

## 實驗 (二)

### 雷射二極體(LD)與發光二極體(LED)的發光特性

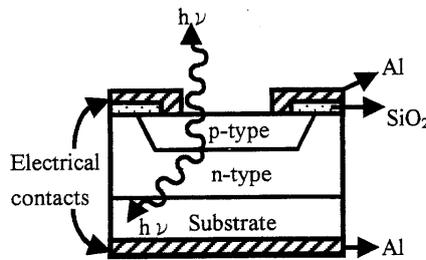
#### (一) 實驗目的：

量測 LED 與 LD 的 I-P curve (即注入電流 vs 發光功率)、L-P curve(即距離 vs 光功率)、與光頻分佈，並觀察邊射型與面射型半導體雷射的出光模態。

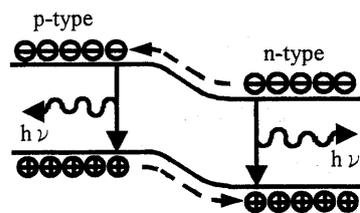
#### (二) 實驗原理：

**發光二極體** 發光二極體的基本結構如圖一(a)所示，它的發光機制是利用一個 p-n 二極體在順向偏壓作用下，會有少數載子注入(minority carrier injection)的現象，這些注入的多餘載子會與原先存在的多數載子再結合而放出光子，如圖一(b)所示。所以不同材料製的發光二極體，因其能階的結構不同，會產生不同的出射光譜分布，舉例來說，圖一(c)即為典型的 GaAs 半導體材料在 Si 和 Zn 的不同摻入雜質下的出射光譜。由圖可知其雖為單一色光源但頻寬頗寬，非唯一理想之單頻光源。

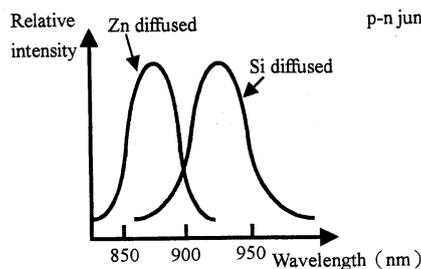
一般市售的發光二極體包裝大致都如圖一(d)。因為若按半導體材料特性方程式推導(詳閱 Wilson 所著"Optoelectronics: An introduction"中 Chap 4)，可知發光二極體具有很高的發光效率，但因 III-V 族材料的高折射率會使得光從材料中出射至空氣中時產生全反射，而使得只會有一部分的光射出至空氣中，因而大大減低其發光效率。而圖一(d)的包裝法可減低其全反射的現象而增加輸出效率，提高使用品質。



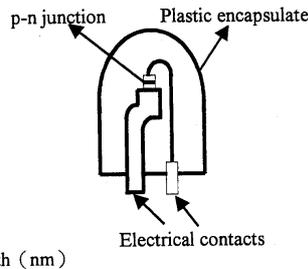
圖一(a)



圖一(b)



圖一(c)



圖一(d)

**半導體雷射** 圖二所示為一半導體雷射之基本結構，它的發光原理大致與發光二極體相同；p-n 介面的結構提供了一發光介質，除此之外兩者之不同在於半導體雷射具有三層不同折射率的材料之結構，一般讓中間層的折射率高於旁邊兩層。這樣的結構將產生一種波導的效應使光局限在中間層行進而不損失，再者因空氣與半導體材料之介面提供一反射的鏡面，所以光線在中間層可往返多次形成共振腔而產生雷射。舉例來說，一般市售的半導體雷射其材料通常是 III-V 族的 Ga-As，結構如圖三(a)所示；上下兩層分別是 p+型的 Ga-Al-As 與 n 型的 Ga-As，而中間為 p 型的 Ga-As，折射率分布如圖三(b)。中間的 p 型 Ga-As 為半導體雷射結構中的增益介質 (active media)，雷射由此側面射出。若假設 Ga-As 與空氣介面的反射率為 R，提供在 p-n 接面的順向偏壓為  $V_f$ ，介質 Ga-As 的損耗為  $r$ ，則半導體雷射輸出效率為：

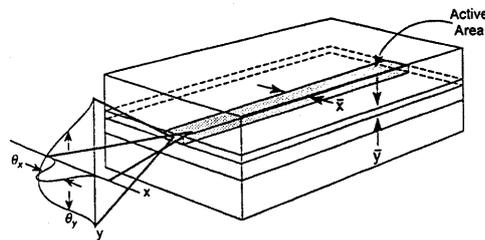
$$\eta = \eta_i \left[ \frac{J - J_{th}}{J} \right] \frac{h\nu}{eV_f} \frac{\ln\left(\frac{1}{R}\right)}{rL + \ln\left(\frac{1}{R}\right)}$$

其中：

- $J$  為加在 p-n 接面之電流密度
- $J_{th}$  為起始電流(threshold current)
- $\eta_i$  為材料之量子效率
- $L$  為材料之厚度

因此可知半導體雷射的輸出光有下列幾個特性：

1. 由於半導體雷射的特殊形狀，使其在縱向及橫向的發散情形不同，所以輸出光的橫向分佈為一橢圓形，如圖四(a)，必須經過特殊的擴束裝置方可使其成為一近似圓的分布。
2. 由於共振腔的共振條件會選擇適當的波長產生雷射，所以出射光譜的單頻性會較發光二極體為佳。圖四(b)為一典型的光譜分布。
3. 由以上式子可看出，輸入電流必須大於起始電流方有雷射輸出，且輸出大致與電流成正比。所以半導體雷射的調制可用應特性 3.所述；直接改變電流的大小而改變發光功率，進而產生訊號調制。



圖二