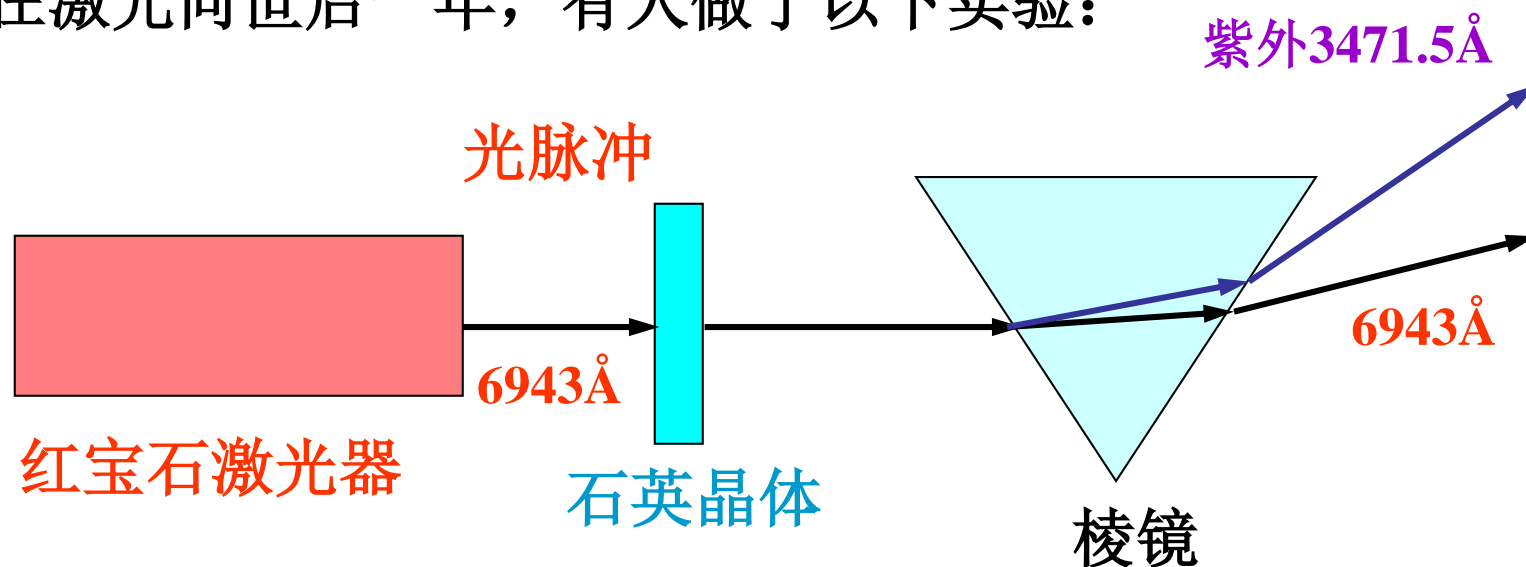


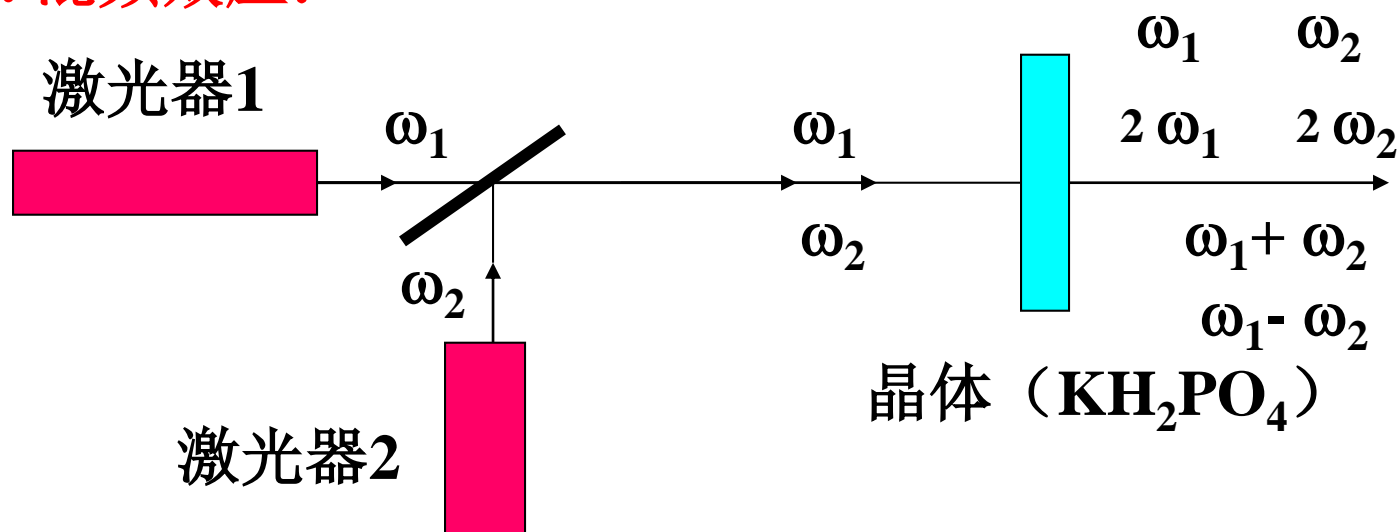
实验证明：确实有二倍频现象出现

在激光问世后一年，有人做了以下实验：



又如. 钕玻璃激光器的不可见光 ($1.06\text{ }\mu\text{m}$)
→ 铌酸钡钠晶体 → 可见光 ($0.53\text{ }\mu\text{m}$)

