

100G PSM4 规格

并行单模 4 通道

9/15/2014

版本 2.0

该技术文档由 PSM4 MSA 组创建。然而，它不是一个有保证的文件，每个收发器供应商将有自己的数据表。如果用户希望找到有保证的文件，他们应该咨询所选收发器供应商的数据表。PSM4 MSA 组保留随时添加，修改或撤销本文档中包含的技术数据的权利。

本规范“按原样”提供，不附带任何担保，包括任何适销性，非侵权，适用于任何特定用途的任何担保，或任何由任何建议，规格或样品引起的担保。作者不承担所有责任，包括侵犯任何专有权利的责任，涉及本规范中使用的信息。任何明示或暗示的任何知识产权或其他方式，任何知识产权均未在此授予许可。

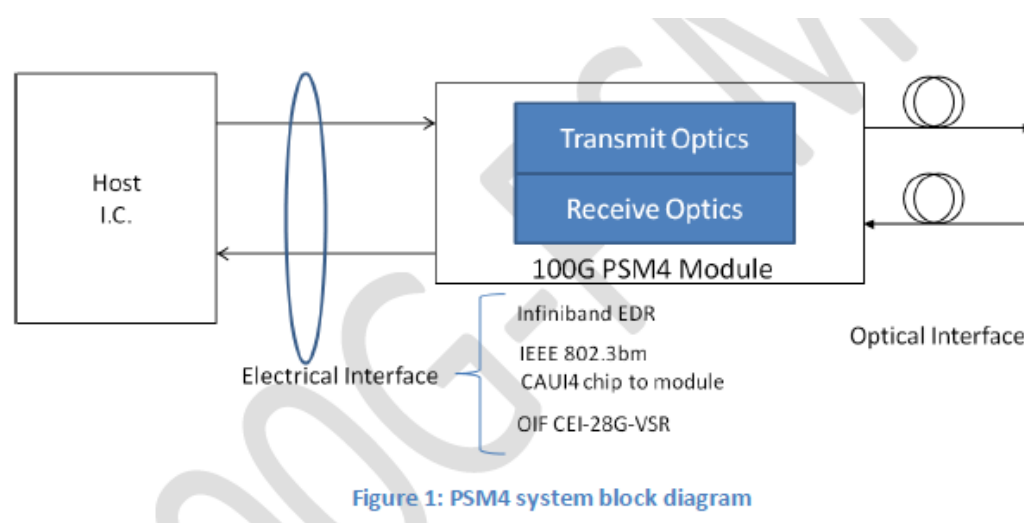
以下公司在发布文件之日为 PSM4 多源协议的成员：

Avago Technologies, Brocade, Delta Electronics, Finisar, JDSU, Juniper Networks, Luxtera, MACOM, Microsoft, Oclaro, Panduit, US CONEC.

1. 介绍

100G PSM4 规范为长距离数据中心光互连提供了低成本解决方案。随着数据中心规模的增长以及光互连的数据传输速率的提高，需要能够达到至少 500m 的低成本解决方案。作为下一代数据中心的关键需求，100G PSM4 规范旨在针对并行单模基础架构所需的服务。

该规范定义了单模光纤（SMF）介质的四通道（每方向）100Gb / s 光接口。如图 1 所示，100G PSM4 收发器模块（100G PSM4 模块）在主机 IC 和光纤介质之间提供发射光和接收光。为对特定的形状，例如 QSFP28 或 CFP4 未做定义，并且 100G PSM4 收发器模块可以以各种形式实现。由于管理和控制接口是与外部因素相关的，因此这些接口的定义不在本规范的范围之内。



100G PSM4 规范定义了至少 500 m 的八个单模光纤上的点对点 100 Gb / s 链路的要求。对于每个信号方向使用四个相同且独立的通道。表 1 显示了 100G PSM4 规范的主要属性。

Table 1: Summary of PSM4

Parameter	Value	Units
Fiber type	Single Mode	
Number of fibers	8	
Nominal wavelength	1310	nm
Required operating range	2-500	m
Signaling rate, each lane	25.78125	GBd

PSM4 每个方向使用四个相同的通道。从模块到主机的电气连接可以使用标准的特定设计完成。例如 CAUI-4（具有 10dB 主机通道的四个电气通道）。请参阅光纤通道 FC-PI-6p，在四个带 15dB 主机通道的电气通道上以 28Gbps 运行。

2.参考文献

IEEE 802.3bm 附件 83E（CAUI-4 芯片到模块）

IEEE 802.3bj 第 91 条（RS-FEC）

OIF CEI-28G-VSR

Infiniband EDR

QSFP: SFF-8665

CDFP

CFP2

CFP4

TIA-604-5D

FC-PI6p

3. 100G PSM4 功能规格

100G PSM4 模块提供与主机的双向电接口和光纤介质的双向光接口。它执行在主机和介质之间传送数据的发送和接收功能。

3.1 100G PSM4 发送/接收方框图

100G PSM4 发送/接收方框图如图 2 所示。电气和光学接口符合点被标识为电输入信号的 TP1，光输出信号的 TP2，光输入信号的 TP3 和电输出的 TP4 信号。参考的测试夹具/合规板用于访问电气信号进行参数测量。电信号，合规板和测量超出了本说明书的范围，并且读取器参考适当的规范，例如 OIF CEI-28G-VSR 或 802.3 附件 83E。不要求合规点按照定义进行公开或可测量，但是，如果不符合要求，则一致的实现必须表现为接口符合要求。光发射信号定义在单模光纤跳线（TP2）的输出端，长度在 2 米至 5 米之间。除非另有规定，否则在第 2 部分中定义的所有光发射机测量和测试均在 TP2 中进行。光接收信号定义在光纤电缆（TP3）的输出端。除非另有规定，否则在 TP3 中进行了第 5.2 节定义的所有光接收机测量和测试。

