

第5世代移動通信システム基地局用 50Gbps EML CAN

渡辺洋次郎*
Yojiro Watanabe
福島颯太*
Hayata Fukushima
那須雅樹*
Masaki Nasu

中村誠希†
Seiki Nakamura

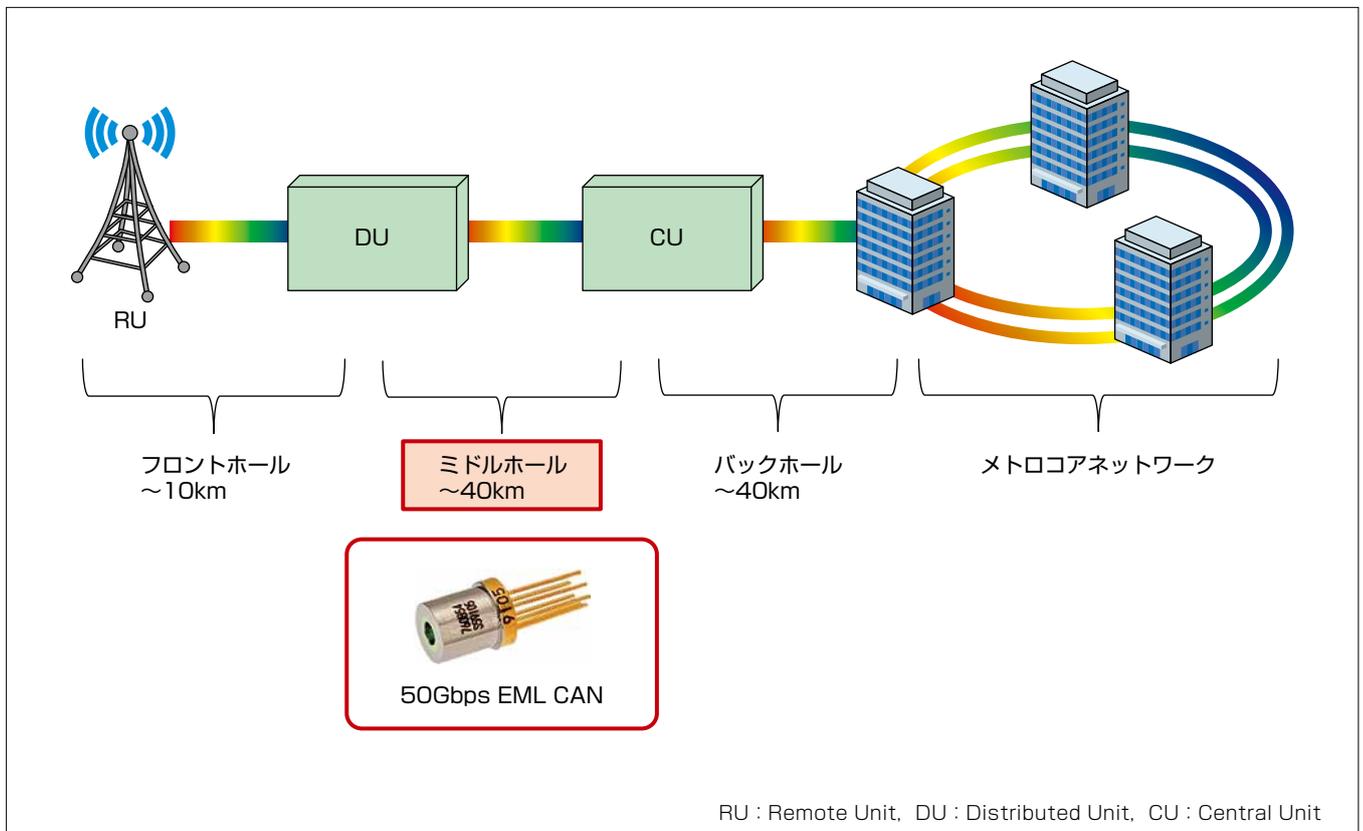
50Gbps EML CAN for 5G Base Stations

要 旨

急速に増大しているデータ通信量の需要に対応するため、第5世代移動通信システム(5G)の普及が広がっている。トラフィックが集中する5G基地局には大容量光通信システムが適用され、5G基地局ネットワークのミドルホールに適用する伝送速度50Gbpsの光デバイスとして26Gbaudの4値パルス変調(Pulse Amplitude Modulation-4 : PAM4)で動作する電界吸収型変調器集積レーザ(Electro-absorption Modulated Laser : EML)が求められている。

26Gbaud PAM4で動作するEML製品としては、セラミックと金属が一体になったBOX型パッケージを適用した製品が一般的である。今回、25Gbps EML CAN⁽¹⁾のFPC

(Flexible Printed Circuit)上の伝送線路と駆動条件を最適化して、26Gbaud PAM4動作で消光比7.0dB、TDECQ (Transmitter and Dispersion Eye Closure Quaternary) 2.0dBを得た。ペルチェ効果を利用した熱電変換素子の消費電力は、ケース温度+80℃では0.19W、-5℃では0.20Wであり、BOX型パッケージの0.26Wに比べて23%低くできた。C-temp(-5~+80℃)で動作可能な、5G基地局ネットワークのミドルホール対応の標準規格50GBASE-ER (26Gbaud PAM4 40km伝送)に適合する特性(消光比 \geq 6dB、TDECQ \leq 3.2dB)を低コストで低消費電力のCAN型パッケージで実現した。



