

特种无源光纤

随着中国制造业的快速发展，光纤激光器市场迅猛增长。在工业加工领域，激光波长为 $1\mu\text{m}$ 的掺镱光纤激光器具有非常广泛的应用，如激光打标、激光焊接、激光切割等。在光纤激光器系统中，除了核心的有源光纤之外，还涉及到多种无源光纤，例如光纤光栅、光纤隔离器中的无源匹配光纤，光纤合束器中的无源匹配光纤和无源多模大芯径能量耦合光纤，激光传能组件中的无源多模大芯径传能光纤等各类无源光纤。

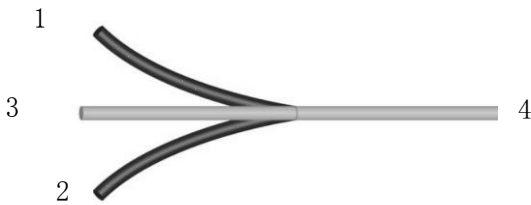


图 1 光纤合束器模型

图 1 是光纤合束器模型示意图，以某合束器为例，其中 1、2 光纤匹配使用，类型分别为 105/125-0.22NA；200/220-0.22NA；3、4 光纤匹配使用，类型分别为：10/130-0.08NA；20/130-0.075NA；以上 4 类光纤均为特种无源光纤。

1. 长飞特种无源光纤产品

表 1 无源匹配光纤系列产品

序号	光纤 Part No.	光纤型号	典型应用
1	DG1110-A	10/130-0.08NA	光纤光栅，光纤合束器（瓦级脉冲/百瓦级连续）
2	DG1110-B	20/130-0.075NA	光纤合束器，光纤光栅、光纤隔离器尾纤（几十瓦脉冲）
3	DG1110-D	25/250-0.065NA	光纤合束器，光纤隔离器尾纤（百瓦级脉冲/连续）
4	DG1110-C	20/400-0.065NA	光纤光栅，光纤合束器，QBH（连续千瓦级）

2. 长飞特种无源光纤产品参数

长飞公司的无源匹配光纤具有良好的几何指标，如 130 系列光纤的芯包同心度小于 $0.7\mu\text{m}$ ，250 和

长飞光纤光缆股份有限公司（以下简称长飞公司），经过多年的技术积淀、平台建设和产品研发，基于 MCVD 平台，在国内首次采用 CDS 螯合物和铝磷镜三元体系掺杂工艺，成功开发出定位于低功率光纤激光器的 $125\mu\text{m}$ 系列大模场双包层掺镱光纤和定位于中高功率光纤激光器的 20/400 系列双包层掺镱光纤。与此同时，长飞公司基于独特的 PCVD 核心技术，还成功开发了一系列无源匹配光纤和大芯径光纤。

通常光纤激光器具有良好的光束质量，其光束质量 M^2 一般小于 1.5，同时高功率激光传输还要求光纤需具备较大的模场面积，这都对激光在光纤内传播模式提出了要求。因此，无源匹配光纤的纤芯直径、数值孔径等关键波导参数需要控制的非常精确，从而达到对光纤模式的精确控制。PCVD 工艺的主要优势之一，就是能够实现对光纤波导参数的精确控制。在此基础上，长飞公司通过大棒工艺路线，有效的实现了光纤优异的几何指标和批次一致性。为了有效地提高泵浦光的利用率，长飞公司研发生产的无源匹配光纤具有优良的双包层结构，并通过特殊的低折射率涂料实现了高达 0.46 以上的数值孔径（NA），在苛刻环境下，仍具有良好的机械与环境可靠性。本系列主要产品型号见表 1。

400 系列光纤的芯包同心度小于 $2\mu\text{m}$ ，包层不圆度均小于 0.5%。良好的几何参数能够有效的保证光纤的接续质量和器件的生产效率。

表 2 各型号无源匹配光纤参数指标

光纤型号	10/130- 0.08NA	20/130- 0.075NA	25/250- 0.065NA	20/400- 0.065NA
纤芯数值孔径	0.080±0.010	0.080±0.010	0.065±0.005	0.065±0.005
包层数值孔径	≥0.46	≥0.46	≥0.46	≥0.46
纤芯损耗 @1300nm (dB/km)	≤40.0	≤40.0	≤45.0	≤12.0
纤芯损耗 @1200nm (dB/km)	≤20.0	≤20.0	≤30.0	≤8.0
包层损耗 @1095nm (dB/km)	≤15.0	≤15.0	≤15.0	≤15.0
包层直径 (μm)	130±2	130±2	247±3	395±5
芯层直径 (μm)	11.0±1.0	20.0±1.0	25.0±1.5	20.0±1.5
涂层直径 (μm)	245.0±10.0	245.0±10.0	395.0±15.0	550.0±15.0
芯/包同心度 (μm)	≤0.7	≤0.7	≤2.0	≤2.0
包层不圆度 (%)	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5

