

◆ 在激光形成阶段

须 $I_2 / I_0 > 1$

即 $R_1 R_2 e^{2GL} > 1$

$$G > \frac{1}{2L} \ln \frac{1}{R_1 R_2} = G_m$$

◆ 在激光稳定阶段

光强增大到一定程度后

须 $I_2 / I_0 = 1$

$$G = \frac{1}{2L} \ln \frac{1}{R_1 R_2} = G_m$$

式中 G_m ——称为**阈值增益**，即产生激光的最小增益。

在激光的形成阶段 $G > G_m$ ，光放大，
怎麼光强不会无限放大下去？

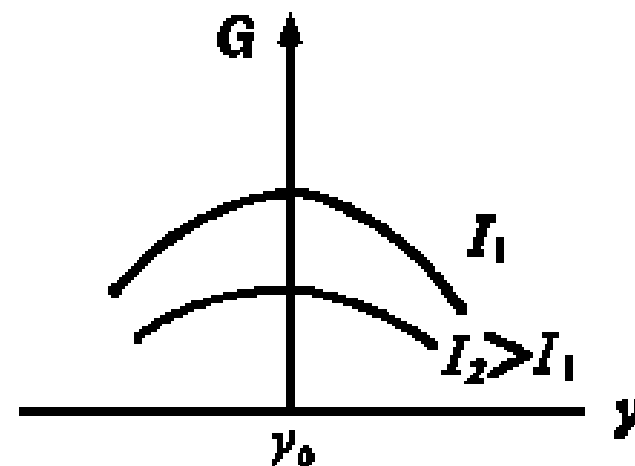


原因是实际的增益系数 G 不是常量,当 $I \uparrow$ 时, 会 $G \downarrow$ 。

这是由于光强增大伴随着粒子数反转程度的减弱。

(负反馈)

当光强增大到一定程度, G 下降到 G_m 时, 增益=损耗, 激光就达到稳定了。



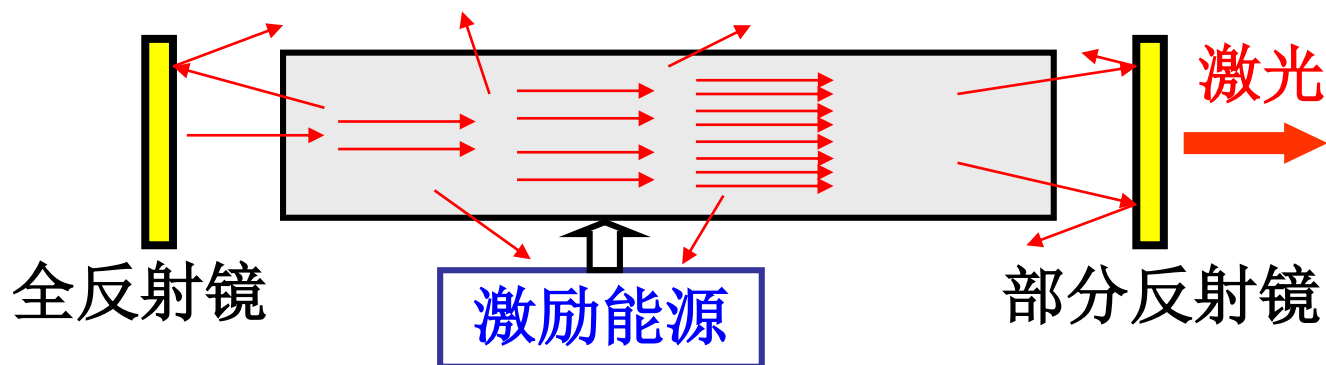
通常称

$$G \geq \frac{1}{2L} \ln \frac{1}{R_1 R_2} = G_m$$

-----为阈值条件(threshold condition)

五.光学谐振腔 (optical harmonic oscillator)

激活物质两侧的两个反射镜，构成一个“光学谐振腔”。



光学谐振腔的作用：

- 1.使激光具有极好的方向性（沿轴线）；
- 2.增强光放大作用（延长了工作物质）；
- 3.使激光具有极好的单色性（选频）。

选频之一：对于可能有多种跃迁的情况，
可以利用阈值条件来选出一种跃迁。

阈值条件为

$$G \geq \frac{1}{2L} \ln \frac{1}{R_1 R_2} = G_m$$

例如，氦氖激光器 N_e 原子的 $0.6328\ \mu\text{m}$, $1.15\ \mu\text{m}$, $3.39\ \mu\text{m}$ 受激辐射光中, 只让波长 $0.6328\ \mu\text{m}$ 的光输出。

