

中赤外光検出器の高周波化に向けたスロットアンテナの検討

Study on a slot-antenna of a mid-infrared detector for higher frequency

○堀川 隼世¹, 川上 彰², 兵頭 政春³, 島影 尚⁴

(1. 福井高専, 2. 情通機構, 3. 金沢大理工, 4. 茨城大学)

○J. Horikawa¹, A. Kawakami², M. Hyodo³, and H. Shimakage⁴

(1. NIT, Fukui Col., 2. NICT, 3. Kanazawa Univ., and 4. Ibaraki Univ.)

E-mail: horikawa@fukui-nct.ac.jp

THz 波領域では、薄膜アンテナを利用した準光学 Hot Electron Bolometer の研究開発が進められており、既に動作周波数 3.1 THz に於いて、ミキサ雑音温度 1200 K (DSB), IF ノイズバンド幅 3GHz の高速・低雑音検出器が報告されている[1]。我々はこの技術を更に高周波側へ展開する為、赤外光領域に於ける薄膜アンテナ構造と超伝導検出器を利用した新たな光検出器を提案している。今回、中赤外光領域で確立したスロットアンテナ設計指針[2]を更に近赤外光領域まで展開する為に必要なアンテナ構造・材料について検討を行った。

赤外光領域に於けるアンテナは、数百 nm～数 μm 程度という極めて微細な構造が必要となり、高い作製技術を要す。また設計には同領域でのアンテナを構成する金属の表面インピーダンスを考慮することが重要である。仮想的に表面インピーダンスを 0 とした金属 (Impedance Zero Metal, 以下 IZM) を適用した場合と、金 (Au) を適用した場合の長さ 3000 nm, 幅 200 nm, 給電部分の幅 200 nm のスロットアンテナのインピーダンス (Z_{ant}) を図 1 に示す。IZM の場合に比べ Au の共振周波数は低周波側に移動することがわかる。このことは Au によりアンテナを実現する為にはより微細なアンテナ構造が必要であることを意味している。今回、更なる高周波化を検討するにあたり作製したスロット共振器の反射率測定結果とシミュレーション結果との比較を行った (図 2 参照)。半波長 ($\lambda/2$) の共振周波数と共に $3\lambda/2$ での共振周波数がシミュレーション結果とほぼ一致する事を確認、90 THz 付近まで同シミュレーターが有効であることがわかった。次にアンテナを構成する金属がアンテナ設計に与える影響を評価する為、異なる金属に於ける Z_{ant} の寸法依存性を評価した。実際のアンテナ設計を想定し、 Z_{ant}

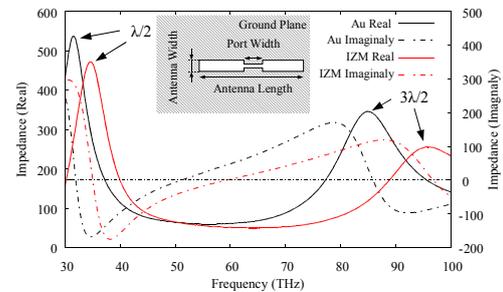


図 1. IZM と Au を用いた場合に於けるスロットアンテナのインピーダンス特性

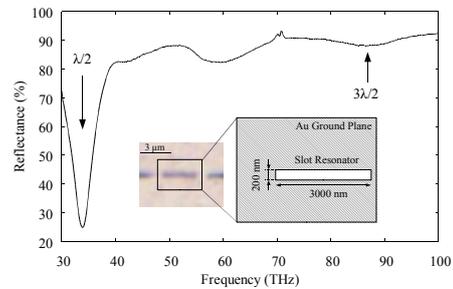


図 2. Au のスロット共振器に於ける反射率測定結果

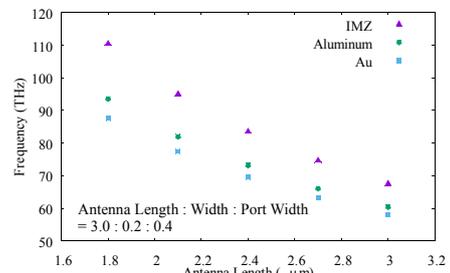


図 3. 金属に対する設計周波数のアンテナ寸法依存性

における虚数成分が消失する周波数(設計周波数: f_{design}) を図 3 に示す。ここでは、スロットアンテナのアスペクト比は一定とし、IZM, Aluminum (Al), Au の三種類の材料を比較している。どの材料においてもアンテナ寸法の微小化に伴った f_{design} の上昇がみられるが、同一寸法であっても、Au に比べて Al を用いた場合の f_{design} は高い。従って、高周波化の際、より作製は容易になると考えられる。本報告ではアンテナの高周波化実現を目指し、適切な材料・構造について報告する。

[1] Y. Irimajiri, *et al.*, IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, Vol. 5, No. 6 (2015) 1154-1158.

[2] J. Horikawa, A. Kawakami, M. Hyodo, S. Tanaka, M. Takeda, and H. Shimakage, Infrared Phys. Technol. 67 (2014) 21-24.