

STM-SQUID 顕微鏡で撮像した磁場像に対する SQUID・プローブ間距離依存性

Dependence of distance between SQUID and probe on magnetic images

taken by an STM-SQUID microscope

阪大院基礎工, °宮戸 祐治, 松井 憲保, 芦塚 拓也, 久山 耕平, 糸崎 秀夫

Graduate school of Engineering Science, Osaka Univ. °Yuji Miyato, Yasunori Matsui,

Takuya Ashizuka, Kouhei Hisayama, Hideo Itozaki

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

超高感度な磁気センサである超伝導量子干渉素子(SQUID)と走査トンネル顕微鏡(STM)を組み合わせ、フラックスガイドの役割を果たす高透磁率のパーマロイプローブによりプローブ・試料間距離制御を行うとともに、試料の局所磁場を SQUID に伝達することを特徴とした磁気顕微鏡の STM-SQUID 顕微鏡を開発している。本顕微鏡により、室温かつ大気中の試料に対して、表面形状像と磁場像の同時観察が可能である。これまでに 100 nm 程度の高い空間分解能で磁場像が観察できているが、比較的強い磁場を有する試料の観察にとどまっておらず、磁場感度に課題があった。プローブ先端で捕捉された磁束はプローブを介して SQUID まで伝達されるが、有限要素法による磁場シミュレーションから、SQUID に伝達される磁束はプローブ先端の 1/1000 以下になっていることが示唆され、特に SQUID・プローブ間での減衰が大きいことがわかった[1]。このことから明らかのように、STM-SQUID 顕微鏡では、SQUID にプローブ末端を可能な限り近づけることが重要である。Fig.1(a)のように、従来、rf-SQUID に基板共振器をフリップチップ実装していたため、その基板厚み分、プローブは SQUID から離れていた。そこで、基板共振器がなくても動作する rf-SQUID を開発した[2]。本講演では、実際に Fig.1(b)のように、作製した rf-SQUID を STM-SQUID 顕微鏡に搭載し、プローブと SQUID の距離を変化させて磁場像を取得した結果について報告する。

Fig.2 は Ni 薄膜試料に対し、プローブ末端から SQUID までの距離: d を変化させて、取得した磁場像である。距離が近づくにつれて、約 300 nm 周期の磁区構造が次第に明瞭になっており、プローブを近づけることができる限界の $d=0.1$ mm のときに、従来よりも鮮明な磁場像を観察することに成功した。

[1] 松井 他, 第 60 回応用物理学会春期学術講演会, 27a-G7-9 (2013).

[2] 芦塚 他, 第 61 回応用物理学会春期学術講演会, 18p-D5-13 (2014).

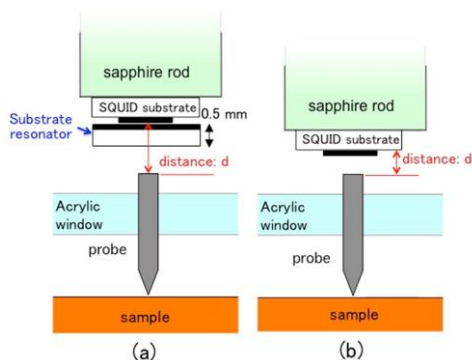


Fig. 1. (a) Conventional and (b) new setups of our STM-SQUID microscope. The substrate resonator was omitted in the new setup.

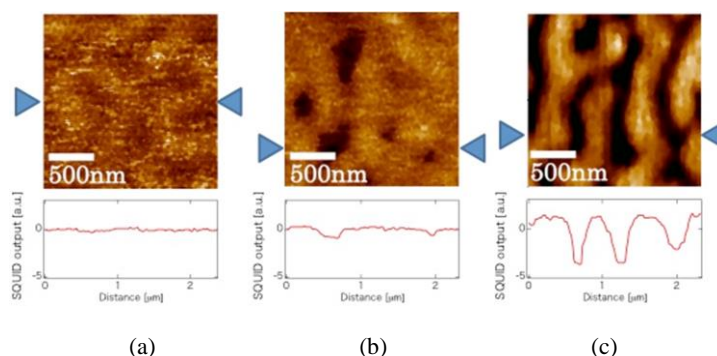


Fig. 2. Magnetic images and their line profiles of Ni thin film sample taken by the new setup, changing the distance between the probe end and SQUID at (a) $d = 4.5$, (b) $d = 1.5$ and (c) $d = 0.1$ mm.