

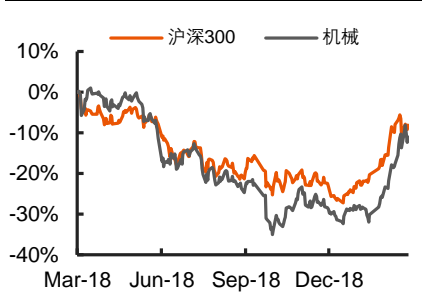
智能制造行业专题报告（六）

2019年04月24日

超快激光，能量激光领域的下一个制高点

中性（维持）

行情走势图



相关研究报告

《行业专题报告*机械*粤港澳大湾区专题报告：数字之盛，智造之机》
2019-02-28

《智能制造行业专题报告（一）：工业机器人产业链大起底，国产品牌于大浪潮中崛起》 2018-03-20

《智能制造行业专题报告（二）运动控制系统：智能装备的大脑，工业控制的核心》 2018-06-01

《智能制造行业专题报告（三）：高功率激光器国产化加速，激光加工设备成长动能足》 2018-06-20

《智能制造行业专题报告（四）：半导体设备：十数年终日乾乾，大潮涌起或跃在渊》 2018-09-28

《智能制造行业专题报告（五）：锂电设备：分化还未定型，淘汰正在发生，宜居危而思安》 2018-11-27

证券分析师

胡小禹 投资咨询资格编号
S1060518090003
021-38643531
HUXIAOYU298@PINGAN.COM.CN

研究助理

吴文成 一般从业资格编号
S1060117080013
021-20667267
WUWENCHENG128@PINGAN.COM.CN

请通过合法途径获取本公司研究报告，如经由未经许可的渠道获得研究报告，请慎重使用并注意阅读研究报告尾页的声明内容。

- **超快激光是精密加工领域新一代主流技术：**超快激光器是指输出激光的脉冲宽度在皮秒（ 10^{-12} 秒）级别、或小于皮秒级别的脉冲激光器，根据输出激光的脉宽不同，超快激光器又可分为皮秒激光器、飞秒激光器、阿秒激光器等。超快激光是能量激光领域最重要的技术方向之一，作为一种新兴的材料加工技术手段，在加工精度方面有着显著优势。随着技术的逐渐成熟和成本不断下降，超快激光市场有望在未来几年迎来爆发。
- **应用场景不断落地，市场快速增长：**超快激光是激光行业增长最快的细分领域之一，未来有望广泛的应用于医疗生物、航空航天、消费电子、照明显示、能源环境、精密机械等行业。2017年全球超快激光器市场规模超过9亿美元，到2020年有望超过25亿美元。2017年我国超快激光器市场约13.5亿RMB，预计2020年超过50亿RMB。
- **竞争格局初步明朗，进口替代空间广阔：**从国内用户的视角来看，超快激光器的供应商可分为两类：一类是以通快、相干、NKT、光谱物理等为代表的海外激光器厂商，另一类是近几年快速追赶的国内厂商，如华日、英诺、安阳、贝林等。目前基本的竞争态势是，国外激光器厂商在市场和技术上占有先发优势，占据了国内80%以上的市场份额，但国内供应商进步迅速，进口替代初露苗头，这与高功率光纤激光器的国产替代前期特征十分相似。
- **依靠地利，有望突围：**我们认为相比海外的超快激光器制造商，国内厂商至少有以下3方面优势：（1）中国将是超快激光器最大的应用市场：超快激光高精度的特点，尤其适用于3C产品的制造，而我国是全球最大的3C产品的生产基地；（2）中国拥有全球最完整的工业体系：经过几十年的发展，我国形成了从上游材料到下游应用的完整工业体系，为超快激光器的产业化提供了良好的土壤；（3）高端人才的回流：在激光行业，高端人才的回流在加速，这为超快激光的技术突破打下了人才基础。
- **投资建议：**超快激光器的国产化过程与高功率激光器有着很大的相似性，我们认为未来3-5年，随着超快激光应用场景不断成熟落地，有望复制高功率光纤激光器进口替代的道路。市场空间大、技术壁垒高，超快激光器很有可能在未来成为科创板的热点板块。建议从三个角度把握投资机会：（1）应用场景从高端向中低端下沉，超快激光加工设备的市场规模快速增长；超快激光很有可能成为新一代精密加工的主流方式，超快激光器的国产化，将带动其售价降低，随着应用场景越来越多，超快激光加工设备的投资机会有望先于激光器出现，重点关注有优质客户资源和雄厚研发实力的设备供应商，如大族激光、华工科技等；（2）超快激光器的进口替代：虽然目前我国超快激光器仍主要依赖进口，但国内激光器厂商在技术上进步迅速，随着关键技术的持续突破，国内供应商有望打开进口替代的广阔

空间，随着核心零部件的技术突破，优秀的企业有望实现收入和毛利的双增长，建议关注锐科激光（拟收购超快激光制造商国神激光）；（3）下游新技术应用带来超快激光市场爆发的可能性：折叠屏、陶瓷外壳等渗透率的提升，有可能带来超快激光市场爆发。

- **风险提示：**（1）技术突破进度不及预期的风险：集成电路、面板等高端制造业对激光加工设备的要求极高，目前该部分市场仍主要被海外厂商垄断，有着广阔的进口替代空间，但国内企业仍处在追赶阶段，存在技术突破不及预期的风险；（2）企业市场拓展不及预期的风险：超快激光单台价值量高，换用新的激光器供应商对于激光设备商和最下游用户来说，都存在一定的风险，因此尽管国产超快激光器在性价比方面优势显著，但仍存在市场开拓不及预期的风险；（3）贸易战的影响：中美贸易战形势尚不明朗，超快激光器所需的核心零部件有可能被列入禁售、增税的名单当中。

股票名称	股票代码	股票价格		EPS			P/E			评级	
		2019-04-23	2018A	2019E	2020E	2021E	2018A	2019E	2020E		2021E
大族激光	002008	40.54	1.61	1.71	2.67	2.83	25.18	23.71	15.18	14.33	推荐
锐科激光	300747	148.01	3.38	4.00	5.22	6.60	43.79	37.00	28.35	22.43	推荐
华工科技	000988	15.38	0.28	0.42	0.54	0.66	54.93	36.62	28.48	23.30	未评级

说明：华工科技尚未评级，因此其 2019 年-2021 年 EPS 使用的数值均为 wind 一致预期值

正文目录

一、 超快激光：工程顶端，科学前沿	6
1.1 什么是超快激光	6
1.2 超快激光技术有着很高的技术门槛	10
二、 应用场景越来越多，市场爆发在不远将来	12
三、 进口替代大有可为，国内玩家如雨后春笋	18
3.1 超快激光器进口替代大有可为	18
3.2 核心部件仍主要依赖进口	22
四、 投资建议	25
五、 风险提示	25





本号仅用于**招募付费会员**

添加请备注：**任职企业+职位**

无入会需求勿扰

图表目录

图表 1	激光器不同的分类方式	6
图表 2	不同种类激光器输出波形示意图	7
图表 3	热影响与激光脉宽的关系	7
图表 4	物质微观体系中各瞬态现象的时间尺度	8
图表 5	毫秒激光切割玻璃示意图	8
图表 6	飞秒激光切割玻璃示意图	8
图表 7	飞秒、皮秒、纳秒激光对玻璃钻孔的边缘圆整度	8
图表 8	高功率连续激光器、非超快脉冲激光器、超快激光器的价格对比示意图	9
图表 9	2015 年-2019 年国产紫外激光器销售数量及预测 (台)	9
图表 10	2018 年诺贝尔物理学奖获得者	10
图表 11	2018 年诺贝尔物理学奖获得者 Gérard Mourou 和 Donna Stricklan	10
图表 12	锐科激光的调 Q 脉冲光纤激光器	11
图表 13	脉冲激光实现技术的发展	11
图表 14	啁啾脉冲放大 (CPA) 原理示意图	12
图表 15	超快激光器主要的下游行业	12
图表 16	正常视力者与近视患者眼轴距离的不同	13
图表 17	超快激光用于美容	13
图表 18	手机指纹模组的加工	14
图表 19	非金属材料的微打标	14
图表 20	3D 玻璃钻孔	14
图表 21	碳化硅晶片的切割	14
图表 22	AMOLED 屏幕生产流程和使用激光加工的环节	14
图表 23	超快激光应用在 LED 划片中的效果图	15
图表 24	CIGS 薄膜模组制程	15
图表 25	航空发动机涡轮叶片气膜孔的“冷加工”	16
图表 26	超快激光加工碳纤维	16
图表 27	全自动柔性 OLED 模组激光精切设备	16
图表 28	超快 (皮秒/飞秒) 激光打标设备	16
图表 29	皮秒红外显示屏玻璃倒角激光加工设备	17
图表 30	皮秒红外玻璃晶圆激光切割设备	17
图表 31	大族激光半导体晶圆激光切割设备	17
图表 32	华工激光 LED 蓝宝石衬底超快激光切割机	17
图表 33	2018 年 6 月 6 日大族自主研发柔性 OLED 激光切割机正式投产	17

图表 34	全球超快激光器市场规模及预测（亿美元）	18
图表 35	中国市场超快激光器市场规模及预测（亿元）	18
图表 36	全球超快激光企业成立时间表及收购关系	19
图表 37	美国相干在超快激光领域的收购	20
图表 38	德国通快在超快激光领域的收购	20
图表 39	NKT 在超快激光领域的收购	20
图表 40	美国 MKS 在超快激光领域的收购	20
图表 41	其他的收购事件	20
图表 42	国内主要的超快激光生产厂家	21
图表 43	2015 年-2018 年国产超快激光器销售数量（台）	22
图表 44	一些超快激光器企业的经营数据	22
图表 45	飞秒激光器结构示意图	23
图表 46	高端激光器芯片类型及供应商	24
图表 47	安扬激光所生产的光子晶体光纤 HC-PCF-01	24
图表 48	国内外超快激光核心零部件供应商	25

一、超快激光：工程顶端，科学前沿

激光是一个充满创新的行业。我们在 2018 年 6 月 20 日发布的《智能制造行业专题报告（三）：高功率激光器国产化加速，激光加工设备成长动能足》中，为投资者详细的解析了激光加工的产业链情况，并分析了高功率光纤激光器国产化带来的投资机会。本篇报告是平安证券研究所智能制造系列报告的第六篇，旨在为投资者详解激光加工领域另一个重要发展方向——超快激光，包括其技术特点、目前的发展阶段、技术方向、及投资机会等。

1.1 什么是超快激光

超快激光器是指输出激光的脉宽在皮秒（ 10^{-12} 秒）级别或小于皮秒级别的脉冲激光器，是激光器按照能量输出波形进行分类的一种。激光器有多种分类方法，其中最常用的分类方法有四种，包括以工作物质分类、以能量输出波形（工作方式）分类、以输出波长（颜色）分类、以功率大小分类等。

