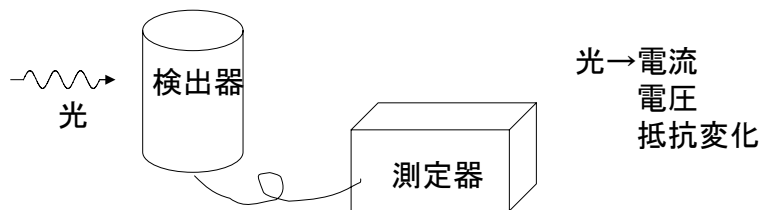


光検出器



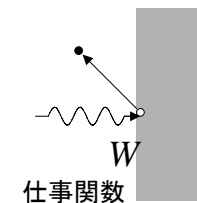
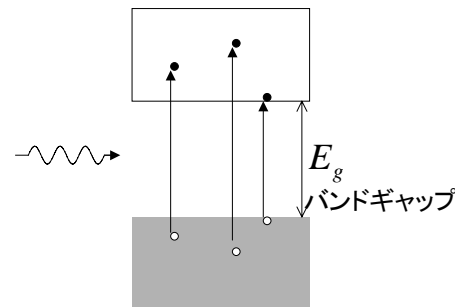
- 量子型光検出器
 - 内部光電効果型
 - ・光起電力型
 - ・光伝導型
 - 外部光電効果型
- 熱型光検出器

○量子型光検出器

光子のエネルギー → キャリア(電子・正孔)生成

●内部光電効果型

●外部光電効果



電流・電圧変化(光起電力型)
電気伝導度(抵抗)変化(光伝導型)

光電効果

$$\lambda_c = \frac{hc}{E_g} \approx \frac{1.240}{E_g [eV]} [\mu m]$$

検出限界波長

$$\lambda_c = \frac{hc}{W}$$

pn接合
・フォトダイオード(PD)

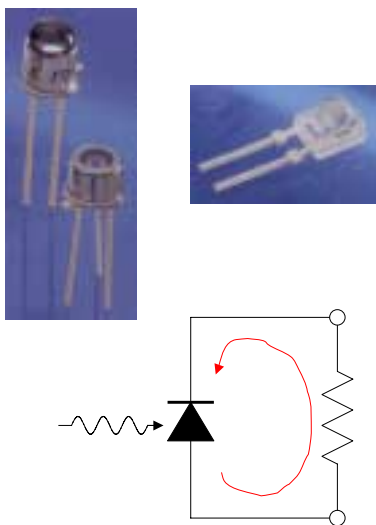
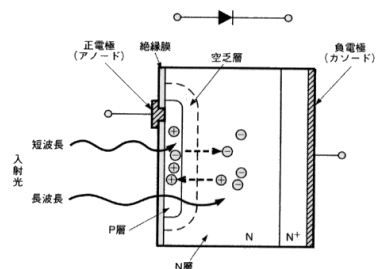
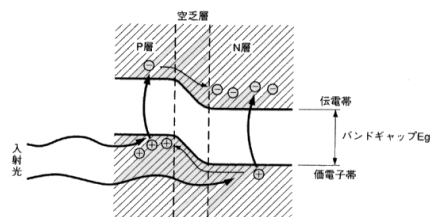


