

Experimental studies on operational characteristics of weak light detector using germanium avalanche photodiode(Ge-APD) have been carried out. By cooling Ge-APD down using Peltier devices, the dark current can be reduced following the expression of $\exp(-E_g/kT)$, but the dark pulses show a different tendency in different multiplication gain. The weakest optical power to be detectable is $3.3 \times 10^{-15} \text{W}$ ($\lambda = 1.31 \mu\text{m}$). The linearity of the signal pulse counts is kept down to 10^{-9}W and up to 10^{-13}W .

1. はじめに

各種散乱光の微弱光検出には、光電子増倍管による光子計数法の技術が確立され、広く実用化されている。しかし、波長が $1 \mu\text{m}$ を越える近赤外域においては、光電子増倍管の感度が著しく低いため、これまで微弱光検出は行われていないようである。

近年、光通信技術の進展に伴い、受光素子として用いられる APD (アバランシェフォトダイオード) の性能が向上し、高量子効率、低電圧動作などの点から、これらを用いて微弱光検出を行う試みがなされてきている。(1) - (5)

本研究は、レーザレーダによるエアロゾル観測において、YAGレーザの基本波である $1.064 \mu\text{m}$ の光の検出を目的として、Ge-APDを用いた微弱光検出の試みを行うものである。

ここでは、電子冷却素子を用いた冷却により暗電流を低減できる検出器を試作し、ダークパルスの温度依存性および光入射時の特性について測定した結果について報告する。

2. 検出器の構成と測定系

Fig.1 に試作した検出器の構成と実験の際の測定系を示す。検出器は、ペルチェ素子、Ge-APDチップキャリア(受光径 $50 \mu\text{m}$)、白金薄膜温度センサからなり、アルミニウムのケースに、熱伝導性接着剤を用いて接着した。

APD へのバイアス電圧の印加には、精密直流電源を用いた。APD の出力パルスは、前置増幅器(周波数帯域 300MHz :ゲイン 42dB)により増幅し、ディスクリミネータ・カウンタにより波高弁別、計数を行った。

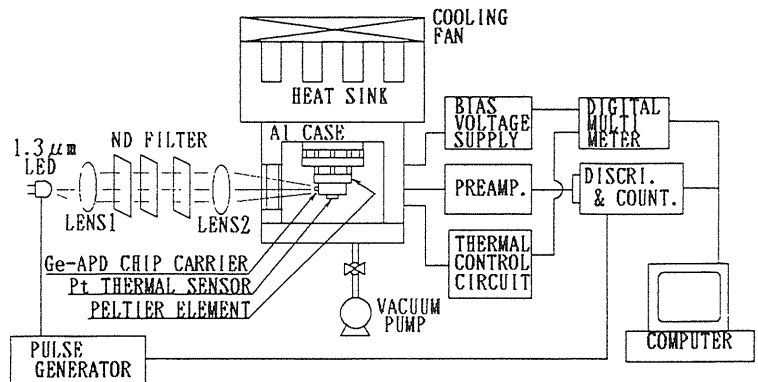


Fig.1 Schematic structures of the detector and experimental setup

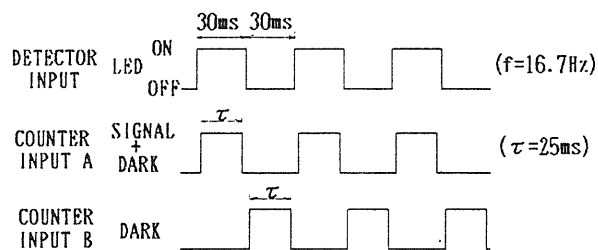


Fig.2 Timing chart of detector input and counter input

入射光には、波長 $1.3\ \mu\text{m}$ のLEDを用い、レンズ1で平行光とし、NDフィルタで減衰させ、レンズ2で受光面に集光した。入出力特性の測定の際には、LEDをパルス点灯させ、Fig. 2に示すタイミングで同期光子計数法による測定を行った。

3. 暗電流とダークパルスの温度依存性

Fig. 3は、バイアス電圧が4Vのときの暗電流の値を温度に対してプロットしたものである。これより温度に対して $\exp(-E_g/kT)$ で変化しているのがわかる。ダークパルスのパルス数は、ディスクリミネータ設定レベル、バイアス電圧により大きく異なる。ここでは、各温度でダークパルスの波高分布をいくつかのバイアス電圧について測定し、各温度での増倍率が $M=100, 1000$ 相当のバイアス電圧とダークパルスの関係を外挿する事により求めた。

Fig. 4に増倍率が100、ディスクリミネータの設定レベルが15mVの場合と、増倍率が1000、設定レベルが20mVの場合について示した。 $M=100$ では冷却によるダークパルスの減少は著しいが、 $M=1000$ ではその効果が半減してしまうことが傾きより読み取れる。

