磁性薄膜を用いたホットエレクトロンボロメータミキサの評価

Evaluation of Hot Electron Bolometer Mixer using Magnetic Thin Film

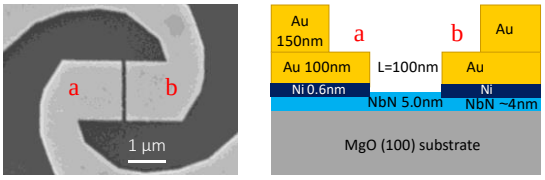
情通機構 [1]，国立天文台 [2]
°川上 彰 [1]，入交芳久 [1]，鵜澤佳徳 [2]
NICT [1], NAOJ [2],
°A. Kawakami [1], Y. Irimajiri [1], Y. Uzawa [2]
E-mail: kawakami@nict.go.jp

我々は，地球環境計測用ヘテロダイン受信機の開発を目的として，窒化ニオブ(NbN)超伝導ホットエレクトロンボロメータミキサ(HEBM)の研究・開発を進めている[1,2]．HEBM は臨界温度(T_C)付近での大きな抵抗変化を利用したボロメータである．今回，広 IF 帯域幅及び感度向上を目指して，磁性薄膜を用いた新たな HEBM を試作，その IF 帯域評価を行ったので報告する．

HEBM は二つの近接した二つの金属電極を超伝導ストリップで接続した構造である，このストリップ-電極間の良好な電気的接続には，ストリップ上に電極がオーバーラップする領域が不可欠である．しかし同領域下層の超伝導薄膜は，ミキサ動作温度においても超伝導状態にあると考えられる．この領域からの近接効果は局部発振源(LO)照射時のホットスポット形成に対して抑制に働き，ミキサ感度の低下を招くと考えた．そこで超伝導-金属電極間に磁性薄膜を挿入し，電極下の超伝導性を抑圧，電極間のストリップにのみ超伝導性を存在させる新たな HEBM 構造を提案した．また電極近傍の超伝導ストリップ T_C も磁性薄膜の影響を受け低下すると考えている．その為ホットスポットは，放熱効率の良い両電極付近に最初に形成されると考えられ，このことは励起電子の拡散冷却効率の向上，即ち IF 帯域の拡大につながると考えた．今回，磁性薄膜材料としてニッケル(Ni)を使用，同素子を Ni-HEBM とした．

試作した Ni-HEBM の素子写真と断面概略図を図 1 に示す．超伝導ストリップには膜厚 5 nm の NbN 薄膜(T_C~12 K)を使用した．超伝導ストリップ長，幅は各 0.1 μm，0.5 μm に設定，Ni 膜厚は同薄膜の超伝導性を抑圧できる 0.6 nm とした．I-V 特性上には約 7 Ω の直列抵抗が観測された．これは Ni の影響により超伝導性を消失した電極抵抗と，両電極極近傍の超伝導ストリップが常伝導化したものと考えている．

図 2 に Ni-HEBM の IF 帯域評価系を示す．評価周波数は NbN 超伝導のギャップ周波数を超える 1.9 THz，信号源としては約 17.9 GHz 間隔の光コムにおける 106 個離れたの二波を選別して UTC-PD に照射，安定信号を生成した．また LO としては VDI 社製の逓倍器を用いた．測定は，信号源を固定し，LO 源の周波数を変化させた時の HEBM からの IF 出力をスペクトラムアナライザで測定した．図 3 に得られた IF ゲイン帯域を示す．ここで測定温度は約 4 K，-3dB 遮断周波数(f_C)は約 6.9 GHz であった．また同素子は 2 THz における受信機雑音温度として，1220 K(DSB)の低雑音特性を示している．



(a) SEN photograph (b) Cross section

Fig. 1 Fabricated Ni-HEBM. The superconducting strip length and width were set at 0.1μm and 0.5 μm.

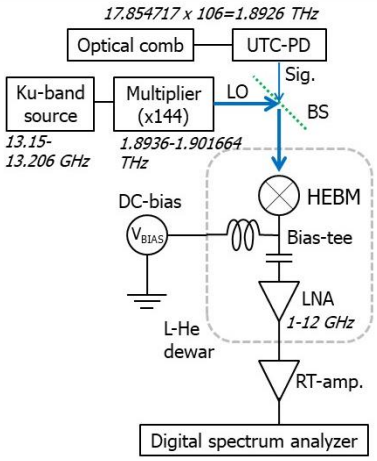


Fig. 2. The IF gain bandwidth evaluation setup of HEBM at 1.9 THz.

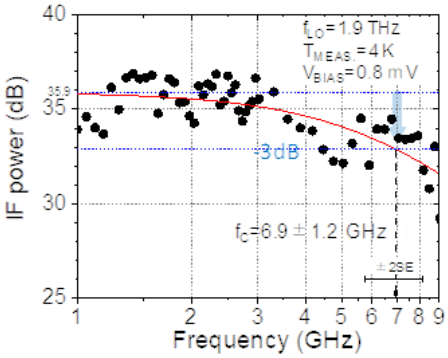


Fig. 3 IF gain bandwidth of the Ni-HEBM. The LO frequency and the measurement temperature were 1.9 THz and 4 K.

【参考文献】[1] Y. Irimajiri, et al., *IEEE Trans. on THz Sci Technol.*, vol. 5, pp. 1154-1159 (2015), [2] 川上他，低温工学，Vol. 49，No.8，pp.433-438，(2014),