

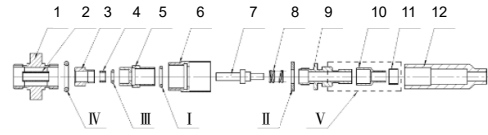


DOI: 10.12086/oe.2020.200067

防潮密封型光纤连接器

张新立, 唐群植, 伍浩成, 黎志刚*, 吕宏伟, 汤科

中国电子科技集团公司第三十四研究所, 广西 桂林 541004



摘要: 针对高功率光纤激光系统中光纤对接端面产生水雾凝结的问题, 分析出产生该问题最重要因素为连接器不具备防潮密封性能, 对其结构装配及使用过程进行剖析, 同时指出其防潮密封缺陷原因, 进行技术创新与工艺改进, 设计了防潮密封型光纤连接器。介绍了该新型连接器防潮密封原理及结构组成; 重点对该新型光纤连接器性能进行全面测试, 包括浸水试验、恒定湿热试验、在线运行应用验证等。试验结果表明, 其插入损耗小于 0.2 dB, 防潮密封性能良好, 取得较好的预期效果。

关键词: 高功率光纤激光; 水雾凝结; 防潮密封; 光纤连接器; 光纤端面

中图分类号: TN29

文献标志码: A

引用格式: 张新立, 唐群植, 伍浩成, 等. 防潮密封型光纤连接器[J]. 光电工程, 2020, 47(12): 200067

Moisture-proof seal optical fiber connector

Zhang Xinli, Tang Qunzhi, Wu Haocheng, Li Zhigang*, Lv Hongwei, Tang Ke

No.34 Research Institute, CETC, Guilin, Guangxi 541004, China

Abstract: Aiming at the problem of water mist condensation on the fiber end face in a high-power fiber laser system, the most important factor causing this problem is that the traditional optical fiber connector does not have the moisture-proof sealing performance. The connector structure assembly and use process are analyzed in-depth, and the causes of the moisture-proof seal defects are pointed out. Through technological innovation and process improvement, a moisture-proof seal fiber connector is designed and completed. The principle and structure of the moisture-proof seal of the new connector are introduced. The main performances of the new connector are tested comprehensively, including immersion test, constant damp heat test, online application test. The experimental results show that the new connector has a better moisture-proof seal with IL less than 0.2 dB.

Keywords: high power fiber laser; water mist condensation; moisture-proof seal; fiber connector; fiber end face

Citation: Zhang X L, Tang Q Z, Wu H C, *et al.* Moisture-proof seal optical fiber connector[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2020, 47(12): 200067

1 引言

高功率激光光纤传输与测量应用中, 光纤传输功

率较高, 在光纤对接端面处产生热量, 当激光断开后, 陶瓷插芯冷却, 空气中的水汽会在接续端面凝结水雾,

收稿日期: 2020-03-02; 收到修改稿日期: 2020-07-22

基金项目: 广西创新驱动发展专项(科技重大专项)资助项目(桂科 AA18118032)

作者简介: 张新立(1983-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事光电子技术与光纤器件及其应用研究、高对比度激光脉冲产生、激光相位调制处理与检测、系统集成及产品研发等方面的研究。E-mail: 13557030573@163.com

通信作者: 黎志刚(1985-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事光电子技术与光纤无源器件研究及其应用、激光脉冲光源、激光功率能量检测等方面的研究。E-mail: jx_lizhigang@163.com

