



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX
代替 GB/T 22452—2008

硼酸盐非线性光学单晶元件通用规范

General specification of non-linear optical borate crystal devices

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2024年2月18日)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 产品分类	2
5 技术要求	2
6 试验方法	5
7 检验规则	6
8 包装、标志、运输和贮存	7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 22452—2008《硼酸盐非线性晶体通用规范》，与GB/T 22452—2008相比主要技术内容变化如下：补充了硼酸盐非线性晶体物理性能中紫外截止波长、I类相位匹配波长、有效非线性光学系数、弱吸收率、双折射率等指标的技术要求以及硼酸盐非线性晶体物理性能加工质量中膜层牢固度、膜层的抗高湿性能、膜层的抗温度冲击、粗糙度、崩边、崩口及崩裂、倒角等指标的技术要求。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国光辐射安全和激光设备标准化技术委员会（SAC/TC 284）归口。

本文件起草单位：中国科学院福建物质结构研究所、福建福晶科技股份有限公司、闽都创新实验室、国家光电子晶体材料工程技术研究中心、北京雷生强式科技有限责任公司、成都东骏激光股份有限公司、中国电子科技集团公司第十一研究所、大族激光科技产业集团股份有限公司、中国兵器工业第二〇九研究所、中国计量大学。

本文件主要起草人：

本文件所代替标准的历次版本发布情况为：

GB/T 22452—2008。

硼酸盐非线性光学单晶元件通用规范

1 范围

本文件规定了硼酸盐非线性光学单晶元件 β 相偏硼酸钡（ β -BaB₂O₄，简称BBO）和三硼酸锂（LiB₃O₅，简称LBO）的术语、产品分类、技术要求、试验方法、检测规则及包装、标志、运输、贮存等。

本文件适用于硼酸盐非线性光学单晶元件BBO和LBO，其它种类的硼酸盐非线性光学单晶元件也可参照使用。该元件主要用于制作激光器。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 11297.1 激光棒波前畸变的测量方法
- GB/T 16601 光学表面激光损伤阈值测试方法
- GB/T 22453 硼酸盐非线性光学单晶元件质量测试方法
- JB/T 9495.3 光学晶体透过率测量方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

- 3.1 **硼酸盐非线性光学单晶** Non-linear optical borate crystal
阴离子基团为硼氧基团的非线性光学单晶。
- 3.2 **硼酸盐非线性光学单晶元件** Non-linear optical borate crystal devices
硼酸盐非线性光学单晶经过定向、切割、抛光，必要时镀膜后加工成的光学元件。
- 3.3 **垂直度** Perpendicularity
单晶元件通光面与侧面之间的垂直程度。
- 3.4 **切割角度和角度偏差** Cutting angle and angle tolerance
切割角度用 θ 和 φ 表示，角度偏差用 $\Delta\theta$ 和 $\Delta\varphi$ 表示。
 θ 是单晶元件通光面的法线和Z轴之间的夹角。
 φ 是单晶元件通光面的法线在X-Y平面内的投影与X轴之间的夹角。
单晶元件的角度偏差（ $\Delta\theta$ ， $\Delta\varphi$ ）是实际切割角度与设计切割角度之间的偏差。
X、Y、Z轴为硼酸盐非线性光学单晶的晶体主轴。
- 3.5 **平面度** Flatness
单晶元件的平面度指单晶元件表面凹凸不平的程度。
- 3.6 **表面疵病** Scratch / dig
单晶元件表面的划痕、麻点等微观结构缺陷，称为表面疵病。
长与宽的比不小于4:1的表面疵病，称为划痕（**Scratch**），以S表示；
长与宽的比小于4:1的表面疵病，称为麻点（**Dig**），以D表示。

