

非线性晶体中的二倍频实验报告

(实验日期:)

激光产生以后,在传统的光学基础上又建立起一个内容丰富,发展迅速的崭新分支——非线性光学。新的学科引起了光学工作者的极大兴趣和高度重视,一直作为前沿课题深入研究和探索。本实验对非线性光学中的二倍频,和频效应做了实验验证。

关键词: 非线性光学, 二倍频, 和频

I. 引言

与线性光学不同的是,当强光作用于物质后,表征光学特性的许多参数如折射率、吸收系数、散射截面等不再是常数,而是一个与入射光有关的变量,相应也出现了在线性光学中观察不到的许多新的光学现象,非线性光学的产生与研究,不仅加深了我们对光与物质相互作用本质的认识,推动了基础光学理论的发展,同时也具有极重要的实用价值,如通过二倍频、三倍频、和频、差频、参量振荡等技术手段,可获得新的光波,大大拓宽了可获取的激光波长范围,填补了某些波长的空白。新的光源可广泛应用于科学研究、军事、工业、农业、医学等领域。在种类繁多的非线性光学效应中,二级非线性效应(包括二倍频、和频及差频)是最基本的,应用最广泛的一种,本实验将主要学习它。希望通过此实验,能对非线性光学的基本原理有所了解;掌握二倍频、和频的产生原理及方法;分析影响倍频转换效率的主要原因;认识相位匹配在非线性光学过程中的重要作用。

II. 理论

1. 非线性光学基础

光作用于物质后,极化强度矢量和入射场的关系式为

$$\mathbf{P} = \xi^{(1)}E + \xi^{(2)}E^2 + \dots$$

$\xi^{(1)}, \xi^{(2)}, \xi^{(3)}$ 称为线性极化率,越高阶其值越小,但当入射光的电场较强时,不仅有线性现象,而且非线性现象也不同程度地表现出来。新的光波中不仅含有入射的基波频率,还有二次谐波、三次谐波等频率产生,形成能量转移,频率变换。这也正是只有在高强度的激光出现以后,非线性光学才得到迅速发展的原因。

2. 非线性极化系数非线性关系中, $\xi^{(2)}$ 是三阶张量,又对称性就,矩阵元减为 18 个分量。由于各种非线性晶体都有特殊的对称性,使得有些分量为 0,有些相等,有些

*

相反, 例如 KD^*P 晶体, 有

$$d_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & d_{14} \\ 0 & 0 & 0 & d_{25} \\ 0 & 0 & 0 & d_{36} \end{pmatrix}$$

$$d_{14} = d_{25}$$

3. 相位匹配

倍频转换效率

$$\eta = P^{2w} / P^w$$

$$\Delta k = \frac{2\pi}{\lambda}(n^w - n^{2w})$$

理论推导得到当 $\Delta k = 0$ 的时候, 转换效率最大, 相位匹配的实质是使得基频光在晶体中沿途激发的倍频光到达出射面时具有相同相位, 这样可使得干涉增强。

角度相位匹配是入射光以一定角度入射晶体, 通过晶体的双折射, 由折射率的变化来补偿正常色散而实现相位匹配的, 这称为角度相位匹配, 角度相位匹配又可分为两类: 第一类是入射同一种线偏振光, 负单轴晶体将两个基频 o 光光子转变为一个倍频的 e 光光子, 正单轴晶体将两个 e 光光子转变为一个倍频的 o 光光子; 第二类是入射光中同时含有 o 光和 e 光两种线偏振光, 负单轴晶体将两个不同的光子变为一个倍频的 e 光光子, 正单轴晶体变为一个倍频的 o 光光子。

本实验无论倍频还是和频, 用的都是负单轴 KD^*P 晶体第二类相位匹配。相位匹配的方法除了前述的角度匹配外, 还有温度匹配, 后者使用不普遍, 这里不作细述。在影响倍频效率的诸因素中, 除前述的比较重要的三方面外, 还需考虑到晶体的有效长度 L , 和模式状况。如果晶体过长时, 会造成倍频效率饱和; 晶体过短, 则转换效率比较低。

倍频光脉冲比基频光脉冲宽度变窄, 谱线宽度变窄。

III. 实验装置

如图1所示, YAG 固体激光器产生 $1.06\mu m$ 红外激光, 经过 K^*DP 二倍频晶体, 实现倍频或和频功能, 通过反射镜将基频光与倍频光分开, 功率计以及单色仪负责功率和频率的测量。

