

# 全反射光波在反射界面上的 偏移和偏移时间

刘 慧<sup>1)</sup>刘福平<sup>2)</sup>

("东营电大, 山东东营 257091; "胜利油田职工大学)

摘 要: 利用全反射光的相移导出了全反射光在反射界面上的偏移和偏移时间。

关键词: 偏移, 偏移时间, 相移角

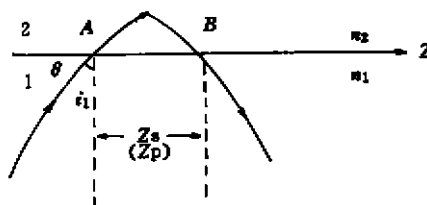
分类号: O435.1

全反射光 反射界面

在许多文献中都给出了全反射光因反射而产生的附加相差, 对产生这种现象的原因只是作了定性解释. 因光发生全反射时, 入射光不是严格在界面上反射的, 而是透射到第二种介质一定深度后被逐渐反射的, 这样光在第二种介质中的入射点和出射点就有一定的偏移和一定的偏移时间, 本文利用全反射光的相移角导出了全反射光在反射界面的偏移和偏移时间.

## 1 全反射光的偏移

如附图所示,  $i_1$  为入射角,  $\theta$  为入射光线与介质界面的夹角,  $n_1$ 、 $n_2$  为介质 1 和 2 的折射率. 设  $S$  分量表示偏振光的偏振化方向垂直于入射面的电场分量;  $P$  分量表示偏振光的偏振化方向平行于入射面的电场分量.  $S$ 、 $P$  分量因全反射而产生的相角  $\delta_s$ 、 $\delta_p$  为<sup>[4,5]</sup>



附图

$$\delta_s = 2\text{tg}^{-1} \frac{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}{\cos i_1}, \quad (1)$$

$$\delta_p = 2\text{tg}^{-1} \frac{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}{n^2 \cos i_1}, \quad (2)$$

式中  $n = n_2/n_1 < 1$ .

设电场的全反射波为

$$E_s = A_s \exp[i(\beta Z - \omega t + \delta_s)], \quad (3)$$

$$E_p = A_p \exp[i(\beta Z - \omega t + \delta_p)], \quad (4)$$

式中  $E_s$ 、 $E_p$  分别是 S、P 分量反射光电场,  $A_s$ 、 $A_p$ ,  $\omega$  为光的角频率,  $i$  为单位虚数,  $\beta$  为光沿 Z 轴的相移常数, 其中

$$\beta = 2\pi n_1 \cos \theta / \lambda = k n_1 \cos \theta, k = 2\pi / \lambda,$$

$k$  称为波数,  $\lambda$  为光波波长, 所以

$$\cos \theta = \beta / k n_1 = \sin i_1, \quad \cos i_1 = \sqrt{1 - (\beta / k n_1)^2}.$$

光由 A 点折射进入第二种介质, 从 B 点返回第一种介质, 其向右(沿界面)移过的距离  $Z_s$ 、 $Z_p$  为 s、p 分量的偏移, 由方程(1)、(3)得

$$\begin{aligned} Z_s &= \frac{\partial \delta_s}{\partial \beta} = \frac{2}{1 + (\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2} / \cos i_1)^2} \frac{\frac{\partial}{\partial \beta} (\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}) \cos i_1 - \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2} \frac{\partial}{\partial \beta} \cos i_1}{\cos^2 i_1} \\ &= \frac{2}{\cos^2 i_1 + \sin^2 i_1 - n^2} \left[ \frac{\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial \beta} (\frac{\beta}{k n_1})^2}{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}} \cos i_1 - \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2} \frac{-\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial \beta} (\frac{\beta}{k n_1})^2}{\sqrt{1 - (\beta / k n_1)^2}} \right] \\ &= \frac{2\beta / (k n_1)^2}{\cos^2 i_1 + \sin^2 i_1 - n^2} \left[ \frac{\cos^2 i_1 + \sin^2 i_1 - n^2}{\cos i_1 \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}} \right] = \frac{2\beta / (k n_1)^2}{\beta \cos i_1 \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}, \\ &= \frac{2 \cos^2 \theta}{k n_1 \cos \theta \cos i_1 \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}} = \frac{2 \cos^2 \theta}{k n_1 \cos i_1 \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}, \end{aligned} \quad (5)$$

由方程(2)、(4)得

$$\begin{aligned} Z_p &= \frac{\partial \delta_p}{\partial \beta} = \frac{2}{1 + (\frac{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}{n^2 \cos i_1})^2} \frac{1}{n^2} \left[ \frac{\frac{\partial}{\partial \beta} (\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}) \cos i_1 - \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2} \frac{\partial}{\partial \beta} \cos i_1}{\cos^2 i_1} \right] \\ &= \frac{2\beta / (k n_1)^2}{n^2 \cos^2 i_1 + (\sin^2 i_1 - n^2) / n^2} \cdot \frac{\cos^2 i_1 + \sin^2 i_1 - n^2}{\cos i_1 \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}} \\ &= \frac{2 \cos \theta}{k n_1 \cos i_1 \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}} \cdot \frac{\cos^2 i_1 + \sin^2 i_1 - n^2}{n^2 \cos^2 i_1 + (\sin^2 i_1 - n^2) / n^2} \\ &= \frac{\cos^2 i_1 + \sin^2 i_1 - n^2}{n^2 \cos^2 i_1 + (\sin^2 i_1 - n^2) / n^2} Z_s. \end{aligned} \quad (6)$$

