

KIO₃ 晶体折射率和倍频系数的测量

尹 鑫 吕孟凯 张少军 李福奇

(山东大学晶体材料研究所, 济南 250100)

提 要

首次测量了无孪无畴的 KIO₃ 晶体的主折射率和倍频系数。

关键词 KIO₃ 晶体、折射率、倍频系数。

1 引 言

KIO₃ 晶体是一种引人注目的非线性光学材料。几十年来,国内外的学者一直在探讨和研究其单晶的生长条件、孪畴结构及非线性光学性能。Winchel 等人曾测量过波长为 0.5893 μm 的 KIO₃ 晶体的折射率^[1]。由于得不到完全单畴化的单晶, Crane 根据 KIO₃ 和 LiIO₃ 晶体的折射率预言了 KIO₃ 晶体折射率的 Sellmeir 常数,并根据这些常数推算了波长为 0.5325 μm 和 1.065 μm 的折射率和位相匹配方向^[2]。该晶体的粉末激光倍频效应有很多报道,但未见有关倍频系数测量的报道。最近,作者成功地去掉了 KIO₃ 晶体中复杂的电畴与孪晶,得到了 30×15×15 mm³ 完全单畴化的大单晶,为其晶体物理性能的测量提供了必备的条件。文本首次确定了 KIO₃ 晶体折射率主轴的方位,测量了其主折射率和倍频系数。

2 KIO₃ 晶体的折射率

目前,多数学者认为 KIO₃ 晶体属三斜晶系,但他们报道的晶胞参数的结果差别较大^[3,4]。这给在结晶学坐标系中描述折射率主轴的方位带来一定困难。为方便起见,作者借助于晶体的外形和极化时电场与压力的方向描述之。KIO₃ 晶体的外形是一六方柱体,如文献[5]中图 9 所示。在温度 235°C 以上,在柱体任意一对柱面上加压力,垂直于柱体的棱向(即三方结构的 *c* 轴)和压力方向加电场,压力和电场的大小视晶体孪畴的复杂程度而定,然后缓慢降温至室温,可得到无孪无畴的单晶。KIO₃ 晶体的折射率主轴 n_x 平行于六方柱体的棱向(即三方结构的 *c* 轴), n_y 平行于压力方向, n_z 平行于电场方向。

用 V 形棱镜法在可见光波长范围内测量了 KIO₃ 晶体的主折射率,其结果列于表 1。

用计算机对 Sellmeir 方程

$$n^2 = A + [B/(\lambda^2 - c)], \quad (1)$$

进行拟合,所得常数列于表 2。

Table 1 The principal refractive indices of KIO₃ single crystal

λ (μm)	0.4358	0.4861	0.5461	0.5893	0.6563	0.7065
n_x	1.7283	1.7138	1.7024	1.6967	1.6899	1.6863
n_y	1.8831	1.8599	1.8419	1.8329	1.8227	1.8172
n_z	1.8867	1.8630	1.8448	1.8358	1.8252	1.8199

Table 2 The coefficients of Sellmeier equation of KIO₃ single crystal

	A	B	C
n_x	2.77188	0.0332392	0.0354164
n_y	3.19062	0.0505918	0.0477380
n_z	3.19858	0.0512997	0.0478376

3 KIO₃ 晶体的倍频系数

从方程(1)可计算出 KIO₃ 晶体对 Nd:YAG 激光器的基频光和倍频光的折射率为 $1.0642 \mu\text{m}: n_x=1.6740, n_y=1.7992, n_z=1.8016$; $0.5321 \mu\text{m}: n_x=1.7047, n_y=1.8454, n_z=1.8489$. 这些折射率数值大小的排列顺序对应 Hobden 关于双轴晶位相匹配的第 9 种类型^[6].

