

バイモーダル qPlus AFM による摩擦異方性検出の実証

Confirmation of friction anisotropy detection by bimodal qPlus AFM

京大院材工¹, 京大院電子工²○山田 祐也¹, 一井 崇¹, 宇都宮 徹¹, 木村 邦子², 小林 圭², 山田 啓文², 杉村 博之¹Dept. of Mater. Sci. & Eng., Kyoto Univ.¹, Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ.²°Y. Yamada¹, T. Ichii¹, T. Utsunomiya¹, K. Kimura², K. Kobayashi², H. Yamada², H. Sugimura¹

E-mail: yamada.yuuya.47z@st.kyoto-u.ac.jp

バイモーダル原子間力顕微鏡 (バイモーダル AFM) は、センサを2つの共振周波数で同時に励振しながら測定を行う手法である。探針が固体表面に対して垂直に振動するモードと、水平に振動するモードを組み合わせることで、垂直・水平力の同時計測が可能となる。我々は、音叉型水晶振動子センサ (qPlus センサ) の共振モードを解析し、長い探針を取り付けた場合に探針先端が1次共振で垂直に、高次共振で水平に振動することを示した[1]。しかし、高次共振によって水平方向の相互作用を検出可能か検証が必要であった。そこで、今回我々は、バイモーダル qPlus AFM で摩擦異方性を持つ試料を分析することで、高次共振によって摩擦に由来するエネルギー散逸を検出できるかどうかを検証した。

まず、運動方程式を解くことで qPlus センサの共振モードの解析を行った。その結果、探針長さが 1.7 mm 程度のセンサの3次共振が水平力検出に適することがわかった (Fig.1)。摩擦異方性を持つ試料として、ポリ(ビニリデンフルオライド-トリフルオロエチレン) (P(VDF-TrFE)) を用いた。グラファイト上に製膜した P(VDF-TrFE) 薄膜をバイモーダル qPlus AFM で分析を行った結果を Fig.2 に示す。形状像 (a) には、長さ 200 nm 程度のロッド状のグレインが観察された。これらは P(VDF-TrFE) の edge-on 配向ラメラ結晶であると考えられる。1次共振のエネルギー散逸像 (b) には、グレイン方向に対応したコントラストは観察されなかった。一方、3次共振のエネルギー散逸像 (c) では、探針の振動方向 (図中上下方向) がグレイン短軸方向と平行となった場合に、エネルギー散逸が小さくなった。コンタクトモード AFM による摩擦力計測[2]において、グレイン短軸方向の摩擦力は、長軸方向に比べて小さいことが報告されており、したがって、本手法において3次共振を用いて摩擦に由来するエネルギー散逸が検出可能であることが示された。

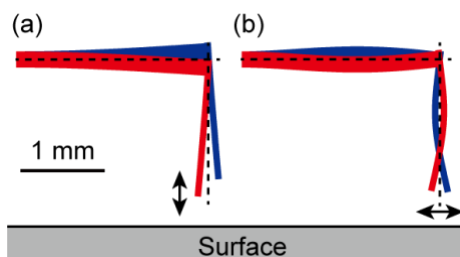


Fig.1 Numerically obtained eigenmodes of a qPlus sensor with the tip length of 1.7mm
(a) 1st flexural mode (b) 3rd flexural mode

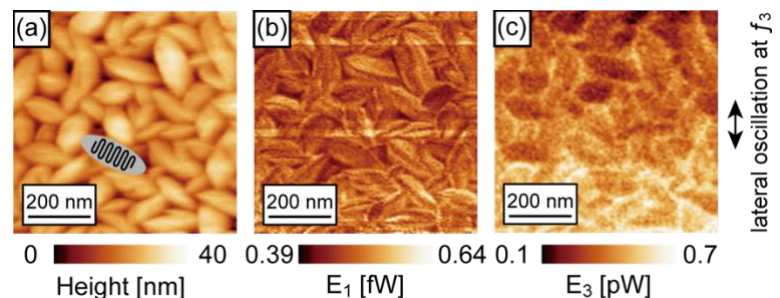


Fig.2 Bimodal qPlus AFM images obtained on a P(VDF-TrFE) film
(a) Topography (b, c) Energy dissipation of 1st mode and 3rd mode

[1] Y. Yamada *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **58**, 095003 (2019), [2] K. Kimura *et al.*, *Langmuir*, **23**, 4740 (2007)