版权所有©2020 中国科学院光电技术研究所

导致光纤接续损耗增大,甚至会损伤光纤端面,影响装置运行^[1-3]。当前解决光纤端面水雾凝结现象主要的办法是定期清洁光纤端面,在不改变现有设备接口结构的前提下并无理想替代方案。然而,随着高功率激光装置规模不断扩大、激光输出能量成倍提升,严重的光纤端面水雾凝结现象将对激光装置产生更大更差的影响,直接导致装置光纤线路损耗增大,系统末级输出稳定性变差,甚至损伤(烧毁)光纤端面,增加故障定位及工程维护难度。传统定期清洁端面策略在巨型高功率激光装置中已不具备可操作性,需从根本上解决连接器光纤端面水雾凝结问题。造成水雾凝结现象最重要的因素为传统光纤连接器不具备防潮密封性能,其装配过程没有密封工艺,未做防潮密封处理;在与法兰对接使用时也未做防潮密封处理工艺,导致空气中的微尘和水汽进入光纤对接的陶瓷插芯周围及端面,使连接器内部潮湿及洁净度不达标,在光传输、光测量、光传感领域带来严重后果^[3-6]。在不改变光纤连接器现有结构及光学指标的前提下,对光纤连接器的结构与装配过程进行深入分析,指出其防潮密封缺陷原因,通过技术创新与工艺改进,设计并实现了一种防潮密封型光纤连接器,为解决高功率激光装置光纤端面水雾凝结问题提供了技术方案和可靠产品。这种新型防潮密封型光纤连接器概念及其特性目前尚未检索到相关报道。在前人工作基础上,除了对新型连接器防潮密封性原理与关键技术进行全面系统论述外,还给出其性能测试方法与结果。最后介绍了该连接器在高功率光纤激光系统在线运行应用情况,指出防潮密封型光纤连接器较好地解决了光纤端面水雾凝结问题。

2 光纤连接器结构及成型工艺

普通单模光纤连接器(简称“光纤连接器”)是光传输、测量、传感领域中光纤之间与设备之间活动连接不可或缺的器件^[7-10],其防潮密封技术与工艺已经成为特种光纤连接器研究的一个重要方向。

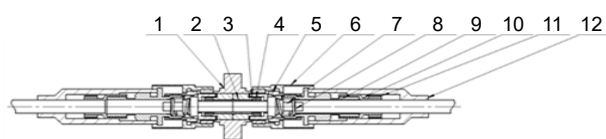


图 1 传统普通单模光纤连接器结构图

Fig. 1 Structure of traditional single-mode fiber connector

光纤连接器的结构如图 1 所示,其各零部件组成装配如图 2 所示。

图 1 与图 2 中,1 为法兰,2 为内陶瓷芯管,3 为止推座,4 为外陶瓷芯管,5 为前套,6 为外螺,7 为陶瓷插芯,8 为弹簧,9 为后套,10 为压紧环,11 为圆环,12 为尾纤套管。

其装配过程为部件 4 置于部件 3 中,整体再置于部件 1 中组成法兰盘;部件 7 向右依次套接部件 8 和部件 9,向左依次套接部件 6 和部件 5;部件 10 压紧部件 9,部件 11 紧套部件 10,部件 12 向左套紧,此时已套至部件 9 左侧第二处凹槽,构成完整光纤连接器。

3 光纤连接器防潮密封性研究

3.1 防潮密封性缺陷原因分析

按图 1 所示的光纤连接器,其装配与应用过程中存在以下五个方面的防潮密封性缺陷。

- 1) 部件 5 右半部分与部件 6 左半部分固定时,一方面为刚性接触,另一方面固定后两者之间还有 1 mm 的缝隙。
- 2) 部件 9 与部件 6 套接时,部件 9 中间凸起部分与部件 6 右端内平台为刚性接触,固定后存在缝隙。
- 3) 部件 4、部件 5 和部件 7 套接时,一方面部件 7 左端外径尺寸小于部件 5 左端内径,另一方面部件 7 与部件 4 固定后,之间还有 1 mm 的缝隙。
- 4) 部件 10 压紧在部件 9 上,部件 11 压紧在部件 10 上,一方面这种压紧为刚性固定,其间存在缝隙,另一方面光纤外径尺寸远小于部件 9 与部件 10 的内径尺寸。
- 5) 部件 6 左侧内螺纹与部件 1 右侧外螺纹扭定后,一方面为刚性接触,另一方面部件 1 右侧外螺纹未到底,两者固定后,还有 1.5 mm 的缝隙。

