SHIMADZU

Application Data Sheet

SSH-EPMA-024

电子探针 EPMA

# 应用岛津电子探针测试通信光纤

# Shimadzu EPMA analysis of optical fibers for telecommunication

**前言：**光纤即光导纤维(Optical Fiber)，是以光脉冲的形式传输信号，材质以玻璃或有机玻璃为主的网络传输介质。光纤通信是现代信息传输的重要方式之一。它具有重量轻、通信容量大、信号损耗小传输距离长、保密性能好、不受电磁干扰以及原材料丰富等优点。

光纤由三部分构成：芯层(Core)、包层(Cladding)、涂覆层(Coating)。涂覆层一般有两层：内层(Buffer layer）和外层(Top layer)。光纤的原理和传输过程是利用光在芯层的折射或在芯层与包层界面上的全反射效应实现光信号的传播。

搭配 52.5° 高取出角和全聚焦晶体波谱仪 WDS 的岛津电子探针 EPMA 具有高分辨率和高灵敏度的特征，凭借其在微区分析的强大能力，可以在光纤预制棒、烧缩工艺后质量控制和最终成品光纤复核检验的整个开发及生产流程以及残次品的失效分析中发挥重要作用。

**关键词：**光纤 单模 多模 EPMA 电子探针 岛津

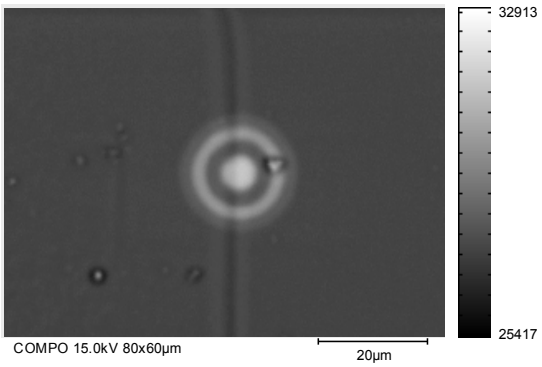
**EPMA 测试：**

使用岛津电子探针 EPMA 对不同类型的光纤进行线、面分析测试。从单根光纤试样的横截面的元素线分布和面分布的测试结果可以观察掺杂元素的含量及扩散分布情况。

## 1. G.655 非零色散位移单模光纤(G.655 - Non-zero dispersion shifted single-mode optical fiber)

单模光纤的纤芯很小，约 4~10um，其优点是只传输主模可完全避免模间色散，使得传输频带很宽，传输容量大，距离长。

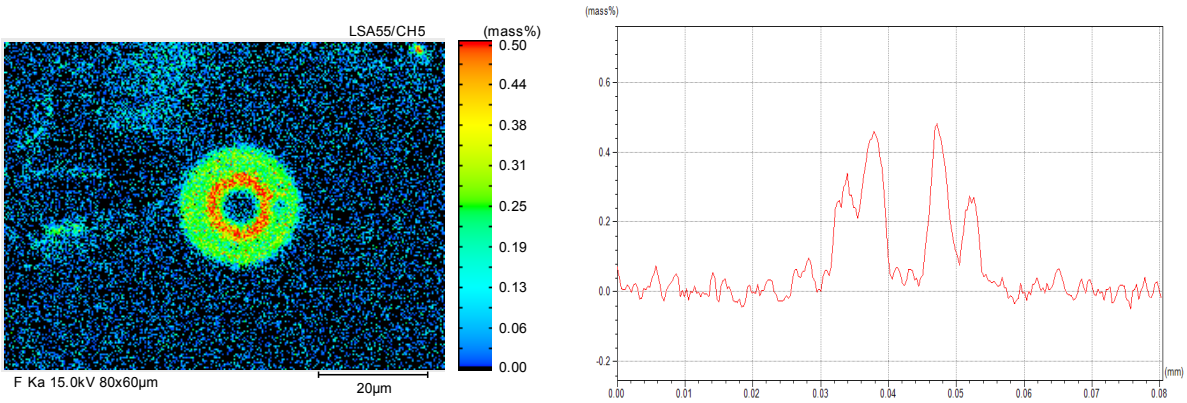
从测试结果可以看出这种光纤的折射率剖面为双环芯结构。纤芯直径 6um，外环约 16um，主要掺杂 Ge+P+F。根据文献介绍，其第一环具有可移动零色散波长的作用，引入微量色散抑制光纤的非线性，外环主要用来实现增加有效面积及防止光泄露到包层而改善微弯曲性能，降低微弯曲损耗。



