

オンボード光モジュール

LIGHTPASS[®] -EOB 100G

I-PEX は、オンボード光モジュール LIGHTPASS[®] -EOB 100G を開発。本資料は、その光モジュールの詳細内容を説明する資料です。以下は、その代表的な特徴となります。

- ・ NPO(Near Packaged Optics)をターゲットとしたオンボード超薄型 100Gbps(25Gbps x 4ch 送受信)の光トランシーバ。
- ・ 光源は光トランシーバエンジンに搭載し外部光源は不要。
- ・ 使用しているレーザは量子ドットレーザであり、高温動作でも十分な寿命と信頼性を確保。
- ・ 薄型モジュールを実現するために、斜めカットファイバアレイを適用し、モジュール高さ 2.3mm を実現。
- ・ 高放熱モジュール構造を実現し、ケース温度(Tc)105℃でもエラーフリー(BER<1E-12)動作を確認。
- ・ 試験機器、センサー、カメラ、ロボット、医療、航空宇宙、車載と幅広い用途への提案が可能。

LIGHTPASS[®]を以下項目別で説明します。

- 1:[超薄型光モジュール](#)
 - 2:[世界最小クラスの超小型光トランシーバエンジン](#)
 - 3:[高速、低背の電気コネクタ](#)
 - 4:[超低背ファイバアレイ](#)
 - 5:[高放熱モジュール構造](#)
 - 6:[超薄型光トランシーバモジュール評価結果](#)
- [まとめ](#)

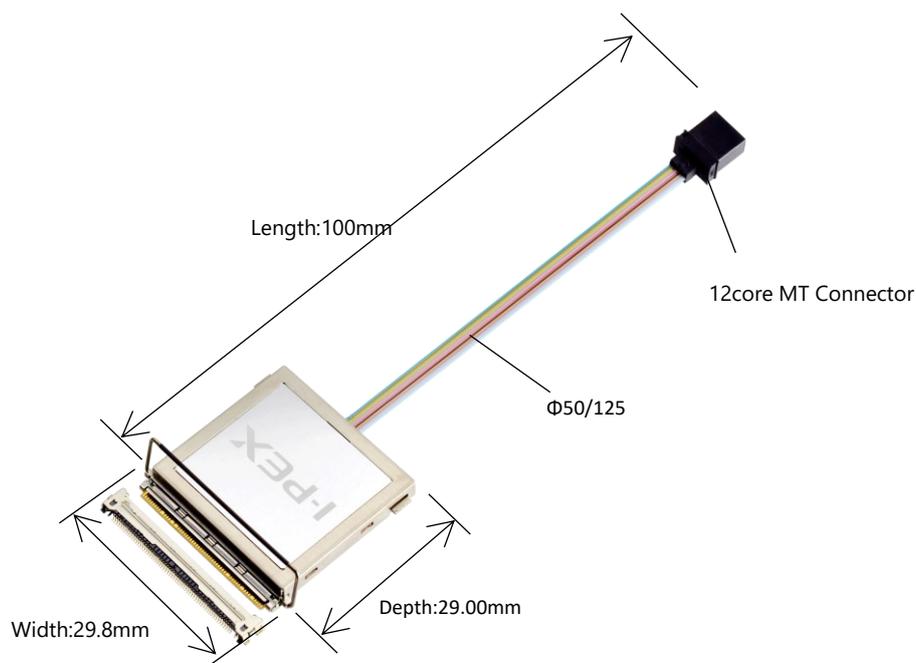
1:超薄型光モジュール

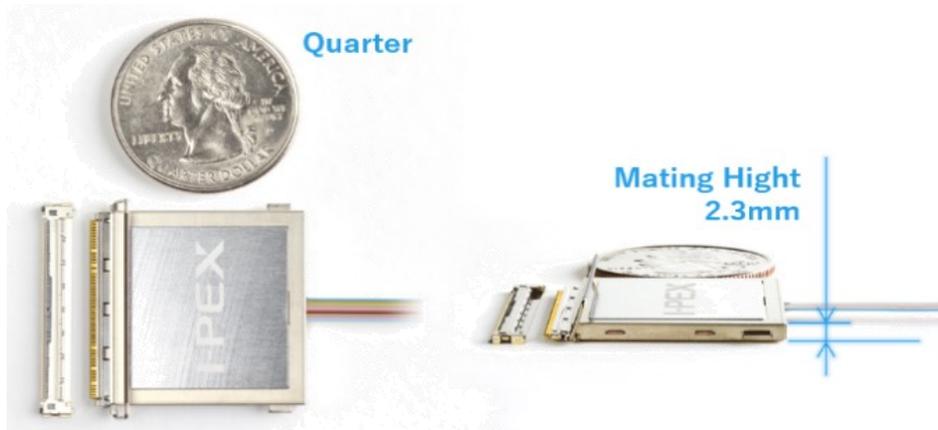
1) LIGHTPASS®-EOB 100G とは？

光電変換モジュールとしての汎用名称は、EOM(Embedded/Electro Optical Module)で超薄型形状の光モジュール EOB(Embedded Optical Blade)を表した造語です。

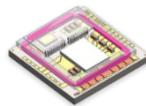
製品仕様

- 伝送レート:双方向 100Gbps(NRZ、25Gbps x 4ch)
- サイズ:(W)29.8mm x (D)29.0mm x (H)2.3mm
- 光ファイバ:Φ50/125 MMF
- 波長:1310nm
- 電気インターフェース:メカニカルロック付き水平統合コネクタ
CABLIN®-CA 0.4mm ピッチ、60ピン
- 光インターフェース:12芯 MTコネクタ、250μm pitch
- 操作性:MCU 内蔵、ユーザーでの制御は不要
- 動作温度範囲:-40℃~+85℃(+105℃) ケース温度
- 安全性:Class 1



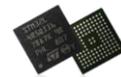


2) 構成部品



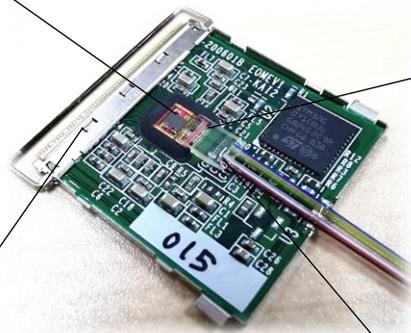
光 I/O コア

- ・シリコンフォトニクス技術を用いた送受内蔵の光トランシーバ。
- ・100Gbps NRZ (25Gbpsx4ch Tx/Rx) NRZ. λ :1310nm MMF



