

田中光喜

野村彰夫

Mitsuyoshi TANAKA

Akio NOMURA

日置電機株式会社

信州大学工学部

HIOKI E.E. Corporation

Faculty of Engineering, Shinshu University

Experimental studies on operational characteristics of extremely weak light detector using germanium avalanche photodiode (Ge-APD) have been carried out. By cooling Ge-APD down to  $-30^{\circ}\text{C}$  using peltier element, the dark current can be reduced to 1/10 and under, but the dark count is slightly shifted to the lower pulse height regions in the differential pulse height distribution. The optical input power to be detectable is  $1.7 \times 10^{-11}\text{W}$  ( $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ ).

### 1. まえがき

微弱光検出には、従来より光電子増倍管 (PMT) による光子計数法が用いられている。PMT は、受光面積が広く、内部増倍率が非常に大きいため、高感度な検出が可能である。しかし、 $1 \mu\text{m}$  以上の近赤外域においては、PMT では感度を持つものが得られないため、この波長域でも高い感度を持つアバランシェフォトダイオード (APD) を用いて微弱光検出を行う試みがなされている。<sup>1-3)</sup> APD には、小型軽量、低電圧動作等使う上での利点も多いが、温度に対する不安定性や過剰増倍雑音の発生等、性能に大きく影響する特性も持ち合わせており、冷却や信号検出等に留意すべき点が多い。

今回、我々は Ge-APD を電子冷却素子 (ペルチェ素子) により冷却する構成とした微弱光検出器を試作し、 $+30^{\circ}\text{C}$  と  $-30^{\circ}\text{C}$  での初期の基本的なデータを得たのでこれを報告する。

### 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順に接着していった。ペルチェ素子および温度センサは、APD の暗電流を低減するために冷却および温度安定化を行うためのものであり、外部の温度制御回路により、到達温度  $-30^{\circ}\text{C}$ 、安定度  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  を得ている。

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  $300\text{MHz}$ : ゲイン  $28\text{dB}$ ) により増幅され、ディスクリミネータ・カウンタにより波高弁別、計数が行われる。

入射光には、波長  $1.3 \mu\text{m}$  の LED を使い、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。入射光パワーの値は、レンズ 2 の焦点位置での光パワーメータの値を基準とし、ND フィルタの減衰量を 1 枚ずつ校正し、使用した ND フ

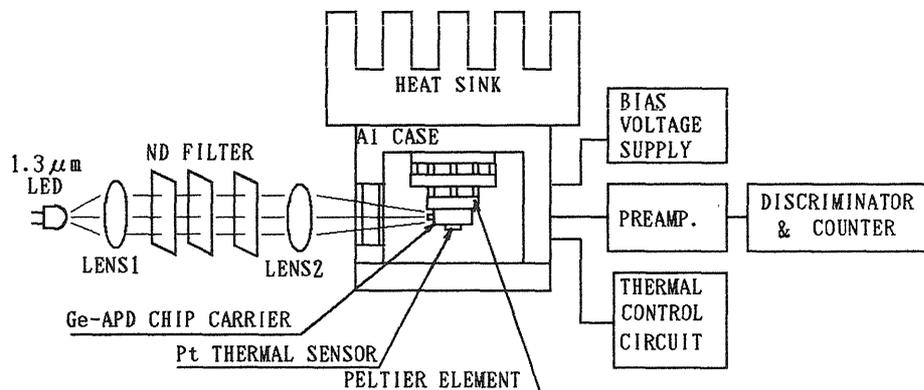


Fig. 1 Schematic structures of the detector and experimental setup

フィルタの減衰量の合計から換算した。検出器の位置調整は、入射光が強い状態で検出器の出力電圧をモニタしながら、XYZステージを微調整することにより行った。

### 3. 測定結果

Fig. 2に暗電流とバイアス電圧の関係を+30℃と-30℃について測定した結果を示す。+30℃のデータはペルチェ素子へ流す電流の方向を変えることによって加熱し、容易に得ることができる。冷却により、1桁以上も暗電流を低減できたことがわかる。

Fig. 3にダークカウントの微分波高分布を測定した結果を示す。測定値は、ディスクリミネータのレベルを1mVずつ0.1sec毎に上げながら計数し、10回積算したものである。-30℃における波高分布は、+30℃におけるそれを、低波高側に移動した形になっており、低波高域でのカウントが増えている。

