

Title	AIを用いた室温走査型プローブ顕微鏡の高機能自動計測に関する研究
Author(s)	Diao, Zhuo
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/96111
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (DIAO ZHUO)	
論文題名	AIを用いた室温走査型プローブ顕微鏡の高機能自動計測に関する研究
論文内容の要旨	
<p>本論文は走査型プローブ顕微鏡 (SPM) の室温測定に関する測定技術とそれを使った応用実験の結果についてまとめたものである。温度が高いことにつれて、SPMの測定環境はより不安定になるため、1原子レベルの高機能計測するために、熱ドリフトと探針が頻繁に変化する課題を解決しないとイケない。また、SPMを用いた実験は拘束時間が長いので、自動化したSPMなしでは体力的に不可能な実験もある。</p> <p>そこで、本研究はAIの技術を用いて、室温の課題を解決し、SPMを高機能計測可能にする技術の確立を目的にした。本研究では、まず機械学習と自動計測の機能を統合したSPMコントローラを自作した。このSPMコントローラをベースに、熱ドリフトの課題に対して、画像処理のアルゴリズムを用いた室温特有のダイナミクスに対応したドリフト補正手法を示した。また、探針先端の変化の課題に対して、Si (111)-(7×7) 表面での探針状態を分類するニューラルネットワークを用いて、SPM探針の自動修復システムを作製した。これらの技術を、室温におけるSPM測定環境を最適化するための解決策として実証した。続いて、Si (111)-(7×7) で網羅的に表面情報検出の複合型ニューラルネットワークを構築し、ドリフト補正アルゴリズムと探針自動修復システムを統合した自動計測システムを実現した。この複合型ニューラルネットワークは考案したリアルタイムのデータ収集戦略によって構築された学習データで訓練され、90%を超える精度を達成した。このネットワークを用いた自動計測システムは、スキャン位置の検索能力と高品質の探針を仕様した自動データ取得する能力を持つことは実験的に証明される。また、室温における不確か環境で信頼性の高い走査トンネル分光データを得るために、自動的にIVカーブをbig dataに拡張した測定手法を提案し、Si (111)-(7×7) 表面の原子サイト特有の特性を室温環境で測定することに成功した。</p> <p>以上で開発したAI駆動のSPM技術は、複雑かつ時間のかかる実験の自動化測定に利用できる。そして、自動データ収集から得られた膨大なデータを掘り下げる解析によって、より深い物理的発見を解き明かすことがあることを提示した。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (DIAO ZHUO)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	阿 部 真 之
	副 査	教 授	酒 井 朗
	副 査	教 授	浜 屋 宏 平
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>本論文は走査型プローブ顕微鏡(SPM)の室温測定に関する測定技術とそれを使った応用実験の結果についてまとめたものである。温度が高いことにつれて、SPMの測定環境はより不安定になるため、1原子レベルの高機能計測するために、熱ドリフトと探針が頻繁に変化する課題を解決しないといけない。また、SPMを用いた実験は拘束時間が長いので、自動化したSPMなしでは体力的に不可能な実験もある。そこで、本研究はAIの技術を用いて、室温の課題を解決し、SPMを高機能計測可能にする技術の確立を目的にした。本研究では、まず機械学習と自動計測の機能を統合したSPMコントローラを自作した。このSPMコントローラをベースに、熱ドリフトの課題に対して、画像処理のアルゴリズムを用いた室温特有のダイナミクスに対応したドリフト補正手法を示した。また、探針先端の変化の課題に対して、Si(111)-(7×7)表面での探針状態を分類するニューラルネットワークを用いて、SPM探針の自動修復システムを作製した。これらの技術を、室温におけるSPM測定の環境を最適化するための解決策として実証した。続いて、Si(111)-(7×7)で網羅的に表面情報検出の複合型ニューラルネットワークを構築し、ドリフト補正アルゴリズムと探針自動修復システムを統合した自動計測システムを実現した。この複合型ニューラルネットワークは考案したリアルタイムのデータ収集戦略によって構築された学習データで訓練され、90%を超える精度を達成した。このネットワークを用いた自動計測システムは、スキャン位置の検索能力と高品質の探針を仕様した自動データ取得する能力を持つことは実験的に証明される。また、室温における不確かな環境で信頼性の高い走査トンネル分光データを得るために、自動的にIVカーブをbig dataに拡張した測定手法を提案し、Si(111)-(7×7)表面の原子サイト特有の特性を室温環境で測定することに成功した。以上で開発したAI駆動のSPM技術は、複雑かつ時間のかかる実験の自動化測定に利用できる。そして、自動データ収集から得られた膨大なデータを掘り下げる解析によって、より深い物理的発見を解き明かすことがあることを提示した。以上により、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。</p>			