

FDTD 法による窒化物半導体を用いた テラヘルツ帯パッチアンテナの解析

椋橋 健太[†] 永瀬 成範^{††} 三浦 進[†] 五島 敬史郎[†]
[†] 愛知工業大学 大学院工学研究科 ^{††} 産業技術総合研究所

1. 背景・目的

周波数 100GHz から 10THz, 波長 3mm から 30 μ m のテラヘルツ帯は分光分析やイメージング, 通信などの幅広い応用の可能性がある. 近年, 小型かつ室温動作可能なテラヘルツ発振源としてガリウムヒ素(GaAs)系共鳴トンネルダイオード(RTD)発振器などが報告されており, テラヘルツ時間領域分光法などのテラヘルツ波による分光分析技術も確立されつつある.^[1]

そこで我々は, RTD 発振器に着目し, GaAs よりもバンドギャップが広く, 高出力が期待できる窒化物半導体(GaN)を用いた RTD テラヘルツ発振器の作製を目指している.

これまでに GaN を用いることを想定したテラヘルツ帯パッチアンテナの解析を行い, 実現の可能性を示した. また, 誘電体材料による放射特性の依存性やストリップライン及び電極部装荷による影響について報告した.^[2,3]

しかし, テラヘルツ帯の領域では, パッチアンテナ構造の GND 面以下の GaN バッファ層及びサファイア基板のインピーダンス特性を無視できない可能性がある. そこで, 本発表では, これらの影響を解析可能な FDTD 法を用いて, テラヘルツ帯パッチアンテナの入力インピーダンス特性を解析したので報告する.

2. 解析方法

図 1 には, 今回解析に用いたパッチアンテナの概略図を示す. 給電点には RTD による自励発振を想定し, デルタギャップ給電を用いた. 主な設計値として, アンテナ長 $L=35\mu\text{m}$, 給電点位置 $x/L=50\%$, ストリップライン幅 $w=5\mu\text{m}$, 長さ $d=25\mu\text{m}$, 給電点直径 $4\mu\text{m}$ を用いた. 誘電体には GaN 系 RTD 装荷を想定して, SiN($h=3\mu\text{m}$)を用いた. また, サファイア基板厚 $h=27\mu\text{m}$, GaN 層厚 $h=3\mu\text{m}$ として設計を行い, このモデルの入力インピーダンスについて解析を行った.

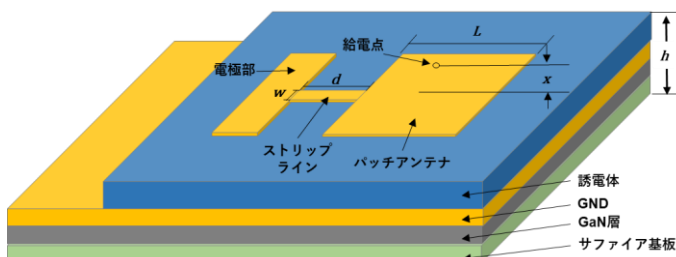


図 1. パッチアンテナの解析モデル概略図

3. 解析結果

図 2 には, 入力インピーダンス特性の解析結果を示す. 左縦軸に入力インピーダンス特性の実部(図中赤線)を, 右縦軸に入力インピーダンス特性の虚部(図中青線)を示しているが, パッチアンテナ長から想定される 1.15THz 付近での共振を確認した. また, 同様に, GaN バッファ層及びサファイア基板を無くしたパッチアンテナ構造を解析した結果, 入力インピーダンス特性がわずかにシフトする傾向があることがわかってきた. サファイア基板及び GaN 等の半導体材料上にパッチアンテナを作製する際は, それらの厚さによって入力インピーダンスに影響を与える可能性が考えられるため, 厚さの調節が重要になる可能性がある.

しかし, 今回の解析結果には, 入力インピーダンス特性にわずかな振動が見られたため, 設計値及び設定条件を最適化することで, より精密な解析を行うことを予定している. また, 今回構築した解析法は, GaN 系 RTD 発振器の高出力化のための SiN と BCB による多層誘電体構造の解析にも有効であると考えている.^[2]

本解析にご協力いただきました, 株式会社科学技術研究所様に感謝申し上げます.

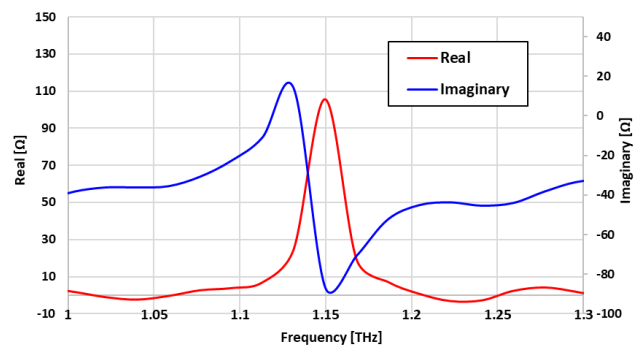


図 2. 入力インピーダンス解析結果

参考文献

- [1] 浅田 雅洋, 鈴木 左文: 応用物理 第 83 巻 第 7 号 pp. 565-570. (2014)
- [2] 椋橋 健太 他: 令和元年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, F2-1. (2019)
- [3] 椋橋 健太 他: 2020 年第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 12p-PA1-5. (2020)