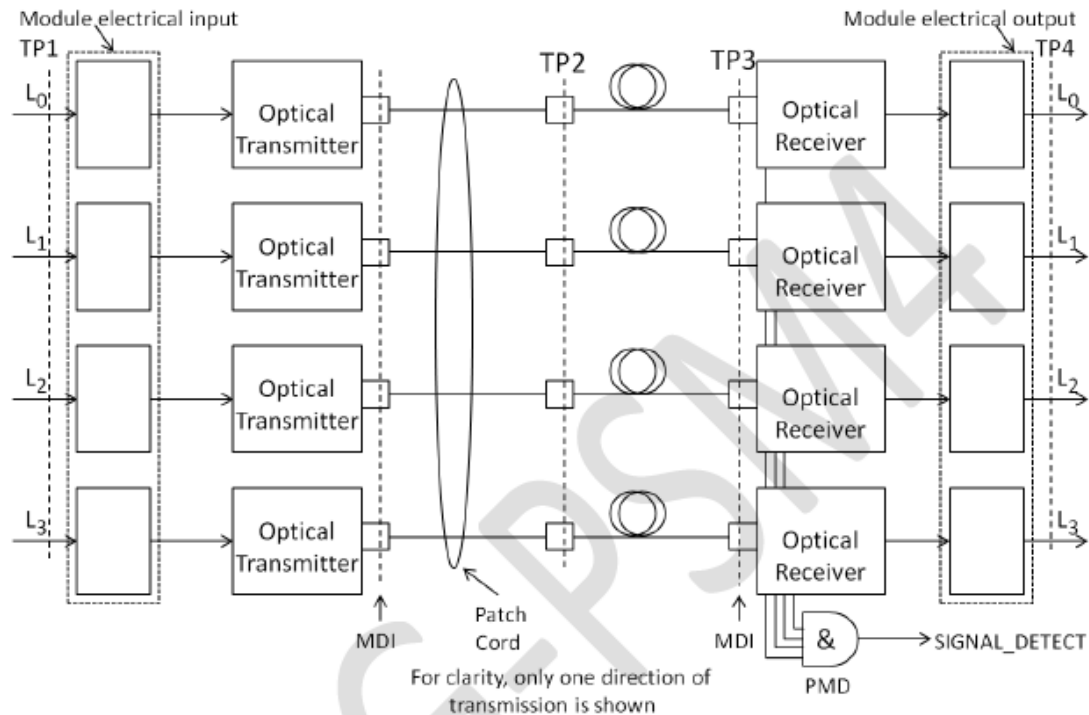


Figure 2: Block diagram for PSM4 transmit/receive path

3.2 100G PSM4 传输功能

100G PSM4 发送功能将从主机接收的四个电信号转换成相同数量的光信号。根据本说明书中的传输光学要求，将光信号传送到包含四个平行光路以进行传输的光纤介质。每个信号流中较高的光功率电平应对应于 $tx_bit = 1$

3.3 100G PSM4 传输禁止功能

TX_DISABLE 功能是一个全局参数，禁用所有输出光端口上的光信号传输，并将所有光输出置于“关”状态。**TX_DISABLE** 功能通过管理接口启动。当发送 **TX_DISABLE** 请求时，发送器的输出应满足表 2 的要求。当出现发送禁止请求时，该 100G PSM4 规范对发送功能没有响应时间要求。

3.4 100G PSM4 发送故障功能

100G PSM4 **TX_FAULT** 功能通过管理界面报告其状态。**TX_FAULT** 应为传输输出状态的全局指示符。

3.5 100G PSM4 接收功能

根据本规范的接收光学要求，100G PSM 接收功能将从光纤介质接收的四个光信号转换为相同数量的电信号。每个信号流中较高的光功率电平应对应于 $rx_bit = 1$ 。

3.6 100G PSM4 接收故障功能

100G PSM4 **RX_FAULT** 功能将通过管理界面报告其状态。**RX_FAULT** 应为接收机输入状态的全局指示符。

3.7 100G PSM4 全局信号检测功能

100G PSM4 信号检测功能通过管理接口报告 **SIGNAL_DETECT** 的状态。**SIGNAL_DETECT** 应是所

有通道上存在光信号的全局指标。SIGNAL_DETECT 参数的值应根据表 2 中定义的条件生成。PMD 接收器不需要验证是否正在接收兼容的 PSM4 信号。该 100G PSM4 规范对 SIGNAL_DETECT 参数的生成没有响应时间要求。

Table 2: SIGNAL_DETECT and TX_DISABLE value definition		
Function	Receive conditions	Transmit conditions
SIGNAL_DETECT Fail	For any lane: Average optical power at TP3 \leq -30 dBm	
SIGNAL_DETECT OK	For each lane: [(Optical power at TP3 \geq -10.5 dBm	
TX_DISABLE ON		Average Optical power at TP2 < -30 dBm
TX_DISABLE OFF		For all lanes: Optical power at TP2 > minimum OMA

作为设置 SIGNAL_DETECT 参数的要求的不可避免的后果，实现必须在 SIGNAL_DETECT 参数设置为 OK 的输入光功率电平与包含串扰效应、电源噪声等 100G PSM4 的固有噪声电平之间提供足够的余量

100G PSM4 规范允许信号检测功能的各种实现，包括响应于光信号的调制幅度和响应调制光信号的平均光功率的实现而生成 SIGNAL_DETECT 参数值的实现。

3.8 100G PSM4 通道信号检测功能

100G PSM4 规范允许信号检测功能的各种实现。根据表 2 的要求，每个 100G PSM4_signal_detect_i，其中 i 表示 0: 3 范围内的通道号，应根据其相关通道上的光信号连续设置。

4.通道分配

100G PSM4 提供电输入和光输出通道之间以及光输入和电输出之间的固定关系。电通道 0 上的电气输入将作为光通道 0 上的光输出显示。光接口上的发射和接收通道的定位在 10.1 定义。

5. 100G PSM4 的光接口要求

PSM4 的所需工作范围在表 3 中定义。符合标准的 100G PSM4 根据表 11 的规格在单模光纤上工作。符合所有其他光学规格的超过工作范围要求的 100G PSM4 被认为符合标准（例如，工作范围为 2000 米满足工作范围为 2 米至 500 米的要求）。 100G PSM4 的通道的信令速率应如表 4 所定义。MDI 的发送和接收端的光信号在表 4 和表 5 中规定。测试点在图 2 中定义。

