30a-D1-7

量子もつれ状態の 300 km 長距離配送実験

Long distance entanglement distribution over 300 km

NTT 物性研 [1]，NTT PH 研 [2]，NTT NPC [3]，○稲垣卓弘 [1]，松田信幸 [1,3]，
忠永修 [2]，　西田好毅 [2]，　遊部雅生 [2]，武居弘樹 [1]
NTT BRL[1], NTT Photonics Labs.[2], NTT NPC[3]; ○Takahiro Inagaki[1], Nobuyuki Matsuda[1,3],
Osamu Tadanaga[2], Yoshiki Nishida[2], Masaki Asobe[2], Hiroki Takesue[1]
E-mail: inagaki.takahiro@lab.ntt.co.jp

量子もつれ状態の長距離配送は、量子暗号通信の長距離化に向けた量子中継技術の鍵となる要素である。近年では、量子もつれ状態の光ファイバ中における 200 km の長距離配送[1]が報告されている。本研究では、PPLN 導波路内パラメトリック下方変換(SPDC)による時間位置もつれ光子対源[2]と、超伝導単一光子検出器(SSPD)を用いて光ファイバ中の 150 km×2 の量子もつれ状態配送実験を行い、配送路両端での光子における EPR 相関を測定した。この結果、世界最長となる 300 km の光子もつれ状態の配送を実現した。

実験系を図 1(a)に示す。波長 1551.0 nm の連続光を LN 変調器により時間幅 72 ps、繰り返し 2 GHz のパルス列に変調する。まず 1 段目の PPLN 導波路における第二高調波発生(SHG)により約 780 nm のパルス光が発生し、さらに 2 段目の PPLN 導波路における SPDC により量子状態が$\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}|k\rangle_s|k\rangle_i$と表される連続的時間位置もつれ光子対が発生する[3]。ここで$|k\rangle_z$は k 番目の時間スロット、モード z (= s:シグナル, i:アイドラ)に光子が存在する状態を表し、N はコヒーレンスが保持されているポンプパルス数である。波長フィルタによって分離された各モードの光子は、それぞれ 150 km の分散シフトファイバ（DSF）によって伝送された後、石英系平面光波回路(PLC)遅延干渉計を経て、SSPD により検出される。PLC 基板温度を変化させることで干渉計の位相差を制御し、これに対して二光子の同時検出率を測定することで二光子干渉波形を観測する。

図 1(b)のような明瞭度約 90 %の二光子干渉波形を約 16 時間の測定により観測した。この明瞭度は、300 km にわたって配送された量子もつれ光子対が、ベルの不等式を破ることを示している。

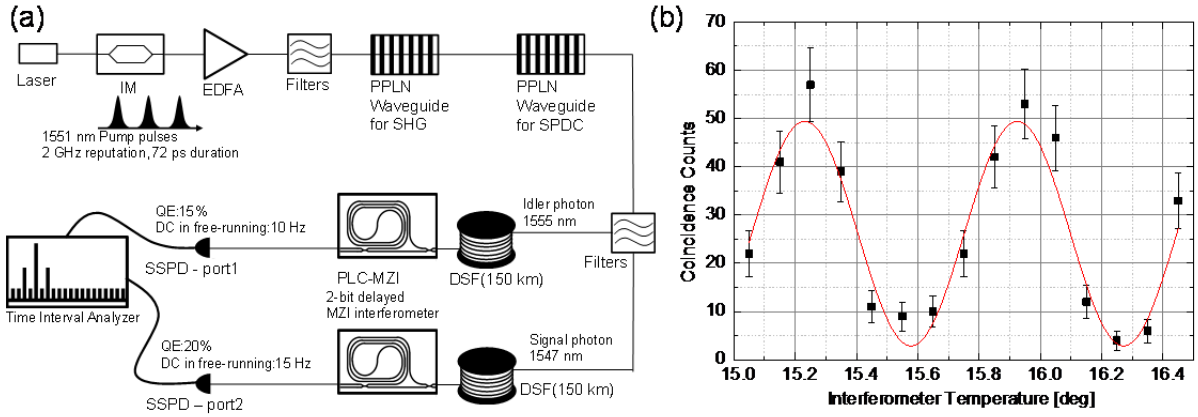

図 1 (a) 実験配置図　(b) 300 km 配送された光子対の二光子干渉波形

[1] J. F. Dynes *et al*., Opt. Express **17**, 11440 (2009).　[2] T. Honjo *et al*., Opt. Express **15**, 13957 (2007).

[3] H. de Riedmatten *et al*., Phys. Rev. A **69** (2004) 050304

© 2013 年　応用物理学会