周波数上に位相符号化する DPS 量子鍵配送方式

Frequency-Phase Coding Quantum Key Distribution Protocol

○大川 洋平 [1], 大村 史倫 [1], 安武 裕輔 [1,2], 深津 晋 [1] (1. 東大院総合、2. JST さきがけ)
°Y. Okawa[1], F. Ohmura[1], Y. Yasutake[1,2], and S. Fukatsu[1] (1.UTokyo 2.JST-PRESTO)
E-mail: cfkaz@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

差動位相シフト(DPS) 鍵配送方式 [1] はその簡潔な構成を特徴とし、実用化に向けて研究が進められている量子鍵配送方式の一つである。これは送信者が減光されたパルス列の間の位相差(0,π)に情報を実装し、受信者が 1 パルス分の時間遅延を持つ Mach-Zhender 干渉計に通すことで位相差を読み取り、送受信者の間でランダムビット列を共有する方式である。また近年、受信者が読み取る位相差を隣り合うパルス同士に限らないことにより、盗聴者への漏洩を大幅に制限する方式が提案され、注目を集めている [2]。

これまでの DPS 方式では異なる時刻間のパルスの位相差にビットが表現されていたが、周波数間の位相差に情報を載せる同様な方式も考えることができる（図 1）。送信者は光周波数コムパルスが持つ周波数ビンの間の位相差によってビット列を送信し、受信者は変調器を用いて隣り合う周波数ビン同士を干渉させ、位相差に応じてビット列を得る。従来方式と比較すると、理論的にはフーリエ変換の観点から時間と周波数は対等であるため、基本的には同様な安全性の議論が成り立つと考えられる。また実験的には簡潔さが失われる一方、一瞬で鍵生成ができるため、検出器（複数必要）のデッドタイムが問題にならない等のメリットもある。そこで本研究では、音響光学変調器(AOM)による周波数シフト(80MHz)を用いて上記方式の原理検証実験を行った。AOM は変調量が少ない(<数 GHz)が、余計なサイドバンドが発生しない、駆動信号によって変調波と搬送波の位相差を制御できるなど、本方式の実装にとって好適な性質を持つ。

実験の結果、隣り合った周波数ビンの間で明瞭な干渉効果を確認し、ビット送信が可能であることが実証できた。今後は周波数ビンの数を増やし、単一光子レベルでの安全な鍵配送実験を行う予定である。

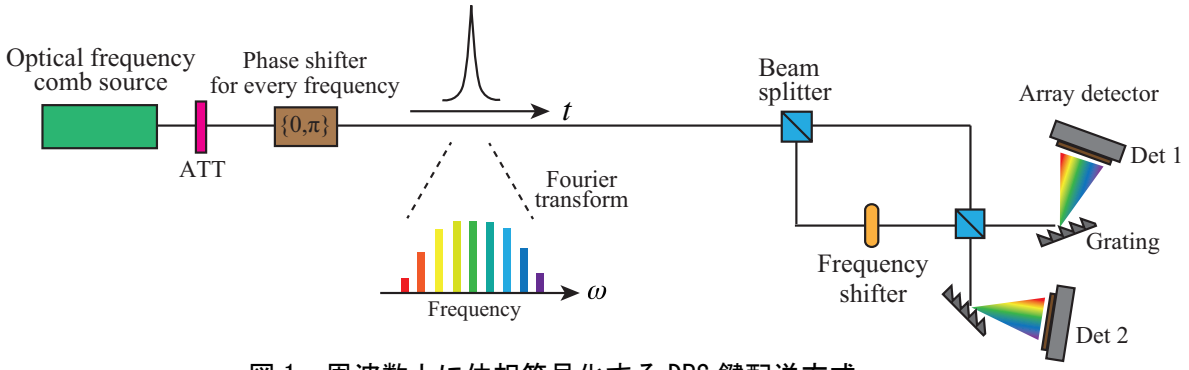

図 1：周波数上に位相符号化する DPS 鍵配送方式

[1] K. Inoue, E. Waks, and Y. Yamamoto, *Phys. Rev. A* **68**, 022317 (2003).
[2] T. Sasaki, Y. Yamamoto, and M. Koashi, *Nature* **509**, 475–478 (2014).

© 2016年 応用物理学会