误码率（BER）应小于 5×10^{-5} 。根据 IEEE 802.3bj 条款 91 处理时，对于 100G 以太网应用应注意，错误统计必须足够随机，对于具有最小分组间的 64 个八位字节帧，BER 会导致以太网帧丢失率（参见 IEEE 802.3bj 第 1.4.209a 条）小于 6.2×10^{-10} 。注意：使用 IEEE 802.3bj 第 91 条 RS-FEC 将导致校正 BER 小于 1×10^{-12} 。

Table 3: PSM4 operating range	
100G PSM4 type	Required operating range
PSM4	2 m to 500 m

5.1 发射机光学规格

100G PSM4 光发射机的每个通道应符合第 6 节中定义的表 4 的规格。

Table 4: 100G PSM4 transmit characteristics

Parameter	Unit	Value
Signaling rate, each lane (range)	GBd	25.78125 +/- 100 ppm
Lane wavelengths (range)	nm	1295 to 1325
Side-mode suppression ratio (SMSR)(min)	dB	30
Total average launch power (max)	dBm	8.0
Average launch power, each lane (max) ^a	dBm	2.0
Average launch power, each lane (min) ^b	dBm	-9.4
Optical Modulation Amplitude (OMA) (max)	dBm	2.2
Transmitter and dispersion penalty (TDP), each lane (max)	dB	2.9
Transmit OMA, each lane (min)	dBm	See section 5.1.1
Average launch power of OFF transmitter, each lane (max)	dBm	-30
Extinction ratio (min)	dB	3.5
Optical return loss tolerance (max)	dB	20
Transmitter reflectance (max) ^c	dB	-12
Transmitter eye mask definition {X1, X2, X3, Y1, Y2, Y3} ^d		{0.31,0.4,0.45,0.34,0.38,0.4}

- a 总平均发射功率是所有四条通道的平均发射功率。
- b 平均发射功率，每个通道（min）是信息量，而不是信号强度的主要指标。 发射功率低于此值的发射机不合规；但是，高于此值不能确保合规性。
- c 收发器的反射率定义在发射器中。
- d 参见图 6

5.1.1 发射机 OMA，每路（min）

每个发射通道的 OMA 应满足公式 1，其在图 3 中示出，对于最大 TDP 和 TDP 小于或等于 0.8dB。

$$Tx_{OMA} \geq \text{MAX} \left(-8.55 + \frac{(\lambda - 1310)^2}{100}, -8.05 \right) + \text{MAX} (TDP, 0.8) \text{ dBm}$$

Where

Tx_{OMA} Is the OMA of each transmit lane

λ Is the wavelength of the transmit lane

TDP is the transmitter and dispersion penalty of the transmit lane

Equation 1: Transmitter OMA

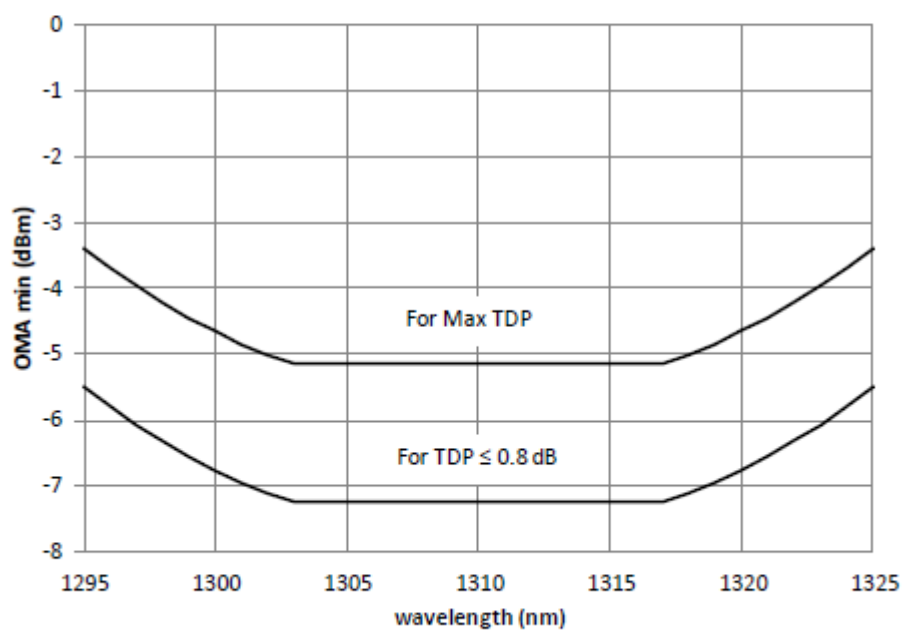


Figure 3: Transmitter minimum OMA

5.2 100G PSM4 接收机光学规格

100G PSM4 接收机应满足表 5 中第 6 节定义中规定的规格

Table 5: 100G PSM4 Receive Characteristics

Parameter	Unit	Value
Signaling rate, each lane (range)	GBd	25.78125 +/- 100 ppm
Lane wavelengths (range)	nm	1295 to 1325
Damage threshold ^a	dBm	3.0
Average receive power, each lane (max)	dBm	2.0
Average receive power, each lane (min) ^b	dBm	-12.66
Receive power, each lane (OMA) (max)	dBm	2.2
Receiver reflectance (max)	dB	-26
Receiver sensitivity (OMA), each lane (max) ^c	dBm	See section 5.2.1
Stressed receiver sensitivity (OMA), each lane (max) ^d	dBm	See section 5.2.2
Conditions of stressed receiver sensitivity test:		
Vertical eye closure penalty, each lane	dB	1.9
Stressed eye J2 Jitter, each lane	UI	0.27
Stressed eye J4 Jitter, each lane	UI	0.39
Stressed eye mask definition {X1, X2, X3, Y1, Y2, Y3} ^e		{0.24, 0.5, 0.5, 0.24, 0.24, 0.4}

- a 接收机应能够不受损伤地持续暴露于具有该平均功率电平的光输入信号。
- b 验证接收功率，每个通道（min）是信息量，而不是信号强度的主要指标。接收到的功率低于此值不能符合；但是，高于此值不能确保合规性。
- c 接收机灵敏度（OMA），每个通道（最大）是信息丰富的。
- d 在 TP3 测量符合性测试信号（参见 IEEE 802.3-2012 第 87.8.11 条测试方法的示例），BER = 5×10^{-5}
- e 参见图 6

5.2.1 接收机灵敏度（OMA），每条通道（最大）

对于理想输入信号定义的接收机灵敏度是信息性的，不需要合规性。接收机灵敏度在等式 2 中给出，如图 4 所示。

$$Rx_{sens} \leq \text{MAX} \left(-11.85 + \frac{(\lambda - 1310)^2}{100}, -11.35 \right) \text{ dBm}$$

where

Rx_sens is the receiver sensitivity (OMA) of each receive lane

λ is center wavelength (in nm).