图表1 激光器不同的分类方式

工作物质	输出波形	输出波长	功率大小
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固体激光器 ✓ 光纤激光器 ✓ 气体激光器 ✓ 染料激光器 ✓ 半导体激光器 ✓ 准分子激光器 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 连续激光器 ✓ 准连续激光器 ✓ 脉冲激光器 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 毫秒 ◆ 纳秒 ◆ 皮秒 ◆ 飞秒 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ X光激光器 ✓ 紫外激光器 ✓ 可见光激光器 ✓ 红外激光器 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高功率 > 1500W ✓ 中功率 100W-1500W ✓ 低功率 < 100w

资料来源:ofweek 激光网, 平安证券研究所

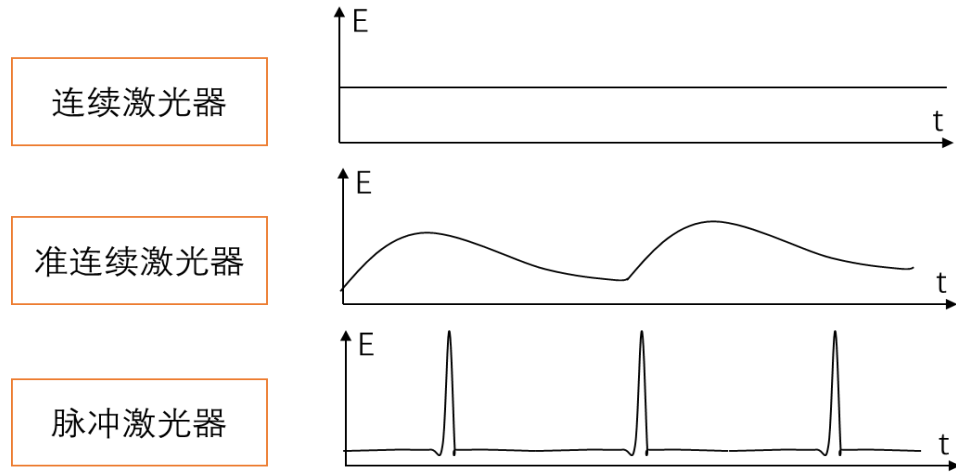
其中，按照能量输出波形，激光器可以分为连续激光器、脉冲激光器、和准连续激光器：

- ✓ **连续激光器：**在工作时间内连续输出稳定能量波形的激光器，其特点是功率较高，能够加工体积大、熔点高的材料，如金属板材等；
- ✓ **脉冲激光器：**以脉冲形式输出能量，根据脉冲宽度，脉冲激光器可进一步分为毫秒激光器、微秒激光器、纳秒激光器、皮秒激光器、飞秒激光器、及阿秒激光器等；例如，如果一台脉冲激光器所输出激光的脉宽在 1-1000ns 之间，我们称之为纳秒激光器，以此类推；我们将皮秒激光器、飞秒激光器、及阿秒激光器等，称作超快激光器。脉冲激光器的功率远低于连续激光器，但加工精度高于连续激光器，且一般情况下，脉宽越窄，加工精度越高；
- ✓ **准连续激光器：**介于连续激光器和脉冲激光器之间，可以在一定周期内重复输出比较高能量的激光，理论上来说也是一种脉冲激光器。

以上三种激光器的能量输出波形，也可以用“占空比”这个参数来描述，对于激光器来说，占空比可解释为在一个脉冲循环内，有激光能量输出的时间相对于总时间所占的比例。

连续激光器占空比(=1) > 准连续激光器占空比 > 脉冲激光器占空比。一般情况下，脉冲激光的脉宽越窄，占空比越低，见图表 2 所示。

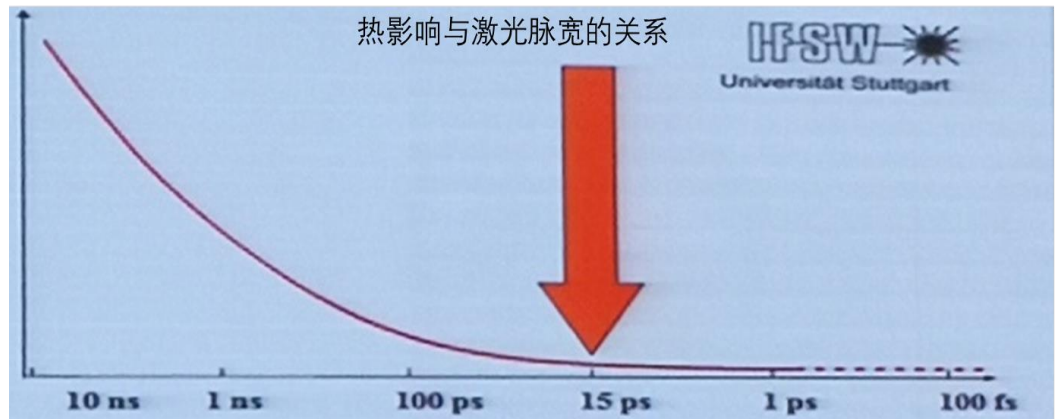
图表2 不同种类激光器输出波形示意图



资料来源:万方等, 平安证券研究所

在材料加工领域,最初脉冲激光器是连续激光器的过渡产品,这是由于早期受到核心元器件的承受能力、工艺水平等因素的影响,连续激光器的输出功率不可能很高,无法将材料加热到熔点以上从而达到加工的目的;若通过一定的技术手段,使激光的输出能量集中在单个脉冲上,这样虽然激光器的总功率没有发生变化,但在脉冲发生的时间点上的瞬时功率却大大提高,满足了材料加工的诉求。后来连续激光器技术逐渐成熟,人们发现脉冲激光在加工精度上有很大的优势,这主要由于脉冲激光对材料的热效应更小,且激光脉宽越窄,热影响越小,加工材料边缘越平整(对应的加工精度越高)。

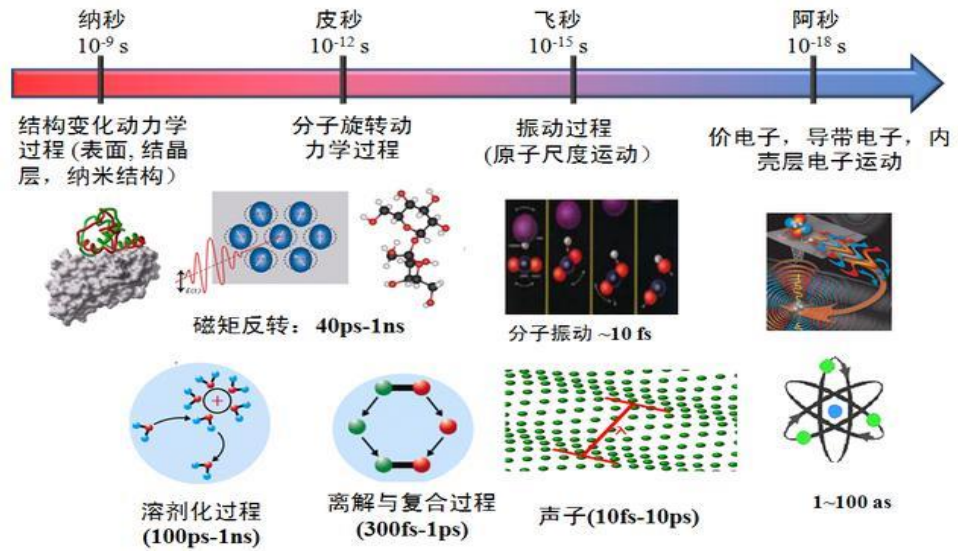
图表3 热影响与激光脉宽的关系



资料来源:IFSW, 平安证券研究所

超快激光器也被称作“超强超短脉冲激光器”、“超短脉冲激光器”等,但我们更愿意称之为“超快激光器”,是因为这个定义与“超快现象”有关。超快现象是指发生在物质微观体系中快速变化的物理、化学或生物过程中的一种现象:在原子分子体系中,原子及分子自身运动的时间尺度大约在皮秒到飞秒量级,如分子转动的周期在皮秒量级,振动的周期约在飞秒量级;当激光脉冲脉宽达到皮秒或飞秒级别,可以在很大程度上避免对分子整体热运动的影响(分子热运动是物质温度的微观本质),而在分子震动的的时间尺度上对物质产生影响,使得在达到加工目的的同时,热效应大大降低。

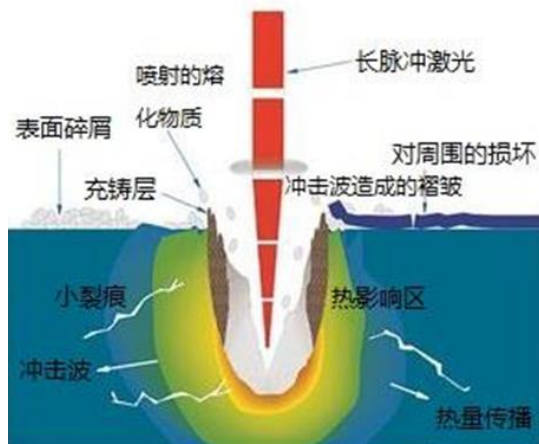
图表4 物质微观体系中各瞬态现象的时间尺度



资料来源:知网, 平安证券研究所

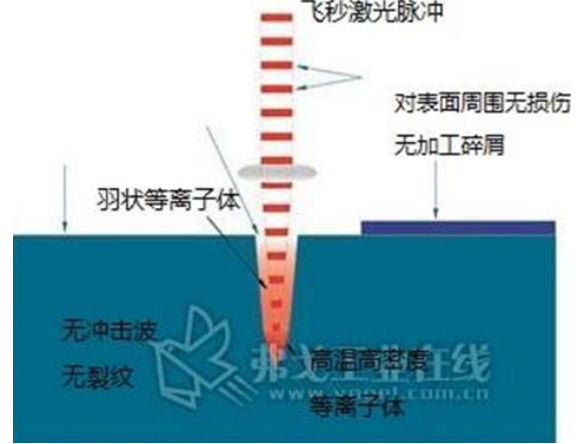
与纳秒及毫秒激光器相比, 超快激光器虽然整体功率更低, 但由于其直接作用于材料分子震动的时间尺度, 在真正意义上实现了“冷加工”, 因此加工精度大大提高。

