

○宮田 剛, 岩田 哲郎*, 荒木 勉**

○Tsuyoshi Miyata, Tetsuo Iwata* and Tsutomu Araki**

新居浜高専, 徳島大工*, 阪大院基礎工**

Niihama National College of Technology,

Faculty of Engineering, University of Tokushima*,

Graduate School of Engineering Science, Osaka University**

By taking advantage to superiority in gain of the gate-biased avalanche photodiode (APD) over the conventional dc-biased APD, we have constructed a simple, small sized, lock-in light detection system. The APD is operated at a frequency of $2f$ ($= 20$ kHz) and then its output signal is fed into a compact, phase-sensitive detector IC which works at f ($= 10$ kHz). The system is effective for detecting weak light signal superimposed on a strong background light level.

1. はじめに

アバランシェ・フォトダイオード(APD)をゲート動作させると、APD の出力信号電圧はDCバイアス時と比較して数倍増加する¹⁾。この方式を利用すれば、APD が飽和するような強いバックグラウンド光に埋もれている微弱信号光をも検出できる可能性がある。本研究ではゲートバイアスした APD の出力を、それと同期して動作する簡易型ロックインアンプに入力し、小型の微弱光検出システムを構築した。

2. 原理および実験系

Fig.1 にロックイン光検出システムの概略図を示す。パルスジェネレータから得られた周波数 f ($= 10$ kHz, Duty Ratio = 0.5) の信号で駆動されたパルス点灯 LED ($\lambda = 635$ nm) からの光パルスと、直流駆動された LD ($\lambda = 660$ nm, Typical Power = 4 mW) からのバックグラウンド光 (BG) が、光パルスに同期して $2f$ でゲート動作する APD (HAMAMATSU Si-APD S2382; ブレークダウン電圧 = 129 V, $M = 100$ 時のバイアス電圧 = 114.4 V) に入射される。

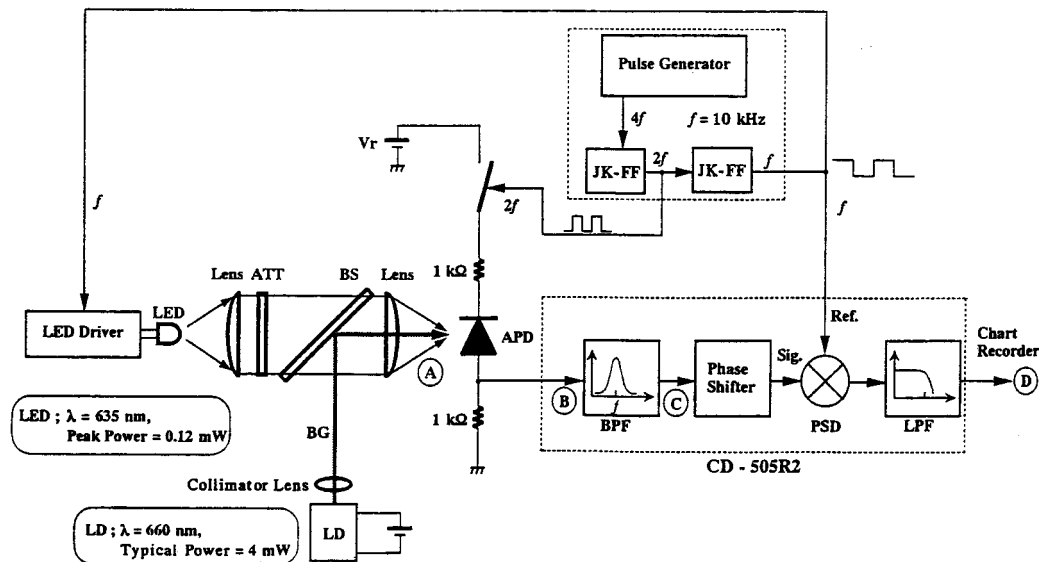


Fig.1. Experimental setup for demonstrating the system performance: JK-FF, JK-Flip Flop; ATT, Optical Attenuator; BS, Beam splitter; Sig., Signal; BG, Background; BPF, Band-Pass Filter; LPF, Low-Pass Filter; PSD, Phase Sensitive Detector.