Equation 2: Receiver sensitivity

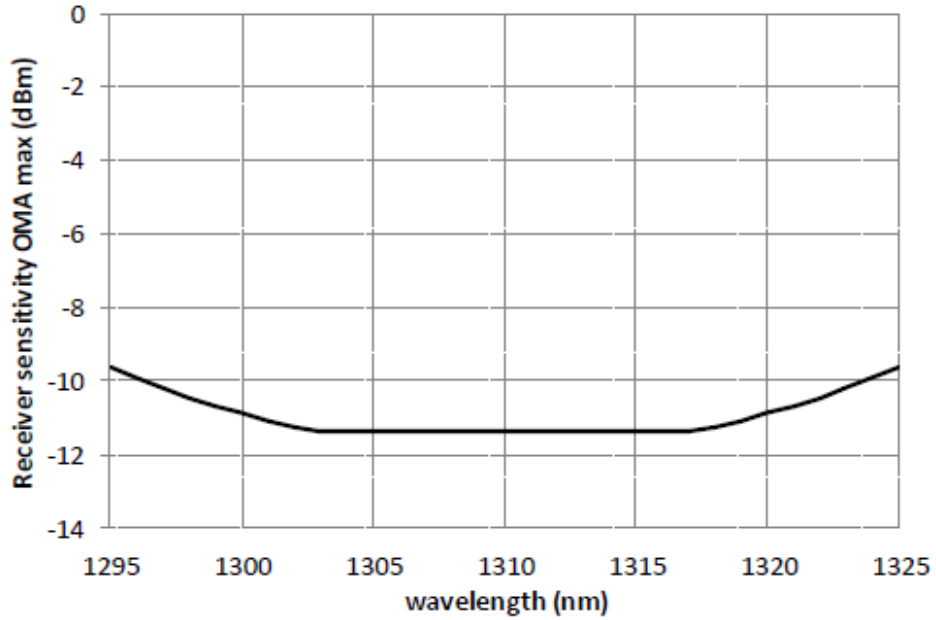


Figure 4: Receiver sensitivity

5.2.2 受应力接收机灵敏度（OMA），每个通道（最大）

在表 5 中给出的条件下测得的受应力接收灵敏度应符合公式 3，如图 5 所示

$$Rx_{sens_stressed} \leq \text{MAX} \left(-9.29 + \frac{(\lambda - 1310)^2}{100}, -8.79 \right) \text{ dBm}$$

where

$Rx_{sens_stressed}$ is the stressed receiver sensitivity (OMA) of each receive lane

λ is center wavelength (in nm).

Equation 3: Stressed receiver sensitivity

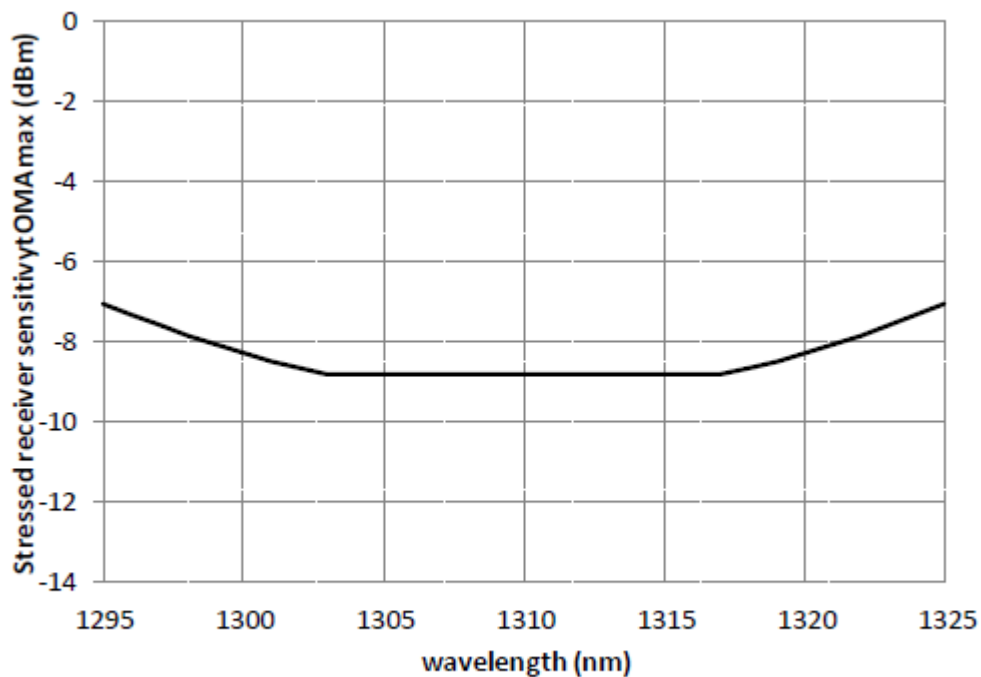


Figure 5: Stressed receiver sensitivity

5.3 100G PSM4 说明性链路功率预算

表 6 显示了 100G PSM4 光通道的说明性功率预算和代价。

Table 6: 100G PSM4 illustrative link power budget

Parameter	Unit	Value
Power budget (at max TDP)	dB	6.2
Operating distance	m	500
Channel insertion loss (max) ^a	dB	3.3
Maximum discrete reflectance ^b	dB	-35
Allocation for penalties (at max TDP) ^c	dB	2.9
Additional insertion loss allowed	dB	0

a 信道插入损耗使用表 3 中规定的最大距离和 1295 nm 处的 0.514 dB / km 的电缆光纤衰减加上 9.2.1 中给出的连接和接头损耗分配进行计算。

b 按照 ISO / IEC 11801

c 链接代价用于链接预算计算。它们不是要求，不是要测试的。

6. 光学参数和测量方法的定义

除非另有规定，所有发射机光学测量应通过长度为 2 米至 5 米的短跳线电缆进行。

6.1 光学参数的测试模式

虽然在正常操作中要达到一致性，但是为测量一致性定义了特定的测试模式，并且能够测量一些参数。表 7 给出了在每个测量中使用的测试模式，除非另有说明，还列出了对每个参数定义的部分的引用。表 8 中针对特定测试给出的任何测试模式可用于执行该测试。本说明书中使用的测试图案如表 7 所示。