MCU

- ・光 I/O コアの温度や電源電圧を監視
- ・ユーザー側での細かい調整は不要。
- ・電源供給のみで動作。

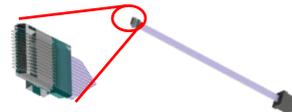


CABLIN[®]-CA/CAF

- ・高速・低背コネクタ
- ・ロック付き

Fiber Array

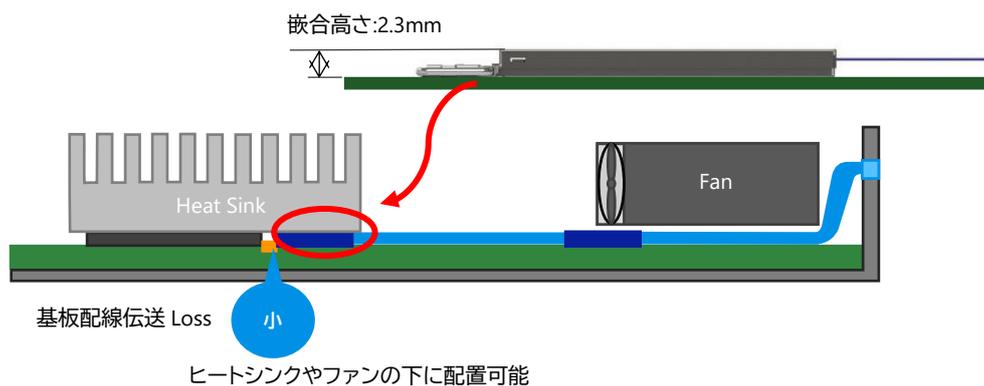
- ・50/125 マルチモード光ファイバ
- ・MT フェルルールによる引出し



3) 特徴

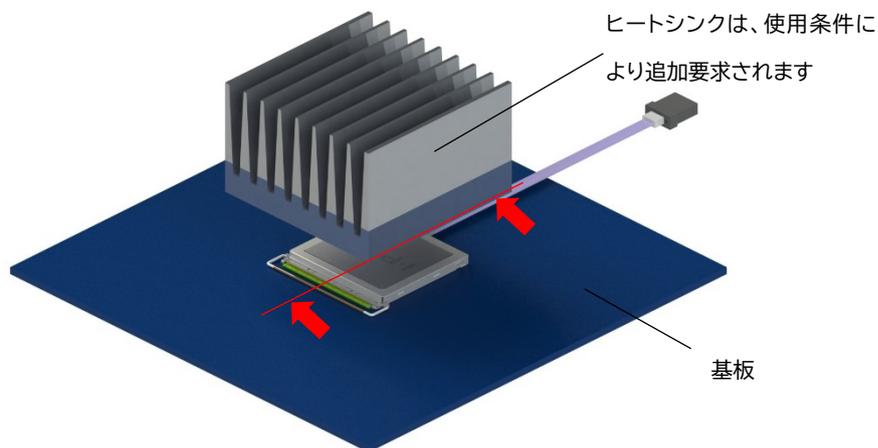
1. 超薄型構造

部品の高さが低いことで、ヒートシンクやファンの下に実装することが出来る。ASIC の近傍に配置することで基板伝送の Loss を最小限にすることが可能。

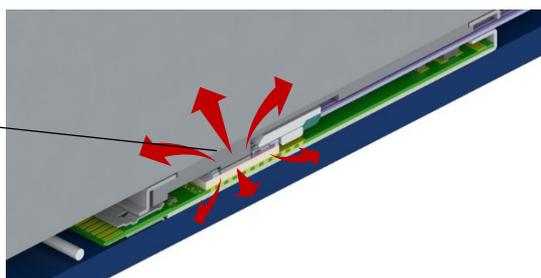


2. 高放熱機構

薄型・金属 Shell・扁平構造により熱を拡散。

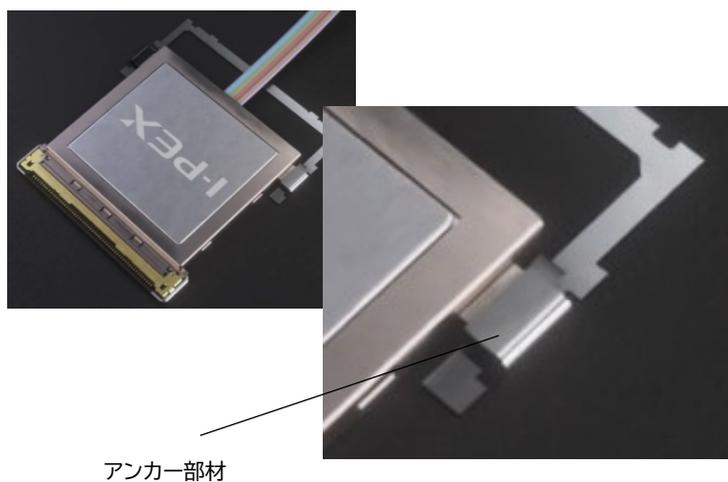
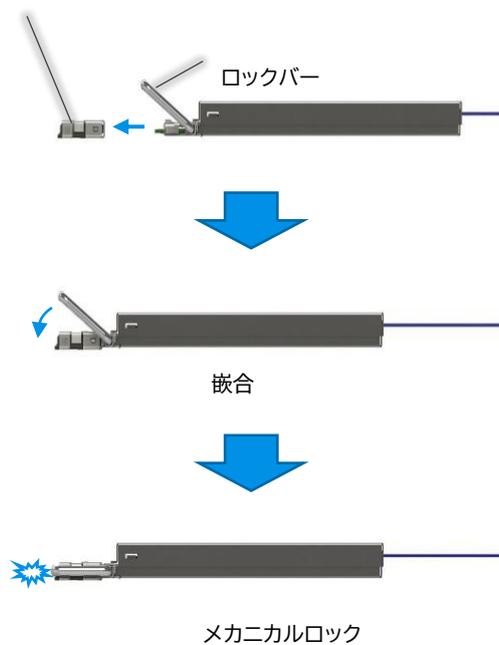