二. 混频效应:



设输入两束光 ω_1 、 ω_2

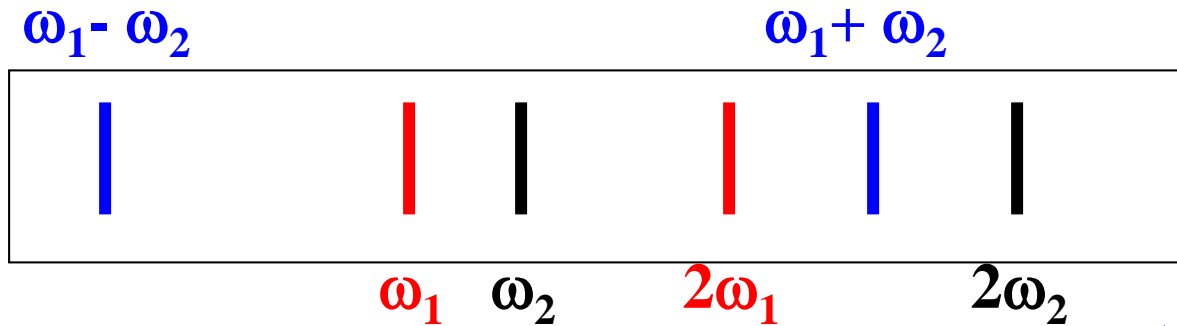
$$E = E_{10} \cos \omega_1 t + E_{20} \cos \omega_2 t$$

则 第二项

$$\chi^{(2)} E^2 = \chi^{(2)} (E_{10} \cos \omega_1 t + E_{20} \cos \omega_2 t)^2$$

$$\begin{aligned}\chi^{(2)} E^2 &= \chi^{(2)} (E_{10} \cos \omega_1 t + E_{20} \cos \omega_2 t)^2 \\ &= \chi^{(2)} E_{10}^2 / 2 (1 + \cos 2\omega_1 t) + \chi^{(2)} E_{20}^2 / 2 (1 + \cos 2\omega_2 t) \\ &\quad + \chi^{(2)} E_{10} E_{20} [\cos(\omega_1 + \omega_2)t + \cos(\omega_1 - \omega_2)t]\end{aligned}$$

实验证明：确实有混频现象出现



除出现二倍频 $2\omega_1$ 和 $2\omega_2$ 外，
还出现和频项 $(\omega_1 + \omega_2)$ 和 差频项 $(\omega_1 - \omega_2)$ 。

“倍频和混频”
扩展了激光的频谱，很有用。

三. 自聚焦

由电磁理论

$$C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}}$$

$$n = \frac{C}{v} = \frac{\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}}{\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}}} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \approx \sqrt{\epsilon_r}$$

(对光学媒质)

设光矢量为 E 时, 媒质中的电位移矢量的大小为 D , 有

$$D = \epsilon_0 \epsilon_r E$$


$$D = \varepsilon_0 \varepsilon_r E \quad \text{即} \quad \varepsilon_r = \frac{D}{\varepsilon_0 E}$$

而由 D 的定义, $D \equiv \varepsilon_0 E + P$

$$P = \chi^{(1)} E + \chi^{(2)} E^2 + \chi^{(3)} E^3 + \dots$$

所以 $D = \varepsilon_0 E + \chi^{(1)} E + \chi^{(2)} E^2 + \chi^{(3)} E^3 + \dots$

对普通光

$$D = \varepsilon_0 E \left[\left(1 + \frac{\chi^{(1)}}{\varepsilon_0} \right) + \dots \right]$$

$$\therefore \varepsilon_r = \left(1 + \frac{\chi^{(1)}}{\varepsilon_0} \right) + \dots$$

$$\therefore \epsilon_r = \left(1 + \frac{\chi^{(1)}}{\epsilon_0}\right)$$

由于 $\chi^{(1)} = \epsilon_0 \chi_e$

$$\therefore \epsilon_r = \underbrace{(1 + \chi_e)}_{\text{是常数}}$$

所以，折射率 $n = \sqrt{\epsilon_r}$ 与入射光强无关。

对激光

$$D = \epsilon_0 E + \chi^{(1)} E + \chi^{(2)} E^2 + \chi^{(3)} E^3 + \dots$$

$$D = \epsilon_0 E \left[\left(1 + \frac{\chi^{(1)}}{\epsilon_0}\right) + \frac{\chi^{(2)} E}{\epsilon_0} + \frac{\chi^{(3)} E^2}{\epsilon_0} + \dots \right]$$

