

Ⅱ B型 LBO 光参量振荡器

韦春龙* 范琦康 邱文法

(浙江大学光科系, 杭州, 310027)

摘要: 本文报导 0.532 μm 波长泵浦的 Ⅱ B型 LBO 光参量振荡器的运转特性。在简并点附近, 获得 <3.5nm 的输出线宽, 效率约为 1.8%, 并对所得结果进行了讨论。

关键词: LiB₃O₆; 光参量振荡器

Type Ⅱ B LBO optical parametric oscillator

Wei Chunlong, Fan Qikang, Qiu Wenfa

(Dep. of Opt. Engineering, Zhejiang University)

Abstract: A type Ⅱ B LBO OPO pumped by SHG of a Nd : YAG laser is successfully operated. The linewidth of less than 3.5 nm and energy conversion efficiency as high as 1.8% are obtained at about degeneracy point. The results are discussed.

Key words: LBO OPO

* 现工作单位, 上海科技大学无线电系; 邮编 201800。

- 7 Inside The Pentagon, July 22, 1993; 3
- 8 Aerospace Daily, May 5, 1992; 197
- 9 Josephlovece J. Defense Week, January 4, 1993; 3
- 10 任国光. 激光与红外, 1993; 23(4); 2
- 11 Scott W. AW & ST, March 22, 1993; 56
- 12 Hudson N. Space News, April 26~May 2, 1993; 10
- 13 Higgins T. L F World, January 1993; 17
- 14 Ferrira D, Marcell F. Naval Engineers Journal, May 1993; 105
- 15 Holzer R. Defense News, April 26~May 2, 1993; 3
- 16 Muradlan A. Defense News, June 21~27, 1993
- 17 Defense News, October 5~11, 1992; 43
- 18 Hecht J, New Scientist, 1992; (8); 27

* * *
作者简介: 任国光, 男, 1938年5月出生。研究员。现从事强激光技术发展研究工作。

收稿日期: 1993-10-20

一、引 言

随着晶体生长技术的不断发展,新型非线性晶体不断涌现,推动着非线性晶体光学的研究向前迈进。LiB₃O₅(LBO)双轴晶是近年来生长成功的又一优质晶体。由于其化学性质稳定、不潮解、透紫外性能好,具有很高的损伤阈值等优良品质,受到了研究者的青睐。很多研究人员已开展了多方面的研究,诸如高功率的光学倍频、混频及参量过程等。本实验室已成功地运转了高效率的 I 型 LBO 光参量振荡器^[1]。但迄今为止,0.532μm 波长泵浦的 II B 型 LBO 光参量振荡器还未见报道。本文给出了这一新型振荡器的运转实验结果,并对其进行了讨论。

二、0.532μm 波长泵浦的 I 型和 II B 型光参量振荡器 调谐曲线及有效非线性系数的计算对比

LBO 晶体属 mm2 点群,为双轴晶,折射率 Sellmeier 方程表达式如下^[2]:

$$\left. \begin{aligned} n_x^2 &= 2.4517 - 0.01177(0.00921 - \lambda^2) - 0.0096\lambda^2 \\ n_y^2 &= 2.5279 + 0.01652/(0.005459 + \lambda^2) - 0.1137\lambda^2 \\ n_z^2 &= 2.5818 - 0.01414/(0.01186 - \lambda^2) - 0.01457\lambda^2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

在光率体坐标系中(x, y, z),已约定 $n_x < n_y < n_z$ 。LBO 的非线性系数矩阵为^[3]:

$$(d_{in}) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d_{15} \\ d_{31} & d_{33} & d_{32} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_{24} & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中, $d_{31} = \mp 2.5d_{36}$ (KDP), $d_{32} = \pm 2.69d_{36}$ (KDP), $d_{33} = \pm 0.15d_{36}$ (KDP), $d_{15} = \mp 2.30d_{36}$ (KDP), $d_{24} = \pm 2.52d_{36}$ (KDP)。

在双轴晶中,沿波矢量 \vec{k} 方向传播的单色平面波,由电位移矢量 \vec{D} 相互正交的两个偏振的本征平面波组成。它们的折射率满足菲涅耳方程:

$$\frac{k_x^2}{n_x^2 - n_x'^2} + \frac{k_y^2}{n_y^2 - n_y'^2} + \frac{k_z^2}{n_z^2 - n_z'^2} = 0 \quad (3)$$

