Application Note

Anritsu Advancing beyond

AH15199B/AH15203A 広帯域リニアアンプ
448 Gbps 高速伝送信号への応用

目次

1 はじめに 3
2 市場動向 3
3 光デバイス評価(1) – EML - 4
4 光デバイス評価(2) – MZM - 6
5 224 Gbaud PAM4 光デバイス評価 7
6 まとめ 7

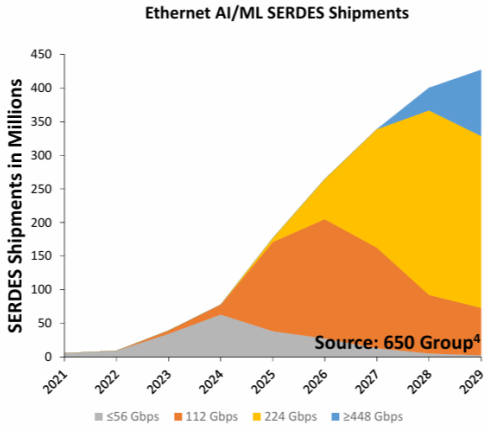
1 はじめに

人工知能(AI)ツールと技術の急速な普及に伴い、広い帯域幅の AI クラスタネットワークが求められています。現在の 800Gbps リンクでは不足しつつある中、次世代の AI クラスタの性能要求を満たすためには、1.6Tbps および 3.2Tbps (448Gbps/Lane)への対応が必要なってきます。IEEE802.3 では、これら需要に迅速に対応するために、400 Gbps per lane PHYs and Interface Study Group で標準化の議論を開始しています。また、OIF でも、Next Generation CEI-448G Framework で次世代データレート 448 Gbps システムを実現するための検討を進めています。

シンボルレートを倍増させることなく 448 Gbps を実現するために PAM6, PAM8 にも注目されていますが、PAM6, PAM8 はシンボル当たりのデータスループットが高い反面、ノイズの影響を受けやすく高い SNR 信号が必要となります。このアプリケーションノートでは、IEEE802.3ck/dj および PCIe Gen6/7 で実績のある PAM4 を前提とした 488 Gbps 光デバイス評価の例を紹介します。

2 市場動向

人工知能(AI)/機械学習(ML)の驚異的な成長により、システム相互接続と帯域幅の拡大は、前例のない需要をもたらしています。データセンター事業者は、AI ネットワークを急速に拡大しており、より広い帯域幅と光インターコネクタの利用拡大のニーズに牽引され、レーンあたり 448 Gbps のイーサネットが採用される見込みです。図 1 に示す Ethernet AI/ML SERDES Shipments レポートによると、448 Gbps 信号伝送の市場ニーズは、2027 年から始まると予測されています。



Source: 650 Group 4Q24 AI Networking (Ethernet and InfiniBand) Report

図 1 Ethernet AI/ML SERDES Shipments

3　光デバイス評価(1) – EML -

被試験デバイス（DUT）をテストする際の主な課題の 1 つは、信号源の波形品質が十分であるかどうか確認することです。そのため、信号を歪ませる要因となるケーブル等の外部機器の周波数特性(LOSS)の影響を、テスト対象デバイス(DUT)に送信する前に AWG(DAC)によるデ・エンベデット機能により補正（校正）しておく必要があります。特に 224 Gaud PAM4 のような高速信号になると信号源の出力レベルも十分でないため、外付けのアンプが必要となります。その際に重要となるのが、増幅器の S21 特性が伝送信号のナイキスト周波数で十分なゲインを有しているかです。224 Gaud PAM4 を増幅させる場合 112 GHz のナイキスト周波数以上の伝送特性が重要になります。帯域特性が狭いと群遅延特性によりスキュー方向の波形歪が生じます。そのため、帯域は 112 GHz 以上必要となります。

