

附件 2.1

团体标准《光热透镜法弱吸收率测试仪》（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

近年来,随着高能激光的发展,对光学材料提出越来越高的要求,而光学材料由于制造工艺(生长工艺)、原材料杂质的存在,不可避免的存在吸收。随着光学材料研究的进一步深入,人们对于材料吸收系数的研究越来越深刻。

当用强的激光照射某一透镜时,该介质可将吸收的能量周期性地转变成热能,使材料本身及周围介质的温度升高,从而引起其折射率的变化,使得透镜的焦距发生改变,引起波形变化、退偏等现象产生,进而使得激光系统不稳定。传统意义的测量方法是无法测量到ppm量级的吸收系数,而如此小的吸收系数就能给激光系统带来不可想象的困难。因此,很有必要测量材料的吸收系数,通过测量吸收系数一方面可以为选择合适的光学材料提供参考,另一方面可以帮助材料生产厂家在研究造成吸收大的原因时,从源头上解决吸收问题。

在国内,公开售卖光热透镜法弱吸收率测试仪的生产商除福晶科技外,还包括新嘉光科技和北京昊然伟业光电科技。在国外,光热透镜法弱吸收率测试仪的应用主要集中在一些科研机构 and 高校,被广泛应用于材料科学、化学、物理等领域的研究和实验。目前国内外对于光热透镜法弱吸收率测试仪,经查无此类相关的仪器标准。

为推动光热透镜法测弱吸收和光热透镜法弱吸收率测试仪的使用，制定光热透镜法弱吸收率测试仪的产品标准成为行业的当务之急。光热透镜法弱吸收率测试仪标准的制定，第一，可明确光热透镜法弱吸收率测试仪的定义及范围；第二，可规定统一的技术标准，规范市场；第三，可为用户选择合适的光学材料提供依据以及为研究人员提供新的测试方法，极大方便了广大用户群体。

1.2 协作单位

包括中国科学院福建物质结构研究所、闽都创新实验室、中国工程物理研究院化工材料研究所。

1.3 主要工作过程

2023年11月，标准牵头起草单位福建福晶科技股份有限公司联合中国科学院福建物质结构研究所、闽都创新实验室、中国工程物理研究院化工材料研究所成立标准工作组，并组织线上会议，研究标准的推进工作和工作计划。

2023年12月底，标准工作组开展标准的技术内容调研，并根据前期研究成果分析，运用标准化经典原理与科学方法，明确标准范围，进行深入研究，经广泛讨论、充分论证，完成了标准初稿。

2024年1月10日，标准通过了中国光学光电子行业协会立项评审会并于次日在全国团体标准信息平台和中国光学光电子行业协会官网进行公示（中光协〔2024〕002号）。

2024年1月13日，根据立项论证专家的意见，编写工作组开展了标准研制工作讨论会，开展了光热透镜法弱吸收率测试仪定标方法的补充调研。

2024年2月5日，组织了标准草案的线上工作讨论会，进一步针对标准框架和技术内容展开技术研讨，征求各相关方意见。

2024年3月4日，编写工作组根据研讨意见，研制形成“光热透镜法弱吸收率测试仪”团体标准征求意见稿及编制说明。

1.4 标准起草人及其工作

标准牵头起草单位福建福晶科技股份有限责任公司负责组建制标小组、布置标准起草内容、参与草案讨论、标准初稿撰写和修改及标准申请材料递交工作；中国科学院福建物质结构研究所、闽都创新实验室、中国工程物理研究院化工材料研究所负责参与草案讨论并提出相应修改意见。

二、标准编制原则和确定主要内容

（如主要技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据（包括试验、统计数据）。修订标准时，应增列新旧标准指标、水平的对比；

2.1 编制原则

(1) 具有行业特点，指标及其对应的分析方法要积极参照采用国家标准和行业标准。

(2) 标准具有科学性、先进性和可操作性。

(3) 结合行业实际情况和产品特点。

- (4) 与相关标准法规协调一致。
- (5) 促进行业健康发展与技术进步。

2.2 标准内容的论据

2.2.1. 标准名称

本标准名称为《光热透镜法弱吸收率测试仪》，英文全称为 Photothermal-Lensing Absorption Measuring Instrument (简称为PLI)。

2.2.2. 标准范围

本文件规定了光热透镜法弱吸收率吸收测试仪的仪器原理、要求、试验方法及仪器产品的检验标准、标志、包装、运输及贮存、质量保证。

本文件适用于透射构型的光热透镜法弱吸收率测试仪，对使用该类弱吸收仪进行日常的科研工作，还是在仪器的生产制造提供总体指南。

2.2.3. 术语

本标准明确了激光光学元件吸收相关的定义，与弱吸收测试仪器的性能指标。其中对光热透镜法弱吸收率测试仪、吸收、测试仪性能的定义均结合了相关文献和标准的描述，对本标准中的关键术语：光热透镜法弱吸收率测试仪、吸收、吸收率、吸收分布、（仪器）重复性、（仪器）稳定性进行说明。