5G基地局ネットワークのミドルホールに適用する50Gbps EML CAN

EMLは電界吸収(Electron-Absorption : EA)型光変調器と分布帰還形レーザが集積された半導体レーザの一種である。分布帰還形レーザと比較して高速動作と長距離伝送に優れるため、25Gbps以上の高速動作が求められる送信光源や10Gbpsの長距離伝送用として採用されている。5G基地局ネットワークのミドルホールに適用する伝送速度50Gbpsの光デバイスとして、26Gbaud PAM4で動作する50Gbps EML CANを実現した。

1. ま え が き

急速に増大するデータ通信量の需要に対応するために、2020年から5Gのサービス提供が普及し始めている。5Gへの移行に伴い、5G基地局ネットワークの光通信市場が活況になっており、トラフィックが集中する5G基地局には大容量通信システムが適用され、各階層に適用される光デバイスも高速化されている。図1に、光デバイスが適用される5G基地局ネットワークを示す。ミドルホールでは伝送速度50Gbpsの光デバイスが適用され、伝送距離は40kmである。

伝送速度50Gbpsの実現方法としては、セラミックと金属が一体になったBOX型パッケージ(図2(a))にEML素子を搭載して、26Gbaud PAM4動作をさせることが一般的である。CAN型パッケージ(図2(b))を適用する場合、インピーダンス不整合による帯域制限が発生し、26Gbaud PAM4動作に十分な帯域を得ることが難しい。

今回、25Gbps EML CAN⁽¹⁾のFPC(Flexible Printed Circuit)上の伝送線路と駆動条件を最適化して、26Gbaud PAM4動作で消光比7.0dB、TDECQ 2.0dBを得た。熱電変換素子の消費電力は、ケース温度+80℃では0.19W、-5℃では0.20Wであり、BOX型パッケージの0.26Wに比べて

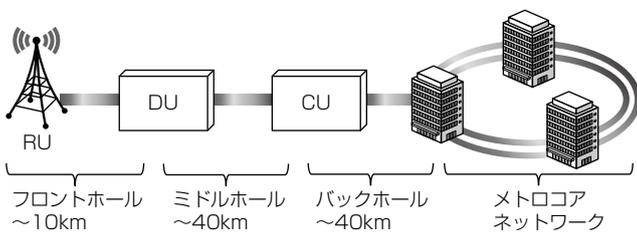
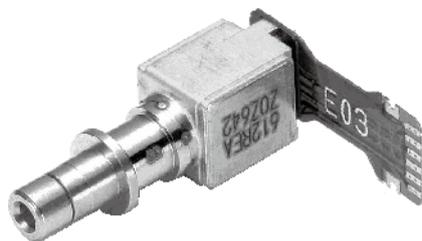


