走査型熱振動顕微鏡法における測定時間短縮

Measurement time reduction in scanning thermal noise microscopy

京大工, ⁰戸野 博史, 小林 圭, 木村 邦子, 山田 啓文

Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ.

°H. Tono, K. Kobayashi, K. Kimura, H. Yamada

E-mail: h.tono@piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp

近年、原子間力顕微鏡を用いた表面下構造可視化技術は急速に進展しつつあり[1-3]、表面下数 百ナノメートルにある構造物を、非破壊・高分解能で可視化することが可能となっており、今後 さまざまな分野への応用が期待されている。しかしながら、その可視化メカニズムについては、 依然不明の点が多々ある。これまでの研究で、表面下構造と表面の接触弾性には強い相関がある ことが判明しており[2]、より詳細なメカニズム検討のために、接触状態にあるカンチレバーの熱 雑音スペクトルを用いて表面下構造を可視化する手法である走査型熱振動顕微鏡法(STNM)を開 発した[3]。

STNM では、各測定点において一定時間 T の時間波形を高速フーリエ変換し、得られた周波数 スペクトルを N 回平均化するため、待機時間 t も含めると NT+t のデータ取得時間を要する(実験 では 25 ms×25 回+ 50 ms = 675 ms)。このため、熱ドリフトによる画像歪み、同一画像内での接触圧の経時変化などの問題がある。本研究では、熱ドリフトや接触圧変化による影響を低減する ことを目的として、測定サンプリング時間(T)や周波数スペクトルの平均化回数(N)の最適化 や高次(2 次)共振による接触共振周波数の高周波化により、STNM の測定時間短縮を試みたの で、その結果について報告する。

図1にSTNMの構成および試料の概略図を示す。本実験の試料として、Si 基板上に粒径約100 nm の PS 粒子を堆積し、その上から約200 nm 厚のフォトポリマー膜を堆積した試料を作製した。カンチレバー (f_c:約90 kHz)を試料表面に接触させ、走査領域の各ピクセル(128×128)上でカンチレバーの熱振動スペクトルを測定した。図2に1次共振と2次共振で取得した接触共振スペクトルを示す。1次共振の場合、周波数シフト量がおよそ3 kHz であるのに対し、2次共振ではシフト量がおよそ6 kHz であり、接触共振周波数のシフト量は、1次に比べて2倍程度に増大することが確認された。これによって、本手法では従来の半分以下の測定時間で周波数スペクトルを取得することが可能となり、熱ドリフトの影響は大幅に抑制され、表面下構造可視化メカニズムの解明に向けても極めて有用であることが示された。

[1] K. Kimura, et.al. Ultramicroscopy, 133, 41 (2013).

[2] K. Kimura, et.al. Nanotechnology, 27, 415707 (2016).

[3] A. Yao, et al., Sci. Rep. 7, 42718 (2017).



Fig. 1: Schematic of sample structure and experimental setup of scanning thermal noise microscopy (STNM).



Fig. 2: Contact resonance spectrum around first and second order contact resonance frequency.