我们可以控制 R_1 、 R_2 的大小:

由于反射率 R_1 、 R_2 与波长有关, 设计其值:

对 $0.6328\ \mu\text{m}$, R_1 、 R_2 大

— G_m 小(易满足阈值条件, 使形成激光);

对 $1.15\ \mu\text{m}$ 、 $3.39\ \mu\text{m}$, R_1 、 R_2 小

— G_m 大(不满足阈值条件, 形不成激光)。

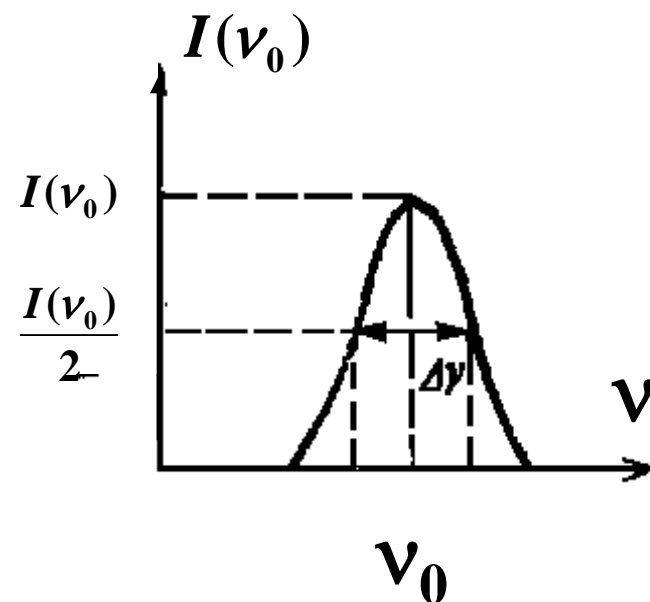
选频之二： 对于单一的跃迁，还可以利用选择纵模间隔的方法，进一步在该谱线宽度内再选频。

设氦氖激光器 N_e 原子的
0.6328 μm 受激辐射光的谱
 线宽度为 $\Delta\nu$, 如图所示。

$$\Delta\nu \approx 1.3 \times 10^9 \text{ Hz}$$

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2 \Delta\nu}{c} = 1.7 \times 10^2 \text{ \AA}$$

为什么激光的谱线宽度会小到
 $\Delta\lambda \approx 10^{-8} \text{ \AA}$?



光学谐振腔两端反射镜处必须是**波节**，光在谐振腔两端来回反射时产生干涉，只有相长干涉才能有输出，条件为：往返**光程**

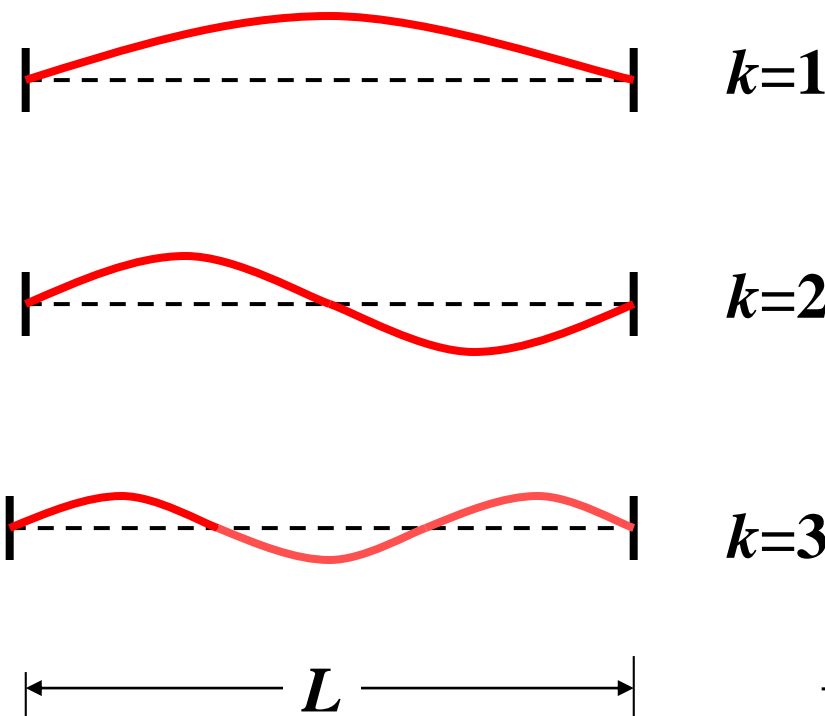
$$2nL = k\lambda_k$$

($k=1、2、3、....$)

