

AA3TB10EY 高飽和出力、低雑音 1.3 μm SOA による PAM4 評価

目次

1	はじめに.....	3
2	市場動向.....	3
3	SOA 評価項目	4
3.1	飽和出力	4
3.2	雑音指数	4
3.3	SECQ	4
4	SOA 仕様.....	6
4.1	外形寸法	6
4.2	光学的・電気的特性	6
5	SOA 評価.....	7
5.1	飽和出力特性.....	7
5.2	利得波長特性.....	8
5.3	PAM4 信号伝送特性.....	8
6	結論	9

1 はじめに

AI の劇的な進化がもたらすトラフィックの急増に対応するため、サーバーやネットワーク機器の通信速度の継続的な増強が求められています。このため高速ネットワークを支える次世代イーサネット規格では、伝送容量増加のために従来の NRZ(2 値強度変調)伝送に加え PAM4 (4 値強度変調) 方式を採用することで、1 テラ超の光伝送システムの実現が加速しています。

さらにデータセンタネットワークも飛躍的な成長が続いています。光トランシーバモジュールは機器間を繋ぐ重要なコンポーネンツであり、SOA はその伝送距離の延長に広く使用されています。一方、伝送容量増加の必要性から PAM4 を活用した伝送方式が標準化されており、高品質な信号を忠実に出力する高飽和出力・低雑音 SOA への要求が高まっています。アンリツはこうしたニーズに応えるべく通信市場で蓄積した光デバイス技術を元に、高飽和出力・低雑音タイプの SOA AA3TB10EY を開発しました。

2 市場動向

IEEE802.3 100GbE/400GbE では、25 Gbaud の信号を波長多重化して最大 40 km まで伝送する方式(100GBASE-LR4, ER4, 400GBASE-LR8, ER8)を標準化しています。一方、光レーンの数を減らしてコスト削減を実現するため、100G Lambda MSA では 100 Gbps の単一光レーンが 25G の 4 レーンより 40%のコスト削減できると考え、MSA 規格(100G-LR1-20, -30, -40、400G-LR4-10, -30)を作成しています。そのほかにデファクトとして 400G IM-DD 信号を 40 km 伝送が可能な製品も出てきています。そのため、IM-DD 方式の信号を長距離伝送可能とするために、1.31 μm 帯で波長間隔約 2.3 nm の 100 Gbps PAM4 信号をリニアに増幅できる高飽和出力かつ低雑音な半導体光増幅器(SOA)が必要とされています。

IEEE802.3 規格および 100G Lambda MSA

	No. of Lanes	Signaling Rate	2 km	6 km	10 km	20 km	30 km	40 km
100GbE	×1	IM-DD 100Gbps PAM4	100GBASE-FR1			100G-LR1-20	100G-ER1-30	100G-ER1-40
	×4	IM-DD 25Gbps NRZ			LWDM ^{*1} 100GBASE-LR4			LWDM ^{*1} 100GBASE-ER4
400GbE	×4	IM-DD 100Gbps PAM4	CWDM4 400GBASE-FR4	CWDM4 100GBASE-LR4-6	nWDM ^{*2} 400G-LR4-10	-	nWDM ^{*2} 400G-ER4-30	nWDM ^{*2} (400G-ER-40)
	×8	IM-DD 50Gbps PAM4	CWDM 400GBASE-FR8		LWDM ^{*1} 400GBASE-LR8			LWDM ^{*1} 400GBASE-ER8

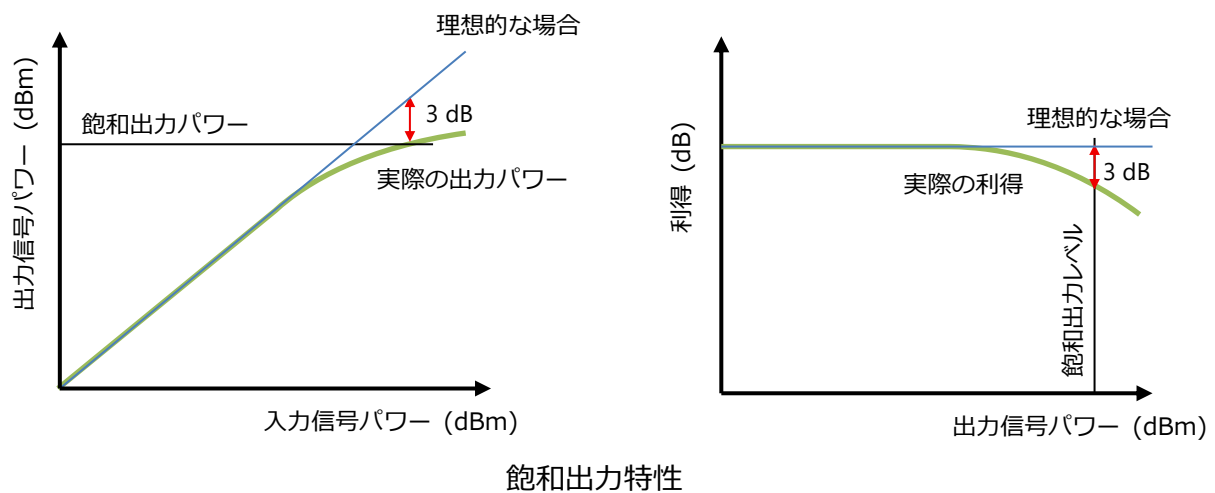
*1: LWDM (LAN WDM) 波長間隔は約 4.5nm (約 800GHz)

