

# 使用 IceFyre™ 皮秒激光器微加工透明脆性材料

玻璃、陶瓷和水晶等透明和/或脆性材料是高质量、高产量加工的历史难题。传统的机械工艺通常过于粗糙，尤其是对于更薄的材料，必须减慢速度以避免材料产生严重的破裂和碎屑。此外，工具磨损也成问题，因为刃口在其整个生命周期中不断退化，而加工部件的质量、产量等很可能也会下降 - 再加上消耗品更换成本会随着时间的推移变得非常高昂的消耗品更换成本。再则，硬质脆性材料导致很高的工具磨损率，而消耗品成本会随着时间的推移变得过高。因此，制造商越来越期望将激光器技术作为解决方案。

在许多情况下，纳秒脉冲激光器为加工这些材料提供很好的成本和性能。对于氧化铝 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 陶瓷，即使红外 (1064 nm) 波长也能实现高速深层划线，不过更短的波长可实现更高的质量和更小的特征尺寸。玻璃切割和钻孔在各种行业中越来越常见，使用绿光和紫外波长通常能够大获成功。然而，随着制造商追求越来越高的质量和更精细特征的加工，激光行业必须提供越来越好的工具。



为此，皮秒激光器技术在高质量、高产量加工这些具有挑战性的材料方面得到越来越多的应用。然而，当前的皮秒激光器存在许多重大缺点 - 它们常常价格高昂、体积庞大、不灵活并且不一定可靠。Spectra-Physics 的 IceFyre 重新定义的皮秒微加工激光器市场。IceFyre 是一款新型工业皮秒激光器，以行业领先的性价比实现卓越的性能、前所未有的多功能性、最小的尺寸以及工业可靠性。

IceFyre 激光器在 1064 nm 波长时提供 >200 μJ 脉冲能量和 >50 W 平均功率。此外，它包含 TimeShift™ ps 技术，该技术允许通过可变子脉冲间隔时间进行突发模式操作；每子次脉冲的能量、间隔和突发包络中的次脉冲数量可变但仍然保持相同的最大输出功率。

Spectra Physics 应用工程师使用 IceFyre 1064-50 进行了一系列透明和/或脆性材料加工实验。

这些实验旨在为特定工业应用开发最佳工艺。经测试的材料包括 200 μm 厚 Corning Willow® 玻璃、150 μm 厚蓝宝石和 200 μm 厚氧化铝 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 陶瓷。在这些材料中，我为直径 5 至 10 mm 范围的孔开发了环锯切割工艺。

在用于制造个人移动设备的薄玻璃中，皮秒激光器已证明尤其有价值。封闭形状切割对按钮、扬声器开口、照相机窗口等特征的集成很重要。使用 IceFyre 激光器结合高速多程环钻切割工艺，我们在 200 μm 厚 Willow 玻璃上切割出了直径 10 mm 的孔。图 1 显示完整切口的数码照相机微距照片。孔切割时间约为 2.5 秒，烧蚀边缘看起来非常光滑。经光学显微镜检查确定，边缘碎屑通常为 0-10 μm，切割边缘的表面轮廓数据显示粗糙度 Ra 为 <1 μm。

人造蓝宝石几十年来一直用于手表盖板，如今作为按钮和照相机窗口等组件的坚固抗划伤材料，越来越多地在移动设备中使用。在这些测试中，我们从 150 μm 厚 C-面 双面抛光蓝宝石上加工出小型圆盘。对于此类极薄的脆性材料，开发高平均功率激光器的高速工艺非常具有挑战性。经过精心的 IceFyre 皮秒激光器工艺优化，我们在约 1.5 秒内切割出直径 5 mm 的圆盘。图 2 显示圆盘的照相机微距照片。该照片显示良好的薄蓝宝石材料加工质量，无可见碎屑，并且切割边缘光滑磨砂。



图 1：在 200 μm 厚 Corning Willow 玻璃中切割出的 10 mm 直径孔

# 使用 IceFyre 皮秒激光器微加工透明脆性材料

对于更快的切割速度，侧壁粗糙度 Ra 通常约为 1.5 μm。然而，在产量上稍作取舍，IceFyre 激光器还可以在蓝宝石中加工出 0.5 至 1.0 μm 范围的 Ra 值在蓝宝石中加工出一些特征。