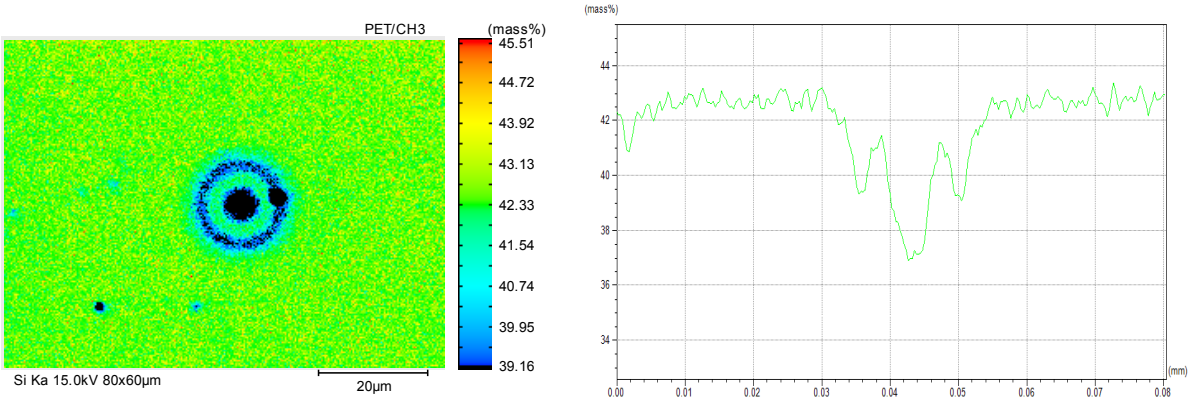

a.G.655 光纤纤芯背散射图像(BSE)特征及面分布位置

岛津企业管理(中国)有限公司 大型分析仪器部

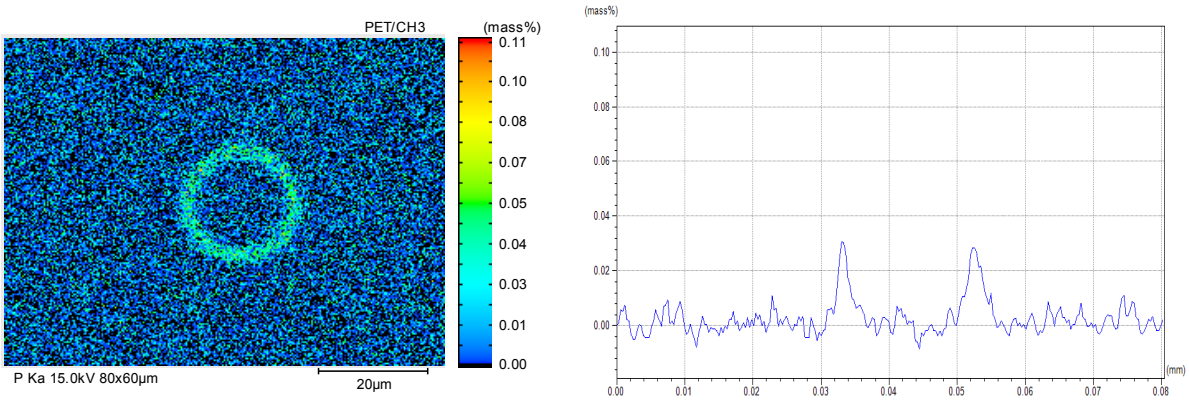
北京 北京市朝阳区朝外大街16 号中国人寿大厦14F 邮政编码 100020 电话 (010)8525-2365 传真 (010)8525-2327
上海 上海市淮海西路570 号红坊G栋401-403 邮政编码 200052 电话 (021 )2201-3881 传真 (021)2201-3800
广州 广州市流花路109 号之9 达宝广场703-706 室 邮政编码 510010 电话 (020)8710-8619 传真 (020)8710-8698



