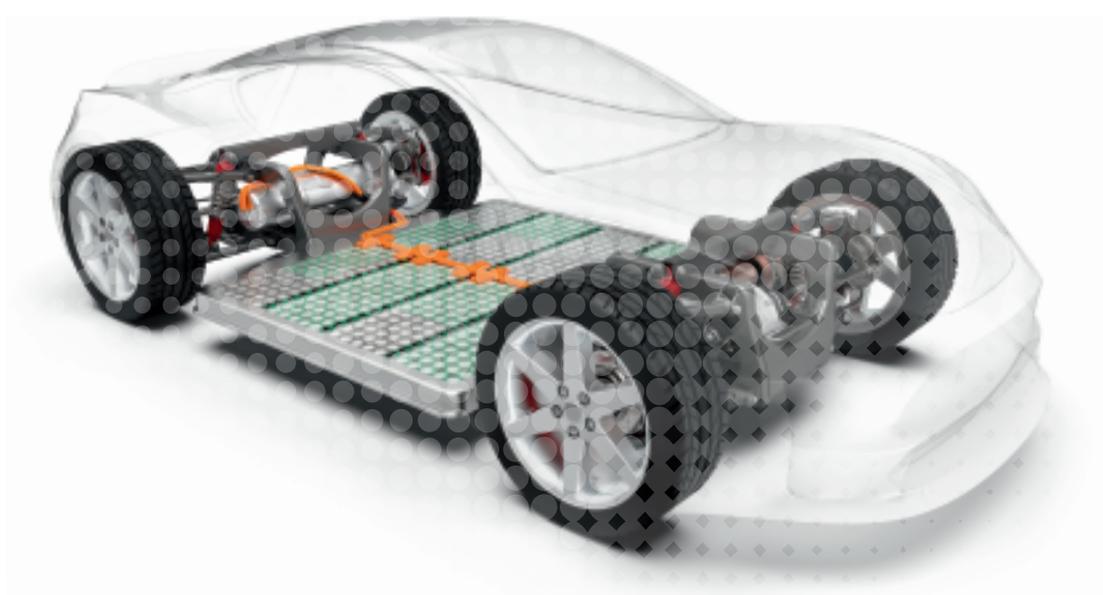
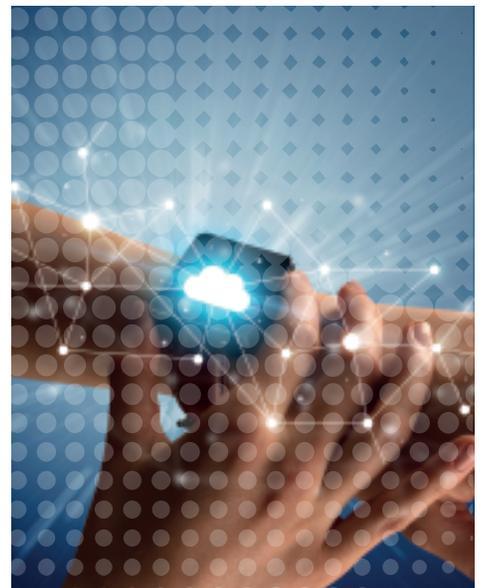
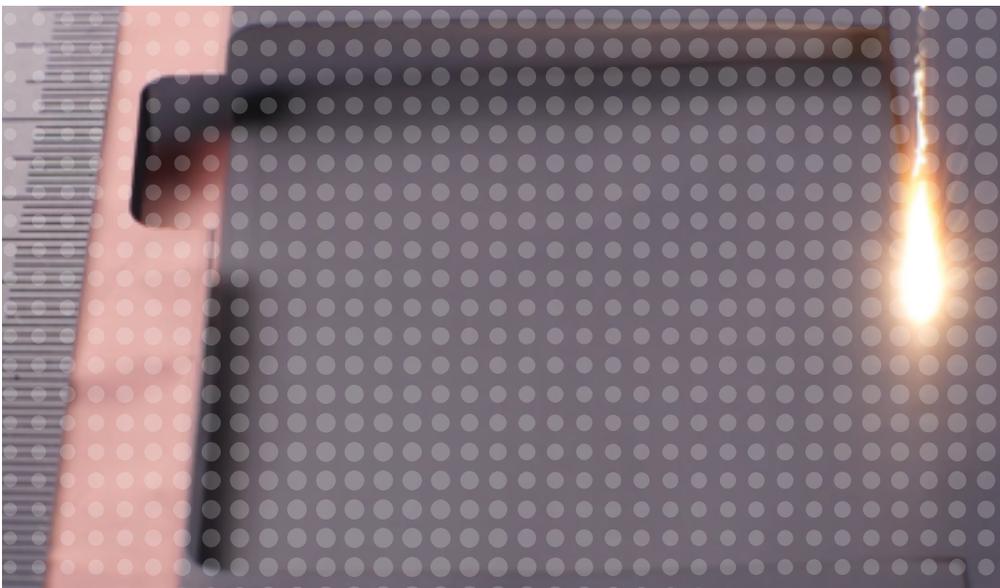
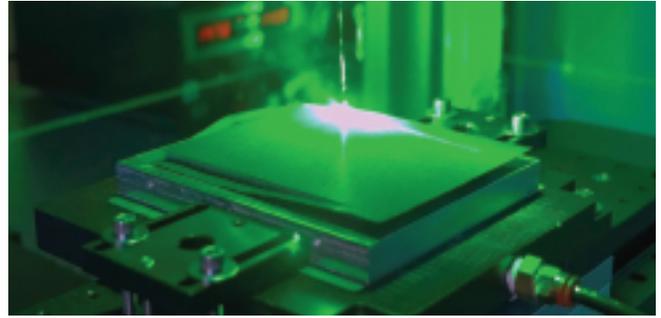
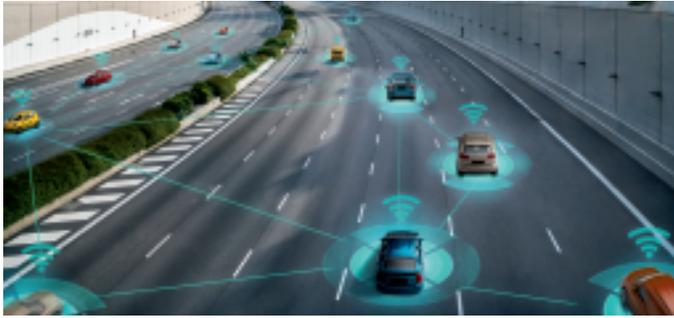