$$D = \varepsilon_0 E \left[\left(1 + \frac{\chi^{(1)}}{\varepsilon_0} \right) + \frac{\chi^{(2)} E}{\varepsilon_0} + \frac{\chi^{(3)} E^2}{\varepsilon_0} + \dots \right]$$
$$\varepsilon_r = (1 + \chi_e) + \frac{\chi^{(2)} E}{\varepsilon_0} + \frac{\chi^{(3)} E^2}{\varepsilon_0} + \dots$$

折射率与光强有关，而且随光强增加而增大。

而如果入射光束截面上光强分布不均匀，
则在该截面上，媒质的折射率的分布也不均匀。

激光基横模光束的强度在截面上呈高斯分布，
轴线上光强最大，折射率也最大。

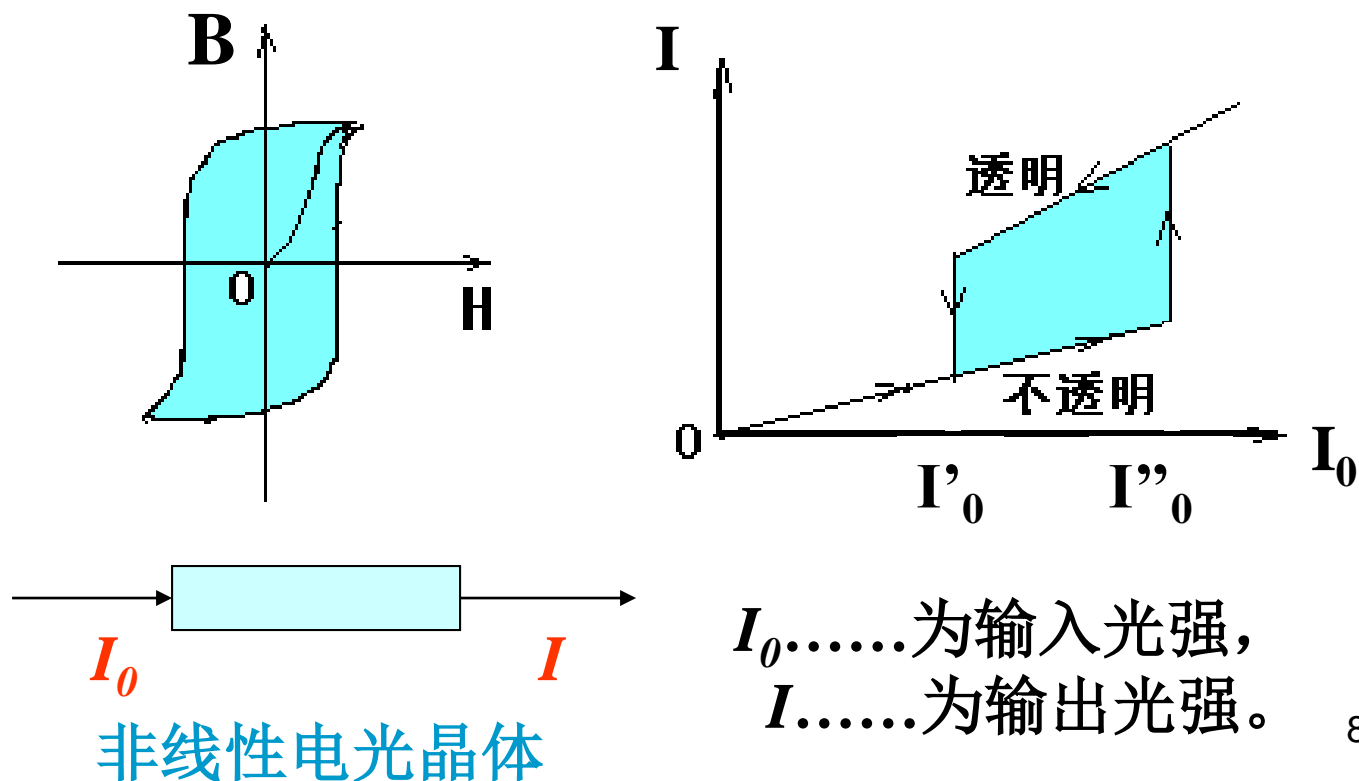
这就在媒质内形成一类类似于凸透镜的结构，
使光向轴上会聚，最后形成一束极细的光丝。

自聚焦现象

四. 光学双稳态

在电磁学，磁滞回线（即 $B \sim H$ 曲线）有非线性性质，利用它可以制作记忆元件。

非线性光学中也有类似于磁滞回线的现象，称为**光学双稳态**。



I_0为输入光强，
 I为输出光强。