

# 原子間力顕微鏡を用いた液中電位分布計測技術の開発と電極/電解液界面における反応分布のナノスケール研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2021-07-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 平田, 海斗, HIRATA, Kaito メールアドレス: 所属: 金沢大学, 金沢大学, 金沢大学
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/00063308">http://hdl.handle.net/2297/00063308</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



# 学位論文概要

## Dissertation Summary

学位請求論文 (Dissertation)

題名 (Title) 原子間力顕微鏡を用いた液中電位分布計測技術の開発と電極/電解液界面における反応分布のナノスケール研究 (Development of In-liquid Local Potential Distribution Measurement Technique Based on Atomic Force Microscopy and Its Applications to Nanoscale Studies on Reaction Distributions at Electrode-Electrolyte Interfaces)

専攻 (Division) : 電子情報科学専攻

学籍番号 (Student ID Number) : 1824042007

氏名 (Name) : 平田 海斗

主任指導教員氏名 (Chief supervisor) : 福間 剛士

### 学位論文概要 (Dissertation Summary)

液中は、真空・大気中では見られない特異的な現象を示す環境とされる。例えば、極性溶媒中の電極表面で形成される数 nm 程度のイオンの層、電気二重層 (EDL) は腐食や触媒反応など様々な電気化学反応が進行する場として知られる。また、EDL の高効率な電荷蓄積を利用したキャパシタ、トランジスタなどデバイス開発にも応用される。これらの機能や現象理解には、実験的にも EDL を理解することが重要である。そこで、EDL を計測できる可能性のある技術として注目されているのが原子間力顕微鏡 (AFM) である。AFM は先鋭化探針を有する片持ち梁を力検出器として表面走査することでナノスケールの表面構造を様々な環境で計測できる技術である。また、近年の技術発展で 3 次元的に界面近傍を計測できる AFM や物性情報を計測できる AFM が開発されており、益々注目されている。

本論文では、我々が独自開発した AFM ベースの液中電位計測技術、オープンループ電位顕微鏡 (OL-EPM) の基本技術改善・原理的な理解・応用幅の拡大を目的として、「広帯域磁気励振システムの開発」「OL-EPM の基礎研究」「腐食研究への応用」「光触媒研究への応用」「生体分子研究への応用」を行ったものである。その構成は、全部で第 8 章からなっている。

第 1 章は、序論であり、本論文の研究背景について固液界面現象研究に対する走査型プローブ顕微鏡の位置づけ、液中原子間力顕微鏡 (AFM) を用いた電位分布計測技術の開発について述べた。

第 2 章は、本研究で使用する AFM の基本原理と AFM 以外で使用した装置の原理について述べた。

第 3 章「広帯域磁気励振システムの開発」では、従来よりも広帯域なカンチレバー磁気励振システムを開発するため、様々なカンチレバーとコイルでも安定に動作する微分回路有する開ループ型コイル駆動回路を提案した。また、そのための磁化カンチレバーやコイル、コイル駆動回路を開発した。

第 4 章「OL-EPM の基礎研究」では、OL-EPM で測定される電位の原理的理解を深めることを目的として、分極性電極 (Au、Pt) 及び非分極性電極 (Cu) 表面上で OL-EPM 電位の電極電位依存性を取得する実験を行った。これによって OL-EPM 電位が電極と電解液界面に存在する電荷蓄積に起因していることを実験的に実証した。また、測定された電位と電気二重層 (EDL) 深さには相関関係があり、OL-EPM が EDL の分布を直接可視化するために有用なツールであることを示した。

第 5 章「腐食研究への応用」では、実デバイスの腐食研究として HD に OL-EPM を応用した。OL-EPM が従来の HOT/WET 試験よりも短い数時間で HD の耐食性を評価できることを示すことができた。また従来方法では困難であった HD 保護膜の局所的な欠陥を可視化することに成功した。

第 6 章「光触媒研究への応用」では、酸素生成光電極として注目されている  $\text{BiVO}_4$  光触媒電極の光触媒反応計測へと OL-EPM を応用した。光触媒電極表面においてナノスケールで存在する電位分布を可視化することに成功し、OL-EPM が光触媒反応の可視化にも応用できる可能性を示した。

第 7 章「生体分子研究への応用」では、OL-EPM を生体分子測定へ応用するための基盤技術確立を行った。導電性基板上へ有電荷脂質二重層膜を形成することに成功し、それを OL-EPM 計測することで、電荷の異なる脂質二重層による違いを反映した電位分布を取得することができた。これにより OL-EPM が生体分子計測にも応用できる可能性を示した。

本論文の研究成果は、OL-EPM が電極/電解液界面の電気化学的な情報をナノ計測するために有用であることを示すものであり、学術的な基礎研究や産業分野の研究開発の発展に貢献するものと考えている。