n — 谐振腔内工作物质的折射率

λ_k — 真空中的波长

$$\lambda_k = \frac{2nL}{k}$$



激光管中可以存在的纵模频率为

$$\nu_k = \frac{c}{\lambda_k} = k \frac{c}{2nL}$$

相邻两个纵模频率的间隔为

$$\Delta \nu_k = \frac{c}{2nL}$$

数量级估计:

$$L \sim 1\text{m};$$

$$n \sim 1.0;$$

$$c \sim 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

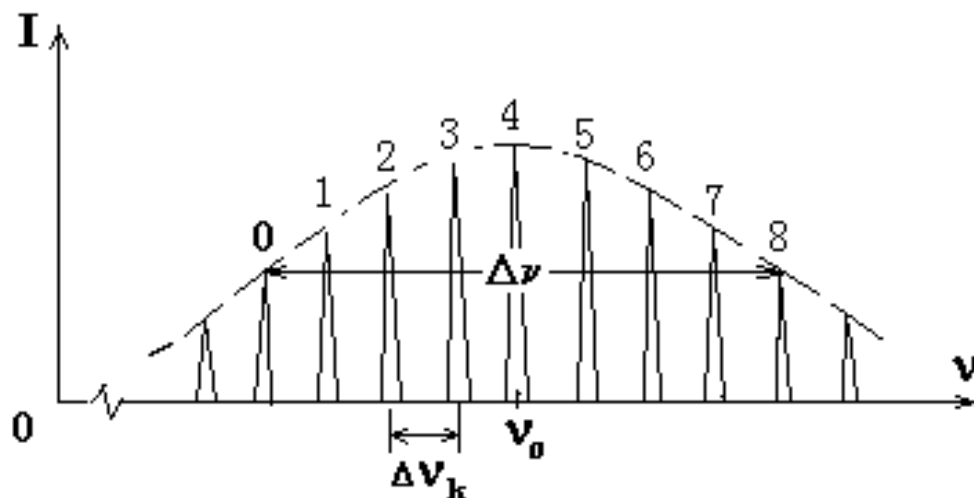
$$\Delta \nu_k = \frac{c}{2nL} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1 \times 1} = 1.5 \times 10^8 \text{ Hz}$$

而氦氖激光器 $0.6328\ \mu\text{m}$ 谱线的宽度为

$$\Delta\nu = 1.3 \times 10^9\ \text{Hz}$$

因此，在 $\Delta\nu$ 区间中，可以存在的纵模个数为

$$N = \frac{\Delta\nu}{\Delta\nu_k} = \frac{1.3 \times 10^9}{1.5 \times 10^8} \cong 8$$



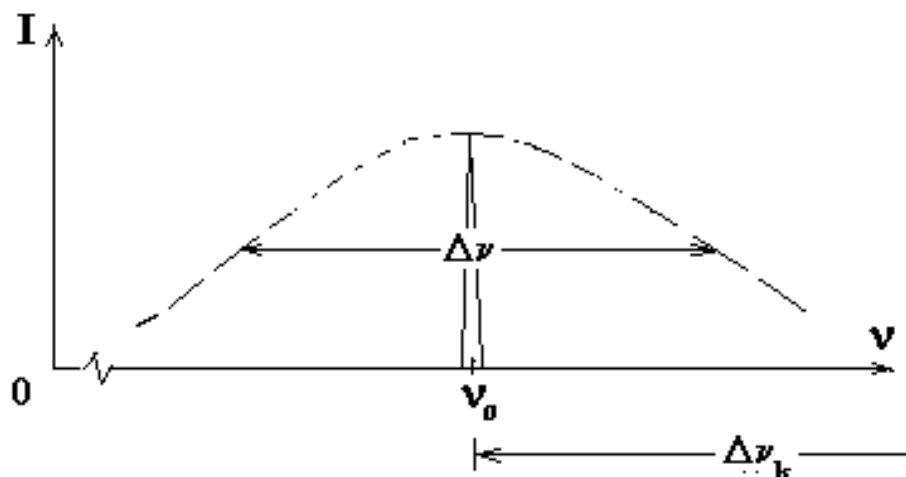
利用加大纵模频率间隔 $\Delta\nu_k$ 的方法,可以使 $\Delta\nu$ 区间中只存在一个纵模频率。

