

2024 年度年次報告書

社会課題解決を志向した革新的計測・解析システムの創出

2023 年度採択研究代表者

吉田 隆

名古屋大学 大学院工学研究科
教授

計測データ駆動型薄膜プロセス最適化システムの開発

主たる共同研究者:

一野 祐亮 (愛知工業大学 工学部 教授)

一瀬 中 ((一財)電力中央研究所 グリッドイノベーション研究本部 特別嘱託)

堀尾 恵一 (九州工業大学 大学院生命体工学研究科 教授)

研究成果の概要

[プルーム学習とプロセス情報フィードバック技術]

PLD 法におけるプルームのリアルタイムでの観測、*In-Situ* モニタリングシステムの構築、プルームのサイズ情報やカラー情報の収集による薄膜作製のフィードバック制御の構築を図った。またレーザーエネルギーと酸素分圧を変化させた場合のプルーム画像を収集し、深層学習を用いてプルーム画像からパラメータを予測する研究を行っている。レーザーエネルギーと酸素分圧をそれぞれ数段階変化させ、分類問題として 95% の精度を実現した。プルームが時間的に揺らいでいることを確認しており、揺らぎの影響を軽減する、もしくは揺らぎをパラメータ推定に積極的に活用する方法論の確立に取り組んでいる。またプルームの形状類似性マップの作成、プロセスパラメータとの対応付け、プルーム画像に基づくビジュアルフィードバック系実現への基礎を築いた。

[ベイズなどを用いたプロセス最適化技術]

異なる成膜装置の結果を比較すると、挙動はよく似ているが特性や成膜条件の絶対値が同じにはなっていない。成膜現象の共通性に注目すると、同じモデルを用いて成膜条件と特性の関係が記述できることが期待される。そこで転移学習を用いて成膜装置の違いを表現し、ガウス過程回帰を用いて明示的な関数で記述できない物理現象を記述した。転移学習とガウス過程回帰を組み合わせることで、異なる成膜装置で作製した試料で得られた超伝導特性と成膜温度の関係を一つのモデルで記述することに成功した。

[新規 RHEED 装置開発]

既存の GaN フォトカソードシステムを RHEED 向けに改造し、GaN 電子銃テストピースの開発を行い、仕様を満たす見通しを得た。また、低真空中では RHEED で用いる電子線は散乱し、得られる RHEED 像は暗く不鮮明となる。不鮮明となった画像に対して画像処理を施し、低真空中においても明瞭な RHEED 画像を得て、機械学習を適応し、特徴量を抽出した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Tomonori Arita, Yusuke Ichino, Tomoya Horide and Yutaka Yoshida, Monte Carlo simulation study on BaMO_3 nanostructures in BMO-doped $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ thin films prepared by the vapor-liquid-solid technique, Japanese Journal of Applied Physics 63, 103001 (2024).
- 2) Y. Ichino, T. Arita, Y. Seike, N. Taoka, T. Mori, K. Horio, A. Ichinose, T. Horide, K. Matsumoto, Y. Yoshida, Monte Carlo Study on Crystal Growth of BMO-Doped REBCO Films Affected by Growth Conditions, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 35, 6600904, (2025).
- 3) Ataru Ichinose, Shuntaro Yamazaki, Kaname Matsumoto, Yusuke Ichino, Keiichi Horio, Tomoya Horide, Yutaka Yoshida, Effect of Oxygen Annealing on RE123 Superconducting Film Inferred From Changes in Microstructure, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 35, 7500205, (2025).