由此方程解得的两个 n 值,即为两偏振波的折射率。其中折射率高的称慢波(用右上标 e_1 表示),低的称快波(用右上标 e_2 表示)^[4]。

$$\left. \begin{aligned} n_1' &= \sqrt{2} / \sqrt{B - \sqrt{B^2 - 4C}} \\ n_2' &= \sqrt{2} / \sqrt{B + \sqrt{B^2 - 4C}} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中, $k_x = \sin\theta\cos\varphi$; $k_y = \sin\theta\sin\varphi$; $k_z = \cos\theta$; θ 为 \vec{k} 与 z 轴夹角; φ 为 \vec{k} 与 xy 平面上投影与 x 轴夹角。

$$\left. \begin{aligned} B &= k_x^2(b+c) + k_y^2(a+c) + k_z^2(a+b) \\ C &= k_x^2bc + k_y^2ac + k_z^2ab \\ a &= n_x'^2, \quad b = n_y'^2, \quad c = n_z'^2 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

对于晶体中共线三波耦合过程,其相位匹配类型可分为:

$$\left. \begin{aligned} \text{I 型:} & \quad n_1'/\lambda_1 + n_2'/\lambda_2 = n_3'/\lambda_3 \\ \text{II A 型:} & \quad n_1'/\lambda_1 + n_2'/\lambda_2 = n_3'/\lambda_3 \\ \text{II B 型:} & \quad n_1'/\lambda_1 + n_2'/\lambda_2 = n_3'/\lambda_3 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

式中, $\lambda_3 < \lambda_2 \leq \lambda_1$, 且满足能量守恒定律: $\lambda_1^{-1} + \lambda_2^{-1} = \lambda_3^{-1}$ 。对于参量过程, λ_3 为泵浦波长, λ_2, λ_1 分别为讯号光波长和空闲波长。将(4)式代入(6)式即得满足该类型匹配条件的 (θ, φ) 方程。由于在双轴晶中 (θ, φ) 无显解, 可由计算机用数值方法解。在实际应用中, 为方便可行, 总是采用定 θ 调谐 φ 或定 φ 调谐 θ 来调谐参量输出波长。

