

電子やイオン等の能動的制御と反応
2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

永村 直佳

物質・材料研究機構 先端材料解析研究拠点
主任研究員

電位制御マルチプローブと顕微分光による微小領域化学反応オペランド可視化技術の開発

研究成果の概要

新たに開拓された反応プロセスをデバイス実装する際に必ず問題となるのが「局所性」であり、昨今では不均一性を持つ合材内部や異種接合界面における局所反応分布評価の重要性が高まっている。そこで本研究では、放射光を用いた顕微分光オペランド分析に関する自身の豊富な経験を活かし、顕微分光システムに局所反応誘起のための高精度マルチプローブユニットを組み合わせて、微小領域化学反応オペランドイメージング技術を実現することに挑んでいる。

3年目である本年度では、ラボ実験装置(ハードウェア)の開発と、オペランド顕微分光の多次元データ解析のための解析技術(ソフトウェア)の開発を行った。また、さきがけ領域内を中心に既存の分光分析装置を活用して共同研究も進めている。

要素技術開発については、初年度から進めている放射光軟 X 線走査型光電子顕微分光装置”3D nano-ESCA”の測定制御ソフトウェア開発が完了した。SPring-8 に常設してあった 3D nano-ESCA は 2022 年 7 月に共用停止し、東北新光源 NanoTerasu に移設作業中である。NanoTerasu の稼働は 2024 年度以降を予定しているため、3D nano-ESCA へのプローバー導入はさきがけ期間後の目標に修正する。さきがけ期間内では 3D nano-ESCA と同等の空間分解能を持つラボ顕微ラマン分光装置にプローバーを導入し、原子層材料ナノシート単体の輸送特性と分光分析の同時計測を目指して装置立ち上げを行っている。3D nano-ESCA でも顕微ラマンでも、マッピング計測で得られた大量のスペクトルを解析してピーク値や半値幅といった情報を得る必要がある。永村が持つ機械学習ハイスルーブットスペクトル解析パッケージの”EM Peaks”を具体的な実験データに適用するためのマクロ開発を進めている^{1,2)}。

共同研究に関しては、さきがけ内で大阪府立大野内亮准教授と、3D nano-ESCA を利用したグラフェン電界効果トランジスタ構造の UV 光照射におけるゲート電圧駆動光酸化反応の化学状態・電子状態空間分布計測を行い、エッジから進行していくキャリアドープや結合変化といった反応過程を明らかにした³⁾。また、顕微分光分析の対象として、NIMS 飯村壮史主任研究員と、層状セラミックス化合物 MAX 相合成を行っている。

本研究の出口の一つとして、原子層ナノシート材料の電場印加反応制御を検討している。多探針オペランド顕微ラマン分光装置では初めに基礎的な材料で装置特性を確かめるために、予備実験を行った。

以下に今年度の具体的な研究実施内容と、進捗状況の各項目について、年次研究計画書の内容に沿って報告する。

【代表的な原著論文情報】

- 1) T. Matsumura, N. Nagamura, S. Akaho, K. Nagata, and Y. Ando*
Science and Technology of Advanced Materials(STAM): Methods 3, 2159753(1-11) (2023).
- 2) A. Yoshinari, Y. Iwasaki, M. Kotsugi, S. Sato, and N. Nagamura*,
Science and Technology of Advanced Materials(STAM): Methods 2, 162-174 (2022).
- 3) N. Nagamura*, S. Konno, M. Matsumoto, W. Zhang, M. Kotsugi, M. Oshima, and R. Nouchi
Nano Express 3, 044003(1-8) (2022).