长飞公司的无源匹配光纤具有如下优势：一、兼容长飞公司有源光纤，熔接损耗低（10/130 系列无源匹配光纤与相应型号的有源光纤熔接损耗小于 0.15dB@1310nm）；二、出射激光光束质量 M^2 可达到 1.1；三、具有良好的机械性能，动态疲劳参数 (n_d) 达到 25 以上，拉断力达到 5GPa 以上；四、可靠性高，采用自研的高可靠性的涂料技术，剥离力在 1.6N~3.2N

之间，并通过了严苛的高压水煮实验（126℃，1.5 个大气压，8 小时）。

长飞公司的无源匹配光纤已经通过了国内数家器件厂家的验证，表现出了良好的性能指标，采用长飞公司的 10/130 系列无源匹配光纤所制备的器件光纤合束器与光纤光栅均已通过相关可靠性验证，指标均符合实验设计要求，如表 3 所示。

表 3 器件可靠性相关指标

器件	试验项目	判定依据	结论
光纤合束器	高温高湿储存	泵浦效率>93%； 信号光损耗<0.3dB；隔离度>30dB	合格
	高低温循环储存		合格
光纤光栅	高低温循环储存	△反射率≤2%； △中心波长≤0.1nm； △带宽(3dB)≤0.1nm	合格
	高低温循环储存		合格
	低温储存		合格
	拉力测试	≥0.45kgf	合格

另一方面，在泵浦光源的输出端、合束器以及在光纤激光器的输出端，需要用到大芯径及较高数值孔径的光纤。长飞公司利用 PCVD 工艺，实现了高浓度的氟 (F) 掺杂，成功制备了 NA 达到 0.22 的光纤预

制棒。结合涂料技术和大尺寸光纤拉丝技术，成功实现了一系列的多模大芯径传能光纤产品，比如 105/125-0.22NA，200/220-0.22NA 等型号。并已成功应用于高功率光纤合束器及传能组件等场合。

表 4 多模大芯径传能光纤系列产品

光纤型号 光学参数	105/125- 0.22NA	200/220- 0.22NA	20/400- 0.12NA	50/400- 0.13NA
纤芯数值孔径	0.22±0.02	0.22±0.02	0.12±0.01	0.13±0.01
包层直径 (μm)	125±2	220±5	400±5	400±5
芯层直径 (μm)	105±3	200±5	20±1.5	50±3
涂层直径 (μm)	250±10	500±20	550±15	560±10
芯/包同心度 (μm)	≤3	≤3	≤2	≤2
包层不圆度 (%)	≤2	≤2	≤0.5	≤0.5

*可提供 0.12NA, 0.15NA 产品。

3. 展望

同有源光纤一样，特种无源光纤也是光纤激光器中的关键部分。国内光纤激光器产业正处于高速发展时期，对高端特种光纤国产化的需求明确并且日益增强。随着激光器功率的不断提高，对于光纤的性能要

求也越来越高，掌握核心的光纤设计技术、光纤预制棒制备技术、特种涂料技术、光纤拉丝技术和光纤测试技术，是实现高可靠性无源特种光纤的必备保障，也是长飞公司的优势所在。长飞公司将全力支持光纤激光器产业的发展，不遗余力地满足客户需求，为特种光纤国产化而不断努力。

长飞光纤光缆股份有限公司

Yangtze Optical Fibre and Cable Joint Stock Limited Company

地址：武汉市光谷大道9号（430073）

ADD: No.9 Optics Valley Avenue, Wuhan, Hubei, China(P.C.: 430073)

电话(Tel): +86 400-991-6698

邮箱(Email): marketing@yofc.com

www.yofc.com