**国家标准《蓝宝石单晶衬底抛光片》**

**编制说明（讨论稿）**

**一、工作简况**

**1、立项目的与意义**

蓝宝石晶体作为电子信息产业及特殊光电设备领域的重要材料，隶属于国家重点支持的高新技术领域第四大类“新材料”中光电子、光子晶体信息材料技术。“中国制造2025”中明确提出重点发展新材料领域中的关键战略材料如电子陶瓷和人工晶体材料。《产业结构调整指导目录（2011年本）》明确支持“信息、新能源、国防、航天航空等领域用高品质人工晶体材料、制品和器件生产装备技术开发”和“半导体、光电子器件、新型电子元器件等电子产品用材料”、“半导体照明衬底、外延、芯片、封装及材料”等领域发展。

随着电子信息技术的发展，尤其是半导体照明产业的飞速发展，蓝宝石衬底的市场需求越来越强烈。由于在透红外光、介电性能和抗划伤等方面的突出优势，蓝宝石不仅可以使触摸屏的敏感度和反应速度更高，且硬度大可以抵挡刀划等各种磨损，因此被广泛应用于消费电子领域，主要包括智能手机摄像头的保护盖板、指纹识别HOME键盖板、智能手表屏幕盖板以及未来可能推广的智能手机屏幕盖板等。

蓝宝石的应用领域主要涉及LED衬底材料、消费电子和军事等应用，其中，衬底为蓝宝石最主要的应用，占据了约80%的份额，消费电子行业占据约20%。在LED衬底领域蓝宝石衬底相对其他衬底材料占90%以上的市场份额。

随着Mini/Micro-LED产业化进程加速，对蓝宝石衬底需求量也与日俱增，有报道对蓝宝石衬底需求量进行测算：每片4英寸芯片可量产1700万Micro-LED，约可供1台60英寸4K电视/3台手机（2K）/2台平板（2K）。预计2025年芯片/衬底需求量达到3500万片，如果苹果全部采用Micro-LED，则需要6300万片。截至2021年12月，蓝宝石出口单价为762.12美元每千克。据行家说Research预测，到2026年Mirco LED将能带来1.96亿美金的芯片产值。

基于LED芯片技术的发展及产品的快速迭代，带动蓝宝石衬底向更大尺寸方向发展。同时，Mini/Micro-LED 对波长均匀性和缺陷控制有更高要求，对衬底材料的平坦度、表面微观缺陷以及洁净度等有提出更高品质技术要求。

因此，原有的标准GB/T 30858-2014所规定的技术要求已远远满足不了蓝宝石衬底目前实际的市场需求，鉴于蓝宝石衬底近几年的迅速发展，需要对GB/T 30858-2014《蓝宝石单晶衬底抛光片》标准进行修订，以引导蓝宝石行业发展，满足市场需求和促进技术进步。

**2、任务来源**

根据《国家标准化管理委员会关于下达2024年第一批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发[2024]16号）的要求，由天通银厦新材料有限公司等单位负责修订《蓝宝石单晶衬底抛光片》，计划编号20240142-T-469，项目周期16个月，要求完成时间2025年7月。

**3、任务承担单位概况**

天通银厦新材料有限公司成立于2014年，注册资本8.85亿元，是专业从事大尺寸蓝宝石晶体、晶棒及衬底晶圆研发、制造和销售为一体的国家高新技术企业。公司历经10年的发展，已成长为国内大尺寸蓝宝石晶体生长、大尺寸晶棒加工以及衬底晶圆超精密加工技术领先的企业，产品主要应用于工业、医药业、集成电路及智能手机终端、新一代Micro LED显示技术和5G通信等行业。

公司生产区域包括已建成的老厂区和正在规划建设的新厂区。其中，老厂区已建成160kg~400kg级蓝宝石晶体的量产项目、晶体掏棒和衬底加工等延链补链项目，可实现年产蓝宝石晶体2000吨。综合老厂区的已建成项目和新厂区正在规划建设的所有项目，公司在蓝宝石材料产业上的总投资已接近40亿元，可实现蓝宝石晶体综合年产能约4700吨、蓝宝石晶棒年产能超过5400万毫米、蓝宝石衬底片年产能480万片的产业规模。

公司作为高新技术企业，一直致力于产品创新与技术提升，潜心研究和开发新产品、新工艺、新技术。公司自主立项并开展研发创新活动超过20项，近年来研发投入超过1.6亿元。公司先后研发出不同（100~720kg）公斤级蓝宝石晶体、高端显示领域所需的蓝宝石衬底晶片（2~8英寸），其中720kg级晶体是目前国内最大规格蓝宝石晶体。经过几年的创新突破，目前已形成了企业自有的大尺寸蓝宝石生长工艺技术和切磨抛技术，获得了多项自主研发和创新的技术、工艺，其中授权专利51项、计算机软件著作权15项，科技成果12项。公司主持修订了国家标准GB/T 31092-2022《蓝宝石单晶晶锭》，编制组负责人康森曾负责起草了GB/T 34504-2017《蓝宝石抛光衬底片表面残留金属元素测量方法》。