*2: nWDM (narrow WDM) 波長間隔は約 2.3nm (約 400GHz)

3 SOA 評価項目

3.1 飽和出力

SOA では電流注入により活性層にキャリア（電子と正孔）を供給し、入力光の大きさに応じて光を増幅することができます。入力光が十分小さいときは一定の利得で光を増幅できますが、大きくなるにつれキャリア消費が供給を上回るようになり、利得が減少してきます。一般に小信号利得より 3 dB 低下したときの出力を飽和出力と言います。利得が飽和すると光信号が歪むため通信エラーの原因となります。下図は飽和出力の説明図で、左図は XY 軸が入出力レベル、右図は X 軸を出力レベル、Y 軸を利得で表示しています。



3.2 雑音指数

光信号が増幅器を通ることでどれだけノイズが乗って信号の質（S/N 比）が悪化したか、を表す値が雑音指数（NF : Noise Figure）であり、次の式で定義されています。

$$NF = \frac{S/N_{in}}{S/N_{out}}$$

SOA の雑音指数の理論限界は 3 dB であり、キャリアを注入することにより発生する自然放光がバックグラウンドノイズとして S/N 比を悪化させます

3.3 SECQ

SECQ (Stressed Eye Closure Quaternary) は PAM4 光トランシーバの受信機器試験で用いられる光信号の評価指標で、「アイパターン」がどの程度閉じているか（信号品質の劣化）を表します。数値が小さいほど送信品質が良好であることを示し、次の式で表されます。