(1) 光热透镜法弱吸收率测试仪

本标准定义了以光热透镜法为原理而设计，针对激光晶体、光学元件等的弱吸收特性的测量的仪器为光热透镜法弱吸收率测试仪。

(2) 吸收、吸收率、吸收分布、吸收率分布

国际标准 ISO 23701: 2023《光子和光子学 激光器和激光相关设备 激光光学元件光热吸收测量和成像技术》中对吸收、吸收率、吸收分布、吸收率分布的定义为：吸收 (absorption) 为激光光学元件吸收的辐射通量；吸收率 (absorptance) 为吸收辐射通量与输入辐射通量的比值；吸收分布 (absorption distribution) /吸收率分布 (absorptance distribution) 为测量的吸收/吸收率与样品位置的函数。本标准引用此定义。

(3) 重复性

国家标准《GB/T 13966-2013 分析仪器术语》中对仪器重复性的定义：用相同的方法、相同的式样，在相同的条件下测得的一系列结果之间的一致程度，用相对标准差 RSD 表示。

本标准引用此定义。

(4) 稳定性

国家标准《GB/T 13966-2013 分析仪器术语》中对仪器稳定性的定义：在规定工作条件下，输入保持不变，在规定时间内仪器示值保持不变的能力，用相对极差 RR 表示。

本标准引用此定义。

2.2.4. 原理

本标准介绍了光热透镜法测量弱吸收的原理和光热透镜弱吸收仪探测构型可以实现的探测种类。

国际标准 ISO 23701:2023 中指出在典型的光热透镜测量构型中，一束未聚焦的泵浦激光辐照在样品表面，由于吸收激光束能量而产生表面形变分布或体内折射率梯度分布，使得这一被照射区域类似一个

负透镜（或正透镜）。用另一束未聚焦的探测光束辐照在相同区域，反射或者透射的探测光束中心光强的改变就代表光热信号。这种探测光光强的变化可以通过一个针孔光电探测器（一个光电探测器前方带一个小孔光阑）来探测。

以上测量激光光学元件吸收和吸收分布的光热方法被称为光热透镜（或热透镜 TL）。当要区分表面吸收和体吸收时，则应当选择透射式测量构型。

2.2.5. 要求

在确定技术指标项目和要求时，通过对收集的相关国家、行业标准 and 文献报道的研究分析，考虑标准的引用的优先性和仪器行业的适用性，提出仪器设计使用和生产制造的规范。

(1) 仪器正常工作条件

仪器应在适合于产品目标用途的环境条件下进行工作，确保工作结果准确性。《RB / T 047-2020 检验检测机构管理和技术能力评价设施和环境通用要求》中明确当检验检测工作对环境温度和湿度无特殊要求是，工作环境的温度宜维持在 $16^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度宜维持在 $30\%\sim 65\%$ 。结合以上标准和科研生产中的经验，应考虑的因素包括：

适宜的环境温度—— $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 可保证激光器、功率计等设备正常运行，避免过大的温度波动影响光热技术的测量结果；

合适的相对湿度——维持在 $30\%\sim 65\%$ ，避免晶体潮解，电子设备损耗故障；

无明显烟尘——减少灰尘等对光路的影响，造成光学元件损坏；

无影响仪器使用的振动和电磁干扰——避免光路偏移和测量误差。

(2) 使用性能

根据仪器原理和使用特性，光热透镜弱吸收测试仪应具有相应系统和功能设置，以实现测量。光热吸收测量设备由泵浦激光光源、探测激光光源、样品位移平台、信号探测单元和数据采集和处理单元等部分组成。

(3) 泵浦激光、探测光源、光学斩波器、锁相放大器

国际标准 ISO 23701: 2023《光子和光子学 激光器和激光相关设备 激光光学元件光热吸收测量和成像技术》中指出：泵浦光束的调制频率、泵浦光束与探测光束之间的间距、探测距离（即从被测样品到光电探测器的距离）以及光电探测器的横向位置等参数都需要仔细调节，以获取最大的光热信号幅值和信噪比。

本标准结合以上原则与仪器原理，对泵浦激光、探测光源、光学斩波器、锁相放大器等主要仪器设备进行规范。

(4) 性能特性

据国家标准《GB/T 13966-2013分析仪器术语》中针对仪器重复性和稳定性定义，结合生产实践中的应用经验，对光热透镜法弱吸收率测试仪的性能特性进行规范：重复性表征值 $RDS \leq 5\%$ ，稳定性表征值 $RR \leq 10\%$ 。

