

DC～20GHzの広帯域特性を有する光変調器と光インターコネクションに関する研究

黒川 悟*¹

西川 憲次*²

[要 旨]

我々はこれまでに、アンテナで受信した電気信号をレーザ光の強度変調に変換して計測することの可能な電気-光強度変調器として、Ti 拡散 LiNbO₃ 光導波路を用いたマッハツェンダ型光強度変調器に変調電極としてダイポールアレイ電極を有する共振型変調器^[1]、伝送線路を有する進行波型光変調器^[2]等の開発を実施し、最大で10GHz程度の電波に感度を有するセンサの開発に成功した。

本研究では、これまでに開発している電気-光強度変調器の更なる広帯域化を目的として Ti 拡散 LiNbO₃ 光導波路を用いたマッハツェンダ型光強度変調器として外部アンテナを接続することが可能な変調器の試作を実施し、20GHz程度までの変調感度を有すると推定できる結果を得た。また、外部アンテナを接続した同軸ケーブルレスの電波受信実験を実施したので、その概要を報告する。

1 はじめに

我々はこれまでに、アンテナで受信した電気信号をレーザ光の強度変調に変換し、同軸ケーブルを用いずに光ファイバーにより伝送して計測することの可能な電気-光強度変調器として、Ti 拡散 LiNbO₃ 光導波路を用いたマッハツェンダ型光強度変調器に変調電極としてダイポールアレイ電極を有する共振型変調器^[1]、伝送線路を有する進行波型光変調器^[2]等の開発を実施し、最大で10GHz程度の電波に感度を有するセンサの開発に成功した。

本研究では、これまでに開発している電気-光強度変調器の更なる広帯域化を目的として Ti 拡散 LiNbO₃ 光導波路を用いたマッハツェンダ型光強度変調器として外部アンテナを接続することが可能な変調器の試作を実施し、20GHz程度まで

の変調感度を有すると推定できる結果を得たのでその概要を報告する。

まず最初に、試作した電気-光強度変調器の概要を示し、次に光コンポーネントアナライザを用いて測定した周波数特性測定結果を示す。最後に、開発した電気-光強度変調器に外部アンテナを接続した場合の測定結果を示す。

2 電気-光強度変調器の開発

アンテナで受信した電波をレーザ光の強度変調

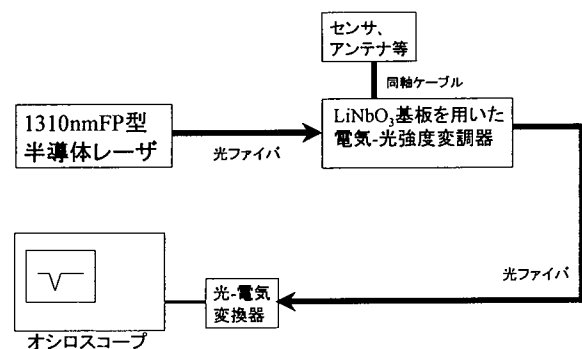


図22 試作した電気-光変換デバイス概念図

* 1 京都府中小企業総合センター

* 2 京都セミコンダクター株式会社

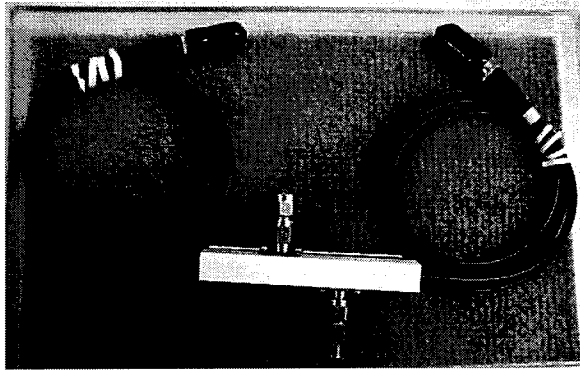


図2 試作した電気-光強度変調器

に変換し、機器が放射する不要電波測定、電界強度測定等に利用できると考えることのできる電気-光強度変調器の基本試作を行った。電気-光強度変調器の変調電極は、特性インピーダンス50Ωに整合されており、同軸コネクタであるKコネクタにより、アンテナや増幅器を容易に接続できる構造としている。