図 2 に市販の 224 Gbaud PAM4 信号源に AH15203A バイアスティ内蔵広帯域リニアアンプ(S21, S11/S22 は図 3 参照)を外付けにした例を示します。図 4 に代表的な出力波形を示しますが、シングルエンドの場合、出力振幅は 0.58 V_{pp}、TDECQ は 2.95dB (@9.7E-3)ですが、2 系統の差動の場合は、出力振幅は 1.15 V_{pp}、TDECQ は 1.78 dB (@9.7E-3)の信号が得られます。

差動信号にすることにより SNR が改善するため、TDECQ 値も同じ条件で測定した場合、シングルエンドに比較して改善(2.95 dB⇒1.78 dB)できます。

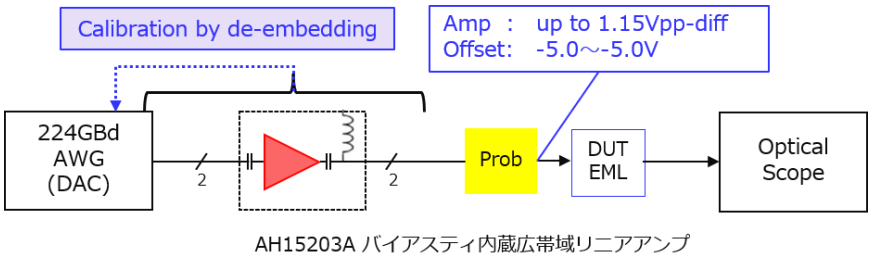
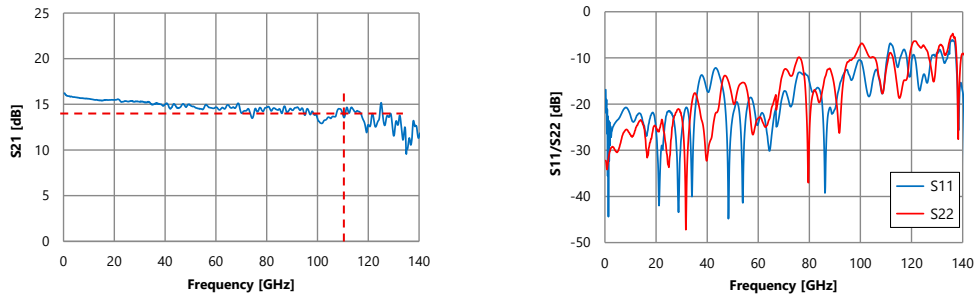


図 2　224 GBaud PAM4 光デバイス評価構成例（差動）

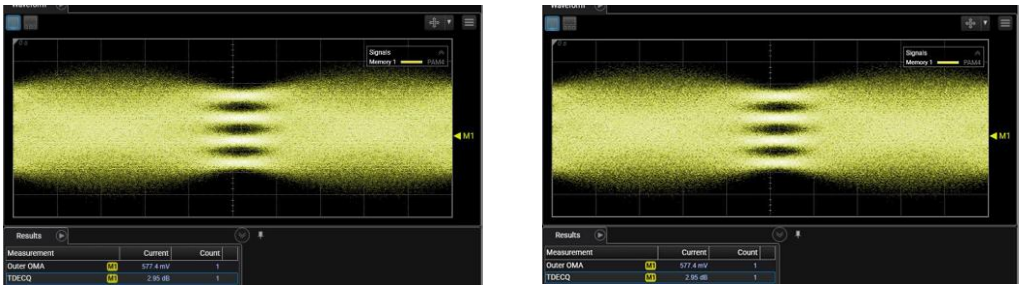


S21　　S11/S22

図 3 周波数応答特性 (AH15203A)

224 Gbaud シングル
1 段増幅 (AH15203A)

(b) 224 Gbaud 差動
1 段増幅 (AH15203A) x 2



Outer OMA = 0.577 V
TDECQ = 2.95 dB (@9.7E-3)

Outer OMA = 1.155 V
TDECQ = 1.78 dB (@9.7E-3)

