

中赤外自由電子レーザーによる赤外不活性フォノンモードの選択励起

Mode-selective IR-inactive phonon-mode excitation with mid-infrared free-electron laser

京大エネ科¹, ボルドー大 CBMN², 京大エネ理工研³, 同志社大理工⁴

赤瀬川 怜¹, 吉田 恭平², 全 炳俊³, ○ 蜂谷 寛¹, 後藤 琢也⁴, 佐川 尚¹, 大垣 英明³

Kyoto Univ.¹, CBMN, Univ. Bordeaux², IAE, Kyoto Univ.³, Doshisha Univ.⁴

Rei Akasegawa¹, Kyohei Yoshida², Heishun zen³, ○ Kan Hachiya¹, Takuya Goto⁴,

Takashi Sagawa¹, Hideaki Ohgaki²

中赤外レーザーといくつかのワイドバンドギャップ半導体材料との相互作用により、本来それぞれが異なるエネルギー機能の発現に寄与するはずの個々の格子振動モードをひとつひとつに分解して自由に励起し、または抑制することで、エネルギーが固体中でどのように失われるか、材料あるいは結晶格子中の何によって失われるか、逆にどのように高効率に伝達されているかを明らかにするために、中赤外自由電子レーザー光源 KU-FEL を用いた新しいフォノン分光法の確立を目指している。とくに現在は、FEL 二光子励起を利用した赤外不活性モード励起を、「究極のパワー半導体」とされ超伝導現象の発現でも知られるダイヤモンドに応用している。本来、通常の励起法では、熱統計と選択則にしたがって、同時に多数のフォノンモードが励起され、物性・機能の発現の決め手となっている特定のモードがいずれかはわからない。そのため、熱的なフォノン励起に代わる技術が必要となる。そこで、中赤外領域の光が固体における代表定な光学フォノンの吸収領域に対応していることに着目し、中赤外自由電子レーザーによる新しいフォノン励起法を用いることにした。波長可変な KU-FEL で光学的 (非熱的) にフォノン励起を行い、さらにアンチストークス・ラマン散乱測定法を用いて、選択的フォノン励起を直接的な手法で実証する。

前回 (2019 年応用物理学会春期学術講演会) は、単結晶ダイヤモンドにおける赤外不活性な T_{2g} モードの選択的二光子励起を報告した。極低温でいったんフォノンモードの励起を抑制してアンチストークス・ラマン散乱信号のないことを確認した上で、FEL 照射下では二光子のエネルギー位置に信号が復活することを確認したが、散乱バンドのピーク位置が本来の同モードの位置である $1,332\text{ cm}^{-1}$ と比べると 20 cm^{-1} 以上低波数側に遷移するとともに、電子顕微鏡による照射後の表面の観察では、脆性破壊に特有の照射痕が観察された [1]。

今回は、ポンプ FEL 光とプローブレーザー光の強度をはじめとする測定光学系の再調整により、ピークの赤方遷移と単結晶表面の照射痕の生成を抑制することに成功したので、それらについて報告する。

[1] O. Sato, K. Yoshida, H. Zen, K. Hachiya, T. Goto, T. Sagawa, H. Ohgaki, *Phys. Lett. A*, in press.