

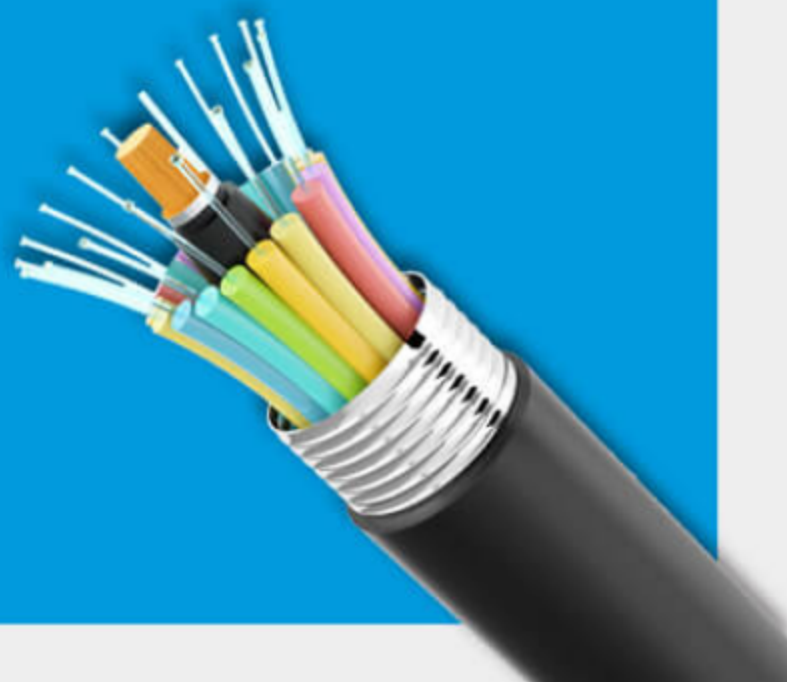
# MULTIMODE FIBRES

EVOLUTION AND APPLICATION PROSPECTS

## 多模光纤演进及应用前景

**摘要：**数据中心传输速率提升，对多模光纤性能提出了更高要求，多模光纤向高带宽、抗弯曲、多波长方向发展，多模光纤与VCSEL激光器组合仍然是成本最低的高速短距互连方案，并行技术与SWDM技术相结合是未来多模光纤的主要应用方案。

**关键词：**数据中心，多模光纤，OM5，SWDM



### 01 引言

INTRODUCTION

多模光纤主要用于数据中心，据统计，大型数据中心内部光互连传输带宽的要求几乎每两年翻一番，这个速度是接入网、城域网和骨干网无法比拟的，率先采用400G光模块的是数据中心。采用多模光纤的400G以太网标准400GBASE-SR16，400GBASE-SR8和400GBASE-SR4.2已经发布。

在传输速率提升的推动下，多模光纤的应用近几年出现了三个重要变化：一是单波长已经达到25G、50G；二是并行技术（Parallel Optics Technology，采用MPO连接器）大量采用；三是短波长复用（SWDM，Short Wavelength Division Multiplexing，见图1）相关产业链逐步成熟。这些对多模光纤提出了新的要求，特别是多模光纤的几何和带宽性能，以及产品的一致性和均匀性。

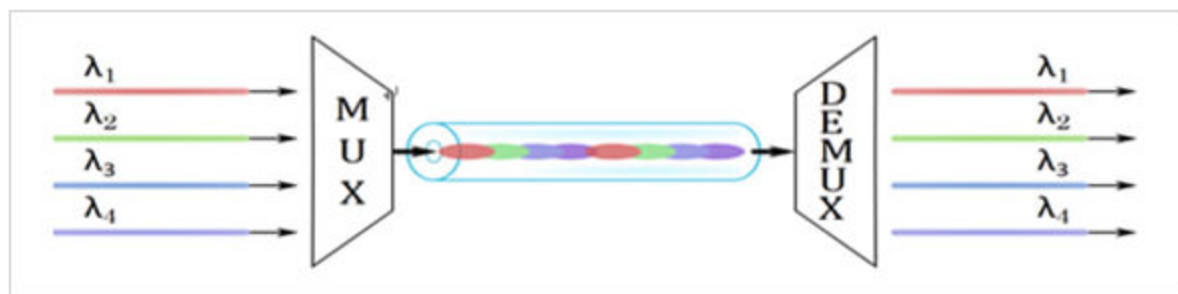


图1 短波长复用（SWDM）

### 02 多模光纤及相关以太网标准进展

PROGRESS OF MULTIMODE FIBRES AND RELATED ETHERNET STANDARDS

十几年来，多模光纤产业的发展是与VCSEL（Vertical Cavity Surface Emitting Laser）激光器产业的发展高度关联的，IEEE 802.3系列以太网标准把多模光纤和VCSEL激光器结合在一起，构成多种传输解决方案。

多模光纤已经发展到第5代，从OM1到OM5，具体的指标见表1。其中，OM3~OM5是基于VCSEL激光器作为光源设计的，增加了有效模式带宽的指标。OM5光纤国际标准由ISO/IEC在2017年发布，增加了953nm的带宽指标，为短波长复用（SWDM）奠定了基础。

光纤类别	芯径 (μm)	最小有效模式带宽 (MHz.km)		最小满注入带宽 (MHz.km)		
		850nm	953nm	850nm	953nm	1300nm
OM1	62.5	/	/	200	/	500
OM2	50	/	/	200	/	500
OM3	50	2000	/	1500	/	500
OM4	50	4700	/	3500	/	500
OM5	50	4700	2470	3500	1850	500