Table 7: Test patterns

Pattern no.	Pattern Description	Pattern defined in
Square wave	Square wave (8 ones, 8 zeros)	IEEE 802.3 clause 83.5.10
3	PRBS31	IEEE 802.3 clause 83.5.10
4	PRBS9	IEEE 802.3 clause 83.5.10
5	RS-FEC encoded Scrambled idle*	IEEE 802.3 clause 82.2.10

* IEEE 802.3 条款 82.2.10 中定义的模式，由 IEEE 802.3 条款 91 编码，用于 PSM4 的 RS-FEC

Table 8: Test-pattern definitions and related sections

Parameter	Pattern	Related
Wavelength	3,5 or valid 100GBASE-R signal	Section 6.2
Side mode suppression ratio	3,5 or valid 100GBASE-R	-
Average optical power	3,5 or valid 100GBASE-R	Section 6.3
OMA (modulated optical power)	Square wave or 4	Section 6.4
Extinction ratio	3,5 or valid 100GBASE-R	Section 6.6
Transmitted optical waveform (eye mask)	3,5 or valid 100GBASE-R	Section 6.7
TDP (transmitter and dispersion penalty)	3 or 5	Section 6.5
Stressed receiver sensitivity	3 or 5	Section 6.9
Calibration of OMA for receiver tests	Square wave or 4	IEEE 802.3 clause 87.8.11
Vertical eye closure penalty calibration	3 or 5	IEEE 802.3 clause 87.8.11

6.1.1 多通道测试考虑

按照该通道第 5 部分规定的 BER，为每条通道定义 TDP。受应力接收机灵敏度和接收机抖动容限是针对第 5 部分规定的 BER 接口定义的。接口 BER 是接收通道受应力时的四个 BER 的平均值。使用模式 3（PRBS31）进行测量允许逐个通道 BER 测量。如果所有通道同时受到压力，模式 5（扰频空闲）的测量将给出接口 BER。如果每个通道依次受到应力，则 BER 被三个不受压的通道所稀释，并且必须发现单独受应力的通道的 BER，例如，如果未加载通道的 BER 低，则乘以 4。为了允许使用模式 5 进行 TDP 测量，可以通过将参考接收机的功率设置得高于其灵敏度，或者通过其他方式将不在 BER 测试下的发送通道的内容复制到误差检测器来创建误差检测器的未加压通道。对于受压接收机灵敏度和接收机抖动容差测量，可以通过将受测接收机的功率设置得高于其灵敏度和/或不受压的具有 ISI 和抖动的通道或其他方式来创建未受压的通道。每个接收通道在所有操作时依次受到压力。所有受压通道按照规定运行。为了找到接口 BER，应力时所有通道的 BER 被平均化。在相关的情况下，参数被定义为所有共同传播和反向传播的通道，以便包括串扰效应。在没有另外指定的情况下，使用特定情况的最大振幅（OMA 或 VMA），对于反向传播通道，使用最小转换时间。可以使用产生等效结果的替代测试方法。虽然在特定方向上的通道可以共享公共时钟，但是 Tx 和 Rx 方向不是彼此同步的。如果模式 3 用于未使用公共时钟的通道，则在一个通道上的 PRBS31 模式和任何其他通道之间至少有 31 UI 延迟。

6.2 波长

如果按照 TIA / EIA-455-127-A 或 IEC 61280-1-3 测量，每个光通道的波长应在表 4 中给出的范围内。使用表 8 中定义的测试模式调制测试中的通道。

6.3 平均光功率

如果使用 IEC 61280-1-1 中给出的方法测量，每个通道的平均光功率应在表 4 中给出的限度内。根据 IEEE 802.3 条款 53 图 53-6 中的测试设置，使用表 8 中定义的测试模式测量平均光功率。

6.4 光调制幅度（OMA）

OMA 应如 IEEE 802.3 第 52.9.5 条所定义，用于测量方波(8 个 1,8 个 0)测试模式或 IEEE 802.3 条款 68.6.2（来自 IEEE 802.3 条款 68.6.6.2 中的可变测量 OMA）用于测量具有 PRBS9 测试模式。

6.5 发射机和色散代价（TDP）

发射机和色散代价（TDP）应符合 IEEE 802.3 第 52.9.10 条的规定，不同之处在于每个光学通道被单独测试。 PSM4 的测量程序详见 6.5.1 至 6.5.4。未测试的通道应使用 PRBS31 或有效的 100GBASE-R 位流进行操作。

6.5.1 参考收发器要求

参考发射机是一种高品质的仪器级设备，可通过由高性能调制器调制的 CW 激光器实现。基本要求如下：

- a) 20%至 80%的上升/下降时间小于 12 ps。
- b) 输出光眼图对称，通过发射机光波形测试 5.7。
- c) 在眼睛中心的 20%区域，IEEE 802.3 条款 87.8.11.2 中定义的最差情况下垂直闭眼罚分小于 0.5 dB。
- d) 总抖动小于 0.2 UI 峰峰值。
- e) RIN 小于-140 dB / Hz。
- f) 发射机反射率小于-50dB。

6.5.2 通道要求

发射机使用符合表 9 所列要求的光通道进行测试。

Table 9: Transmitter compliance channel specifications

Dispersion (ps/nm) ^a		Insertion loss ^b	Optical Return loss ^c	Max mean DGD
Minimum	Maximum			
0.011625xλx[1-(1324 / λ) ⁴]	0.011625xλx[1-(1300 / λ) ⁴]	Minimum	20 dB	2.24 ps

