

《玻璃通孔（TGV）激光微孔设备技术要求》

（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本文件由北京中研博采技术服务有限公司提出，经中国技术市场协会标准化工作委员会批准，正式列入 2025 年团体标准制修订计划，标准名称为《玻璃通孔（TGV）激光微孔设备技术要求》。

（二）项目背景

玻璃通孔（TGV）激光微孔技术作为半导体封装、电子封装及光电器件制造等领域的关键核心技术，其设备性能直接决定了终端产品的集成度、可靠性与使用寿命。我国是电子信息产业制造大国，对 TGV 激光微孔设备的市场需求持续攀升，但目前市场上的设备产品呈现技术水平参差不齐的现状。部分中小企业生产的设备存在激光功率不稳定、定位精度不足、孔壁质量差等问题，导致加工产品合格率低，难以满足高端制造领域的严苛要求。

同时，国际上相关设备技术标准已趋于成熟，而我国尚未出台针对 TGV 激光微孔设备的专项技术规范，行业发展缺乏统一指引，不仅造成市场竞争无序，也使得国内企业在参与国际竞争时面临技术壁垒与认证难题。为规范行业技术秩序、提升国产设备核心竞争力、破解国际贸易障碍，亟须制定专门的技术要求标准，明确设备的技术指标、测试方法与安全规范，为产业高质量发展提供坚实支撑。

（三）目的意义

1. 目的

（1）保障加工质量可靠

TGV 激光微孔设备的加工精度、功率稳定性等核心性能直接影响通孔的质量与功能实现。本规范通过统一关键技术指标与质量要求，确保设备在批量生产中能够稳定输出高质量微孔，满足半导体封装等高端领域的应用需求，避免因设备性能缺陷导致的产品失效风险。

（2）规范行业发展秩序

针对当前市场部分设备产品虚标参数、质量失控的乱象，本规范明确了设备生产、检验的统一标准，为企业提供更清晰的技术指引，同时为市场监管、产品选型提供科学依据，遏制劣质产品流通，营造公平竞争的市场环境。

（3）促进技术协同创新

通过明确设备的技术参数、接口要求与测试方法，为激光器件供应商、设备整机厂、终端应用企业及检测机构搭建统一技术沟通平台，减少因标准不统一导致的技术适配成本与研发周期，推动产业链上下游协同创新与技术升级。

2. 意义

（1）保障产业应用安全

规范的实施将显著提升 TGV 激光微孔设备的整体质量稳定性，降低因设备故障导致的生产事故与产品报废风险，切实保障下游制造业的生产安全与产品可靠性，维护企业经济利益。

（2）推动产业高质量发展

标准将倒逼企业加大核心技术研发与质量管控投入，淘汰落后产能，引导行业从规模扩张向技术创新、质量提升转型，提升我国 TGV 激光微孔设备产业的核心竞争力与国际话语权。

（3）助力国际市场开拓

本规范充分借鉴国际先进技术经验，兼顾国内产业实际与国际通行规则，有助于国产设备满足国际高端市场的准入要求，打破贸易技术壁垒，提升产品出口竞争力，推动我国高端装备制造业走向全球市场。

（四）起草单位及起草人名单

本文件起草单位：武汉帝尔激光科技股份有限公司、苏州英谷激光科技股份有限公司、安徽华创鸿度光电科技有限公司、北京中研博采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司等单位。

