

# 为单通道100G VCSEL传输优化的高速率多模光纤

WP8350  
发布时间：2023年6月

作者：陈欣，康宁公司  
董浩，康宁光通信

## VCSEL传输技术的演进

近年来，全球互联网用户数、设备连接数快速增长，宽带速率不断提升，同时各种高清视频流、元宇宙、泛在社交网络等新兴应用的兴起带动了全球云和企业数据中心互联网流量的飞速增长。在过去的20年中，数据中心已成为最具活力、增长最快的市场之一，持续推动相关技术领域的创新。数据中心运营商正在建设高密度、快速易安装、更具成本效益、更加节能的数据中心。数据中心的设计也更加灵活并支持可持续发展。

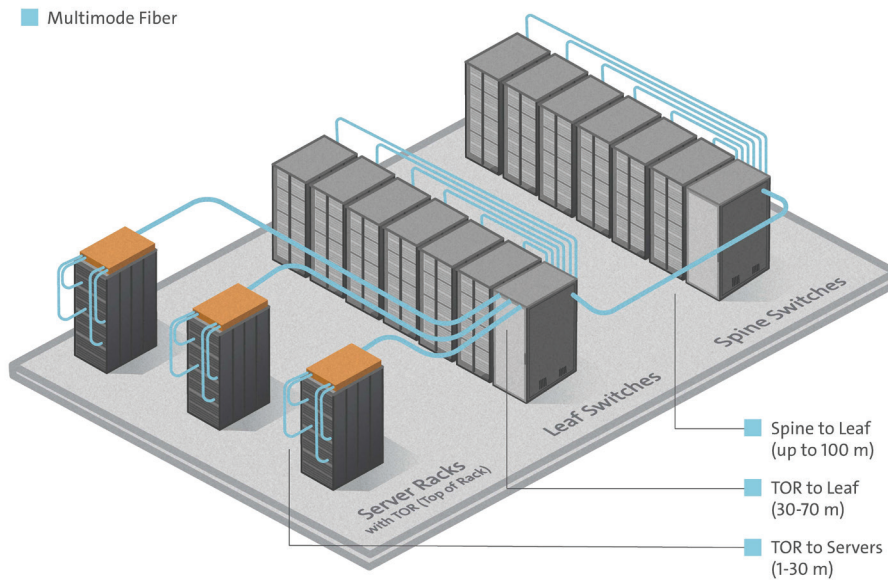


图1. 标准的OM3和OM4多模光纤可用于70m或100m的数据中心链路

在数据中心内部的短距离通信中，垂直腔面发射激光器 (vertical-cavity surface-emitting laser, VCSEL) 结合多模光纤 (Multimode fiber, MMF) 的方案因高性价比而被广泛部署，并形成了完善的产业生态。根据IEC 60793-2-10标准规定，多模光纤按波长和带宽的不同分为 OM2, OM3, OM4, OM5四类。在基于25G波特率的传输方案中 (例如采用25G NRZ或50G PAM4)，OM3和OM4两种多模光纤被广泛采用，支持70米和100米距离的传输。25G波特率VCSEL收发器结合多模光纤支持的传输距离参见表1。

随着数据中心速率的持续提升，VCSEL收发器正朝着单通道速率100G的方向发展，包含使用850nm单波长和采用波分复用(WDM) 多波长收发器两种形式。采用WDM技术的VCSEL收发器有两种，一种是使用850nm和910nm双波长的BiDi收发器 [1,2]，另一种是使用850nm、880nm、910nm、940nm四波长的SWDM收发器 [3]。

表1. 25G波特率的VCSEL收发器支持的系统传输距离

	25G SR	100G SR4	100G BiDi	100G SWDM4	400G SR8	400G SR4.2
技术规范参考标准	IEEE 802.3by	IEEE 802.3bm	IEEE 802.3cm*	SWDM MSA	IEEE 802.3cm	IEEE 802.3cm
OM3 光纤传输距离	70 米	70 米	70 米	75 米	70 米	70 米
OM4 光纤传输距离	100 米	100 米	100 米	100 米	100 米	100 米
光纤芯数	2	8	2	2	16	8