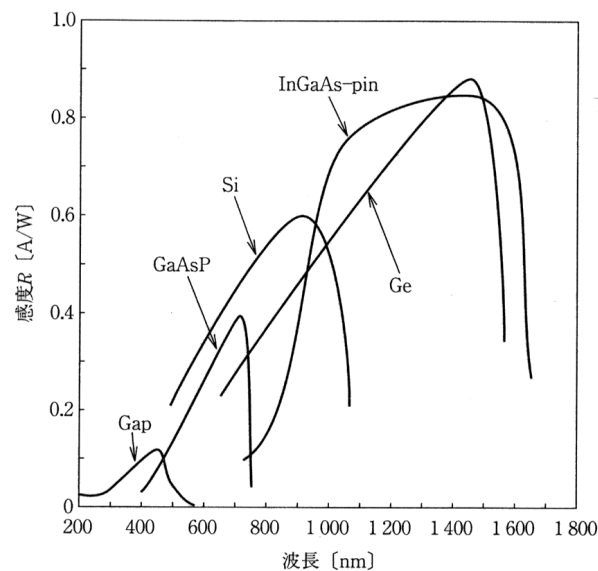
図1 (a) フォトダイオード断面図



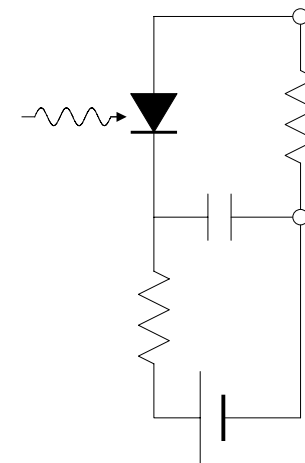
(b) フォトダイオードのPN接合の状態



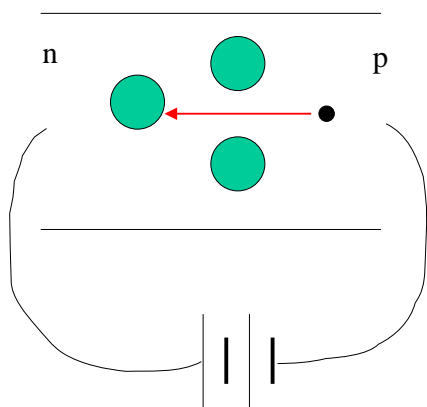
PDの感度



高速動作: 逆バイアス



アバランシェ・フォトダイオード(APD)



大きな逆バイアス電圧

高速な電子の運動

衝突によるキャリアー生成

アバランシェ・フォトダイオードの動作原理

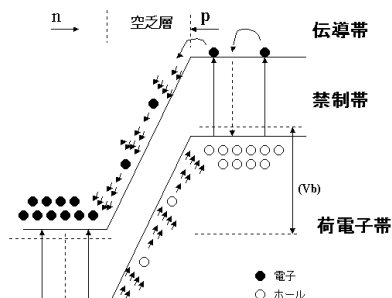


図1

アバランシェ (なだれ)現象

電子数の増幅

・光伝導型(PC)

電気伝導度 $\sigma = e(n\mu_e + p\mu_h)$

キャリアーの密度 増加
光照射 ↓
キャリアーの移動度
伝導度の増加

$\Delta\sigma = e(\Delta n\mu_e + \Delta p\mu_h)$

電気抵抗の減少 ΔR

電流の増加 Δi

$\Delta i \propto n \propto N$ (入射光子数)

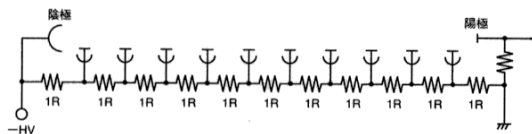
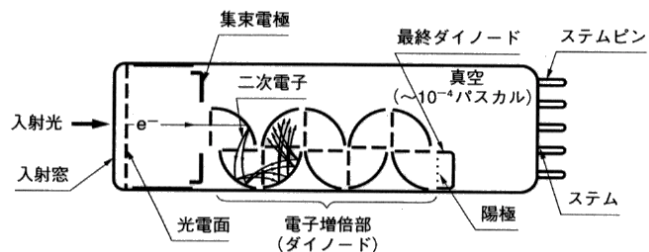
$\Delta i \propto I$ (入射光強度)