以上均为普通单模光纤连接器成型与使用过程中存在的防潮密封性隐患、缺陷,应针对各具体隐患、缺陷进行防潮密封性技术创新与工艺改进。

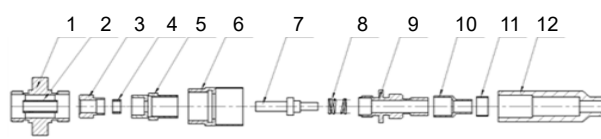


图 2 传统普通单模光纤连接器装配图

Fig. 2 Assembly drawing of single-mode fiber connector

3.2 防潮密封性技术创新与工艺改进

针对光纤连接器装配与使用过程中存在的防潮密封性缺陷,进行技术创新与工艺改进,其设计效果如图3所示,具体措施包括以下五个方面。

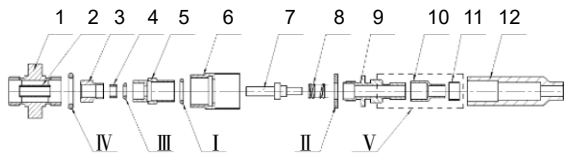


图3 防潮密封型普通单模光纤连接器结构装配图

Fig. 3 Structure of moisture-proof seal fiber connector

1) 设置 I 类密封圈,为硅胶 O 型密封圈,其内径尺寸等于部件 5 后端的外径尺寸,外径尺寸等于部件 6 前端的内径尺寸,线径大小满足部件 5 与部件 6 连接时为过渡密封。

2) 设置 II 类密封圈,为硅胶 O 型圈平垫片,其外径尺寸等于外螺 6 后端的内径尺寸、内径尺寸等于后套 9 前端的外径尺寸,胶圈厚度满足外螺 6 与后套 9 连接时为过渡密封。

3) 设置 III 类密封圈,为硅胶 O 型密封圈,其内径尺寸等于陶瓷插芯 7 的前端外径尺寸,外径尺寸等于前套 5 前端内径尺寸,线径大小满足外陶瓷芯管 4、前套 5 与陶瓷插芯 7 连接时为过渡密封。

4) 使用硅橡胶粘胶工艺,粘胶覆盖后套 9 后半部外表面,压紧环 10 和圆环 11 的外表面的连接缝隙处,粘胶干涸后,尾纤套管 12 能正常套紧。

5) 设置 IV 类密封圈,为硅胶 O 型密封圈,其内径尺寸等于法兰 1 两侧无螺纹凹处外径尺寸,外径尺寸大于外螺 6 前端外径尺寸,满足法兰 1、前套 5 与外螺 6 连接时为过渡密封。

4 防潮密封型连接器性能测试

4.1 光学指标测试

主要指光纤连接器插入损耗(IL)^[11-12],IL 测量原理如图 4 所示,测试所涉及实验仪器设备及环境条件如表 1 所示。测量对象是 G.652 光纤 ϕ 3.0 mm 单芯防潮密封型普通单模光纤跳线。

按图 4 对待测跳线的 IL 进行测量,记录跳线输入光功率 P_0 及输出光功率 P_1 ,则待测跳线插入损耗 $IL = P_0 - P_1$;测量同一批次 20 根防潮密封型光纤跳线 IL,记录相关数据如表 2 所示。

上述 20 根防潮密封型光纤跳线 IL 测量中,所有 IL 值全部小于 0.2 dB,集中在 0.1 dB 左右,最大值为 0.19 dB,符合通信行业标准 YD/T1272.4-2007 及 YD/T2152-2010 关于单模光纤跳线 IL 值不大于 0.2 dB 的规定。