(5) 安全要求

在适合于产品目标用途的所有预期工作条件下，激光产品应符合国家标准《GB 7247.1-2012 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求》规定的安全要求。

国家标准《GB 7247.1-2012 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求》指出：根据制造厂商确定的安全类别，在激光产品内部需采取一定的安全措施。制造厂商应确保那些负责激光产品和激光系统分类的人员接受相应水平的培训，从而使他们充分理解分类方案的内容。安全措施要求细节详见GB 7247.1-2012。

国家标准《GB 7247.1-2012 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求》指出：每台激光产品根据下列各条要求带有标记。在激光产品的使用、维护或检修期间，标记按其目的必须耐用，永久固定，字迹清楚，明显可见。标记要求细节详见GB 7247.1-2012。

(6) 仪器外观

推荐性国家标准《GB/T 12519-2021 分析仪器通用技术条件》中提出：仪器的外观和结构应满足（a）外观整洁、色测均匀、无毛刺；（b）铭牌及标志应耐久和清晰，内容符合相关法规、标准的要求；（c）紧固件不应松动、各种调节件灵活，功能正常；（d）仪器可拆部分应能方便的拆装。

本标准结合上述内容与本仪器特性提出外观标准要求。

(7) 运输、运输贮存

推荐性国家标准《GB/T 25480-2010 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法》在第3章提出仪器仪表的运输、贮存基本环境条

件应按照产品校准的要求，选用相应的基本环境条件分级额定值。在第5章提出仪器包装运输、贮存的检验规则。

本标准应用上述标准内容。

2.2.6. 试验方法

仪器实验过程包括准备仪器正常工作条件、搭建仪器系统、设置仪器参数、标定系统、调节光路开始测试、记录信号、对信号进行标定、根据要求对样品不同位置扫描获得吸收分布。

鲁江涛等在《物理学报》发表的《单层膜体吸收与界面吸收研究》中指出：热透镜方法是一种相对测量…采用相对测量的的处理方法可能会带来一定误差，因为测量得到的吸收可以看成是实际绝对吸收值乘以一个相对系数 δ 得到。对于本实验而言，由于测量吸收所用的参数相同，而且薄膜的吸收量级也类似，相对系数 δ 应该相同…这种处理不会改变界面吸收和体吸收的相对大小，对于吸收系数和消光系统的影响也只是 δ 倍数的影响。因此使用Newport FRQ-ND02 金属中性密度滤光片（1064nm处标称吸收值为22.2%）作为标片，进行校准。

据国际标准 ISO 23701: 2023 《光子和光子学 激光器和激光相关设备 激光光学元件光热吸收测量和成像技术》：光热信号幅值与被测样品的吸收率和泵浦光功率成正比。本标准引用其中的公式对获得的信号值进行计算，获得吸收值。

2.2.7. 检验规则

《GB/T 29252-2012 实验室仪器和设备质量检验规则》中定义了对仪器设备的出厂检验和定型检验。本标准结合上述标准和仪器特性提出相关标准。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果。

本标准规定了光热透镜法弱吸收率测试仪的仪器原理和装置组成，仪器的性能特性、安全和检验要求。

本标准给出的光热透镜法弱吸收率测试仪的光热方法，在国内外广泛应用于激光晶体、光学元件等的弱吸收测量和吸收分布，仪器装置经实践检验为对弱吸收灵敏度较高的弱吸收测量仪器，经反复的数据积累和技术优化，可快速高效应用于科研和企业的性能研究和质量控制。

经本标准规范的光热透镜法弱吸收率测试仪，将与国际先进标准接轨，其吸收测量和成像结果在国际上具有可比性，利于国内外的学术交流和光学产品的流通，同时亦可推动光热透镜法弱吸收率测试仪仪器产业进一步发展。

四、采用国际标准和国外先进标准的情况（包括采用对象的选取、采标一致性程度的确定、与采标对象差异的原因，与国际、国外同类标准水平的对比情况），或与测试的国外样品样机的有关数据的对比情况；

本标准的制定主要参考了国际标准 ISO 23701: 2023《光子和光子学 激光器和激光相关设备 激光光学元件光热吸收测量和成像技术》，其中部分一些关键指标结合仪器的实际情况和适用性进行了适当的调整。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系；

本标准内容符合国家现行法律、法规要求。

六、重大分歧意见的处理经过和依据；

本标准的制定过程中未出现重大的分歧意见。

七、标准性质的建议,特别是对建议批为强制性标准的理由应充分；

本标准建议为推荐性标准。

八、贯彻标准的要求和建议措施；

标准起草组组织撰写标准宣贯材料,组织标准宣贯培训,促进标准顺利实施。

九、废止现行有关标准的建议；

无。

十、其他应予以说明的事项。

无。

《**》标准编制工作组

2024-02-20