超高真空光誘起力顕微鏡法による高分解能観測

High-resolution Observation in Ultrahigh Vacuum Photoinduced Force Microscopy

阪大院工¹ ^O(D) 山西 絢介¹, 内藤 賀公¹, 李 艶君¹, 菅原 康弘¹

Osaka Univ. ¹, $^{\circ}(D)$ Junsuke Yamanihi¹, Yoshitaka Naitoh¹, Yanjun Li¹, Yasuhiro Sugawara¹

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

光誘起力顕微鏡(PiFM)は、光の場によって探針に働く力を検出する顕微鏡であり、数 nm の空 間分解能で試料の光学観測が可能である[1]。この顕微鏡では、集光したレーザー光を金探針と試 料に入射し、互いに生じる双極子間の相互作用力を検出することで試料の光学像を観測している。 これまでの光誘起力顕微鏡による観測は、大気中環境下で行われてきたものがほとんどである[2]。 しかしながら、大気中と比較して真空中での光誘起力の観測は、様々な利点が存在する。一つは、 力検出器の検出感度が 100 倍程度高くなることである。そのため、高い信号雑音比からの高い空 間分解能が期待される。さらに、観測環境が真空断熱状態にあるため、測定が熱的に安定であり、 長時間に及ぶ計測が可能である。本研究では、開発した超高真空光誘起力顕微鏡を用いて、光誘 起力の高分解能観測を行った。測定法として、真空環境下で定量的にかつ、アーティファクトな く観測が行えるへテロダイン FM 方式を用いた[3]。さらに、ヘテロダイン FM 方式を用いること は、同時に複数の波長に対する光誘起力の観測を可能にするという特徴もある。

金薄膜上の単一の量子ドット(InP/ZnS)に対して光誘起力の観測を行った結果を Fig. 1 に示す。 (a)は AFM 像であり、(b), (c)はそれぞれ 660nm、785nm の波長の光を入射した時の光誘起力像であ る。 (d)は量子ドットの吸収スペクトラムであり、660nm にだけわずかに吸収を示す。660nm の 光を入射した場合のほうが、光誘起力が量子ドット上で強く観測されていることが分かる。この ように、量子ドットの光学応答を波長別で同時に、数 nm の分解能で観測することに成功した。 また、ヘテロダイン FM 方式を用いることで探針と試料の熱膨張の寄与も取り除くことができた ことについても報告する。



Fig. 1 Measurement results of a quantum dot on gold surface. (a) AFM image. (b, c) PiFM images $(\lambda = 660 \text{nm}, 785 \text{nm})$. (d)Absorbance spectrum.

- [1] I. Rajapaksa et. al., Appl. Phys. Lett. 99, 161103 (2011).
- [2] J. Junghoon et. al., Phys. Rev. B 90, 155417 (2014).
- [3] J. Yamanishi et. al., Phys. Rev Appl. 9, 024031 (2018).