上部のヒートシンク及び下部の基板へモジュールの熱を効率よく拡散



3. メカニカルロック機構

コネクタのロックバーにて半嵌合及び嵌合外れを防ぎ、アンカーにて振動による光モジュールの浮きを防止。

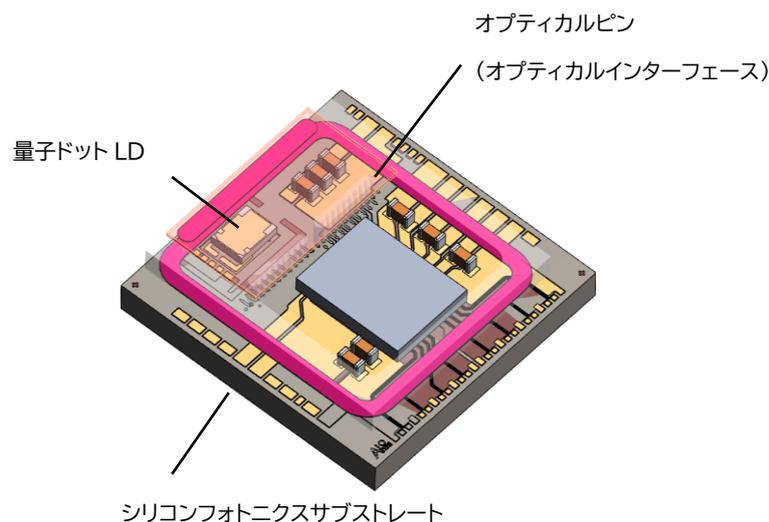


2:世界最小クラスの超小型光トランシーバチップ

光 I/O CORE は、アイオーコア株式会社が開発したシリコン基板上に光素子を形成する「シリコンフォトニクス技術」を用いて作製した 5mm角サイズの光トランシーバチップで、1ch あたり 25Gbps の伝送速度を持ち、送受 4ch で合計 100Gbps の伝送速度による双方向通信が可能。

1)特長

- 超小型・高密度パッケージ
(全ての送受信機能を□5mm のシリコンチップに集積)
- 全温度動作
(100℃超動作可能な量子ドットレーザを採用し、-40～85℃全温度動作を実現)
⇒ 105℃まで拡張予定
- 高い信頼性
(高効率・高信頼の量子ドットレーザを採用)
- 容易なファイバ結合技術
(十分なトレランスを有する光ピン構造により、パッシブ光結合が可能)
- 低コスト
(製造全行程を自動化し、高い生産性と低コスト化を実現)

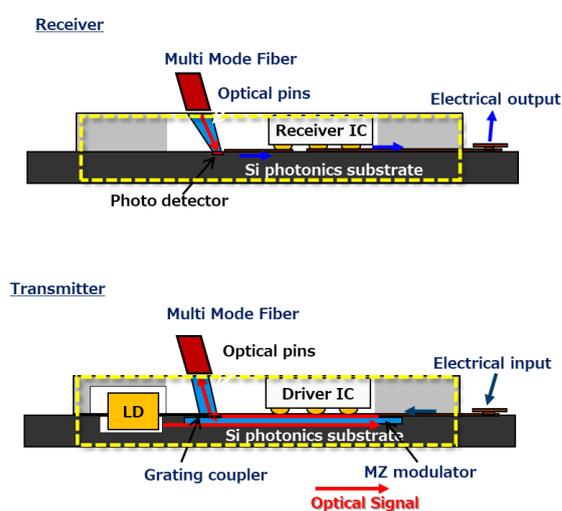
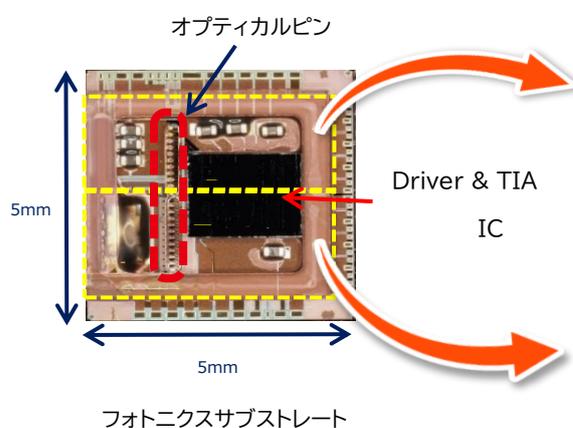


4. 光 I/O core の構成

5mm 角のシリコンチップの中に、フォトダイオード (PD)、トランスインピーダンスアンプ (TIA) 等を設けた受信側、レーザーダイオード (LD)、変調器、グレーティングカップラ等を設けた送信側をそれぞれ内蔵しております。

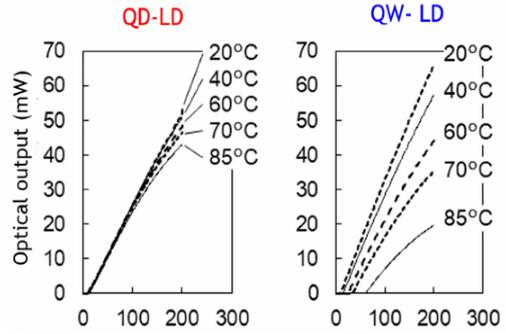
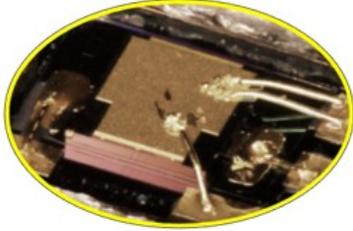
受信側では上部の光ファイバからの光信号を光ピンへ通して、シリコン基板上に実装された PD で受け、TIA を通じて、チップ端に設けた電極を通して電気信号をモジュール基板に伝送します。

送信側では、逆に、チップ端の電極から引き込んだ電気信号をもとに、LD の光を変調し、光信号に変換し。光導波路を通してグレーティングカップラによって、光ピンに信号を跳ね上げ、上部に備えた光ファイバに引き込みます。



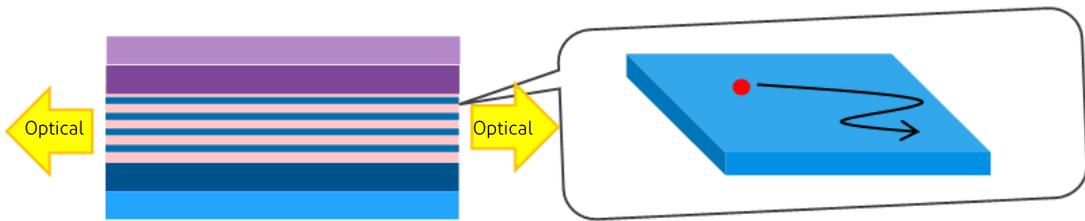
5. 量子ドットレーザ (QD-LD)

光源には高温動作でも高出力を維持可能な量子ドットレーザ (QD-LD) を適用。QD-LD は反射耐性が高く、RIN (相対雑音強度) 特性が良く通信システムのノイズや信号品質に関連する問題を最小限に抑えることが出来る。また、従来の LD に比べ温度による性能のばらつきが少なく安定している。