- a 测量被测器件的波长（nm）的色散。 PSM4 的系数为 500 m。
- b 没有意图强调 BERT 光接收机的灵敏度。
- c 在 TP2 处应用光回波损耗。

PSM4 发射机应符合至少与“最小色散”一样负的总色散，并且至少与表 9 中针对被测设备的波长的“最大色散”列一致。这可以通过由选择长度以满足色散要求的光纤组成的通道来实现。为了验证光纤是否具有正确的色散量，可以使用 IEC 60793-1-42 中定义的测量方法。测量在光纤的线性功率状态下进行。

该通道提供表 9 中规定的光学回损。调整背光反射的极化状态以产生最大的 RIN。

通道的平均 DGD 应小于表 9 中规定的值。

6.5.3 参考接收机要求

参考接收机需要具有第 6.9 节给出的带宽。参考接收机的灵敏度受高斯噪声限制。接收机具

有最小的阈值偏移，死区，滞后，基线漂移，确定性抖动或其他失真。决策采样具有最小的不确定性和设置/保持时间。参考接收机的标称灵敏度 S 是使用 IEEE 802.3 第 52.9.10.3 节图 52-12 中所示的设置在 OMA 中测量的，而没有测试光纤并且横向滤波器被去除。必须对任何重要的参考发射机损伤（包括任何垂直的眼睛闭合）进行校正。它是在眼中心进行采样时进行测量，或者进行偏心取样校正。它在被测发射机的波长处进行校准。

眼睛的中心被定义为眼睛中左侧和右侧采样点之间的中间时间，其中测量的 BER 大于或等于 1×10^{-3} 。在 TDP 测量中使用的时钟恢复单元（CRU）的转角频率为 10 MHz 和 20 dB / 十倍的斜率。当使用时钟恢复单元作为 BER 测量的时钟时，将低频抖动从数据传输到时钟可以消除测量中的低频抖动。

6.5.4 试验程序

测试程序如 IEEE 802.3 第 52.9.10.4 条所定义，除了所有通道在两个方向（发射和接收）都可以运行，并且第 5 节中规定的 BER 必须由被测线路自身满足。

6.6 消光比

如果使用 IEC 61280-2-2 规定的方法测量，每个通道的消光比应在表 4 中给出的限度内。消光比使用表 8 中定义的测试模式进行测量。注 - 消光比和 OMA 用不同的测试模式定义（见表 8）

6.7 发射机光波形（发射眼）

所需的光发射机脉冲形状特性以发射机眼图的掩模的形式指定，如图 6 所示。发送表 7 中规定的测试模式的端口的发射机光波形应符合表 5 的规范，当使用具有四阶贝塞尔 - 汤姆森响应的接收器具有等式 4 给出的传递函数。关于多通道测试考虑，参见第 6.1.1 节。

$$H(y) = \frac{105}{105 + 105y + 45y^2 + 10y^3 + y^4}$$

where:

$$y = 2.114p; \quad p = \frac{j\omega}{\omega_r}; \quad \omega_r = 2\pi f_r; \quad f_r = \text{Reference frequency in GHz}$$

Equation 4: Bessel Thompson Filter transfer function

在单位间隔刻度上的 0 和 1 的归一化时间由在眼图的平均值测量的眼交叉装置确定。时钟恢复单元（CRU）用于触发示波器进行掩模测量。它具有 10MHz 的高频角带宽和 -20dB / 十倍的斜率。CRU 跟踪可接受的低频抖动水平和漂移。滤波器标称参考频率 f_r 为 19.34 GHz，滤波器容差如 ITU-T G.691 中 STM-64 所规定。贝塞尔 - 汤姆逊接收机不用于表示在兼容的光接收机内使用的噪声滤波器，而是旨在在发射机上提供均匀的测量条件。可以对来自理想的四阶贝塞尔 - 汤姆森响应的参考接收机滤波器响应的变化进行补偿。

