

中赤外光検出器用スロットアンテナの検討

Study on slot antenna for mid-infrared detectors

堀川隼世¹, 川上 彰², 兵頭政春², 田中秀吉², 島影 尚¹茨城大院理工¹, 情報通信研究機構²J. Horikawa¹, A. Kawakami², M. Hyodo², S. Tanaka², and H. Shimakage¹Ibaraki Univ.¹, NICT²

Email: 12nd109l@hcs.ibaraki.ac.jp

超伝導ナノワイヤ単一光子検出器や超伝導転移端センサなどの近赤外光検出器は、高量子効率、低暗係数率等優れた性能を示しているが、高速性、光子数識別能力において、更なる性能向上が望まれている。そこで我々は、ナノアンテナ構造を用いることで赤外光検出器の高速化と高機能化を検討している。すでに中赤外領域でのダイポールアンテナの基礎的アンテナ動作を確認しているが^[1]、今回、バイアスライン等がアンテナ特性に影響を与えず検出器構成上有利なスロットアンテナについて、設計・特性評価を行ったので報告する。

図 1 に作製したスロットアンテナの光学顕微鏡写真と概略図を示す。中赤外領域でのアンテナ構造構築にはナノサイズの微細構造が必要であるため、全リソグラフィ工程に電子線描画を用いている。アンテナ寸法は動作波長 4.9 μm を想定、長さ 3000 nm、幅 200 nm とし、厚さ 50 nm の Au 薄膜を用いて作製した。また基板には単結晶 MgO を用いている。十分な応答を確保する為、40x40 μm^2 領域に縦横共 4 μm 間隔でスロットアンテナを配置した。アンテナ給電部には負荷抵抗(R_{Load})として長さ 200 nm、膜厚 9.1 nm (63 Ω/\square)の窒化ニオブ(NbN)薄膜ブリッジを配置した。ブリッジ幅は動作波長の $\lambda/4$ 未満とし、200 nm ($R_{\text{Load}}=63 \Omega$), 400 nm (31 Ω), 600 nm (21 Ω) の 3 種類を設定した。

アンテナインピーダンス(Z_{ant})の導出には電磁界解析シミュレータ Sonnet を用いた。計算に必要なアンテナ寸法は設計値を、MgO 屈折率は中赤外での報告値である $n=1.62$ ^[2]を用いている。作製したスロットアンテナの特性評価には、赤外フーリエ変換分光光度計(FTIR)を用いている。アンテナに入射した赤外光は R_{Load} で消費されると考えられ、FTIR で反射率測定した場合、吸収特性として Z_{ant} と R_{Load} とのインピーダンス整合を観測できると考えられる。そこで、アンテナから R_{Load} を見た場合の反射

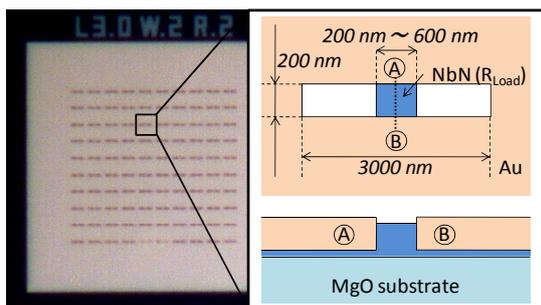
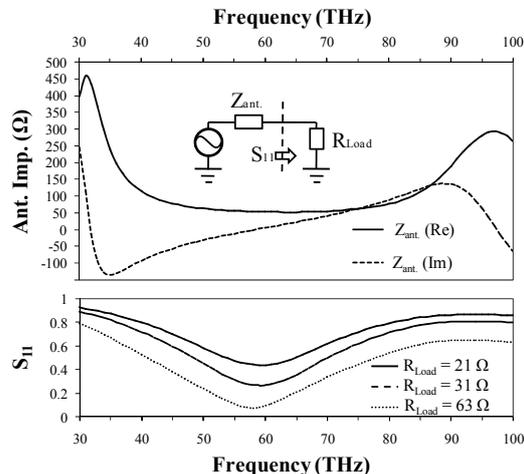


Fig. 1 A micrograph and schematics of the slot antenna

Fig. 2 Z_{ant} and S_{11} of the slot antenna

係数(S_{11})の計算を行った(図 2 参照)。 Z_{ant} は 60 THz 付近で虚部成分が消失、約 65 Ω を示した。また、 S_{11} の計算結果から FTIR 反射率測定において、同周波数付近での吸収が予想される。

各 R_{Load} における FTIR 反射率を図 3 に示す。アンテナの偏光方向に一致した入射光に対して 67 THz 付近で明瞭な吸収ピークを確認した。一方、垂直の偏光面を持つ入射光に対しては、明確な吸収特性は観測されなかった。 $R_{\text{Load}}=63 \Omega$ では他のピークも確認できるが、これはスロットアンテナの構造による共振現象に起因すると考えられる。 FTIR による吸収特性が S_{11} と定性的に一致し、また明確な偏光面依存性が観測されていることから、中赤外領域において今回作成したスロットアンテナがアンテナ動作していると考えられる。

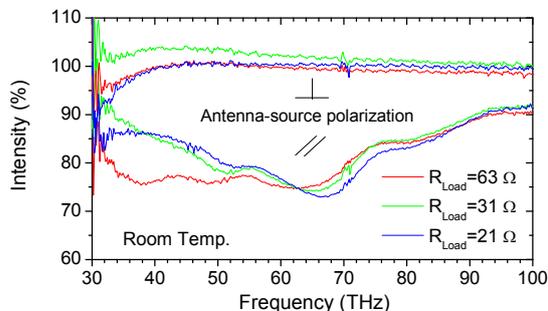


Fig. 3 Frequency dependencies of the slot antenna reflectivity

【謝辞】本研究の一部は、科学研究費補助金(24360142)の助成を受けたものである。

[1] A. Kawakami et al., *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 21, pp. 632-635, 2011.

[2] R. E. Stephens and I. H. Malitson, *J. Res. Nat. Bur. Stand.*, vol. 49, pp. 249-252, 1952