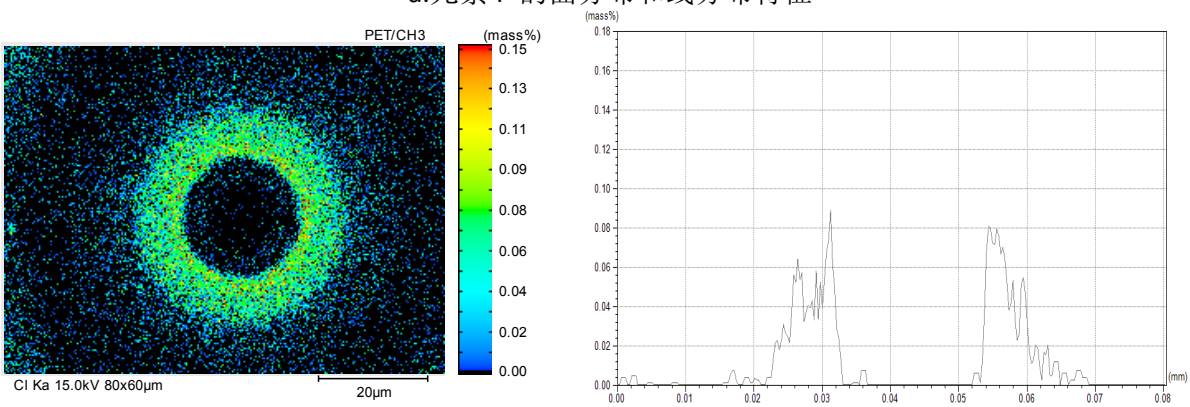

b.元素 F 的面分布和线分布特征




c.元素 Si 的面分布和线分布特征



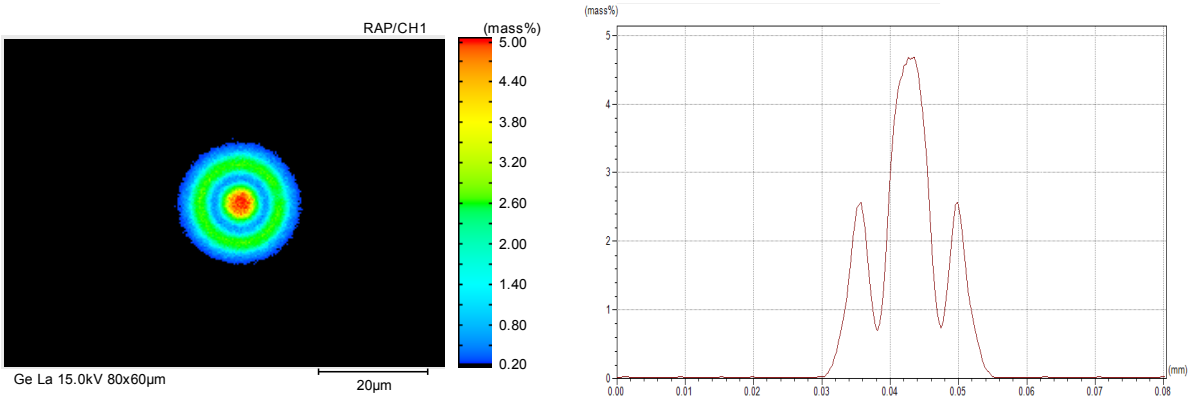

d.元素 P 的面分布和线分布特征




e.元素 Cl 的面分布和线分布特征

岛津企业管理(中国)有限公司　大型分析仪器部

北京　北京市朝阳区朝外大街16 号中国人寿大厦14F　邮政编码 100020　电话 (010)8525-2365　传真 (010)8525-2327
上海　上海市淮海西路570 号红坊G栋401-403　邮政编码 200052　电话 (021 )2201-3881　传真 (021)2201-3800
广州　广州市流花路109 号之9 达宝广场703-706 室　邮政编码 510010　电话 (020)8710-8619　传真 (020)8710-8698



