

제 2 형의 매개하향변환으로 발생된 얽힘 상태 광자쌍의 단일 모드 광섬유 결합 효율에 관한 연구

Single-mode fiber collection efficiency of entangled photon pairs generated from Type-II Spontaneous Parametric Down- Conversion

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

편광 얽힘 상태 광자쌍은 양자 암호 및 양자 정보 실험에서 가장 중요한 광원으로 널리 사용되고 있다. 여러 얽힘 상태 광원들 중에서 매개하향변환(SPDC) 매질을 통한 방법이 가장 많이 사용되고 있으며, 이런 얽힘 상태 광자쌍의 효율적인 생성과 검출기에서의 계수율을 높이기 위한 방법은 양자광학 실험에서 중요한 주제로 떠올랐다.

본 연구에서는 펌프광을 비선형 매질에 초점을 맺히게 하는 방법을 통하여 Type-II SPDC 에서 발생하는 두-광자의 단일모드 광섬유의 결합 효율을 측정하였다. 자발 매개변환 과정은 위상 정합 조건에 의한 두-광자의 진행방향에 따라 크게 3 가지로 나타낼 수 있다. 먼저, 광자쌍이 펌프광과 같은 방향으로 진행되는 Collinear, 펌프광에 대해 일정한 각도를 가지고 진행되는 Non-collinear, 그리고 같은 파장을 가지는 두-광자가 한 지점에서 발생하는 Beamlike 방식⁽¹⁾이 있다. 각 경우로 발생한 광자쌍이 단일 모드 광섬유로 모아질 때 결합효율을 비교하였다.

광섬유가 가지는 결합효율⁽²⁾은 두 검출기에서 측정된 단일 광자 계수와 동시계수를 이용하여 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\eta_{12} = \frac{R_{12}}{\sqrt{R_1 R_2}}$$

여기서, R_1 , R_2 는 각 검출기의 단일 광자 계수이고, R_{12} 는 두 검출기의 동시계수를 나타낸다.

그림 1 의 (a)는 type-II SPDC 의 세 가지 위상정합조건을 나타내며, 같은 파장을 가지는 두-광자가 한 지점에서 발생하는 Beamlike 방식, 두-광자가 펌프광과 같은 방향으로 진행되는 collinear 방식, 펌프광에 대해서 일정 각도를 가지고 진행되는 non-collinear 방식에 대한 이론적인 그래프이다. (b)는 결합 효율 측정 실험을 위한 실험 장치도이다.

그림 2 는 단일 광섬유에 대해서 위상정합 조건에 따른 결합 효율을 비교 분석하였다. 간섭필터의 선폭이 커질 때 결합 효율이 증가하고, Beamlike 방식이 같은 조건에서 결합 효율이 가장 높은 것을 확인할 수 있다.

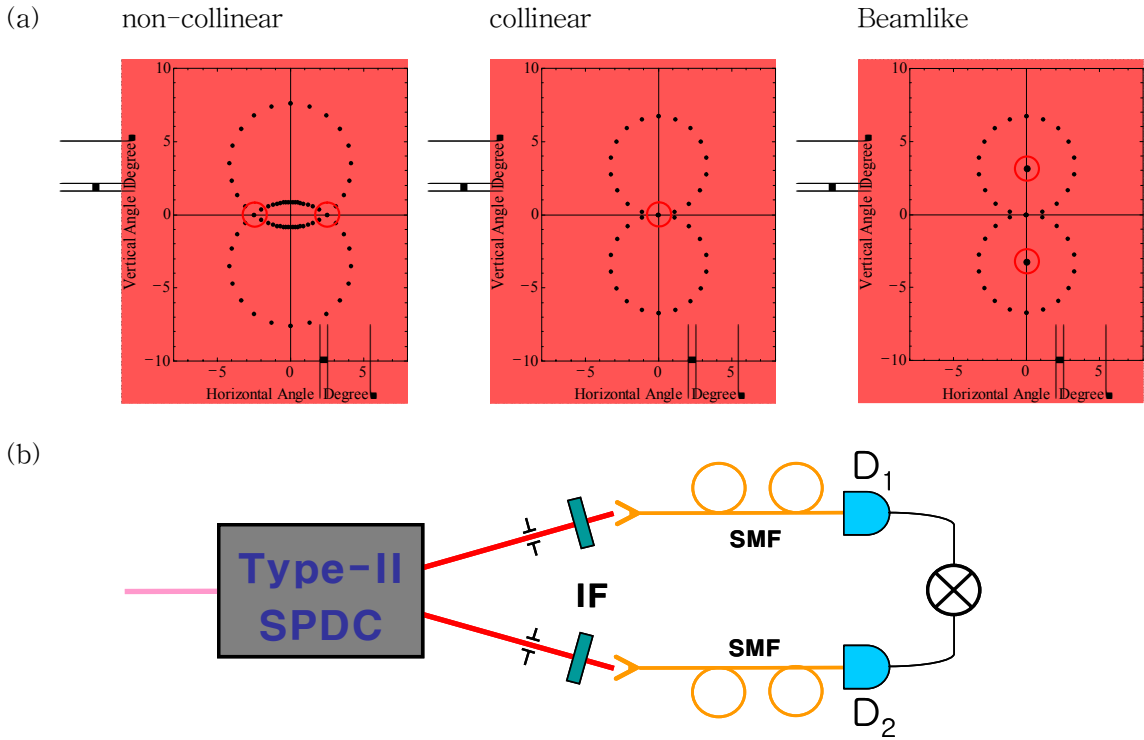


그림 1. (a) type-II SPDC 의 세 가지 위상정합조건, (b) 두-광자의 효율 측정을 위한 실험 장치도. IF=Interference Filter, SMF=Single Mode Fiber.

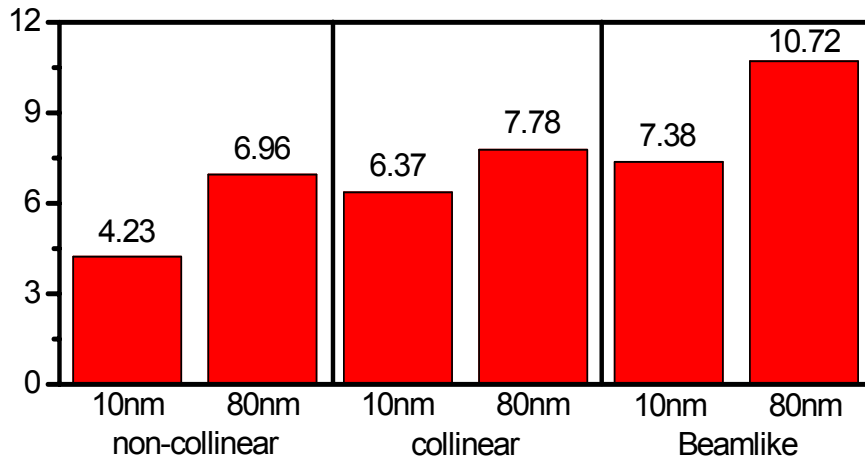


그림 2. 단일 모드 광섬유의 위상정합 조건에 따른 결합 효율의 비교

<참고문헌>

1. Yoon-ho Kim, "Quantum interference with beamlike type-II spontaneous parametric down-conversion", Phys. Rev. A vol. 68. pp. 013804 (2003).
2. C. Kurtisiefer, M. Oberparleiter, and H. Weinfurter, "High-efficiency entangled photon pair collection in type-II parametric fluorescence", Phys. Rev. A vol. 64, pp. 023802, (2001).