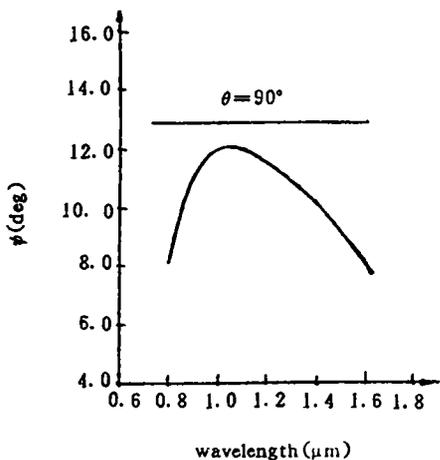


Fig. 1 Type I LBO OPO ($\theta=90^\circ$) tuning curve

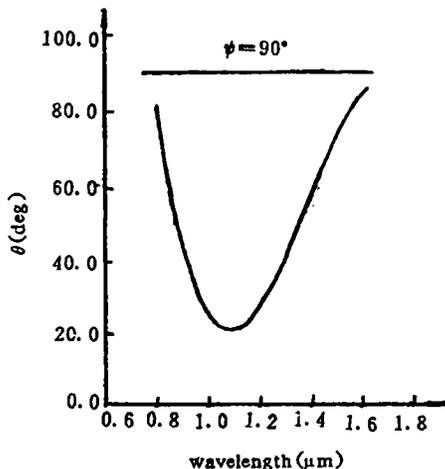


Fig. 2 Type IB LBO OPO ($\varphi=90^\circ$) tuning curve

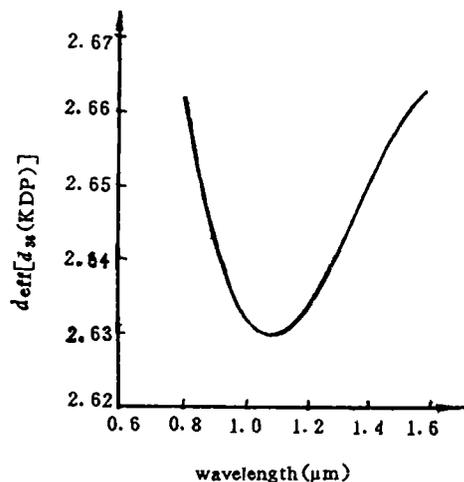


Fig. 3 Effective nonlinear coefficient curve of I LBO

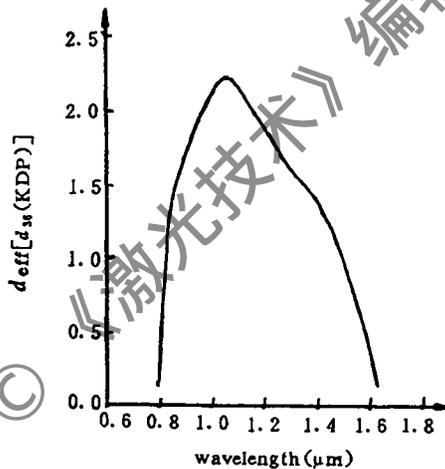


Fig. 4 Effective nonlinear coefficient curve of IB LBO

图 1 和图 2 是根据(6)式计算出的 $0.532\mu\text{m}$ 波长泵浦的 I 型和 IB 型 LBO 光参量振荡器的角度调谐曲线。图 3 和图 4 是相应的有效非线性系数曲线(由文献[1]中所给 LBO 有效非线性系数表达式算出)。

由图 1 和图 2 可知, I 型 LBO 光参量振荡器(OPO)的角度调谐速率 $d\lambda/d\varphi$ 比 IB 型 LBO OPO 角调谐速率 $d\lambda/d\theta$ 大得多。因此, 在一定的失配 Δk (对应 $\Delta\theta, \Delta\varphi$ 允许条件下, I 型 LBO OPO 比 IB 型 LBO OPO 的线宽大得多(已运转的 I 型 LBO OPO 输出线宽达 40nm)。

由图 3 和图 4 可知, 由于三波耦合增益 $G \propto d_{\text{eff}}$, 因此, I 型 LBO OPO 增益比 IB 型 LBO OPO 大。

三、实验装置及运转结果

实验中,采用 Nd : YAG 激光的二次谐波 $0.532\mu\text{m}$ 为泵浦源,脉宽约为 15ns ,运用两倍可调焦望远镜聚束以提高功率密度。图 5 为实验装置图。在图中,腔镜参数如下:

M_1 : 对 $0.532\mu\text{m}$, 高透, $T > 90\%$; 对 $1.06\mu\text{m}$ 左右, 高反, $R > 95\%$ 。

M_2 : 对 $0.532\mu\text{m}$, 高透, $T > 90\%$; 对 $1.06\mu\text{m}$, $T \approx 15\%$ 。

LBO 晶体切角 $\theta = 20.5^\circ, \varphi = 90^\circ$ 。尺寸: 高 \times 宽 \times 长 = $4\text{mm} \times 4\text{mm} \times 11.5\text{mm}$ 。晶体端面未镀膜。实验中采用定 φ 调 θ 方式进行波长调谐。

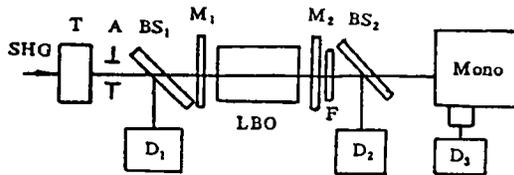


Fig. 5 Arrangement plan of LBO OPO
T—telescope A—aperture BS₁, BS₂—beam splitter
M₁, M₂—reflection mirror D₁, D₂, D₃—energy meter
F—filter Mono—monochromator

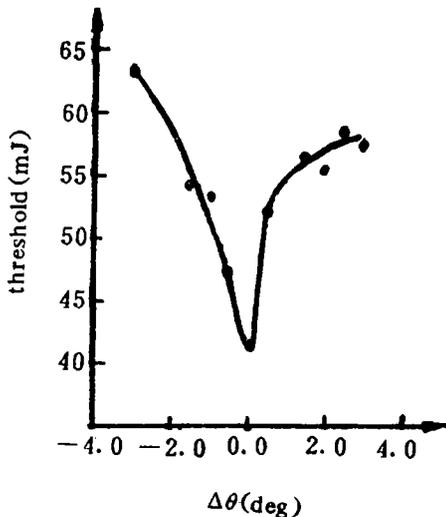


Fig. 6 Threshold energy vs tuning angle ($\Delta\theta$)