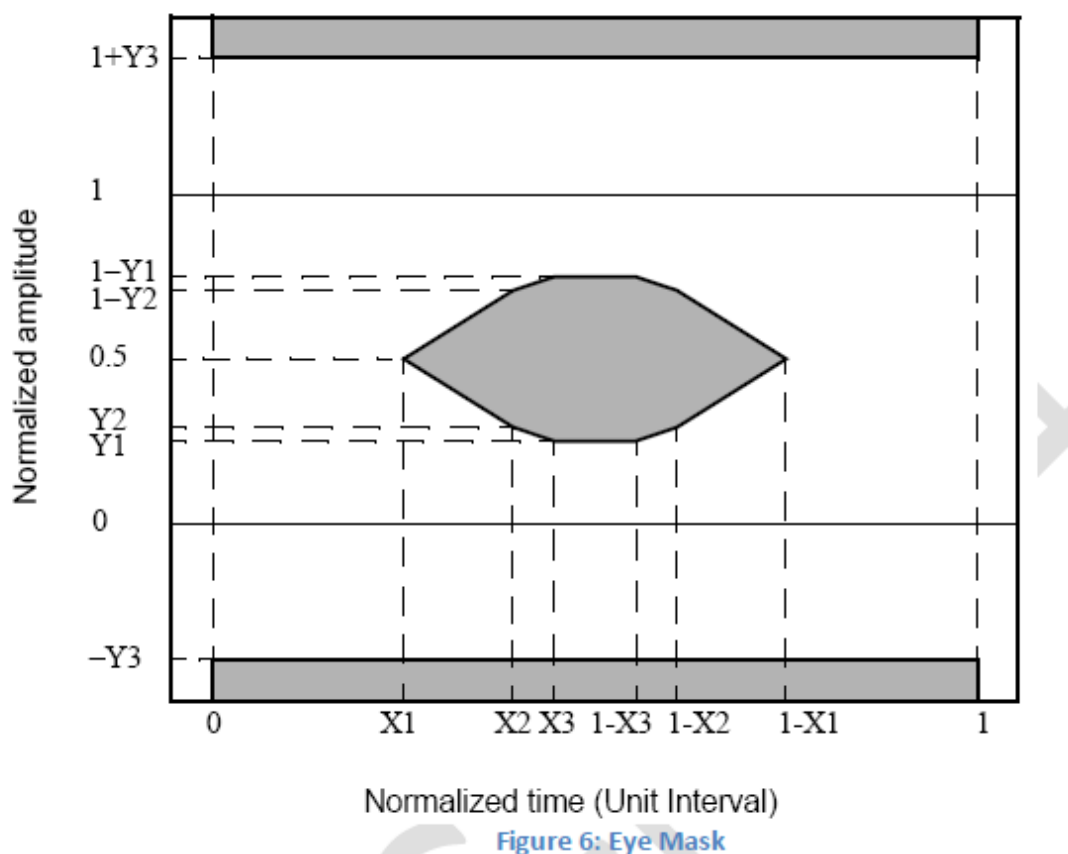


Figure 6: Eye Mask

6.8 接收灵敏度

对于理想输入信号定义的接收机灵敏度是信息性的，不需要合规性。如果测量，测试信号应具有可忽略的损伤，如符号间干扰（ISI），上升/下降时间，抖动和 RIN。相反，接收机的规范性要求是受力接收灵敏度。

6.9 受力接收机灵敏度

如果使用 IEEE 802.3-2012 第 52.9.9 条定义的方法测量接收机灵敏度应在表 5 中给出的限制范围内，其中 TP3 的一致性测试信号除外：

- 52.9.9 中定义了单通道的参考测试程序。第 6.1.1 节给出了 PSM4 模块的多通道注意事项
- 正弦抖动在固定的 200 MHz 频率和 0 至 0.05 UI 峰峰值振幅之间。
- 正弦振幅干扰源由高斯噪声发生器代替。
- 用于验证一致性测试信号的参考接收机必须具有 6.9 给出的带宽。四阶贝塞尔 - 汤姆森滤波器由低通滤波器代替，之后是限幅器和四阶贝塞尔 - 汤姆逊滤波器。
- 调整高斯噪声发生器，正弦波抖动幅度和贝塞尔 - 汤姆逊滤波器，使得同时满足表 5 中给出的 VECF，J2 抖动和 J4 抖动规格（随机噪声效应如 RIN，随机时钟抖动不需要最小化）。
- 在 e) 进行调整之后，使用表 5 中的应力淹没坐标，所得到的信号需要以小于 5×10^{-5} 的命中率通过图 5 所定义的掩模。
- 接收顺应信号的模式在表 8 中规定。
- PMD 接收机的接口 BER 是指定接收 OMA 时所有接收通道的 BER 的平均值。
- 如果 CAUI-4 暴露在外，如果符合 TP4 的 CAUI-4 模块电气输出规范，则 PMD 接收机被认为符合标准。

7.安全，安装，环境和标签

7.1 一般安全

符合本条款的所有设备均应符合 IEC 60950-1。

7.2 激光安全

在任何操作条件下，PSM4 光收发器应符合 IEC 60825-1 和 IEC 60825-2 中定义的危险等级 1 激光要求。 这包括单个故障条件，无论是耦合到光纤还是连接在开孔中。

在特定地理区域内的操作可能需要符合附加的激光安全标准。

激光安全标准和法规要求激光产品的制造商提供有关产品激光，安全功能，标签，使用，维护和服务的信息。 本文档明确定义了满足这些安全认证所需主机系统的要求和限制。

8.光纤布线模型

光纤布线模型如图 7 所示。

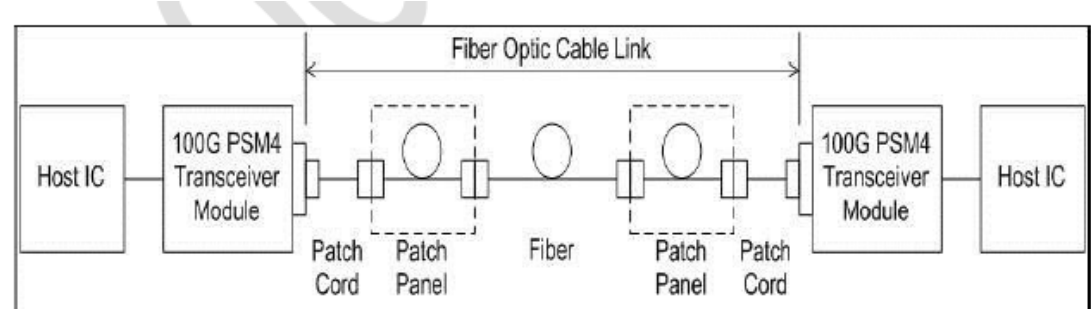


Figure 7: Fiber optic cabling model

通道插入损耗在表 10 中给出。只要通道的光学特性，例如衰减，色散，反射和偏振模色散满足规格，通道可以包含附加的连接器。 安装的光纤电缆的插入损耗测量根据 ANSI / TIA / EIA-526-7 / A-1 方法进行。 这里定义的光纤布线模型（通道）与单纯光纤链路段相同。 这里使用术语通道来与通用布线标准保持一致。

9.光纤布线（通道）的特点

PSM4 光纤电缆应符合表 10 中规定的规格。光纤布线由一段或多段光纤电缆和将部分连接在一起所需的任何中间连接组成。

Table 10: Fiber optic cabling (Channel) Characteristics for PSM4

Description	Value	Unit
Operating distance(max)	500	m
Positive dispersion (max)	1.2	ps/nm
Negative dispersion (min)	-1.4	ps/nm
Channel insertion loss (max)	3.26	dB
Channel insertion loss (min)	0	dB
DGD_max	2.24	ps
Optical return loss (min)	35	dB
Cable skew (max)	79	ns
Cable skew variation _a (max)	2.4	ns

a 这些通道插入损耗值包括电缆，连接器和接头。

b 在 1295nm 至 1325nm 的波长范围内。

- c 差分组延迟（DGD）是在光信号的两个主要偏振状态下传输的脉冲的分数之间的接收时间差。 DGD_max 是系统必须容忍的最大差分组延迟。
- d 波长变化可能引起另外 40 ps 的偏斜变化，这可能是因为发射器不是通道。