图表5 毫秒激光切割玻璃示意图



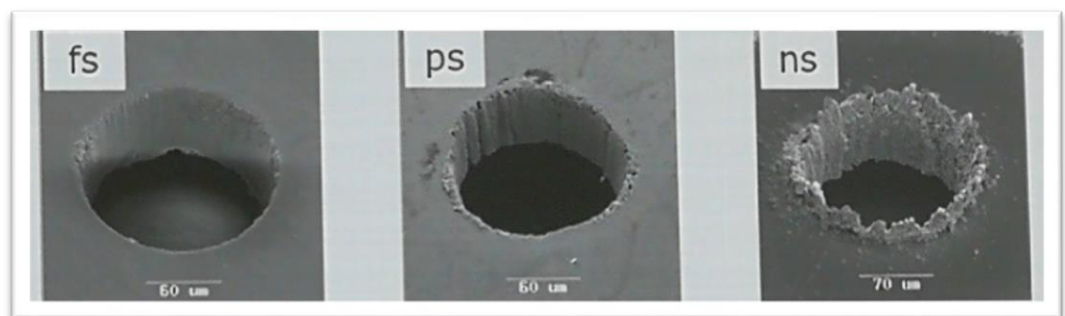
资料来源:翰盈激光官网, 平安证券研究所

图表6 飞秒激光切割玻璃示意图



资料来源:翰盈激光官网, 平安证券研究所

图表7 飞秒、皮秒、纳秒激光对玻璃钻孔的边缘圆整度



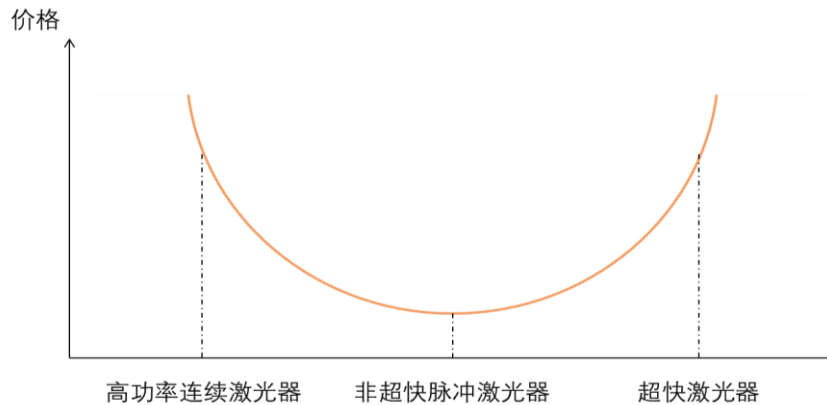
资料来源:IFSW, 平安证券研究所

由于特性的不同，高功率连续激光器、非超快的脉冲激光器和超快激光器在下游应用领域上有较大差别：

- ✓ 高功率连续激光器(以及准连续激光器)：主要应用于金属材料的切割、烧结、焊接、表面熔敷、打孔、金属 3D 打印等；
- ✓ 非超快脉冲激光器：非金属材料的打标、硅材料的加工、金属的表面雕刻、金属表面清洗、金属的精密焊接、金属的微加工等；
- ✓ 超快激光器：玻璃、PET 及蓝宝石等透明材料和硬脆材料的切割和焊接、精密打标、眼科手术、材料的微观钝化及刻蚀等。

从用途来看，高功率连续激光器和超快激光器几乎不存在相互替代的关系，它们一个像板斧一个像镊子，尺寸各有短长。非超快脉冲激光器的下游应用与连续激光器和超快激光器都分别有一些重合，从实际结果来看，同一用途下，其功率不如连续激光器，精度不如超快激光器，比较突出的是性价比。

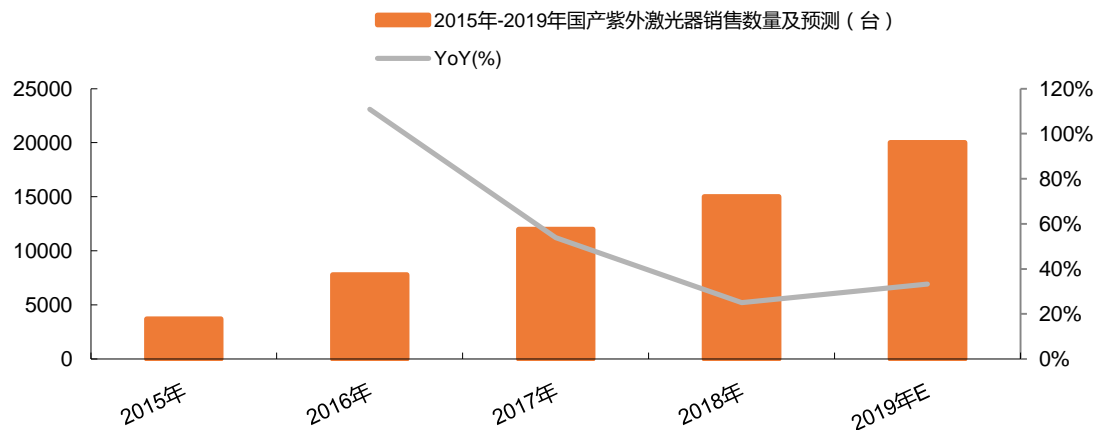
图表8 高功率连续激光器、非超快脉冲激光器、超快激光器的价格对比示意图



资料来源:ofweek 激光网等, 平安证券研究所

尤其是纳秒紫外激光器，虽然其脉宽没有达到皮秒级别，但加工精度较其他颜色的纳秒激光器有较大提升，已比较广泛的应用于 3C 产品的加工制造，与超快激光器下游应用重叠度较大。未来随着超快激光器成本下降，可能会侵占纳秒紫外的市场。

图表9 2015年-2019年国产紫外激光器销售数量及预测(台)



资料来源:中国激光产业发展报告 2019, 平安证券研究所

1.2 超快激光技术有着很高的技术门槛

2018年10月2日，瑞典皇家科学院在宣布，美国科学家亚瑟·阿斯金（Arthur Ashkin）、法国科学家杰哈·莫罗（Gérard Mourou）和加拿大科学家唐娜·斯特里克兰（Donna Stricklan）获得2018年诺贝尔物理学奖。

图表10 2018年诺贝尔物理学奖获得者

姓名	国籍	工作单位	出生年	贡献
阿瑟·阿什金	美国	贝尔实验室	1922年	光学镊子及其在生物系统的应用
杰拉德·莫柔	法国	法国理工学院	1944年	产生高密度超短光学脉冲的方法
唐纳·史翠克兰	加拿大	滑铁卢大学	1959年	

资料来源：新浪新闻、中科院官网、维基百科等，平安证券研究所

其中Gérard Mourou和Donna Stricklan二人获奖的理由是发明了激光的啁啾脉冲放大技术（Chirped Pulse Amplification, CPA），这种技术目前已经被普遍应用于超快脉冲激光系统。两位科学家获奖也使得越来越多的人开始接触并了解超快激光的概念。

图表11 2018年诺贝尔物理学奖获得者Gérard Mourou和Donna Stricklan



Gérard Mourou



Donna Stricklan

资料来源：维基百科，平安证券研究所

CPA技术的发明是超快激光发展的里程碑。1960年代，调Q和锁模技术相继出现，并被应用于提高脉冲激光器的能量峰值，后来自锁模技术也被提出，脉冲激光器一度进入了快速发展阶段。不过利用调Q和锁模技术得到的脉能量冲峰值，受到激光元器件自身承受能力的限制，这导致到1980年代，脉冲激光器的脉冲功率提高遇到了瓶颈。目前调Q技术和锁模技术已广泛的应用到工业激光器中，但比较难以稳定的获得飞秒及以上级别的脉冲激光。市面上基于调Q技术和锁模技术的脉冲激光器已经比较多，无论是固体激光器、气体激光器（CO₂激光器）、还是光纤激光器等，对这两种技术的应用都已比较成熟。相干、通快、光谱物理、IPG、锐科激光、创鑫激光、杰普特等国内外激光器，均有众多型号的调Q+锁模的脉冲激光器产品，这些激光器多为纳秒或毫秒激光器。

图表12 锐科激光的调Q脉冲光纤激光器

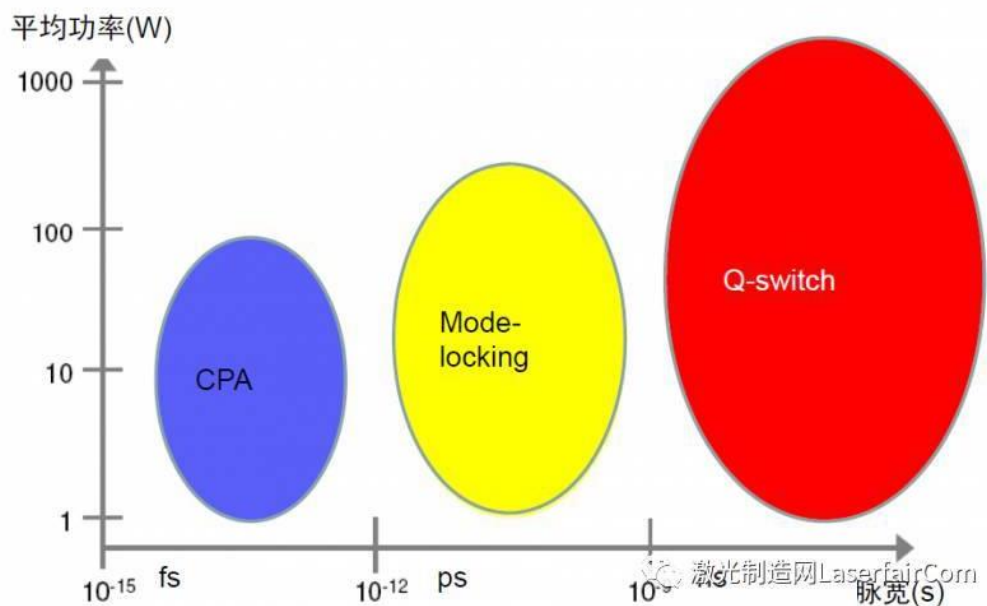


参数	数值
型号	RFL-P20QE
输出功率(W)	20
中心波长(nm)	1064
重复频率范围(kHz)	20-60
脉冲宽度(nm)	90-130
最大单脉冲能量(mJ)	1