例如. 短腔法。缩短管长 L 到 10 cm,

即 $L \rightarrow L/10$ 则 $\Delta\nu_k \rightarrow 10 \Delta\nu_k$

$$\Delta\nu_k = \frac{c}{2nL}$$

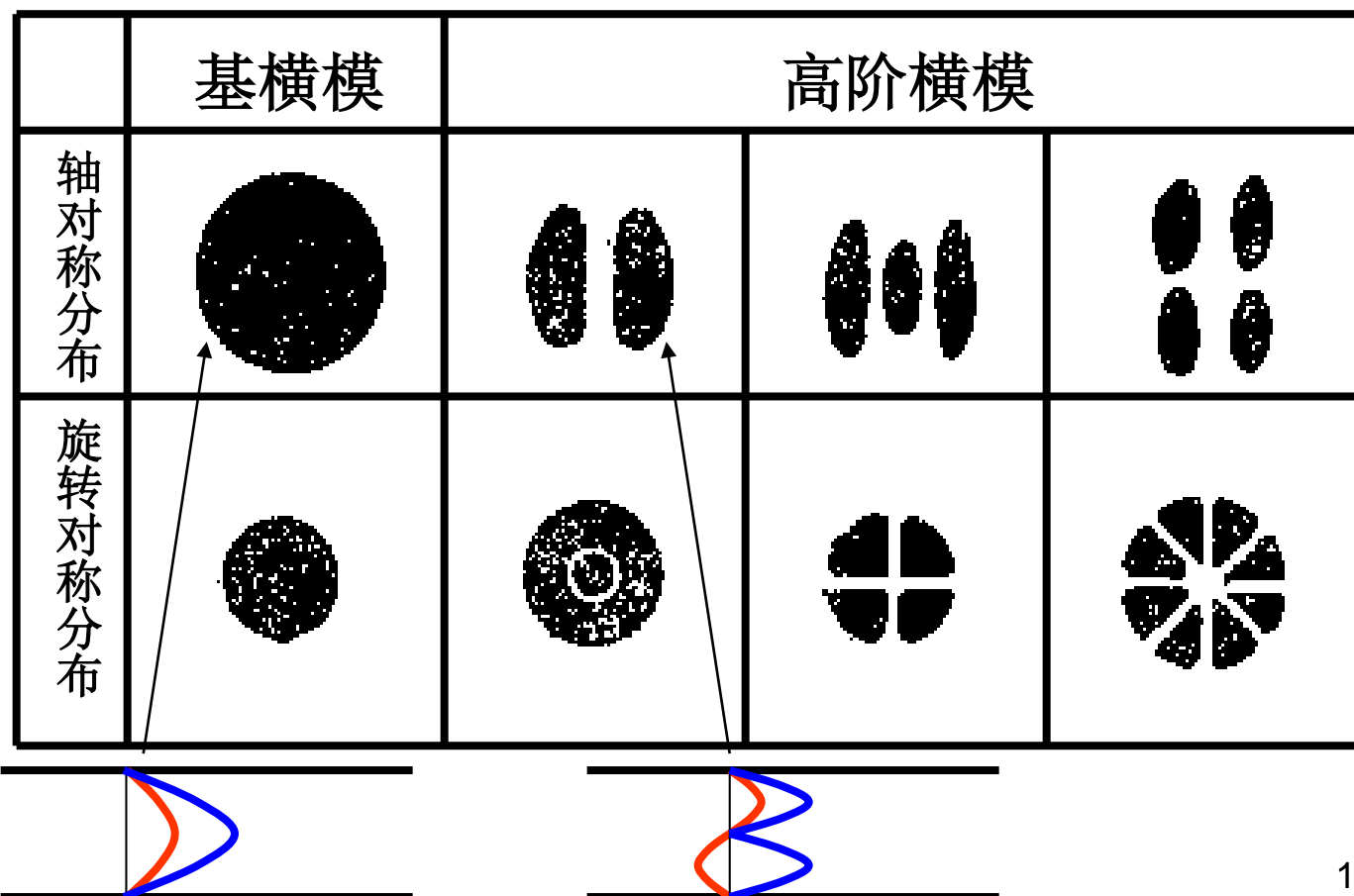
在 $\Delta\nu$ 区间中,可能存在的纵模个数为 $N=1$ 。



于是就获得了谱线宽度非常窄的激光输出,极大地提高了**0.6328 μm** 谱线的单色性。

激光除了有纵向驻波模式外，还有横向驻波模式：

基横模驻波
在激光光束
的横截面上
各点的位相
相同，空间
相干性最好。



小结：激光器的三个主要组成部分：

1.激活介质：

有合适的能级结构，能实现粒子数反转。

2.激励能源：

使原子激发，维持粒子数反转。

3.光学谐振腔：

保证光放大，使激光有良好的方向性和单色性。