\* 100G BiDi 的光纤带宽要求与IEEE 802.3cm标准一致

## 单波25G/50G传输距离：OM3光纤支持70米，OM4光纤支持100米

如图2所示，基于25G波特率的收发器，使用OM3光纤和OM4光纤的传输距离分别为70米和100米。由于OM3光纤和OM4光纤价格有较大差异，因此业界在设计数据中心链路长度时将70米作为一个重要分界点。一些用户愿意使用更具性价比的OM3光纤来满足特定应用场景下70米的链路长度需求，而其他用户则会同时使用OM3和OM4两种光纤来解决不同应用场景的需求。

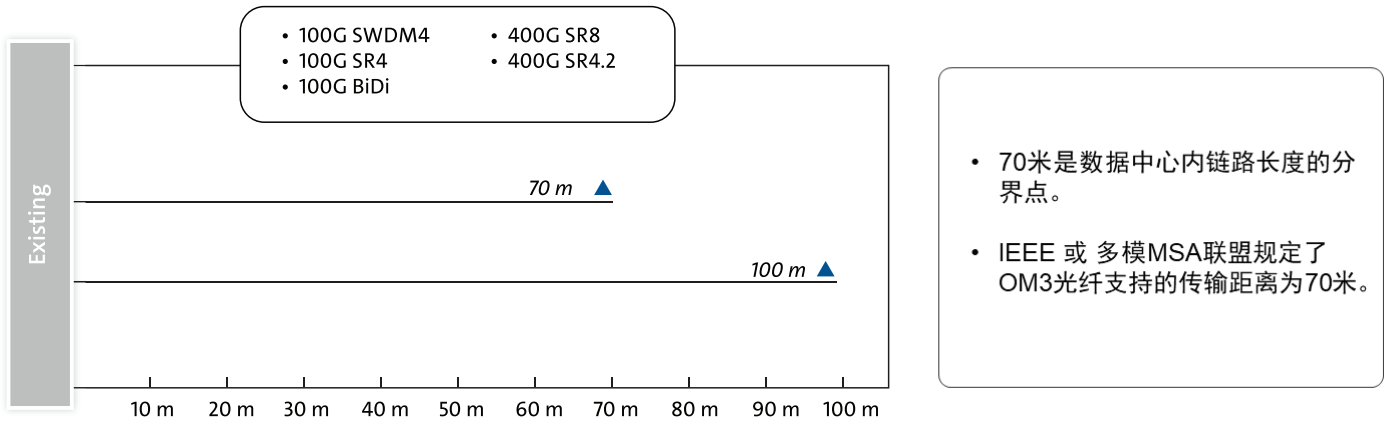


图2. IEEE或MSAs规定的传统OM3和OM4光纤的传输能力

然而，随着单通道100G技术的引入，受多模光纤模式带宽的限制，系统的传输距离有不同程度的下降。特别是在IEEE802.3db标准定义的单通道100G传输应用中，距离下降尤为明显。根据IEEE 802.3db标准规定，几种工作在850nm波长的单通道100G收发器（包括100G SR, 200G SR2和400G SR4）使用OM4光纤的传输距离为100米（这跟基于单通道25G/50G收发器的距离一致），但使用标准OM3光纤的传输距离只有60米。这会给链路长度设计为60~70米的用户带来很大的挑战。他们或者被迫调整原本设计的链路长度，或者改用价格更高的OM4光纤。此外，采用WDM技术的多波长收发器（BiDi收发器和SWDM收发器）的传输距离也会受到影响。

## 面向单通道100G应用的多模光纤解决方案

为了满足基于单通道100G应用的需求，我们推荐一种为高速率优化的多模光纤，即HDR多模光纤。HDR多模光纤是基于标准OM3、OM4光纤进行重新分类定义的光纤，包括了HDR OM3光纤和HDR OM4光纤两种，其有效模式带宽值（EMB）满足单通道100G系统80米和100米传输距离的要求，具体性能指标参见表2。而且HDR多模光纤定义了850nm和910nm上的EMB带宽值，支持光收发器在这两个工作波长下都能实现最佳性能。