资料来源：锐科激光官网，平安证券研究所

1980年代CPA(啁啾)技术的发明,使脉冲激光器突破了脉冲峰值功率的瓶颈,脉冲激光真正进入了超快激光的时代,这也是目前超快激光器中应用最多的技术。

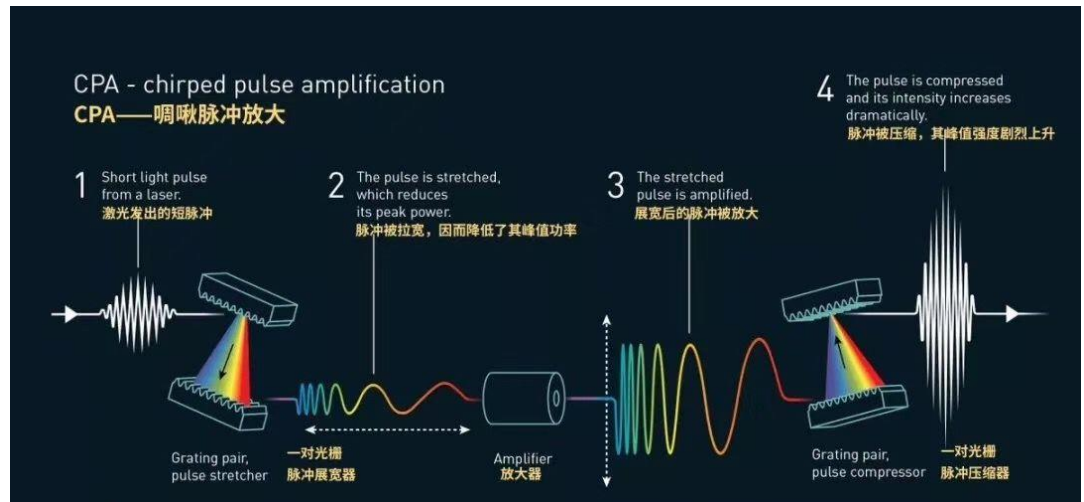
图表13 脉冲激光实现技术的发展



资料来源：激光制造网，平安证券研究所

CPA技术的基本原理是先利用一对光栅将初始脉冲激光拉宽,利用放大器把拉宽的激光放大,最后使用另一对光栅将激光脉冲压缩,得到瞬时的高功率。从CPA技术发明至今,人们已经将激光脉冲的强度和峰值功率提高了7-8个数量级,目前基于CPA技术的超快激光器的峰值功率已经可以达到 10^{15} W级别。高脉冲、高频率、高功率仍是超快激光未来发展的主要方向。

图表14 啁啾脉冲放大 (CPA) 原理示意图

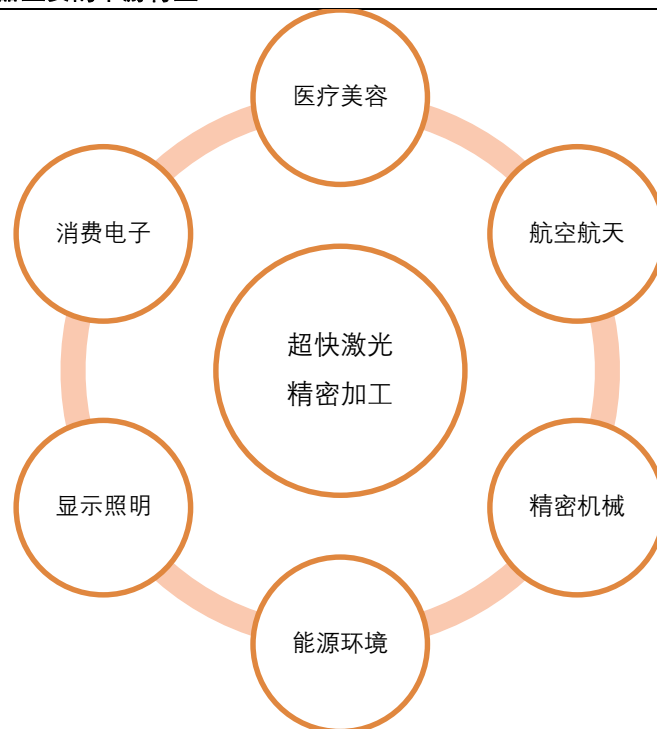


资料来源：瑞典皇家理工学院，平安证券研究所

二、应用场景越来越多，市场爆发在不远将来

超快激光在真正意义上实现了冷加工，在精密加工方面有显著优势，随着超快激光器的生产工艺逐渐成熟，成本逐渐下降，未来有望广泛的应用于医疗生物、航空航天、消费电子、照明显示、能源环境、精密机械等下游行业。

图表15 超快激光器主要的下游行业

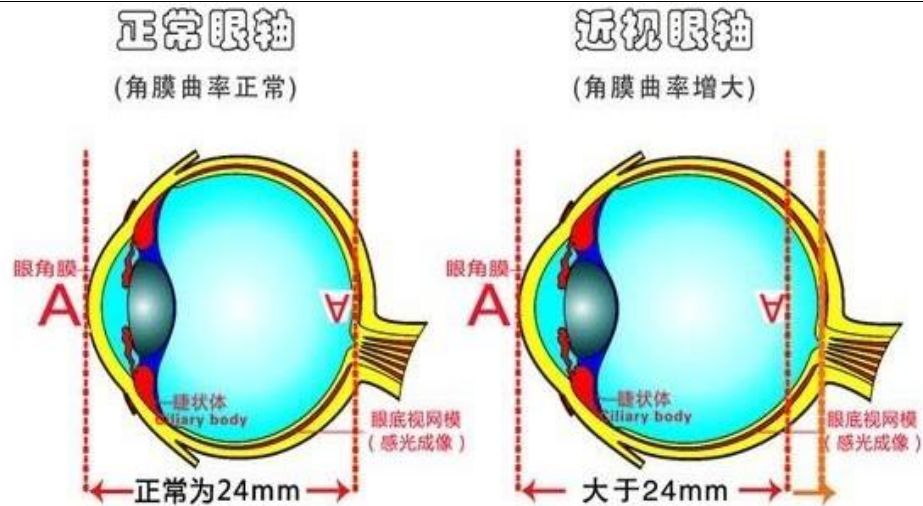


资料来源：南京萃智激光等，平安证券研究所

(1) 医疗美容：

超快激光可用于医疗中的眼科手术设备和美容设备。飞秒激光被用于近视手术，被誉为继波前像差技术之后“屈光手术的又一次革命”。近视患者的眼轴大于正常眼轴，使得在眼球调节松弛状态下，平行光线经眼的屈光系统折射后的焦点落在视网膜之前。飞秒激光手术可以去除眼轴维度上多余的肌肉，使眼轴距离恢复正常。飞秒激光手术具有准确性高、安全性高、稳定性高、手术时间短、舒适性高等优点，已经成为当前最主流的近视手术手段之一。

图表16 正常视力者与近视患者眼轴距离的不同



资料来源:知网, 平安证券研究所

在美容方面，超快激光可用于去除色素和原生痣、去除纹身等，也可以用来改善肌肤的衰老情况。

图表17 超快激光用于美容

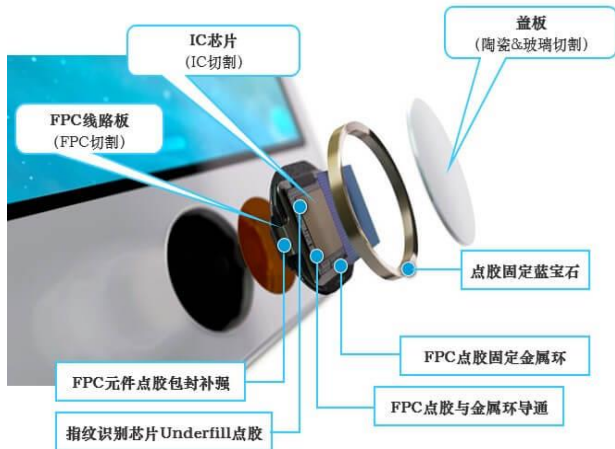


资料来源:卓镭激光官网, 平安证券研究所

(2) 消费电子:

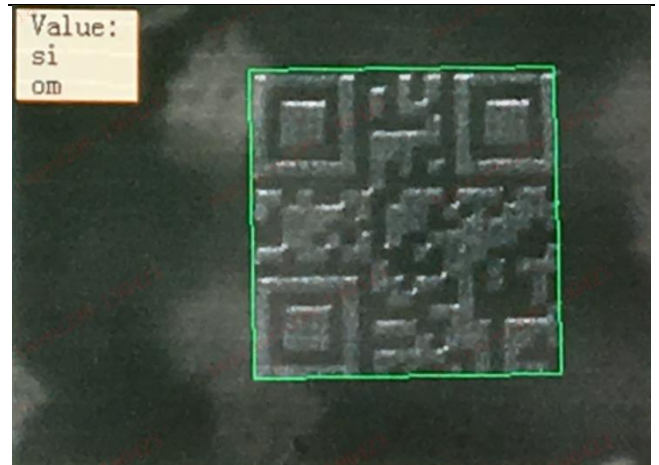
超快激光适用于消费电子制造过程中的硬脆透明材料加工、薄膜加工、精密打标等。手机钢化玻璃和蓝宝石是消费电子原材料中比较有代表性的硬脆透明材料，尤其是蓝宝石，由于其硬度高，脆性大，使用传统的机械加工方式效率和良品率很低；蓝宝石现在已经比较广泛的应用于智能手表、手机摄像头盖板、指纹模组盖板等；纳秒紫外激光和超快激光是目前切割蓝宝石的主要技术手段，超快激光的加工效果比紫外纳秒激光更好。此外，摄像头模组、指纹模组使用的加工方式，也以纳秒和皮秒激光为主。未来柔性手机屏（可折叠屏）的切割、及对应的 3D 玻璃钻孔，主流技术也大概率是超快激光。