$$SECQ = 10 \log_{10} \frac{\sigma_G^2}{\sigma_S^2}$$

σ_S : 測定系の基準ノイズ

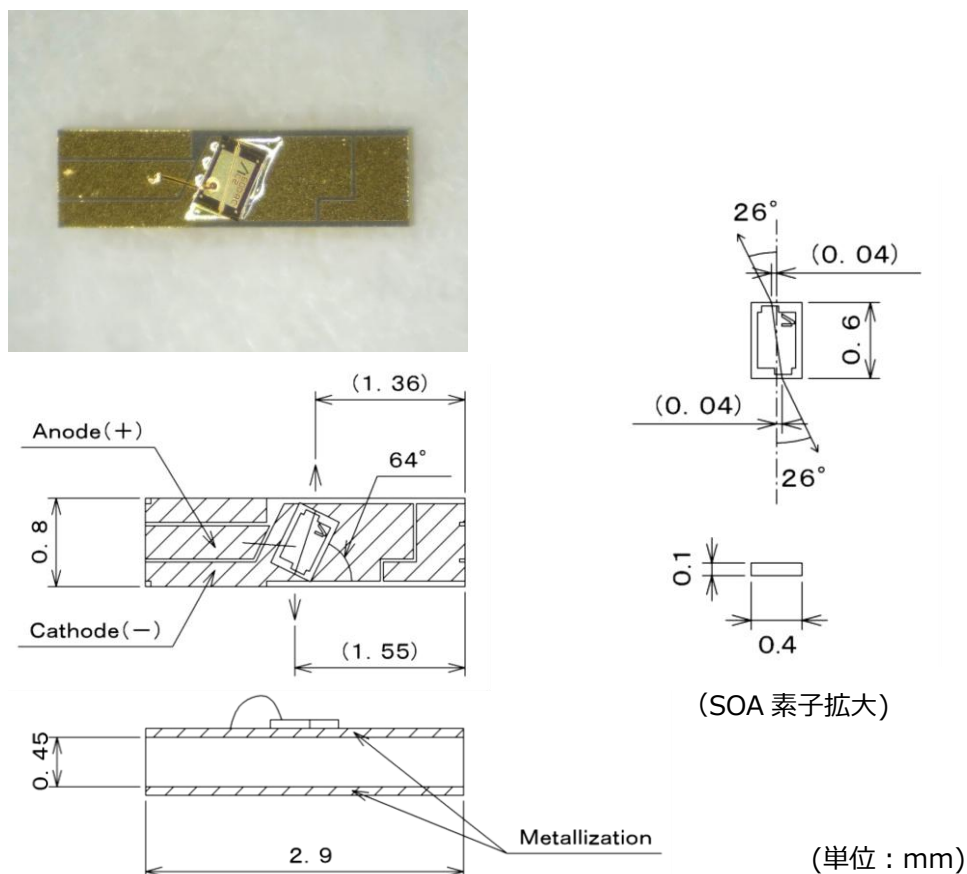
σ_G : 規定シンボル誤り率に達するために必要な付加ガウシアンノイズ量

同様の評価指標に TDECQ (Transmitter Dispersion and Eye Closure Quaternary)がありますが、こちらは送信機から出力された光信号がどれくらい劣化しているか、アイ開口がどれくらい閉じているか、を数値化したものですが光ファイバによる分散は考慮されません。値が低いほど高品質であることは同じです。

4 SOA 仕様

4.1 外形寸法

AA3TB10EY は 1.31 μm 帯の SOA チップを窒化アルミニウム製小型キャリアにマウントしたチップキャリアタイプの製品で、光集積回路への組み込み用に適しています。



外形図・外形寸法

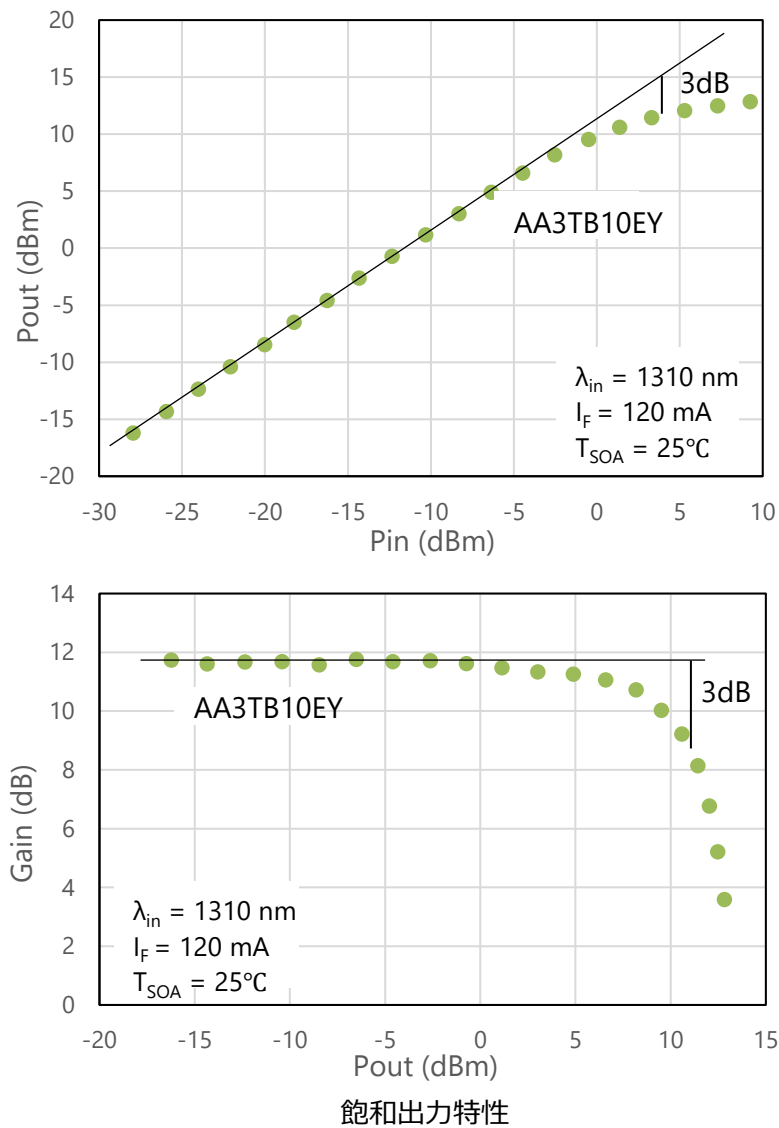
4.2 光学的・電気的特性

項目	Min.	Typ.	Max.	単位
光学利得	-	10	-	dB
偏波依存利得	-	1.5	-	dB
飽和出力	-	11.5	-	dBm
雑音指数	-	5.8	-	dB
放射広がり角 (水平方向)	-	23	-	deg.
放射広がり角 (垂直方向)	-	23	-	deg.
光出力	-	0.25	-	mW
順電圧	1.0	1.2	1.5	V