革新锂离子电池制造





为更清洁、电气化的世界提供动力

在新千年，两个截然不同但又相互联系的世界范围的社会变革正在加速。一个是在移动世界中人们的生活能力和欲望迅速上升，不仅有智能手机、手表和其他可穿戴设备等电子个人设备，还有电动工具和医疗设备等各种设备和仪器。另一个是以全球意识的力量和规模寻求更清洁的能源，随着电动汽车和可再生能源的使用越来越多，这一点尤为明显。

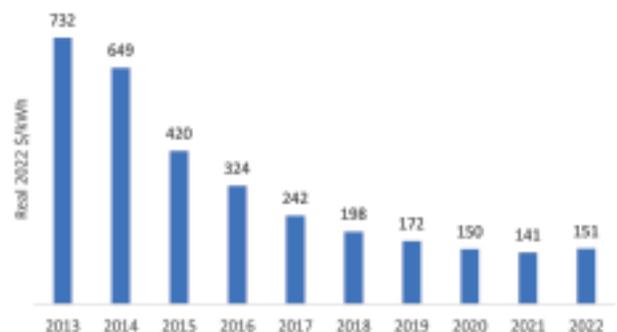
而所有这些技术都需要电池。没有电池，移动设备就不能实现真正的移动。有了电池，可以使用电能取代汽油燃烧来驱动车辆。此外，由于某些可再生能源（如太阳能和风能）具有间歇性，电池可以通过在可再生能源过剩期间储存能量来帮助满足高峰电力需求。