图表18 手机指纹模组的加工



资料来源:大族激光官网, 平安证券研究所

图表19 非金属材料微打标



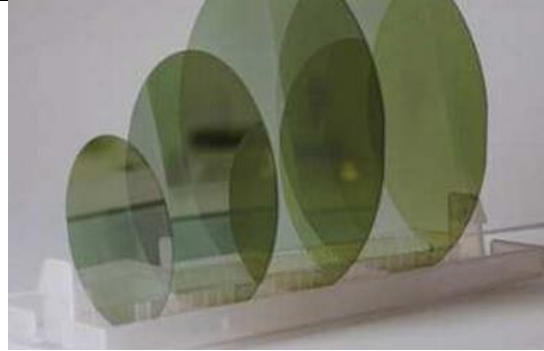
资料来源:南京萃智激光, 平安证券研究所

图表20 3D 玻璃钻孔



资料来源:南京萃智激光, 平安证券研究所

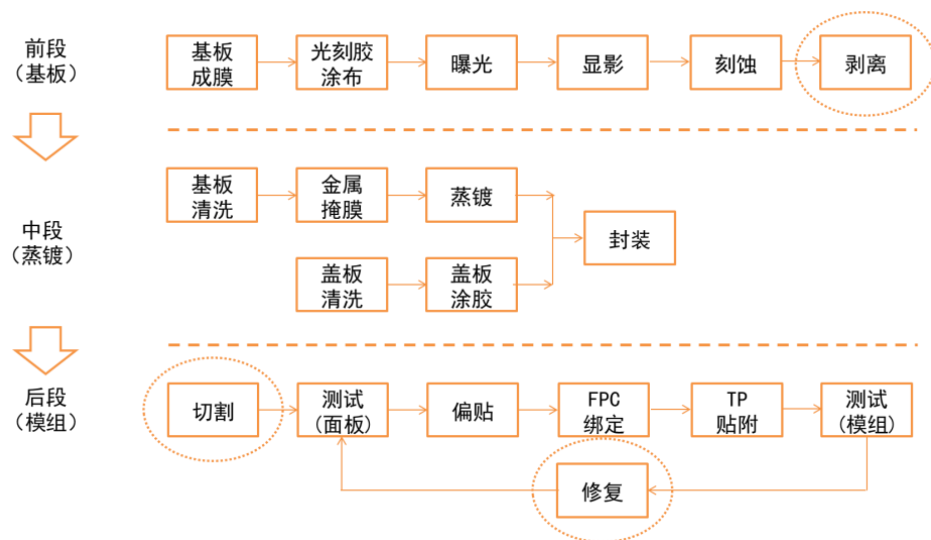
图表21 碳化硅晶片的切割



资料来源:sonhoo, 平安证券研究所

超快激光在面板制造中, 也有重要应用。OLED 偏光片的切割、LCD/OLED 制造过程中的剥离及修复, 都可使用超快激光。

图表22 AMOLED 屏幕生产流程和使用激光加工的环节

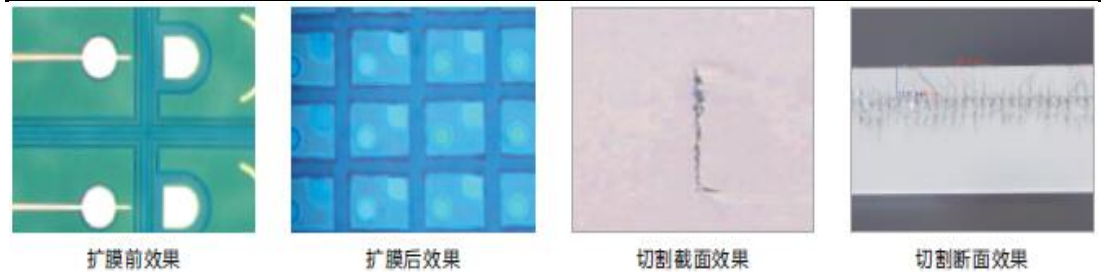


资料来源:《新技术》, 平安证券研究所

(3) 显示照明:

超快激光在显示照明领域的应用主要是指 LED 晶片的划线和切割,这也是超快激光适合硬脆材料加工的又一例证,超快激光加工的截面平整度高,崩边显著减少,效率和精度都大大提升。

图表23 超快激光应用在 LED 划片中的效果图

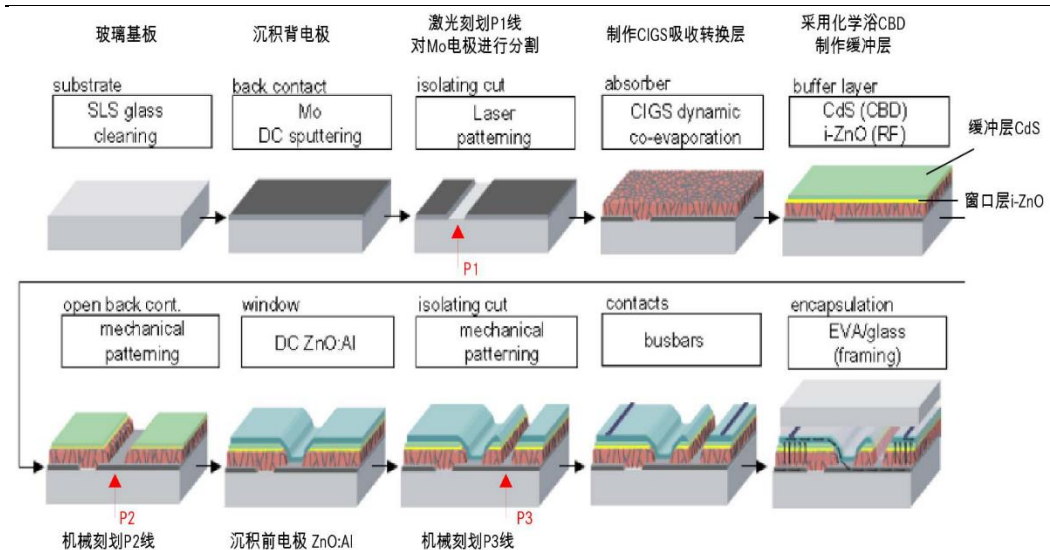


资料来源:大族激光官网,平安证券研究所

(4) 光伏能源:

超快激光在光伏电池的制造中应用空间广阔。例如在 CIGS 薄膜电池的制造中,超快激光可替代原有的机械划线工艺,显著改善划线质量,尤其是对于 P2、P3 划线环节,可以做到几乎没有崩边现象,也没有裂纹和残余应力。

图表24 CIGS 薄膜模组制程

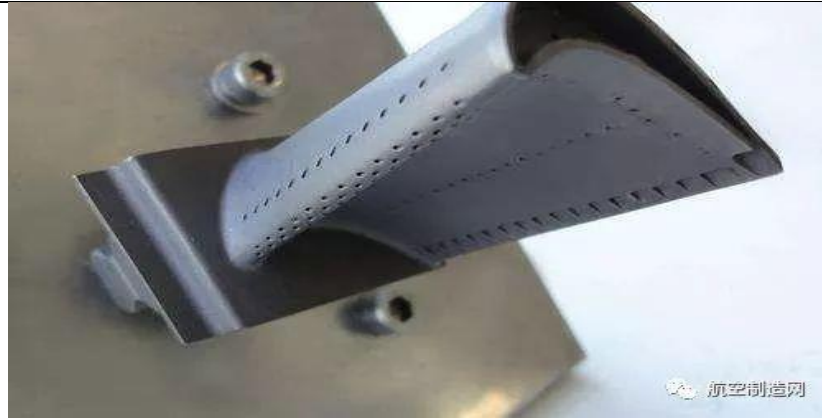


资料来源:ofweek 激光网、南京萃智激光,平安证券研究所

(5) 航空航天:

为提高涡轮叶片的性能和使用寿命,进而提高发动机的性能,需要采用气膜冷却技术,这对气膜孔加工技术提出了极高的要求,2018年西安光机所开发出国内最高单脉冲能量的26瓦工业级飞秒光纤激光器,并研制出系列化超快激光极端制造装备,实现了航空发动机涡轮叶片气膜孔的“冷加工”突破,填补了国内空白,这种加工方法较电火花加工等方法精度更高,成品率大大提升。

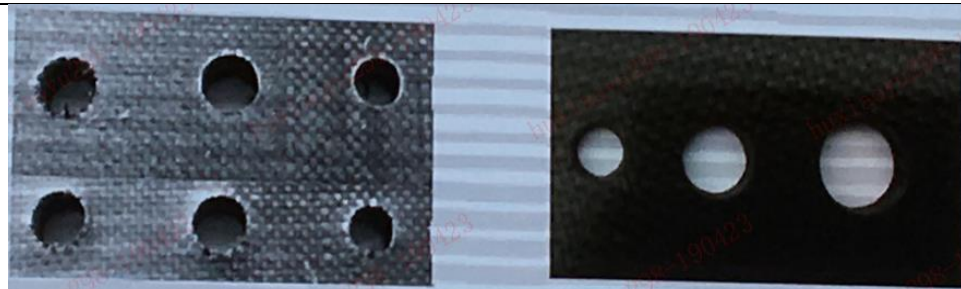
图表25 航空发动机涡轮叶片气膜孔的“冷加工”



资料来源:航空制造网, 平安证券研究所

超快激光还可应用于纤维增强复合材料的精密加工, 加工精度的提升, 有助于碳纤维等复合材料在航空航天等高端领域的应用拓展。

图表26 超快激光加工碳纤维



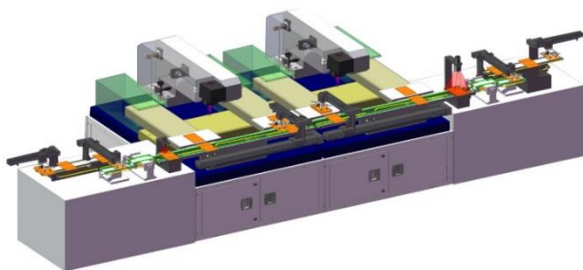
机械加工

皮秒激光加工

资料来源:南京萃智激光, 平安证券研究所

目前超快激光器价格仍较昂贵, 我们预计随着其国产化并价格下降, 在众多行业中的大规模应用指日可待。国内一部分行业先行者, 已经在生产超快激光加工设备, 并取得了较好的市场反馈。如德龙激光已推出了基于超快激光技术的 OLED 模组激光精切设备、超快(皮秒/飞秒)激光打标设备、皮秒红外显示屏玻璃倒角激光加工设备、皮秒红外玻璃晶圆激光切割设备等多种类型产品。

图表27 全自动柔性 OLED 模组激光精切设备



资料来源:德龙激光官网, 平安证券研究所

图表28 超快(皮秒/飞秒)激光打标设备



资料来源:德龙激光官网, 平安证券研究所

图表29 皮秒红外显示屏玻璃倒角激光加工设备



资料来源：德龙激光官网，平安证券研究所

图表30 皮秒红外玻璃晶圆激光切割设备



资料来源：德龙激光官网，平安证券研究所

大族激光也推出了 LED 全自动隐形划片机、半导体晶圆激光切割设备、指纹识别模块的玻璃盖板切割设备等，均使用了超快激光器。华工科技也有相应的设备推出。

图表31 大族激光半导体晶圆激光切割设备



资料来源：大族激光官网，平安证券研究所

图表32 华工激光 LED 蓝宝石衬底超快激光切割机



资料来源：华工激光官网，平安证券研究所

2018年6月6日，由大族激光为深圳柔宇国际柔性显示基地定制的首条类六代全柔性显示屏量产线成功点亮投产，使用的也是超快激光技术。未来随着柔性屏、可折叠屏渗透率不断提升，超快激光将是主要的裁切技术手段。

