

パラメトリック下方変換で生成した光子対を用いた 時間ドメインゴーストイメージングによる干渉フリンジの再生 Heterodyne beats retrieved by temporal ghost imaging with correlated photon pairs

○ 大岡佳生、深津 晋 (東大院総合)

○ Y. O-oka and S. Fukatsu (UTokyo)

E-mail: o-okayoshiki@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

ゴーストイメージング (GI) は光子の相関にもとづいて空間 2 次元マスクの画像を遠隔再生する技術である。GI の最初の例では、2 次非線形光学結晶のパラメトリック下方変換で発生した 2 光子が用いられた。同時検出測定により光子の運動量相関を通じて 2 次元マスク画像が遠隔再生された。その後の研究で光源の条件は大幅に緩和され、カオス光の強度揺らぎの運動量相関にもとづく GI が現れると応用展開が一気に加速。その結果、非古典的な光は敬遠されるようになった。

近年、光通信の視点から GI が時間ドメインへと拡張 (TGI) された。TGI によれば、強度変調信号のみならず干渉フリンジの再生もが可能である。その登場以来、TGI は専ら古典光の強度揺らぎの時間相関に立脚しており、非古典光の同時検出による実験例は皆無であった。これは上述の研究系譜はさておき、時間ドメインの光子検出に固有の技術課題の克服が求められることによる。

本研究では、ドメイン非依存な原理の普遍性を検証すべく単一光子対を用いた干渉フリンジの TGI 再生を試みた。実験系を FIG. 1 に示す。Type-I BiBO を LD(405 nm) 励起し、パラメトリック下方変換による運動量・時間相関 2 光子をテスト・参照経路上に分割・生成した。テスト経路にはマハツェンダー干渉計を配置し、干渉計の片方の経路には周波数上方変換 (80 MHz) のため音響光学変調素子 (AOM) を設けた。パルスパターン発生器からの AOM 駆動信号と同期した 125 ns (8 MHz) 周期のパルス (同期信号) 毎に 50 ns の間に干渉計を透過してきた光子のランダムな検出イベントを記録した。一方、参照経路上ではテスト経路上で光子検出があった場合のみ自由空間を伝搬してきた光子の検出時刻を記録した。同期信号と検出時刻の時間差に関するヒストグラム (FIG. 2) を作成することにより 80 MHz のヘテロダインビートが 50 ns 区間内で再生できた。なお、本研究で再生したヘテロダインビートの明瞭度 (振幅/平均値) は、伝令付き光子によるヘテロダインビート ($g^{(1)}$) を下回った。後者では、時間相関のない偶発的な同時検出光子も電場の一次干渉を生じるため明瞭度が低下しない。これに対して本研究の TGI ($g^{(2)}$) によるヘテロダインビート再生では、無相関の光子が 50 ns の窓内に均一に分布するせいで干渉フリンジの明瞭度が減少する。したがって明瞭度の大きな干渉フリンジを得るには (同時検出数/単計数) の増大させればよい。

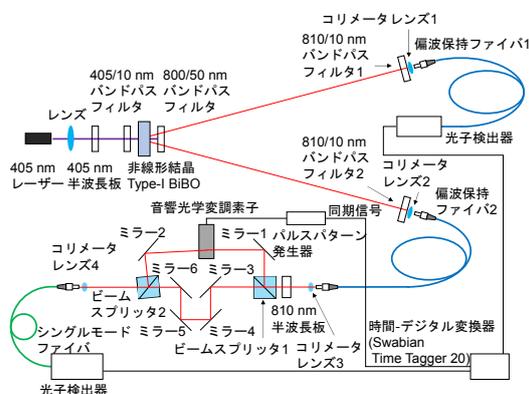


FIG. 1: 実験系の概要.

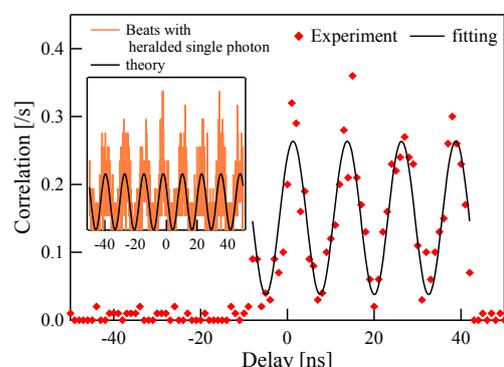


FIG. 2: TGI ($g^{(2)}$) によるヘテロダインビート再生像 (赤), 単一光子ヘテロダインビート ($g^{(1)}$) の直接観測 (橙).