動作原理を説明する。1.3μm~1.5μm程度の波長を有するレーザー光源からの光を偏派面保持光ファイバによりZカットLiNbO₃基板に作成されたマッシュェンダ構造の光導波路に導く。この光導波路に沿うように配置された伝送線路を電気信号が伝播する際、伝播する電気信号の強度に応じて、レーザー光に強度変調が起こる。この強度変調光をシングルモード光ファイバにより測定装置まで伝送し、測定する。

試作した電気-光強度変調器の動作原理を図1に、試作変調器の写真を図2に示す。

3 電気-光強度変調器の周波数特性

試作した光強度変調器の周波数特性を図3に示す。

周波数特性の測定はAgilent Technology社8703A光コンポーネントアナライザにより測定した。測定に用いるレーザー光は測定器内蔵の波長1.3μmの光源を用いている。

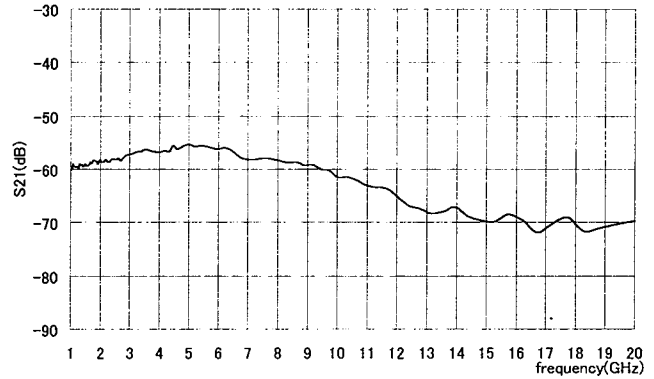


図3 試作した電気-光強度変調器の周波数特性

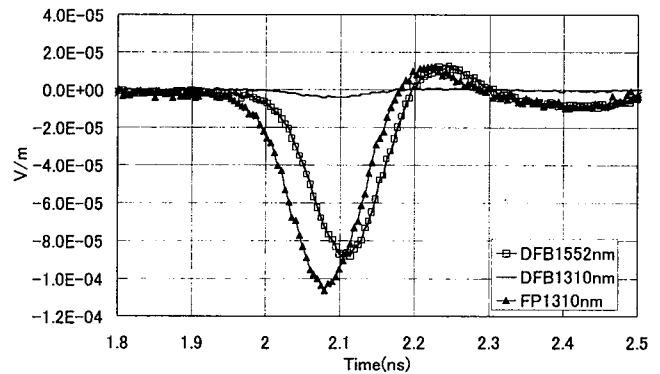


図4 各種レーザーによる電気-光強度変調器の応答特性

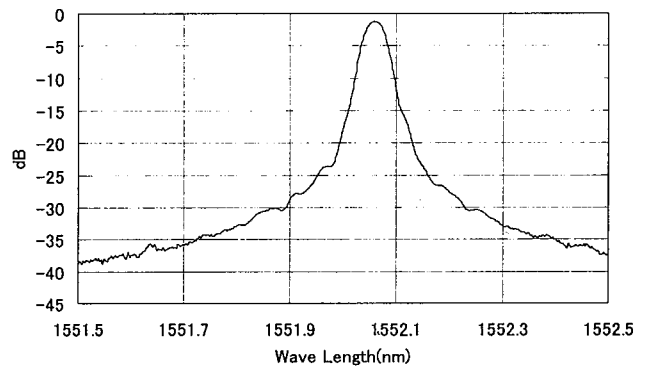


図5 1552nm DFBレーザー光源+光増幅器の出力光スペクトラム

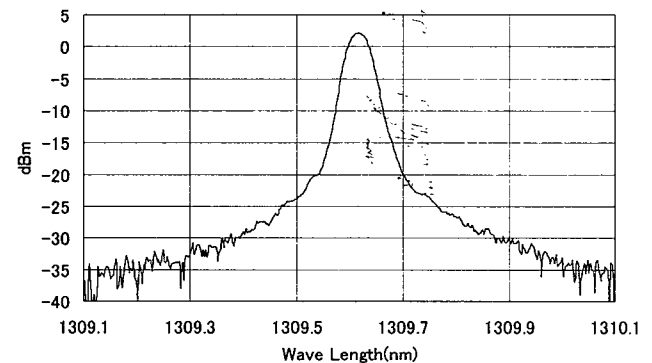


図5 83430Aの出力光スペクトラム

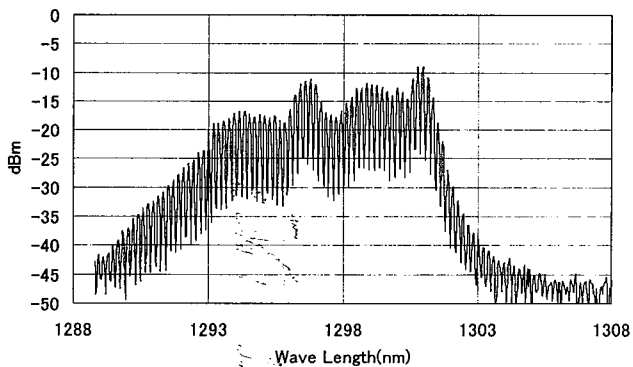