图表33 2018年6月6日大族自主研发柔性 OLED 激光切割机正式投产

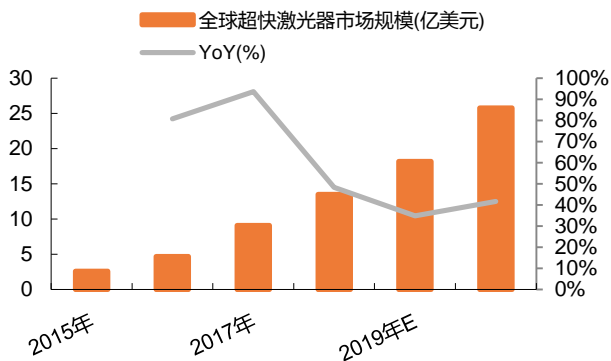


资料来源：大族激光官网，平安证券研究所

另外市场上也出现了一些既深谙激光原理、又精通激光与材料之间相互作用原理的优秀企业，如南京萃智激光等，在供应超快激光设备的同时，也提供高端加工服务。

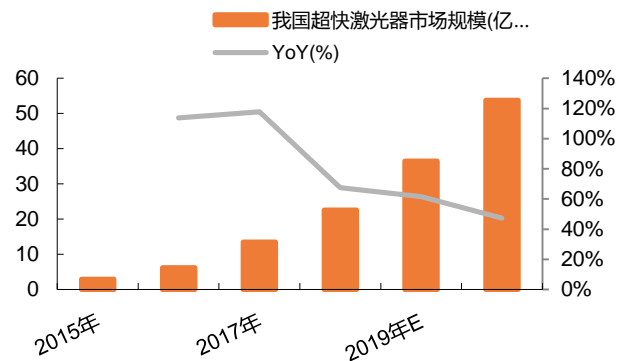
全球来看超快激光处于快速发展阶段，根据中国科学院武汉文献情报中心的统计和预测，2017年全球超快激光器市场规模超过9亿美元，到2020年有望超过25亿美元；2017年我国超快激光器市场约13.5亿RMB，预计2020年将超过50亿RMB。

图表34 全球超快激光器市场规模及预测（亿美元）



资料来源:中国科学院武汉文献情报中心, 平安证券研究所

图表35 中国市场超快激光器市场规模及预测（亿元）



资料来源:中国科学院武汉文献情报中心, 平安证券研究所

三、进口替代大有可为，国内玩家如雨后春笋

3.1 超快激光器进口替代大有可为

从国内用户的视角来看，超快激光器的供应商可分为两类：一类是以通快、相干、NKT、光谱物理等为代表的海外激光器厂商，另一类是近几年快速追赶的国内厂商。目前基本的竞争态势是，国外激光器厂商在市场和技术上占有先发优势，但国内厂商进步迅速，进口替代的序幕已经拉开。

（1）国外超快激光器供应商：

目前国内的超快激光器80%以上仍有赖进口，进口超快激光器在稳定性方面仍有一定优势，但价格较贵。近几年全球超快激光领域最重要的特征是频繁的收购。自CPA技术提出以来，包括Lumera、KMLab、QuantumLaser、Femtolaser等众多以超快激光为主要方向的创业企业在1990s年代出现，但一则彼时超快激光的应用场景还很少（起初大多应用于科研），二来新技术刚刚出现，生产工艺有待成熟，使得超快激光器的价格极其昂贵，虽然这些创业型企业大都由知名科学家领衔，但在整个2000s年代发展并不尽如人意。在随后的2010s年代，这些拥有深厚研发基础，但销售未上体量的超快激光公司，相当一部分被传统的激光龙头企业诸如通快、相干、NKT、MKS等所收购。

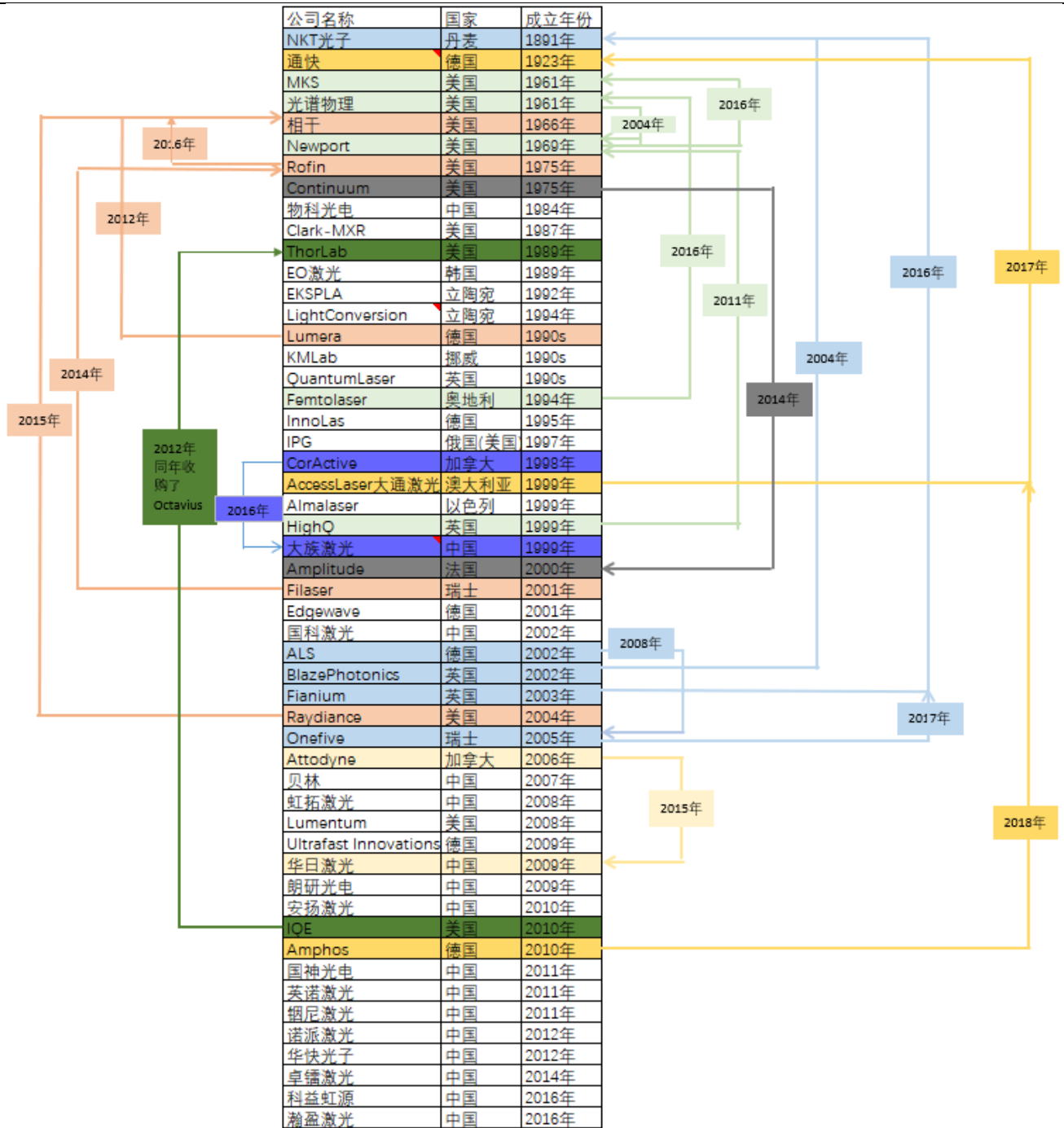
通快、相干、NKT、MKS等激光器企业，发展历史悠久，技术力量雄厚，而且拥有良好的市场口碑和客户基础。在超快激光的应用场景逐渐显现时，它们敏锐的捕捉到了机遇，通过一系列的收购，完成了在超快激光领域的布局。

- ✓ NKT：以光纤起家，到目前为止，NKT仍是全球光纤超快激光器的领导者，也是光纤超快激光器核心零部件光子晶体光纤的主要供应商。
- ✓ 光谱物理：于1961年成立，可供应多种类型的激光器，收购femtolaser和HighQ后，超快激光器的实力大增。

- ✓ 通快：最初是机床制造商，1970s 开始做激光切割机床，1980s 开发了自己的激光器，此后一直是全球高功率激光设备的领导者。通快此前已收购了高功率光纤激光器厂商 SPI，2017、2018 年又相继收购过大通激光、Amphos 等超快激光器公司，现在可以供应多种类型的激光器。
- ✓ 相干通过收购 Lumera, Raydiance, Filaser, 成为全球超快激光领导者。

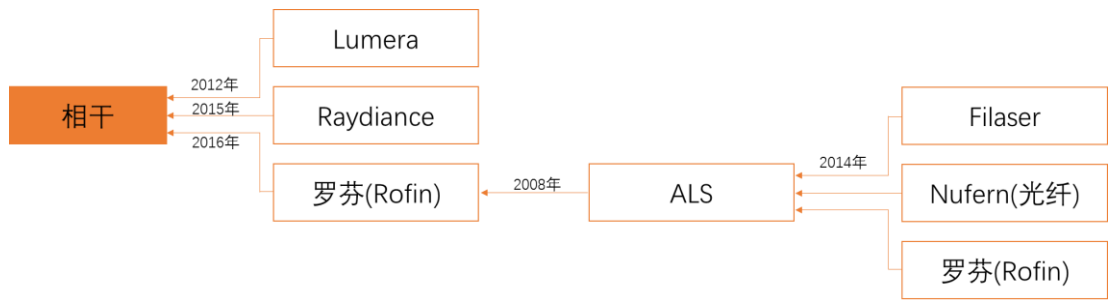
对于相干等龙头企业来说，Lumera 等公司大多数脱胎于高校研发体系，有着优秀的人才、理论、技术基础；而对于那些被收购的创业企业来说，大平台的客户渠道、管理体系、生产效率，使得它们的经营效率快速提升，这也在客观上推动了超快激光的应用。

图表36 全球超快激光企业成立时间表及收购关系



资料来源：各公司官网，平安证券研究所

图表37 美国相干在超快激光领域的收购



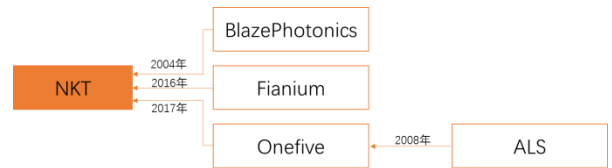
资料来源：相干公司官网，平安证券研究所

图表38 德国通快在超快激光领域的收购



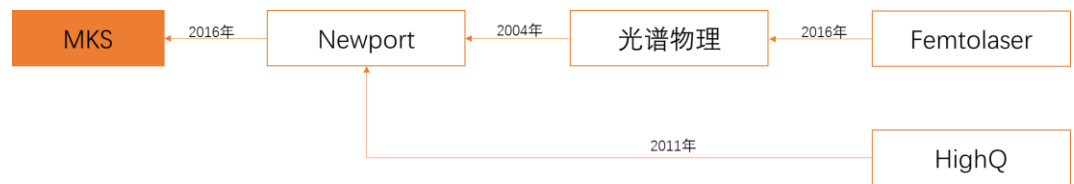
资料来源：通快公司官网，平安证券研究所

图表39 NKT 在超快激光领域的收购



资料来源：NKT 公司官网，平安证券研究所

图表40 美国 MKS 在超快激光领域的收购



资料来源：MKS 公司官网，平安证券研究所

这种并购的趋势仍在继续，预计未来超快激光领域的市场集中度会越来越高，竞争格局也会愈加明朗化。

图表41 其他的收购事件

2007年	雅培收购 Intralase
2009年	伊欧激光收购英国 Powerlase 公司
2012年	Thorlabs 公司日前完成对 Octavius 公司超快激光器和 IQE 公司超快脉冲产品生产线的收购
2012年	ASML 以 25 亿美元收购 Cymer
2013年	复星医药宣布收购以色列企业 Alma Lasers95.2%股权的交易已经完成
2015年	JDSU 收购了 Time-Bandwidth
2015年	Amplitude 以 700 万美元收购 GSI 旗下的 Continuum 业务
2015年	大族收购 CorActive
2017年	IPG 收购加拿大企业 Laser Depth Dynamics
2017年	IPG Photonics 公司收购美国的 OptiGrate 公司
2017年	日本松下电器收购美国半导体激光器公司 Teradiode
2017年	Andritz 收购英国激光器厂商 Powerlase Photonics
2018年	Lumentum 以 18 亿美元(现金加股票)收购 Oclaro