IV. 实验结果及结论

首先对光路进行校正, 按照之前的示意图搭好光路, 测量二倍频晶体出射光强与晶体方位的关系曲线: $I_{2w} - \theta$, 如表 1 所示

表 1 数据绘成图如图2所示

由于实验室功率计损坏, 不能观察到相位匹配时得到的功率尖峰, 因此实验测得的数据意义不大, 从肉眼上我们大致判断最佳相位匹配角为 32.5°

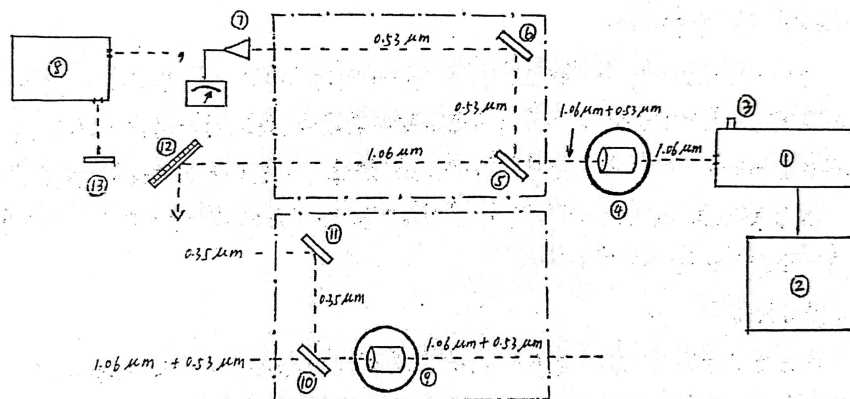


图 1. 实验装置示意图

表 I. 二倍频晶体出射光强与晶体方位的关系曲线

θ	I/mW
$32^{\circ}0'$	1.66
$32^{\circ}10'$	1.72
$32^{\circ}20'$	1.55
$32^{\circ}30'$	1.70
$32^{\circ}40'$	1.72
$32^{\circ}50'$	1.69
$33^{\circ}0'$	1.64

V. 思考题

1. 因为三倍频对应的三阶极化率在数量级上远远小于二阶极化率，如果使用三倍频会导致转化效率大大降低，而且其中还会引入二倍频带来的其他频率的光。

2. 由于时间关系没有做三倍频，第二类相位匹配要求一个频率的光是 o 光，另一个是 e 光，偏振方向相反，因此可以使用偏振片来探测两个频率的光，旋转角度，探测是否两次出现光强极大的角度夹角为 90° 。

3. 因为书上已经说明，上课的时候也没有时间仔细看晶体，但我觉得激光器的偏振方向与水平成 45° 一定程度上暗示了对于晶体来说，入射光是 o 光 e 光的叠加。

4. 不是，紫外光的来源我觉得可能是色散，因为入射的激光本实验中是白色的，经过晶体和两个反射镜，可能有紫色频率的光没有被分开，绿光是残留的二倍频率的光，由于反射镜不是完美的，也会反射部分绿光。能，因为书上说了可以，单色仪通过光栅衍射原理进行频率识别，其参数使得紫外波段能很好的识别。

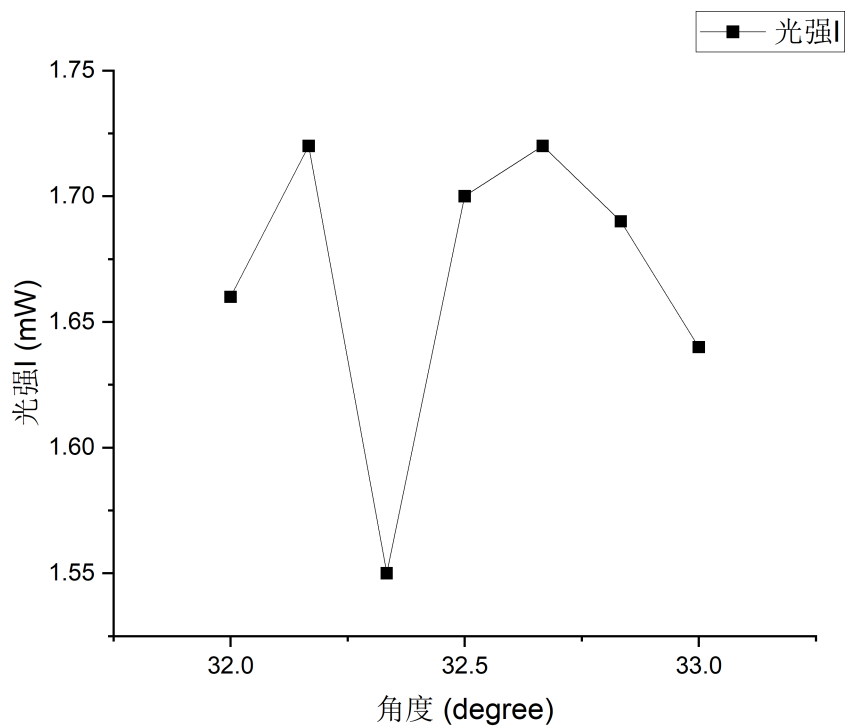


图 2. 相位匹配角附近光强图像

VI. 结论

本实验对非线性光学中的二倍频，和频效应做了实验验证。通过此实验，我们对非线性光学的基本原理有所了解；掌握二倍频、和频的产生原理及方法；分析影响倍频转换效率的主要原因；认识相位匹配在非线性光学过程中的重要作用。然而由于仪器原因，实验未能达到期望效果。

VII. 致谢