锂离子电池能够在小型轻量级封装中提供大能量容量，已经成为首选，为更清洁、电气化的世界提供动力。

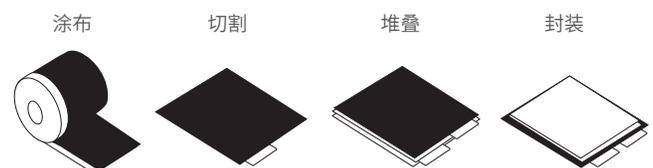
锂离子电池制造面临的挑战

大约 30 年前，锂离子电池首次被引入时是非常昂贵的。即使在十年前，锂离子电池的每千瓦时成本也得几百美元。但之后，锂离子电池的价格出现了大幅下跌。许多人认为，当价格降至 100 美元 / 千瓦时以下时，在锂离子电池的广泛应用方面将取得重大突破，因为在这个价格点上，电动汽车的成本将能够与传统内燃机汽车相媲美。尽管 2022 年的价格上涨可能是由于原材料和组件成本上涨以及整体通货膨胀造成的，但正朝着 100 美元 / 千瓦时的目标迈进，但要实现这一目标还有很多工作要做。展望未来，一些人甚至预测价格将降至 60 美元 / 千瓦时。

锂离子电池平均价格

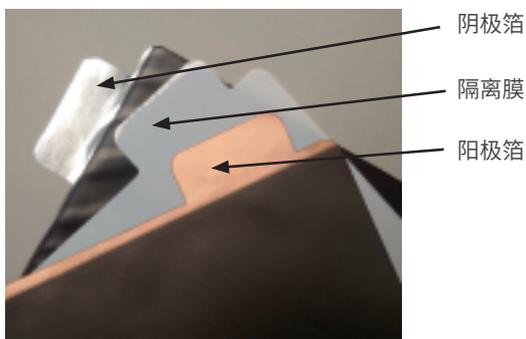


彭博新能源财经



锂离子电池制造过程中的典型关键步骤

在一个典型的锂离子电池制造过程中，电极箔一开始是轧制的涂层，在堆叠、折叠、密封和封装成电池之前，根据需要裁剪成所需的形状。



锂离子电池电极和隔离膜

通常使用机械切割工具，但存在一些关键挑战。其中一个缺点是在电极切割边缘会形成毛刺，可能导致箔之间短路。另一个问题则是随着时间的推移出现的工具磨损。随着机械模具的磨损，切削质量的下降和不一致会增加分层和毛刺形成的风险。不可避免的是，当必须更换机械模具时(在机器变得不稳定之前)，可能会出现生产停机。

好消息是，锂离子电池制造有一个最佳解决方案：可用激光器进行切割和焊接。激光器是一种精度非常高的设备，可以在微米量级上精确和重复地操作——随着电池体积变得更小、更紧凑，这一特性变得越来越重要。相比之下，传统的机械工具无法在几乎相同的规模上可靠地发挥作用。

随着电池技术的发展，激光使用新型和复杂材料加工成为可能。它们很容易转向可变和复杂的切割路径，这些路径是软件可重构的，与机械切割的完全重新加工形成鲜明对比。与传统工具相比，激光器还可以用于更高质量的切割和焊接，从而优化产能并提高产品可靠性。而对于较薄的材料，激光焊接是一种非常快速和灵活的工艺，特别有利于改变电池的形状或结构。

此外，激光切割和焊接是无接触操作，因此不会出现工具磨损，并且与机械方法相比，更换停机时间更少。MKS 认为，将激光器纳入锂离子电池生产不仅可以实现更高的能量密度设计，还可以降

低制造成本以追求 100 美元 / 千瓦时或更低的价格。

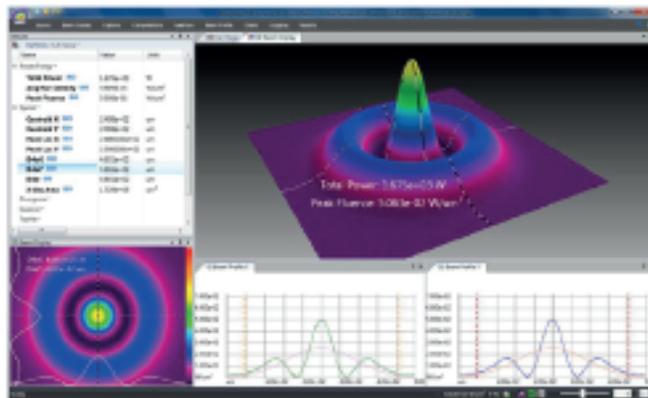
MKS 在锂离子电池制造方面的优势

MKS 对设计和制造各种形状和尺寸的锂离子电池所面临的挑战有着深刻的理解。我们已经将这些知识转化为独特的产品功能，在使用时，这些产品功能能够在锂离子电池制造中提供优势。部分功能描述如下。

