

高功率大能量纳秒激光器典型应用

1. 钛宝石激光器泵浦

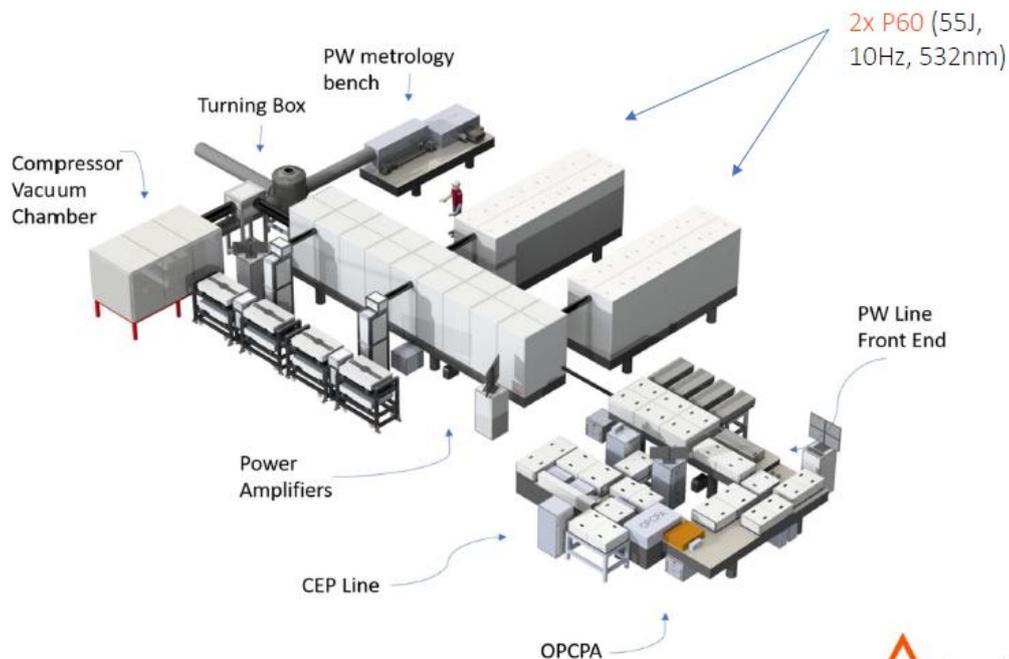
啁啾脉冲放大（Chirped Pulse Amplification, CPA）技术是产生超短脉冲、超高峰值功率激光的一种技术。作为商品化 TW - PW 飞秒激光器制造商，Amplitude 在钛宝石泵浦领域具备多年的经验和技術。

Amplitude 提供从 10 焦耳级到 200 焦耳级纳秒绿光激光器，满足您百太瓦直至 10 拍瓦量级高功率钛宝石激光器的泵浦光需求；专为泵浦优化的均匀光斑，使得钛宝石可输出质量优秀的激光。Amplitude 可供钛宝石住放大级选用的泵浦源系列：

系列	绿光能量	重复频率	备注
Titan	6J - 12J	1 - 5Hz	
Constellation	15J - 30J	0.1Hz	
	75J - 150J	1shot/min	
Premiumlite-YAG	55J	10Hz	
Premiumlite-Glass	200J	0.1Hz	

2. OPCPA 泵浦

与钛宝石 CPA 系统不同，OPCPA 采用光学参量放大（Optical Parametric Amplification）过程来放大啁啾脉冲。在 OPCPA 系统中，为保证对各频谱分量的同等增益，要求脉冲的时间波形为平顶；Amplitude Agilite 及 Intrepid 系列提供百皮秒 - 微秒脉宽、脉冲波形可编程的输出，非常适合 OPCPA 泵浦。Agilite 及 Intrepid 可单独使用，提供焦耳级绿光输出；同时可作为 Premiumlite 的前端，输出数十焦的绿光。

