

【基盤研究(S)】

理工系(数物系科学)



研究課題名 ナノスケール・ヘリウム物理学の構築とその応用

慶應義塾大学・理工学部/大学院理工学研究科・教授 **しらはま けい**
白濱 圭也

研究分野: 数物系科学、物理学、物性 II

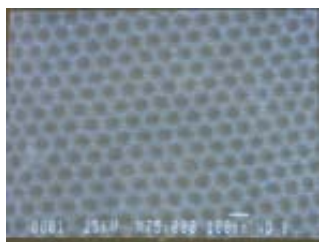
キーワード: 超低温・量子凝縮系、ヘリウム、超流動、量子臨界現象、ナノサイエンス

【研究の背景・目的】

物質が極低温で示す超伝導や超流動は、「対称性の破れ」の典型として物理学の根幹をなす基本現象であるだけでなく、その巨視的量子コヒーレント性を利用した量子コンピュータ等のデバイス応用への期待が高まっています。本研究では、「ボース粒子」であるヘリウムをナノスケールの空間に閉じこめたときに現れる新しい量子現象を探索・解明して、物性物理学に新概念をもたらすと共に、超流動の性質がナノスケールで変化することを利用して、超流動ジョセフソン素子や物質波干渉計などの量子コヒーレントデバイスを開発し、応用への展開を図ります。そして「ナノスケール・ヘリウム物理学」と呼ぶ新しい研究分野を構築していきます。

【研究の方法】

本研究は、大きく以下の4つのプログラムに沿って進めます。(1)様々なナノ多孔体構造で実現したナノスケール・ヘリウムにおける量子臨界現象の解明と、その周辺で出現しうる新しい量子相を探索します。(2)ナノスケールで超流動が強く抑圧される性質を利用し、ポーラスアルミナが作るナノポアアレイ中のヘリウムの超流動特性の制御を試みます。(3)更にこれを利用して、超流動に対するジョセフソン効果の発現を目指し、「超流動ジョセフソン素子」を開発します。(4)この新しいジョセフソン素子を使って、超流動体の物質波としての位相を測定する「物質波干渉計」を開発し、地球自転速度などの精密測定や新しい量子干渉効果の研究などの応用研究を展開します。



超流動性制御実験・ジョセフソン素子開発に使用するポーラスアルミナのナノ細孔アレイ

これらの研究は、慶應義塾大学の白濱グループが培ってきた超低温物性

測定技術と、山口大学本多グループが開発するポーラスアルミナをベースにした新しいナノ多孔材料を駆使して行います。

【期待される成果と意義】

多様な量子現象を示す強相関ボース粒子系の典型例がつけられ、物性物理学に新しい概念をもたらしてその発展に資することが出来ると考えています。さらに、ジョセフソン接合の実現により、ヘリウムを用いた本格的なナノサイエンスの展開に道が開けます。これは、半導体界面の2次元電子ガスからナノ量子ドットや細線を作ること、あるいはアルミニウムのような素性のよくわかった金属で微小ジョセフソン接合や量子コンピュータ素子を作る、その「中性原子バージョン」ということになります。

さらに、超流動ヘリウムが有している物質波としての位相コヒーレンスを、相対論・地球科学等の他分野の様々な研究に役立て、ナノスケール・ヘリウム物理学と呼べる新しい物理が発展することになるでしょう。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- K. Yamamoto, Y. Shibayama, K. Shirahama, J. Phys. Soc. Jpn. **77**, 013601 (2008) (Editors' Choice)
- K. Yamamoto, Y. Shibayama, K. Shirahama, Phys. Rev. Lett. **100**, 195301 (2008) (Editors' Suggestions).
- K. Shirahama, K. Yamamoto, Y. Shibayama, J. Phys. Soc. Jpn. **77**, 111011 (2008) (Special Topics).

【研究期間と研究経費】

平成21年度－25年度

168,000千円

ホームページ

<http://www.phys.keio.ac.jp/guidance/labs/sirahama/sirahama-lab-jp.html>

上記サイト内に基盤研究(S)ホームページ公開予定

