

Y₃Ga₅O₁₂:Cr³⁺ 激光晶体的色散测量

李运奎

胡伯清

(中国科学院安徽光学精密机械研究所) (中国科学院物理研究所)

摘 要

本文首次报道了 Y₃Ga₅O₁₂:Cr³⁺ 晶体的色散,根据 Sellmeier 公式拟合了该晶体的色散曲线. 折射率的计算值与实验值符合很好.

发射截面 $\sigma_e(\omega)$ 是激光晶体的重要参数之一. 色散问题涉及发射截面的计算. 发射截面反比于折射率的平方^[1], 折射率的任何变化都将引起发射截面的相应变化, 特别是当存在反常色散时, 在选择吸收中心附近将会引起发射截面的突变.

本实验测量了 Y₃Ga₅O₁₂:Cr³⁺ 晶体的折射率在可见光谱区域 (4047—6943 Å) 内随入射波长的变化, 未发现选择吸收中心. 应用 Sellmeier 色散公式拟合了色散曲线, 结果表明, 在可见光谱区域, Y₃Ga₅O₁₂:Cr³⁺ 晶体的色

散属于正常色散.

一、实验测量

样品是采用熔盐法生长的 Y₃Ga₅O₁₂:Cr³⁺ 晶体(单晶), 其中 Cr³⁺ 含量的重量百分比为 0.313 wt.%. 棱镜角为

$$\alpha = 23^\circ 52' 15'' \pm 7''.$$

所用仪器为民主德国产 Karl Zeiss SGO 1.1 单圈精密测角仪. 所测折射率 n 随入射光波长 λ 变化的数值关系如表 1 所示.

表 1 Y₃Ga₅O₁₂:Cr³⁺ 晶体的折射率与波长的关系

$\lambda(\text{Å})$	4047	4358	4916	5461	5780	5893	6328	6561	6943
n	1.9828	1.9714	1.9568	1.9461	1.9422	1.9408	1.9360	1.9340	1.9310

二、色散曲线的拟合

描述色散现象的一般理论公式为 Sellmeier 公式^[2]

$$n^2 = 1 + A\lambda^2 / (\lambda^2 - \lambda_0^2), \quad (1)$$

其中 A 和 λ_0 是常数, λ_0 与自然频率 ν_0 之间的联系为 $\nu_0\lambda_0 = c$, 称为选择吸收中心波长. 对于正常色散, $\lambda > \lambda_0$, (1) 式在略去 $(\lambda_0/\lambda)^6$ 等小量后, 可导出科希公式

$$n = P + Q/\lambda^2 + R/\lambda^4, \quad (2)$$

$$\text{其中 } P = \sqrt{1 + A}, Q = \frac{A\lambda_0^2}{2\sqrt{1 + A}},$$

$$R = -\frac{A^2\lambda_0^4}{8(1 + A)^{3/2}}.$$

用科希公式计算 n 一般误差较大, 我们选用(1)式.

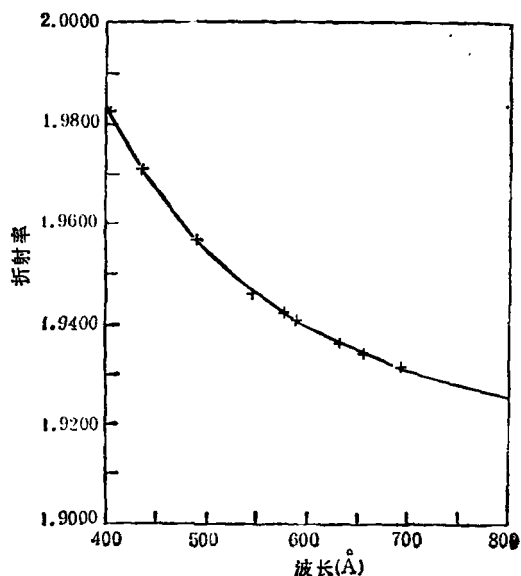
根据表 1 中所列的实验值 $n_{\text{exp}}(\lambda)$, 再利用(1)式, 求得 $n(\lambda)$ 的实验值与计算值均方根误差最小时的 A 和 λ_0^2 分别为

$$A = 2.6347,$$

$$\lambda_0^2 = 1.6572 \times 10^6 \text{ Å}^2.$$

表 2

$\lambda(\text{\AA})$	4047	4358	4916	5461	5780	5893	6328	6561	6943
n_{exp}	1.9828	1.9714	1.9568	1.9461	1.9422	1.9408	1.9360	1.9340	1.9310
n_{cal}	1.9828	1.9714	1.9567	1.9468	1.9422	1.9408	1.9361	1.9340	1.9309
$ \Delta n $	0.0000	0.0000	0.0001	0.0007	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001

图 1 $\text{Y}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}^{3+}$ 晶体的色散曲线 $n(\lambda)$ 横坐标和纵坐标分别为入射光波长和介质折射率

将以上 A 和 λ_0^2 的数值代入 (1) 式, 可绘得 $\text{Y}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}^{3+}$ 晶体的色散曲线, 如图 1 所示。图 1 中“+”表示折射率 n 的实验值。表 2 列出了 n 的实验值、计算值及其偏差。由图 1 或表 2

可见二者符合很好。

三、结 论

由图还可以看出, 在可见光谱区域, 无选择吸收中心, 选择吸收中心位于

$$\lambda_0 = 1287 \text{\AA},$$

在紫外区域。故 $\text{Y}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}^{3+}$ 晶体在可见光区的色散为正常色散, 其在相应区域的吸收带为一般吸收带。

由(1)式计算可知, 在 $\text{Y}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}^{3+}$ 晶体的荧光光谱区域 (即 $6500-8000 \text{\AA}$), n 从 1.9345 变为 1.9248, 相对变化约 0.5%。因此, 对于发射截面的计算, n 可看作常数, 因为三位有效数字对于发射截面计算精度已足够了, 故可取 $n = 1.93$ 。

- [1] D. E. McCumber et al., *Phys. Rev. A*, **13**:2 (1964), 229.
- [2] F. A. Jenkins, H. E. White, *Fundamentals of Optics*, McGraw-Hill, New York, (1976).

1989 年第 3 期《物理》内容预告

基本物理常数的新进展(郭奕玲); 等离子体与聚变物理的新进展(夏蒙芬编译); 粒子物理和宇宙学(俞允强等); 大麦哲伦云超新星爆发后的一年(李竞); 有限维光学信道模型和成像质量评价(王宁等), 散斑图信息自动处理(邹运庐等); 获得非晶态块状合金的新方法——固态反应及机械合金化(杨膺善); 毫米波辐射安全问题探讨(黄志洵); 电子回旋共振微波等离子体 CVD(富力文), 激光加热基座晶体生长——提高氧化物超导体材料临界电流密度的工艺途径(葛云龙等); 一种新型的粒子探测方法——固体气泡损伤探测器(郭士伦); 利用 $\text{Fe}:\text{NbO}_3$ 晶体的多波混频实时实现并行图象相减运算(赵明君等); 微机控制的 CARS 实验装置及三氯甲烷的 CARS 谱(王立新等); 中子小角散射在材料科学中的应用(张志友); 中子小角散射在聚合物和生物大分子中的应用(张志友); 德·伊·布洛欣采夫(徐载通)。