激光束分析

即使激光比传统工具有优势，激光系统仍然会随着时间的推移而退化。退化的原因包括激光系统内部组件的热效应、防护玻璃上的碎片、蒸汽和飞溅物以及振动或冲击。这些问题会在很多方面影响激光的性能。首先，输出功率可能会降低，导致激光器效率降低。可能引起的另一个问题是光束的焦点或其他轮廓的变化，这可能导致切割或焊接偏离目标、不够深、质量低或可能损坏材料的其他部分。

因此，为了确保锂离子电池的质量并最大限度地减少生产停机的可能性，使用适当的仪器(如 Ophir® 功率传感器、功率计和光束分析仪) 频繁监测激光束至关重要，这些仪器可以在处理最大输出功率水平的同时在激光波长下工作。



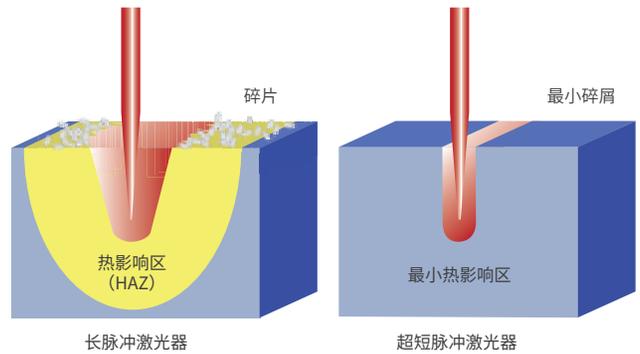
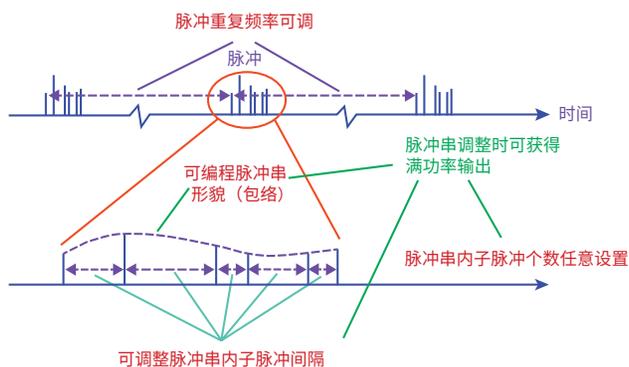
超短脉冲激光器

激光材料加工的挑战之一是，通常通过局部加热，只去除想要去除的材料，同时最大限度地减少任何剩余材料的热影响区 (HAZ)。将光束质量接近完美的激光精确照射到目标区域是实现这一预期结果的必要步骤。皮秒和飞秒范围内的超短脉冲宽度有利于获得更高质量的结果，因为产生了高强度峰值功率，导致样品处的非线性吸收，从而实现材料的瞬时蒸发，传递到材料中的热量非常少，热影响区可忽略不计。快速、高精度、高质量的操作，从而提高产能，减少零件故障。

可编程激光脉冲串模式

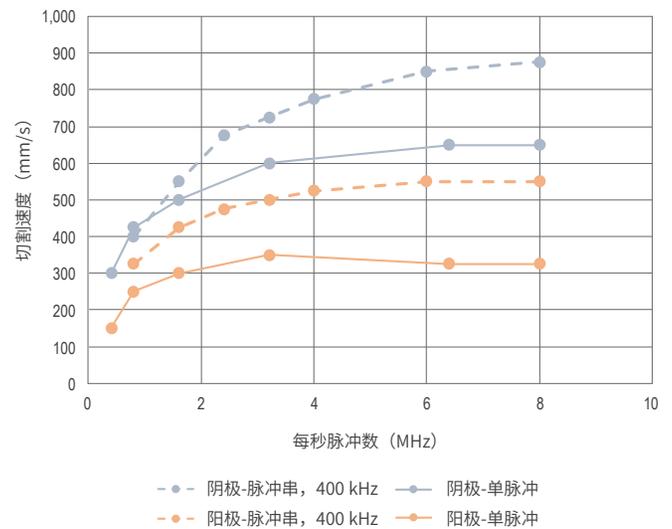
传统的超短脉冲激光器在单脉冲模式下工作，能够满足精密加工的许多要求。但为了进一步提高质量和产能，应该采用具有脉冲灵活性或可编程能力的超短脉冲激光器，如 Spectra-Physics IceFyre®。在时域内调整脉冲以脉冲串的形式分割，具有不同的脉冲间隔和定制的脉冲包络。与单脉冲模式相比，这种类型的“脉冲串模式”为过程优化提供了额外的自由度。