**4、主要工作过程**

本项目编制单位天通银厦新材料有限公司、徐州凯成科技有限公司、徐州美兴光电科技有限公司、中国科学院上海光学精密机械研究所通过调研国内生产企业的生产现状及技术发展趋势，考虑用户的当前使用要求及以后技术发展的潜在使用要求，于2024年10月形成了讨论稿。2024年10月在昆明市参加《蓝宝石单晶衬底抛光片》标准第1次工作会议。

**二、标准编制的原则及确定主要内容的依据**

**2.1、编制原则**

本标准起草单位自接受起草任务后，成立了标准编制工作组，负责收集生产统计、检验数据、市场需求及客户要求等信息。以国家标准GB/T 30858-2014《蓝宝石单晶衬底抛光片》为基础，初步确定了《蓝宝石单晶衬底抛光片》标准起草所遵循的基本原则和编制依据：

1）标准的编写格式按国家标准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》的统一规定和要求进行编写。

1. 考虑用户的当前使用要求及以后技术发展的潜在使用要求。
2. 考虑国内生产企业的生产现状及技术发展趋势。

**2.2、标准主要内容的确定依据及主要试验验证情况分析**

本标准代替GB/T 30858-2014《蓝宝石单晶衬底抛光片》。相比于GB/T 30858-2014，本次的主要技术变动内容如下。

**2.2.1、更改了适用范围。**

随着键合衬底、透明显示等技术的发展，不仅要求单面抛光的蓝宝石衬底，双面抛光的衬底材料的需求也逐步提升。基于目前的市场需求和技术发展，本文件的适用范围包括了蓝宝石单面抛光、双面抛光衬底片。因此，将原文件中“1范围”由“适用于单面抛光蓝宝石衬底片”修改为“适用于外延生长半导体薄膜用蓝宝石衬底片”。

**2.2.2、更改了规范性引用文件。**

随着蓝宝石晶体材料品质的提升以及检测技术的不断完善，目前已有蓝宝石单晶晶向、衬底片弯曲度、衬底片翘曲度、位错密度、半峰宽值的检测标准，并且目前已有更适用的总杂质含量和表面粗糙度的检测标准。因此，本文件将原文件中规范性引用文件GB/T 1555、GB/T 6619、GB/T 6620、附录A、附录B、附录C、附录D分别用GB/T 34210、GB/T 31353、GB/T 31352、GB/T 33236、GB/T 33763、GB/T 34612、GB/T 29505替代。

根据相关术语和定义界定的需要，增加了规范性引用文件GB/T 31092。

由于本文件新增了参考槽的尺寸及允许偏差的要求，所以新增了规范性引用文件GB/T 1958作为试验方法。

**2.2.3、删除了“蓝宝石”、“衬底”、“局部厚度变化”、“蓝宝石晶棒”、“亮点”的定义。**

根据需要，增加了规范性引用文件GB/T 31092，GB/T 14264和GB/T 31092界定的术语和定义可以满足本文件的要求，不再单独列出蓝宝石、衬底、亮点的定义。此外，修订后的文件中无“蓝宝石晶棒”的术语，并且“局部厚度变化”的术语在全文中只出现了一次，因此，删除蓝宝石晶棒和局部厚度变化的术语和定义。

**2.2.4、更改了化学组成的要求。**

由于GB/T 31092中蓝宝石单晶的定义是“人工生长的有确定晶向的α型氧化铝单晶”，因此删除4.1中“蓝宝石单晶的化学组成为高纯的α-Al2O3”的冗余表达，并将条标题修改为“总杂质含量”。

**2.2.5、更改了结晶完整性的要求。**

在实际的蓝宝石晶体生长过程中，若受到杂质、温度变化或震动产生的应力作用，或者受到打击、切削、研磨等机械应力作用，会使晶体内部质点排列变形，原子行列相互滑移，不再符合理想晶体的有序排列，形成线状缺陷，即位错。大量的位错会影响蓝宝石晶体的光学、电学、力学性能，在LED衬底应用方面，位错的存在会降低衬底外延层的质量，进而降低LED照明的发光效率。随着新型显示技术的发展，对蓝宝石衬底材料的品质要求不断提升。

低位错密度的衬底片是制作高质量外延片的基础，因此，基于目前的市场需求和技术水平，对蓝宝石衬底片的位错密度的技术要求进行修改。具体的修改内容是：将位错密度“应小于104个/cm2”修改为“应小于1000个/cm2”。

