌍은 각각 가우시안 형태의 공간분포를 보이며 이를 단일모드 광섬유로 효율적으로 집속하였다. 이렇게 단일모드 광섬유로 집속된 광자쌍은 Air Gap, Fiber Polarization Controller (FPC)를 거쳐 3dB 2x2 광섬유 커플러 (beam splitter)로 구성된 Hong-Ou-Mandel 형태의 양자간섭계로 보내지며 광자쌍이 빔분활기에 도달하는 시간은 Air gap의 간격을 조절하여 제어하였다.

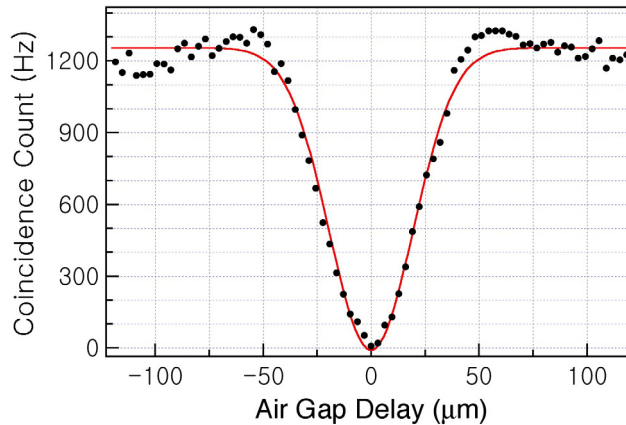


그림 2. 2x2 광섬유 커플러를 이용한 광자쌍의 2차 양자간섭: 100%의 visibility를 보인다.

그림 2는 광섬유 기반 2차 양자간섭계를 통해 관측된 2차 양자간섭 또는 Hong-Ou-Mandel 간섭무늬를 보이며 가우시안 fit을 통해 계산한 Visibility는 100%이다. Type-II SPDC를 이용한 Hong-Ou-Mandel 실험에서 100%의 visibility를 보인 실험은 본 실험이 최초이며 이러한 높은 visibility는 QOCT 실험에서 깊이 정보의 불확정성을 줄이는데 매우 중요한 요소이다.

본 발표에서는 100%의 visibility를 보이는 2차 양자간섭계를 자세히 설명하고 이 장치를 이용한 QOCT 실험의 결과를 소개하고자 한다. 특히 광자의 도달시간, 1차 간섭 및 2차 양자간섭무늬가 물질의 분산에 어떻게 영향을 받는지에 대한 실험결과를 소개하고 QOCT 실험에서 물질의 분산효과가 미치는 영향에 대한 실험결과를 소개한다.