

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 (2)

Local magnetic measurements over sample surface

by distance modulation in an STM-SQUID microscope (2)

○横町 伝、宮戸 祐治 (阪大基礎工)

○Tsutau Yokochi, Yuji Miyato (Osaka Univ.)

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

我々は、rf-SQUID と走査トンネル顕微鏡 (STM)とを組み合わせた STM-SQUID 顕微鏡を開発している。従来は SQUID エレクトロニクスからの出力信号をそのまま画像化する方法を採用していたが、この方法で得られた磁場像には試料遠方に分布する磁場情報も含まれており、それに埋もれた試料局所の磁場分布を観察するには画像処理が必要であるなど、定量性に欠けていた。そこで、距離変調法を用い、高さ方向(z 方向)に対して試料とプローブ間距離を振動的に変調し、そのときの出力信号を同期検波することにより、局所磁場分布に相当する距離変調像を取得した[1]。この距離変調を行うことによって、試料近傍の磁場情報のみが抽出され、画像処理を行わずとも明瞭な磁場像が取得できた。Fig.1 はニッケル薄膜試料を両手法で測定した結果であり、(a)は通常の磁場像、(b)は距離変調法で撮像した結果である。Fig.1(a)の通常の磁場像は画像処理でも消せない大きなノイズのために、ニッケルの磁区構造が埋もれている。一方、(b)の距離変調磁場像はノイズ除去等の画像処理を行っていないが、ニッケルの微細な磁区構造を鮮明に捉えている。なお、Fig.1 (b)の磁区サイズは約 200 nm であり、距離変調法を用いた STM-SQUID 顕微鏡でも、空間分解能として約 100 nm 以下を達成できたと考えている。

このように距離変調によって測定磁場像の定量性も向上したと考えられるが、さらに今回の報告では、距離変調の方向に依存して取得される磁場分布がどのように変化するかも確かめた。Fig.2 は、距離変調法を用いた STM-SQUID 顕微鏡によって直線的な電流線路上を測定する場合を想定したシミュレーション結果であり、Fig.2(a)~(c)はそれぞれ、シミュレーションモデルの概略、電流線を横切るライン上に存在する試料本来の x, z 各成分の磁束密度プロファイル、 x, z 各方向に距離変調した場合に対応する磁束の同期成分プロファイル(STM-SQUID 顕微鏡で取得した結果に相当)である。(b)と(c)を比較すると、両者はほぼ一致していることがわかる。このことから、変調方向によって試料上のベクトル的な磁場成分を抽出できる可能性を見出した。また、実際の測定でも、その可能性を確かめることができた。

[1] 宮戸、他、2016 年春季第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 21p-W833-6

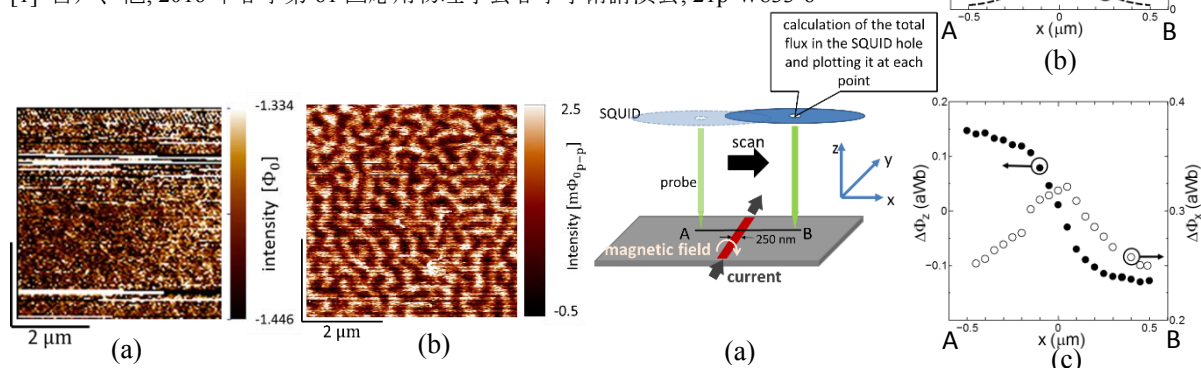


Fig.1 Magnetic images obtained by the STM-SQUID microscope. (a) Normal image obtained by measuring SQUID-electronics output directly, and (b) distance modulation image obtained by z-axis modulation (modulation amplitude: 50 nm_{p-p}).

Fig.2 (a) Simulation model of the measurement over a current line by the STM-SQUID microscope with distance modulation. (b) Original magnetic field profiles of x, z -components, and (c) magnetic flux distribution obtained by the STM-SQUID microscope with x, z -axis modulation(modulation amplitude: 40 nm_{p-p}).