

走査型トンネル/マイクロ波顕微鏡の開発と低温応用

Development of Scanning Tunneling/Microwave Microscope and
its Cryogenic Application○^(DC)高橋 英幸、今井 良宗、前田 京剛 (東大院総合)

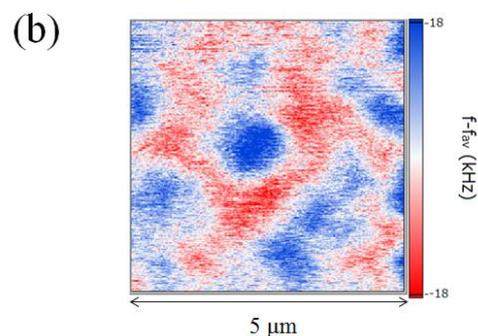
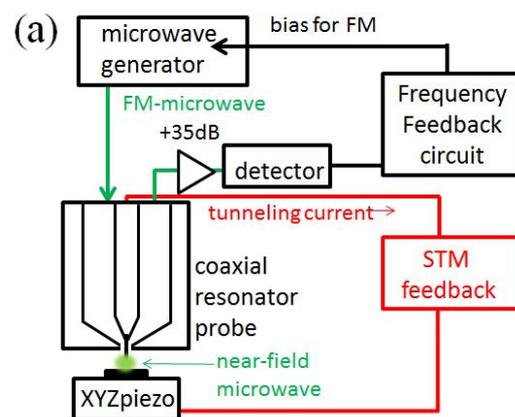
°Hideyuki Takahashi, Yoshinori Imai, Atsutaka Maeda (Dept. of Basic Science, Univ. of Tokyo)

E-mail: hide@maeda1.c.u-tokyo.ac.jp

現在の物質科学では物性をナノレベルの空間分解能で測定する技術が重要性を増している。GHz 領域での走査型分光法が確立すれば複素交流伝導度を通して物質中の素励起のダイナミクスを探ることのできる強力な手法となると予想され、近接場を利用した局所的なプローブである走査型マイクロ波顕微鏡は非常に有望な装置である。近年、STM や AFM と組み合わせることによって、試料表面近くで高い精度でマイクロ波プローブを制御することが可能になっている[1,2]。しかしより物性研究への貢献度の高い装置として用いるためには、マイクロ波検出感度・安定度を向上させるとともに低温環境への導入が待望される。そこで従来の SMM よりも高感度かつ液体ヘリウム中での安定な動作が可能な低温 STM-SMM を開発した。

開発した装置 (図(a)) では TEM_{3λ/4} モード同軸共振器を基本とした共振器プローブを使用し、中心導体に金属探針を取り付け外部導体の開口部から突き出すことにより、トンネル電流と近接場マイクロ波応答を同時に検出する。試料の電気特性についての情報は共振の Q 値と周波数 f の変化から得られる。これまで、同様のタイプの SMM としては Q~400-600 程度のものの報告があるが[1]、本装置の共振プローブは小型(φ25×20 mm 程度)かつ大幅に高 Q 値 ($f=10.7$ GHz、室温で $Q>1000$ 、77 K 以下で $Q=2000-3000$) となっている。この開発により感度・安定度ともに大きく改善した。

図(b)に開発した SMM で得られる像の例としてメゾスケールの不均質性が報告されている鉄カルコゲナイド $K_xFe_ySe_2$ [3]の室温におけるマイクロ波像を示す。この物質に特有の金属相と半導体相の網状相分離を 200 nm の空間分解能で観測することに成功した。講演では低温下で取得される像についても議論する予定である。

[1] A. Imtiaz *et al.*, J. Appl. Phys **100**, 044304 (2006).[2] K. Lai *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **78**, 063702 (2007).[3] Y. Liu *et al.*, Phys. Rev. B **86**, 144507 (2012).

図(a)SMM 測定系。(b) $K_xFe_ySe_2$ 結晶中の金属相 (赤) と半導体相 (青) のメゾスコピック相分離を示す SMM 像。