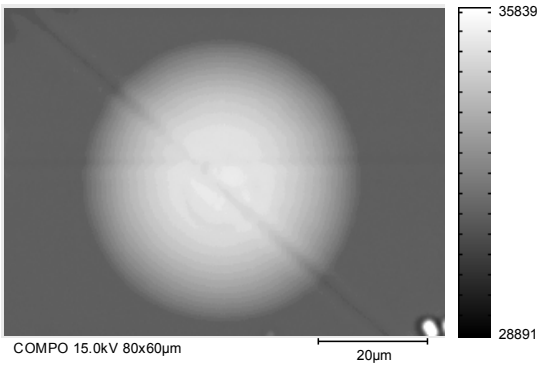

f.元素 Ge 的面分布和线分布特征

图 1　单模光纤 G.655 纤芯横截面的面分析与线分析测试结果

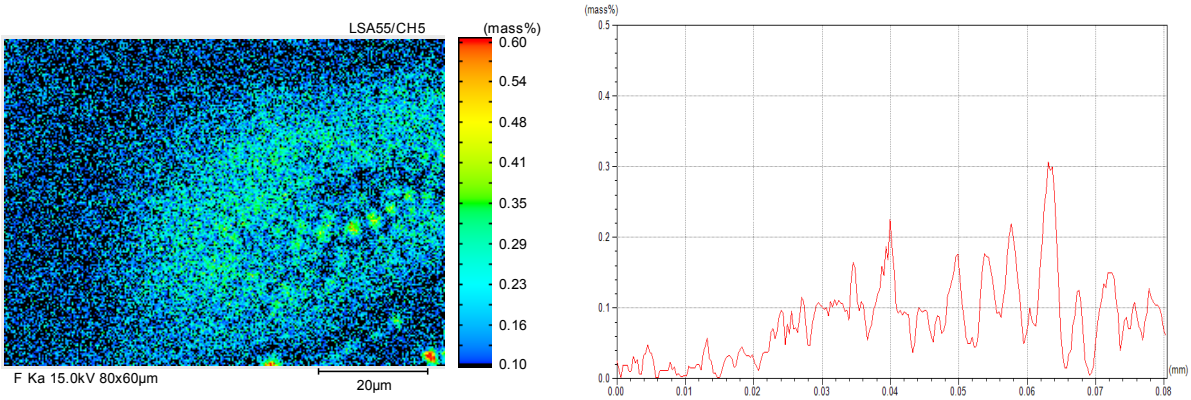
## 2. G.651 渐变型多模光纤（G.651 - Graded-index multi-mode optical fiber）

多模光纤：中心纤芯较粗（50 或 62.5μm），可传多种模式的光。其特点是低衰减、高带宽及优异的抗弯曲性能，只能用于短距离传输，适用于千兆以太网。多模光纤分为阶跃型和渐变型。

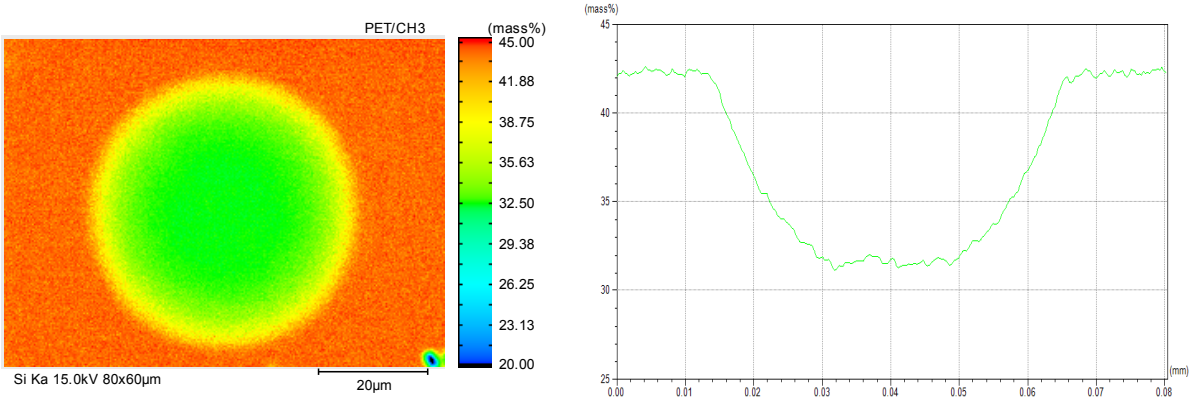
从测试情况看，此次测量的光纤纤芯直径 50um，为 G.651 A1a 类光纤，属于渐变型光纤。这种光纤的纤芯折射率是不均匀的，按一定规律连续变化的。折射率在光纤轴心处最大，随着纤芯半径的值增大而逐渐减小，直到最大时折射率减小为包层的折射率。为了获得折射率梯度，添加的 Ge 元素的浓度也具有梯度特征，另外 F 元素的分布不符合预想的主要聚集于纤芯的特征，也不具有对称性，这或会导致光信号在传输过程中出现很高的衰减。