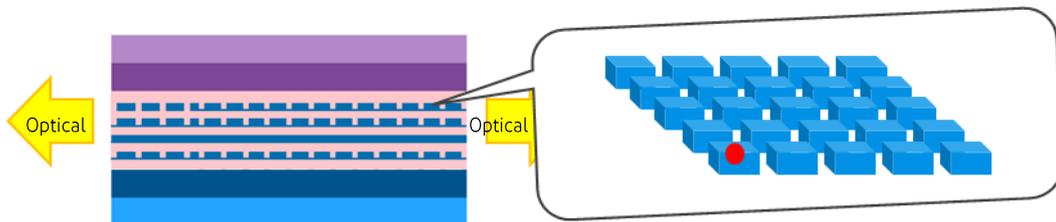
I-L characteristics

従来の LD (Quantum Well)



電子を 1 次元的に閉じ込めた従来の LD の活性層。
 温度の変化により電子の動きが増すため高温で特性が劣化するという問題がある。

QD-LD (Quantum Dot)

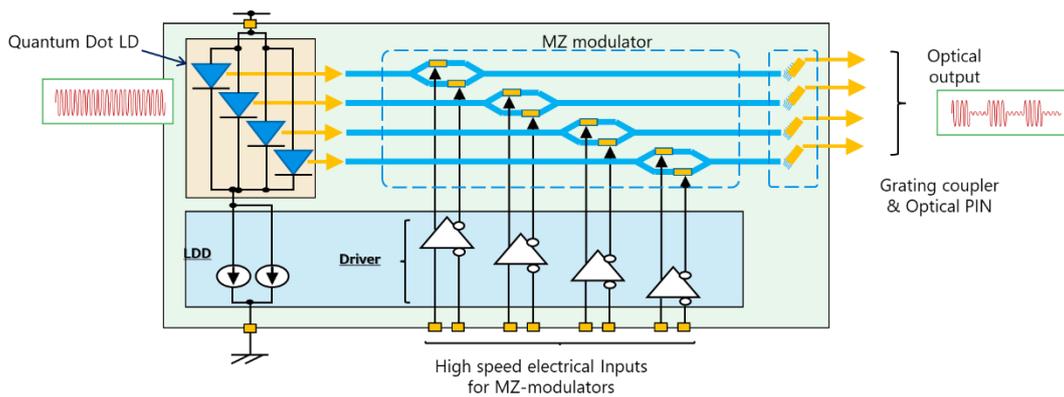


活性層に量子ドットを用いたレーザ。
 量子ドットに閉じ込められた電子のエネルギーは限定的になり、温度が上昇しても電子の状態変化が少なく温度特性が飛躍的に改善される。

※量子ドットとは、10nm 程度の電子の波長サイズの半導体の微小な粒

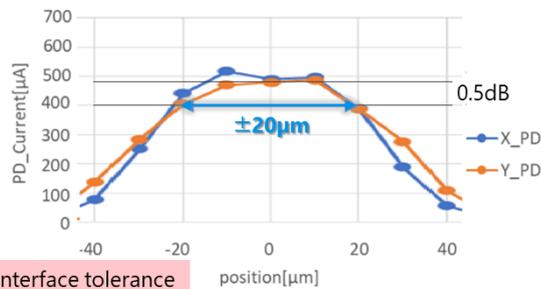
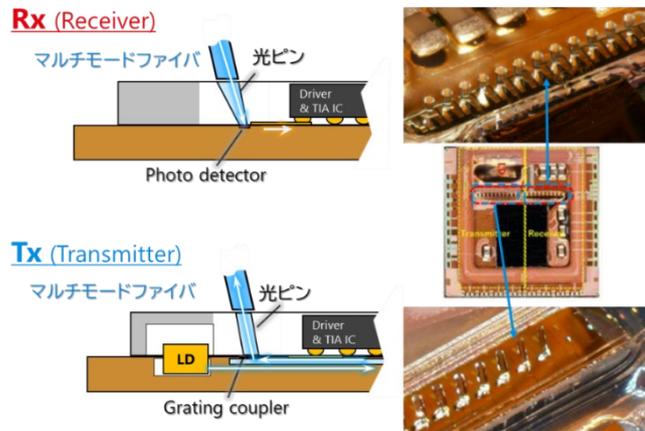
6. 光 I/O core 送信について(電気→光)

変調器は温度感度の低いマツハツエング(MZ)変調器を使用。MZ 変調器は、変調効率の式は $C \times V$ で与えられます(C = 静電容量、 V = 供給電圧)。 C は温度に依存せず、変調電圧は一定であるため、周波数帯域は広い温度範囲で安定。したがって、広い温度範囲でジッターの少ない非常に安定した光出力波形を得ることができます。

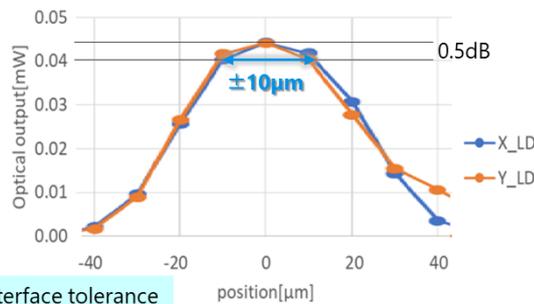


7. 光結合構造

光トランシーバチップのシリコン基板上に実装された光素子と光ファイバ間の結合部には光ピンを使用しております。光ファイバのコア部と同様に、光ピンの境界面では光は反射し、外に漏れない構造となっているため、受光側では光ファイバからの光信号をフォトディテクタに繋ぐためのじょうごのような役割を果たしており、送信側ではグレーティングカップラから跳ね上げた光信号を光ファイバに伝える役割を果たしており、受光側、送信側それぞれ $\pm 10 \mu\text{m}$ 以上の結合トレランスを確保しております。



Rx interface tolerance



Tx interface tolerance

8. 光結合の温度依存性

送信側の光結合部、すなわち光ピンからの光出射部は、温度依存性を持っています。これは LD の波長が温度特性を持っていることによるもので、温度変化によって LD の波長は 1°Cあたり 0.6nm シフトします。さらにグレーティングカップラからの光の出射角は波長依存性を持っており、波長 1nm 変化毎に 0.083°シフトします。

このことから、グレーティングカプラからの出射角度は1°Cごとに0.05°変化するものとなり、-40°Cから105°Cの環境温度変化においては、±3.6°角度が変化することとなります。その変化量に対し光ピンの開口数 0.4 以上であり、最大入射角度 23.6°となっており、十分な入社角度を確保しているため、光ピンに入った光は、温度変化によって角度が変わっても、外部に漏れることなく上部のファイバに光信号を伝えることができる構造となっております。