表1 多模光纤的主要指标

根据 IEEE 802.3系列以太网标准，OM3~OM5光纤在10G~400G系统的传输距离见表2。在40G、100G、400G系统中，采用的并行技术和SWDM技术。

速率(Gb/s)	标准	波长(nm)	双向通信光纤数量	最大传输距离 (m)		
10	10GBASE-SR	850	2	300	550	550
25	25GBASE-SR	850	2	70	100	100
40	40GBASE-SR4	850	8	100	150	150
100	100GBASE-SR4	850	8	70	100	100
	100GBASE-SR10	850	20	100	150	150
400	400GBASE-SR16	850	32	70	100	100
	400GBASE-SR8*	850	16	70	100	100
	400GBASE-SR4.2*	850, 910	8	70	100	150

表2 采用OM3~OM5光纤的以太网标准

\* 来自802.3cm，2020年1月发布

### 03 多模光纤发展趋势

DEVELOPMENT TREND OF MULTIMODE FIBRES

多模光纤在性能上主要有三大发展趋势：高带宽、抗弯曲、多波长。

高带宽主要通过平台工艺优化、以及光纤折射率剖面优化和材料组分的优化来实现。采用PCVD工艺制成的光纤预制棒由数千层的沉积层组成，具有精确的折射率分布，PCVD工艺是制造高带宽多模光纤的最佳工艺。

抗弯曲性能是通过下陷内包层的折射率剖面设计来实现的，抗弯曲多模光纤的折射率剖面见图2。抗弯曲多模光纤与普通多模光纤宏弯性能比较见图3。抗弯曲性能的显著提升为数据中心复杂密集布线提供了更高的可靠性保障。

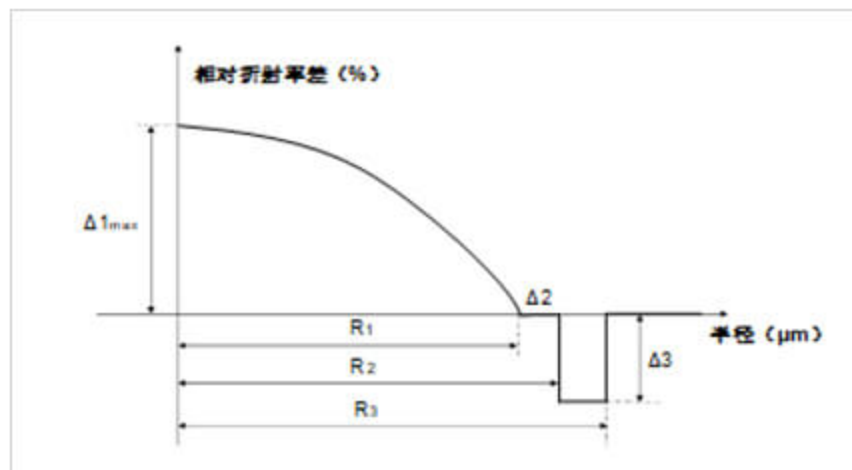


图2 抗弯曲多模光纤折射率剖面

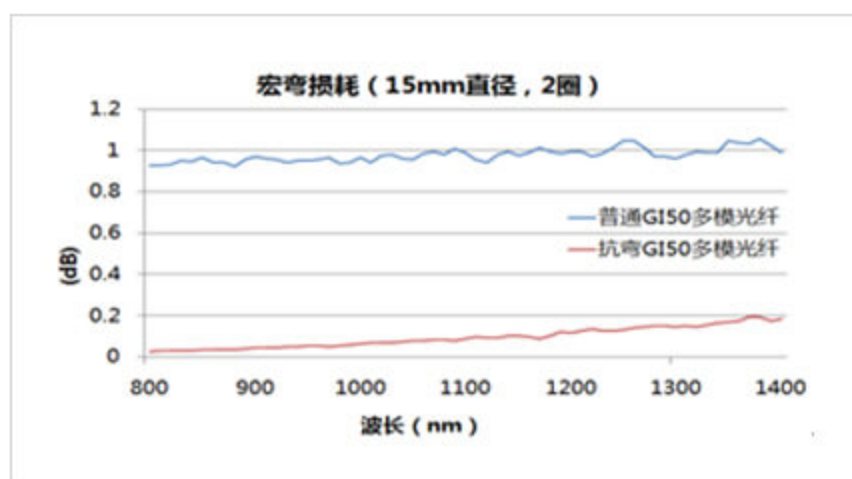


图3 抗弯曲多模光纤与普通多模光纤宏弯性能比较

OM5光纤是第一种标准化的着眼于多波长应用的多模光纤。已经有很多关于OM3~OM5光纤在850nm之外波长的传输试验报道，一些企业和科研单位主要开展了880nm、910nm、940nm、980nm、1060nm波长的传输测试，试验结果表明：在880nm~1060nm波长范围内，OM5光纤的传输距离明显优于OM4光纤。多波长应用的多模光纤，以及相关VCSEL激光器的发展还只是个开始，未来，这个领域的开拓还会不断深入。

### 04 多模光纤应用前景

APPLICATION PROSPECTS OF MULTIMODE FIBRES

多模光纤与VCSEL激光器组合依然是成本最低的高速短距互连方案。并行技术与SWDM技术结合可以大幅提高多模光纤系统传输容量，为数据中心高速传输提供了解决方案。所以，多模光纤仍然具有很长的生命期。多模光纤的用量、特别是高端多模光纤（OM3~OM5）的用量将持续增长。SWDM产业链在未来几年将逐步成熟，SWDM技术也将将在未来几年获得规模应用，OM5光纤的用量将快速增长。

总之，多模光纤将继续在高速网络中发挥巨大作用。