図1. 5G基地局ネットワーク



(a) BOX型EML TOSA



(b) 26Gbaud PAM4 EML CAN

TOSA : Transmitter Optical Sub-Assembly

図2. BOX型パッケージとCAN型パッケージ適用のEML

23%低くできた。C-temp(-5~+80℃)で動作可能な、5G基地局ネットワークのミドルホール対応の標準規格50GBASE-ERに適合する特性(消光比 ≥ 6 dB, TDECQ ≤ 3.2 dB)を低コストで低消費電力のCAN型パッケージで実現した。

2. パッケージの外形

50Gbps EML CANのCAN型パッケージの外形寸法は業界標準の $\Phi 5.6$ mmである。図3にパッケージの外形図を、図4にピン配置を示す。EMLは温度変化による特性変動が大きいため、熱電変換素子と、EML近傍の温度を検知するサーミスタを使ってEMLの温度を一定に制御する必要がある。また、LD(Laser Diode)駆動電流を一定に制御するため、背面光出力をモニタするPD(Photo Diode)も内蔵している。レンズ形状は一般的な円筒形状になっており、図5のようにTOSAにすることが容易な構成になっている。

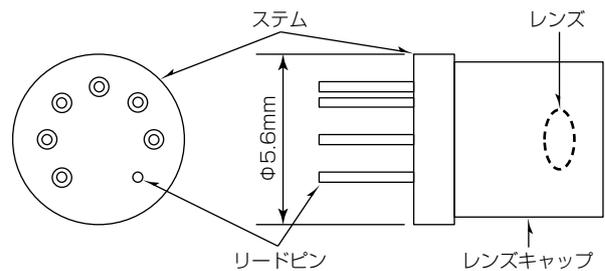


図3. パッケージの外形図

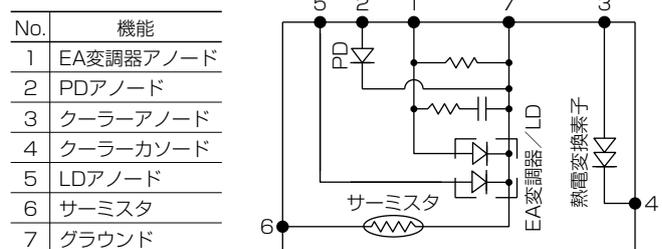


図4. ピン配置

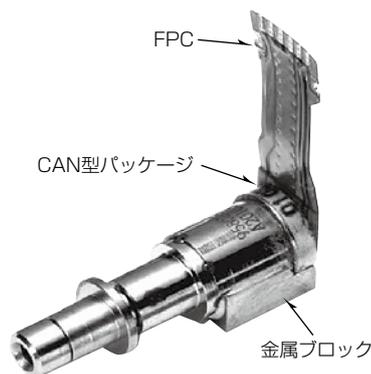


図5. CAN型EML TOSA⁽²⁾

3. EMLの素子構造

図6にEMLの素子構造を示す。レーザ部は効率・高速動作に優れる埋め込み型にし、EA変調器部は低変調電圧と高速動作を両立させるため、長尺化と、図6(c)のように吸収層の狭幅化を行った。吸収層を狭幅化すると光閉じ込め係数が低下するが、ハイメサ型にすることによって高い光閉じ込め係数を維持している⁽³⁾。このようにレーザ部とEA変調器部を異なる導波路構造にすることによって両者の特性を引き出している。また、EA変調器の先にはスポットサイズ変換器を搭載することでシングルモードファイバへの結合効率を向上させている。