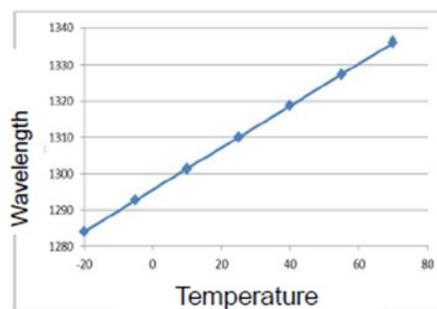
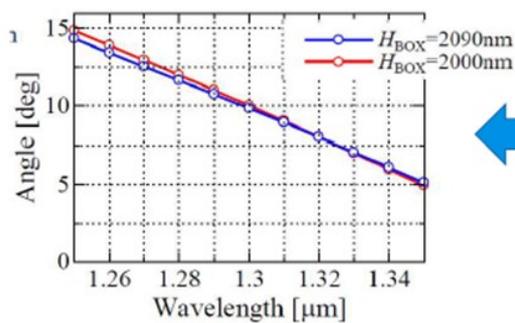
QD-LD : 波長シフト 0.6nm/°C
 ・Grating coupler : 出射角シフト 0.083degree/nm



Radiation angle changes: 0.05degree/°C

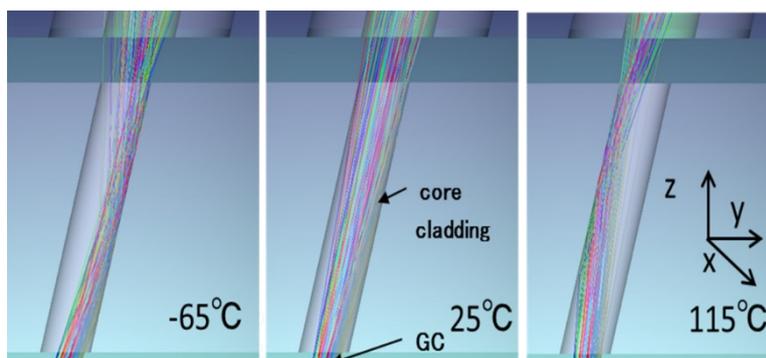


-40~105°Cの範囲で
 ±3.6°程出力光の角度変化が発生



9. 光結合の光軸解析

光軸解析の結果、グレーティングカップラからの出射光変化に対して光ピンから漏れることなく上部のファイバへの伝送を確認。



温度毎の出射光角度変化量

0.05deg/°C

3: 高速、低背の電気コネクタ

高速で且つ低背の光モジュールを開発する為に CABLINE®コネクタを使用

1) CABLINE®-CA/CAF の特長

CABLINE®-CA は 0.4 mmピッチコネクタで、最大芯数 60Pin タイプでも基板占有面積幅 30.95mm、奥行(嵌合状態コネクタ部)5.73mm と超省スペースの高さ 1.0mm 低背コネクタです。

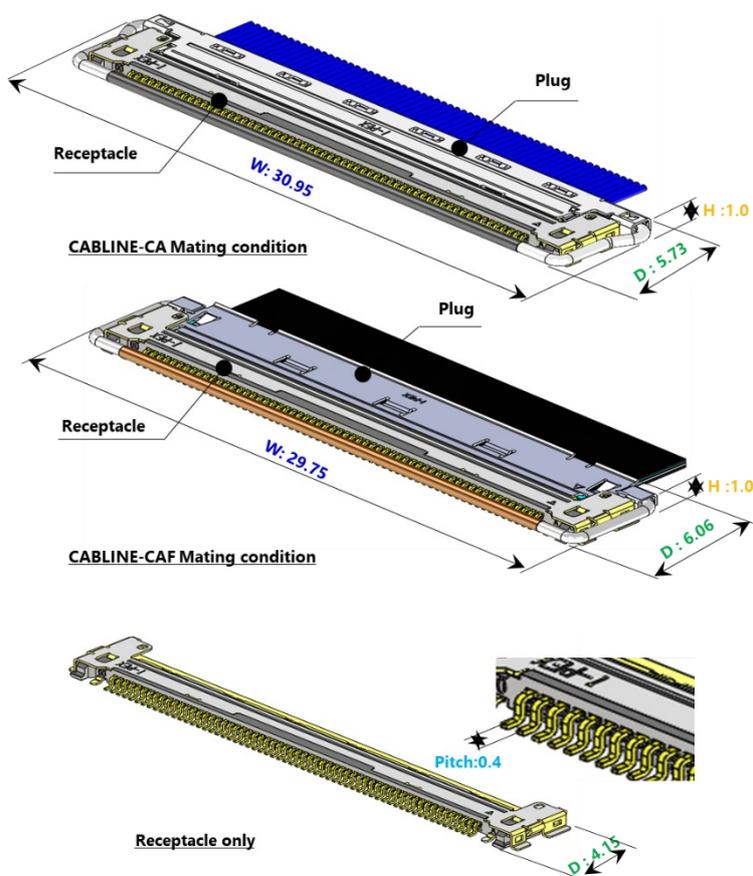
特徴として、Lock-bar によるメカニカルロックが可能で、嵌合不足や誤作業による嵌合外れを防止できます。

CABLINE®-CA は、多芯の細線同軸ケーブル(主に差動信号、制御信号など伝送)を一括で半田接合可能(電源伝送用ディスクリートをハイブリッド接合)なコネクタであり、多点 GND 接続を有し、高周波伝送特性の性能も優れています。

また、CABLINE®-CAF は、FPC/FFC や基板を PLUG SHELL にアッセンブリし、CABLINE®-CA RECE に嵌合可能な構造です。

2) CABLINE®-CA/CAF 外形

■ Name	CABLINE-CA / CAF	
■ Mating Type	Horizontal mating type	
■ Pitch	0.4 mm	
■ Pin count	60 pin	
■ height :	Mating condition	: 1.00 mm
■ Depth :	Mating condition	: CA 5.73 mm CAF 6.06mm
	Rece only	: 4.15 mm
■ Width :	CA	: 30.95 mm
	CAF	: 29.75 mm
■ 製品規格/TR:	CA	: PRS-1968/TR-16023
	CAF	: PRS-2465/TR-18016



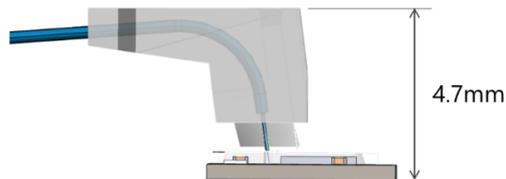
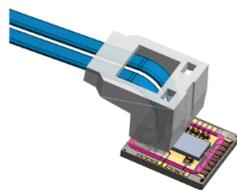
4:超低背ファイバアレイ

