

受光デバイスの動作原理・用語集

受光デバイスの動作原理や、一般的な用語について解説しております。

受光デバイスの種類

フォトダイオード

フォトダイオード(Photodiode)とは照射された光を電気エネルギーに変換する半導体デバイスです。これを電子部品として利用できるように各種パッケージに入れたものをフォトダイオードと呼んでいます。

フォトダイオードの特徴

1. 入射光量に対する出力電流の直線性が良い。
2. 応答速度が速い。
3. 検出する波長領域が広い。
4. 長寿命
5. 温度変化に対して出力変化が小さい。
6. 光電流が小さい。

フォトランジスタ

フォトランジスタ(Phototransistor)とはフォトダイオードの出力をトランジスタで増幅する構造となっています。フォトダイオードと比較して出力信号レベルが大きく取れます。

フォトランジスタの特徴

1. 大きな光電流が得られる。
2. 応答速度が遅い。
3. 長寿命
4. 入射光量に対する出力電流の直線性が悪い。
5. 温度変化に対して出力変化が大きい。

動作原理

フォトダイオード

フォトダイオードは、受光面側のp型半導体領域と、基板側のn型半導体領域からなるpn接合の構造となっています。(図1)

pn接合に逆バイアスを印加するとp層とn層の接合部はほとんどキャリアがないため空乏層と呼ばれる領域となります。このフォトダイオードの接合部近傍(空乏層とその近傍)に、半導体の禁制帯幅よりも大きなエネルギーをもつ光を照射した場合、価電子帯の電子は光を吸収し、伝導帯へ励起され、価電子帯に正孔を残しキャリアが生成されます。空乏層内で作られたキャリアは逆バイアスによってできている空乏層内の電界により分離され、電子はn領域へ、正孔はp領域へ入ります。このとき生ずるキャリアの数は、ほぼ照度に比例し、フォトダイオードには光電流が流れます。光電流の大きさは、ほぼ光の強さに比例します。

PINフォトダイオードとは、このpn接合の間に適当な厚さのi層を挿入し、逆バイアスの印加をした時に作られる空乏層の幅を広げ、高い逆バイアス電圧での使用を可能とした素子です。広い空乏層内の高電界のためキャリアは迅速に移動し、電子の応答速度を上げる効果があります。

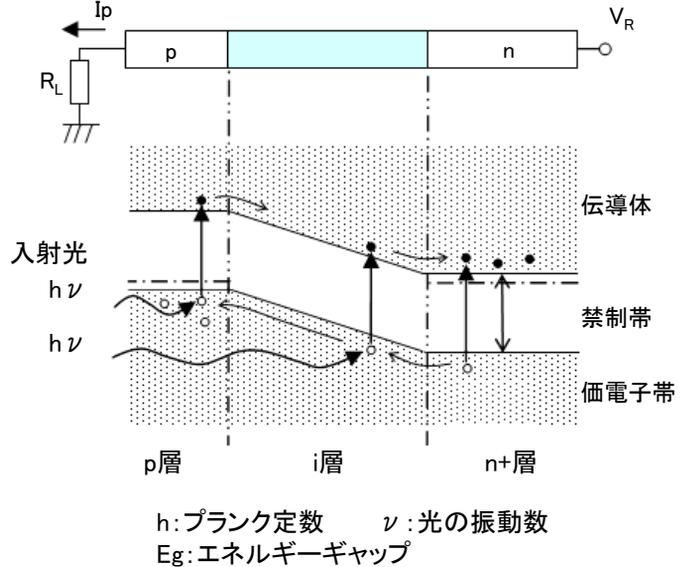


図1. PINフォトダイオードの動作原理

フォトランジスタ

フォトランジスタは、フォトダイオードやPINフォトダイオードの低い感度を補うために、トランジスタの増幅作用を用いて光電流を増幅します。フォトランジスタは、フォトダイオードとトランジスタを一体化した構造となっています。(図2)

