



第八章 非线性光学简介

普通光 符合叠加原理.....线性光学

激光 不符合叠加原理.....强光光学、非线性光学

对各向同性介质：

★ E 不太大时 电极化强度

$$P = \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)E = \varepsilon_0\chi_e E = \chi^{(1)} E$$

—— P 与 E 成线性关系

式中 $\chi_e = \varepsilon_r - 1$ ---称为电极化率

$$\chi^{(1)} = \varepsilon_0\chi_e$$

★ 当 E 很大时 电极化强度

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

—— 非线性关系

$\chi^{(1)}$ 线性电极化率

$\chi^{(2)}$ 二次（阶）非线性电极化率

$\chi^{(3)}$ 三次（阶）非线性电极化率

可以证明：后一项对前一项的比值

$$\frac{\chi^{(2)} E^2}{\chi^{(1)} E} \approx \frac{\chi^{(3)} E^3}{\chi^{(2)} E^2} \approx \dots \approx \frac{E_{\text{光}}}{E_{\text{原子内}}}$$

而 $E_{\text{原子}} \approx 10^{11} \text{ V / m}$

◆ 对普通光

$E_{\text{光}} \sim 10^4 \text{ V/m}$, 此时

$$\frac{\chi^{(2)} E^2}{\chi^{(1)} E} = \frac{\chi^{(2)}}{\chi^{(1)}} E = \frac{E_{\text{光}}}{E_{\text{原子内}}} \approx 10^{-7}$$

∴ 高阶项不重要, 只留第一项, 成为线性效应;

◆ 对激光

$E_{\text{光}} \sim 10^7 \sim 10^{11} \text{ V/m}$ (甚至更高), 此时

$$\frac{\chi^{(2)} E^2}{\chi^{(1)} E} = \frac{\chi^{(2)}}{\chi^{(1)}} E = \frac{E_{\text{光}}}{E_{\text{原子内}}} \approx 10^{-4} \sim 10^0$$

第二项 $\chi^{(2)} E^2$ 就不能忽略了，
介质就表现出非线性效应。

下面举几个非线性效应的例子：

一. 倍频效应

由极化强度 P 中的第二项 $\chi^{(2)} E^2$ 会引起
倍频效应：

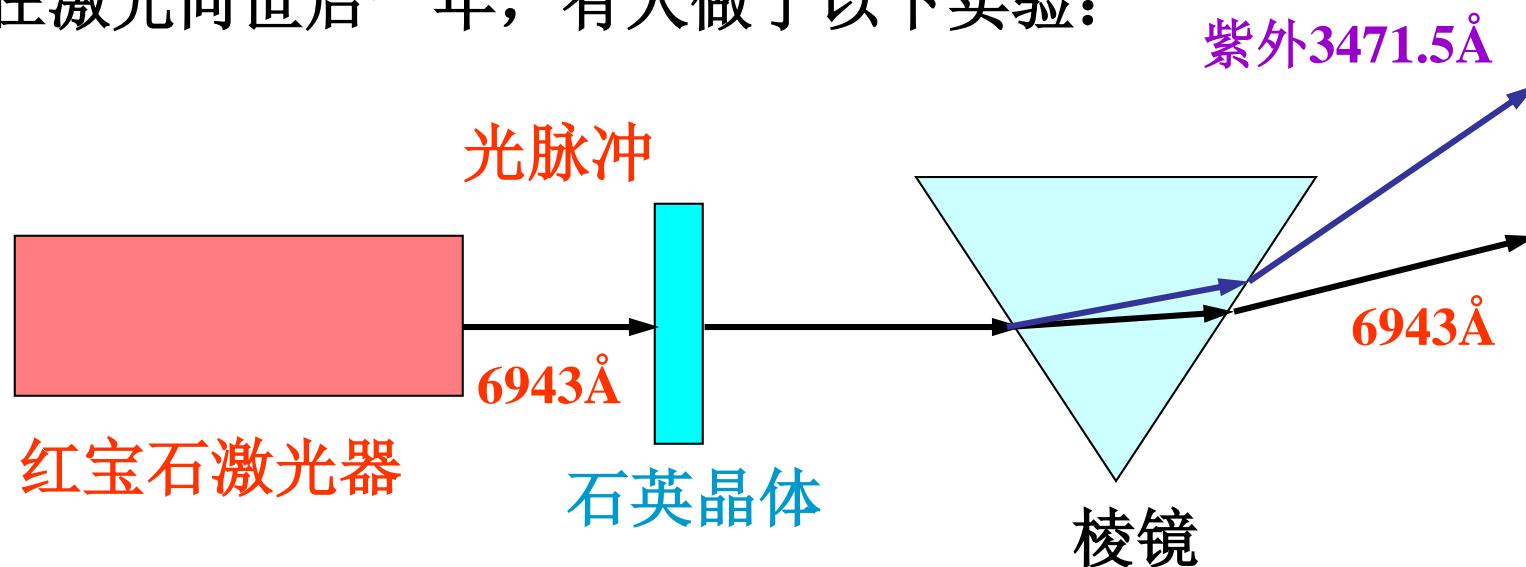
$$\text{若 } E = E_0 \cos \omega t$$

$$\text{则 第一项 } \chi^{(1)} E = \chi^{(1)} E_0 \cos \omega t$$

$$\begin{aligned} \text{第二项 } \chi^{(2)} E^2 &= \chi^{(2)} E_0^2 \cos^2 \omega t \\ &= \chi^{(2)} E_0^2 / 2 (1 + \cos 2\omega t) \end{aligned}$$

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 ($0.53\text{ }\mu\text{m}$)