超薄型光モジュールの LIGHTPASS[®]-EOB 100G の開発にあたり、低背にする為にファイバアレイを 90 度曲げファイバではなく斜めカットのファイバを採用する必要性がありました。その目的とファイバアレイの詳細を説明します。

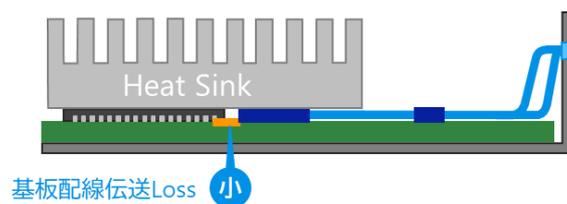
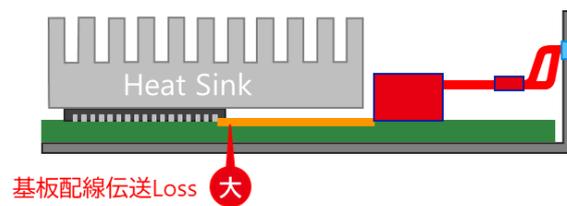
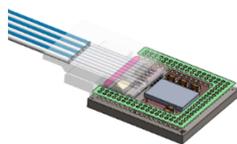
1) 斜めカットファイバアレイによる低背化

斜めカットファイバアレイにより低背を実現させ、よりシステムチップに近い位置に光モジュールを設置可能。そのことにより基板配線の伝送損失を低減させた。また ASIC との共通放熱設計が可能。

90°曲げ光ファイバアレイ

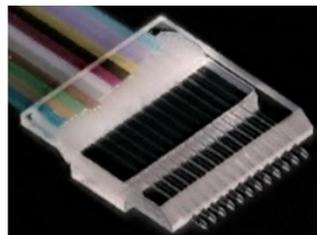
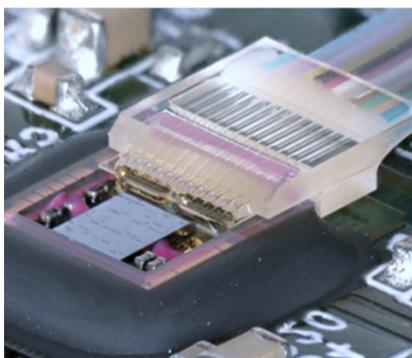
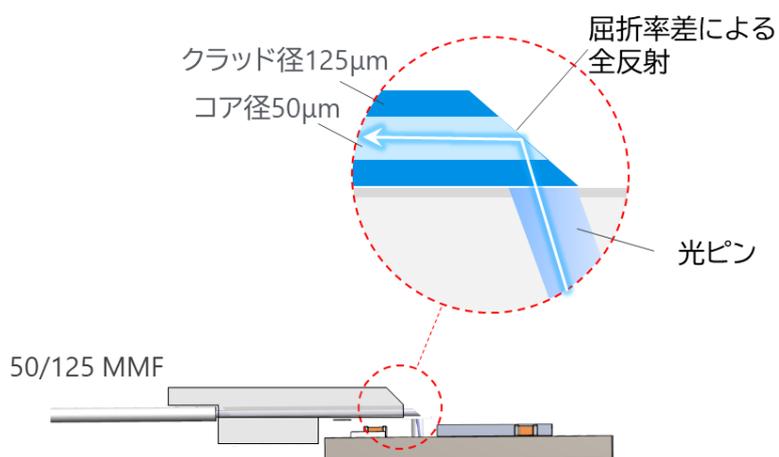


斜めカットファイバアレイ



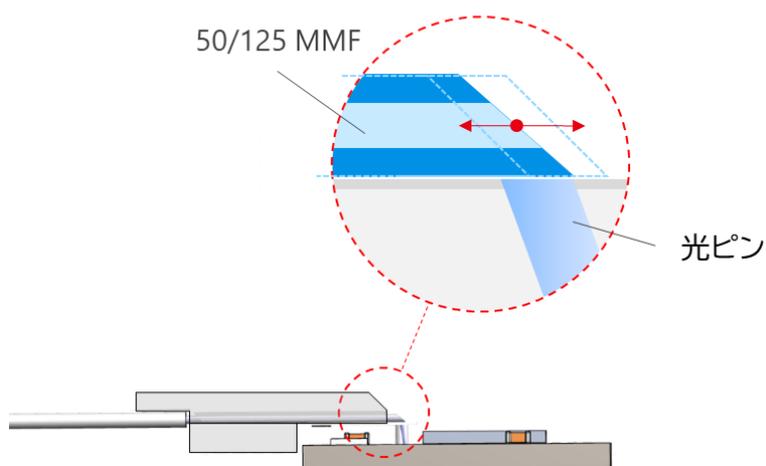
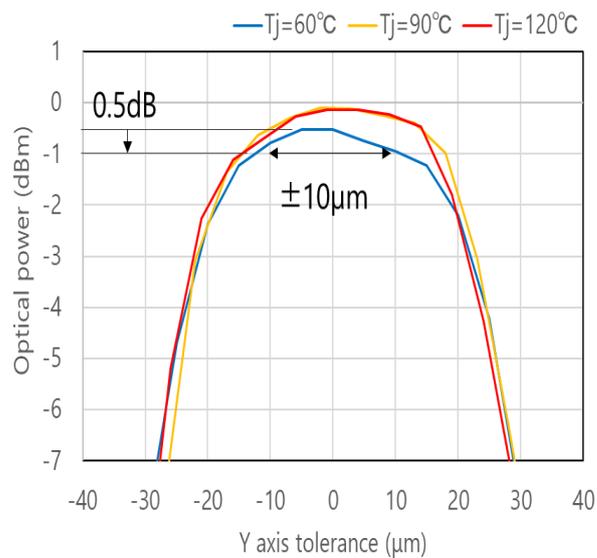
2) 斜めカットファイバアレイ

ファイバ端面ミラーによる反射を用いた超低背ファイバアレイV溝ガラスに整線したファイバ端を斜めカットし、ミラーとするファイバアレイを適用した。それによって、ファイバブロック高さを抑え、モジュール高さ 2.3mm を実現。



