

次世代ミリ波無線リンクのための 高アンテナ利得アレイアンテナ電極電気光学変調器 High-Gain Array-Antenna-Electrode Electro-Optic Modulators for Next-Generation Millimeter-Wave Wireless Links

○井上 敏之、村田 博司、岡村 康行 (阪大院基礎工)

○Toshiyuki Inoue, Hiroshi Murata and Yasuyuki Okamura (Osaka Univ.)

E-mail: inoue@ee.es.osaka-u.ac.jp

次世代(5G)超高速・大容量無線通信システムへの応用を目指して、ミリ波無線通信の研究が活発化している。ミリ波は大気中における減衰が大きいので、ミリ波信号を光信号に変換して光ファイバを用いて低損失に伝送できる Radio-over-Fiber (RoF) 技術が有効である。我々はこれまで図1に示すようなアレイアンテナ電極電気光学変調器を提案し、その基本動作を実証してきた[1, 2]。アンテナ電極の個数を多くすればアンテナ利得を増大でき、ミリ波指向性を鋭くできるため、高密度空間多重信号の分離に有利である。一方、デバイスが長尺化するため、光学損失が増加し、導波路・アンテナ電極形成や研磨の均一性が低下するなどの問題があった。今回、作製条件を改善し、高アンテナ利得の 16 素子アレイアンテナ電極電気光学変調器を作製し、その動作を確認したので報告する。

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で構成されている。パッチアンテナで受信されたミリ波信号は共振型電極に送られ、定在波電界が生じる。この電界により電気光学効果を通じて LiNbO_3 光導波路中を伝搬する光波が位相変調され、無線-光信号変換が得られる。このとき、デバイスの実効誘電率を低減し不要な基板共振モードを抑制するために、薄板 LiNbO_3 結晶と低誘電率 SiO_2 基板からなる積層構造としている。ミリ波の動作周波数を 58 GHz、入力光波長を $1.55 \mu\text{m}$ としてデバイスの設計・試作・評価を行った。

まず、無添加 LiNbO_3 結晶の+z 面にプロトン交換チャネル光導波路を形成し、Al アンテナ電極を装荷した。つぎに紫外線硬化樹脂を介して LiNbO_3 サンプルを SiO_2 基板上に貼り合わせ、 LiNbO_3 の-z 面を研磨して $\sim 50 \mu\text{m}$ の厚さにした。最後に SiO_2 基板の裏面に Al グラウンド電極を堆積した。

波長 $1.55 \mu\text{m}$ の半導体レーザ光を異常光として導波路に入力し、変調器の上部から 60 GHz 帯のミリ波を照射したときの出力光のスペクトルを測定した。周波数 59.0 GHz としたときの出力光スペクトルを図2、変調効率(キャリアサイドバンド比)の周波数依存性を図3に示す。照射したミリ波の周波数が 59.0 GHz のときに変調効率は最大となり、設計値 58 GHz よりもやや高いが、この原因として基板共振モードの影響が考えられる。また、アンテナ電極サイズの調整により動作周波数のチューニングも可能である。変調指数は 63 mrad が得られ、以前に報告した 8 素子デバイスにおける変調指数 22 mrad [2] を上回る良好な結果が得られた。今後、作製したデバイスを用いてミリ波無線信号のデータ伝送実験を行う予定である。

有益な議論および実験協力をいただいた大阪大学の塩見英久助教、電力中央研究所の池田研介博士、電子航法研究所の角張泰之博士、同志社大学の戸田裕之教授に感謝する。本研究の成果は情報通信研究機構委託研究「新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発および実証」において得られたものである。

<参考文献> [1] H. Murata *et al.*, Int. J. Microw. Wireless Technol., **14**, pp.399-405, 2012. [2] 高武 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 18a-F8-7, 2014.

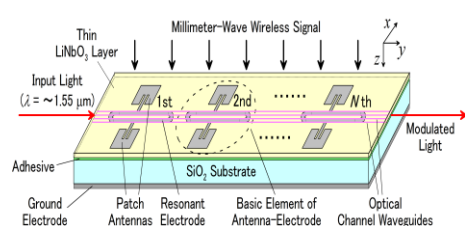


Fig. 1 Schematic illustration of array-antenna-electrode EO modulator.

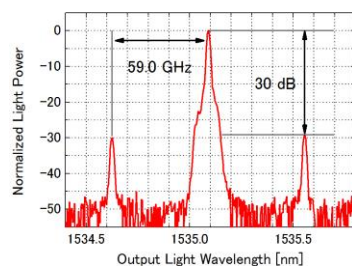


Fig. 2 Spectrum of output light.

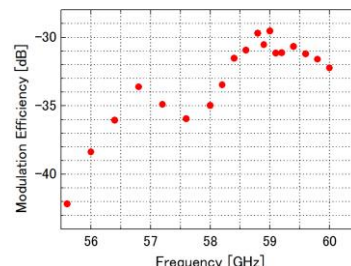


Fig. 3 Frequency dependence of modulation efficiency.