

18a-F8-7

分極反転構造アレイアンテナ電極電気光学変調器を用いた ミリ波帯空間多重無線信号の分離

Discrimination of Millimeter-Wave Wireless Space-Division-Multiplexing Signals Using Electro-Optic Modulator with Antenna-Coupled-Electrode and Polarization-Reversal

大阪大学 大学院基礎工学研究科 高武 直弘, 村田 博司, 岡村 康行

Graduate School of Engineering Science, Osaka University, N. Kohmu, H. Murata, Y. Okamura

E-mail: naohirokoumu089@s.ee.es.osaka-u.ac.jp, murata@ee.es.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

近年, 高速大容量な無線通信システムや高分解能なレーダーシステムを実現するために, ミリ波帯無線信号が注目されている。また, 無線信号を光信号に変換し, 光ファイバーで伝送を行う Radio-Over-Fiber (ROF) 技術が注目されている。ROF 技術を用いたミリ波帯無線システムを構築するためには, 無線信号を光信号に変換するデバイスが重要である。

我々の研究グループは, 無線信号を光信号に変換するデバイスとして, 平面アンテナと共振型光変調電極とを融合させたアンテナ電極電気光学変調器の研究を進めている[1-3]。なかでも, アンテナ電極をアレイ状に配置した「アレイアンテナ電極電気光学変調器」は, 分極反転構造を導入することで無線信号-光信号変換の指向性制御が可能である。これまでの研究において, 15~40 GHz 帯で動作するデバイスの試作・動作実験に成功している[1, 2]。

本報告では, 60 GHz 帯で動作する分極反転構造アレイアンテナ電極光変調器の動作実験の結果について報告する。

2. アレイアンテナ電極電気光学変調器

デバイスの基本構成を Fig. 1 に示す。LiNbO₃ 基板(厚さ ~50μm)と SiO₂ 基板(厚さ 250μm)を樹脂等で貼り合わせた構成を用いる。光導波路とアンテナ電極は, LiNbO₃ 基板の裏面に作製する。アンテナ電極は, 2つのマイクロストリップパッチアンテナと定在波共振型電極とを結合させた構造である。定在波共振型電極には, マイクロストリップ平行結合線路の両端を短絡または開放させたものを用いる。アンテナ電極の定在波共振型光変調電極のエッジ部分の上に光導波路を配置する。

高周波帯において, 効率の良い無線-光信号変換を実現するためには, 基板の高周波に対する実効的なサイズ(電気長)を小さくして基板モードを抑制することが重要である[4]。そこで, LiNbO₃ 基板($\epsilon_{xx} = \epsilon_{yy} = 43, \epsilon_{zz} = 28$)と SiO₂ 基板($\epsilon_r = 4$)を組み合わせた構成を用いる[3]。LiNbO₃ 基板を薄くすることで, 実効的な基板サイズが小さくなり基板モードを抑制することで, 効率のよい信号変換が期待できる。

アレイアンテナ電極光変調器は, アンテナ電極を複数個アレイ状に配置しているので, フェーズドアレイアンテナと同様な動作を示し, 特定の方向に強い指向性を持つ。また, 分極反転構造を用いると, 電気光学変調における高周波信号と光信号との相互作用の極性を選択的に変化させることができる。そのため, このアレイアンテナ電極光変調器に分極反転構造を導入して信号合成の位相関係を調

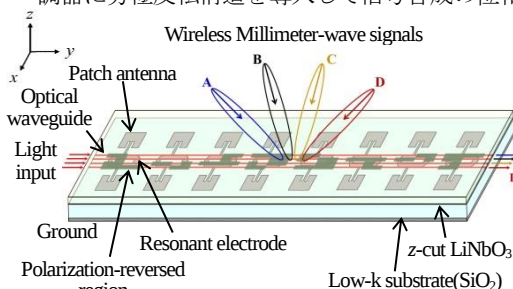


Fig.1 Device structure.

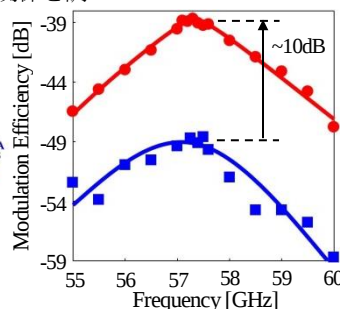


Fig.2 Frequency dependence.

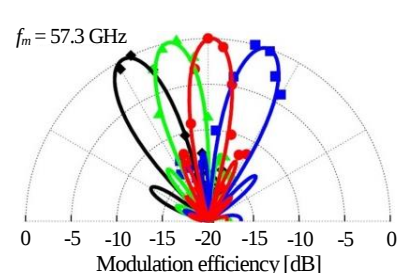


Fig.3 Measured directivity of the modulation efficiency.

整することで, 無線-光信号変換の指向性を制御することができる[1, 2]。光導波路を複数本作製し, 光導波路ごとに分極反転構造を作製すれば, 空間多重信号の分離が可能である[1, 2]。

3. 動作実験

ミリ波無線信号の動作周波数を 58 GHz, 導波光の動作波長を 1.55 μm としてデバイスを設計・試作した。アンテナ電極の解析・設計には高周波 3 次元電磁界シミュレータ HFSS を用いた。無線-光信号変換指向性制御のための分極反転構造は, 信号変換のピーク角度が -30°, -15°, 0°, 15° の反転パターンを作製した。

Fig. 2 に, 試作したデバイスの周波数特性を示す。グラフの縦軸は, 測定した出力光スペクトルのキャリア-1 次サイドバンド比である。比較のために, 従来型の SiO₂/LiNbO₃/SiO₂ 基板構造を用いたデバイスの測定結果も記載する。Fig. 2 をみるとわかるように, 従来型のデバイスに比べて変調効率が約 10 dB 向上した。

Fig. 3 に, 4 本の光導波路における無線-光信号変換の指向性の測定結果を示す。設計とほぼ一致した特性を得ることができた。Fig. 3 の結果より, 分極反転構造を用いることで, 無線-光信号変換の指向性を制御できることを確認できた。

4. むすび

実験より, 4 本すべての光導波路において, ほぼ設計通りの 60 GHz 帯無線-光信号変換の指向性を持たせることに成功した。また, このデバイスは, 光信号の入力ポートを入れ替えると, 分離可能な空間多重信号のチャネル数を増加させることが可能である。

現在, ミリ波無線通信システムやレーダーシステムへの応用を進めている。

参考文献

- [1] H. Murata, R. Miyanaka, Y. Okamura, International Journal of Microwave and Wireless Technologies, vol.4, 2012.
- [2] H. Murata, N. Suda, and Y. Okamura, CLEO/IQEC2009, CTuT5, 2009.
- [3] 高武直弘, 村田博司, 岡村康行, 応用物理学会 2013 年秋季講演会, 19p-A8-2, 2013.
- [4] A. Kanno, T. Sakamoto, A. Chiba, T. Kawanishi, K. Higuma, M. Sudou, and J. Ichikawa, IEICE Electronics Express, vol.7, no.11, pp.817-822, 2010.