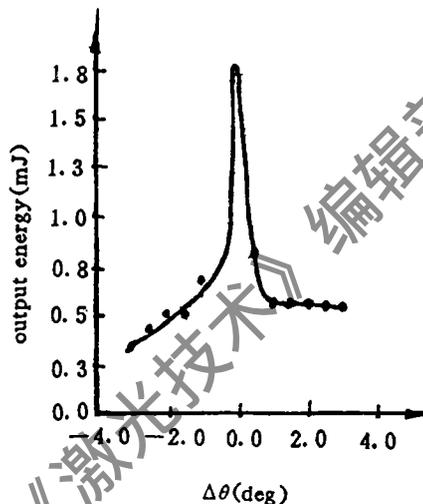


Fig. 7 Output energy vs tuning angle ($\Delta\theta$)

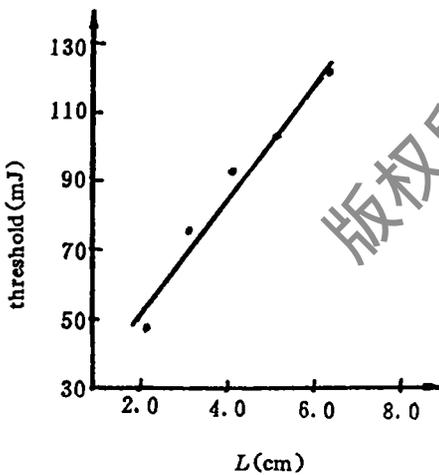


Fig. 8 Threshold energy vs cavity length L

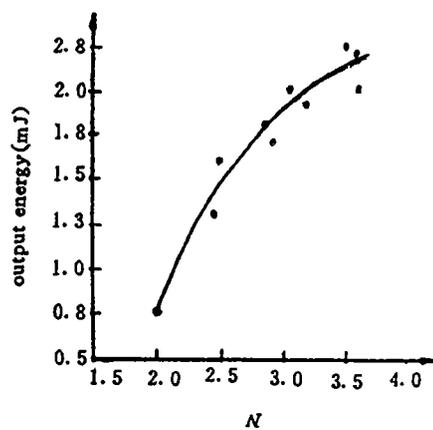


Fig. 9 Output energy vs times above threshold N

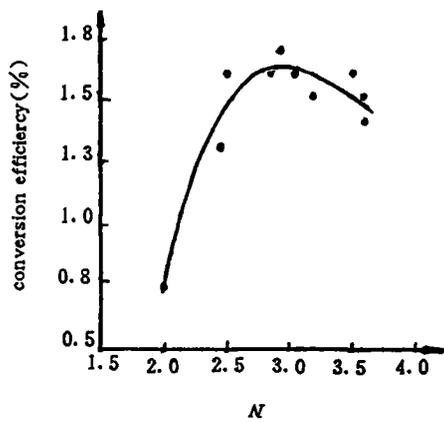


Fig. 10 Conversion efficiency vs times above threshold N

系曲线。图 10 为相应的效率曲线。可见,前者未达饱和,而后者当 $N \geq 3$ 时,已趋于饱和。

当输出参量波长为 $1.062\mu\text{m}$ 时,在所有泵浦水平下,测得线宽 $\leq 3.5\text{nm}$ 。由于 I B 型 LBO 的角调谐速度 $d\lambda/d\theta$ 很小,因此,在上面的角度调谐时,输出参量波长几乎仅在 $1.062\mu\text{m}$ 的线宽范围里变化。

四、结 束 语

我们已成功地运转了 I B 型 LBO 光参量振荡器,并给出了运转特性,讨论了实验结果。

作者感谢浙江大学光科系非线性光学室陆祖康教授,吴碧珍高工的热心帮助及所有给予关心的先生。

参 考 文 献

- 1 叶建华,范琦康. 光学学报,1992;12(5):396
- 2 Chen C, Wu Y, Jiang A *et al.* J O S A (B),1989;B6(4):616
- 3 Lin S, Sun Z, Wu B *et al.* J A P,1990;67(2):634
- 4 Yao J Q, Fahlen T S. J A P,1984;5(1):65
- 5 Brosnan S J, Byer Robert L. IEEE J Q E,1979;QE-15(6):415~431

作者简介:韦春龙,男,1964 年出生。讲师。现从事激光非线性光学及光纤放大器的研究。

范琦康,男,1942 年出生。教授。现从事激光非线性光学研究。

邱文法,男,1955 年出生。工程师。现从事固体激光器的研究。

收稿日期:1993-09-06