

光給電型 RoF システムの開発

柳澤 幸樹[†] 諏訪部 豊[†] 小原 なつき[†]

[†]株式会社多摩川電子 システム部 〒252-1113 神奈川県綾瀬市上土棚中 3-11-23

E-mail: [†] yanagisawa-yoshiki@tmex.co.jp

あらまし 光給電型 RoF (Radio over Fiber) レシーバシステムを試作し、その性能について評価を行った。レシーバシステムの基本性能は帯域 7.5GHz, 感度 -80dBm, 伝送距離 20m 以上であることを確認した。光給電型 RoF (Radio over Fiber) トランスミッタシステムでは、試作に向け性能確認用の試作・評価を行い、帯域 10GHz 以上、出力 -10dBm 以上が可能であることを確認した。

キーワード 光ファイバ無線, 光給電, 電磁界測定

Radio over Fiber System For Electromagnetic Measurement

Yoshiki YANAGISAWA[†] Yutaka YANAGISAWA[†] and Natsuki OBARA[†]

[†] System Department, TAMAGAWA ELECTRONICS CO.,LTD. 3-11-23, Kamitsuchidana-naka, Ayase-Shi,
Kanagawa, 252-1113 Japan

E-mail: [†] yanagisawa-yoshiki@tmex.co.jp

Abstract We have developed a Radio over Fiber(RoF) System with Optical Power Supply Using Optical Fibers and evaluated the performance. The bandwidth of the receiver system is 7.5GHz, the sensitivity is -80dBm, the transmission distance is 20m or more.

In the transmitter system of RoF with Optical Power Supply performs a trial and evaluated for performance verification for the prototype. The bandwidth of the transmitter system is 10GHz or more, and it was confirmed that the output is -10dBm or higher.

Keywords Radio over Fiber, Power over Fiber, Electromagnetic field measurement,

1. まえがき

1.1. Radio over Fiber (RoF)

RF (無線周波数) 信号を光信号に変換し、光ファイバを用いて長距離を伝送する技術である。電気信号を光に変換する手段としては直接変調型の半導体レーザーや外部変調器が用いられる。光信号を電気信号に変換する手段としてはフォトダイオード (PD) が用いられている。

使用する光ファイバは長距離 (~数十 km) を伝送する場合はシングルモードファイバ (SMF) を用いる。しかしながら、電磁界計測では主に伝送距離は 30m もあれば十分であり、マルチモードファイバ (MMF) を用いても良い。

1.2. Power over Fiber (光ファイバ給電)

レーザーから出力される光エネルギーを光ファイバで伝送し、光電変換素子 (PV) にて光エネルギーを電力に変換し供給する技術である。現状の PV は数十 mW の電力供給が可能であり 200mW 程度の半導体レーザーが電力源として必要である。

1.3. 電磁界計測用光給電型 RoF システム

電磁界計測の分野においても ROF 技術と光ファイバ給電技術を応用した電磁界計測の研究開発がされており [1] [2], 筆者らもアンテナ計測や Electromagnetic Compatibility (EMC) 計測などへの適用性を確認すべく光給電型 RoF システムの開発を行ったので報告する。

2. 光給電型 RoF システム構成

2.1. 光給電型 RoF レシーバ

光給電型 RoF レシーバの構成を図 1 に示す。

光給電型 RoF レシーバヘッドは、光給電用の PV と電気/光変換に用いる直接変調型半導体レーザーおよびレーザー駆動回路で構成される。システム性能としては、EMC 計測等の用途も考慮し、伝送帯域 6GHz 以上を安定に伝送ができるようシステム検討を行った。PV の最大供給電流は 20mA であるため、半導体レーザーは、小型で低消費電力動作が可能な光波長 850nm の面発光レーザー (VCSEL) を使用した。