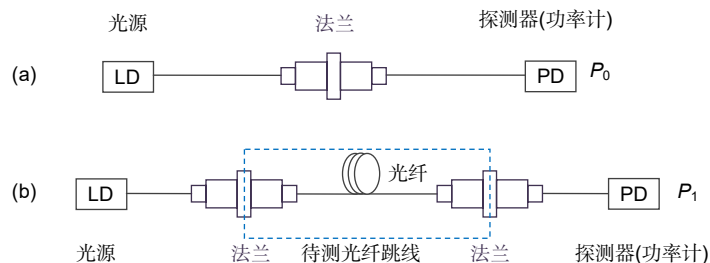


图 4 防潮密封型光纤跳线插入损耗测量框图。(a) 输入光功率测量 P_0 (dBm); (b) 输出光功率测量 P_1 (dBm)

Fig. 4 IL measurement of moisture-proof seal fiber connector. (a) Input power P_0 (dBm); (b) Output power P_1 (dBm)

表 1 测试使用仪器设备及环境条件

Table 1 Test instruments and environmental conditions

测试条件	参数	
光源	功率/dBm	10.31
	波长/nm	1053
功率计	PM121D (数字表头、带光电探头)	
待测跳线	G.652 光纤 ϕ 3.0 mm 单芯(1 m) 防潮密封	
测试温度	23.5 °C(室温)	
相对湿度/%	50	

表 2 防潮密封型光纤跳线 IL 测量结果

Table 2 IL of moisture-proof seal fiber connector dB

序号	1	2	3	4	5	6	7
IL	0.06	0.09	0.12	0.08	0.14	0.11	0.07
序号	8	9	10	11	12	13	14
IL	0.09	0.08	0.17	0.15	0.07	0.06	0.15
序号	15	16	17	18	19	20	
IL	0.16	0.10	0.19	0.11	0.09	0.08	-

4.2 密封性能测试

1) 浸水试验

该试验全面考核光纤跳线与法兰组合的密封性能, 分别将“普通跳线+普通法兰+普通跳线”和“新工艺跳线+新工艺法兰+新工艺跳线”组合体分别置于室温水浸没, 如图 5 所示, 其中“新工艺跳线”、“新工艺法兰”均指按 3.2 节所述技术创新与工艺改进后的光纤跳线与法兰; 试验后检测各光纤端面, 其检测结果分别如图 6、图 7 所示。

按图 5(a)中对普通组合体试验, 30 min 后普通组合体中光纤端面已经出现明显的浸水现象, 1 h 后光纤端面出现严重的浸水现象, 相关检测结果如图 6 所示, 说明普通光纤跳线与法兰应用时不具备防潮密封性能。同样, 按图 5(b)中对新工艺组合进行试验, 30 min 后光纤端面没有出现浸水迹象, 24 h 后光纤端面也未出现明显的浸水现象, 相关检测结果如图 7 所示, 说明新工艺光纤跳线与新工艺法兰防潮防水密封性能得到显著改善。

上述各试验步骤完成后, 按 4.1 节测量 IL 方法, 分别测量各跳线的插入损耗, 数据记录见表 3。

插损测量结果表明, 普通跳线与法兰对接浸水试验后, 其跳线插损明显增大, 即光纤端面产生水雾凝结现象后会导致光纤线路损耗变大, 且水雾凝结现象

越严重, 光纤线路损耗越大; 同步试验后, 新工艺跳线插损变化不明显, 维持在固有插损 0.2 dB 范围内。

表 3 浸水试验后跳线 IL 测量结果

Table 3 Fiber connector IL after immersion test

跳线及试验时间	插损值/(dB)
普通跳线(1A), (1B)、浸水 30 min	0.93
普通跳线(1A),(1B)、浸水 1 h	2.35
新工艺跳线(2A),(2B)、浸水 30 min	0.09
新工艺跳线(3A),(3B)、浸水 24 h	0.11

