33 テーマ Theme

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 K. Suenaga　吉田秀人 H. Yoshida　岩清水千咲 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

解析 Analysis

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・光電子的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。

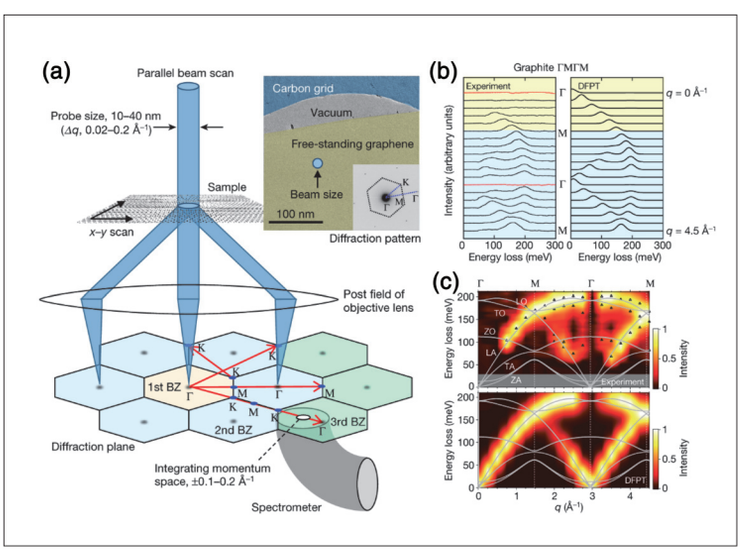
概要・特徴

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.