

グラファイトにおけるレーザー励起効果 : 原子間力顕微鏡及び顕微ラマン分光法による研究

AFM and micro-Raman spectroscopic study on laser excitation effects in graphite

大阪公立大¹, 高知工科大², 佐賀大学³, 和歌山大学⁴

○金本 竜輝¹, 益井 絵美里², 中西 啓輔¹, 金崎 順一¹, 稲見 栄一², 山本 勇³,
東 純平³, 木曾田 賢治⁴

Osaka Metropolitan Univ.¹, Kochi Univ. Tech.², Saga Univ.³, Wakayama Univ.⁴

○Tatsuki Kanemoto¹, Emiri Masui², Keisuke Nakanishi¹, Jun'ichi Kanasaki¹, Eiichi Inami²,
Isamu Yamamoto³, Junpei Azuma³, Kenji Kisoda⁴

E-mail: si24718w@st.omu.ac.jp

グラファイト表面にフェムト秒レーザーを照射すると、新規ナノ構造相[1,2]、数ナノメートルスケールのクレーター[3]、さらに周期的な一次元ナノ構造[4]など、多彩な構造変化が誘起される。これらの光誘起構造変化は、従来の熱力学的手法では得られない反応経路の存在を示唆しており、炭素系物質における新規の構造制御法として期待されている。光励起による物質制御技術確立するためには、各種励起条件と誘起される局所構造や結合形態との相関を明確にすることが本質的に重要である。本研究では、原子間力顕微鏡(AFM)及び共焦点顕微ラマン分光法を用いて、励起光強度及び照射パルス数と誘起される微視的構造変化との相関を明らかにした。

高配向熱分解グラファイト(HOPG)を試料とし、波長 515 nm・パルス幅 170 fsec・p 偏光の励起光を繰り返し周波数 100 kHz で照射した。照射光の強度分布は半値幅約 100 μm のガウス型プロファイルで特徴づけられるため、照射スポット中心からの距離に対する局所励起強度(Local Excitation Intensity: LEI)を評価した。Fig.1(a)に示す照射スポット内の領域 A 及び C を AFM で観察した結果を、それぞれ Fig. 1(b)及び(c)に示す。領域 A (LEI=42 mJ/cm²)では、周期幅 60~150 nm のライン状構造が確認された。一方、領域 C (LEI = 2 mJ/cm²)では単原子層深さのクレーターが複数観察された。さらに、領域 B (LEI=31 mJ/cm²)では、クレーターのサイズと密度の増大に加え、2 原子層程度の深さをもつクレーターも多数観測された。照射後の表面に対して顕微ラマン分光法により測定した結果、ビーム中心から 150 μm 程度の領域内において 1350 cm⁻¹ 付近に新たなピークが確認され、解析により 1335 cm⁻¹ 付近と 1360 cm⁻¹ 付近の 2 成分から構成されることが判明した。炭素原子間の sp^3 結合に固有な振動が 1332 cm⁻¹ にピークを形成することから[4]、本実験結果は、構造変化の過程に $sp^2 \rightarrow sp^3$ 結合変換が関与することを強く示唆している。

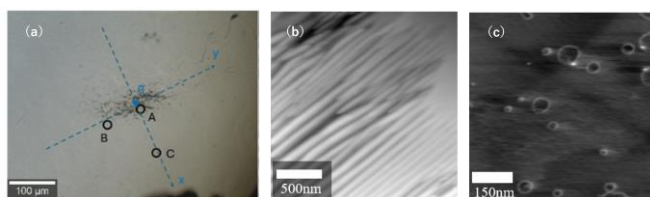


Figure 1 (a) Optical microscope image of a laser-irradiated spot. (b-c) AFM images acquired after iterative excitations with 170-fs laser pulses at local excitation intensities of 42 mJ/cm², (b), and 2 mJ/cm², (c).

参考文献

- [1] J. Kanasaki et al., Phys. Rev. Lett. **102**, 087402 (2009). [2] E. Inami et al., Sci. Rep. **13**, 21439 (2023).
[3] H. Ohnishi et al., Surf. Sci. **605**, 1497 (2011). [4] V. Saikiran et al., Appl Surf. Sci. **428**, 177 (2018).