

エネルギー機能材料の電子構造と光物性

Electronic states and optical properties of the functional energy materials

京都大学大学院エネルギー科学研究科 蜂谷 寛

1 背景と目的

SiC, TiO₂, ZnO 等はワイドギャップ半導体とよばれ、次世代パワーデバイスや光触媒、発光デバイスなどへの応用が期待されて活発に研究されている。これらの材料の電子移動などの物性は、赤外域に振動モードを有する格子振動 (フォノン) と電子の相互作用が重要な役割を担っていると考えられており、選択的なフォノン励起により特定の格子振動が及ぼす電子状態への影響を解明することが可能であると考えられるほか、相変化や電荷移動を積極的に利用した相変化制御の可能性も示唆されつつある。

しかしながら、従来の熱的なフォノン励起では、特定の格子振動を選択的に励起することは困難であり、熱的なフォノン励起に代わる技術が必要となる。そこで、中赤外領域の光がフォノンの吸収領域に対応していることに着目し、波長可変な中赤外レーザーで光学的 (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中赤外レーザーによる選択的フォノン励起を直接的な手法で実証することを目的とし、実験を行った。

2 検討内容

サンプルとして 6H-SiC を用い、熱的なフォノン励起の影響を抑制するために極低温 (14 K) にまで冷却した。冷却したサンプルに、6H-SiC の光学フォノンモード (ラマン・赤外活性) に対応する 10.4 μm の波長に調整した中赤外パルスレーザー (KU-FEL [B1])、およびラマン散乱測定用のプローブ光 (Nd-YAG レーザー: 532 nm) を同時照射した。また、バックグラウンド測定として、Nd-YAG レーザーのみ照射し、14 K におけるラマン散乱スペクトルを測定した

3 結果

FIG 1 に示すように、フォノンモードの吸収波長 (10.4 μm : 970 cm^{-1}) に対応した中赤外パルスレーザー照射により、フォノンモードのエネルギーに対応する波数にピークが観測された。また、14 K への冷却によって、フォノン生成は抑制されることが確認された。

4 考察

赤外活性な A_1 振動モード (970 cm^{-1} FIG. 2 左) と不活性な E_2 振動モード (790 cm^{-1} FIG. 2 右) は、いずれもラマン活性ながら、それぞれに帰属される散乱バンドの観測されるエネルギーに対応する励起波長 (10.4 μm および 12.5 μm) に FEL を調節した結果は、FIG. 1 に示すとおり、前者では散乱ピークが生じる一方で、後者では観測されない。また、帰属される散乱バンドのな

い 9.05 μm 入射に対しては対応波数でのピークは観測されず、仮に FEL 入射波長 10.4 μm に対するピークが FEL 励起光と Nd:YAG プロブ光との和周波 (SFG) 光によるものである場合には入射波長に対してピークの有無ではなくピークの大小として観測されるはずであるから、アンチストークス散乱光は、中赤外 FEL レーザー光の吸収による光学的な直接フォノン励起によって生じるものであることを検証することができた。

発表論文

なし

参考文献

- [B1] H. Ohgaki, T. Kii, K. Masuda, H. Zen, S. Sasaki, T. Shiiyama, R. Kinjo, K. Yoshikawa, T. Yamazaki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **47**, 8091 (2008)
- [B2] K. Yoshida, T. Sonobe, H. Zen, K. Hachiya, K. Okumura, K. Mishima, M. Inukai, H. Negm, T. Konstantin, M. Omer, T. Kii, K. Masuda, H. Ohgaki, *Appl. Phys. Lett.*, **103**, 182103 (2013)

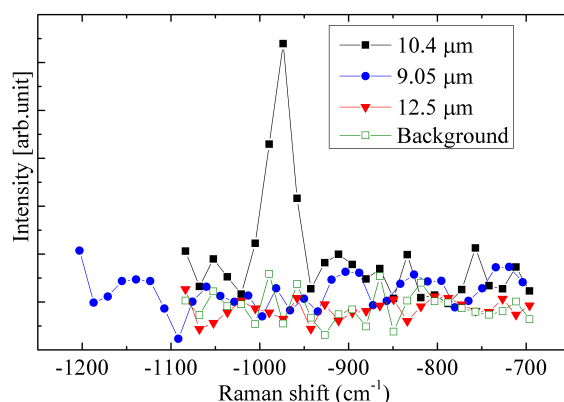


FIG. 1 Anti-Stokes Raman scattering spectra by Nd:YAG laser excitation with and without FEL irradiation (14 K) [B2]

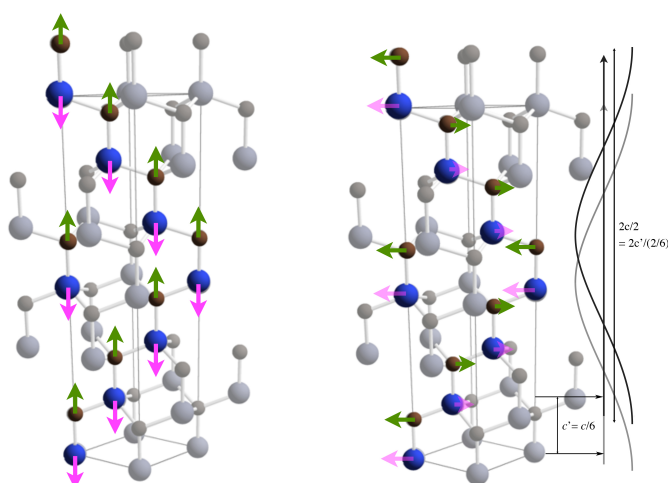


FIG. 2 A_1 mode (970 cm^{-1} , FLO(0); left) and E_2 mode (790 cm^{-1} , FTO(2/6); right).