

集積型 光-THz 信号直接変換素子の設計

Design of Integrated Optical to Terahertz Signal Converter

○安井 章雄^{1*}, 雨宮 智宏², 西山 伸彦¹, 荒井 滋久^{1,2}○Akio Yasui¹, Tomohiro Amemiya², Nobuhiko Nishiyama¹, and Shigehisa Arai^{1,2}東京工業大学 電気電子工学専攻¹, 量子ナノエレクトロニクス研究センター²Dept. of Electrical and Electronic Engineering¹,Quantum Nanoelectronics Research Center², Tokyo Institute of Technology

E-mail: *yasui.a.ab@m.titech.ac.jp

1. はじめに

現在、光通信は大容量・高速な有線通信として広く普及している。また、無線通信分野においては、利用電磁波の高周波化が進んでおり、数百 GHz の無線通信が実現される時期も遠くはない。そのような中、将来的にはこれら 2 つの帯域を結ぶ直接変調技術の確立が望まれる。

われわれは、III-V 族半導体内の光励起キャリアを用いることで光-THz 信号を直接変換する手法を提案してきた [1]。変調感度・素子サイズ・光ファイバとの整合性を考慮した場合、チップ化は将来的に必須となる。そこで今回、リング形状のマイクロストリップラインを有するチップ型光-THz 直接変換素子の設計を行ったので、ご報告する。

2. 素子の原理および光-THz 変換時の消光比

Fig. 1 に設計した素子の構造図を示す。素子は THz マイクロストリップライン (金/ベンゾシクロブテン/金 多層構造) の中間にリング型の光-THz 変換器が配置された構造となっている。リングの一部が n -GaInAs ($1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) を有するメサ構造 ($2 \mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$) となっており、この部分に波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光を照射することで、光-THz の直接変換を行う。本研究では、対象 THz 波は 300 GHz 帯に設定した。

Fig. 2 にリング幅 W およびリング長 L に対する、本素子における THz 信号の透過特性の計算結果を示す。リング形状を大きくすることによって素子の共振周波数は低い方向へシフトする。共振周波数が 300 GHz となるように $W=80 \mu\text{m}$, $L=200 \mu\text{m}$ とした。解析には、電磁界シミュレータである HFSS を用いており、半導体領域にはドルーデモデルを適用した。Fig. 3 に光を照射した時の THz 信号の透過特性 (赤線: 光照射なし、青線: 光照射あり) を示す。光 off 時は、右方向から入射する THz 波 (300 GHz) がリング部で放射していることが見て取れた (S_{21} パラメータ: -21dB)。一方、光 on 時は p -GaInAs 内の光励起キャリアによってリング部の放射 (共振) 周波数がシフトし、これにより対象 THz 波の放射が抑えられ、左方向へ伝搬が確認された (S_{21} パラメータ: -8.5dB)。以上により、強度変調された光信号を、消光比 12.6 dB で THz 信号へ置き換えることができることが分かった。

Acknowledgment

本研究は、JSPS 科研費 (#24246061, #25709026, #25420321) および東電記念財団の援助により行われた。

References

[1] M. Shirao et al., Jpn. J. Appl. Phys. 48 090203 (2009)

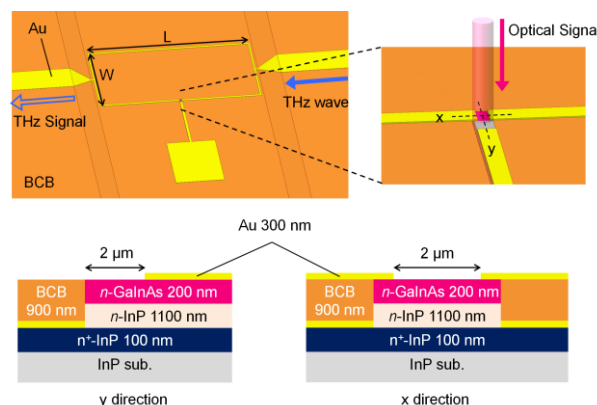


Fig. 1. 集積型 光-THz 信号直接変換素子

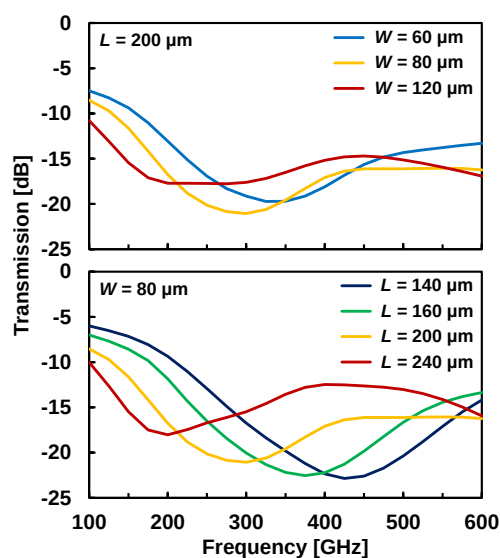


Fig. 2. 素子構造に対する透過強度の周波数依存性

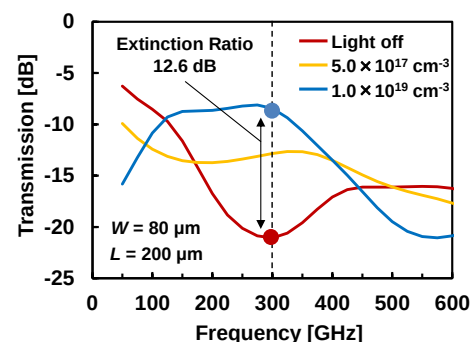


Fig. 3. 光励起変化時の透過強度の周波数依存性