図6 MG9532Aの光出力スペクトラム

測定は、光コンポーネントアナライザの電気ポート1からの出力を試作変調器の変調電極に入力し、変調された光を光ポート2で測定する。測定結果は、試作変調器が1GHz~10GHzまで-60dB程度以上、1GHz~20GHzでは-70dB以上の感度を有するセンサであることがわかる。

なお、当該試作変調器では、変調器に入射する光の強度等により変動することが知られている。このため参考までに、レーザ光源として3種の光源について、変調特性の違いを評価した結果を図4に、各光源の光周波数特性を図5~図7に示す。図中「DFB1552nm」は波長1552nmのDFBレーザに出力10mWの光アンプを用いた光源を、[DFB1310nm]はAgilent Technology社83430A光デジタル光源を、[FP1310nm]はAnritsu社製MG9532A FP型レーザ光源を示す。

測定は、Agilent Technology社光コミュニケー

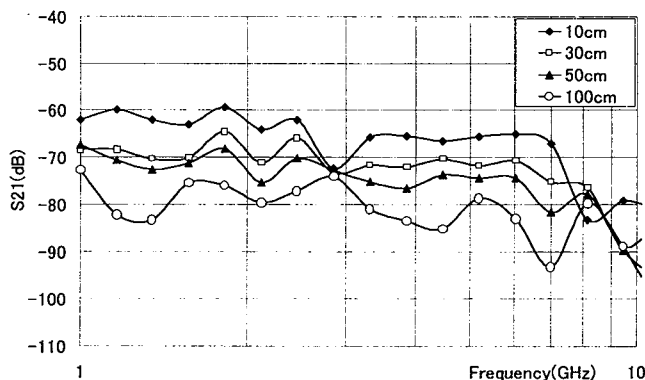


図8 円形パッチアンテナを用いた場合の測定結果

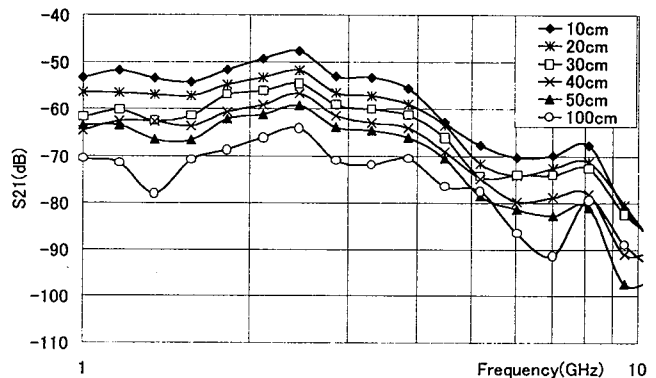


図7 微小ダイポールアンテナを用いた場合の測定結果

ションアナライザ83480A+83482Aを用いてパルス信号に対する応答測定を実施した。これは、8703A光コンポーネントアナライザが1.3μm専用システムであるためである。