量子効率 $= \eta e \frac{\lambda}{hc} IG$

真性光伝導
PbS, HgCdTe

不純物光伝導
Ge:Cu, Si:As,
長波長用

●外部光電効果 ・光電子増倍管



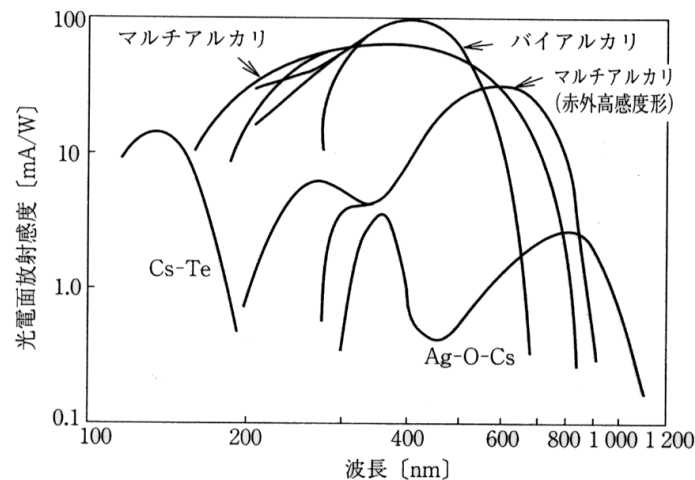
光電面からの電子による光電流: i_p

ダイノード1段あたりの増幅率: δ

N段後の増幅電流= $i_p \delta^N$



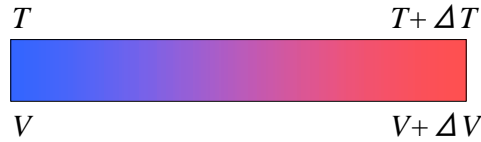
光電子増倍管の波長感度特性



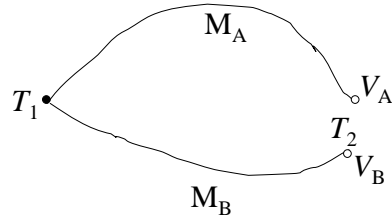
○熱型光検出器

光入射 → 検出器温度上昇 → 熱起電力、抵抗変化…

・熱電対(サーモパイル)

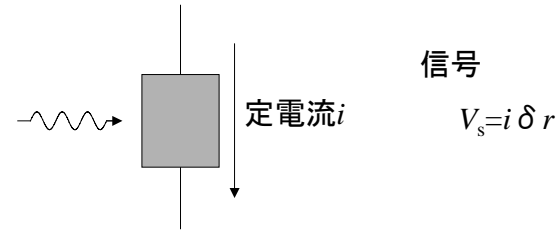


ゼーベック効果
熱起電力

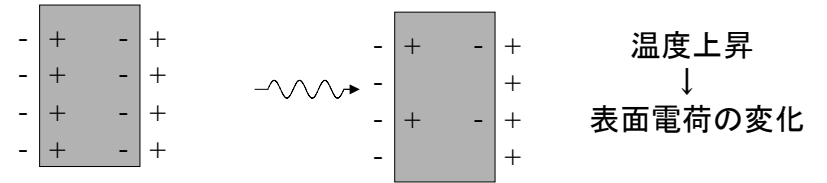


熱電対
 ・クロメル-アルメル(タイプK)
 -200°C~1300°C
 ・白金-白金ロジウム
 0°C~1700°C
 ・銅-コンスタンタン(タイプT)
 -200°C~400°C

・ボロメータ
光→熱→抵抗変化 δr



・焦電型検出器



課題

1. 量子型光検出器の検出限界波長とバンドギャップ、仕事関数の関係式を求めよ。
2. フォトダイオードの検出波長範囲(短波長側、長波長側)は、どのように決まっているのか。
3. フォトダイオードに逆バイアスをかけて使用すると高速動作が可能となる理由を述べよ。
4. 量子型光検出器の応用例を調べよ。
(光電子増倍管なら例えば小柴先生とカミオカンデ、
フォトダイオードならどんなところに使われているか?)
5. 熱型光検出器の応用例を調べよ。