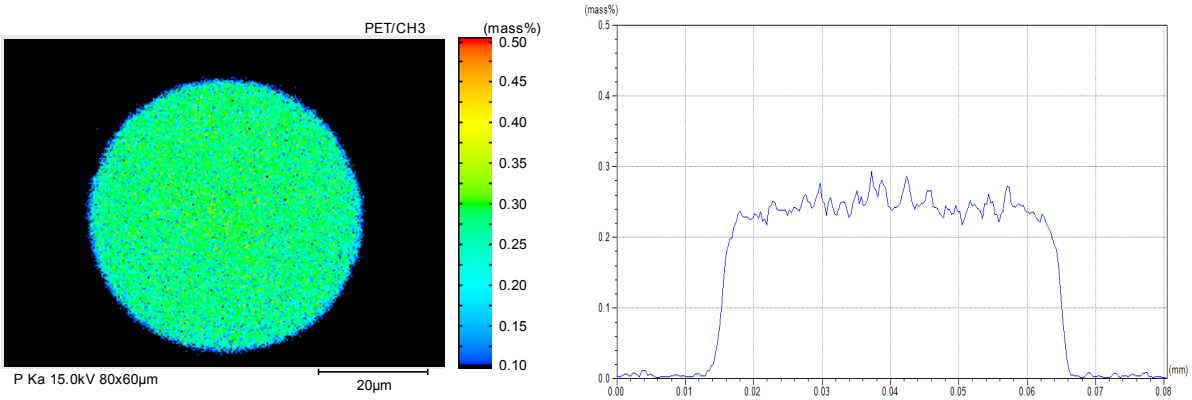

a.G.651 光纤纤芯背散射图像(BSE)特征及面分布位置



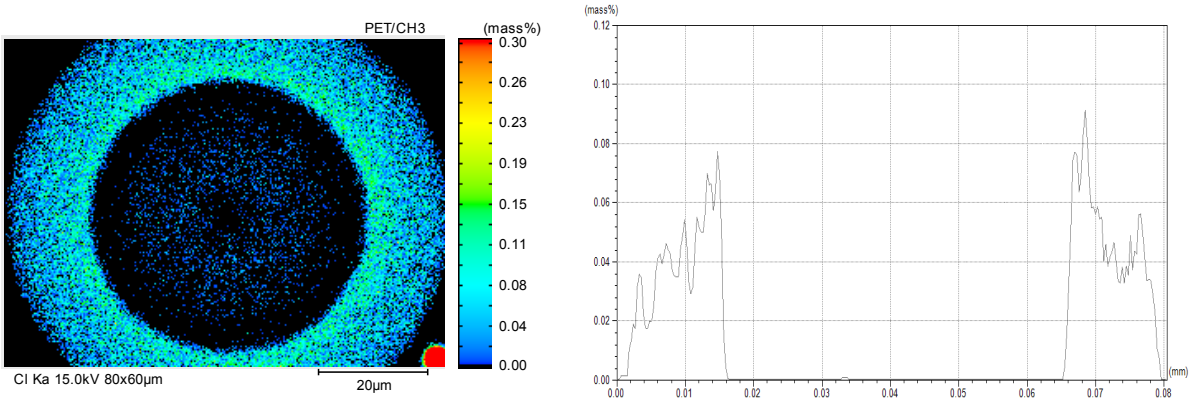

b.元素 F 的面分布和线分布特征



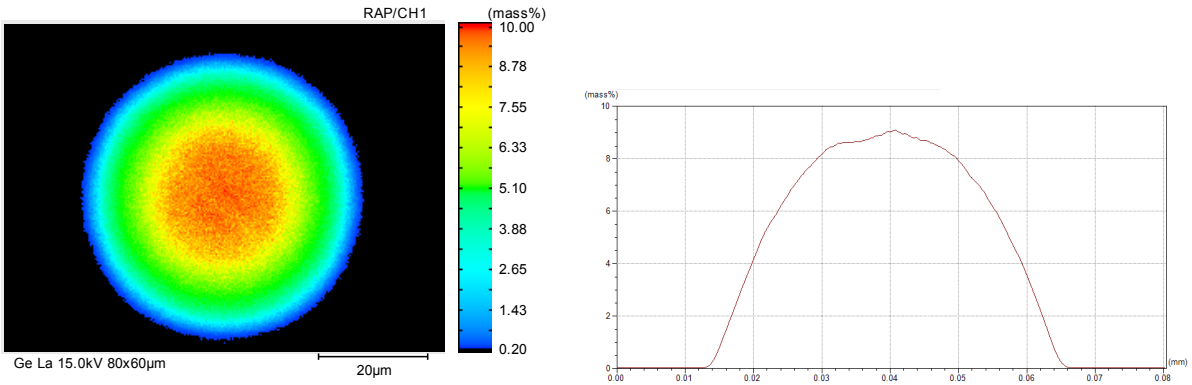

c.元素 Si 的面分布和线分布特征




d.元素 P 的面分布和线分布特征




e.元素 Cl 的面分布和线分布特征




f.元素 Ge 的面分布和线分布特征

图 2　多模光纤 G.651 纤芯横截面的面分析与线分析测试结果

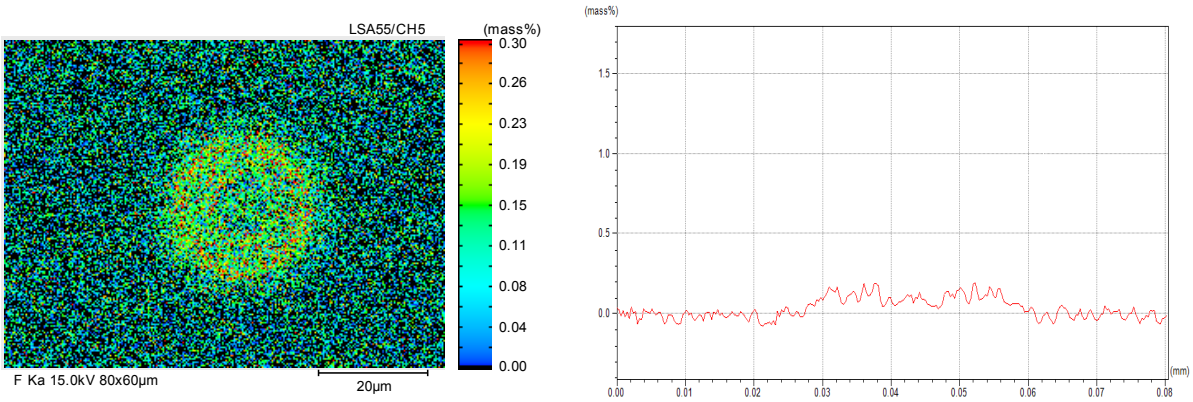
岛津企业管理(中国)有限公司　大型分析仪器部
北京　北京市朝阳区朝外大街16 号中国人寿大厦14F　邮政编码 100020　电话 (010)8525-2365　传真 (010)8525-2327