2) 恒定湿热试验

为进一步考核新工艺组合体防潮密封性能, 随机取出 4 根新工艺光纤跳线采用新工艺法兰依次紧固连接置于试验箱, 如图 8, 按照 GB/T2423.3-2006 的要求进行恒定湿热试验, 试验的严酷等级为温度 $(40\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(93\pm 3)\% \text{RH}$, 持续时间 24 h, 试验后各光纤端面检测结果如图 9 所示。

由图 9 中结果可知, 新工艺防潮密封型光纤跳线及其法兰通过恒定湿热试验后, 光纤端面洁净且无水雾凝结现象, 具备良好的防潮密封性能。

4.3 在线测试

1) 拷机测试

将防潮密封型跳线按图 10 依次紧固连接, 在实验



图 5 组合体置于室水中浸没试验。(a) 普通组合体浸没试验; (b) 新工艺组合体浸没试验

Fig. 5 Fiber connector submerging test. (a) Immersion test of traditional connector and flange; (b) Immersion test of moisture-proof seal connector and flange

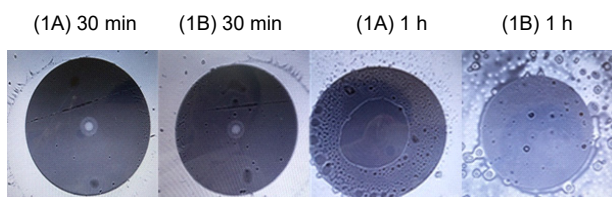


图 6 普通组合体浸入水中试验后光纤端面检测结果

Fig. 6 Test results of traditional connector end face

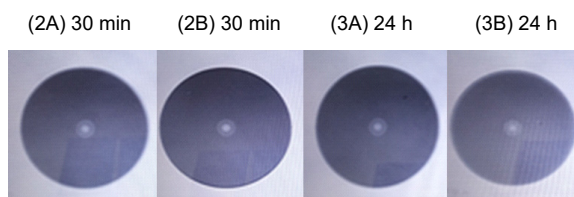


图 7 新工艺组合体浸入水中试验后光纤端面检测结果

Fig. 7 Test results of moisture-proof seal connector end face

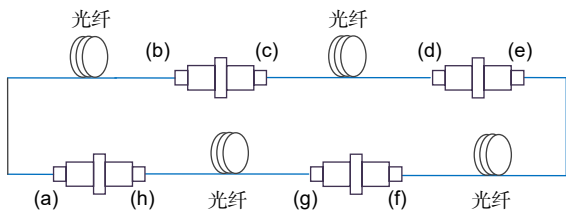


图 8 防潮密封型光纤跳线与法兰连接关系

Fig. 8 Butt joint of moisture-proof seal connector and flange

室条件下进行拷机测试,其光源、测试跳线、具体环境参数等信息见表 1,在线不间断测试 60 天后,检测各光纤跳线端面情况如图 11 所示。

图 11(a)中光纤端面出现较严重的水雾凝结现象,分析其原因,与 11(a)端连接的光源输入端(in)不具备防潮密封性能,空气中水汽由(in)端进入光纤连接器组合体中,导致 11(a)处光纤端面出现水雾凝结现象。而 11(b)~11(g)各连接器成型及使用过程中均具备防潮密封处理,故各光纤端面检测时未出现水雾凝结现象; (h)处光纤连接器成型做了防潮密封处理,但试验过程中没有与新工艺法兰防潮密封对接,是套一个防尘罩,该处理并未很好地解决防潮密封问题,如图 11(h)标记处。各光纤端面检测结果显示,新型光纤跳线在成型与使用时均具备防潮密封工艺才能较好地解决光纤端面水雾凝结问题。多批次新工艺光纤跳线及其法兰多次拷机试验后均获得类似结论,验证了新工艺光纤跳线及其法兰具备良好的防潮密封性能,拷机测试结果符合预期。