资料来源：各公司网站，平安证券研究所

(2) 国内超快激光新势力：

中国是全球最大的电子产品制造国，全球每年超过 90% 的手机和电脑生产自中国，面板、集成电路等高端产能也正在大规模向大陆转移，可以说中国是超快激光应用场景最多、市场空间最广阔的地区。近年来我国的超快激光创业企业如雨后春笋，并且技术快速突破，进口替代的大幕正在拉开。

图表42 国内主要的超快激光生产厂家

地区	公司名称	成立时间	其他备注
北京	卓镭激光	2014 年	2017 年累计出货 100 台皮秒医疗美容激光器,超过 1000 台调 Q 纳秒激光器。内置 Lamber 激光器客户成为美国 GE 用于发动机叶片加工的海外唯一授权加工系统商。
	钢尼激光	2011 年	中国科学院控股, 国家半导体泵浦激光工程技术研究中心
	国科激光	2002 年	中国科学院控股的高端半导体泵浦激光器和固体激光器专业生产商
	物科光电	1984 年	中国科学院物理所旗下
	科益虹源	2016 年	是国科光电科技的全资子公司, 中国唯一专注且唯一具备高端准分子激光技术研究和产品化的公司。
江苏	贝林激光	2007 年	激光设备生产商德龙激光的全资子公司
	诺派激光	2012 年	
上海	国神光电	2011 年	正在与武汉锐科谈判收购事宜。产品已进入全球前三大 LED 芯片制造企业, 用于切割芯片材料, 还进入了苹果公司代工厂, 销售总额超 1 亿元。
	朗研光电	2009 年	从事超灵敏光电探测设备和高端光纤激光器生产研发
湖北	华日激光	2009 年	华工科技的子公司, 3 位国家千人计划领衔
	安扬激光	2010 年	以光纤超快激光为主要发展方向, 可自制光纤
	虹拓激光	2008 年	产品以光纤超快为主
广东	英诺激光	2011 年	美国光波在中国设立的全资子公司
	华快光子	2012 年	年生产能力可达 3000 台皮秒、飞秒激光器及加工装备
	瀚盈激光	2016 年	

资料来源：各公司官网，平安证券研究所

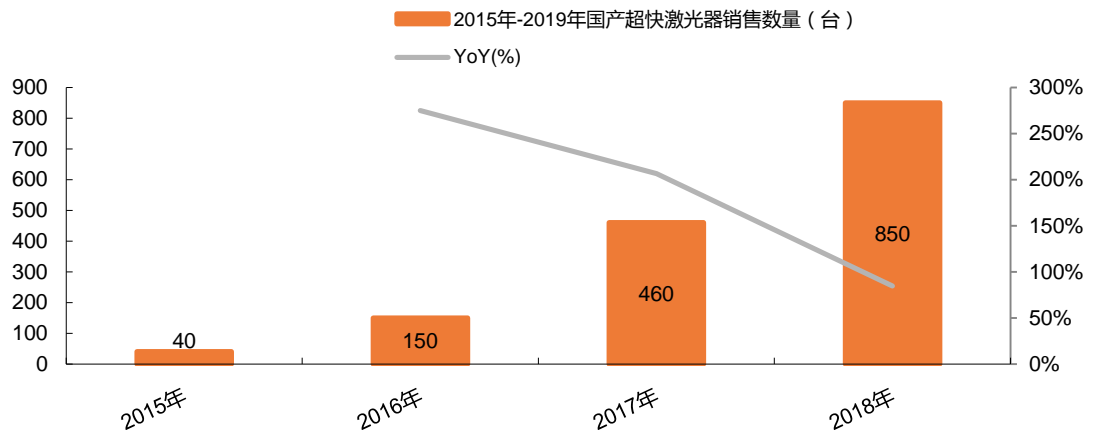
根据《中国激光产业发展报告》的统计，2015 年-2019 年我国国产超快激光器的销售数量从 40 台增长到 850 台。我们认为国内企业虽然大部分成立时间比较晚，但至少在以下三个方面占有优势：

(1) 中国将是超快激光器最大的应用市场：超快激光高精度的特点，尤其适用于 3C 产品的制造，而我国是全球最大的 3C 产品的生产基地，每年全球超过 90% 的智能手机和笔记本电脑在中国生产，集成电路、面板的高端产能近年来也正大规模向国内转移，带来了智能制造、精密制造的巨大应用市场。

(2) 中国拥有全球最完整的工业体系：经过过去几十年的发展，我国形成了从上游材料到下游应用的完整工业体系，使得设备的制造成本相对较低，加上国家政策支持，产研转换环境大大改善，为超快激光器的产业化提供了良好的土壤，也使得国产超快激光器相对于进口产品来说，可以有较大的性价比优势。

(3) 高端人才的大规模回流：我们注意到，在激光行业，高端人才的回流在加快，这为超快激光的技术突破打下了人才基础。目前国内的超快激光生产厂商如华日激光、安扬激光等都是由海外归国人才所创立。良好的创业环境和各种地方政策大力支持，使得海外高端人才回国发展，正在成为一种大趋势。

图表43 2015年-2018年国产超快激光器销售数量（台）



资料来源:中国激光产业发展报告2019, 平安证券研究所

另外有新闻对个别厂家的产销等有报道, 整理如下。

图表44 一些超快激光器企业的经营数据

时间	事项
2017年	华日激光超快激光器的销售额大概 2000-3000 万, 3C 数码玻璃加工需求占了大半。
2017年	安扬激光的超快激光器销售额超过 2000 万元, 安扬有 50 台/年的超快激光器的产能。
2017年	贝林激光激光器销售 1000 台, 其中紫外 800 台。
2017年	Spectra-physics 销售额 18-19 亿美元, 超快激光器占比不详
2017年	通快的超短脉冲激光器的全球销量创新高, 超过了 100 台
2014年	lumera 有超过 500 台的订单。

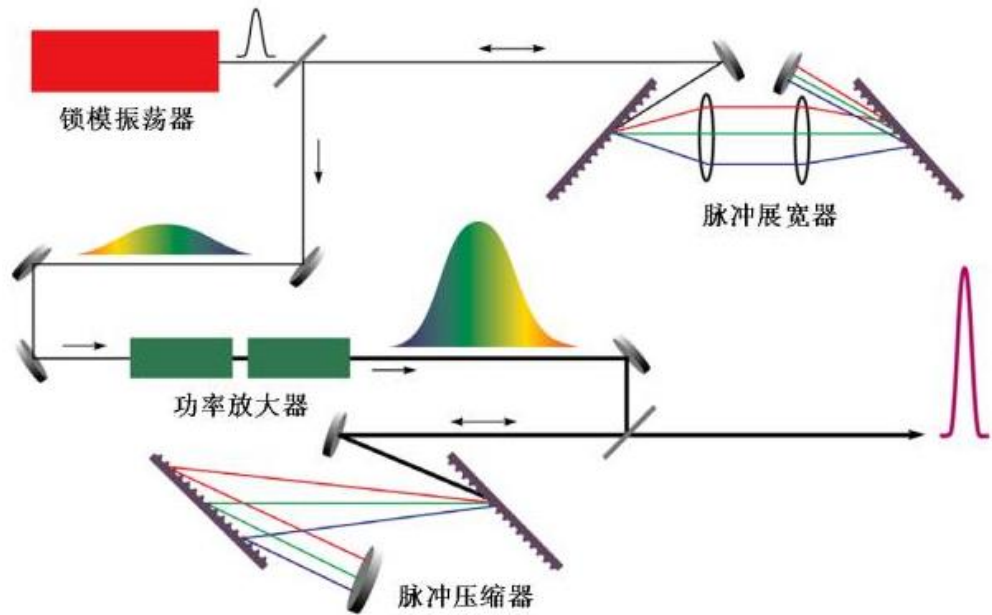
资料来源: 搜狐科技, 平安证券研究所

3.2 核心部件仍主要依赖进口

超快激光器的两大核心诉求: 高稳定性的超短脉冲、高脉冲能量。通常, 可以利用锁模技术获得超短脉冲, 利用 CPA 放大技术获得高脉冲能量, 其中涉及的核心部件包括振荡器、展宽器、放大器和压缩器等。其中, 振荡器和放大器技术难度最高, 也是一家超快激光器制造企业的核心技术。

- ✓ 振荡器: 在振荡器内, 利用一种锁模技术获得超快激光脉冲。
- ✓ 展宽器: 展宽器将飞秒种子脉冲按不同波长在时间上拉开。
- ✓ 放大器: 利用啁啾放大器使这一展宽的脉冲获得充分能量。
- ✓ 压缩器: 压缩器把放大后的不同成分的光谱再会聚到一起, 恢复到飞秒宽度, 从而形成具有极高瞬时功率的飞秒激光脉冲。

图表45 飞秒激光器结构示意图



资料来源：华日激光，平安证券研究所

超快激光器的振荡器、放大器等核心部件，大多数由激光器生产企业自家生产；若无法自产振荡器等，可购买其他公司生产的激光种子源。国际上一些超快激光器厂商的核心零部件制造能力如下：

- ✓ **Coherent (相干)**：相干公司能够生产超快激光系统中的每一个组件，包括泵浦激光器、振荡器、放大器、可调谐 OPA 及其附件等。2016 年相干收购了高性能工业激光光源和激光解决方案及器件厂商 ROFIN，而 ROFIN 此前又收购了美国特种光纤厂商 Nufern，后者可供应特种光纤。
- ✓ **光谱物理 (Spectra-Physics)**：2011 年公司收购了奥地利超快激光器生产商 High Q Laser 公司。他们将 LD 抽运与半导体可饱和吸收镜 (SESAM) 技术相结合，研制出了世界上最紧凑、最稳定的超快激光器。光谱物理可以自产各种皮秒振荡器、皮秒放大器、飞秒振荡器和飞秒放大器。
- ✓ **IPG 光电**：IPG 能够提供绿光、红外和中红外皮秒和飞秒光纤和光纤固体混合激光器，其中 IPG 的皮秒及飞秒光纤激光器配备了主振荡光纤功率放大器 (MOFPA) 结构，尤其适合重复频率介于 10 kHz-数 MHz 之间、脉冲能量为若干 μJ ~1mJ 的超快脉冲。
- ✓ **Clark-MXR**：成立于 1992 年，公司创始人之一 Gerald Mourou (2018 年诺贝尔物理学奖获得者) 最早提出了 CPA 理论，并最早开发出了商用 CPA 系统。此外 Clark-MXR 公司在该领域里还拥有无数个“第一”，包括第一台商业化脉冲碰撞锁模染料 (CPM) 激光器、第一台商业化 bow-tie 放大器、第一台商业化 Ti:Sapphire 振荡器、第一台商业化再生放大器、第一台商业化光纤振荡器作种子源的再生放大器、第一台商业化集成一体化再生放大器、第一台商业化高功率 1 μm 光纤振荡器、第一台商业化高功率 1 μm 振荡器等等。