X射线双晶摇摆曲线的半峰宽（FWHM）值也是表征晶体材料结构完整性的重要参数。因此，基于目前的市场需求和技术水平，对蓝宝石衬底片的双晶摇摆曲线半峰宽值的技术要求进行修改。具体的修改内容是：将双晶摇摆曲线的半峰宽值 “应小于30 arcsec”修改为“应小于20 ″”。

**2.2.6、删除了生长方法的要求。**

本文件修订过程中，凡是“按双方合同的规定”的未定技术要求，均包含在本文件的4.10“如需方对蓝宝石衬底片有特殊技术要求，由供需双方协商确定，并在订货单中注明”的表述中，不再单独列出。因此，删除了原文件中生长方法的要求。

**2.2.7、更改了表面取向及主参考面取向或主参考槽取向、删除了图1、图2。**

为提升表述的清晰性和格式的规范性，本文件对原文件的表1进行了格式上的更改和完善。同时，表1中的内容能够清楚说明表面取向及参考面取向的关系，不需要图示解释，因此删除原文件中的图1和图2。

**2.2.8、更改了尺寸及允许偏差的要求。**

随着Micro-LED、Mini-LED的快速发展，其工艺与LED工艺虽有部分相同，但尺寸相差10倍以上，亮度更高，寿命更长。这要求Micro-LED具有良好的一致性和均匀性，因此对其衬底材料的直径、加工精度、表面粗糙度、亚表面损伤等的要求更加严格。原文件所规定的技术要求已满足不了蓝宝石衬底片实际的市场需求，因此本文件提高了原文件中外形尺寸及允许偏差的技术要求。

此外，LED芯片技术的发展及产品的快速迭代，带动蓝宝石衬底向更大尺寸方向发展。与小尺寸衬底相比，大尺寸衬底的芯片产量大幅提高，边缘滤除损失比例大幅降低。在技术成熟度和成本降低的综合驱动下，6、8英寸蓝宝石衬底的市场需求开始快速增加。因此，本文件中增加了8英寸衬底的尺寸及允许偏差。

**2.2.9、增加了参考槽的尺寸及允许偏差的要求、增加了参考槽的结构图。**

为提高材料利用率，蓝宝石衬底客户对6、8英寸大尺寸蓝宝石衬底的参考面采用参考槽替代，因此，本文件增加了参考槽尺寸及允许偏差的要求，并增加了参考槽的结构图。

**2.2.10、更改了表面缺陷的要求。**

在LED衬底领域，为实现更高亮度LED以及提升LED芯片加工合格率，对蓝宝石衬底的面型质量、表面缺陷等提出更高的要求。因此，本文件修订过程中，为适应目前市场发展的需要，基于蓝宝石衬底片实际制程及产品特点，更改并提高了衬底片表面缺陷的技术要求。具体修订内容如下：减小了划伤的数量及尺寸限度；减小了崩边的尺寸限度；删除了裂纹、线切痕、亮点三项内容。此外，由于本文件增加了8英寸衬底的尺寸，所以在以衬底尺寸分类的划伤项目中，增加了8英寸衬底的划伤技术要求。

**2.2.11、更改了背面缺陷的要求。**

原文件中将对蓝宝石衬底片背面的亮点等缺陷的要求写入表面缺陷的技术要求表格中，导致表面缺陷与背面缺陷的要求不明晰、易混淆。因此，本文件将表面缺陷和背面缺陷的要求进行细分，根据实际生产制程和本文件产品特点，将裂纹、线切痕、亮点划分进背面缺陷，形成了背面缺陷的技术要求表格，以便更全面、准确、直观地体现表面缺陷和背面缺陷的技术要求。

并且，根据市场发展的需要及目前国内外各生产厂家蓝宝石衬底的制造水平，提高了衬底片背面缺陷的技术要求，减小了崩边的尺寸限度。

此外，为提高文件用词的一致性和准确性，将条标题“背面质量”修改为“背面缺陷”。

**2.2.12、更改了颗粒度的要求。**

科技部《“十四五”国家重点研发计划“新型显示与战略性电子材料” 重点专项》中明确指出，“研究大尺寸衬底上低缺陷密度、高波长均匀性、Micro-LED外延生长技术，解决Micro-LED尺寸效应、边缘效应以及低损伤刻蚀和钝化修复技术难题，开发高均匀性、高效率的Micro-LED外延片和Micro-LED芯片”。受益于行业景气度及产能扩张，LED产值将实现高速增长，预计到2026年Mirco-LED将带来1.96亿美金的芯片产值。Micro-LED 对波长均匀性和缺陷控制有更高要求，对衬底材料的平坦度、表面微观缺陷以及洁净度等提出更高品质技术要求。

