

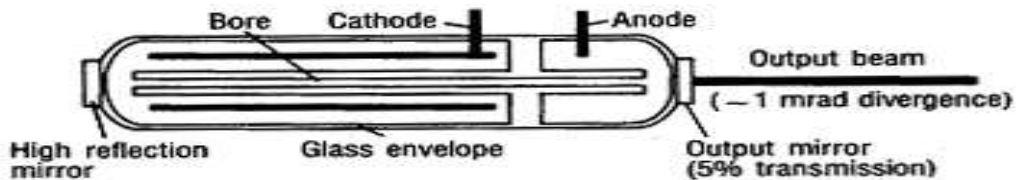
光電實驗(三) 氦氖雷射的縱模

(一) 實驗目的：

雷射為光電研究中不可或缺的工具，例如光學量測及同調光學皆須仰賴到它，而 He-Ne 雷射更是最常用的雷射光源。除非特別設計或經由其它方式過濾，否則一般來說雷射的光輸出並非僅有一種縱模態；這個實驗除了介紹 He-Ne 雷射基本原理及構造之外，最主要是藉由濾波裝置(Fabry-Perot 干涉儀)觀察 He-Ne 雷射中的縱模數，並計算出雷射共振腔的長度。

(二) 實驗原理：

He-Ne 雷射結構之簡介：He-Ne 雷射（或其它氣體雷射）的結構，如圖一所示，主要可分成三大部分：放電管、激發電源供應器和光學共振腔。放電管為一支毛細管，內部充入適當之氦氖混合氣體，它為雷射結構中的光增益介質，提供光放大的主要部份。放電管的兩端各加放電之陰極（鋁圓筒）與陽極（鎢針）。激發電源供應器為一高壓電源供應器，提供一高壓使放電管產生氣體放電，為雷射結構中的能量來源；光學共振腔一般主要由兩片鏡片組成，形成一個共振腔結構，使光線能在兩片鏡片中往返共振不漏失，而達到足夠的光放大效應。整個雷射的結構可由放電毛細管的兩端直接鍍上雷射鏡片形成內鏡式之 He-Ne 雷射，或是再接一 Brewster 窗口加上分離之兩片雷射鏡片，形成外鏡式的 He-Ne 雷射。不同的設計將使得雷射輸出光有不同的特性。



圖一

輸出光功率大小：一般而言，影響輸出光功率的大小因素主要有兩個：放電管之增益與光學腔之設計調整。若先不考慮光學腔之因素，則激發電源供應器所提供的放電電流大小直接影響到放電管之增益，進而使雷射輸出功率改變，當放電電流過高或過低都將使輸出功率變小，只有在某一放電電流時，輸出功率將達到最大之飽和值。(Why?)

雷射縱向模態(longitudinal mode)分析

按電磁學理論，光要在在光學共振腔內產生來回共振放大必須滿足一種共振條件，即為駐波(standing wave)：在共振腔的腔長是半波長的整數倍。

$$L = m \frac{\lambda}{2n}, m \text{ 為整數, 或 } \nu = m \frac{c}{2nL}, \text{ 其中 } \nu: \text{光頻率}$$

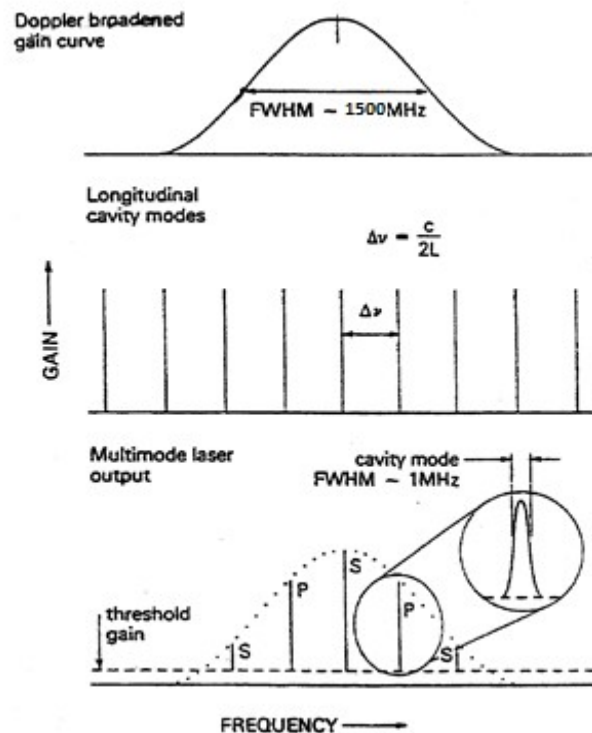
n : 共振腔內的折射率

c : 光速

L : 共振腔腔長

因此由上式可知，雷射輸出之縱向模態間距為 $\Delta\nu_{cav} = c/2nL$ ，此稱之雷射縱向模間距(modal spacing)。

雖然駐波條件決定間距，雷射真正的縱向模態輸出還決定於另一個因素：雷射放電管增益介質的放大頻寬(gain amplification bandwidth)。也就是說增益介質的作用範圍有一定頻率範圍限制，其對氣體雷射而言，通常決定於內部氣體分子的能階躍遷頻寬，它主要來自於 Doppler 效應的 Doppler broadening。一般此效應之頻寬較縱向模間距大，因此大部分之氣體雷射的輸出都同時存在數個縱向模態，如圖三所示。舉例來說，若一 He-Ne 雷射之共振腔長為 27.4cm，則算出來的 $\Delta\nu_{cav}$ 約為 548MHz(可試反算其氣體折射率)，而對波長 633nm 之氬氣分子能階，其 Doppler broadening 的頻寬和溫度及氣體分子比例有關，約為 800~1600MHz，一般取為 1500MHz。因此我們可以推論大約有 2~3 個縱向模態能產生共振，且大部分時間，我們可以發現均只有 2 個模態存在。利用 Fabry-Perot 干涉儀，我們可以觀察這些模態之特性。當只有 2 個模態存在時，此二模態互為相互垂直的線性偏極化，但若有三個模存在時，則相鄰之縱向模的偏極特性就不一定了。



圖二