ナノアンテナを用いた超伝導中赤外光検出器の光応答特性

Response Properties of Superconducting Mid-infrared Detectors with Nano-antenna

情通機構 [1]，茨城大院 [2]，福井高専 [3]，金沢大 [4]
○川上 彰 [1]，島影 尚 [2]，堀川隼世 [3]，兵頭政春 [4]，田中秀吉 [1]
NICT[1], Ibaraki Univ.[2], Fukui Col.[3], Kanazawa Univ.[4]
°A. Kawakami[1], H. Shimakage[2], J. Horikawa[3], M. Hyodo[4] and S. Tanaka[1]
E-mail: kawakami@nict.go.jp

赤外領域における光検出器の応答特性・機能向上を目指して，ナノアンテナを用いた超伝導中赤外光(MIR)検出器を検討している．既にアンテナを構成する金属薄膜の中赤外光領域での複素表面インピーダンスを評価，導入することで，従前の電磁界シミュレータを用いて，中赤外光領域でのアンテナ・分布定数回路の設計が可能であることを示している[1,2]．今回，ツインスロットアンテナを用いた超伝導中赤外光検出器を試作，波長 4.9 μm (*f*=61 THz)の入射光に対する偏波面依存性，応答速度等の特性評価を行った．

試作した超伝導中赤外光検出器は，光アンテナとその給電点に配置した超伝導検出部から構成されている．検出器動作としては，まず検出部臨界電流(I_C)付近に定電流バイアス($I_{BIAS}<I_C$)を印加する．次に入射光をアンテナで受信，超伝導検出器に伝達しエネルギーを吸収，検出部内電子温度が上昇する．その結果，I_C が減少し $I_C'<I_{BIAS}$ になった場合，I_{BIAS} により検出部にパルス状の電圧が発生して光入射を検出する．図 1 に中赤外光検出器の応答特性評価系を示す．照射光源には量子カスケードレーザ(λ=4.9 μm)を用い，繰り返し周波数 100 kHz，duty 比 5 %のパルス光を照射した．光源偏波面を 45 度傾け，偏光子 2 により検出器入射時の偏波面方向(0° or 90°)を決定した．検出器にはバイアスティーを介して I_{BIAS} を印加し，その応答波形は冷却アンプ(帯域 2 GHz)，室温アンプ(帯域 3 GHz)を通してオシロスコープ(20 G サンプル/sec.，帯域 2.5 GHz)で観測した．

超伝導中赤外光検出器は酸化マグネシウム単結晶基板上に作製した．アンテナには金薄膜(膜厚 50nm)で構成したツインスロットアンテナを採用，スロット長 2.6 μm，幅 0.2 μm とした．アンテナからの信号はコプレーナ線路を介して超伝導検出部に伝達，検出部には窒化ニオブ超伝導ストリップ(膜厚 7 nm，T_C~13 K，長さ幅共に 0.2 μm)を用いた．また光入射時の検出部自己発熱抑制のため，アンテナ特性に影響しないチョークフィルター外にチタン(Ti)薄膜シャント抵抗(25 or 50 Ω)を配置している．図 2 に光照射時の検出器 I-V 特性を示す．偏波面の異なる同一電力の入射に対して，I_C の減少は明確な差異を示した．これはアンテナの偏波面依存性に起因すると考えられる．図 3 にパルス光入射に対する検出器応答特性(動作温度 12.0K)を示す．ここでアンテナ実効面積[1]および各窓材透過率から，同条件下での検出器に入射する光子数は約 150 個/nsec.と見積もった．入射光に同期した検出器出力を観測，個々の出力波形は半値幅約 0.3 nsec.のパルス出力列であった．また無照射時ダークパルスも同半値幅を有し，同検出器の高速応答特性を確認した．

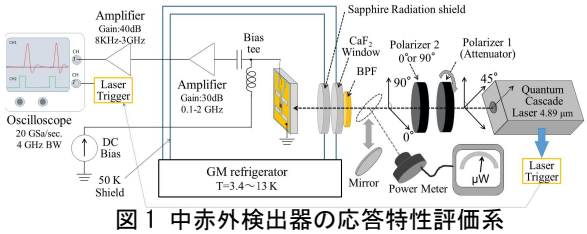
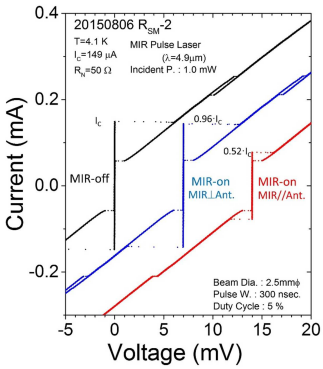
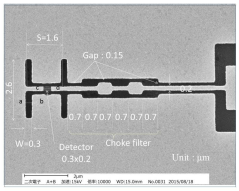


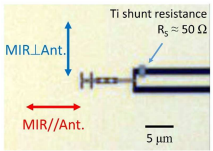
図 1 中赤外検出器の応答特性評価系



(b) 光照射時の電流ー電圧特性



(a) 中赤外光検出器のSEM写真



(c) 入射光偏波面方向

図 2 検出器応答における偏波面依存性

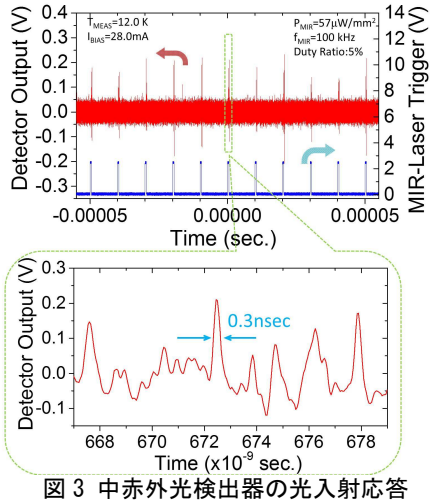


図 3 中赤外光検出器の光入射応答

[1] J. Horikawa et al., Infrared Phys. Technol. 67 (2014) 21-24. [2] A. Kawakami, et al., IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 25, pp. 2300904 (2015)

© 2016年 応用物理学会