APD の出力信号は、光パルス に同期して f で動作するロックインアンプ用 IC (NF Phase Detector CD-505R2) に入力され、その出力が直流信号としてチャートレコーダで記録される。

Fig.2 に各部出力信号のタイミング図を示す。ここでの A, B, C はそれぞれ Fig.1 の A, B, C の信号を示したものである。Fig.2 A は APD への入射光 (光パルス + BG) である。Fig.2 B は APD の出力信号である。この信号をバンドパスフィルタ (BPF ; 中心周波数 f) に通すことにより Fig.2 C のように光パルス成分のみを抽出することができる。今回はこの動作原理に基づき試作したシステムの特性評価を行った。本方式では、従来の DC バイアスされた APD にゲート型積分器を接続する方法に比べ、信号 (光パルス成分) 対バックグラウンド (BG) 比を大きくでき、原理的には SN 比も改善されるはずである。実際は、LED からの光パルスをアッテネータにより減衰させて目的微弱信号光とし、一方、強い BG は LD から得、各々のパワーレベルを変化させて光パルス成分を検出した。また、同じ入射光を、DC バイアスした APD とゲート型積分器による検出システムで測定し、ゲートバイアス APD との比較を行った。

3. 実験結果

Fig.3 に測定結果を示す。LED のパルスピークパワーは 0.12 mW であり、LD の DC 平均パワーは 4 mW である。ゲート型積分器 (Fig.3 の回路図) とロックイン光検出器 (Fig.1) の時定数 (RC) は 30 msec とし、LED が ON の時 (光パルス + BG), OFF の時 (BG) の出力をそれぞれ 1 分間測定した。

Fig.3 左側の DC バイアス時では、Fig.3 の回路図 E 点の出力を計測しており、LED OFF 時に 1080 mV, ON 時に 1090 mV であった (共に平均値)。その差の信号光成分は 10 mV である。一方、ノイズの標準偏差は 4 mV であり、S/N は 1.76 となる。

また、Fig.3 の右側のゲートバイアス時では、Fig.1 の D 点の出力を計測しており、LED OFF 時はほぼグラウンドレベルにあり、ON 時には 2.6 mV であった。ノイズの標準偏差は 0.05 mV であり、S/N は 52 である。

4. おわりに

以上の結果から、BG が強い場合において、我々が試作したシステムを利用すれば Sig. の検出限界を向上できる可能性があることが判明した。これは、APD にゲート動作を行わせることにより DC バイアス時に問題となる検出器の飽和を回避できると共に、検出系の前段でサンプリング動作をさせているため原理的に SN 比を向上できる。

参考文献

- 1) 宮田, 岩田, 荒木 : OPTICS JAPAN '99 OSAKA 講演予稿集 25aB10 (1999) .

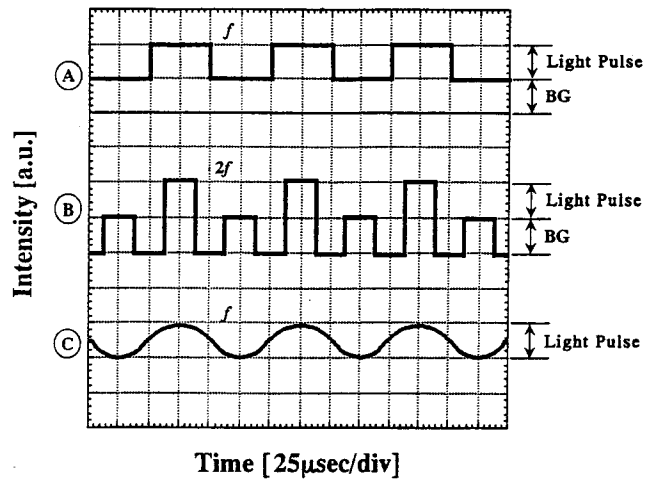


Fig.2. Signal waveform on individual points shown in Fig.1.

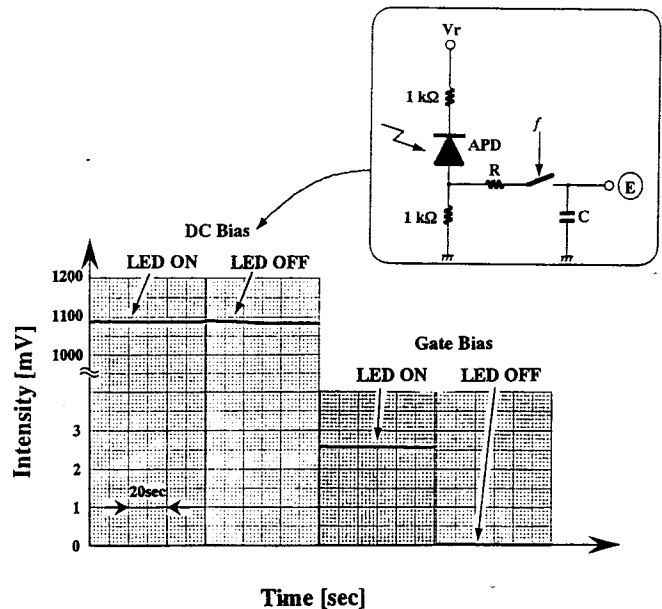


Fig.3. Output signal from a dc-biased APD with and without the LED light (left) and those from the gate-biased APD (right). For both operation modes, signal was fed into a gated-type integrator with the same time constant ($\tau = 30$ msec, $f = 10$ kHz).