3.7 损伤阈值 Damage threshold

可引起光学表面损伤几率为零的最大激光辐照能量密度或功率密度。

3.8 波前畸变 Wave front distortion

波前畸变是指平行光束的波面通过被检单晶元件后相对于标准参考波面的畸变。

3.9 光学均匀性 Optical homogeneity

光学均匀性是指介质折射率的均匀程度。

3.10 吸收率 absorptance

吸收辐射通量与输入辐射通量的比值。

4 产品分类

本文件规定了硼酸盐非线性光学单晶中的两种单晶元件：低温相偏硼酸钡（ β -BaB₂O₄，简称BBO）和三硼酸锂（LiB₃O₅，简称LBO）。

5 技术要求

5.1 物理性能

5.1.1 散射

在氦氛激光照射下，使用带标尺的显微镜进行观察。要求单晶元件单位体积（cm³）内直径为10 μ m~20 μ m的散射颗粒不得多于4个。

5.1.2 光学不均匀性

在波长为632.8nm的激光照射下，单晶元件内单位长度（cm）最大折射率和最小折射率的差值应不大于 5×10^{-5} 。

5.1.3 特定波长吸收

单晶元件特定波长的吸收应符合表1的规定。

表1 单晶元件特定波长吸收的要求（10⁻⁶/厘米）

种类	指标（ppm/cm）		
	1064 nm	532 nm	355nm
LBO	≤100	≤500	≤2000
BBO	≤50	≤100	/

5.1.4 紫外截止波长

采用分光光度计测量单晶元件，要求单晶元件紫外截止边波长≤200nm。

5.1.5 I类相位匹配波长

表2 I类相位匹配波长的要求

种类	条件	要求
LBO	激光器：连续可调谐宽带激光器，波长可调范围200nm-1400nm，平均功率：>1000mW，功率稳定性：<0.5%；	1064nm-532nm
BBO	激光器：连续可调谐宽带激光器，波长可调范围200nm-1400nm，平均功率：>1000mW，功率稳定性：<0.5%；	532nm-266nm

5.1.6 有效非线性光学系数

单晶元件有效非线性系数应符合表3规定。

表3 单晶元件有效非线性系数的要求

种类	条件	要求
LBO	激光器: Nd:YAG电光调Q的1Hz脉冲激光器, 波长1064nm, 激光为准TEM ₀₀ 模、近平顶结构的输出, 光束直径为 ϕ 7.5mm, 脉冲宽度(8 \pm 2) ns, 激光远场发射角0.7mm.mrad, 能量800 mJ; 样品: 粉末粒度100-150 μ m	≥ 3.5 倍 标准样品
BBO	激光器: 采用光纤耦合半导体端面泵浦Nd:GdVO ₄ 单晶产生1064nm声光调Q脉冲激光, 经二倍频器倍频产生532nm倍频光, 脉冲调制重复频率为15kHz, 脉宽约18ns, 光束直径为 ϕ 1.7mm, 激光平均功率600mW。 样品: 粉末粒度100-150 μ m	≥ 2.5 倍 标准样品

5.1.7 倍频转换效率

单晶元件特定波长的倍频转换效率应符合表4规定。

表4 单晶元件特定波长倍频转换效率的要求

种类	条件	要求
LBO SHG (1064nm— 532nm)	激光器: LBO SHG(1064nm—532nm) 测试所用激光器: Nd:YAG电光调Q的1Hz脉冲激光器, 波长1064nm, 激光为准TEM ₀₀ 模、近平顶结构的输出, 光束直径为 ϕ 7.5mm, 脉冲宽度(8 \pm 2) ns, 激光远场发射角0.7mm.mrad, 能量800 mJ; 样品: 长度15mm, I类非临界相位匹配, 匹配角 $\theta=90^{\circ}$, $\varphi=0^{\circ}$ 。	$\geq 45\%$
BBO SHG (532nm— 266nm)	激光器: 采用光纤耦合半导体端面泵浦Nd:GdVO ₄ 单晶产生1064nm声光调Q脉冲激光, 经二倍频器倍频产生532nm倍频光, 脉冲调制重复频率为15kHz, 脉宽约18ns, 光束直径为 ϕ 1.7mm, 激光平均功率600mW。 样品: 长度8mm, I类临界相位匹配, 匹配角 $\theta=47.7^{\circ}$, $\varphi=0^{\circ}$ 。	$\geq 25\%$

5.1.8 弱吸收率

单晶元件在特定波长的弱吸收值应符合表5的规定。

表5 单晶元件特定波长的弱吸收要求

10⁻⁶每厘米

种类	1064nm	532nm
LBO	≤ 30	≤ 200
BBO	≤ 10	≤ 50

5.1.9 双折射率

采用锥光偏光显微镜测量单晶元件, 要求单晶元件的双折射率应满足 $0.05 < \Delta n < 0.10$ 。

5.1.10 激光损伤阈值

单晶元件的激光损伤阈值应符合表6规定。

表6 单晶元件激光损伤阈值的要求

种类	条件	指标	
		元件抛光表面及内部	元件镀膜表面
LBO	入射激光的光束质量因子 $M^2 < 1.2$ ， 波长为1064nm，脉冲宽度为 (10 ± 2) ns，重复频率为 (10 ± 1) Hz，每个测试 点连续照射10个脉冲，光斑直径为 (1 ± 0.1) mm。	≥ 3 GW/cm ²	≥ 500 MW/cm ²
BBO		≥ 1 GW/cm ²	≥ 450 MW/cm ²

