

正弦波ゲート InGaAs/InP 単一光子アバランシェダイオードを用いた 近赤外領域単一画素圧縮イメージング

Near infrared single-photon imaging based on compressive sensing
with a sinusoidally gated InGaAs/InP single-photon avalanche diode

日大量科研 ○(M1)萩原 広揮, 行方 直人, (P)横田 一広, 井上 修一郎

Nihon Univ., ○Hiroki Hagihara*, Naoto Namekata, Kazuhiro Yokota, Shuichiro Inoue

E-mail: cshi19006@g.nihon-u.ac.jp

微弱光検出によるイメージングは広い分野で必要とされている。特に生命科学分野においては、近赤外微弱光イメージングによる生細胞の深層構造観測が期待されている。近年、単一光子光源や単一光子検出器の発展により究極の微弱光イメージング技術が実現されている。ICCD やガイガーモード雪崩フォトダイオード (GmAPD) 焦点面アレイに代表されるように、イメージセンサの光感度は光子計数が可能な水準まで達している。しかし、それらのほとんどはシリコン系であり、真空中の波長が 1000 nm を超える近赤外領域では使用できない。その近赤外領域で感度を有する InGaAs/InP 系による GmAPD 焦点面アレイの開発も行われているが、S/N 比、クロストークの改善や大規模フォーマット化には困難が伴っている。一方、イメージセンサを用いないアプローチとして、「圧縮センシングを用いた単一画素イメージング (CS-SPI)」[1] が挙げられる。本手法はデジタルマイクロミラーアレイ (DMD) と単一画素の検出器を使用するため、高効率かつ高速な単一光子検出器が利用できるという優位点がある。

今回、近赤外領域においても高効率かつ低雑音な近赤外単一光子検出器である正弦波ゲート InGaAs/InP 単一光子雪崩ダイオード (SG-SPAD)[2] を用いた CS-SPI 系を構築し、その評価を行ったので報告する。使用した SG-SPAD は、真空中の波長 1550nm において単一光子検出効率 20%、低雑音 ~2 kHz を有し、フリースペース系からの直接光結合が可能である (ピッグテイルファイバ無し)。画像復元アルゴリズムには、DMD を用いた圧縮センシング手法(TVAL3)[3] を用いた。64×64 (4096) 画素サイズの CS-SPI 実験結果を図 1 に示す。SG-SPAD の平均光子計数が 50ms 間の 1 計測あたり 450 計数程度、500 回の計測 (圧縮無しでは 4096 回の計測が必要) のみで 2 次元像 (NU のフォント) の復元に成功した。

各計測時間における DMD の各マイクロミラーによって反射される光子の数の平均は 1 以下であり、単一光子レベルの受光のみでイメージングが実現していることを示唆している。

本研究の一部は JSPS 科研費の助成を受けたものです。(助成番号 19h02633)

[1] M. P. Edgar, G. M. Gibson, and M. J. Padgett, Nat. Photon, **13**, 13 (2019).

[2] N. Namekata, S. Adachi, and S. Inoue, Opt. Express, **17**, 6275 (2009).

[3] C.Li, Ph.D. thesis. Rice Univ. (2011).

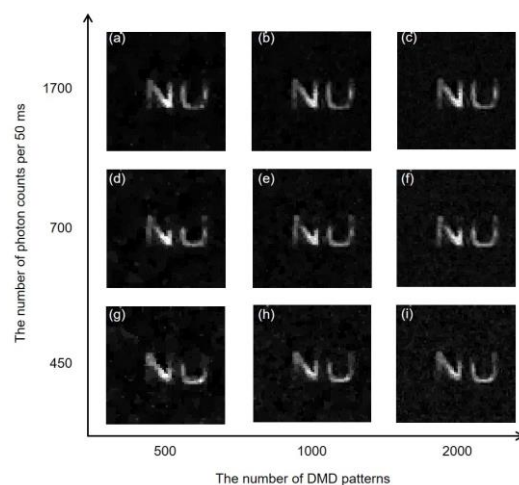


図 1.波長 1550nm における単一光子 CS-SPI 復元画像