ヘッド、コントローラ間の RF 伝送用光ファイバは、850nm の VCSEL を使用しているため MMF を用いる。MMF の伝送帯域はモード分散により帯域が制限され、一般的な OM2 ファイバ (GI50/125um) [3] では最小伝送帯域 500MHz・km であり、伝送帯域を 6GHz とすると伝送距離 80m となる。本システムでは光ファイバの伝送帯域制限の影響がない、広帯域なファイバを使用する必要があり、OM3 ファイバ (GI50/125um) を採用した。OM3 ファイバは、最小伝送帯域が 1500MHz・km 以上であり、システム伝送帯域の 3 倍に相当する 15GHz を伝送しても 100m 以上の伝送が可能である。

光給電 RoF レシーバ用コントローラは、光給電用光源と光レシーバで構成される。光増幅器の励起光源として使用されている 1480nm 半導体レーザーを光給電用光源として用いている。光レシーバは低雑音化のため、トランスインピーダンス内臓の PD を採用した。

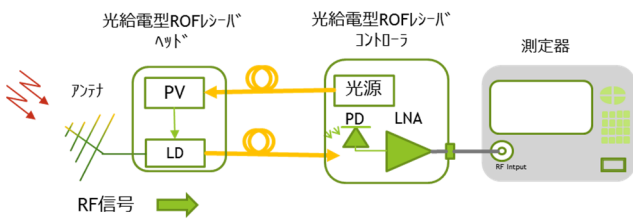


図 1 光給電型 RoF レシーバ

2.2. 光給電型 RoF トランスミッタ

光給電型 RoF トランスミッタの構成を図 2 に示す。

光給電型 RoF トランスミッタヘッドは、光給電用の PV と光/電気変換用の PD で構成される。PD から出力される RF 信号の出力を大きくするため、PD は高光入力、高リニアリティの InGaAsPD を採用した。光平均入力パワー 10mW、変調度 80%とした場合、PD の RF 出力は -5dBm 程度となる。

光給電 RoF トランスミッタ用コントローラは、光給電用光源と電気/光変換用の直接変調用レーザー、RF 信号を増幅するパワーアンプ (PA) で構成される。直接変調用レーザーは、光平均出力 12mW 以上の半導体

レーザーを使用した。

ヘッド、コントローラ間の光ファイバは、すべて SMF を使用しているためモード分散による帯域制限を考慮する必要がない。

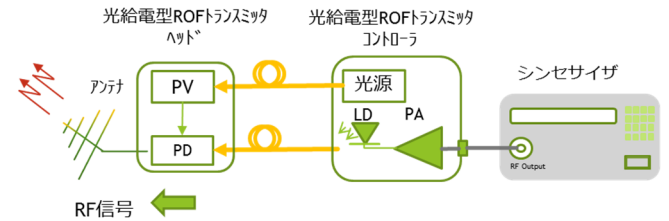


図 2 光給電型 RoF トランスミッタ

図 3 は、今回開発した光給電型 RoF レシーバの外観である。RF 信号の入力部は、アンテナやプローブを接続できるように SMA コネクタとしている。ヘッド部分は、レーザーへの電磁誘導を抑えるためシールド構造とした。



図 3 光給電型 RoF レシーバ

3. 光給電型 RoF レシーバの特性

ネットワークアナライザとステップ型可変アッテナを用いて 0dBm ~ -80dBm まで 10dB ステップで入力レベルを可変し光給電型 RoF レシーバの伝送特性を測定した結果を図 4 に示す。RoF レシーバの伝送帯域は、入力レベル範囲においてほぼフラットな特性が得られた。参考として、本レシーバの上限遮断周波数は 7.5GHz、低域遮断周波数は 100kHz である。