Fig. 4に入射光として-77.7dBm( $1.7 \times 10^{-11}$ W)を入射したときの微分波高分布の測定結果を示す。ダークカウントの場合と全く同様の傾向を示すが、各温度でダークカウントと入射光がある時とを比べた場合、+30℃ではその差を見いだすことはできないが、-30℃においてはごくわずかではあるがその差を識別できる。Fig. 5は、積分波高分布によってそれを示したものである。これより、+30℃においては検出できなかった-77.7dBmの入射光の検出が、-30℃においては可能となったといえる。

### 4. まとめ

-30℃に冷却することにより、暗電流は1桁以上低減できたが、ダークカウントとしては、微分波高分布において低波高域へのわずかな移動がみられたただけであった。また、-77.7dBmの入射光の検出が可能であることがわかったが、ダークカウントとの差が非常に小さく、他の入射光強度との直線性も含めて正確な検出には至っていない。今後さらに詳細なデータを得るつもりである。

### 参考文献

- 1) 木谷、林：光学、13 (1984) 131
- 2) 今井他：63春 応物 P. 175, 29p-B-9
- 3) 今井他：64春 応物 P. 946, 4a-ZB-6

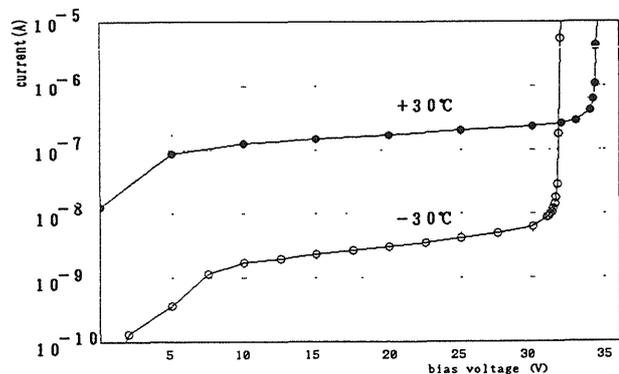


Fig. 2 Characteristics of dark current vs. bias voltage

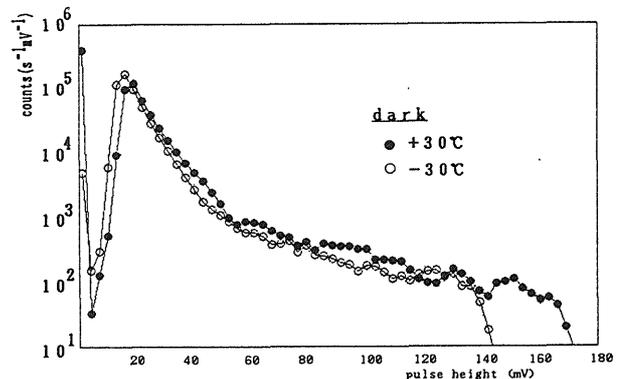


Fig. 3 Differential pulse height distribution of dark counts

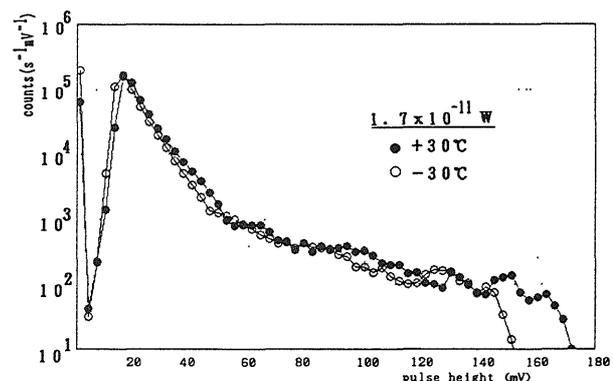


Fig. 4 Differential pulse height distribution of incident light

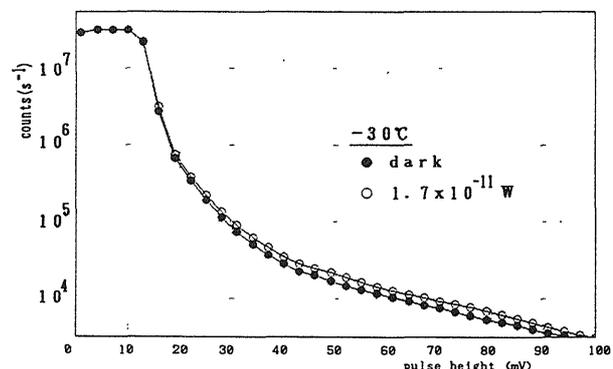


Fig. 5 Integral pulse height distribution at -30°C