5 SOA 評価

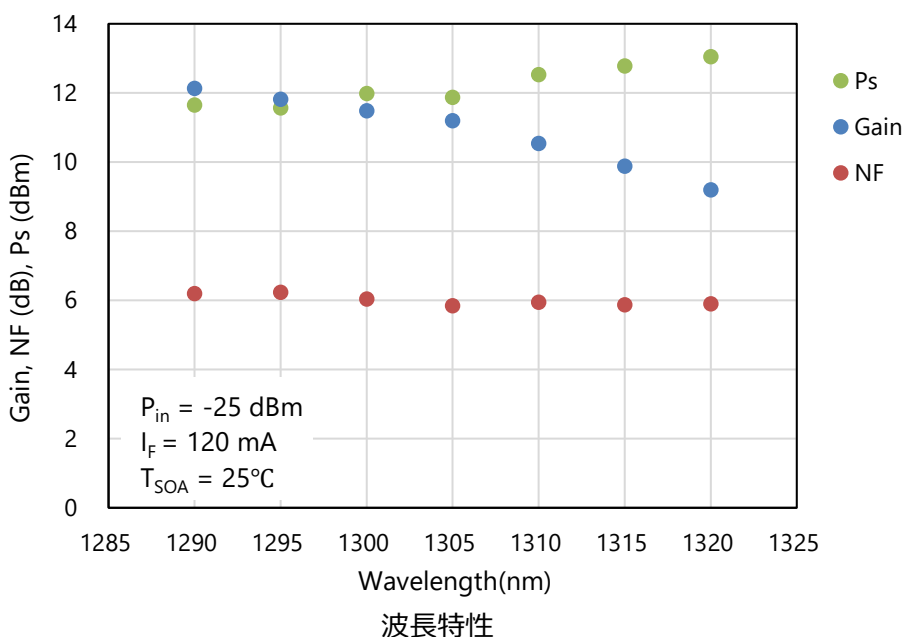
5.1 飽和出力特性

下図は AA3TB10EY の飽和出力特性です。当社従来製品に比較して利得を抑えることにより、高出力まで利得が伸びていることがわかります。これにより歪みの無い良好な波形品質が期待できます。



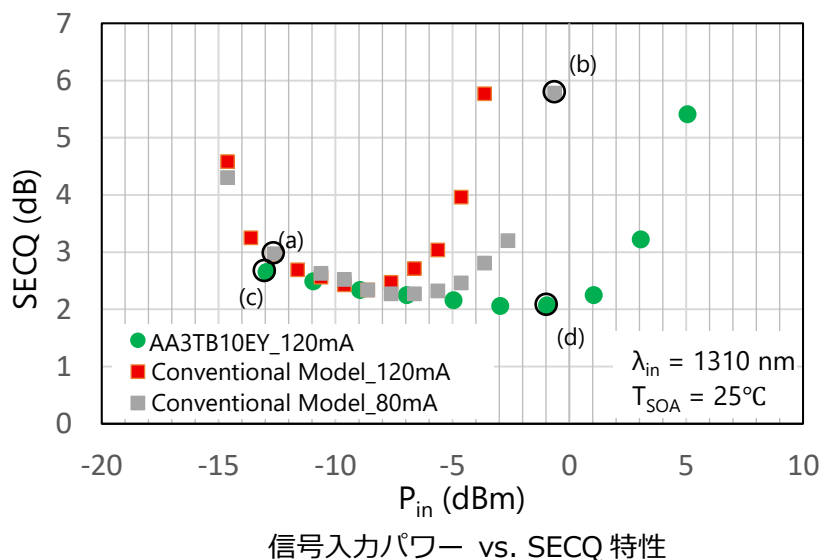
5.2 利得波長特性

AA3TB10EY は利得を抑えることで飽和出力と雑音指数を改善しています。その結果、従来品以上に利得波長帯域が広がるため、LAN-WDM で使用される 1295～1310 nm でも十分使用可能な帯域を有しています。

