

電子エネルギー損失分光法によるナノレベル振動分光

Vibration spectroscopy at nano-scale using electron energy-loss spectroscopy

研究分野

Department

ナノ構造・機能評価
Nanocharacterization for
Nanostructures and Functions

研究者

Researcher

末永和知 吉田秀人 岩清水千咲
K. Suenaga H. Yoshida C. Iwashimizu

キーワード

Keyword

電子エネルギー損失分光法、走査透過型電子顕微鏡、フォノン
Electron energy-loss spectroscopy, Scanning transmission electron microscopy, Phonon

応用分野

Application

材料科学、ナノデバイス、化学反応解析
Material science, Nano device, Chemical reaction analysis

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

格子振動の量子であるフォノンの分散は、材料の熱的・光電子の特性などを特徴付けます。しかし、従来の振動分光法で得られる情報は平均データでした。医学・電子工学・エネルギーなど様々な分野でナノテクノロジーの発展と応用が進む中、ナノレベルで局所的なフォノン分散を測定・評価する技術の開発を目指しました。

概要・特徴

低加速電圧STEM-EELS装置の高空間・高エネルギー分解能化を達成し、微小二次元物質の振動スペクトルをナノスケールで取得する手法を見出しました。

技術内容

電子損失エネルギー分光法 (EELS) と走査透過型電子顕微鏡 (STEM) を組み合わせた STEM-EELS 装置を用いてグラフェンと六方晶窒化ホウ素 (h-BN) のフォノン分散を取得しました。EELS 検出器を軸中心から少しずつずらすことで、運動量移送ベクトル q の関数として分光しました (図 (a), (b))。縦軸に損失エネルギー、横軸に運動量 q 、色の明暗に強度を取ることで、フォノン分散図を実験的に取得できました (図 (c)) [1]。

応用として、幅数 10nm の短冊状グラフェンナノリボンの振動モードマッピング [1] や、同位体のピークシフトを利用した数 nm レベルでの同位体マッピング [2] に成功しました。

モノクロメーターを搭載し国内最高レベルのエネルギー分解能を達成できたことや、収差補正器の性能向上による高空間分解能化、検出カメラ感度の改善などによる低加速電圧 STEM-EELS 装置の高性能化がこれらを実現しました。

社会への影響・期待される効果

この研究成果は、半導体や電子デバイスにも応用されるナノ構造固体物質の局所 IR 測定に特に有用です。また、低加速電圧条件は電子線ダメージを受けやすい低次元物質や有機物の観察を可能にします。

【論文 Paper】

- [1] R. Senga, K. Suenaga, P. Barone, S. Morishita, F. Mauri and T. Pichler, Nature, 573 (2019) 247-250.
[2] R. Senga, Y.-C. Lin, S. Morishita, R. Kato, T. Yamada, M. Hasegawa, K. Suenaga, Nature, 603 (2022), 68-72.

