

【基盤研究(S)】

理工系(総合理工)



研究課題名 単原子スペクトロスコピーの高度化研究

産業技術総合研究所・ナノ材料研究部門・首席研究員

すえなが かずとも
末永 和知

研究課題番号: 16H06333 研究者番号: 00357253

研究分野: 総合理工

キーワード: 薄膜、表面界面物性、電子顕微鏡、電子分光、単原子物理

【研究の背景・目的】

単原子の分析・識別は、1,800年にダルトンが原子論を提唱して以来、全科学者の目標の一つであった。近年の電子顕微鏡の発展はめざましく、細く絞った電子線と高性能の分光器を用いることで、従来は不可能とされていた原子ひとつひとつからの分光がなされるまでに至った。本研究ではこの単原子スペクトロスコピー法のさらなる応用と発展を目指す。とくに電子顕微鏡を用いた電子分光測定の高速度化・高感度化・高精度化を通して、単原子のスピンの状態、配位数およびそれらの変化の実時間観測を可能にし、物性研究および生命研究の基礎的発展に大きく貢献できる基盤技術開発につなげる。

【研究の方法】

本課題では5年間の研究期間中に、「単原子トラッキングを可能にする超高速ケミカルマップ」、「単原子スピン状態、配位数、電子準位などの情報取得」、「化学反応・相転移などに伴う単原子ELNES変化のその場測定」を実現するために、EELS法の高速度化・高感度化・高分解能化を目指す。具体的には、超高真空下でガス分圧や温度制御を可能にする観察時の試料環境制御、とくに深いエネルギー損失におけるスペクトルカットオフに対応し回折面上でのエネルギーぼけを最小限に抑えるための電子顕微鏡中間レンズ色収差低減、高輝度かつ高安定の電子銃導入、高速・高感度分光検出器の導入などを実施する。

【期待される成果と意義】

超高速ケミカルマップによる単原子追跡: 電子顕微鏡内で刻々と変化する原子構造を元素別に追跡することができるようになり、欠陥ダイナミクスなどデバイス特性に重要な情報を原子レベルで取得できる。

単原子情報の充実化: 単原子分析の感度を飛躍的に向上させることで、軽元素だけでなく貴金属や遷移金属などの検出も可能になる。また酸化数やスピン状態などの情報がより幅広い元素から得られるようになるため、多くの物質や細胞などに応用できる。

ELNES変化のその場測定: 化学反応や相転移に伴う電子状態の変化を原子レベルで捉えることが可能になり、例えば酸素吸着を担う分子中のFe原子スピン状態を観測するなど生命活動の根源となる化学反応に原子レベルで迫ることができる。

物質の根源に思いをはせた古代ギリシア人以来、モノや生命を構成する最小単位をひとつひとつ可視化しカウントすることは何世紀もの間、科学者の夢であった。以上のような、物質・生命の原理の解明につながる単原子分析は、人類の知識に貢献できる。

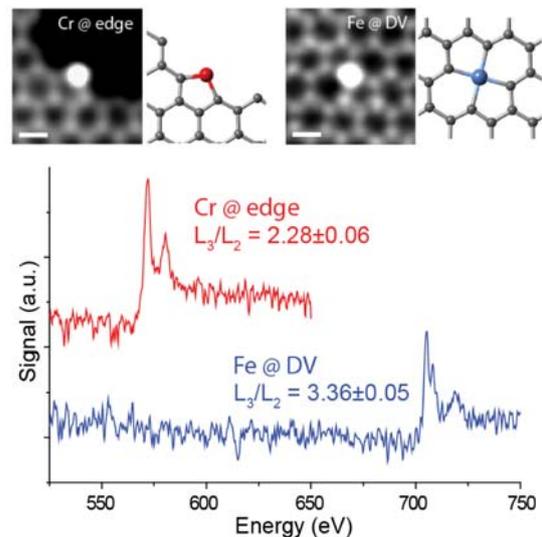


図 単原子のスピン状態測定の予備実験例。L吸収端における枝分かれ比(L₃/L₂)は、注目する3d遷移金属のdサブバンド内の電荷移動量を反映しており、グラフエッジ上のCr原子も、複空孔(DV)中のFe原子も高スピン状態であることがわかる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- K. Suenaga et al., "Element-selective single atom imaging" *Science* 290 (2000) pp. 2280-2282
- K. Suenaga and M. Koshino, "Atom-by-atom spectroscopy at graphene edge", *Nature*, 468 (2010) pp.1088-1090

【研究期間と研究経費】

平成28年度-32年度 130,900千円

【ホームページ等】

<https://unit.aist.go.jp/nmri/index.html>
suenaga-kazu@aist.go.jp