4. FPC上の伝送線路のインピーダンスと周波数特性

CAN型パッケージの帯域悪化はEMLを駆動するドライバICとEML素子間のインピーダンス不整合に起因する。特にステムガラス貫通部とEML素子間で発生する電氣的多重反射で帯域悪化が発生しやすいため、25Gbps EML

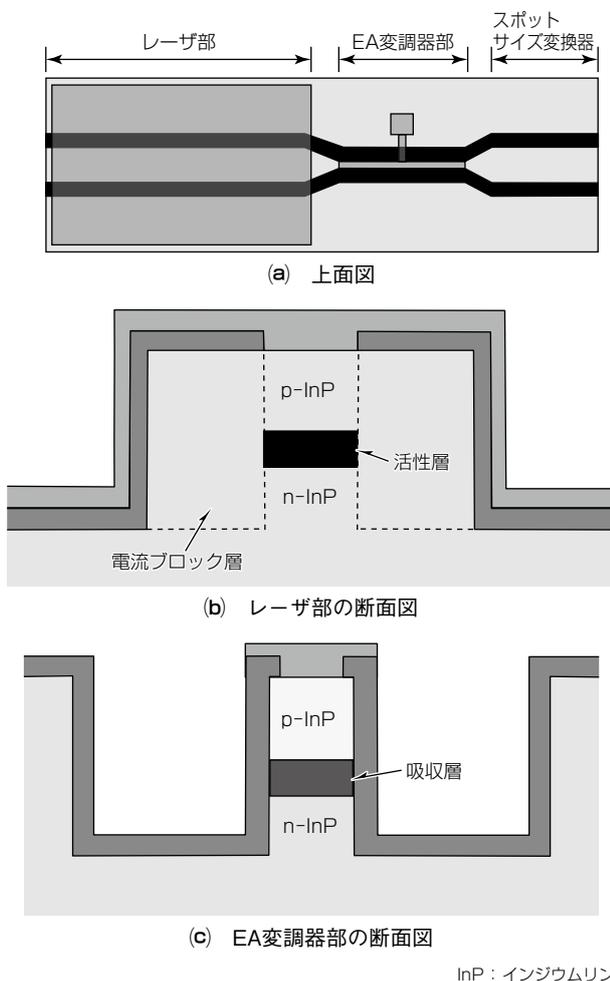


図6. EMLの素子構造図

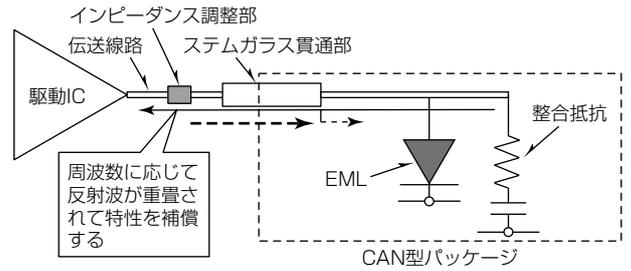


図7. インピーダンス調整部による周波数応答特性の補償

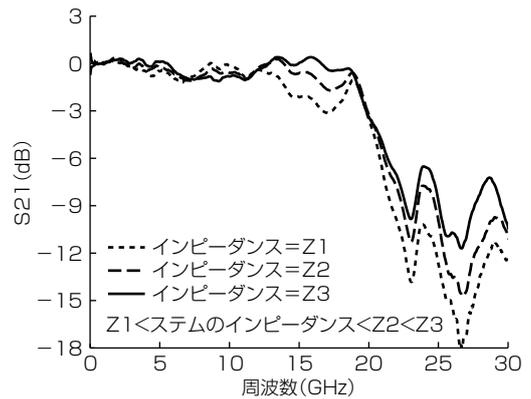


図8. 周波数応答特性のインピーダンス依存性

CANでは、CANパッケージ内部の伝送線路も含めたインピーダンス整合を改善することで帯域改善を図った⁽¹⁾。今回、ステムガラス貫通部のインピーダンス不整合に合わせて、反射波で利得の凹凸を補償するようにFPC上の伝送線路の一部のインピーダンスを調整した。図7に概念図を示す。インピーダンス調整部で、周波数に応じて反射波が重畳されるため、周波数応答特性を補償する効果がある。図8に、FPC上の伝送線路で、同一部分のインピーダンス値を変化させたときの周波数応答特性を示す。インピーダンス調整部を設けることによって、周波数応答特性を平滑化できることを確認した。

5. 評価結果

4章の結果を基に、FPC上の伝送線路を最適化した。図9に、FPC等の伝送線路も含めた50Gbps EML CANの周波数応答特性の評価結果を示す。周波数応答特性の3dBカットオフ周波数は19.4GHzであった。図10に、BTB(Back To Back)の光波形を示す。駆動条件はボーレート26Gbaud、変調方式PAM4、ケース温度(T_c)25°C、EMLの設定温度(T_{id})50°C、LD駆動電流(I_{op})100mA、EML変調電圧振幅(V_{pp})1.3V、EAオフセット電圧(V_{off})-1.5Vである。評価の結果、消光比7.0dB、TDECQ 2.0dBであり、5G基地局のミドルホール対応の標準規格50GBASE-ERに適合する特性(消光比 ≥ 6 dB、TDECQ ≤ 3.2 dB)を低コストな