5.1.11 减反膜剩余反射率

单晶元件减反膜的剩余反射率应符合表7规定。

表7 单晶元件减反膜剩余反射率的要求

项目	剩余反射率R
基频光波长单面反射率	$\leq 0.20\%$
倍频光波长单面反射率	$\leq 1.0\%$

5.1.12 波前畸变

在波长为632.8nm的激光照射下，激光光束的波面通过被检单晶元件，被元件后表面反射后，其相对于标准参考波面的偏差应不大于 $\lambda/4$ 。

5.2 加工质量

5.2.1 尺寸公差

尺寸公差应符合以下要求：

当 $L \geq 4$ mm时，尺寸应为 $W_{-0.1}^{+0.1} \times H_{-0.1}^{+0.1} \times L_{-0.1}^{+0.5}$ mm

当 $0.2 < L < 4$ mm时，尺寸应为 $W_{-0.1}^{+0.1} \times H_{-0.1}^{+0.1} \times L_{-0.1}^{+0.1}$ mm

当 $L < 0.2$ mm时，尺寸应为 $W_{-0.1}^{+0.1} \times H_{-0.1}^{+0.1} \times L_{-0.05}^{+0.05}$ mm

上式中W为单晶元件通光面的宽度，H为单晶元件通光面的高度，L为单晶元件通光方向的长度。

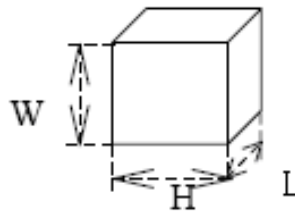


图1 单晶元件尺寸标注示意图

5.2.2 角度偏差

单晶元件的切割角度偏差要求：

$-0.5^\circ \leq \Delta\theta \leq 0.5^\circ$ ， $-0.5^\circ \leq \Delta\varphi \leq 0.5^\circ$ 。

5.2.3 平行度

单晶元件两个通光面的平行度应不大于 $30''$ 。

5.2.4 平面度

在波长为632.8nm激光照射下，单晶元件通光面的平面度应不大于 $\lambda/4$

5.2.5 垂直度

单晶元件的通光面与侧面之间的不垂直度应不大于 $10'$ ，相邻的两个侧面之间的垂直度应不大于 $10'$ 。

5.2.6 有效通光孔径

单晶元件的通光表面扣除四周倒角后的可用面积与整个通光面面积的比值为有效通光孔径，其应不小于85%。

5.2.7 膜层牢固度

用2cm宽剥离强度不小千2.74N/cm 胶带纸牢牢粘在膜层表面上，垂直迅速拉起后，应无脱膜现象。

5.2.8 膜层的抗高湿性能

暴露于温度 $46.7^{\circ}\text{C}\sim 51^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为95%~100%的环境至少24h 后，或采用加速试验，温度 60°C ，相对湿度为95%~100%的环境2h后，膜层不允许有起皮、脱膜、裂纹、起泡等缺陷。镀膜表面不应有对膜层光谱性能影响超出图样和有关技术文件规定的蚀点、污点、退色、条纹、闷光等污染。

5.2.9 膜层的抗温度冲击

将单晶元件放入加热容器中，在40min内，从室温升至 100°C ，在不高于40min内降至室温，膜层不允许有起皮、脱膜、裂纹、起泡等缺陷。镀膜表面不应有对膜层光谱性能影响超出图样和有关技术文件规定的蚀点、污点、退色、条纹、闷光等污染。

5.2.10 粗糙度

通光面的粗糙度 $R_a\leq 0.01\ \mu\text{m}$ ，非通光面的粗糙度 R_a 为 $\leq 3.0\ \mu\text{m}$ 。

5.2.11 崩边、崩口及崩裂

沿边缘向内侧方向延伸宽度 g （径向）崩边 $\leq 0.2\ \text{mm}$ ；沿边缘方向，崩口宽度之和 $\leq 0.5\ \text{mm}$ ；角的崩裂 $\leq 0.2\ \text{mm}$ 。

5.2.12 倒角

倒角的宽度 $\leq 0.2\ \text{mm}$ ，倒角的角度 $40^{\circ}\leq\Phi\leq 50^{\circ}$ 。

5.2.13 表面疵病

单晶元件表面疵病应符合表8要求。

表8 单晶元件表面疵病的要求

项目		要求		
		范围	抛光元件	镀膜元件
S/D \leq	L ≥ 0.1	有效通光孔径 中心区域85%内	10/50	20/100
		其余部位	80/500	80/500
	L < 0.1	有效通光孔径 中心区域85%内	20/100	40/200
		其余部位	80/500	80/500
注：L单位为mm，S单位为 μm ，D单位为 μm 。				

