

## ヘテロダイン FM 方式光誘起力顕微鏡

### Heterodyne Frequency Modulation Photoinduced Force Microscopy

阪大院工<sup>1</sup> ○(D) 山西 絢介<sup>1</sup>, 内藤 賀公<sup>1</sup>, 李 艶君<sup>1</sup>, 菅原 康弘<sup>1</sup>

Osaka Univ.<sup>1</sup>, ○(D) Junsuke Yamanishi<sup>1</sup>, Yoshitaka Naitoh<sup>1</sup>, Yanjun Li<sup>1</sup>, Yasuhiro Sugawara<sup>1</sup>

E-mail: yamanishi@ap.eng.osaka-u.ac.jp

光誘起力顕微鏡(PiFM)は、近年開発された走査型プローブ顕微鏡であり、回折限界を超えて試料の光学応答を観測する。この顕微鏡は、光検出器によって光を検出するのではなく、探針を光照射された試料の近接場に挿入し、互いに生じる双極子間における相互作用を検出する。特に光誘起力のうちの勾配力を測定することで、試料の光学像を分極率の実部として観測できる[1]。これまでの研究で、可視光領域において分子クラスターに対する勾配力の測定が実現されている。一方で最近、特に赤外領域の光において観測している光誘起力の信号が、探針及び試料の熱膨張を表してしまうという問題点が指摘された[2]。したがって、試料の実部を表す勾配力と、虚部を表す熱膨張による力を分離して測定することが望まれる。本研究では、開発したヘテロダイン FM 方式がそれらを分離して観測を実現できることを示す[3]。

ヘテロダイン FM 方式は、入射光強度を  $2f_1+f_m$  の周波数( $f_1$ :カンチレバーの共振周波数、 $f_m$ :任意周波数)で変調させて、光誘起力を計測する。サファイア基板上的金ピラーの観測結果を Fig. 1 に示す。測定環境は大気中環境下である。(a)が AFM 像であり、(b),(c)は光誘起力信号の光の強度変調に対して、同位相の成分(LIX)と 90 度位相の遅れた成分(LIY)である。勾配力が強く現れる金ピラーのエッジ部分で LIX 信号が大きく現れており、LIY 信号が小さくなっている。逆に LIY 信号は、勾配力が強く働かないサファイア基板上で大きかった。このようなサファイア基板上での LIY は、試料の熱膨張を表していると考えられる。この結果はラインプロファイル(d)や、そこから評価した極座標表示(e)からも分かる。またこのような結果はシミュレーション結果を用いて確かめられた。

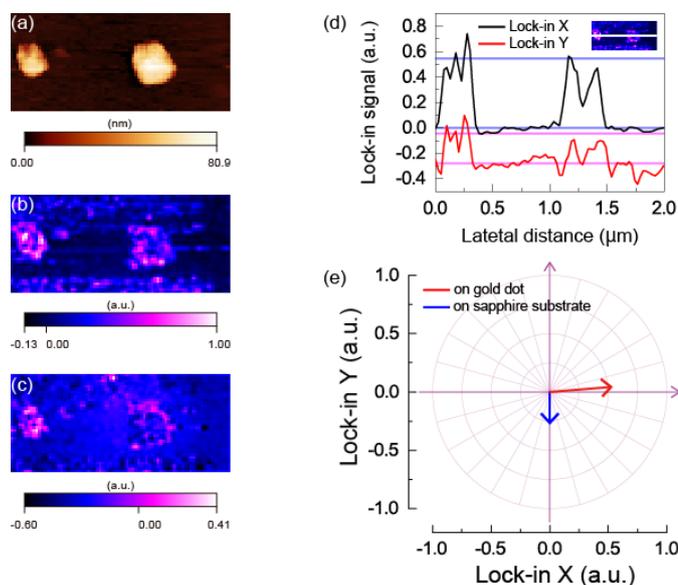


Fig. 1 Measurement results of a gold pillar ( $\lambda=660\text{nm}$ ).

(a) AFM image. (b, c) PiFM images of LIX and LIY.

(d) line profile. (e) LIX and LIY signals in (d).

[1] J. Junghoon et. al., Phys. Rev. B **90**, 155417 (2014).

[2] B. T. O'Callahan et. al., Nanoletters **9**, 5499 (2018).

[3] J. Yamanishi et. al., Phys. Rev Appl. **9**, 024031 (2018).