超快激光器的芯片、特种光纤、布拉格光栅、泵浦源等，大多由专业的电子制造企业生产。芯片 (20%-30%) + 光纤 (15%-20%) + 泵浦源 (20%) 占了超快激光器总成本的约 70%，该领域比较知名的公司包括芯片制造企业 Lumentum、特种光纤制造企业 NKT 公司等。

- ✓ **芯片**：激光芯片分为激光器芯片 (发射端) 和探测器芯片 (接收端)，其中，激光器芯片技术壁垒高，是光芯片中的“明珠”。从目前 DFB/EML/VCSEL 三大高端激光器芯片市场来看，美国和日本光器件厂商仍然占据市场主导，包括 Finisar、Avago、三菱、Lumentum、II-VI 等公司。2018 年，

Lumentum（原行业第二）以约 18 亿美金的价格收购了 Oclaro（原行业第三），两者合并之后，销售额一举超过了 Finisar（原行业第一），成为新的行业第一。近年来，受益于苹果公司对用于 3D sensor 的 VCSEL 激光器的海量需求，Lumentum 与 Finisar 成为光器件行业内最火热的厂商。国内具备 VCSEL 芯片量产制造能力的厂商主要是光迅科技和华芯半导体。此外，受到市场关注的芯片企业包括山东太平洋、深圳源国、国星光电、华工科技、三安光电及台厂全新光电、晶元光电、环宇以及给苹果供应 VCSEL 芯片的稳懋。

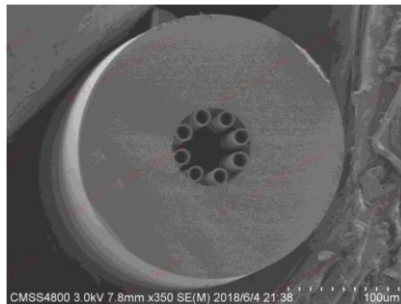
图表46 高端激光器芯片类型及供应商

高端激光器芯片类型	全球主要供应商
DFB	Avago、三菱
EML	Neophotonics、Oclaro、住友
VCSEL	Lumentum、Finisar、II-VI、Avago、AMS、三菱

资料来源：ofweek 电子工程网，平安证券研究所

- ✓ **特种光纤：**NKT 公司是全球领先的高性能光纤激光器、光纤传感系统和光子晶体纤维供应商，全球超快光纤激光器所使用的光子晶体光纤被丹麦 NKT 公司占据大部分市场份额，NKT 公司于 2017 年下半年收购瑞士超快激光制造商 Onefive 公司，开始大规模出货飞秒激光器和皮秒激光器。此外，CorActive（已被大族激光收购）和 Nufern（现为相干子公司）也具备特种光纤的生产能力。国内公司中，安扬激光自建了光纤拉丝塔，可生产 40 余种各种用途的特殊光纤，摆脱了西方公司对光纤激光器产业链的控制。

图表47 安扬激光所生产的光子晶体光纤 HC-PCF-01



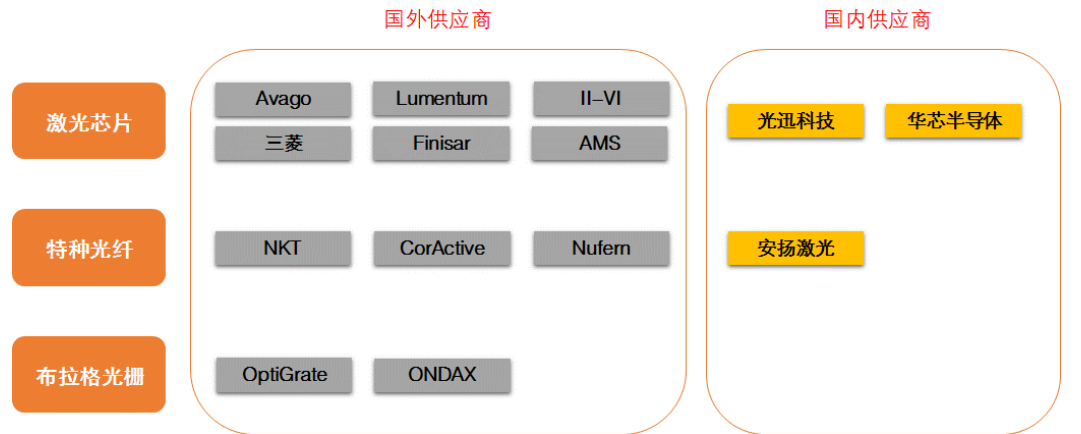
参数	数值
工作波长	980-1180nm
10db 传输窗口	>100nm
传输损耗@980nm	<100db
材料	Pure silica
纤芯直径	38±2μm
包层直径	230±5μm
涂层直径	420±1μm

资料来源：安扬激光，平安证券研究所

- ✓ **光栅：**脉冲展宽器和压缩器需要一种特殊的反射型布拉格光栅。由于在光束传播的方向上光栅的周期逐渐发生变化，当光从一个方向入射时，激光脉冲将在时间上进行展宽；当光沿相反方向传播时，激光脉冲将在时间上被压缩。啁啾体布拉格光栅产品专为飞秒及皮秒脉冲展宽和压缩而设计。美国 OptiGrate Corp 是啁啾体布拉格光栅技术（VBG）的先驱，在该领域占据全球领导地位。2017 年 OptiGrate Corp 被全球光纤激光器龙头 IPG 收购。此外，美国的 ONDAX 公司也具备制造布拉格光栅能力。目前国内 VBG 生产商较少，依然需要大量从海外进口，国内的代理商包括上海昊量、筱晓光子等公司。

核心零部件是每家超快激光企业的必争之地，未来随着核心零部件技术的突破，国内超快激光器的成本还有巨大的下降空间，国产超快的性价比有望进一步提升。

图表48 国内外超快激光核心零部件供应商



资料来源：各企业官方网站，平安证券研究所

四、投资建议

超快激光器的国产化过程与高功率激光器有着很大的相似性，我们认为未来 3-5 年，随着超快激光应用场景不断成熟落地，有望复制高功率光纤激光器进口替代的道路。市场空间大、技术壁垒高，超快激光器很有可能在未来成为科创板的热点板块。建议从三个角度把握投资机会：

（1）应用场景从高端向中低端下沉，超快激光加工设备的市场规模快速增长：超快激光很有可能成为新一代精密加工的主流方式，超快激光器的国产化，将带动其售价降低，随着应用场景越来越多，超快激光加工设备的投资机会有望先于激光器出现，重点关注有优质客户资源和雄厚研发实力的设备供应商，如大族激光、华工科技等；

（2）超快激光器的进口替代：虽然目前我国超快激光器仍主要依赖进口，但国内激光器厂商在技术上进步迅速，随着关键技术的持续突破，国内供应商有望打开进口替代的广阔空间，随着核心零部件的技术突破，优秀的企业有望实现收入和毛利的双增长，建议关注锐科激光（拟收购超快激光制造商国神激光）；

（3）下游新技术应用带来超快激光市场爆发的可能性：折叠屏、陶瓷外壳等渗透率的提升，有可能带来超快激光市场爆发。

五、风险提示

（1）技术突破进度不及预期的风险：集成电路、面板等高端制造业对激光加工设备的要求极高，目前该部分市场仍主要被海外厂商垄断，有着广阔的进口替代空间，但国内企业仍处在追赶阶段，存在技术突破不及预期的风险；

（2）企业市场拓展不及预期的风险：超快激光单台价值量高，换用新的激光器供应商对于激光设备商和最下游用户来说，都存在一定的风险，因此尽管国产超快激光器在性价比方面优势显著，但仍存在市场开拓不及预期的风险；

（3）贸易战的影响：中美贸易战形势尚不明朗，超快激光器所需的核心零部件有可能被列入禁售、增税的名单当中。

平安证券研究所投资评级:

股票投资评级:

- 强烈推荐 (预计 6 个月内, 股价表现强于沪深 300 指数 20%以上)
- 推 荐 (预计 6 个月内, 股价表现强于沪深 300 指数 10%至 20%之间)
- 中 性 (预计 6 个月内, 股价表现相对沪深 300 指数在 $\pm 10\%$ 之间)
- 回 避 (预计 6 个月内, 股价表现弱于沪深 300 指数 10%以上)

行业投资评级:

- 强于大市 (预计 6 个月内, 行业指数表现强于沪深 300 指数 5%以上)
- 中 性 (预计 6 个月内, 行业指数表现相对沪深 300 指数在 $\pm 5\%$ 之间)
- 弱于大市 (预计 6 个月内, 行业指数表现弱于沪深 300 指数 5%以上)

公司声明及风险提示:

负责撰写此报告的分析师(一人或多人)就本研究报告确认:本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格。

平安证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本公司研究报告是针对与公司签署服务协议的签约客户的专属研究产品,为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考,双方对权利与义务均有严格约定。本公司研究报告仅提供给上述特定客户,并不面向公众发布。未经书面授权刊载或者转发的,本公司将采取维权措施追究其侵权责任。

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能,也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识,认真考虑是否进行证券交易。

市场有风险,投资需谨慎。

免责条款:

此报告旨在发给平安证券股份有限公司(以下简称“平安证券”)的特定客户及其他专业人士。未经平安证券事先书面明文批准,不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其他人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被平安证券认为可靠,但平安证券不能担保其准确性或完整性,报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价,报告内容仅供参考。平安证券不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任,除非法律法规有明确规定。客户并不能仅依靠此报告而取代行使独立判断。

平安证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断,可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问,此报告所载观点并不代表平安证券的立场。

平安证券在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

平安证券股份有限公司 2019 版权所有。保留一切权利。



平安证券
PING AN SECURITIES

平安证券研究所

电话: 4008866338

深圳

深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 62 楼
邮编: 518033

上海

上海市陆家嘴环路 1333 号平安金融大厦 25 楼
邮编: 200120
传真: (021) 33830395

北京

北京市西城区金融大街甲 9 号金融街中心北楼 15 层
邮编: 100033