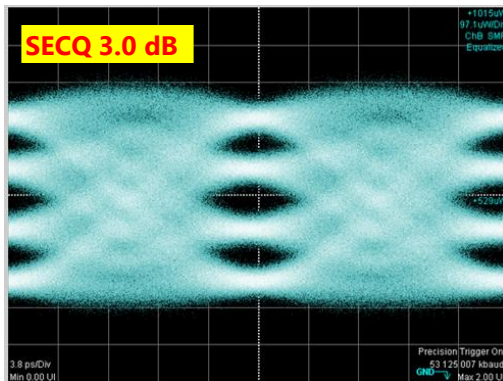


5.3 PAM4 信号伝送特性

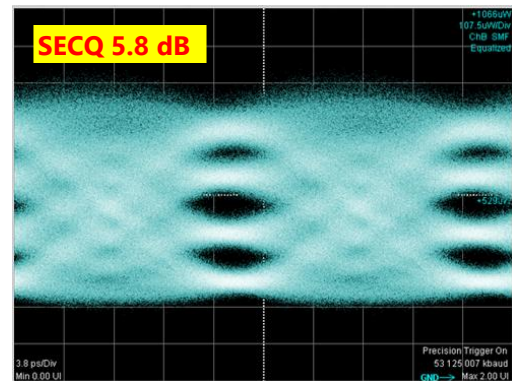
53 Gbaud PAM4 信号を入力した時の SECQ 評価結果を下図に示します。従来品に比べて AA3TB10EY では高い入力レベルまで優れた SECQ を確保できることを確認できました。



53 Gbaud PAM4

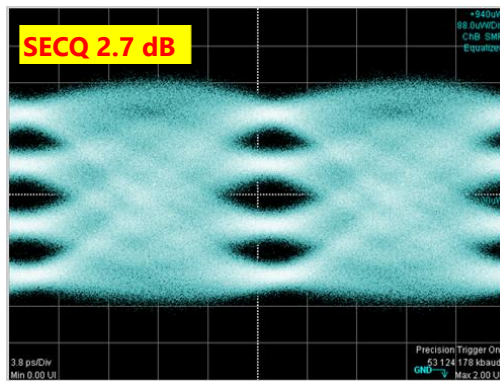


(a) $P_{in} = -13$ dBm

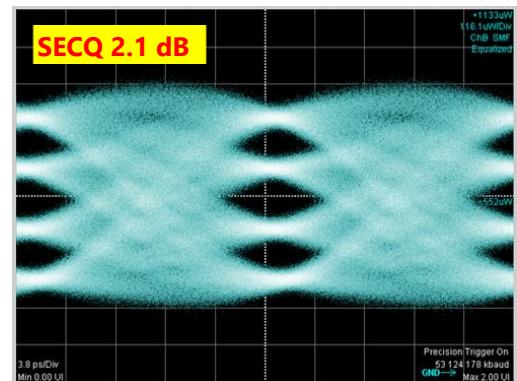


(b) $P_{in} = -1$ dBm

Conventional SOA ($I = 80$ mA) の SECQ 評価結果



(c) $P_{in} = -13$ dBm



(d) $P_{in} = -1$ dBm

AA3TB10EY ($I = 120$ mA)の SECQ 評価結果

6 結論

高飽和出力・低雑音タイプの SOA AA3TB10EY は、 $1.31 \mu\text{m}$ 帯における 100Gbps PAM4 信号のリニア増幅用途を想定して開発したチップキャリア型 SOA です。従来品に比べて高い入力光レベルまで利得飽和による波形劣化を抑制でき、53 Gbaud PAM4 信号入力時においても良好な SECQ 特性を維持できることを確認しました。また、LAN-WDM および narrow-WDM で使用される 1295~1310 nm に対して十分な利得帯域が得られます。

今後、AI の普及に伴うデータセンタ内外の通信容量増大により、100GbE/400GbE をはじめとする IM-DD 方式の長距離光トランシーバでは、PAM4 信号を高いリニアリティで増幅できる SOA の重要性がさらに高まると考えられます。AA3TB10EY は、高飽和出力、低雑音、広利得帯域を兼ね備えることで、100G Lambda MSA や 400G ER/LR クラスの光トランシーバ、ならびに小型・低消費電力な光集積回路への適用に貢献します。

アンリツは今後も高速光伝送システムに貢献する光デバイスをお客様に提供してまいります。



アンリツ株式会社

センシング&デバイスカンパニー 営業部

<https://www.anritsu.com/sensing-devices>

〒243-8555 神奈川県厚木市恩名5-1-1
TEL 046-296-6783 FAX 046-225-8390



お問い合わせURL

<https://www.anritsu.com/ja-jp/sensing-devices/contact-us>



ご使用前に「光デバイス取扱い上の注意点」をお読みください。

<https://www.anritsu.com/ja-jp/sensing-devices/guide/optdevices-handling>



■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替および外国貿易法の規定により、日本国政府の輸出許可または役務取引許可が必要になる場合があります。また、米国の輸出管理規則により、日本からの再輸出には米国商務省の許可が必要となる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。

■記載事項はお断りなしに変更することがあります。