上海　上海市淮海西路570 号红坊G栋401-403　邮政编码 200052　电话 (021 )2201-3881　传真 (021)2201-3800
广州　广州市流花路109 号之9 达宝广场703-706 室　邮政编码 510010　电话 (020)8710-8619　传真 (020)8710-8698

### 3.两类低损耗光纤解析( Low-loss, LL & Ultra-low-loss, ULL optical fiber)

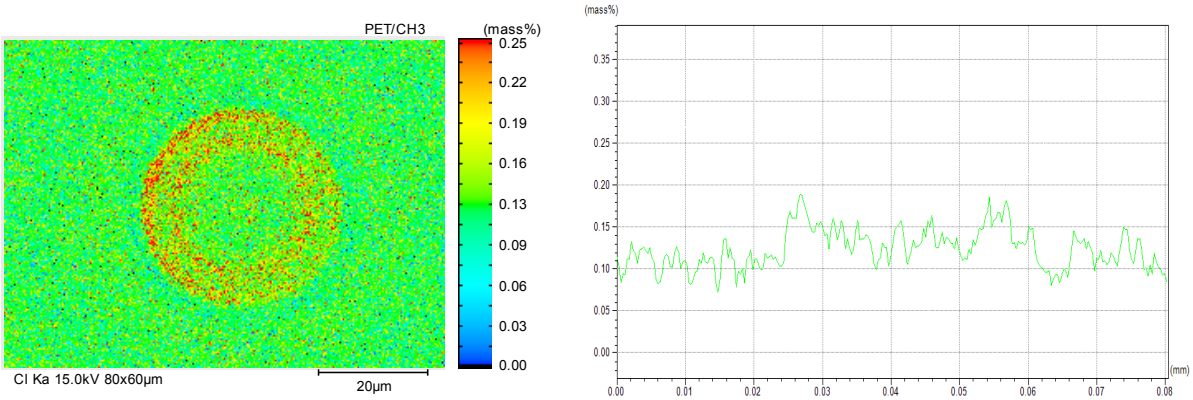
在远距离传输中，由于光纤材料的吸收（材料本征的紫外和红外吸收以及金属阳离子和 OH-等杂质离子吸收）和散射、光纤连接以及耦合等方面造成的衰减问题难以避免，低损耗光纤的推出则为解决这一难题提供了新的思路。在骨干网改造、超高速宽带网络的建设过程中，低损耗(LL)、超低损耗(ULL)光纤已经迎来规模部署期。

