

単一光子アバランシェダイオードにおけるアフターパルス計測

Novel measurement method of after-pulsing in single-photon avalanche diodes

(株) 東芝 研究開発センター °河田 剛, 佐々木 啓太, 長谷川 励

Toshiba Corporate Research & Development Center, °Go Kawata, Keita Sasaki, and Ray Hasegawa

E-mail: go.kawata@toshiba.co.jp

ガイガーモードで駆動するアバランシェフォトダイオード (APD) を並列に接続することで構成されるシリコンフォトマルチプライヤ (SiPM) は、 10^5 以上の増幅率と高速なスイッチング特性を有することが知られている。SiPM はシリコン基板上に作製することができ、従来の光電子増倍管を置き換える、低電圧駆動で高集積な高感度光センサとしての利用が期待されている。

一方、SiPM 内の各 APD でアバランシェ増倍が発生すると、増倍されたキャリアの一部が空乏層内の欠陥に捕獲され、一定時間後に放出されて再びアバランシェ増倍を引き起こすアフターパルスや、増倍中に発生する 2 次光子が隣接する APD に吸収され、アバランシェ増倍を引き起こすクロストークなどの過剰ノイズが発生する。アフターパルスやクロストークはアバランシェ増倍を介して互いに関係しているため、各々を分離して独立に計測することは難しい。また、これら過剰ノイズの確率過程やそのバイアス依存性は、十分に解明されていない。

報告者らはピコ秒パルスレーザーを用いた光学系を構築し、クエンチ抵抗に接続された単一 APD (SPAD) について、パルスレーザー照射によって発生した SPAD 出力の計測を実施した (Fig. 1(a))。パルスレーザーに同期した信号 (Sig1) とそれに続いて発生したアフターパルス (Sig2, Sig3, ...) の個数および検出時間差 (ΔT) を計測した。空乏層内に存在するトラップからのキャリア放出を考慮したアフターパルスの確率密度関数を導出し [1]、 ΔT の頻度分布との整合を確認した (Fig. 1(b))。クエンチ抵抗とセルサイズを変化させた SPAD の評価結果から、10、100 ns 程度の寿命を有する 2 種類のトラップがアフターパルス発生に関与していることを見出した。

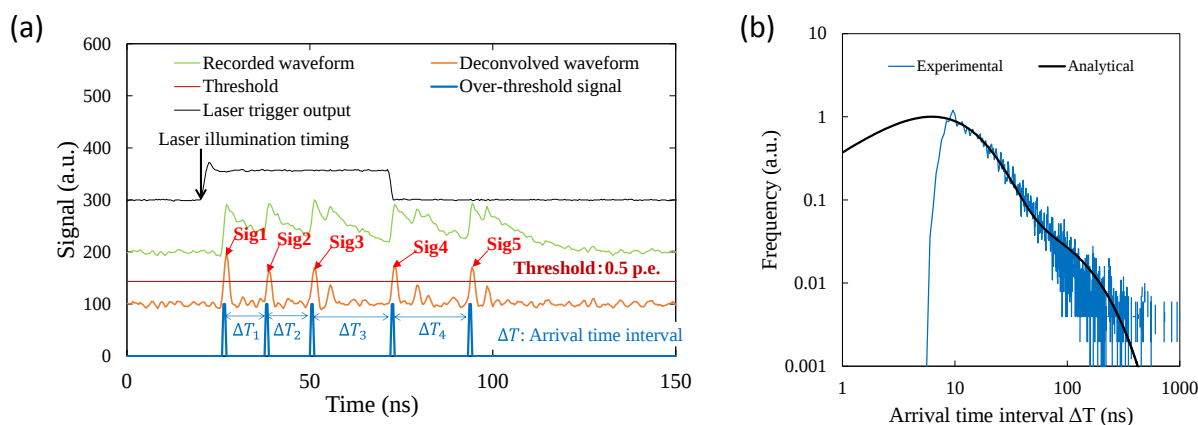


Figure 1 (a) Schematic view of the signal processing for the SPAD output signals. (b) Arrival time interval distribution of the after-pulses of the SPAD.

[1] G. Kawata, J. Yoshida, K. Sasaki, and R. Hasegawa, IEEE Transactions on Nuclear Science, in press.