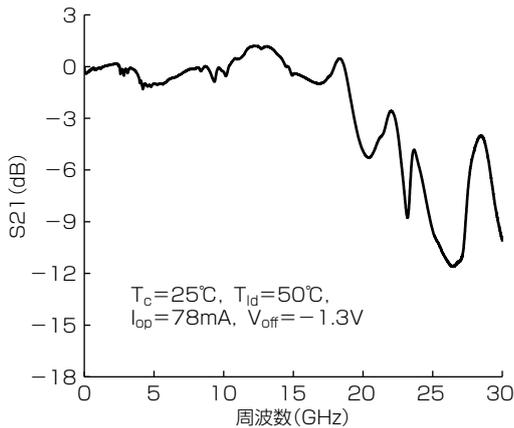


図9. 50Gbps EML CANの周波数特性の評価結果

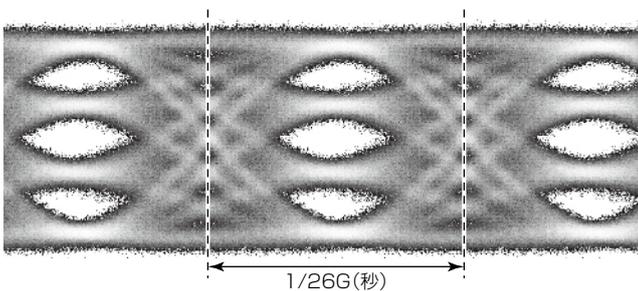


図10. 26Gbaud PAM4動作時の光波形

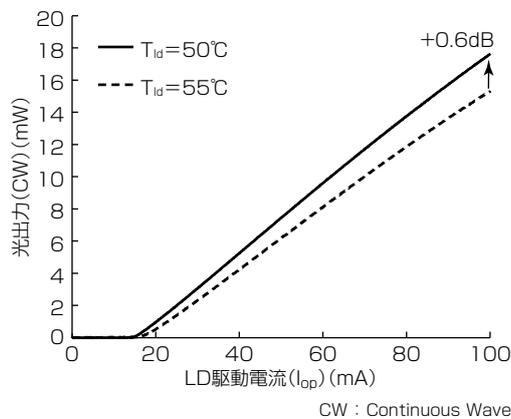


図11. Tld50°Cと55°Cのときの光出力特性

CAN型パッケージで実現した。

また、フロントホール向けに開発した25Gbps EML CAN⁽¹⁾では、使用環境温度がI-temp(-40~+95°C)のため、熱電変換素子の消費電力を考慮してEMLの設定温度(Tld)を55°Cにした。今回のミドルホール向けでは、使用環境温度はC-temp(-5~+80°C)であるため、EMLの高出力化のためにTldを低くしても、熱電変換素子の消費電力を低く保つことができる。そこで、ケース温度が-5°Cと+80°Cで消費電力が同じ程度になるように、50Gbps EML CANのTldは50°Cにした。図11に、Tld50°Cと55°Cのときの光出力特性を示す。駆動電流(Iop)100mAのときで、50°Cにする

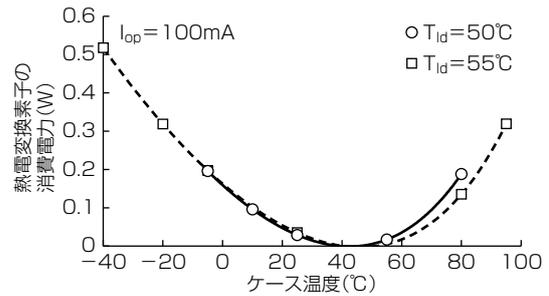


図12. 熱電変換素子の消費電力の評価結果

表1. 50Gbps EML CANの目標仕様と評価結果

| 項目 | 目標仕様 | 評価結果 |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 発振波長 | 1,304.5~1,317.5nm | 1,309.0nm |
| 光出力(CW)@Iop=100mA | ≥10.9dBm | 12.3dBm |
| 3dBカットオフ周波数 | — | 19.4GHz |
| 消光比 | ≥6.0dB | 7.0dB |
| TDECQ | ≤3.2dB | 2.0dB |