フォトランジスタにおいては、ベース-コレクタ間の空乏層とその近傍に光が照射された場合、ここで発生した光電流はトランジスタのベース電流となり、トランジスタの増幅率 β によって増幅されます。しかし、ベース-コレクタ間の光電流はキャリアの拡散によって流れるため、その速度は遅く、また、拡散容量は光電流中の高い周波数成分を短絡してしまうため、応答速度はフォトダイオードやPINフォトダイオードよりも遅くなります。

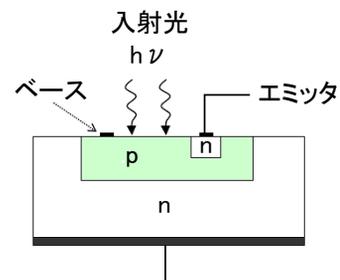
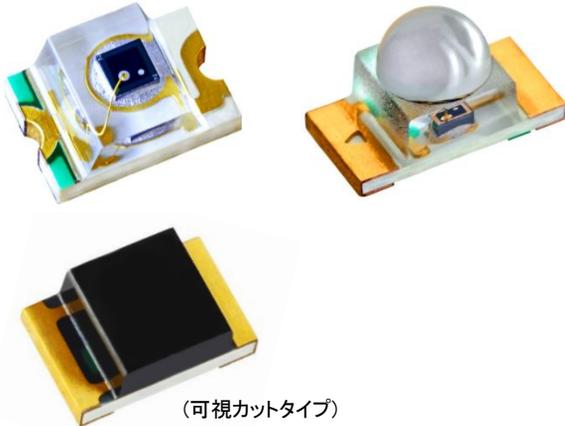


図2. フォトランジスタの素子構造

用語集

表面実装受光デバイス(基板タイプ)

プリント基板と封止樹脂でLEDパッケージが構成された、表面実装用が可能なタイプ。封止樹脂に可視光をカットするフィルター機能を持たせたタイプも存在する。



(可視カットタイプ)

受光デバイス共通

放射照度【 E_e 】

単位面積当たりに入射する放射束。(単位:W/cm²)

ピーク感度波長【 λ_p 】

受光感度が最大となる波長値。(単位:nm)

応答速度【 $tr \cdot tf$ 】

パルス入力光に対し光電流が各々最大値の10%→90%上昇、90%→10%下降する時間。(単位:ns or μ s)

指向半値角【 $2\theta_{1/2}$ 】

レンズ光軸方向の空間での受光感度分布特性。ピーク値の50%となる角度範囲で表す。(単位:deg.)

フォトダイオード

許容損失【 P_d 】

フォトダイオードの光電流と逆電圧により消費される電力許容量。(単位:mW)

逆電圧【 V_R 】

フォトダイオードのカソード側からアノード側に加える逆電圧の許容値。(単位:V)

暗電流【 I_D 】

光を遮断した状態で逆電圧を加えたフォトダイオードに流れる電流。(単位:nA)

光電流【 I_P 】

規定された条件において、入力光によりフォトダイオードのカソード側からアノード側に流れる電流。(単位: μ A)

端子間容量【 CT 】

フォトダイオードのカソード・アノード端子間の静電容量。(単位:pF)

感度【 S 】

照射した単波長光のエネルギー当たりに流れる電流。(単位:A/W)

フォトランジスタ

コレクタ・エミッタ間電圧【 V_{CE} 】

フォトランジスタのコレクタ側からエミッタ側に加わる電圧の許容値。(単位:V)

エミッタ・コレクタ間電圧【 V_{EC} 】

フォトランジスタのエミッタ側からコレクタ側に加わる電圧の許容値。(単位:V)

コレクタ・エミッタ間飽和電圧【 $V_{CE(sat)}$ 】

規定された飽和条件におけるフォトランジスタのコレクタ・エミッタ間電圧。(単位:V)

コレクタ電流【 I_C 】

フォトランジスタのコレクタ側からエミッタ側に流せる電流の許容値。(単位:mA)

コレクタ損失【 P_C 】

フォトランジスタの光電流とコレクタ電圧により消費される電力許容量。(単位:mW)

暗電流【 I_C 】

光を遮断した状態で正電圧を加えたフォトランジスタに流れる電流。(単位: μ A)

光電流【 I_C 】

規定された条件において、入力光により流れるフォトランジスタのコレクタ電流。(単位:mA)