

§ 10.4 非线性光学简介

一、概念：

激光出现之前的光学基本研究的是弱光束在介质中的传播、反射、折射、干涉、衍射、线性吸收和线性散射等现象。这些散射满足波的叠加原理，光场在物质中感生的电极化强度与外界电场强度成正比，即：

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E} = \alpha \vec{E}$$

物质对光场的响应与光的场强成线性关系——**线性光学**。



聊城大学

物理科学与信息工程学院

随着激光这种强光束的出现，物质对光场的响应与光的场强为非线性关系——非线性光学，即：

$$P = \varepsilon_0 \chi E + \varepsilon_0 \chi^{(2)} E^2 + \varepsilon_0 \chi^{(3)} E^3 + \varepsilon_0 \chi^{(4)} E^4 + \dots$$

$$P = \alpha \chi E + \beta E^2 + \gamma E^3 + \dots$$

式中 α ， β ， γ 都是与物质有关的系数

只有激光引进以后，非线性光学研究才得以快速发展。



聊城大学

物理科学与信息工程学院

二、非线性光学现象及技术

激光倍频技术，受激拉曼散射，激光自聚焦

1. 激光倍频技术

当激光与非线性介质作用，入射光通过介质后，其输出频率较入射频率有所变化，会出现倍频光、和频光与差频光。

入射单色强光电场强度

$$E = E_0 \cos \omega t$$



聊城大学

物理科学与信息工程学院

$$\begin{aligned}
 P &= \alpha E + \beta E^2 = \alpha E_0 \cos \omega t + \beta E_0^2 \cos^2 \omega t \\
 &= \alpha E_0 \cos \omega t + \beta \frac{E_0^2}{2} (1 + \cos 2\omega t) \\
 &= \underbrace{\frac{1}{2} \beta E_0^2}_{\text{恒定电场}} + \underbrace{\alpha E_0 \cos \omega t}_{\text{基频成分}} + \underbrace{\frac{1}{2} \beta E_0^2 \cos 2\omega t}_{\text{倍频成分}}
 \end{aligned}$$



聊城大学

物理科学与信息工程学院

入射两种不同频率的强光

$$E_1 = E_{10} \cos \omega_1 t \quad E_2 = E_{20} \cos \omega_2 t$$

$$E = E_1 + E_2$$

$$P = \alpha(E_{10} \cos \omega_1 t + E_{20} \cos \omega_2 t) \\ + \frac{1}{2} \beta E_{10}^2 (1 + \cos 2\omega_1 t) + \frac{1}{2} \beta E_{20}^2 (1 + \cos 2\omega_2 t) \\ + \beta E_{10} E_{20} [\cos(\omega_1 + \omega_2)t + \cos(\omega_1 - \omega_2)t]$$

和频成分 差频成分

介质除辐射直流、基频和倍频成分，还将辐射频率为和频与差频的光波，称为光学混频。



聊城大学

物理科学与信息工程学院

三、受激喇曼散射

当光束在透明介质中传播时，如果介质的光学性质不均匀，就会出现部分光束偏离原来传播方向的现象，就叫**光的散射**。

弹性散射

光与物质分子碰撞是弹性的，无能量交换。

入射光与散射光频率相同，

散射光强度与频率四次方成正比。

非弹性散射

散射光频率与入射光频率不相同。

有原频率 ν_0 成分，还有 $(\nu_0 - \Delta\nu)$ 和 $(\nu_0 + \Delta\nu)$ 成分

$\Delta\nu$ 与物质性质有关，与入射光频率无关。



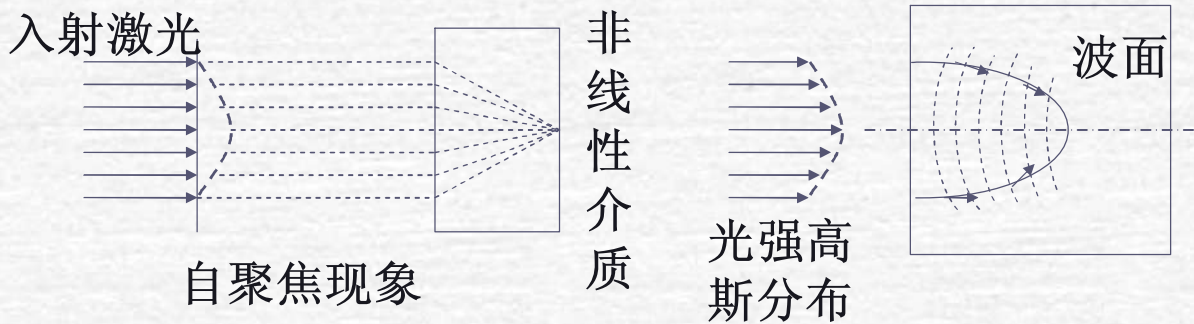
聊城大学

物理科学与信息工程学院

四、光束自聚焦效应

在强光作用下，介质的折射率不再是常数，会随入射光强度增大而变大。

激光束在截面上强度分布不均匀，呈**高斯分布**。



聊城大学

物理科学与信息工程学院