3) 斜めカットファイバアレイの結合トレランス

斜めカットファイバでも、広い温度範囲で±10 μ m以上の結合トレランスを確保。



5:高放熱モジュール構造

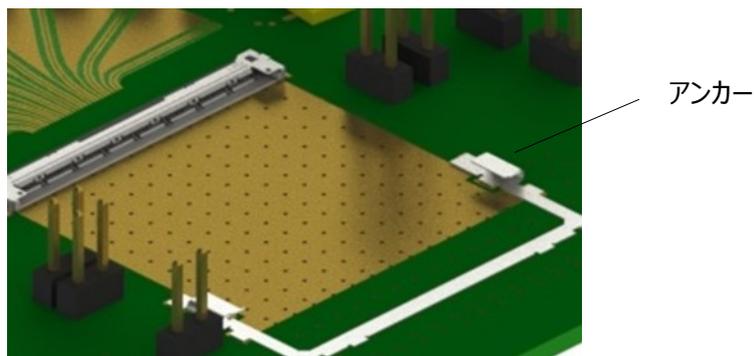
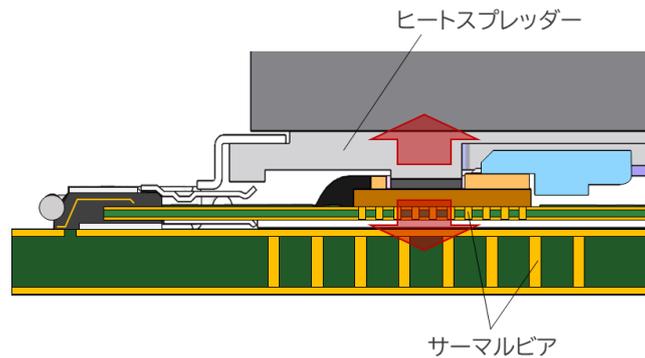
LIGHTPASS EOB 100G の優れた特徴の一つは放熱性です。その LIGHTPASS の優れた放熱がどのような構造にて $\Delta T_{j-c} \leq 15^{\circ}\text{C}$ を実現しているか説明します。

1) 放熱構造

上下方向への効率的な放熱。

水平嵌合、扁平なモジュールデザインにより、上下方向への効率的な放熱を実施。

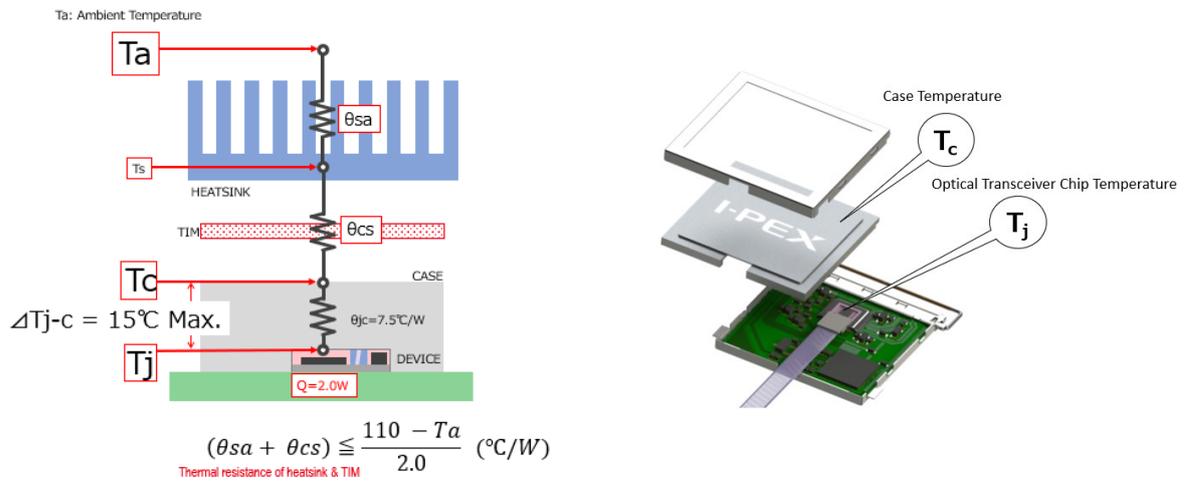
上部に配置するヒートシンクに効率的に熱を伝えるために、ヒートスプレッダをモジュール構造の一部として配置。アンカー部材を用いてモジュールを搭載基板に押し付けることでモジュール下部への放熱効率アップ



1) 放熱仕様

$$\Delta T_{j-c} \leq 15^{\circ}\text{C}$$

モジュール上方向のみではなく、下方向への放熱も効率化し、動作時における光トランシーバチップ温度(T_j)とケース温度(T_c)の温度差(ΔT_{j-c}) $\leq 15^{\circ}\text{C}$ を実現。



6: 超薄型光トランシーバモジュール評価結果

高温環境下における動作検証

光モジュールを環境試験層 ($T_a=105^\circ C$) の中に設置し、BERT から各レーンに 25.781Gbps の NRZ 信号を印加、光信号に変換後に自身の受光側に入力するループバック系における駆動状態で、放熱性、及び伝送性能の評価をおこなった。



図 1. 試験環境

1) 放熱性

高温環境下($T_a=105^{\circ}\text{C}$)においてもチップ動作上限温度($T_j=120^{\circ}\text{C}$)以下で駆動可能となる放熱性能($\Delta T_{j-c}<15^{\circ}\text{C}$)を実現。

Temp. [$^{\circ}\text{C}$]	Sample 1	Sample 2
T_a (Ambient Temp.)	105.0	
T_c (Case Temp.)	106.4	106.3
T_j (Junction Temp.)	117.9	118.3
ΔT_{j-c} ($<15^{\circ}\text{C}$)	11.5	12.0

表 1.モジュール駆動状態におけるケース温度とチップ(ジャンクション)温度

2) Tx 光出力波形

変換後の光信号を光オシロスコープに接続し、Tx 光出力波形を観察。

高温環境下($T_a=105^{\circ}\text{C}$)においても良好な光 EYE 波形の開口を確認出来ました。

T_a Ambient Temp.	105°C
Clock Rate	25.781 Gbps
PRBS	31
LDD Current	100mA/ch
Pre/Post Emphasis	on

