

半導体メサ集積ボウタイアンテナのテラヘルツ波帯放射特性解析のための物理ベース等価回路同定

Physics-based equivalent circuit identification of bow-tie antenna for analysis of radiation characteristics in terahertz range

首都大院理工, ○山倉 裕和, 斉藤 光史, 須原 理彦

Tokyo Metro Univ., ○Hirokazu Yamakura, Mitsufumi Saito, Michihiko Suhara

E-mail: yamakura-hirokazu@ed.tmu.ac.jp

1 はじめに

テラヘルツ波帯における送信および受信デバイスに採用するアンテナとして、自己補対形状を有するボウタイアンテナの広帯域特性が利用されてきている [1],[2]。送信側デバイス設計において、ボウタイアンテナは有限サイズ・発振能動デバイスや周辺回路との集積が不可避であり、理想自己補対形状からの変形が生じるため、放射特性の理論予測にはこれらの影響を考慮する必要がある。本稿では、テラヘルツ波帯を励振する半導体メサとボウタイアンテナの集積一体化構造の物理パラメータに基づく等価回路モデルを構築して放射特性解析を行い、放射特性を決定する素子構造について考察を行った。

2 解析手法と結果

図 1 に本稿で解析対象とした素子構造と等価回路構成を示す。ボウタイアンテナのサイズ D は $100\mu\text{m}$ とし、半導体メサと各アームとのコンタクト面積は $3\mu\text{m}$ 四方とした。この素子の電磁界放射特性解析を行い、テラヘルツ波帯における放射特性を表現可能な等価回路の同定を行った。図 1(a)(b) にそれぞれの構造に対応した等価回路構成を示す。各ブランチは、アンテナアーム導体上に生じる表皮インピーダンスや、2 枚のアーム間に生じるフリンジキャパシタンス、集積一体化によって各構造間に生じる相互インダクタンスなど物理ベースでモデル化した集中定数素子として表現した。

図 2 に、電磁界解析および等価回路解析によるテラヘルツ波帯放射特性およびアドミタンス特性解析結果を示す。電磁界解析における放射電力は、図 2(a) インセットに示すボウタイアンテナから空間に放射される全てのポインティング電力を面積分した値とし、等価回路解析では放射抵抗 R_{rad} の消費電力 $P_{rad} = V_{rad}^2 / R_{rad}$ と定義した。同定した等価回路を用いる事で最大放射周波数およびアドミタンスの共振周波数を精度良く表現できる。更に各構造に対応した等価回路を用いることで、最大放射周波数および帯域幅がアンテナアームのインダクタンスとフリンジキャパシタンスと放射抵抗による共振設計によって決定できることが分かった。

3 まとめ

本稿では、半導体メサ集積ボウタイアンテナのテラヘルツ波帯における放射特性解析のための等価回路モデルを構築した。本稿で提案した物理解釈に基づくテラヘルツ波帯等価回路解析の適用によって放射特性を決定する素子構造について定量的に評価することを可能とした。

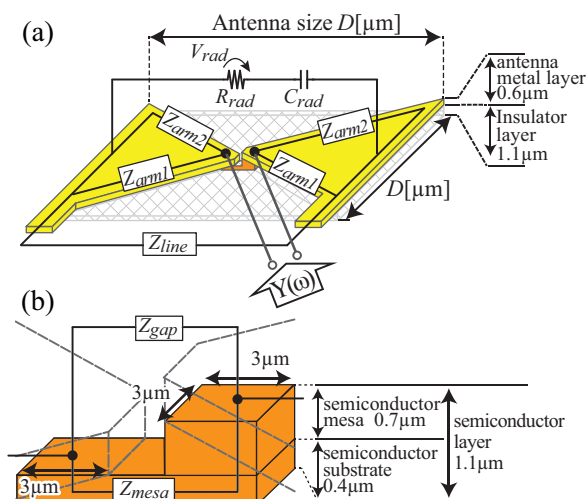


Fig. 1: A schematic illustration of a semiconductor integrated bow-tie antenna and identified equivalent circuit topology on the basis of physical and electrical interpretation. (a) the bow-tie antenna. (b) semiconductor mesa structure.

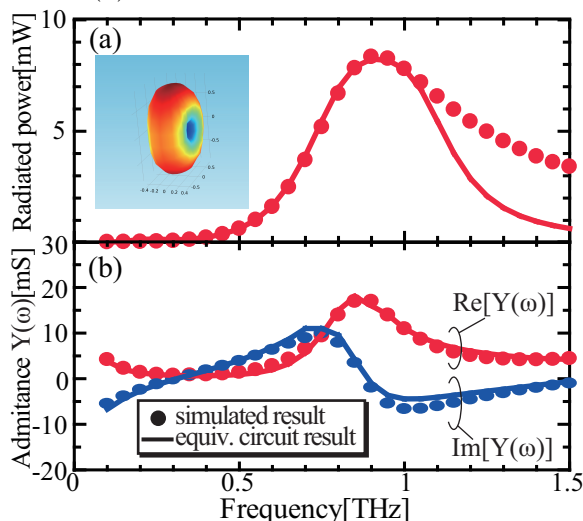


Fig. 2: Analytical results of an electromagnetic and equivalent circuit analysis for (a) radiated properties and (b) admittance characteristics in terahertz range. Inset shows a three-dimensional radiated pattern.

参考文献

- [1] M. Tonouchi, et al., IEEE Trans. Appl. Superconduct., vol.7, no.2, June, 1997.
- [2] M. Bauler, et al., Proc. 8th EuMIC, 13-2, 2013.