図 4 代表的な出力波形 (AH15203A 接続時)

4 光デバイス評価(2) – MZM -

中長距離伝送に使用される MZ 変調器をドライブさせるには、2.0 Vpp の高振幅信号が必要となります。 224 Gbaud PAM4 信号源 (AWG/DAC 等)の出力レベル (約 100 mVpp)を増幅して 2.0 Vpp 以上の出力信号を得るには、23.5 dB 以上の高いゲイン特性が必要になります。SNR は悪化しますが、Gain 23.5 dB を実現するために、図 5 のように AH15199B+AH15203A 広帯域リニアアンプ(S21, S11/S22 は図 6 参照)を 2 段カスケード接続した事例を示します。図 7 に代表的な出力波形を示しますが、シングルエンドの場合は、出力振幅 1.00 V_{pp} ですが、差動にすることにより 2.00 $V_{pp\text{-}diff.}$の出力振幅が得られます。

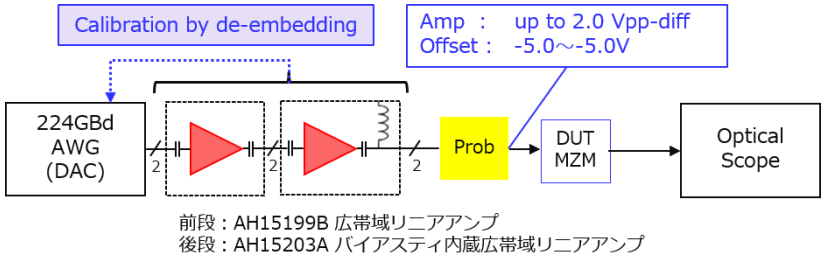
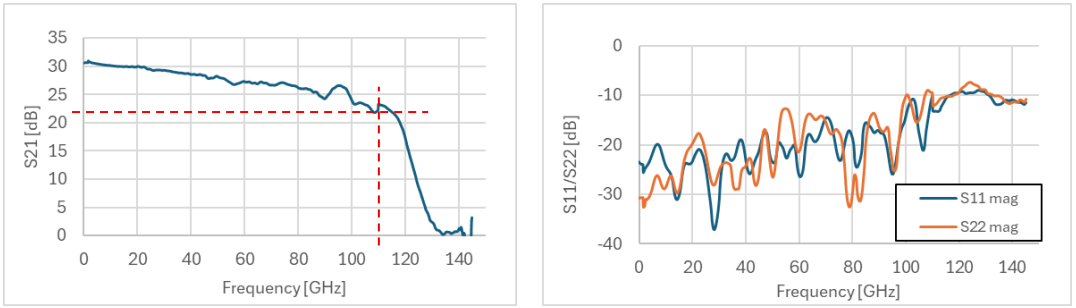


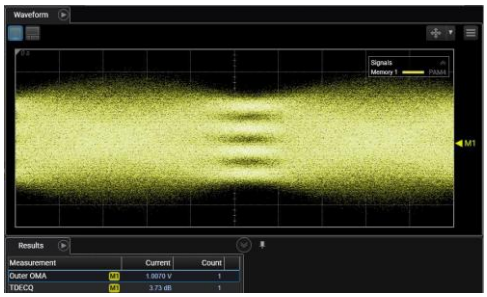
図 5　224 GBbaud 外付けアンプ 2 段構成例（差動）



S21　　S11/S22

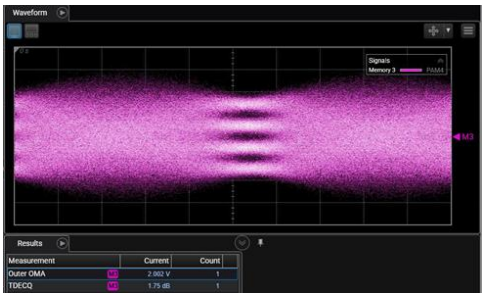
図 6 周波数応答特性 (AH15199B+AH15203A)

