

## 三硼酸锂晶体(LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub>)

三硼酸锂晶体 (LBO) 是一种性能优良的非线性光学晶体它具有紫外透光性好, 光学损伤阈值较高和非线性系数适中等特点, 此外, 该晶体的化学性能稳定, 机械硬度高, 易潮解, 对于某些非线性光学加工极具吸引力。因为 LBO 晶体的双折射小于 BBO 晶体, 所以有助于限制相位匹配的光谱范围, 但是也会在可见光和近红外光的频率转换应用中导致产生非临界相位匹配和大的接收角。



### LBO 晶体的物理和化学特性

晶体结构	斜方晶系, 空间群 Pna21, 点群 mm <sup>2</sup>
晶格参数	a=8.4473Å, b=7.3788Å, c=5.1395Å, z=2
熔点	约 834°C
莫氏 (Mohs) 硬度	6
密度	2.47g/cm <sup>3</sup>
热膨胀系数	α <sub>x</sub> =10.8x10 <sup>-5</sup> /K, α <sub>y</sub> =-8.8x10 <sup>-5</sup> /K, α <sub>z</sub> =3.4x10 <sup>-5</sup> /K
吸收系数	< 0.1%/cm at 1064nm

### LBO 晶体的主要优点:

- 可透光波段范围宽 (160—2600nm);
- 光学均匀性好 (δn ≈ 10<sup>-6</sup>/cm), 内部包络少;
- 倍频转换效率较高 (相当于 KDP 晶体的 3 倍);
- 高损伤域值 (脉宽为 1.3ns 的 1053nm 激光可达 10GW/cm<sup>2</sup>);
- 接收角度宽, 离散角度小;
- I, II 类非临界相位匹配 (NCPM) 的波段范围宽;
- 光谱非临界相位匹配 (NCPM) 接近 1300nm。

### LBO 晶体的主要应用:

#### 1. 二倍频方面:

- 医用与工业用途的 Nd:YAG 激光;
- 科研与军事用途的高功率 Nd:YAG 与 Nd:YLF 激光;
- Nd:YVO<sub>4</sub>, Nd:YAG 和 Nd:YLF 激光的泵浦;
- 红宝石, Ti:Sapphire 与 Cr:LiSAF 激光。

#### 2. 三倍频方面:

- Nd:YAG 与 Nd:YLF 激光;
- 光学参量放大器 (OPA) 与光学参量振荡器 (OPO);
- 高功率 1340nm 的 Nd:YAP 激光的二, 三倍频。

### LBO 晶体的物理和化学特性 LBO 晶体主要折射系数

波长 (nm)	n <sub>x</sub>	n <sub>y</sub>	n <sub>z</sub>
1064	1.5656	1.5905	1.6055
532	1.5785	1.6065	1.6212
355	1.5973	1.6286	1.6444

### LBO 晶体的光学及非线性光学特性

LBO 属负双轴晶体, 主轴 X,Y,Z (n<sub>z</sub> > n<sub>y</sub> > n<sub>x</sub>) 分别与结晶轴 a,c,b 平行。《LBO 晶体主要折射系数表》给出了 LBO 晶体在不同波长下的折射系数。折射系数与波长的关系可用塞米尔 (Sellmeier) 方程式表示如下 (λ 单位: μm):

$$\begin{aligned} n_x^2 &= 2.454140 + 0.011249 / (\lambda^2 - 0.011350) - 0.014591 \lambda^2 - 6.60 \times 10^{-5} \lambda^4 \\ n_y^2 &= 2.539070 + 0.012711 / (\lambda^2 - 0.012523) - 0.018540 \lambda^2 + 2.00 \times 10^{-5} \lambda^4 \\ n_z^2 &= 2.586179 + 0.013099 / (\lambda^2 - 0.011893) - 0.017968 \lambda^2 - 2.26 \times 10^{-5} \lambda^4 \end{aligned}$$

在 1.064μm 光下, LBO 晶体的有效 SHG 系数是 KDP 的 3 倍。点群 mm<sup>2</sup> 的 LBO 晶体的非零非线性 (光学) 极化率 计算如下:

$$\begin{aligned} d_{31} &= 1.05 \pm 0.09 \text{ pm/V} \\ d_{32} &= -0.98 \pm 0.09 \text{ pm/V} \\ d_{33} &= 0.05 \pm 0.006 \text{ pm/V} \end{aligned}$$