由于结合了高硬度、高电气绝缘性和高导热性，氧化铝陶瓷正越来越多地用于发光二极管 (LED) 散热器、高温印刷电路板 (PCB) 以及严苛高温环境的设备封装等应用。



图 2: 从 150 μm 厚蓝宝石晶片上切割的 5 mm 圆片的微距照相机照片



图 3: 在 200 μm 厚氧化铝陶瓷板中加工的 5 mm 直径孔的数码相机照片显示出极高的边缘质量，且材料无变色。

然而，由于该材料的硬度和某种程度上的脆性，这些优势同样伴随着精密加工的挑战。使用 IceFyre 的短皮秒脉冲结合高速多遍环钻工艺，我们在该材料中高质量、高产量地切割出直径 5 mm 的孔。图 3 显示加工孔的数码相机照片。每个孔的加工时间为 0.8 秒，相当于约 20 mm/s 的线性切割速度。照片显示切口边缘和侧壁不存在使用长脉冲宽度激光器加工时常出现的变暗和碎屑沉积。

## 产品: ICEFYRE 1064-50

IceFyre 正在申请专利的设计重新定义了皮秒微加工激光器，以行业领先的性价比实现卓越的性能和前所未有的多功能性。IceFyre 基于 Spectra-Physics 的 *It's in the Box™* 设计，将激光器和控制器集成到行业最小的封装中。IceFyre 的独特设计利用光纤激光器的灵活性和

Spectra-Physics 独有的功率放大器能力，实现 TimeShift ps 可编程突发模式技术和广泛的重复频率可调节性。每台激光器均配备一组标准波形；可选的 TimeShift ps GUI 可用于创建自定义波形。该激光器为高扫描速度的优质加工（例如使用多面扫描镜）提供同类中抖动最低的按需脉冲触发。

IceFyre 1064	
波长	1064 nm
功率	>50 W
最大脉冲能量 (典型)	200 kHz 时 >200 μJ 单脉冲
重复率范围	单脉冲到 10 MHz
脉冲宽度, FWHM	<20 ps
脉冲对脉冲能量稳定性	<1.5% rms
功率稳定性 (预热后)	<1%, 8 小时以上 1σ
空间模式 (TEM <sub>00</sub> )	<1.3
光束不对称性	1.0 ± 10%
光束指向稳定性	<±25 μrad/° C



[www.spectra-physics.com](http://www.spectra-physics.com)

3635 Peterson Way, Santa Clara, CA 95054, USA  
 电话: 1-800-775-5273 1-408-980-4300 传真: 1-408-980-6921 电子邮件: [sales@spectra-physics.com](mailto:sales@spectra-physics.com)

比利时	+32-(0)0800-11 257	<a href="mailto:belgium@newport.com">belgium@newport.com</a>	韩国	+82-31-8069-2401	<a href="mailto:korea@spectra-physics.com">korea@spectra-physics.com</a>
中国	+86-10-6267-0065	<a href="mailto:info@spectra-physics.com.cn">info@spectra-physics.com.cn</a>	荷兰	+31-(0)30 6592111	<a href="mailto:netherlands@newport.com">netherlands@newport.com</a>
法国	+33-(0)1-60-91-68-68	<a href="mailto:france@newport.com">france@newport.com</a>	新加坡	+65-6664-0040	<a href="mailto:sales.sg@newport.com">sales.sg@newport.com</a>
德国/奥地利/瑞士	+49-(0)6151-708-0	<a href="mailto:germany@newport.com">germany@newport.com</a>	中国台湾	+886-(0)2-2508-4977	<a href="mailto:sales@newport.com.tw">sales@newport.com.tw</a>
日本	+81-3-3794-5511	<a href="mailto:spectra-physics@splasers.co.jp">spectra-physics@splasers.co.jp</a>	英国	+44-1235-432-710	<a href="mailto:uk@newport.com">uk@newport.com</a>

© 2017 Newport Corporation. 保留所有权利。Spectra-Physics 和 Spectra-Physics 徽标为 Newport Corporation 的注册商标。IceFyre, It's in the Box 和 TimeShift 为 Newport Corporation 的商标。Spectra-Physics 位于加利福尼亚圣克拉拉、德国施塔恩斯多夫、奥地利兰克韦尔和以色列特拉维夫的设施均通过 ISO 9001 认证。所有其他商标为其各自所有者的财产。

SP-AP-20171105-37