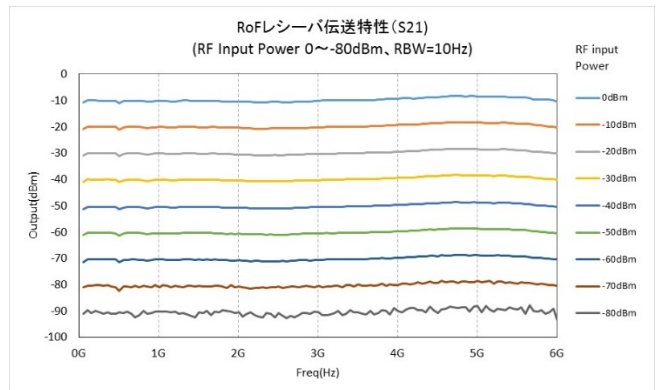


図 4 光給電型 RoF レシーバの伝送特性

図5は、MMFによる伝送特性への影響を比較するため、OM3ファイバ (l=20m) と OM1ファイバ (l=30m) での伝送特性を測定し比較した結果である。手順としては、最初に基準ファイバを接続し基準を測定した後、2種のファイバを接続し、それぞれ伝送特性を測定した。本システムで採用したOM3ファイバ (l=20m) では帯域内で0.1dB以下の利得平坦度であることを確認した。OM1ファイバ (l=30m) は6GHzにおいて1dB程度の帯域劣化がある。伝送帯域劣化を1dBとした場合、OM1ファイバの最少伝送帯域 200MHz・kmと比較しOM3ファイバ電磁界計測での伝送距離は30m程度を想定しているが、ファイバによる伝送帯域制限が計測に影響を与えない事を確認した。

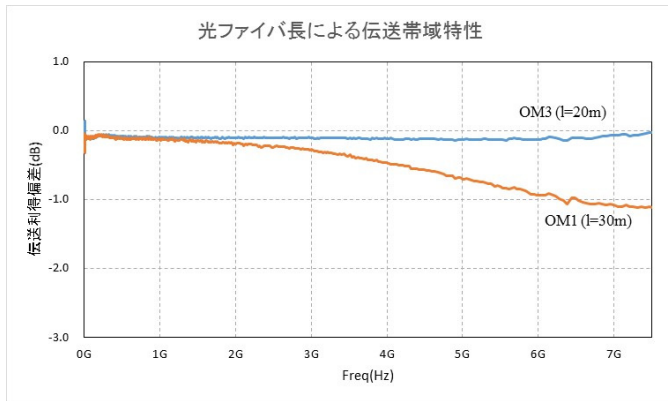


図5 MMFの伝送特性

4. 光給電型 RoF トランスミッタの特性

光給電型トランスミッタの基本特性の評価が可能。電気/光変換用のLD, 光/電気変換用のPDで構成し、光給電用のPDおよびRF信号の増幅用PAは使用していない。主な評価項目としては、システムの伝送帯域とRF出力特性であるが、光給電時の特性も把握できるように給電電圧の変動等も考慮した評価を行った。

PDのバイアス電圧を電源回路から直接印加しPDバイアス電圧を可変することで、PDバイアス電圧による周波数特性の依存性を評価した。

ネットワークアナライザを用いてRoFトランスミッタシステムの伝送特性を測定した結果を図6に示す。システムの伝送帯域は、14GHzであった。光給電回路の電圧変動を考慮し、PDに印加するバイアス電圧を3~5Vに設定しバイアス電圧ごとの伝送特性を測定し、PDバイアス電圧による周波数依存性が、6GHzで0.2dB以下、15GHzで1dB以下の変動であることを確認した。実際のPVを使用した場合は、バイアス電圧変動が3~3.5V程度であり、伝送帯域6GHzにおいて0.1dB以下であることを確認している。

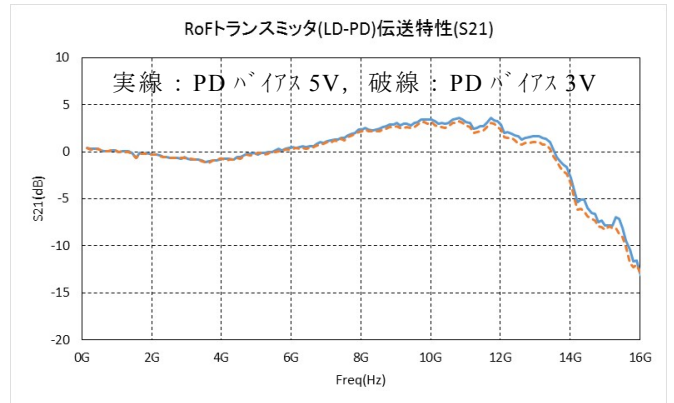
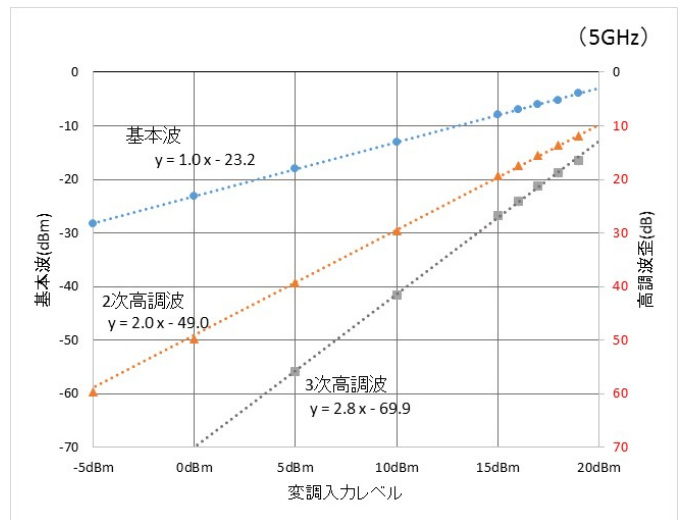