(a) 224 Gbaud シングル
2 段増幅 (AH15199B+AH15203A)



Outer OMA = 1.00 V
TDECQ = 3.73 dB (@5.0E-2)

(b) 224 Gbaud 差動
2 段増幅 (AH15199B+AH15203A) x 2



Outer OMA = 2.00 V
TDECQ = 1.75 dB (@5.0E-2)

図 7 代表的な出力波形 (AH15199B+AH15203A)

5　224 Gbaud PAM4 光デバイス評価

図 8 に示すように、広帯域リニアアンプを 2 段カスケード接続して使用することにより、224 Gbaud PAM4 の信号を 1.0 V_{pp} まで増幅できます。さらに、224 Gbaud PAM4 の信号源を 2 ライン用意して差動信号として使用した場合、2.0 $V_{pp\text{-}diff.}$まで増幅した信号を得ることができます。差動(2 ライン)で使用する場合は、SNR が改善されるため、TDECQ が改善するメリットもあります。

AH15199B および AH15203A のいずれの広帯域リニアアンプもカスケード接続できますが、後段にバイアスネットワーク内蔵の広帯域リニアアンプ(AH15203A)を接続することにより、出力信号にオフセット調整が必要なデバイス評価に適しています。

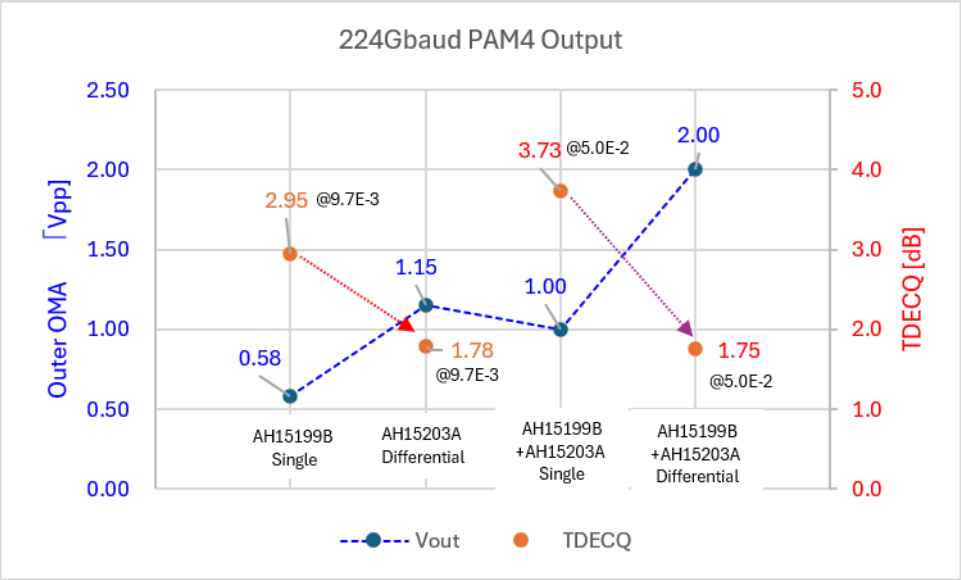


図 8　224 Gbaud PAM4 出力

6　まとめ

次世代 448 Gbps (224 Gbaud PAM4)伝送向けの光デバイス評価では、2.0 V_{pp} 高振幅など様々な要求があります。アンリツは、140 Gbaud 超の光デイバス製品の評価に適用できる信号源として広帯域リニアアンプを提供しています。今後もアンリツは、最新の評価実現のためのソリューションをお客様に提供してまいります。

Anritsu
Advancing beyond

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

お問合せURL
https://www.anritsu.com/ja-jp/sensing-devices/contact-us

ご使用の前に「UFED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/electrondevices-handling

■本製品を閣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。

D-AH15199B_AH15203A-J-F-1