MKS 工业应用实验室的工程师已经展示了在脉冲串模式下切割锂离子电池材料的优势。(1) 阴极材料由两侧涂有锂镍锰钴氧化物 (NMC) 的 ~16- μm 厚铝箔组成，总厚度为 ~100 μm ；(2) 阳极材料由两侧涂有石墨的 ~11- μm 厚铜箔组成，总厚度为 ~98 μm ，样品在单脉冲模式和 Spectra-Physics 专有的 TimeShift™ 脉冲串模式下切割。

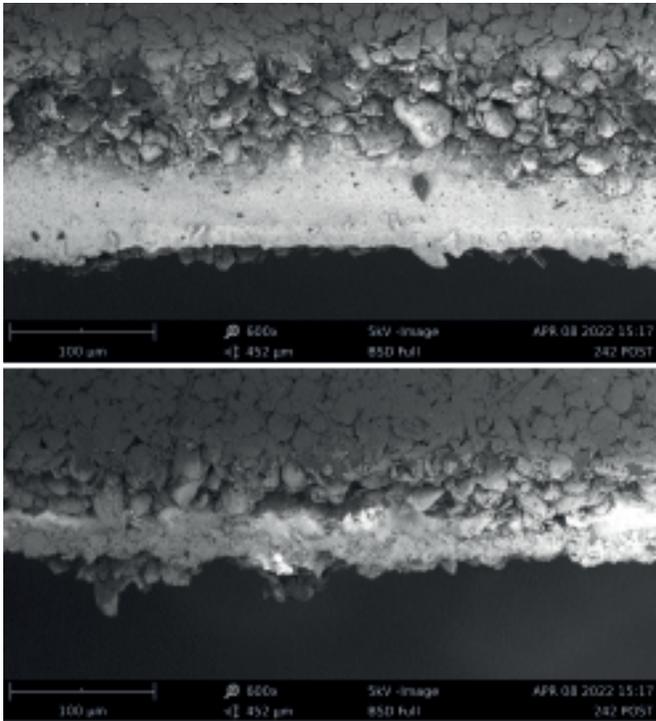


激光脉冲宽度对长脉冲激光器(左)和超短脉冲激光器(右)加工质量的影响。

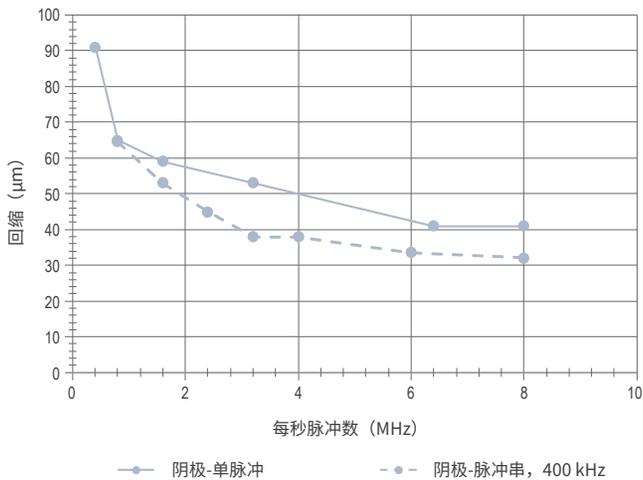
实验结果印象深刻。与单脉冲模式相比，脉冲串模式下阴极和阳极材料的净切割速度分别提高了 35% 和 57%。脉冲串模式下的切割质量也更好，从阳极材料切割边缘的 SEM 图像可以直观地观察到，阴极材料的涂层回缩 (即涂层与金属箔切割边缘的距离) 减少了约 22%。



脉冲串模式与单脉冲模式下阴极箔和阳极箔的切割结果比较-净切割速度与每秒脉冲数的关系



阳极箔切割边缘的 SEM 图像。使用单脉冲模式（顶部）和脉冲串（由 20 个脉冲组成）模式（底部）在 400 kHz 下处理样品。图像显示，由于涂层回缩，金属箔有一些突出，在未优化的单脉冲工艺中，回缩更大。箔被限制在其层内，显示出最小的毛刺或污迹。



