

発光デバイス

3.1 ルミネセンス(luminescence)

エネルギー準位間の遷移に基づく発光

3.1.1 ルミネセンスの種類

- (1) フォトルミネセンス：光、紫外線、X 線等で励起 (ex) 蛍光灯
- (2) カソードルミネセンス：電子線励起 (ex) CRT (ブラウン管)
- (3) ガス放電による励起： (ex) ガスレーザ、プラズマディスプレイ
- (4) 真性エレクトロルミネセンス (固有電界励起)：電界による励起 (ex) 無機 EL、有機 EL
- (5) 注入型エレクトロルミネセンス：キャリア注入による励起 (ex) LED、半導体レーザ(LD)
- (6) シンチレーション：放射線による励起
- (7) 化学ルミネセンス：化学反応、分子間エネルギー遷移による励起
- (8) 生物発光：生物が行う化学反応

- ・ 蛍光(fluorescence)：発光寿命が短いもの
- ・ 燐光(phosphorescence)：発光寿命が長いもの

3.1.2 半導体の発光機構

励起状態から電子・正孔の再結合によって発光する。

- ・ 放射再結合：フォトン放出する (発光する)
- ・ 非放射再結合：フォノンを放射する (発光しない)

(1) バンド間遷移 (教科書 p.33 図 3.4)

- a) 直接遷移型 (価電子帯頂上と伝導帯の底の k 値が同じ。発光確率大きい)：GaAs, AlSb, InSb, ZnO
- b) 間接遷移型 (価電子帯頂上と伝導帯の底の k 値が異なる。発光確率小さい)：Si, Ge, GaP

(2) 不純物準位による遷移

(3) 励起子 (エキシトン) による遷移

3.2 発光ダイオード

3.2.1 発光の仕組み

LED(Light Emitting Diode)：構造は pn 接合で、順バイアスを印加することで、それぞれの領域に少数キャリアを注入して、キャリア (電子と正孔) が再結合することによって発光する。

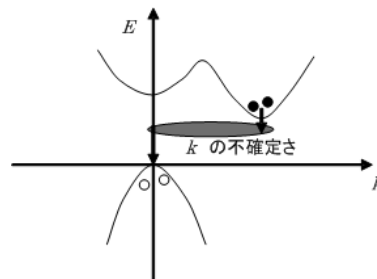
GaAs (直接遷移型)： $E_g = 1.43\text{eV}$ (発光波長 910nm)

GaP (間接遷移型)： $E_g = 2.26\text{eV}$ → 発光効率低い

GaAsP (混晶)：混晶の割合により E_g を制御

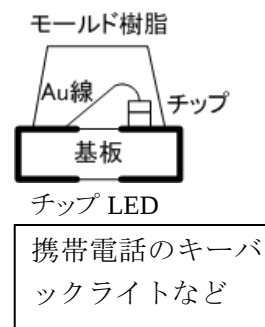
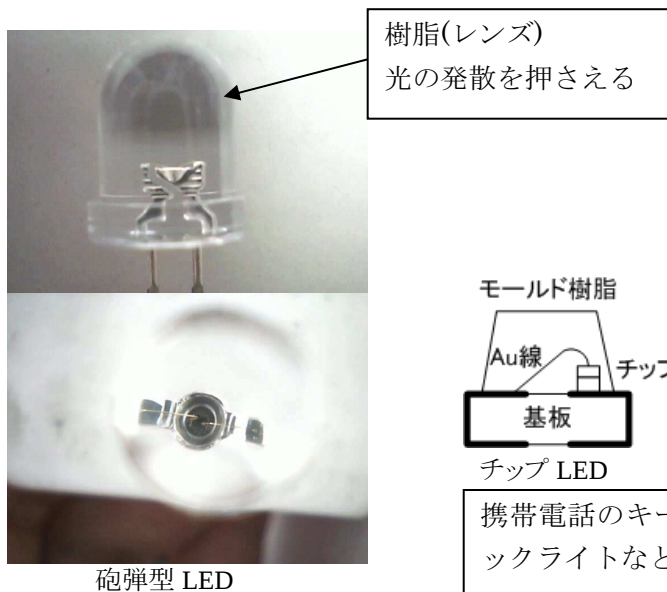
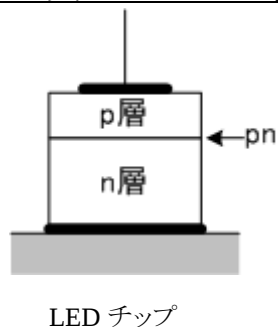
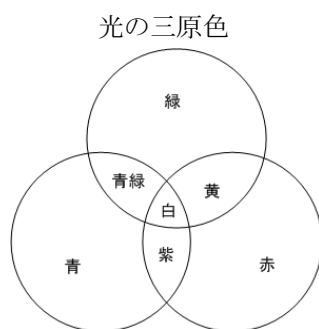
3.2.2 等電子 (アイソエレクトロニック) トラップの形成による発光効率の改善

電子を引きつけやすい窒素 N を半導体 GaP に添加することで、電子を N 原子に捕捉させ、電子の存在位置を (おおよそ) 確定させる。ハイゼンベルグの不確定性原理により、位置が確定されると運動量 p (すなわち波数 k) が不確定になるので、波数はどんな k 値でも持てるようになる。このように考えると、間接遷移型の GaP でも、直接遷移型と同じように再結合が行われる (発光効率が大きくなる)。



3.2.3 ダブルヘテロ接合による発光効率の改善

ヘテロ接合とは、バンドギャップ E_g が異なる (小さい) 材料を間に挟んだ pn 接合で、真ん中の発光層にキャリアを閉じ込めることによって再結合の確率を大きくして発光効率を上げる。

3.2.4 発光ダイオードの構造**3.2.5 発光ダイオードの応用**

1960～70 年 赤色 LED の実用化

1993 年 青色 LED の発明

1996 年 青 LED + 黄色蛍光体による白色 LED の開発

現在、ほとんどの LED はⅢ-V 族化合物半導体が使われている。

II	III	IV	V	VI
	B	C	N	O
	Al	Si	P	S
Zn	Ga	Ge	As	Se
Cd	In	Sn	Sb	Te
Hg	Tl	Pb	Bi	Po

短波長
↑
↓
長波長

短波長 LED

青 : InGaN

発光層に In をドーブ

紫 : AlInGaN

短波長化 → Al を増

長波長化 → In を増

応用、用途

赤外 LED : リモコン

信号機

大型ディスプレイ

液晶ディスプレイのバックライト

植物育成照明 (光合成)

医療用照明光源 (内視鏡、手術用照明など)

紫外 LED : 殺菌、光硬化樹脂やマニキュアの硬化、光触媒(酸化チタン触媒)

表示用 LED

7 セグメント (小数点を含めて 8 セグメント)

16 セグメント (アルファベット表示)

ドットマトリックス (漢字、1 文字あたり 256 ドット 16×16)