

# STM-SQUID 顕微鏡の距離変調による試料表面上の局所磁場計測

## Local magnetic measurements over sample surface by distance modulation in an STM-SQUID microscope

○宮戸 祐治、芦塚 拓也、糸崎 秀夫 (阪大院基礎工)

○Yuji Miyato, Takuya Ashizuka, Hideo Itozaki (Osaka Univ.)

E-mail: miyato@sup.ee.es.osaka-u.ac.jp

高温超伝導体の YBCO により作製した rf-SQUID と走査トンネル顕微鏡(STM)とを組み合わせ、STM-SQUID 顕微鏡を開発している。この顕微鏡では、Fig.1(a) に示すように高透磁率のパーマロイプローブを用いることを特徴としており、プローブ直上に rf-SQUID が配置される。STM によりプローブ先端で試料表面をなぞるように走査することで、試料近傍の磁場がプローブを介して SQUID まで伝達される。これを SQUID で検出することにより、表面形状像と磁場像とが同時取得される。これまで、SQUID エレクトロニクスの出力信号をそのまま磁場像として画像化していた (Fig.1(a)の点線枠内を除くセットアップを使用)。SQUID が検出する磁場は、Fig.1(b)に示すように、①試料極近傍の磁場、②試料遠方に形成されている試料由来の背景的な磁場、③試料とは無関係の環境磁場が合わさり、この3つの情報が得られた磁場像に含まれる。そこで、本研究では Fig.1(a)の点線枠内を追加し、試料とプローブ間距離を変調することで距離変調磁場像を得た [1]。なお、変調磁場像は、距離変調により①の試料極近傍の磁場のみが大きく変動するので、この変動信号をロックイン検波したものである。また、プローブ先端を試料にぶつけぬよう、2-pass 法も適用した。この方法では同じ走査ラインを2回走査し、1 回目は Fig.2(a)のように STM で表面形状を取得する。これと同時に通常の磁場情報も得られる。2 回目は Fig.2(b)のように一定距離リフトさせた状態で、1 回目取得した表面形状をトレースしながら、一定振幅で試料・プローブ間距離変調を行い、変調磁場信号を得る。Fig.2 は金コートした鉄ガーネット試料を観察した結果で、それぞれ(b), (c)は1 回目走査時の表面形状像と通常の磁場像、(e), (f)は2 回目走査時の変調磁場の振幅像 (磁場の強さと相関) と位相像 (磁場の向きと相関) である。(c)の通常の磁場像は、先に述べた②や③の影響を受けて磁場に傾斜が見られ、不鮮明なのに対し、(e), (f)の変調磁場の振幅像および位相像は①の試料極近傍の磁場に対応するため、明瞭な像が取得できた。

[1] T. Hayashi, *et al.* "STM-SQUID probe microscope", *Supercond. Sci. Technol.*, 20 (2007) S374.

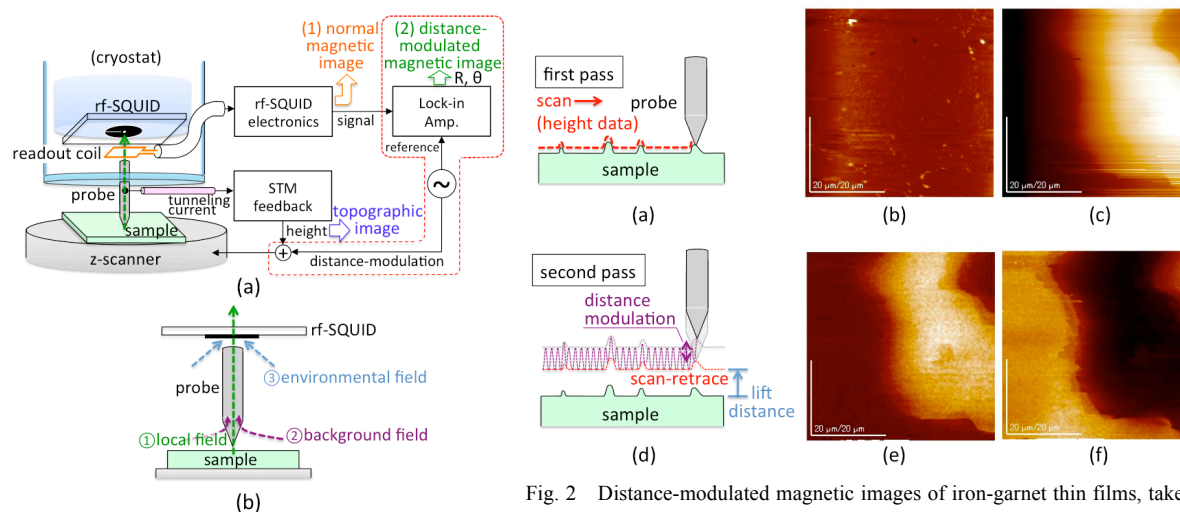


Fig. 1 (a) Setup of STM-SQUID microscope with distance-modulation. (b) Magnetic field contributions detected by the rf-SQUID.

Fig. 2 Distance-modulated magnetic images of iron-garnet thin films, taken with two-pass technique. (a) Schematic of 1<sup>st</sup> pass scan, and (b) topographic and (c) normal magnetic images at 1<sup>st</sup> pass. (d) Schematic of 2<sup>nd</sup> pass scan, and (e) amplitude and (f) phase images, taken by distance-modulation at 2<sup>nd</sup> pass (lift-distance: 70 nm, modulation amplitude: 140 nm<sub>p-p</sub>).