測定結果は、Anritsu社製MG9532A FP型レーザ光源を用いた場合の結果が最もピークレベルの大きな変調が可能である結果となっている。この原因についての詳細は不明であるが、今後検討することとしたい。

4 アンテナを用いた電波受信

開発した電気-光変換器に直接測定用アンテナを接続し、送受信アンテナの距離を変化させ、電波の受信実験を行った。

測定には、前節同様8703A光コンポーネントアナライザを用い、電気ポート1からの出力を試作変調器の変調電極に入力し、変調された光を送信アンテナとして用いるEMCO社3115リッドガイドホーンアンテナに入力する。送信アンテナから放射された電波を試作した光強度変調器に接続されたアンテナで受信し、得られた強度変調光を光ポート2で測定する。なお、レーザ光源は前節で最も光強度特性の優れていたAnritsu社製MG9532A FP型レーザ光源を用い、受信アンテナとしては、エレメント長2cm+2cmのダイポールアンテナに6dBのアッテネータを接続したア

ンテナ、直系 5 mm の円形パッチアンテナに 6 dB のアッテネータを接続したアンテナの 2 種類のアンテナを用いている。

測定結果を図 7、8 に示す。測定結果は、光強度変調器に接続したアンテナにより受信した電波をレーザ光を用いて良好に測定できることを示している。

7 ま と め

本研究では、電気-光強度変調器として Ti 拡散 LiNbO₃ 光導波路を用いたマッハツェンダ型光強度変調器として外部アンテナを接続することが可能な変調器の試作を実施し、20GHz 程度までの変調感度を有すると推定できる結果。また、用いているレーザ光源の種類によって感度特性に差があることを確認した。さらに、最も高い感度を示した光源を用いて、受信用のアンテナを接続した電波の送受信実験を行い、送受信アンテナの距離感度特性の測定を実施した。

当該電気-光強度変調器は、光ファイバケーブルを用いているため、電波に対する影響がほとんど無くアンテナで受信した信号を強度だけではなく波形も計測することが可能であるため、電磁波障害対策用イミュニティ試験時に用いられている電界強度計に代わるセンサとして非常に有望である。また、携帯電話の人体への吸収電力の評価、電波シールド服特性評価^{[3][4]}などに用いるセンサとしても有望である。

今後、これらの応用測定に関する実験や感度特

性の向上に関する研究を実施していくこととする。

8 謝 辞

貴重な御意見を頂いた独立行政法人産業技術総合研究所 小見山耕司氏、岡山大学工学部和田修己助教授、元東京工芸大学教授小西良弘氏、元京都大学大学院助教授中島将光氏、中小企業庁地域ものづくり対策事業中小企業地域開発産学官連携促進事業費補助金共同研究者である、産学官連携推進委員会委員の皆さま、福島県ハイテクプラザ、茨城県工業技術センター、東京都立産業技術研究所、長野県情報技術試験所、岡山県工業技術センター担当者の皆様に感謝いたします。

なお本研究は、中小企業庁地域ものづくり対策事業中小企業地域開発産学官連携促進事業費により実施しています。

(参考文献)

- [1] 西川憲次、黒川悟、安達雅浩、井尻和夫、
“周期構造ダイポール型変調電極を有する光導波路型変調器の開発”、電気学会研究会資料電磁理論研究会、EMT-00-71 (2000-10)
- [2] 黒川悟、佐藤亨、西川憲次、田村禎啓、
“DSP 技術を適用した次世代型センシング技術の開発に関する研究 (II)”、京都府中小企業総合センター技法、No. 29、pp. 1-11 (2001)