2) 高功率光纤激光系统在线应用

系统全面地对新工艺光纤跳线及法兰这一创新型防潮密封型光纤连接器进行研究分析与设计实现,为

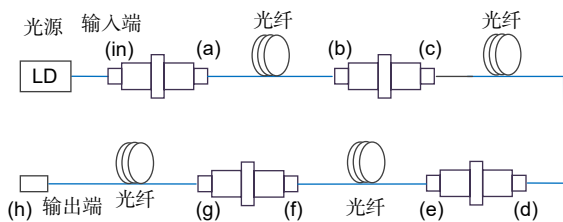


图 10 防潮密封型光纤跳线拷机试验连接

Fig. 10 Moisture-proof seal connector toaster test

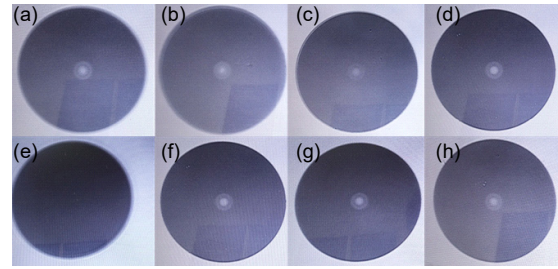


图 9 新工艺组合体恒定湿热试验后光纤端面检测结果

Fig. 9 New connector end face detection after constant temperature and humidity test

高功率光纤激光系统提供了一种光纤连接器的新选择。这里介绍防潮密封型光纤连接器在资助项目(高功率光纤激光系统)的实际应用,防潮密封型光纤跳线及其法兰分别安装在设备光输入/出处进行光路级联,系统输出 8 束主光路(各束脉冲能量 $\geq 1.0 \mu\text{J}/5 \text{ ns}$ 方波/1 Hz),其主要光学指标与高功率激光装置前端系统相同,但整体性能有较大提升,普通单模跳线、保偏光纤跳线、单偏振光纤跳线均有应用,共计 100 余根,其中防潮密封型光纤跳线(10 根)目前针对普通单模跳线,在线运行应用 90 天后,随机取出若干光纤跳线进行端面检测,结果如图 12 所示。

图 12 中, 12(a)~12(d)、12(e)~12(h)、12(i)~12(l)、12(m)~12(p)分别为防潮密封型普通单模光纤跳线、传统单模跳线、单模保偏跳线、单模偏振跳线端面检测结果。该结果显示,防潮密封型普通单模光纤跳线端面无水雾凝结现象,其它三种未做防潮密封处理的传统光纤跳线端面均有不同程度水雾凝结现象。

综合分析表明,这种防潮密封型光纤跳线及其法兰具备在高功率光纤激光系统中长期使用的条件,且较好地解决了光纤端面水雾凝结问题,具有良好的应用前景。

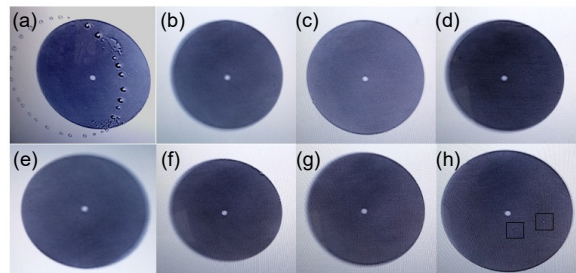


图 11 新工艺组合体拷机试验后光纤端面检测结果

Fig. 11 New connector end face detection after toaster test

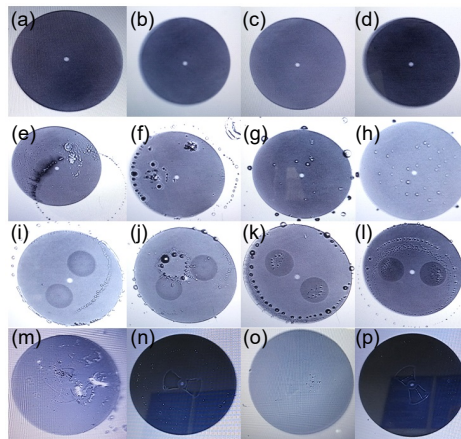


图 12 在线应用 90 天后各类光纤端面检测结果
Fig. 12 Connector end face detection after 90 days online application