表2. “HDR多模光纤” EMB值以及对于单通道100G应用支持的传输距离

多模光纤方案	850nm EMB值	910nm EMB值	支持的传输距离 (基于IEEE Std.802.3db标准)
“HDR OM3”	2890 MHz·km	2220 MHz·km	80 米
“HDR OM4”	4700 MHz·km	3100 MHz·km	100 米

HDR OM3光纤作为标准OM3光纤的一个子集，完全兼容OM3的各种性能。同时HDR OM3光纤在850nm上的EMB值从标准OM3光纤的2000 MHz·km 提升到2890 MHz·km，支持单通道100G VCSEL光收发器的传输距离提升到80米，远高于标准OM3光纤支持的60米的距离。

HDR OM3光纤定义的850nm最低EMB值为2890 MHz·km, 低于OM3光纤EMB范围（2000 MHz·km到4700 MHz·km）的中值，有较多比例光纤符合HDR OM3指标要求，这有助于构建规模化、高性价比的VCSEL激光器/多模光纤的产业生态。HDR OM3光纤在单通道100G速率下支持80米的传输距离，可以满足大部分多模光纤场景的要求，与使用OM4光纤相比，可降低VCSEL激光器结合多模光纤连接方案的整体成本，提升客户对多模方案的接受度。

本文介绍的HDR多模光纤的EMB值既能满足IEEE 802.3db标准对850nm 波长单通道100G传输规定的链路带宽要求，同时也能支持Terabit MSA中使用850nm和910nm双波长的收发器，实现比标准OM3/4光纤更远的传输距离。具体而言，HDR OM4光纤在850nm和910nm波长的EMB值分别为4700 MHz·km和3100 MHz·km，对于单通道100G的传输，其在两个波长上都可以支持100米的传输距离。HDR OM3光纤在850nm和910nm波长的EMB值分别为2890 MHz·km和2200 MHz·km，其支持的传输距离可达80米。

## 结论

在本白皮书中，我们介绍了创新性HDR多模光纤的概念。它与传统标准OM3和OM4光纤一样易于获得且与现有技术保持兼容。使用HDR OM3光纤，可将850nm波长的VCSEL多模收发器的传输距离大幅提升到80米。对于单通道100G的VCSEL传输系统，包括IEEE Std.802.3db定义的SR4和IEEE P802.3df定义的800G SR8，HDR OM3光纤是一种很具有吸引力的光纤方案。另外，HDR多模光纤也可应用到WDM传输方案中，成为一种通用高性能光纤选项。随着各种应用对网络速率和带宽需求的持续升高，HDR多模光纤方案可满足数据中心不断发展的需求，为100米内链路长度的网络提供最具成本效益和可持续性的解决方案。

## 参考文献

- [1] <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/transceiver-modules/at-a-glance-c45-740242.html>
- [2] <https://www.ieee802.org/3/cm/>
- [3] <https://www.swdm.org/>
- [4] <https://standards.ieee.org/ieee/802.3db/10283/>
- [5] Hao Dong and Xin Chen, “The Road to 800G with Multimode Fiber,” [https://www.corning.com/catalog/coc/documents/articles/CO8000\\_Article\\_Road%20to%20800G%20multimode%20fiber.pdf](https://www.corning.com/catalog/coc/documents/articles/CO8000_Article_Road%20to%20800G%20multimode%20fiber.pdf)

**Corning Incorporated**  
[www.corning.com/opticalfiber](http://www.corning.com/opticalfiber)

One Riverfront Plaza  
 Corning, New York  
 USA  
 Phone: (607) 248-2000  
 Email: [cofic@corning.com](mailto:cofic@corning.com)

A listing of the trademarks or Corning Incorporated and its subsidiaries is available at <https://www.corning.com/worldwide/en/legal-notices.html>  
 Corning Incorporated, Corning, N.Y.  
 © 2023, Corning Incorporated