図6 RoF トランスミッタの伝送特性

図7はLDに正弦波による強度変調を行い、PDのRF出力レベルおよび高調波歪みを測定した結果である。(1)は変調周波数5GHzで変調入力レベルを可変し基本波、2次高調波、および3次高調波のレベルを測定した結果であり、(2)は変調周波数2GHzで測定した結果である。LDへの変調入力レベルを+15dBmとすることでRF出力-10dBm以上が得られる事を確認した。その時の高調波歪みは変調周波数5GHzにおいて20dBであり、変調周波数2GHzでは、高調波歪は38dBである。変調周波数によって2次高調波、3次高調波の傾斜が異なっているがレーザーの緩和振動周波数の影響であると考えている。

(1) 変調周波数 5GHz



(2) 変調周波数 2GHz

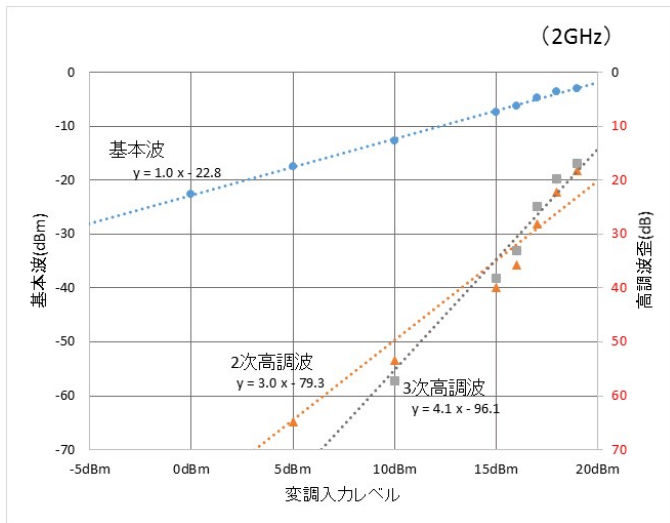


図7 RoF トランスミッタの出力/歪特性

5. まとめ

光給電型 RoF レシーバシステムを開発し、その性能について評価を行い、伝送帯域 7.5GHz、感度 -80dBm、伝送距離 20m 以上であることを確認した。

光給電型 RoF トランスミッタシステムでは基本性能確認用の試作・評価を行い、伝送帯域 14GHz、出力 -10dBm 以上の性能が得られる事を確認した。上記結果を基にシステム開発を行う予定である。

今後は、開発したシステムを用いてアンテナ計測や EMC 計測で実証評価を行う予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導頂きました株式会社 NTT ドコモの大西輝夫氏に感謝いたします。

文 献

- [1] 大西, 石原, 東山, “直接変調電気/光(EO)変換器を用いた電磁界計測”, 信学技報, PEM2014-15, 2015.
- [2] 西岡, 原口, 安藤, 山浦, 深沢, “光給電 RoF 技術を用いた高絶縁・小型な光送受信モジュール” 信学技報, PN2014-48, 2015.
- [3] ISO/IEC11801 Second edition 2002-09