LBO 的光损伤阈值是常用无机非线性光学晶体中最高的。因此, 它是高功率二次谐波发生器和其他非线性光学应用的最佳选择。《LBO 晶体 1053nm 光损伤阈值、晶体能量密度 (J/cm<sup>2</sup>) 及功率密度 (GW/cm<sup>2</sup>) 比率》将 LBO 与其他常用晶体在 1.3ns 脉宽 1053nm Nd:YLF 激光下的光损伤阈值进行了比较。LBO 晶体 1053nm 光损伤阈值、晶体能量密度 (J/cm<sup>2</sup>) 及功率密度 (GW/cm<sup>2</sup>) 比率

晶体	能量密度 (J/cm <sup>2</sup> )	功率密度 (GW/cm <sup>2</sup> )	比率
KTP	6.0	4.6	1.0
KDP	10.9	8.4	1.83
BBO	12.9	9.9	2.15
LBO	24.6	18.9	4.10

## Lithium Triborate (LBO) Crystal

TGG is an excellent magneto-optical crystal used in various Faraday devices (Rotator and Isolator) in the range of 400nm-1100nm, excluding 475-500nm. It has large magneto-optical constant, low light loss, high thermal conductivity and high laser damage threshold. It is widely used in multi-stage amplification, ring type and seed injection lasers such as YAG and Ti-doped sapphire.



### Basic Properties

Crystal Structure	Orthohomic, Space group Pna21 Point group mm <sup>2</sup>
Lattice Parameters	a = 8.4473Å, a = 7.3788Å, c = 5.139Å, z = 2
Melting Point	About 834°C
Mohs Hardness	6
Density	2.47 g/cm <sup>3</sup>
Thermal Conductivity	3.5W/m/K
Thermal Expansion Coefficient	a <sub>x</sub> =10.8x10 <sup>-5</sup> /K a <sub>y</sub> =-8.8x10 <sup>-5</sup> /K a <sub>z</sub> =3.4x10 <sup>-5</sup> /K

### Optical Properties

Transparency Range	160-2600nm
Shg Phase Matchable Range	551-2600nm (Type I) 790-2150 (Type II)
Refractive Indices	1.0642μm n <sub>x</sub> =1.5656, n <sub>y</sub> =1.5905, n <sub>z</sub> =1.6055 0.5321μm n <sub>x</sub> =1.5785, n <sub>y</sub> =1.6065, n <sub>z</sub> =1.6212 0.2660μm n <sub>x</sub> =1.5973, n <sub>y</sub> =1.6286, n <sub>z</sub> =1.6444
Therm-Optic Coefficient (°C, λ In M M)	dn <sub>x</sub> /dT = -9.3x10 <sup>-6</sup> dn <sub>y</sub> /dT = -13.6x10 <sup>-6</sup> dn <sub>z</sub> /dT = (-6.3-2.1λ)x10 <sup>-6</sup>
Absorption Coefficient	<0.1%/cm at 1664nm <0.3%/cm at 532nm
Lbo Coefficients	d <sub>eff(I)</sub> = d <sub>32</sub> cosφ (Type I in XY plane) d <sub>eff(I)</sub> = d <sub>31</sub> cos <sup>2</sup> θ + d <sub>32</sub> sin <sup>2</sup> θ (Type I in XZ plane) d <sub>eff(II)</sub> = d <sub>31</sub> cosθ (Type II in YZ plane) d <sub>eff(II)</sub> = d <sub>31</sub> cos <sup>2</sup> θ + d <sub>32</sub> sin <sup>2</sup> θ (Type II in XZ plane)
Non-Vanished Lbo Susceptibilities	d <sub>31</sub> = 1.05 ± 0.09 pm/V d <sub>32</sub> = -0.98 ± pm/V d <sub>33</sub> = 0.05 ± 0.006 pm/V
Sellmeier Equations (λ In M M)	n <sub>x</sub> <sup>2</sup> = 2.454140 + 0.011249 / (λ <sup>2</sup> - 0.011350) - 0.014591 λ <sup>2</sup> - 6.60x10 <sup>-5</sup> λ <sup>4</sup> n <sub>y</sub> <sup>2</sup> = 2.539070 + 0.012711 / (λ <sup>2</sup> - 0.012523) - 0.018540 λ <sup>2</sup> + 2.0x10 <sup>-5</sup> λ <sup>4</sup> n <sub>z</sub> <sup>2</sup> = 2.586179 + 0.013099 / (λ <sup>2</sup> - 0.011893) - 0.017968 λ <sup>2</sup> - 2.26x10 <sup>-5</sup> λ <sup>4</sup>