由表 1 可见, KIO₃ 晶体的折射率 $n_z - n_x \approx n_y - n_x \gg n_z - n_y$, 这是 KIO₃ 晶体的赝三方结构所决定的. 在高温时, KIO₃ 晶体属 $3m$ 点群, 经 212°C 相变点, 由单轴晶变为双轴晶^[2], 但其晶胞中原子的相对位置变化并不大, 所以呈赝三方结构. 其有效倍频系数也可近似地用单轴晶 $3m$ 点群的系数表示为

$$d'_{\text{eff}}^{\text{I}} = d'_{31} \sin \theta - d'_{22} \cos \theta \sin 3\varphi, \quad d'_{\text{eff}}^{\text{II}} = d'_{22} \cos^2 \theta \cos 3\varphi, \quad (2)$$

由于有效非线性光学系数太小, 在 II 类位相匹配情况下没能观察到倍频光信号. 因此有

$$d'_{22} = 0, \quad d'_{\text{eff}}^{\text{I}} \approx d'_{31} \sin \theta. \quad (3)$$

注意到 KIO₃ 晶体在室温下实际上属三斜晶系, 而不属三方晶系, 因此 $d_{31} \neq d_{32}$. 对 d_{31} 位相匹配角位于 $x-z$ 平面内, 并与 x 轴成 θ_1

$$\sin^2 \theta_1 = [(n_y^\omega)^{-2} - (n_z^{2\omega})^{-2}] / [(n_x^{2\omega})^{-2} - (n_z^{2\omega})^{-2}]. \quad (4)$$

对于 d_{32} , 位相匹配角位于 $x-y$ 平面内, 与 x 轴成 θ_2

$$\sin^2 \theta_2 = [(n_z^\omega)^{-2} - (n_y^{2\omega})^{-2}] / [(n_x^{2\omega})^{-2} - (n_y^{2\omega})^{-2}]. \quad (5)$$

将基频光和倍频光的折射率代入(4)式和(5)式得 $\theta_1 = 34.2^\circ$, $\theta_2 = 32.4^\circ$.

若以 LiIO₃ 作为参考样品, 用文献[7]中所介绍的位相匹配法测量了 KIO₃ 晶体的倍频系数, 结果为

$$d_{31}(\text{KIO}_3) = 1.2 |d_{31}(\text{LiIO}_3)|,$$

$$d_{32}(\text{KIO}_3) = 1.8 |d_{31}(\text{LiIO}_3)|.$$

沿 θ_2 方向加工了 2.96 mm³ 长的 KIO₃ 晶体与同样长度的 KTP 晶体作比较, 对 Nd:YAG 激光, 其倍频光的强度是 KTP 晶体的 1.2 倍. 测试结果表明, KIO₃ 晶体具有较大的非线性光学系数. 其透光范围从 0.3 μm 到 3.5 μm . KIP、KNbO₃ 和 Ba₂NaNb₅O₁₅ 等晶体虽然具有较大的非线性光学系数, 但紫外截止波段仅到 0.38 μm 左右, 不能实现紫外波段的倍频. KIO₃ 晶体对 Nd:YAG 激光的三倍频, 位相匹配角在 54° 左右; 对 0.6943 μm 的红宝石激光的二倍频, 位相匹配角在 60° 左右. 其有效倍频系数均可提高 1.5 倍左右, 较目前在这一波段广泛使用的 BBO、LBO、LAP 和 KDP 等晶体的有效倍频系数高得多. 所以, KIO₃ 晶体在中小功率激光近紫外波段的倍频有着广阔的应用前景.

参 考 文 献

- [1] A. N. Winchel *et al.*, *The Microscopical Characters of Artificial Inorganic Solid Substances*, New York: London: Academic Press, 1964: 108
- [2] G. R. Crane, *J. Appl. Cryst.*, 1972 (5): 360
- [3] V. R. Kalinin *et al.*, *Dokl Akad.*, 1978, **239**: 590
- [4] B. W. Lucas, *Acta. Cryst.*, 1984, **C40**: 1989
- [5] 吕孟凯等. 中国科学 A 辑, 1986, (9): 957
- [6] M. V. Hobden, *J. Appl. Phys.*, 1967, **18** (10): 4365
- [7] 王文澄等. 光学学报, 1981, **1** (6): 537

Measurements of refractive indices and double-frequency coefficients of KIO₃ single crystal

YIN XIN LU MENGKAI ZHANG SHAOJUN LI FUQI

(*Institute of Crystal Materials, Shandong University, Jinan, 250100*)

(Received 11 July 1991; revised 3 October 1991)

Abstract

The principal refractive indices and double-frequency coefficients of KIO₃ single crystal have been measured for the first time. The measured results are given in this paper.

Key words KIO₃ single crystal, refractive indices, double-frequency coefficients.