

ピークトラッキング走査型熱振動顕微鏡

Peak-Tracking Scanning Thermal Noise Microscopy

京大工¹ ○小林 圭¹

Kyoto Univ.¹, °Kei Kobayashi

E-mail: keicoba@iic.kyoto-u.ac.jp

原子間力顕微鏡 (AFM) の発明以来、AFM をベースとしたさまざまな応用計測法が開発されてきたが、それらのほとんどが外部から電圧や機械振動等の刺激を与え、その応答を測定するものであった。われわれは最近、カンチレバーは外力がなくても熱エネルギーによって常に振動している (熱振動) ことに着目し、コンタクトモード AFM において走査中の各点で記録した熱振動波形または周波数スペクトルを解析し、表面の粘弾性を計測する走査型熱振動顕微鏡 (Scanning Thermal Noise Microscopy: STNM) を開発した [1]。STNM は、カンチレバーや試料に外力を加えることなく、最低限の押し込み量で粘弾性計測が行える利点がある一方、各点での周波数スペクトル測定に数十～数百 ms もの時間を要するため、全体の計測時間が長大となる問題があった。

今回、熱振動波形のロックイン検波により参照周波数近傍の熱振動振幅を計測し、振幅が最大となるように参照周波数を自動的に調整することで、熱振動振幅がピークを示す周波数、すなわち共振周波数を追尾できるピークトラッキング STNM (PT-STNM) を開発したので、その原理と概要を紹介する。PT-STNM は従来のコンタクトモード AFM で得られるたわみ信号 (垂直力) やねじれ信号 (摩擦力) に加えて、粘弾性や動的摩擦に関する情報を与える技術であり、ほかの力学特性計測手法や電気的特性計測手法と同時に使うことも可能である。

Fig. 1(a) は、Si 基板上に塗布したポリスチレン (PS) とフォトポリマー (S1813 G2) の相分離膜 (膜厚: 約 300 nm) のコンタクトモード AFM による表面形状像である (走査時間約 8 分)。カンチレバーは Si 製で、ばね定数約 1.5 N/m、自由共振周波数約 27.2 kHz であり、接触力は約 10 nN とした。Fig. 1(b) および 1(c) は同時に得られた接触共振周波数 (f_c) 像および Q 値像であり、Fig. 1(d) および 1(e) に Fig. 1(a) および 1(b) から得られた断面プロファイルを示す。隆起領域は PS 領域であり、フォトポリマー領域と比べて弾性が低く (低 f_c)、粘性が高い (低 Q) ことが示唆される。

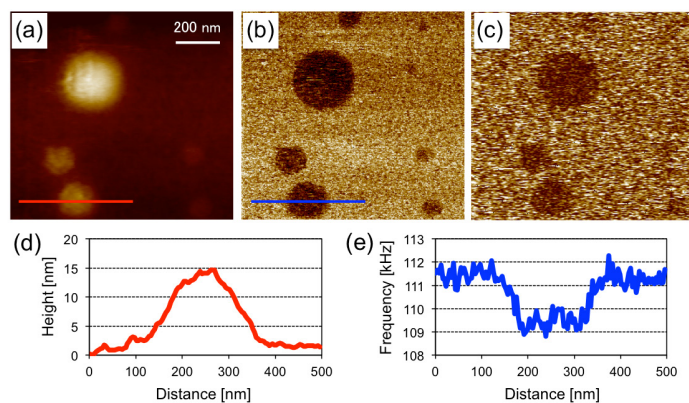


Fig. 1: (a) Topographic, (b) contact resonance frequency (f_c), and (c) quality factor image of a phase-separated polymeric film obtained by PT-STNM. (d) and (e) are the cross-sectional profiles.

[1] A. Yao, K. Kobayashi, S. Nosaka, K. Kimura, H. Yamada, Sci. Rep. 7, 42718 (2017).