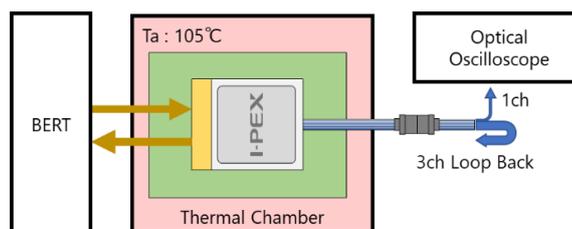


図 2-1.Tx 出力波形測定条件と測定系

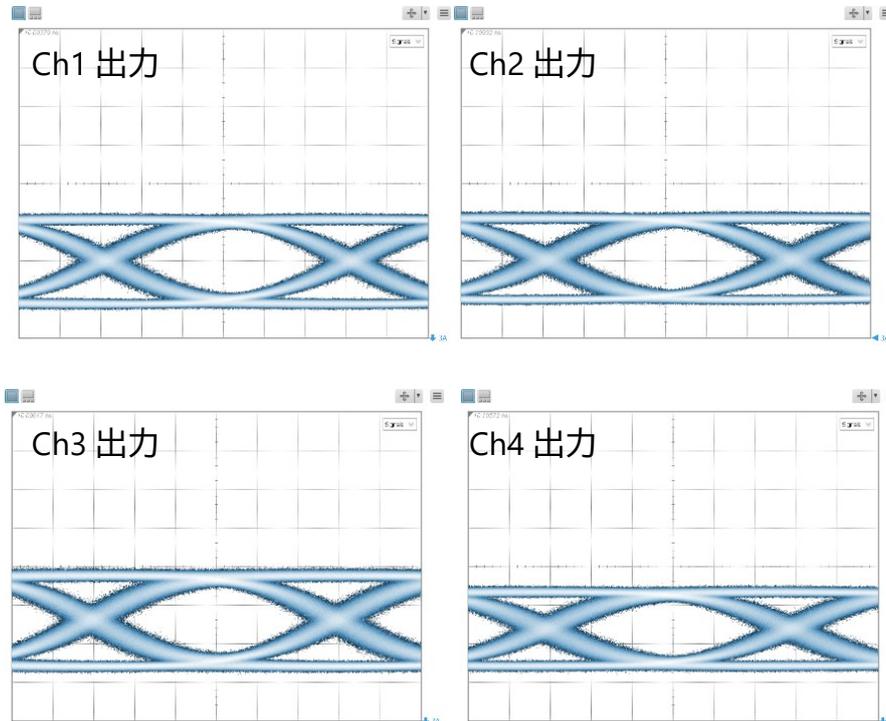


図 2-2.Tx 出力波形

3) Rx 入力感度

Ref.となる光 Module からの光信号を、アッテネータを通し減衰させ、BER<1E-12 となる OMA(Optical Modulation Amplitude)=Input Sensitivity を測定。

高温環境下(Ta=105°C)においても OMA ペナルティ~1dB 程の入力感度を確認。

Ta Ambient Temp.	105°C
Clock Rate	25.781 Gbps
PRBS	31
LDD Current	100mA/ch
Pre/Post Emphasis	on

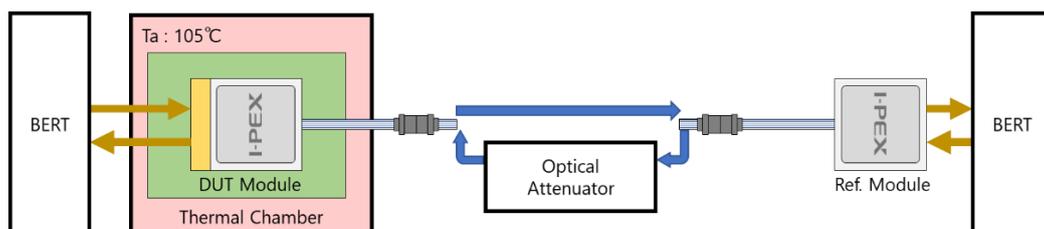


図 3-1. Rx 入力感度測定条件と測定系

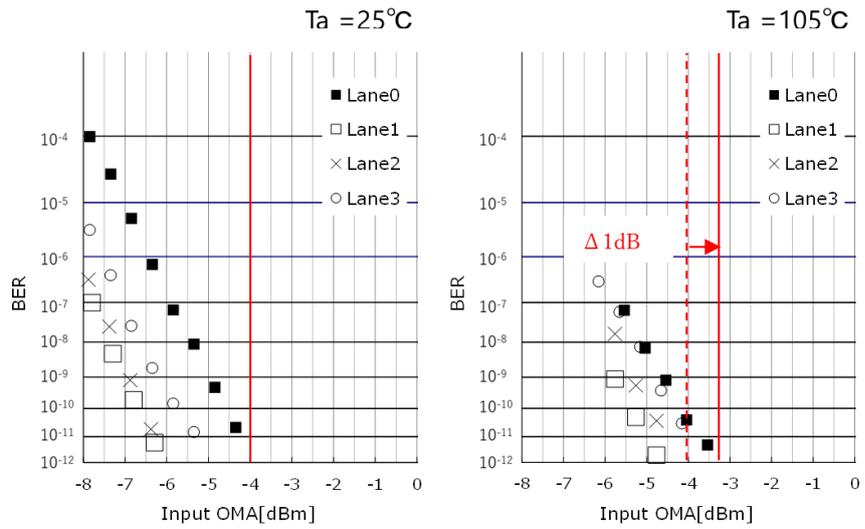


図 3-2. Rx 入力感度測定結果

4) Loop Back BER 結果

ループバック系における 25Gbps/Lane NRZ PRBS31 伝送 BER において各温度帯で $\text{BER} < 1\text{E}-12$ を確認。

Ta Ambient Temp.	105°C
Clock Rate	25.781 Gbps
PRBS	31
LDD Current	100mA/ch
Pre/Post Emphasis	on

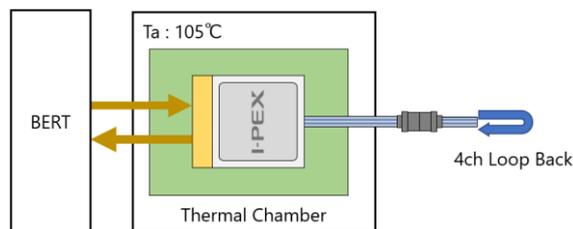


図 4-1. BER 測定条件と測定系 Error Free=1E-12

Ta Ambient Temp.	-40°C	0°C	25°C	85°C	105°C
Lane 0	Error Free				
Lane 1	Error Free				
Lane 2	Error Free				
Lane 3	Error Free				

図 3-2. BER 測定結果

まとめ

超薄型光トランシーバモジュールとして開発した光 I/O CORE 超小型光トランシーバチップを内蔵した LIGHTPASS EOB 100G は広範囲の温度において安定した動作を実現し放熱性と伝送性が優れていると証明。ケース温度(Tc)105°Cでもエラーフリー(BER<1E-12)動作を確認。その優れた特性を生かし幅広いマーケット及びアプリケーションへの活用が可能です。

提案する業種及び装置

医療:内視鏡、医療ロボット

通信:基地局(アンテナユニット、装置間接続)

情報:NIC

放送:業務用放送カメラ

航空宇宙:人工衛星(装置内接続)、アビオニクス

本テクノロジーを流用し、4 つの LIGHTPASS®シリーズの開発を進めています。

LIGHTPASS®-EOBII 100G

LIGHTPASS®-EOBII 128G

LIGHTPASS®-EOS 100G

LIGHTPASS®-SP Q28