第一种光纤为单模光纤，纤芯直径 10um，掺杂 Ge+F，未掺杂 P，其他元素未检出。主要元素含量分布见图 3。

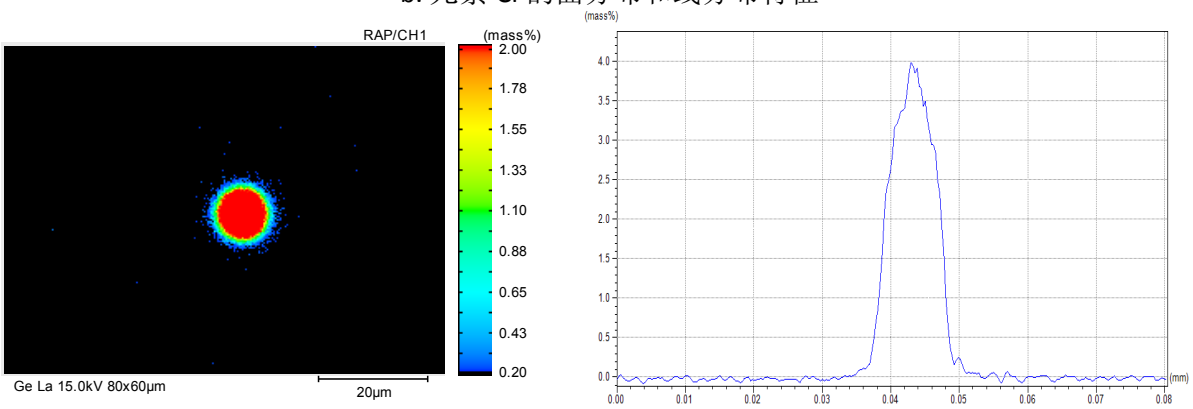
第二种光纤纤芯为比较高纯度的 SiO2，在包层区掺氟降低折射率，未掺杂常规元素 Ge。F 和 Cl 元素分布见图 4。