脉冲串模式与单脉冲模式下阴极箔的切割结果比较-电极涂层回缩与每秒脉冲数的关系

用于锂离子电池制造的MKS产品

MKS 提供了许多广泛用于锂离子电池制造的产品。更多信息请访问 www.newport.com.cn 或致电 400 799 8000 或者，请访问 www.spectra-physics.cn

激光功率计



Ophir Helios™激光功率计集成到工作站中，以实现高功率工业激光器的快速测量。工业激光功率计能够测量短时间暴露于该功率的能量，允许在组装件的装载和卸载过程中进行测量，并结合 3 秒的快速响应时间，最大限度地减少或避免停机时间。紧凑型防尘工业机身还配有一个保护盖，可以在不使用时保护传感器，支持远程打开和关闭。不需要水冷，也不需要额外的功率表。

- 功率高达 12 kW
- 光谱范围：900-1100, 450-550 nm
- 非水冷
- PROFINET、以太网/IP、EtherCAT 和 RS-232 选项

激光光束分析仪



Ophir BeamWatch® 集成式光束分析仪是一个全自动测量系统，可将关键激光束参数的测量集成到工业生产线上。我们获得专利的基于瑞利散射的非接触式测量系统能够在不干扰光束的情况下实时测量超高功率的红外激光器。可以测量的参数包括光束腰（焦点）的宽度和位置、焦点偏移、发散、M2、绝对功率等。短测量时间允许激光束在加载和卸载阶段自动检查。

- 专利非接触测量，实时监测关键激光束参数
- 功率高达 10 kW（或按需 30 kW）
- 光谱范围：980-1080 nm
- GigE、PROFINET、以太网/IP 和 CC-Link 选项

- kW 范围功率测量
- 红外光谱范围
- 超高的损伤阈值
- 快速响应时间

光束分析仪



基于摄像机的系统是分析激光束剖面的另一种有效方法。Ophir 激光分析仪允许实时观察和测量高分辨率激光结构。基于摄像机的系统还可以测量激光的横截面强度，并提供激光模式的完整二维视图。

- 光谱范围：紫外 - 中红外
- 高分辨率、实时查看
- 最高精度的测量
- 具有广泛分析功能的用户友好型应用软件

高功率热传感器



MKS Ophir 提供一系列高功率红外热传感器。传感器拥有市场上最高的功率测量能力（高达 120 kW）和最高的可用损伤阈值（满功率时高达 10 kW/cm²）。典型的响应时间大约为数秒钟。Ophir 传感器和仪表符合 ISO/IEC 17025 校准设备标准。

皮秒红外激光器



Spectra-Physics IceFyre 皮秒红外激光器为皮秒微加工树立了新的标准，可以为阳极和阴极切割提供最终解决方案。IceFyre 皮秒红外激光器具有高达 50 W 的输出功率和小于 15 ps 的典型超短脉冲宽度，可以在几乎可以忽略 HAZ 的情况下实现快速切割。此外，IceFyre 激光器独特的设计充分利用了光纤激光器的灵活性和 Spectra-Physicss 独有的功率放大器功能，使 TimeShift 可编程脉冲串模式技术具有最快的切割速度和最高质量的加工。基于 Spectra-Physics 的 *It's in the Box* 设计，激光器和控制器集成在一个单一、紧凑的封装中，IceFyre 可提供 24/7 全天候工业可靠性。

- 功率高达 50 W
- 典型脉冲宽度 <15 皮秒
- 重复率范围：单脉冲可达 10 MHz
- 专利 TimeShif 脉冲串技术，实现超强的脉冲控制

飞秒红外激光器



Spectra-Physics IceFyre 飞秒激光器系列是全天候工业微加工领域的一次重大飞跃，提供了极好的性能、多功能性、可靠性和较低的持有成本。是阳极箔和阴极箔高产能、高质量切割的理想选择。

实验结果表明，该激光器能够以 1.4 m/s 的速度切割 100 μm 厚的石墨包覆铜箔，并且具有很小的热影响区和毛刺。IceFyre 飞秒红外激光器也可以以 15 m/s 的速度切割 20 μm 厚的 PE 隔离膜，热影响可以忽略不计，切屑小于 10 μm 。

