17p-C10-13

超伝導中赤外光検出器用スロットアンテナの評価

Study on slot antenna for superconducting mid-infrared detectors 堀川隼世¹,川上 彰²,兵頭政春²,田中秀吉²,武田正典^{3,}島影 尚¹ 茨城大院理工¹,情報通信研究機構²,静岡大学³ J. Horikawa¹, A. Kawakami², M. Hyodo², S. Tanaka², M. Takeda, and H. Shimakage¹ Ibaraki Univ.¹, NICT², Shizuoka Univ.³

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

中赤外光領域ではすでに InSb, HgCdTe 光導 電素子など優れた検出器が実現されているが, 高速性・高機能化に於いてさらなる性能向上が 望まれている.一方で 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,我々 も IF 帯域2 GHz,動作周波数3.1 THz に於い て,ミキサ雑音温度2800 K (DSB)の高速・低 雑音検出器を報告している.そこで我々は新た な光-検出器結合方式として中赤外領域で動作 可能なナノアンテナ構造を提案している.既に 中赤外光領域ダイポールアンテナの基礎的ア ンテナ特性を報告しているが^[1],今回,中赤外 スロットアンテナの実効面積評価とアンテナ 配置の最適化について検討を行った.

作製したスロットアンテナの光学顕微鏡写 真と概略図を図1に示す.ナノアンテナ構造構 築には微細構造が必要である為,作製プロセス における全リソグラフィ工程には電子線描画 を用いている.基板には単結晶 MgO を用い, アンテナ寸法は動作波長4.9 μ mを想定,長さ 3000 nm,幅200 nmとし,厚さ50 nmのAu薄 膜により作製した.十分な応答を確保する為, 40x40 μ m² 領域に縦(W)横(L)共に4 μ m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 15 nm (57 Ω/)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 /4 未満である200 nm (R_{Load}=57 Ω),400 nm (28 Ω), 600 nm (19 Ω)の3種類を設定した.

スロットアンテナの特性評価は、赤外フーリ エ変換顕微分光装置を用いた反射率測定によ り行った.アンテナに入射した赤外光は R_{Load} で消費され、吸収特性としてアンテナインピー ダンス(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.図2に観測したスロ ットアンテナ反射率の負荷依存性を示す.スロ ットアンテナの特性である偏波面依存性が反 射率測定で明確に示されている(図2参照).電 磁界解析シミュレーター(sonnet)の計算結果よ り1900 cm⁻¹ 付近(f_{desgin})で $Z_{ant} = 55 \Omega$ と予想さ れた. f_{desgin} における反射率の負荷抵抗依存性



Fig. 1. Schematics and photomicrograph of slot antenna.







Fig. 3. R_{Load} dependence of reflectance at f_{design} .

(図3参照)より,最も整合の良いと考えられる $R_{Load} = 57 \Omega$ で吸収が最大となりシミュレーシ ョン結果との一致を確認した.アンテナに整合 負荷を付加した場合,入射した電磁波は理想的 に負荷抵抗で消費されると考えられることか ら,反射率からアンテナの実効面積 A_{eff} を導出 することができ,今回のスロットアンテナ実効 面積は3.7 μm^2 と見積もられた.

次に、スロットアンテナの密度依存性につい て評価した.給電部分に $R_{Load} = 50 \Omega 0$ の負荷抵 抗を設けたスロットアンテナを WxL = 16x16 μm^2 , $8x8 \mu m^2$, $8x4 \mu m^2$, $4x4 \mu m^2$, $4x3 \mu m^2$ の 5 種類の間隔で配置し、反射率測定を行った. f_{desgin} に於ける反射率の密度依存性を図 4 に示 す.アンテナの実効面積から予想される反射率 を破線で示しており、測定結果は予想値と一致 した.0.08 μm^2 ($WxL = 4x3 \mu m^2$)ではこの予想 値から外れるが、各アンテナの吸収可能な領域 が重なり合うためと考えられる.

今後,受光面積・形状の検討によるアンテナ 配置の最適化,フェーズドアレイ化に向けた回 路構成の検討等を行う.

【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.



Fig. 4. Density dependence of reflectance at f_{design} .