

### 11-3 光半導体デバイス

#### ○光エネルギー→電気エネルギー

光のエネルギーを半導体が吸収して電子が励起する現象を利用したデバイス

例) 光導電セル(CdS セルなど)：光感知用センサに利用

光電池：照度計、露出計などに利用

太陽電池：発電素子

フォトダイオード、フォトトランジスタ：光センサに利用

#### ○電気エネルギー→光エネルギー

電気エネルギーを電界印加や電流注入という形で半導体に与えることで電子を励起し、再結合するときに発光する現象を利用したデバイス

例) EL (electro-luminescence)素子：電界印加型(固有電界発光)

発光ダイオード(LED)

半導体レーザ(LD)

#### 11-3-1 半導体の光吸収

光(エネルギー  $h\nu$ )が半導体に入射した時、光のエネルギーを吸収して価電子帯から伝導帯に電子が励起する(電子正孔対生成)。このとき吸収される光の最も長い波長  $\lambda_0$  は

$$\lambda_0 = \frac{1239.8}{E_G [\text{eV}]} [\text{nm}]$$

である。

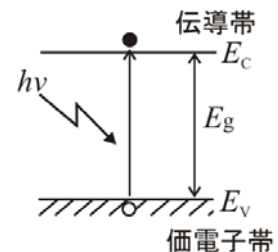


Fig.1 半導体への光入射

#### 11-3-3 太陽電池(solar cell)

太陽電池の構造は Fig.2 に示すように pn 接合となっている。pn 接合に光が入射されると、主に空乏層において電子正孔対が生成される。生成された電子は n 領域へ移動、正孔は p 領域へ移動する。

光が照射された時、流れる電流  $I$  は pn 接合の電流の式より

$$I = I_0 \left( \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1 \right) - I_L$$

となる。pn 接合の両端を短絡すると、外部回路に短絡電流  $I_{SC}$  が流れる。

$$I_{SC} = -I_L$$

ここで  $I_L$  は光電流である。pn 接合の両端を開放した場合、その開放電圧  $V_{OC}$  は

$$V_{OC} = \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{I_L}{I_0} + 1 \right)$$

となる(Fig.4)。光照射時の V-I 特性は Fig.5 に示すように電流値がマイナス方向にシフトする。

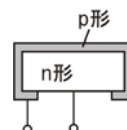


Fig.2 太陽電池の構造

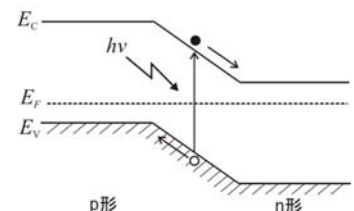


Fig.3 pn 接合

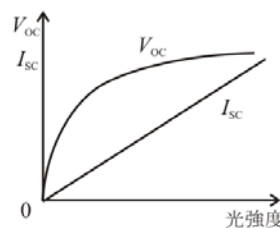


Fig.4 光強度の影響

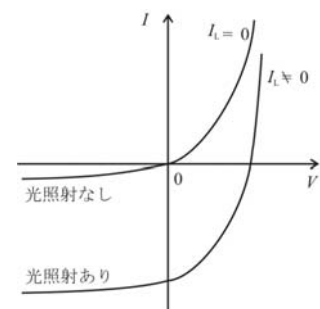


Fig.5 電圧-電流特性

### 11-3-6 発光ダイオード(light emitting diode : LED)

#### 発光(luminescence)

エネルギー準位間の遷移に基づく光放出

ex) レーザ、LED、蛍光灯、CRT、水銀灯、蛍など

放出光(自然放出)のエネルギーは

$$E_2 - E_1 = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

$\lambda$  : 放出光の波長(振動数  $\nu$ )

$h$  : プランク定数( $6.625 \times 10^{-34}$  [J])

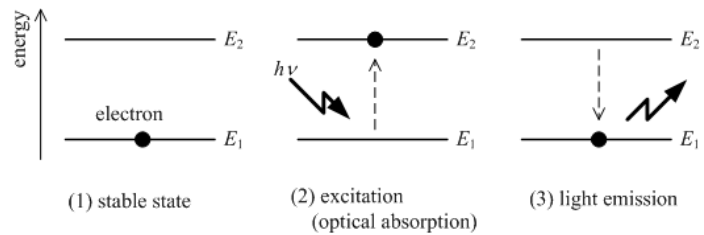


Fig.6 発光原理

pn 接合にキャリアを直接注入することによる励起。  
注入された電子、正孔が再結合して発光する。

また、発光色は半導体材料のバンドギャップの大きさに依存する。可視光領域の光のエネルギーは次の通りである。

赤(700nm) : 約 1.7eV

緑(555nm) : 約 2.2eV

青(400nm) : 約 3eV

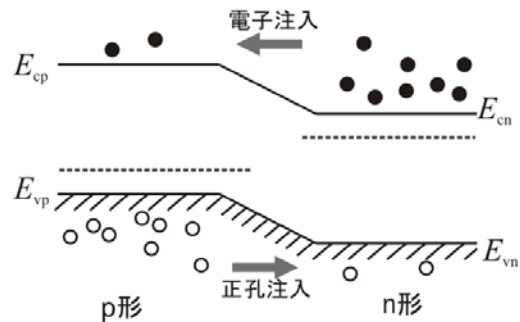


Fig.7 少数キャリアの注入

Si のバンドギャップは約 1.1eV で赤外域にある。化合物半導体の GaAs はバンドギャップが 1.4eV で 900nm の光(赤外線)を発光する。可視光領域を発光させる半導体材料として次の材料が使われている。

赤色～緑色 : GaP(不純物による)

青色～紫色 : ZnSe、GaN、SiC など

### 11-3-7 半導体レーザ(laser diode : LD)

#### レーザ(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

誘導放出による光増幅作用

**誘導放出** : 入射光と同波長、同位相の光が放出される。

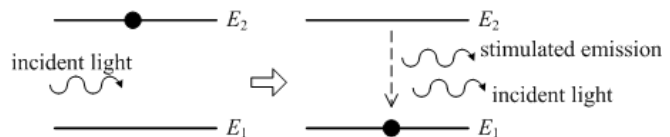


Fig.8 誘導放出

#### ・ダブルヘテロ接合(double hetero-junction)レーザ

同一材料の p,n 半導体の間に、バンドギャップの狭い異種の半導体を挟んだ構造。異なる材料による接合面を**ヘテロ接合**という。二つのヘテロ接合間(活性層)に両キャリアが閉じ込められることで、反転分布の状態をつくる。また、活性層の材料として屈折率が高い材料を選ぶことで、活性層に光が閉じ込められる(光共振器)。この二つの閉じ込め効果によってレーザ発振効率が改善される。

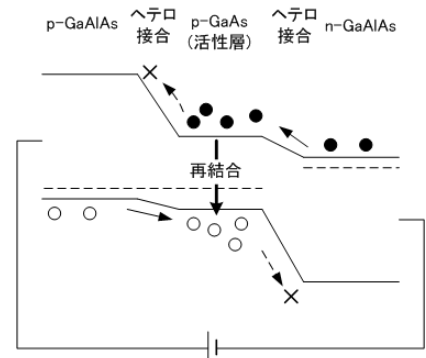


Fig.9 ダブルヘテロ接合