

隠れた物性情報を引き出す新しい電子顕微鏡技術の開発

～単原子層の電子透過率の広ダイナミックレンジ計測～

達博（物質・材料研究機構 先端材料解析研究拠点および統合型材料開発・情報基盤部門 情報統合型物質・材料研究拠点 研究員）と吉川英樹（同機構 表面化学分析グループ グループリーダー）は、田沼繁夫（同機構 特別研究員）、塚越一仁（同機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 主任研究者）、渡辺一之（東京理科大学 教授）、丁澤軍（中国科学技術大学 教授）らを主とする研究グループとの共同研究により、電子ビームを使った顕微鏡において、電子のエネルギーがゼロに近い領域から高エネルギーまでの広いエネルギー範囲でナノ薄膜を一度に計測する新発想の汎用の分光顕微鏡技術（注 1）を開発し、その有効性を実証しました。

単色入射電子ビーム(注 2)のエネルギーを変化させ電子光学系を再調整しながら電子顕微鏡像を計測する手間のかかる従来の方法ではなく、基板物質内で生成した広いエネルギー分布を持つ二次電子(注 3)を仮想の白色電子源(注 2)としてナノ薄膜を観察する発想を転換した新手法を開発しました。その実現にあたって、二次電子に含まれるバックグラウンド信号を完全に除去する必要があり、そのために天文学で望遠鏡の微弱信号の精密検知に利用されていた4点計測法を発展させてナノ薄膜に適用しました。それによりグラフェン(注 4)の電子透過率(注 5)をゼロに近い領域から600エレクトロンボルトまでの広い範囲で一度に計測し、その実測値が理論値と良く一致することを確認しました。二次電子の信号に隠れていたナノ薄膜の電子透過率と言う物性情報を引き出すことは、今回初めて報告されました。広いエネルギー範囲の可視光を使った物体の透過率特性は物体の”色”を意味していますので、広いエネルギー範囲で電子の透過率を求めることは、電子と言う”目”を使ってナノ薄膜の”色”を見ていることに相当します。(NIMS 吉川英樹 博士の解説より)

本研究成果は、2017年5月26日に"Nature Communications"のオンライン版に発表されました。

問合せ先：国立研究開発法人物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点
塚越一仁 主任研究者

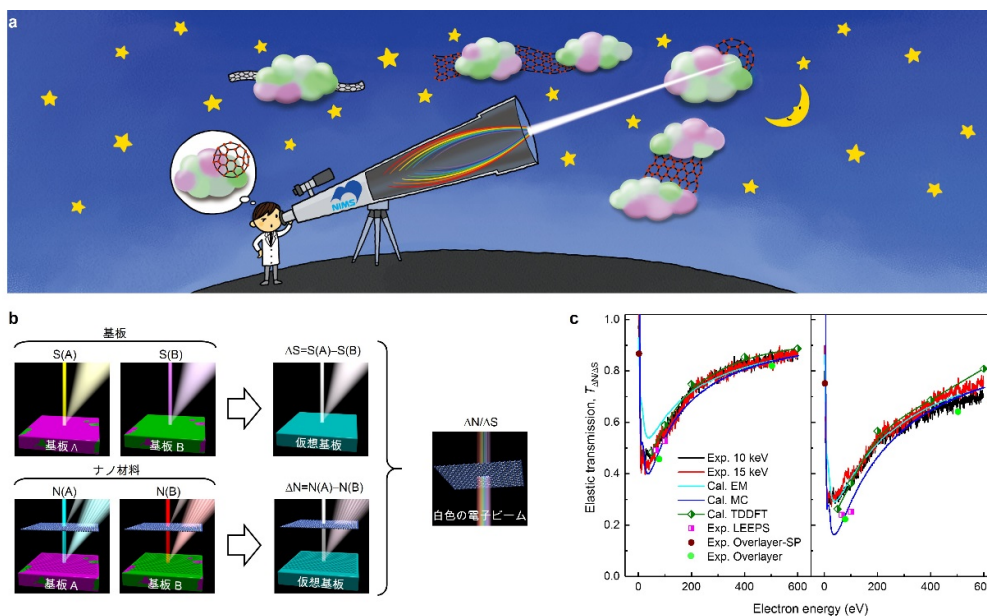


図 (a) 天文学で望遠鏡の装置に由来するバックグラウンドや観察時の空気のゆらぎの影響を除去して微弱な星の信号を精密に得るために開発された4点計測法 (chop-nod 法) をナノスペースの顕微鏡に応用したイメージ図。雲に見立てた (色分けした) 複数領域に分かれた基板にあるナノ物質を明瞭に観察するイメージ。

(b) 分光顕微鏡における4点計測法の原理の説明図。単色の入射電子ビームが4つの異なるパターン (金基板の2つの結晶方位の領域の上にナノ材料が存在する場合としない場合の計4パターン) の試料領域に照射され、各領域から放出された白色の二次電子の強度を演算することで、白色の電子ビームがナノ材料を透過する物理環境が仮想的に実現できることを示している。

(c) 0~600 エレクトロンボルトのエネルギー範囲における単原子層グラフェン (左図) と二原子層グラフェン (右図) の電子透過率。図中で、赤と黒の実線は今回の新手法で求めた実験値で、分散点は従来の実測値、他の色の滑らかな実線は複数のモデルでの理論計算値を示している。

3. 本研究は、科学技術振興機構 (JST) のイノベーションハブ構築支援事業の「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ (MI2I)」, 東京大学物性研ならびに自然科学研究機構 共通研究施設 での計算機施設利用の一環、および、文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究「原子層科学」(No.JP25107004), 科研費(No. JP25400409)、National Natural Science Foundation of China (Nos. 11274288 and 11574289)の補助をうけて行われました。

掲載論文

題目: Virtual substrate 1 method for nanomaterials characterization

著者: Bo Da, Jiangwei Liu, Mahito Yamamoto, Yoshihiro Ueda, Kazuyuki Watanabe, Nguyen Thanh Cuong, Songlin Li, Kazuhito Tsukagoshi, Hideki Yoshikawa, Hideo Iwai, Shigeo Tanuma,

Hongxuan Guo, Zhaoshun Gao, Xia Sun, and Zejun Ding

雑誌：Nature Communications

掲載日時：2017年05月26日

用語解説

(注1) 分光顕微鏡

信号のエネルギー（光の分野では色と言うことが多い）を識別しつつ、空間のイメージングを行う手法。

(注2) 単色の電子ビームと白色の電子ビーム

光の分野では、特定のエネルギーを持つ光を単色光、多数のエネルギーの光が混じったものを白色光と言います。この表現を電子でも使い、特定のエネルギーを持つ電子を単色の、多数のエネルギーをもつ電子を白色の電子と表現しています。