

高振幅正弦電圧ゲート動作 InGaAs/InP アバランシェフォトダイオード による単一光子検出

Single-photon detection at telecommunication wavelengths using an InGaAs/InP avalanche photodiode operated with a large-amplitude sinusoidal gating

日大量科研 ○多田 彬子*, 行方 直人**, 井上 修一郎

Nihon Univ., ○Akiko Tada*, Naoto Namekata**, and Shuichiro Inoue

E-mail, *: tada@phys.cst.nihon-u.ac.jp, **: nnao@phys.cst.nihon-u.ac.jp

簡便かつ実用的な通信波長帯単一光子検出器として、InGaAs/InP アバランシェフォトダイオード (APD) が広く使用されている。我々は、InGaAs/InP-APD を正弦電圧ゲート動作させることで、その高繰り返し化と低雑音化を達成した[1]。一方、検出効率 (DE) は、10 %程度であり InGaAs/InP-APD 本来の量子効率よりはるかに小さい。本研究では、正弦電圧ゲート動作回路を改良し、これまでより 2 倍程度の DE を実現したので報告する。

Fig.1 に正弦電圧ゲート動作単一光子検出器の概略図を示す。InGaAs/InP-APD はペルチェ冷却により -40 °C で動作させた。性能評価には、繰り返し周波数 10 MHz、波長 1550 nm、パルス幅 56 psec、1 パルスあたり平均光子数が 0.01 の微弱コヒーレントパルス光を使用した。また、直流電圧 (V_{DC}) にゲート用交流信号 (正弦電圧) を重畳するために、ゲート動作型受動クエンチング回路 (GPQC) を使用した。信号発生器からの周波数 540 MHz、電圧 0 dBm の正弦電圧は、25 dB の増幅と BPF による濾波の後、ゲート用交流電圧として APD へ印加される。その際、GPQC のゲート交流信号入力のインピーダンス Z は、 $50 \ll Z$ とした。そのため、APD へ印加される正弦電圧は準開放電圧となり、 $Z=50$ の場合に比べて、2 倍程度まで正弦電圧ゲート振幅の増強が可能となった。APD からのゲート動作に起因する伝達信号は、 π ハイブリットカップラで、サーキュレータのポート 3 の出力と合成することで相殺される。サーキュレータのポート 3 の出力の振幅と位相は、減衰器、位相器、可変減衰器により調節される。その後、 π ハイブリットカップラの出力信号は 40 dB 増幅後、BEF と LPF によって、1.08 GHz (2 次高調波) 以上の雑音は低減された。最後に、識別器より出力されたロジック信号を時間相関測定器で記録し、得られた計数ヒストグラムより DE、アフターパルス確率 (AP)、暗計数確率 (DP) を求めた。Fig.2 に測定結果を示す。DE=19.26 %、AP=5.23 %、DP= 2.45×10^{-5} を得た。高振幅正弦電圧ゲートの採用によって、高過剰電圧印加 (~ 4 V) と短ゲート幅 (~ 270 psec) が両立したため、高い DE と低い AP が実現した。

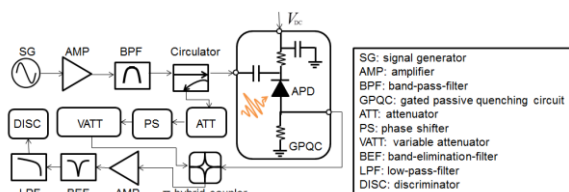


Fig. 1. Diagram of the single-photon detection circuit

[1] N. Namekata, S. Adachi, S. Inoue, IEEE Photo. Tech. Lett., 22, 529–531, (2010).

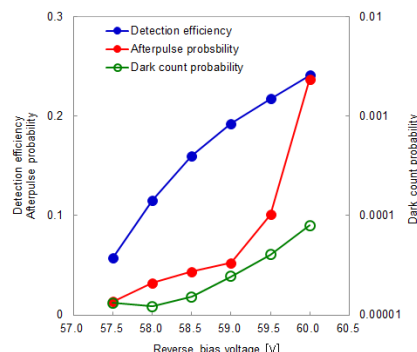


Fig. 2. DE, AP, and DP as functions of the reverse bias voltage