本文件主要起草人：万胜、崔晓敏、束庆邦、郑烨、乐志斌、夏卫彬、杨笛等。

（五）主要起草过程

1. 文本调研

2025 年 8 月启动了文本的调研工作，并于 2025 年 9 月完成了相关资料的收集和分析工作。

2. 标准立项

2025 年 12 月向中国技术市场协会标准化委员会提出申请，于 2025 年 12 月 11 日获得中国技术市场协会标准化工作委员会批准立项。

3. 形成标准草案

2025年12月，起草组对资料收集情况进行汇总处理，确定了标准框架和主要内容。2025年12月19日，《玻璃通孔(TGV)激光微孔设备技术要求》形成标准初稿。

4. 形成征求意见稿

2025年12月22日至2025年12月26日，起草组根据反馈的意见和建议，对草案内容进行了修改和调整，形成标准征求意见稿。

二、确定标准主要内容的论据

(一) 编制原则

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》以及《中国技术市场协会团体标准工作程序》的规定起草。

(二) 标准主要内容及适用范围

本文件规定了玻璃通孔(TGV)激光微孔设备的技术要求、试验方法等内容。

本文件适用于半导体封装、电子封装、光电器件制造等领域中，采用激光工艺在玻璃基板上加工微米级通孔的设备。

(三) 确定标准主要内容的论据

1. 解决行业技术痛点

当前 TGV 激光微孔设备行业存在核心性能指标不统一、测试方法缺乏规范、安全防护标准缺失等问题，导致设备加工质量不稳定、兼容性差、安全风险隐患突出。本规范通过明确激光功率稳定性 $\leq \pm 2\%$ 、定位精度 $\leq \pm 1.0 \mu\text{m}$ 等关键指标，以及统一对应的测试方法，针对性解决设备性能良莠不齐、检测结果缺乏公

信力等行业痛点，从技术层面保障设备质量。

2. 满足市场应用与监管需求

下游半导体、光电子等高端制造业对设备加工精度、稳定性的要求日益严苛，亟需标准规范设备选型与质量验收；同时，市场监管部门缺乏专项标准依据，难以有效开展质量监管。本规范涵盖设备生产、检验、使用全环节技术要求，既为企业生产制造提供明确遵循，也为市场监管、第三方检测提供科学依据，契合产业应用与监管实际需求。

3. 推动产业链标准化协同发展

目前行业内不同企业的设备技术参数定义、测试方法差异较大，导致上下游企业间技术对接困难、适配成本高。本规范通过统一术语定义、技术参数、测试流程与安全要求，提升设备产品的兼容性与一致性，降低产业链协同成本，加速产业规模化、标准化发展，为技术创新与产业升级奠定基础。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

（一）主要试验[或验证]情况分析

为科学验证本规范所提出技术要求的可行性、合理性与适用性，起草组联合行业内主流设备制造企业、第三方检测机构及下游应用单位，开展了系统性的试验验证工作。试验共覆盖市场上28款主流TGV激光微孔设备产品（涵盖不同功率等级、加工精度区间），以及12种常用规格的玻璃基板样品，全面检验核心技术指标的科学性与可操作性。

1. 核心性能验证

测试内容：重点对激光波长、功率稳定性、定位精度、钻孔直径与深度精度、孔壁粗糙度等关键性能指标进行测试验证。

数据支撑：测试结果显示，符合本规范要求的设备，在连续 8 小时批量加工测试中，微孔尺寸精度波动范围 $\leq \pm 0.3 \mu\text{m}$ ，孔壁粗糙度 $R_a \leq 0.5 \mu\text{m}$ ，合格率达到 99.5%以上。未达标的样品中，约 20%存在功率稳定性超标（最大波动达 $\pm 5\%$ ），15%定位精度偏差超过 $\pm 1.5 \mu\text{m}$ ，导致加工通孔出现尺寸超差、孔位偏移等问题，无法满足高端应用需求。验证表明本规范设定的核心性能指标科学合理，能够有效筛选优质设备，保障加工质量。

2. 环境适应性验证

测试内容：在温度 $15^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $30\% \sim 70\text{RH}$ 的标准环境，以及高温 35°C 、低温 10°C 、高湿 80RH 的极端环境下，测试设备的性能稳定性与工作可靠性。

数据支撑：结果显示，90%的达标设备在所有测试环境下均能稳定运行，核心性能参数波动范围 $\leq \pm 1\%$ ；而未达标设备在极端环境下故障率显著升高，其中低温环境下有 30%设备出现激光功率衰减、定位精度下降等问题，高湿环境下 18%设备出现电气系统工作异常。验证表明本规范规定的环境适应性要求能够覆盖实际使用场景，确保设备在复杂环境下的稳定工作能力。

3. 长期稳定性与耐久性测试

测试内容：对设备进行加速寿命测试（累计工作时长 ≥ 1000 小时），监测激光功率稳定性、定位精度、加工速度等关键指标的衰减情况。

数据支撑：经过 1000 小时连续工作测试后，达标设备的核

心性指标衰减率均低于 3%，仍能满足规范要求；部分低质设备在 500 小时后即出现明显性能衰减，激光功率波动增大至±4%，定位精度偏差扩大至±1.2 μm，加工效率下降 15%以上，无法维持稳定生产。验证表明本规范对设备耐久性的要求能够保障产品全生命周期内的使用可靠性。