a. 元素 F 的面分布和线分布特征

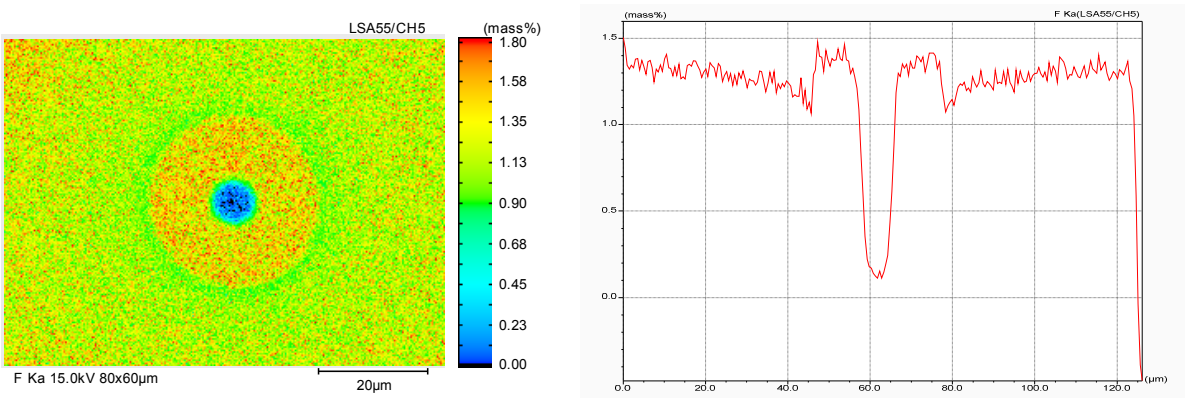



b. 元素 Cl 的面分布和线分布特征

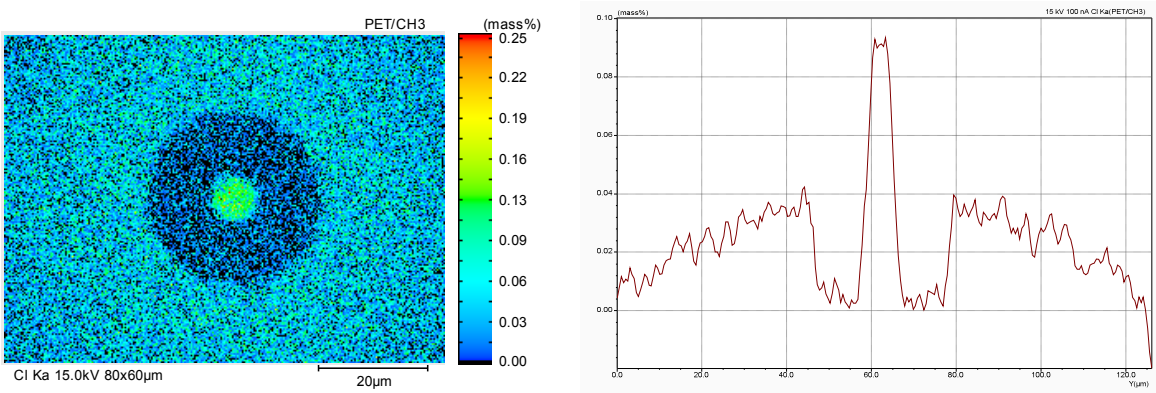



c. 元素 Ge 的面分布和线分布特征

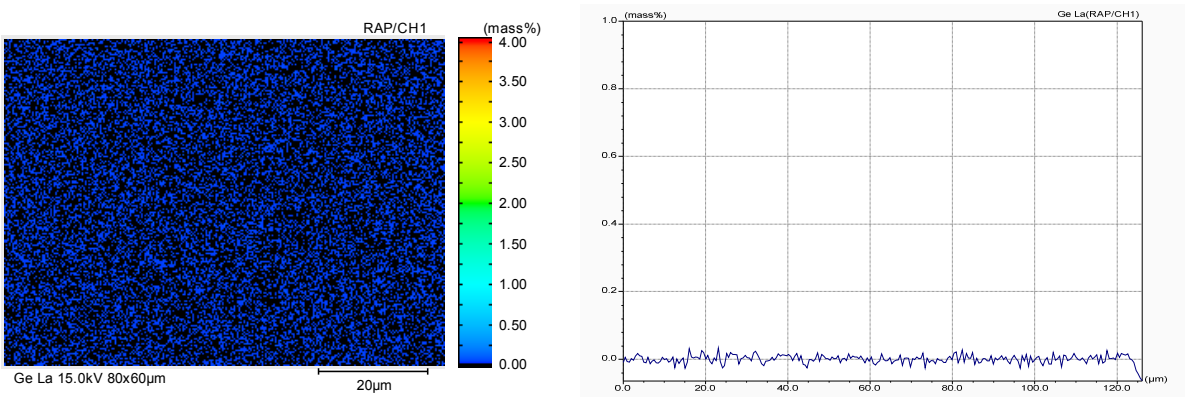
图 3　低损耗光纤元素分布情况测试结果




a. 元素 F 的面分布和线分布特征




b. 元素 Cl 的面分布和线分布特征




c. 元素 Ge 的面分布和线分布特征

图 3　超低损耗光纤元素分布情况测试结果(线分布为纤芯+整个包层，125um)

**结语：**

对高速网络的迫切需求，使全球的光通信产业进入了一个快速发展时期。在科技发展及多项政策的驱动下，我国光纤光缆行业发展势头较好，已成为了全球最主要的光纤光缆市场、全球最大的光纤光缆制造国和全球第二大光纤净出口国。但目前国内的光纤光缆企业也存在诸如原材料甚至光纤预制棒依赖进口、核心技术相对落后等问题。岛津公司在电子探针领域拥有 50 多年研发和制造经验，岛津 EPMA 搭配 52.5° 高取出角和全聚焦晶体的波谱仪 WDS 系统兼具高分辨率和高灵敏度特性，能够在光通信企业及研究院的产品开发、技术突破等方面起到更好的辅助作用。

岛津企业管理(中国)有限公司　大型分析仪器部
北京　北京市朝阳区朝外大街16 号中国人寿大厦14F　邮政编码 100020　电话 (010)8525-2365　传真 (010)8525-2327
上海　上海市淮海西路570 号红坊G栋401-403　邮政编码 200052　电话 (021 )2201-3881　传真 (021)2201-3800
广州　广州市流花路109 号之9 达宝广场703-706 室　邮政编码 510010　电话 (020)8710-8619　传真 (020)8710-8698