9.1 光纤电缆

光纤电缆要求由符合 IEC 60793-2-50 B1.1 类型（色散未移位单模），B1.3 型（低水峰单模）或 B6_a 型（弯曲不敏感） 光纤或与表 11 中的要求不同。

Table 11: Fiber Specifications

Description	Value	Unit
Nominal fiber specification wavelength	1310	nm
Cabled optical fiber attenuation (max)	0.5 ^a	dB/km
Zero dispersion wavelength (λ_0)	$1300 \leq \lambda_0 \leq 1324$	nm
Dispersion slope (max) (S_0)	0.093	ps/nm ² km

a 为 ANSI / TIA 568 -C.3 中定义的外部电缆提供 0.5 dB / km 的衰减。

9.2 光纤连接

如图 5 所示，光纤连接由一对配对的光纤连接器组成。

9.2.1 连接插入损耗

最大连接距离基于 3 dB 总连接和拼接损耗的分配。 例如，此分配支持六个连接，每个连接的平均插入损耗为 0.5 dB。 只要满足表 10 的要求，就可以使用具有不同损耗特性的连接。

9.2.2 最大离散反射率

根据 ISO / IEC 11801，最大离散反射率应小于-35 dB。

10.媒介界面（MDI）

100G PSM4 模块耦合到 MDI 的光纤电缆。 MDI 是 100G PSM4 模块和“光纤电缆”之间的接口（如图 5 所示）。 如图 7 所示，PSM4 100G 模块通过一个连接器插头连接到光纤电缆，如图 7 所示。MDI 的示例结构如下：

- a) 100G PSM4，带有插入适配器的连接光纤尾纤；
- b) 100G PSM4 插座。

10.1 光道分配

12 个光纤 MPO 光通道分配如图 8 所示。当使用顶部的连接器键槽功能查看 MDI 插座时，PSM4 的四个发射和四个接收光学通道将占据图 8 所示的位置。该界面在十二个总位置内包含八个活动通道。中心 4 纤维可以物理存在。

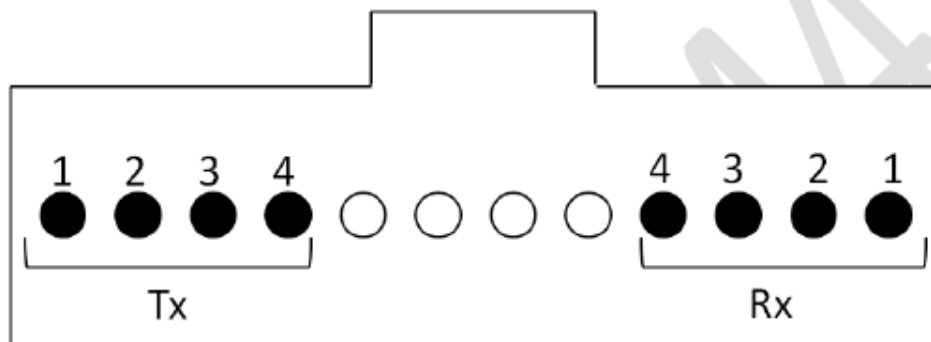


Figure 8: 12 fiber MPO optical lane assignments (looking into module optical port (MDI))

10.2 介质相关接口（MDI）要求

MDI 应满足 IEC 61754-7-1 接口 7-1-9: MPO 设备插座, 倾斜接口的尺寸规格。端接光纤布线的插头应符合 IEC 61754-7-1 接口 7-1-1 的尺寸规格: MPO 母插头连接器, 2 至 12 根光纤的向下倾斜接口。MDI 应与光纤电缆上的插头光学匹配。图 9 显示了具有向下倾斜接口的 MPO 母插头连接器, MDI 作为有角度接口的有源器件插座。

MDI 应符合 IEC 61793-021-2 的性能等级 D / 3 的接口性能规格。

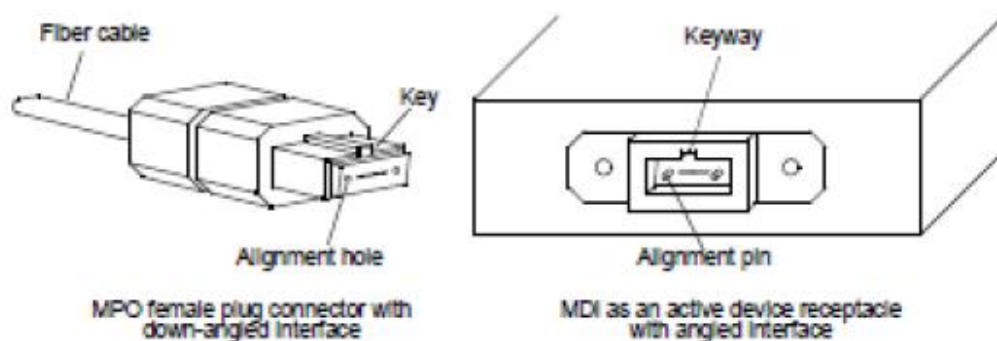


Figure 9: MPO female plug with down-angled interface and MDI active device receptacle with angled interface

注意:

发射机一致性测试在 2.1 中定义的 TP2 进行, 而不是 MDI。

11 定义

MDI-介质依赖接口: 传输介质和 PHY 之间的机械和电气或光学接口

MPO- MPO 型连接器最常用两种不同的文件定义:

- IEC-61754-7 是 MPO 连接器在国际上常用的标准

- EIA / TIA-604-5-D, 也称为 FOCIS 5, 是美国最常用的标准

色散斜率 (S0) - 色散点相对于零色散点处的波长的变化率

TP1 - PSM4 光模块的电气输入

TP2 - PSM4 光模块的光输出

TP3 - PSM4 光模块的光输入

TP4 - PSM4 光模块的电气输出

眼图模版 - 在幅度和时间方面限制动态信号特征的模板。

消光比 - 高光功率与低光功率的比值

OMA - 光调制幅度：OMA 是光信号的标称“1”和“0”电平的光功率差

CAUI-4 - 100G 附件单元接口-4 通道：IEEE 802.3bm 附件 83E 中定义，CAUI-4 为 PSM4 光模块定义了一个可选的 4 通道电接口。