## 2 全反射光的偏移时间

光由 A 点传播到 B 点所用时间为全反射光的偏移时间, 用  $t_s$ 、 $t_p$  分别表示 S、P 分量的偏移时间. 因  $\beta = \omega n_1 \cos \theta / C$ , 所以  $\cos \theta = \frac{\beta C}{n_1 \omega}$ , 其中  $C$  为光在真空中的速度.

$$\sin i_1 = \cos \theta, \cos i_1 = \sqrt{1 - (\frac{\beta C}{n_1 \omega})^2}$$

由方程(1)、(3)得

$$\begin{aligned}
 t_s &= -\frac{\partial \delta_s}{\partial \omega} = \frac{-2}{1 + (\sin^2 i_1 - n^2)/\cos^2 i_1} \cdot \frac{\partial}{\partial \omega} \left[ \frac{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}{\cos i_1} \right] \\
 &= \frac{-2}{\cos^2 i_1 + \sin^2 i_1 - n^2} \left( -\frac{\beta^2 C^2}{n_1^2} \frac{1}{\omega^3} \right) \left[ \frac{\cos i_1}{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}} + \frac{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}{\cos i_1} \right] \\
 &= \frac{2 \cos^2 \theta}{k C \cos i_1 \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}} = \frac{n_1}{C} Z_s \cos \theta, \quad (7)
 \end{aligned}$$

由方程(2)、(4)得

$$\begin{aligned}
 t_p &= -\frac{\partial \delta_p}{\partial \omega} = \frac{-2}{1 + \left( \frac{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}{n \cos i_1} \right)^2} \frac{1}{n^2} \frac{\partial}{\partial \omega} \left[ \frac{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}{\sin^2 i_1} \right] \\
 &= \frac{-2}{n^2 \cos^2 i_1 + (\sin^2 i_1 - n^2)/n^2} \left( -\frac{\beta^2 C^2}{n_1^2} \frac{1}{\omega^3} \right) \left[ \frac{\cos i_1}{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}} + \frac{\sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}}{\cos i_1} \right] \\
 &= \frac{2 \cos^2 \theta}{k C \cos i_1 \sqrt{\sin^2 i_1 - n^2}} \cdot \frac{\cos^2 i_1 + \sin^2 i_1 - n^2}{n^2 \cos^2 i_1 + (\sin^2 i_1 - n^2)/n^2} = \frac{n_1}{C} Z_p \cos \theta, \quad (8)
 \end{aligned}$$

(7)、(8)两式还可通过下面方法得到:

因  $\beta = \omega n_1 \cos \theta / C$ . 光沿  $Z$  方向流动的群速度为  $v_{gz} = \frac{d\omega}{d\beta} = \frac{C}{n_1 \cos \theta}$  所以

$$t_s = \frac{Z_s}{v_{gz}} = \frac{n_1}{C} Z_s \cos \theta, t_p = \frac{Z_p}{v_{gz}} = \frac{n_1}{C} Z_p \cos \theta.$$

### 参 考 文 献

- 1 赵凯华, 钟锡华. 光学(上). 北京: 北京大学出版社, 1983. 243~267
- 2 刘福平等. 反射椭圆偏振光的偏振态. 山东师大学报(自然科学版), 1995, 10(1), 20~23
- 3 刘福平等. 线偏振光经界面全反射后的偏振态. 石油大学学报(自然科学版), 1996, 20(3), 118~121
- 4 刘福平等. 反射椭圆偏振光椭圆形状的变化. 聊城师院学报(自然科学版), 1996, 9(2), 50~53
- 5 刘福平等. 椭圆偏振光的全反射. 山东师大学报(自然科学版), 1996, 11(4), 52~55

### 两原子与双模腔场喇曼相互作用( $g_1 \neq g_2$ )的辐射谱

冯 健<sup>1)</sup> 宋同强<sup>2)</sup> 王文正<sup>3)</sup> 许敬之<sup>3)</sup>

(<sup>1)</sup>聊城师范学院物理系, 聊城 252059, <sup>2)</sup>光通信研究所)

**摘 要:** 研究了两个有效双能级原子与双模腔场具有不同耦合常数( $g_1 \neq g_2$ )时通过喇曼相互作用的辐射谱, 详细讨论了双模腔场分别处于不同数态时的情形, 发现其辐射谱具有如下新特点, 当模1腔场处于真空态, 模2腔场处于弱场中时, 随着  $R = g_1/g_2$  的增加, 辐射谱交替出现对称的10峰、6峰结构, 与单模双原子情形相比, 更为灵敏地反映出两原子与腔场间不同的喇曼相互作用强度; 当模1腔场处于真空态、模2腔场处于强场中时,  $0 < R < 1$  的辐射谱展现出对称的10峰结构;  $n_1=1, n_2=50$  的谱与  $n_1=50, n_2=1$  的谱之间的明显差别反映了模1、模2腔场与两原子喇曼相互作用过程中的不同地位. 最后, 给出了一般情况下辐射谱呈现出对称16峰结构的物理解释.

摘自《物理学报》1996年第45卷第8期