6 测量方法

- 6.1 单晶元件激光损伤阈值的测量方法按 GB/T 16601 的规定。
- 6.2 单晶元件波前畸变的测量方法按 GB/T 11297.1 的规定。
- 6.3 单晶元件特定波长吸收的测量方法按 JB/T 9495.3 的规定。
- 6.4 单晶元件弱吸收率的测量方法按 GB/T 22453 的规定。
- 6.5 单晶元件其它技术要求的测量方法按 GB/T 22453 的规定。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验与型式检验，检验项目见表9。

表9 检验项目

序号	项目名称	技术要求章条号	测量方法章条号	型式检验	出厂检验
1	散射	5.1.1	6.5	√	√
2	光学均匀性	5.1.2	6.5	√	□
3	特定波长吸收	5.1.3	6.3	√	√
4	紫外截止波长	5.1.4	6.5	√	□
5	I类相位匹配波长	5.1.5	6.5	√	□
6	有效非线性光学系数	5.1.6	6.5	√	□
7	倍频转换效率	5.1.7	6.5	√	√
8	弱吸收率	5.1.8	6.4	√	□
9	双折射率	5.1.9	6.5	√	□
10	激光损伤阈值	5.1.10	6.1	√	□
11	减反膜剩余反射率	5.1.11	6.5	√	√
12	波前畸变	5.1.12	6.2	√	□
13	尺寸公差	5.2.1	6.5	√	√
14	角度偏差	5.2.2	6.5	√	√
15	平行度	5.2.3	6.5	√	√
16	平面度	5.2.4	6.5	√	√
17	垂直度	5.2.5	6.5	√	√
18	有效通光孔径	5.2.6	6.5	√	√
19	膜层牢固度	5.2.7	6.5	√	□
20	膜层的抗高湿性能	5.2.8	6.5	√	□
21	膜层的抗温度冲击	5.2.9	6.5	√	□
22	粗糙度	5.2.10	6.5	√	□
23	崩边、崩口及崩裂	5.2.11	6.5	√	□
24	倒角	5.2.12	6.5	√	□
25	表面疵病	5.2.13	6.5	√	√

注:表中“√”表示必检项目，“□”表示选检项目。

7.2 出厂检验

- 7.2.1 产品需经生产厂质量检测部门检验合格，并附有合格证后方可出厂。
- 7.2.2 出厂检验项目应按表 9 所列出厂检验项目进行检验。

7.3 型式检验

- 7.3.1 检测项目：按表 9 所列型式检验项目进行检验。
- 7.3.2 批的组成：以同一加工工艺条件制成的产品为一批。
- 7.3.3 抽样：在出厂检验合格的产品中随机抽取 2 片。
- 7.3.4 在保证产品质量的前提下，正常生产时，每六个月至少进行一次型式检验；有下列情况之一时，也应进行型式检验：
- 新产品投产时；
 - 制备工艺有较大改变，可能影响产品质量时；
 - 出厂检验结果与最近一次型式检验结果有差异时；
 - 停产半年以上的；
 - 客户要求进行试验的；
 - 质检部门要求进行的情况。

7.4 检查结果的判定

检验结果符合本标准要求的，则判定该产品为合格。如有不合格，可自同批产品中加倍抽样，对不合格项进行复检。复检结果如都合格，则该产品为合格品；复检结果如仍有不合格，则判定该产品为不合格品。

8 包装、标志、运输和贮存

8.1 包装

- 8.1.1 采用弹性膜盒包装。包装时，产品应在超净室内擦拭干净后装入膜盒，通光面不得直接接触包装物。包装应密封、洁净、防潮、防震、防静电、抗冲击。
- 8.1.2 包装箱内应有装箱单和《《使用说明书》》。装箱单应标明：单晶元件种类、数量、尺寸、切割角度、镀膜指标、生产厂名等。

8.2 标志

产品外包装上应标明：

- 生产厂名、厂址；
- 产品名称、数量；
- 执行标准编号；
- 生产日期、保证期；
- “小心轻放”、“防潮”、“易碎”等注意事项。

8.3 运输

产品在运输过程中应轻装轻卸，不得挤压，并采取防震防潮等措施。

8.4 贮存

产品保质期为1年。产品存放环境要求：洁净等级优于10000级，温度（23±2）℃，湿度（55±5）%。