5 结论

本文针对高功率激光装置前端系统光纤连接器应用时出现水雾凝结现象, 分析该现象形成原因及造成影响, 对光纤连接器结构与装配工艺进行详细分解, 得出其防潮密封性缺陷原因。基于此, 在不改变光纤连接器原有结构与尺寸的前提下, 对光纤连接器进行技术创新与工艺改进, 设计并实现防潮密封型普通单模光纤连接器, 对防潮密封型光纤连接器进行系列实验, 其光学指标与防潮密封性能均符合预期, 并在高功率光纤激光系统中进行应用, 其中长期在线使用未见光纤端面水雾凝结现象, 得到了较好的试验结果。当前防潮密封型普通单模光纤连接器已经在高功率激光装置前端系统中在线运行试用, 试用效果较好, 有望在高功率光纤激光系统中获得广泛应用。同时, 对单模保/单偏光纤连接器正在进行防潮密封处理, 相关验证进展顺利。

参考文献

[1] Tong W J, Yang C, Liu T Q, *et al.* Progress and prospect of novel specialty fibers for fiber optic sensing[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2018, **45**(9): 180243.
童维军, 杨晨, 刘彤庆, 等. 光纤传感用新型特种光纤的研究进展与展望[J]. *光电工程*, 2018, **45**(9): 180243.

[2] Sun Z H, Li P, Zhao R C, *et al.* Technology of target positioning precision measurement of high power laser system[J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 2011, **23**(8): 2121–2124.
孙志红, 李平, 赵润昌, 等. 高功率激光装置打靶精度测试技术[J]. *强激光与粒子束*, 2011, **23**(8): 2121–2124.

[3] Zhu L, Xu S Y. Research on an OpenCV-based optical fiber end detection system[J]. *Study on Optical Communications*, 2015(1): 28–30, 38.
朱莉, 徐胜勇. 基于 OpenCV 的光纤端面检测系统研究[J]. *光通*

信研究, 2015(1): 28–30, 38.

[4] Xu Y X, Zhu R H, Chen L. Measurement of apex offsets for fiber connector end faces[J]. *Semiconductor Photonics and Technology*, 2006, **12**(4): 270–275.

[5] Fu Y J, Zou W D, Xiao H R, *et al.* The research of measuring technology for fiber connector endface[J]. *Laser Journal*, 2005, **26**(3): 70–71.
伏燕军, 邹文栋, 肖慧荣, 等. 光纤连接器端面检测技术的研究[J]. *激光杂志*, 2005, **26**(3): 70–71.

[6] Huang H, Sun B, Zeng S K, *et al.* Typical application environmental conditions and failure mechanisms analysis of fiber optic connectors[J]. *Electromechanical Components*, 2012, **32**(2): 32–39.
黄欢, 孙博, 曾声奎, 等. 光纤连接器的应用环境条件和失效机理分析[J]. *机电元件*, 2012, **32**(2): 32–39.

[7] Li H Q. Recent trend of military optical fiber connector technology[J]. *Optical Communication Technology*, 2015, **39**(3): 21–23.
李华强. 军用光纤连接器技术近期发展动向[J]. *光通信技术*, 2015, **39**(3): 21–23.

[8] Duan J A, Liu D F, Zhong J. Influences of polishing on return loss of optical fiber connectors[J]. *Journal of Central South University of Technology*, 2005, **12**(3): 320–323.

[9] Huang B. Handling and operation rules of optical fiber connectors[J]. *Electronic Product Reliability and Environmental Testing*, 2011, **29**(5): 48–52.
黄蓓. 光纤连接器使用操作规范探讨[J]. *电子产品可靠性与环境试验*, 2011, **29**(5): 48–52.

