

12 光電素子

12-1 電子効果(electric effect)

外的刺激(光、熱、電磁界、力)によって物質内の電子分布等に変化が現れる現象を**電子効果(電子現象)**という。この効果を利用することにより、外的エネルギーと電気エネルギーとの変換が可能となる。

例) 光電素子

磁電素子(ホール素子、磁気抵抗素子 → 磁気センサ、電流センサとして利用)

圧電素子(ピエゾ素子 → 歪みセンサ、微小位置調整等)に利用)

熱電素子(熱電対、ペルチェ素子等 → 温度センサ、温度コントロールに利用)

12-2 光電効果(photoelectric effect)

○光エネルギー→電気エネルギー

・**外部光電効果(光電子放出効果)** external photoelectric effect (photo emission effect)

十分大きなエネルギーの光が物質に入射した時、電子が結晶表面の電位障壁を越えて真空中に放出される効果。

例) 光電管(光検出用電子管)

光電子増倍管(2 次電子放出を利用して光電子を増倍)

・**内部光電効果(光導電効果)** internal photoelectric effect (photo conductive effect)

光が入射することによってキャリアが発生し、物質の導電率が変化する効果。

例) CdS セル(光感知用センサ)

・**光起電力効果** photovoltaic effect

光が入射することによって起電力が発生する効果。

例) 太陽電池

フォトダイオード、フォトランジスタ(光センサ)

セレン光電池(照度計、露出計)

○電気エネルギー→光エネルギー

・**真性(固有)電界発光(エレクトロルミネセンス)** electro-luminescence: EL

キャリアを電界で直接励起し、励起されたキャリアがエネルギーを失う時に発光する。

例) 無機 EL 素子、有機 EL 素子(無機、有機ともにディスプレイとして利用)

・**注入形電界発光** carrier injection electro-luminescence

キャリアを直接注入して励起し、注入されたキャリアが再結合する時に発光する。

例) 発光ダイオード(LED)

半導体レーザ(LD)

12-3 光起電素子

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 λ_0 は

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

である。

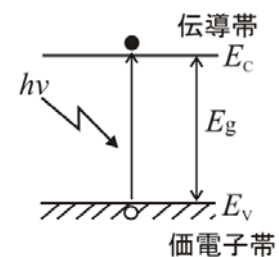


Fig.1 半導体への光入射

12-3-3 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。

光が照射されていない時、流れる電流 I_d は pn 接合の電流の式より

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

となる。pn 接合に光を入射し、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。

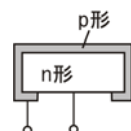


Fig.2 太陽電池の構造

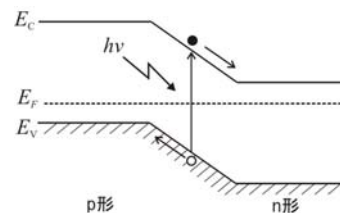


Fig.3 pn 接合

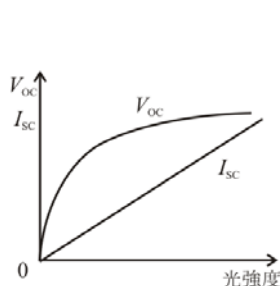


Fig.4 光強度の影響

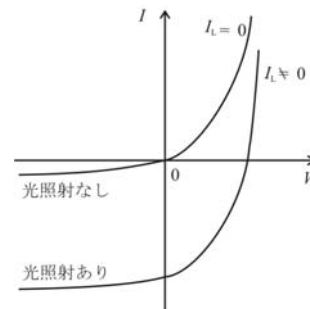


Fig.5 電圧-電流特性

12-5 発光素子

12-5-1 ルミネセンス luminescence

電子や正孔、原子等の粒子を励起する励起源によって分類される。

- ・フォトルミネセンス: 光、紫外線 (蛍光体、蛍光灯)
- ・カソードルミネセンス: 電子線 (ブラウン管)
- ・エレクトロルミネセンス: 電界、電流 (EL ディスプレイ、LED、LD)

注入ルミネセンス

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

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

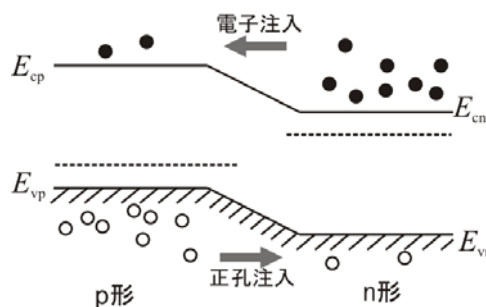


Fig.6 少数キャリアの注入