因此，根据市场发展的需要及目前国内外各生产厂家蓝宝石衬底的制造水平，提高了衬底片颗粒度的要求。具体修改内容如下：将4英寸衬底颗粒度要求“＞0.3μm ＜1000个”改为“＞0.3μm ＜500颗”；将6英寸衬底颗粒度要求“＞0.3μm ＜1000个”改为“＞0.3μm ＜800颗”。此外，由于本文件增加了8英寸衬底的尺寸，所以在衬底片颗粒度要求中，增加了8英寸衬底的颗粒度技术要求。

**2.2.13、更改了总杂质含量、结晶完整性、表面取向及主参考面取向或主参考槽取向、尺寸及允许偏差、表面粗糙度的试验方法。**

随着蓝宝石晶体材料品质的提升以及检测技术的不断完善，目前已有蓝宝石单晶晶向、衬底片弯曲度、衬底片翘曲度、位错密度、半峰宽值的检测标准，并且目前已有适用的总杂志含量和表面粗糙度的检测标准。因此，本文件将原文件中检测标准GB/T 1555、GB/T 6619、GB/T 6620、附录A、附录B、附录C、附录D分别用GB/T 34210、GB/T 31353、GB/T 31352、GB/T 33236、GB/T 33763、GB/T 34612、GB/T 29515替代。

**2.2.14、更改了检查和验收的要求。**

根据GB/T 20001.10的相关要求及产品标准的特点，将检查和验收的要求更改为“产品应由供方或第三方质检部门进行检验，保证产品质量符合本文件及订货单的规定，并填写产品质量保证书”。

**2.2.15、更改了组批的要求。**

在实际生产过程中，相同长晶工艺生产、并以相同加工工艺加工成的同规格蓝宝石衬底片在客户生长外延制程中无差别，可视为一批。因此，为提高组批合理性和实际生产效率，将组批要求由“同一晶锭切割的衬底片为一个检验批”更改为“每批应由相同长晶工艺生产的蓝宝石晶体，并以相同加工工艺加工成的同规格的蓝宝石衬底片组成”。

**2.2.16、更改了检验项目及取样的要求。**

为提升表述的清晰性和格式的规范性，本文件将原文件中的全检项目和抽检项目统一汇总在表9中，将由供需双方协商确定是否检验的项目单独形成表10。

根据蓝宝石衬底片实际生产制程要求，更改了表面缺陷和背面缺陷检验方法具体要求。

根据当前市场供需双方需求，以及目前日常出货检验要求，将表面粗糙度的检验规则更改为由供需双方协商是否检验。

**2.2.17、更改了检验结果的判定方法。**

根据当前市场需求，并使文本更加简洁、逻辑更加清晰，本文件将检验结果的判定方法的表述改为“若表9中的检验项目中有任何一项检验不合格，则判定该蓝宝石衬底片检验批不合格。若表10中的检验项目中有任何一项检验不合格，则另取双倍数量的试样对不合格项目进行重复检验，若重复检验结果仍有一试样不合格，则判定该批产品不合格”。

**2.2.18、更改了标志的内容。**

根据市场需求和产品特点，更改了标志的内容。由于客户对产品打标的要求不一致，因此删除了原文件中“衬底片的正面/背面应有激光打标的产品标号，具体位置按照附录E规定的方法或由供需双方商定”的规定，客户对打标的特殊要求，包含在7.4“如需方对蓝宝石衬底片的标志、包装、运输和贮存由特殊要求，由供需双方商定”的表述中。

**2.2.19、增加了随行文件的内容。**

根据GB/T 20001.10的相关要求及产品标准的特点，增加了随行文件的内容。

**三、标准水平分析**

本标准拟替代GB/T 30858-2014《蓝宝石单晶衬底抛光片》，为推荐性国家标准，达到国内先进水平。

**四、标准中涉及专利的情况**

本标准中未涉及专利问题。

**五、预期效果**

本次主要对GB/T 30858-2014《蓝宝石单晶衬底抛光片》国家标准中标准范围、结晶质量、尺寸及允许偏差、规范性引用文件等内容进行修订。以引导蓝宝石行业发展，满足市场需求和促进技术进步。

**六、采用国际标准和国外先进标准的情况**

本标准修订过程中未采用国际标准或国外先进标准。

**七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调配套情况**

本标准属于半导体材料标准体系中的标准，本标准修订时，要求全面、准确、科学、合理。标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合GB/T1.1-2020的有关要求。本标准与现行的相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

**八、重大分歧意见的处理经过和依据**

在本标准修订过程中没有出现重大分歧意见。

**九、标准性质的建议说明**

本标准建议作为推荐性国家标准发布实施。

**十、其它应予说明的事项**

无。

标准编制组

2024年10月