超伝導ホットエレクトロンボロメータによる中赤外光子検出器の検討

Examination of mid-infrared photon detector by hot electron bolometer

情通機構 [1]，茨城大院 [2]，福井高専 [3]
○川上 彰 [1]，島影 尚 [2]，堀川隼世 [3]，齋藤伸吾 [1]，田中秀吉 [1]
NICT[1], Ibaraki Univ.[2], Fukui Col.[3]
○A. Kawakami[1], H. Shimakage[2], J. Horikawa[3], S. Saito[1], and S. Tanaka[1]
E-mail: kawakami@nict.go.jp

中赤外光領域における光検出器の応答特性・機能向上を目指して，光-検出器結合方式にアンテナを用いた中赤外超伝導ホットエレクトロンボロメータ (MIR-HEB)を検討している．今回，中赤外光子検出器としての試験的評価を実施したので報告する．

使用した MIR-HEB は，ツインスロットアンテナの給電点に極微小超伝導ストリップを配置した構造をしており，設計波長は 4.89 μm である．MIR-HEB 素子の詳細は参考文献に示す．動作時，検出器には超伝導ストリップの臨界電流 I_C 付近に定電流バイアス I_{BIAS} を印加する．ここで十分に微弱な中赤外光を照射した場合，アンテナ給電点に誘起される中赤外光振動電界により，超伝導ストリップ内の電子は加速され，ジュール損が発生する．結果，電子温度は上昇し，I_C は I_C'に減少する．ここで I_C'が I_{BIAS} 未満に達した場合，超伝導ストリップは電圧状態になる．この時，入射光電力，バイアスによる自己発熱が共に小さく，かつ MIR-HEB の緩和時間が短いなど条件下において，MIR-HEB は電圧状態にラッチせず，I_C'は MIR-HEB の緩和時間で I_C に戻り，ゼロ電圧状態に復帰する．この一連の過程により電圧パルスが発生し，その数は入射した光子数に相当すると考えた．

中赤外光照射系を図 1 に示す．光源としては波長 4.57 μm の CW 量子カスケードレーザーを使用した．照射電力は約 45%反射のビームスプリッタを用いて測定，またビームスプリッタを透過したレーザー出力は，コリメータにより中赤外フッ化インジウム光ファイバーに結合し，フィードスルーを介して冷凍機内に導入，冷凍機内にて平行光に変換，MgO レンズを介して MIR-HEB に照射した．MIR-HEB にはバイアスティーを介して定電流バイアス I_{BIAS} を印加．HEB からの出力波形は二つのアンプで増幅，高速オシロスコープで波形観測を行った．

中赤外光照射の有無における HEB からの出力波形を図 2 に示す．ラッチ防止のため，測定温度は 7.7 K に設定した．この時の臨界電流 I_C=11.5 μA に対し，バイアス電流 I_{BIAS}=10.5 μA に設定した．ここでパルス出力は負側に観測されている．図 2(a)から中赤外光照射前から HEB の出力波形には多数の電圧パルス(ダークパルス)が観測されたが，中赤外光の照射により明らかにパルス数は増大した(図 2(b)参照)．個々の電圧パルス半値全幅はサブナノ秒であった．

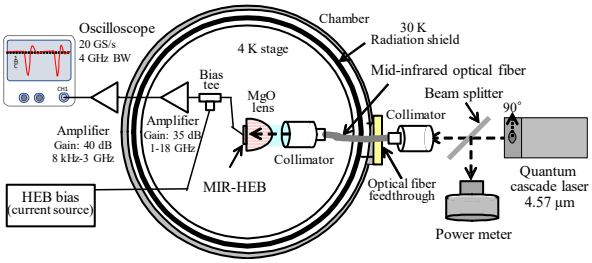
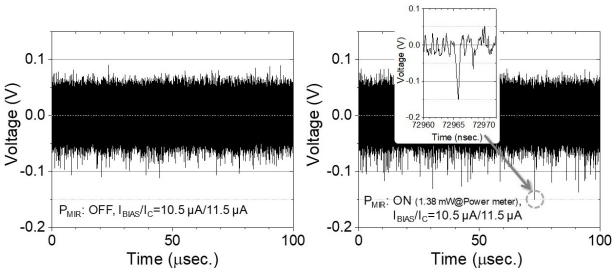


図 1 MIR-HEB 中赤外光照射系



(a)中赤外光無照射時　　(b) 中赤外光照射時

図 2 中赤外光照射時における MIR-HEB の応答波形

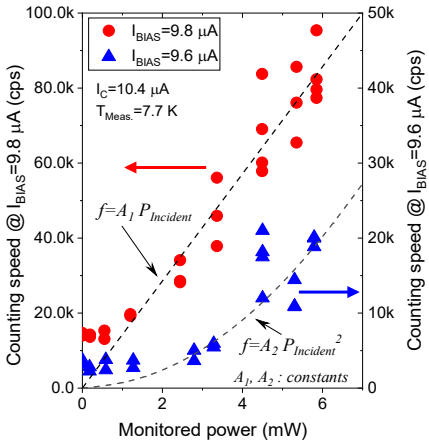


図 3 入射電力-計数速度特性

電圧パルス高さが-150 mV 以上のパルスを中赤外光照射による有意なパルスと仮定した時の，入射電力と電圧パルス計数速度との関係を図 3 に示す．この時の I_C=10.4 μA に対し，バイアス電流 9.8 μA 及び 9.6 μA 時に設定，各パルス計数速度を測定した．各バイアス電流において，いずれも入射電力の増大に伴う計数速度の増大を観測した．

【参考文献】IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 27, 2300105, June 2017.

© 2021年 応用物理学会