60 GHz ミリ波に対応した平面アンテナ集積量子井戸光変調器の開発

Development of planar antenna-integrated quantum well optical modulator for 60 GHz band millimeter wave signals

横国大院工 [1]，三重大院工 [2]，NICT[3]　○関口岳 [1]，中澤遼太郎 [1]，中森俊介 [2]，森拓人 [2]，山田健人 [2]，大田垣祐衣 [2]，村田博司 [2]，赤羽浩一 [3]，荒川太郎 [1]

Yokohama National Univ. [1], Mie Univ. [2], NICT [3]　○G. Sekiguchi[1], R. Nakazawa[1], S. Nakamori[2], T. Mori[2], K. Yamada[2], Y. Otagaki[2], H. Murata[2], K. Akahane[3], T. Arakawa[1]

E-mail: Sekiguchi-gaku-hj@ynu.jp, arakawa-taro-vj@ynu.ac.jp

【はじめに】ミリ波帯無線通信は通信容量，速度に優れた通信方式だが，遮蔽物を回折しにくく，大気中の減衰が大きい．無線信号を光信号に変換して伝送する RoF (Radio over Fiber) 技術はミリ波帯無線通信の欠点を補うことができるが，開発にはアンテナ一体型の高性能な光変調器が求められる．我々はこれまで，光変調器の導波路コア層に５層非対称結合量子井戸（FACQW）[1]を用いたアンテナ集積光変調器を提案，実証してきた[2, 3]．しかし，これまでは n 型 InP を基板に用い，ガラス基板を併用した複雑な作製プロセスが必要であった．

今回，光変調特性の向上と作製プロセスの簡易化を目指し，半絶縁性 Fe-InP 基板を用いた平面アンテナを組み合わせたアンテナ集積量子井戸光変調器を作製し，光変調特性の評価を行ったので報告する．

【デバイスの概要】 Fig.1 に作製したデバイスの概略図を示す．基板には半絶縁性 Fe-InP 基板を用い，裏面には Ground metal を蒸着している．デバイスの設計には有限要素法解析シミュレータ Ansys HSFF を用いており，60 GHz の無線信号に強く共振するように設計した．平面アンテナ中央部分に微小なギャップを設けており，このギャップ直下には pin 接合を有する FACQW 光導波路が形成されている．この構造により無線ミリ波信号受信時に，その共振電界がギャップ部で増幅され，その電界が直下の導波路に垂直に印加される．その結果，FACQW の量子閉じ込めシュタルク効果（QCSE）により屈折率変化を生じ位相変調を実現する．2×10 mm^2 の基板に３個のデバイスを作製した．光導波路，電極形成には電子ビーム露光法および ICP ドライエッチングを用いた．

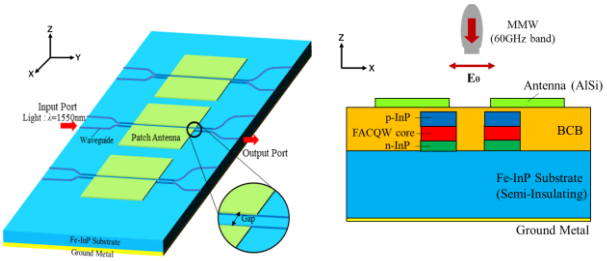
【測定結果】Fig.2 にミリ波信号をデバイス上部から 60.0GHz 無線ミリ波信号を照射した際の，搬送光 (λ=1550nm)の変調結果を示す．図より，搬送光周波数から両側 60.5 GHz の位置にサイドバンドが出現していることが確認できる．この際に観測した CSR (Carrer Sideband Ratio)は 59.9 dB で n 型 InP 基板を用いた先行デバイスと比較して 2.8 dB の向上が見られた．60GHz 無線信号の復調実験を行い，7dB の SNR での復調も実現した（Fig. 3）．

参考文献

[1] T. Arakawa *et al.*, JJAP **50**, 032204 (2011).
[2] Y. Miyazeki *et al.*, JJAP **58**, SJJE05 (2019).
[3] Y. Miyazeki *et al.*, Opt. Express **28**, 11583 (2020).

謝辞

本研究の一部は，文部科学省・科研費（21H01841）および「マテリアル先端リサーチインフラ」事業（課題番号 JPMXP09F21UT0143）支援を受けた．



(a)　(b)

Fig.1. Schematic view of fabricated optical modulator. (a)Overall view. (b) Cross-sectional view.

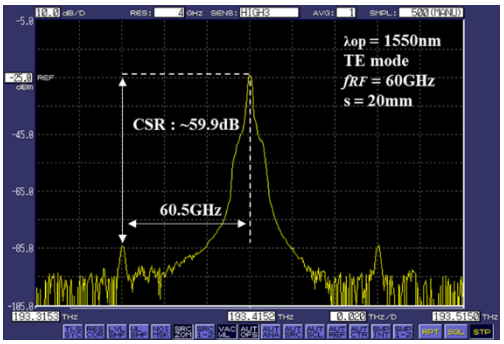


Fig. 2. Optical spectrum of modulator under irradiation of wireless millimeter wave signal at a frequency of 60 GHz.

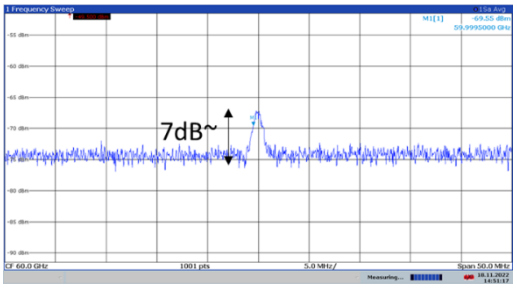


Fig. 3. Result of demodulation experiment for 60GHz millimeter wave signals.