[10] Horwitz D. COTS fiber optic connectors for harsh environments[C]//*The Optical Fiber Communication Conference 2000*, Baltimore, 2000: 3.

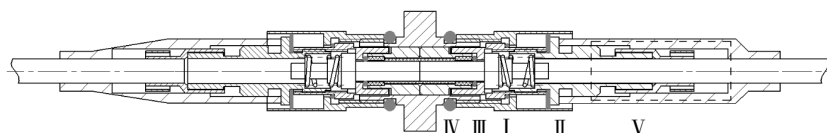
[11] Liu J W, He X D. Endface treatment technology in fabrication of fiber optic connector[J]. *Optical Fiber & Electric Cable*, 2007(3): 22–25.
刘君文, 何兴道. 光纤连接器制作中的端面处理技术[J]. *光纤与电缆及其应用技术*, 2007(3): 22–25.

[12] Li H Q, Huang Y Y, Li T H, *et al.* Research on the inserting loss of fiber connector with high power[J]. *Optical Communication Technology*, 2010, **34**(2): 46–48.
李华强, 黄媛媛, 李太华, 等. 大功率光纤连接器插损测试技术研究[J]. *光通信技术*, 2010, **34**(2): 46–48.

Moisture-proof seal optical fiber connector

Zhang Xinli, Tang Qunzhi, Wu Haocheng, Li Zhigang*, Lv Hongwei, Tang Ke

No. 34 Research Institute, CETC, Guilin, Guangxi 541004, China



Structure of moisture-proof seal fiber connector

Overview: In the application of high-power laser optical fiber transmission and measurement, the transmission power of optical fiber is higher. With the laser disconnected, the ceramic insert core is cooled, and the water vapor in the air will condense at the end face of the connector. It will increase the fiber splicing loss and even damage the fiber end face. It is necessary to fundamentally solve the problem of water mist condensation on the end face of the connector. The most important factor of water mist condensation is that the traditional optical fiber connector does not have moisture-proof sealing performance. This paper analyzes the structure assembly and use process of the connector, and points out five defects of the moisture-proof seal. Specifically, there is no sealing process or moisture-proof sealing treatment in the assembly process. In addition, when the connector is used for the butt joint with flange, no moisture-proof sealing process has been carried out. It causes the dust and water vapor in the air to enter the surrounding and end face of the ceramic insert core. So, the internal humidity and cleanliness of the connector are not up to standard, which brings serious consequences to the field of optical transmission and optical measurement. Through technological innovation and process improvement, a new moisture-proof seal fiber connector is designed and completed without changing the original structure and size of the optical fiber connector. The principle and structure of the moisture-proof seal of the new connector are introduced. The main performances of the new connector are tested comprehensively, including the main optical performance test, immersion test, constant damp heat test, and online application test. The experimental results show that the new connector has better moisture-proof seal with IL less than 0.2 dB. After immersion test, the insertion loss index of the connector also meets the expected requirements. The main optical parameters meet the application requirements. The new moisture-proof sealing connector solves the problem of water mist condensation on the end face of the connector, and can be used in high power fiber laser system for a mid-long term, that will have good prospects. In the next step, we will continue to innovate and introduce this innovative technology and improved process into the single polarization fiber connector and the polarization-maintaining fiber connector. We will design and complete the moisture-proof sealing single-polarization optical fiber connector and moisture-proof sealing polarization-maintaining fiber connector to meet the new application requirements of the fiber laser system.

Citation: Zhang X L, Tang Q Z, Wu H C, *et al.* Moisture-proof seal optical fiber connector[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2020, 47(12): 200067

Supported by Guangxi Innovation Driven Development Project (Major Science and Technology Projects: GuiKe AA18118032)

* E-mail: jx_lizhigang@163.com