- 功率高达 200 W
- 典型脉冲宽度 <500 飞秒
- 重复率范围：单脉冲可达 50 MHz
- 专利 TimeShif 脉冲串技术，实现超强的脉冲控制

DPSS调Q紫外激光器和绿光激光器



对于隔离膜切割，Spectra Physics 的 Talon[®] 二极管泵浦固态 (DPSS) Q 开关 UV 激光器是理想的选择。Talon 提供高达 45 W 的紫外线输出功率，具有纳秒级脉冲宽度，证明了 Talon 在超过 1 米 / 秒的速度切割隔离膜的能力，同时产生不到 25 微米的 HAZ。此外，Talon 紫外和绿色激光器可以切割涂层金属箔电极，具有非常好的质量和极窄的切割宽度。所有 Talon 激光器均采用我们专有的 E-Pulse 技术，保持各种重复率下的脉冲能量和脉冲宽度恒定，确保过程控制达到最佳状态。基于 Spectrum-Physics 的 “It’s in the Box” 设计，激光器和控制器集成到一个紧凑的封装中，坚固的工业设计可以提供 24/7 精密制造工具所需的长期性能和低拥有成本。

- 功率 >45 W (紫外)，>70 W (绿光)
- 典型脉冲宽度 <25 ns、<35 ns 或 <43 ns
- 重复率：0-500 或 700 kHz
- 专有的 E-Pulse 技术实现卓越的过程控制

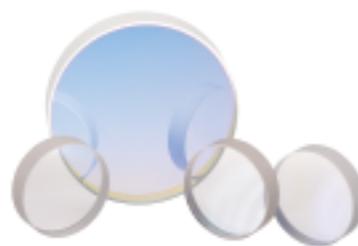
1 微米光学镜片



MKS Ophir 利用先进的制造方法生产 1 微米光学镜片，专门用于高功率红外光纤激光器。这些光学器件在高纯度 UV 级熔融二氧化硅基板上的强激光破坏阈值 (LIDT) 涂层可承受高达 20 J/cm²。可以在定制配置中提供各种形状的 Fiberlens 非球面透镜。也可提供传统的单重和双重球面透镜以及保护窗。此外，还可提供用于激光切割头的准直和聚焦组件、电动变焦镜头的标准产品，也可定制。

- 球面和非球面透镜
- 保护窗
- 准直和聚焦组件
- 切割头电动变焦镜头
- LIDT 达 20 J/cm²

高功率激光光学元件



我们设计了数十种 Newport 标准目录光学器件与高能激光器（如锂离子电池制造中使用的激光器）一起使用。反射镜、透镜、分束立方体和波片有各种尺寸和形状，其基底材料和涂层针对紫外、绿光和红外波长进行了优化。这些高性能光学器件可以承受高激光通量，从而为锂离子电池制造提供多种解决方案。

- 反射镜、透镜、分束立方体和波片
- 针对紫外、绿光和红外波长进行优化
- 广泛的超快光学器件选择
- LIDT 高达 45 J/cm²
- 各种尺寸和形状

为什么选择 MKS ?

关键技术

独特的技术和出众的工艺开发能力



值得信赖的合作伙伴

公认的引领者为客户复杂的问题提供创新可靠的解决方案



卓越运营

在我们业务的所有方面保持一致



全面组合

为我们服务的市场提供广泛的产品和服务解决方案



理波光电科技（无锡）有限公司

中国江苏省无锡市新吴区
综合保税区T3地块8号厂房
电话：400 799 8000
邮箱：china@mksinst.com
www.newport.com.cn

MKS Instruments, Inc.集团总部

2 Tech Drive Suite 201
Andover, MA 01810
电话：(978) 645-5500
电话：(800) 227-8766 (美国)
www.mks.com

Newport 是 MKS Instruments 光电解决方案分部旗下的品牌。Newport 提供各种光电解决方案，包括运动控制、光学平台和振动隔离系统、光电仪器、光学和光机械组件。Newport 的创新解决方案利用振动隔离和亚微米定位系统以及光机械和光电子系统的核心专业知识，提高客户在半导体、工业技术、生命与健康科学、科研和国防市场的能力和生产力。

如需了解更多信息，请访问 www.newport.com.cn