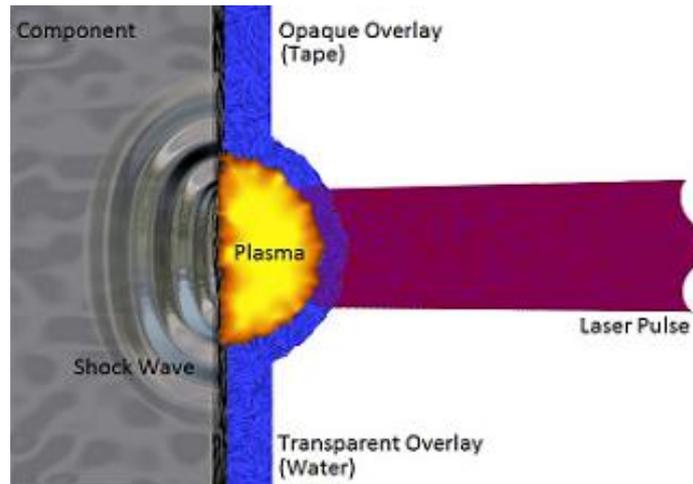


Eli - ALPS 2PW/10Hz 系统

3. 激光冲击强化

经过数十年的发展，激光冲击强化（Laser Shock Peening）已从实验室走向市场，逐渐

成为高端制造业金属材料部件强化的关键技术甚至标准技术。



激光冲击强化示意图

激光冲击强化通常采用纳秒尺度的大能量激光。待处理工件表面覆以不透明吸收层以及约束层，激光被吸收层吸收之后产生等离子体；在约束层的限制下，等离子体的爆炸在材料表面产生强烈的冲击波并向材料内部传播。经过处理的材料产生相变和应力，可以非常显著的提升材料的强度、耐磨性、抗疲劳特性；冲击强化还可用于金属疲劳恢复。

激光冲击强化已被波音等高技术公司实际运用，适用于：

- 航空发动机叶片
- 飞机蒙皮、铆钉等部件
- 汽车发动机活塞、气缸等部件
- 特种管道的焊缝

激光冲击强化通常需要 $4\sim 10\text{GW}/\text{cm}^2$ 的峰值功率密度，也就意味着处理 1cm^2 面积需要 10J 能量。传统激光器能量和重频的矛盾，限制了激光冲击强化工艺的速度和产率。

Amplitude 提供系列激光器，可用于实验室研究及工业应用。尤其是 Premiumlite-YAG 激光器，其重复频率比现有同等能量激光器高 10 倍，特别适合高产率冲击强化工业应用。

可用于冲击强化的激光器：

型号	脉冲能量	重频	特点
Titan	8J	5Hz	适合实验室研究及小面积工件强化应用
Constellation	30J	0.1Hz	较大面积、低产率
Intrepid	4J	10Hz	可调波形，可研究不同波形对冲击波及强化效果的影响
Premiumlite-YAG Intrepid-YAG	75J	10Hz	大面积、高产率冲击强化应用

4. 复合材料粘接检测

复合材料以其强度高、比重轻、成本优的优势正越来越多的使用于飞机、航天器、列车、汽车、风力发电机等关键部件上。在使用时，通常将复合材料粘接、或将复合材料与其他材料粘接起来使用。其粘接的质量无疑对最终应用中的强度、寿命、可靠性有决定性影响。对复合材料粘接效果的检测直接关系到生产与运输的安全。

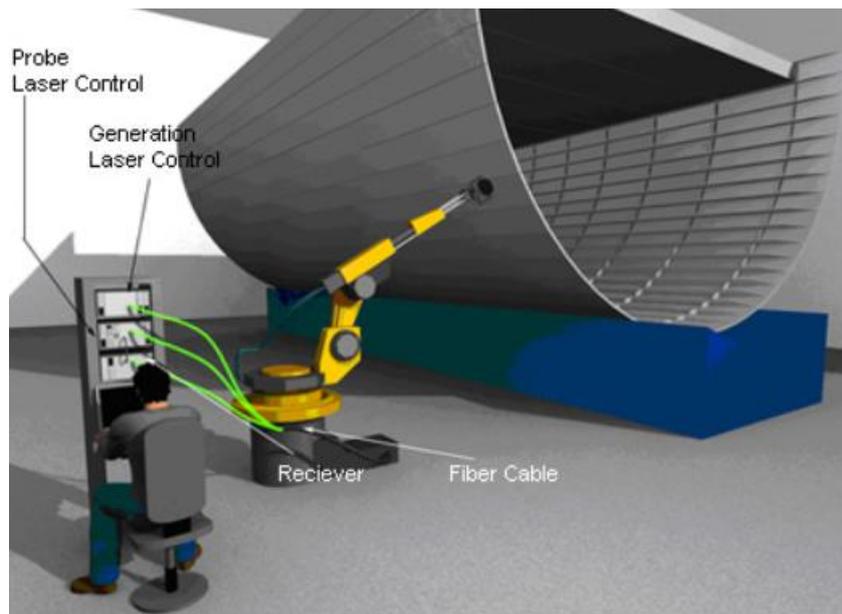


复合材料的粘接缺陷

复合材料的粘接缺陷包括空泡（voids），杂质（inclusion），以及吻接（kissing bond）等，会严重影响材料的强度和可靠性。这些缺陷从外观完全无法检出，常规的非破坏性检测（如 X 射线、超声波等）因为衬度过低，无法有效检测这些缺陷。