4. 安全性能验证

测试内容：模拟设备激光泄漏、电气故障、机械防护失效等极端场景，检验设备安全防护功能的有效性。

数据支撑：在激光安全测试中，符合规范要求的设备通过安全联锁装置，100%实现激光泄漏防护，泄漏量符合 GB/T 7247.1 规定的安全等级；电气安全测试中，接地电阻均≤0.01 Ω，绝缘电阻≥10M Ω，未出现电气安全隐患。而未达标的设备中，25%缺乏有效的激光安全联锁装置，12%电气安全指标不达标，存在显著安全风险。验证表明本规范的安全要求能够有效防范设备使用过程中的安全事故。

（二）技术经济论证

1. 技术可行性

技术成熟度：本规范规定的激光波长、功率稳定性、定位精度等核心技术要求，所依托的激光发射、精密控制、机械结构设计等技术均为行业成熟应用技术。对国内 15 家主流设备制造企业的调研显示，80%以上企业现有技术平台通过优化升级即可满足规范要求，无需进行颠覆性技术改造。

实施门槛：规范充分考虑了行业不同规模企业的技术水平，未设置过高技术壁垒。对于中小型企业，通过采购高精度激光器

件、优化控制系统算法、完善检测流程等方式，仅需 1~2 个研发周期即可实现技术达标，单台设备技术升级成本可控，实施路径清晰可行。

2. 经济可行性

初期成本分析：预计标准实施初期，企业为满足规范要求，需在高精度元器件采购、检测设备配置、生产工艺优化等方面增加投入，单台设备生产成本平均增加 3000~8000 元人民币。这部分成本主要用于提升激光功率稳定性、优化精密传动系统及完善安全防护装置。

长期效益分析：从全生命周期来看，规范实施将带来显著经济效益：**质量成本降低：**依据行业数据，因设备性能不达标导致的产品报废、返工、售后维修等成本，约占低端设备应用企业生产成本的 8%~12%。规范实施后，预计可将相关质量损失降低 60% 以上，大幅提升下游企业生产效率。

市场竞争收益：符合规范的设备产品将获得市场认可，在高端应用领域的市场准入竞争力显著提升。据估算，达标企业的产品市场占有率可提升 10%~15%，尤其在半导体封装等高端市场的份额增长更为明显。

社会成本节约：减少因设备故障导致的生产中断、安全事故等带来的社会资源浪费，其间接经济效益显著，同时有助于提升我国高端装备制造业的整体形象。

（三）预期经济效果

1. 微观层面：降低企业综合成本，提升盈利能力

生产成本优化：标准化将推动设备核心元器件的通用化、规

模化采购，预计规范实施 2 年后，相关元器件采购成本因规模效应可下降 12%~18%，有效抵消初期技术升级投入。

运营效率提升：统一的测试标准与技术要求将减少企业因标准不统一导致的重复测试、认证及技术适配成本，设备研发周期平均可缩短 15%~20%，生产效率提升 10%以上，显著改善企业资金周转效率与盈利能力。

2. 中观层面：增强产业竞争力，扩大市场份额

国内市场：随着下游高端制造业对设备质量要求的不断提高，符合高标准的设备产品将更具市场竞争力。预计头部达标企业的国内市场份额可提升 8~10 个百分点，行业集中度进一步优化，形成良性竞争格局。

国际市场：本规范与国际先进技术标准接轨，将帮助国产设备突破国际技术壁垒，提升出口认证通过率。预计标准全面实施后 3 年内，我国 TGV 激光微孔设备出口额年均增长率可提高 3~5 个百分点，在全球高端设备市场的占比显著提升。

3. 宏观层面：推动产业升级，创造持续价值

价值链提升：标准将引导行业资源向技术研发、质量管控等高端环节集中，推动产业链从低端价格竞争向高技术、高附加值竞争转型，预计可带动产业整体附加值提升 8%~10%。

产业生态优化：规范的引领作用将促进上游激光器件、精密机械、控制系统，中游设备制造，下游检测认证、终端应用等全产业链协同发展，形成技术创新驱动、质量标准引领的健康产业生态，为我国电子信息产业、高端装备制造业的高质量发展提供重要支撑。

四、采用国际标准和国内外先进标准的程度

本文件不涉及国际国外标准的采标情况。

五、重大分歧意见处理经过及依据

本文件在制定过程中未出现重大分歧意见。

六、与现行相关法律、法规及相关标准的协调性

与现行相关法律、法规及相关标准相协调。

七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

八、其他应予说明的事项

无。

《玻璃通孔（TGV）激光微孔设备技术要求》

团体标准工作组

2026年1月7日