4. 光入射時の特性

Fig. 5に入射光パワーが $4.6 \times 10^{-11}\text{W}$ の時のパルス波高分布を示す。○印は、同期光子計数法によって得られた信号パルスを示し、△印は、それを1mV毎に差分をとって得られた微分波高分布に相当するものである。この微分波高分布からは、20mVを境に波高の小さなパルスと大きなパルスが存在していることがわかる。

Fig. 6は、ディスクリミネータの設定レベルを20mVとした場合に得られるパルス数を、入射光パワーに対してプロットしたものである。これより $3.3 \times 10^{-15}\text{W}$ の微弱光検出と、 10^{-9}W から 10^{-13}W まで良好な直線性が得られることがわかる。

5. おわりに

Ge-APDチップキャリアと電子冷却素子からなる微弱光検出器を試作し、ダークパルスの温度依存性と光入射時の特性について測定した。現在、さらにダークパルスを減少させるため、液体窒素での冷却への対応とレーザー装置への搭載を検討している。

参考文献

- (1) 木谷他：光学、13, 2, pp. 131-139(1984)
- (2) 今井他：63春応物、pp. 175, 29p-B-9(1988)
- (3) 今井他：64春応物、pp. 946, 4a-ZB-6(1989)
- (4) 清水他：信学会春全大、4-130, B-754(1989)
- (5) 箱守他：OQE90-8, pp. 43-48(1990)

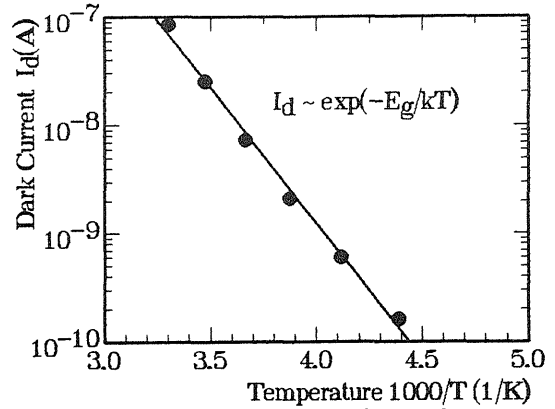


Fig.3 Measured Characteristics of Temperature vs. Dark Current ($V_b=4\text{V}$)

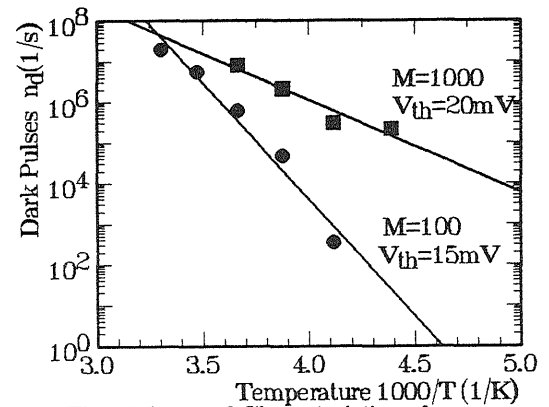


Fig.4 Measured Characteristics of Temperature vs. Dark Pulses

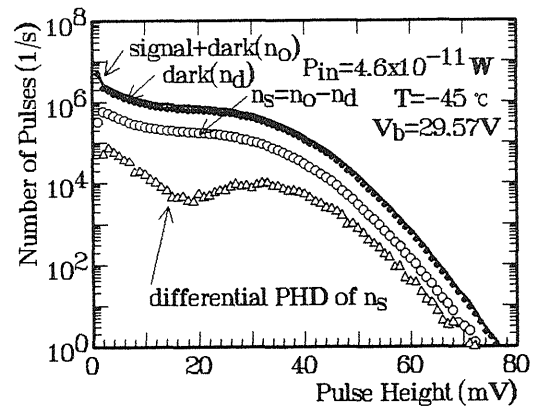


Fig.5 Measured Pulse Height Distribution

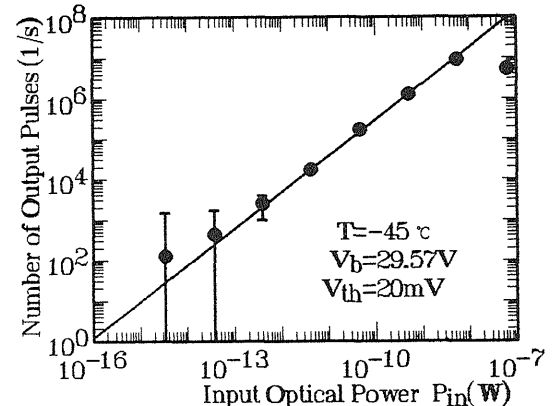


Fig.6 Measured Characteristics of Optical Power vs. Output Pulses