激光粘接检（Laser Bonding Inspection, LBI）测是一种有效、便捷、无损的复合材料粘接检测技术。脉冲激光在复合材料表面产生压剪应力波（与激光冲击强化类似但所使用的激光强度较弱）。压力波在最后一个表面以张力波的形式反射，并对检测区形成“拉扯”作用，从而将较弱的粘接拉开。

通过选择合理的激光能量、脉冲宽度、脉冲波形，可以使得正常粘接在多次激光作用后完全无损，而对弱粘接产生破坏。同时可以通过对压力、张力波的实时检测来反馈粘接区的结构。



LBI 检测飞机构件

波音公司宣称，LBI 是“唯一的检测复合材料的有效方法”。LBI 可用于复合材料-复合材料粘接，复合材料-金属粘接，金属-金属粘接的强度检测，并具备修复粘接结构的潜力。在航空航天、机动车与列车、风力叶轮等构件的制造领域有广泛的应用。

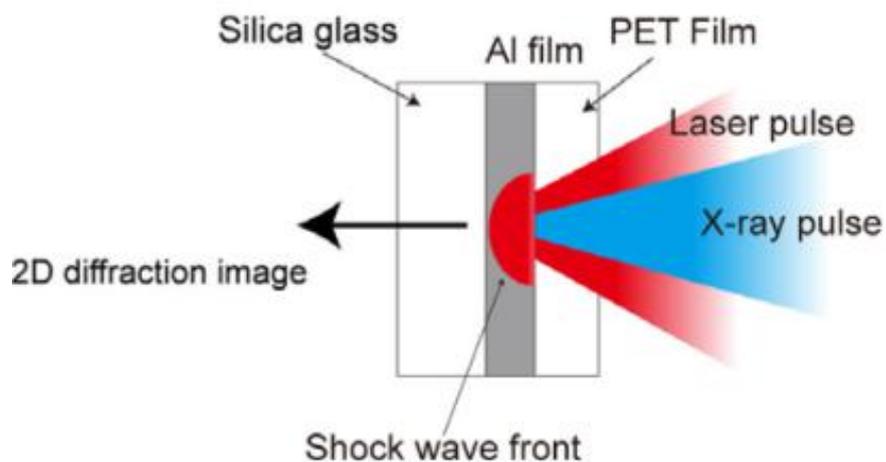
LBI 需求的峰值功率密度一般小于 $4\text{GW}/\text{cm}^2$ ，同时需要对激光脉冲的宽度和波形进行精确的控制，以使产生的应力波能准确的检测弱粘接，同时不对正常粘接产生影响。Amplitude 提供 300ps - 微秒宽度、波形可任意编程的 MOPA 激光器 Intrepid 以及 Agilite 系列，能量覆盖数百毫焦 - 焦耳量级，非常适合 LBI 研究和 LBI 设备制造；同时，配合 Premiumlite 放大系统，可获得更高能量，实现大面积、高产率的激光粘接检测。

5. 动态压缩

X 射线衍射是研究材料结构的重要方法。在 X 射线衍射测试中，对材料施加外加的高压，造成材料应力、晶格参数乃至物相的变化，对研究材料的在压缩过程中的应力应变状态方程、熔化、相变、声速、晶体结构、温度变化以及非平衡动力学等等过程有重要意义。

采用激光产生冲击波，在极端的时间内压缩材料，具备系列的优势：

- 超快速压缩，体现与静态压缩不同的特性，尤其是非平衡动态过程；
- 模拟地表无法实现的极端高温和高压条件；
- 实现只有在星体核心才会出现的奇异晶态。



动态压缩 X 射线衍射示意

大能量、高功率的脉冲激光系统已经越来越多的装配于全球各地的同步辐射线站，用于动态压缩研究。Amplitude 提供 Intrepid (HE) 以及 Atilite (HE) 系列，分别适用于短脉冲和长脉冲需求：

- 可编程的脉冲形状，模拟各种物理过程；
- 高达数十焦耳的单脉冲能量，亚纳秒 - 微秒解决方案；
- 可实现与脉冲光源同步，进行时间分辨研究；
- Nd:Glass 系统提供直达千焦的潜力。