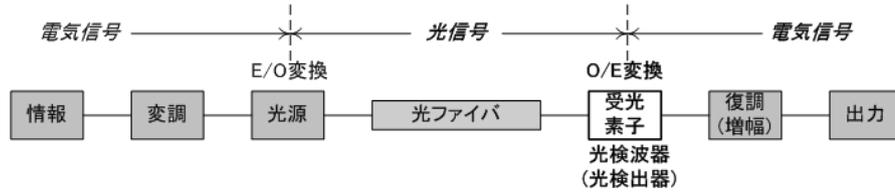


5 章 光検波器



O/E 変換デバイス：光信号を電気信号に変換。半導体の光吸収による電子正孔対生成を利用。

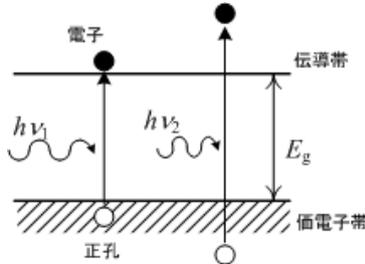


Fig.1 光吸収

バンドギャップ E_g よりも大きなエネルギーを持つ光が半導体に照射されると、光は吸収されて電子が価電子帯から伝導帯に励起し、電子正孔対が生成する。

バンドギャップ E_g に相当するエネルギーの光の波長よりも短い波長の光が吸収される。

PN フォトダイオード

pn 接合の p 側（フォトダイオード表面）に光が入射すると、主に空乏層内で光吸収が起き、電子・正孔対が生じる。生成した電子は n 側に、正孔は p 側それぞれ移動し、フォトダイオードの両端に電圧が発生する（n 側がマイナス、p 側はプラス）。このとき、フォトダイオードに外部回路を接続すると電流が流れる（光電流）。

入射する光(光子)に対する発生する電子正孔対の割合を量子効率 η という。

$$\eta = \frac{\text{生成する電子数}}{\text{入射光子数}} = \frac{I_{ph}/q}{P_i/hf}$$

ここで、 I_{ph} は発生する光電流、 P_i は入射光のパワー、 hf は光子 1 個のエネルギーである。量子効率の低下の要因としては、キャリアの再結合、素子表面での反射、空乏層以外での光吸収が挙げられる。

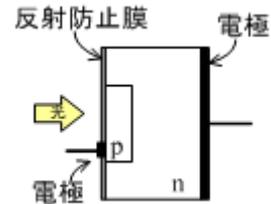


Fig.2 PN フォトダイオード

PIN フォトダイオード

不純物密度の少ない真性半導体 I(intrinsic)層を PN 層で挟んだ構造。I 層を間に入れることにより以下のように特性が改善される。

- ・光吸収が行われる範囲が広がる → 吸収効率が上がる
- ・空乏層容量が小さくなる → 応答速度が速い

また、構造が単純で低コスト、さらにアバランシェフォトダイオード (ADP) と比べると低電圧で動作する。

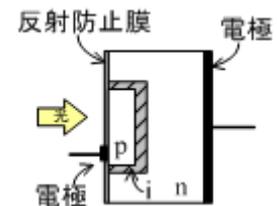


Fig.3 PIN フォトダイオード

アバランシェフォトダイオード (APD Avalanche Photo Diode)

素子に逆バイアスを印加し、電子雪崩現象により発生した電子正孔対が増大するのを利用。p 層には内部電界があり、光吸収で発生した電子が n⁺ 層にドリフト移動する際に p 層で加速される。このとき、電子雪崩が生じて電子が増加し、その結果、光電流が増幅される。

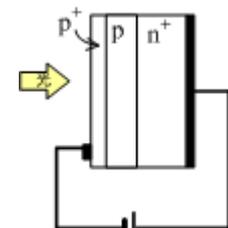


Fig.4 APD