| 熱電変換素子の消費電力 | ≤0.70W@-5°C ≤0.42W@+80°C | ≤0.20W@-5°C ≤0.19W@+80°C |

ことによって光出力を+0.6dB高めることができる。また、図12に、ケース温度を-5°Cから+80°Cに変化させたときの熱電変換素子の消費電力を示す。比較のために、Tld55°Cで動作させたときの消費電力も併せて示す。熱電変換素子の消費電力は、ケース温度+80°Cでは0.19W、-5°Cでは0.20Wであり、C-temp(-5~+80°C)での動作が可能である。

表1に50Gbps EML CANの目標仕様と評価結果を示す。

6. むすび

5G基地局ネットワークのミドルホール向けに25Gbps EML CAN⁽¹⁾のFPC上の伝送線路を最適化して周波数応答特性を平滑化して、さらに駆動条件についても最適化して高出力化を図り、26Gbaud PAM4で動作する50Gbps EML CANを実現した。光波形の評価を実施して、BTBで消光比7.0dB、TDECQ 2.0dBの良好な光波形を得ることができ、5G基地局のミドルホール対応の標準規格50GBASE-ER(26Gbaud PAM4 40km伝送)に適合する特性(消光比≥6dB、TDECQ≤3.2dB)を低コストなCAN型パッケージで実現した。熱電変換素子の消費電力は、ケース温度+80°Cでは0.19W、-5°Cでは0.20Wであり、C-temp(-5~+80°C)での動作が可能である。

参考文献

- (1) 渡辺洋次郎, ほか: 第5世代移动通信基地局向け25Gbps CAN型EML, 三菱電機技報, 93, No.3, 167~171 (2019)
- (2) 大谷龍輝, ほか: 80km伝送用低消費電力CAN型10Gbps EML-TOSA, 三菱電機技報, 89, No.5, 303~306 (2015)
- (3) 大和屋 武, ほか: 次世代100GbEトランシーバ向けハイブリッド導波路型EMLの低電圧・高温動作, 電子情報通信学会総合大会2013, C-4-18 (2013)