

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 酸化物・有機分子の界面科学とデバイス学理の構築

2. 研究代表者： 川崎 雅司（東北大学原子分子材料科学高等研究機構 教授）

3. 研究概要

本研究は、酸化物半導体・強相関酸化物・有機分子等で構成される2次元界面を対象に、異種物質の電子状態をつなぎ合わせて電荷を注入し、自己形成する絶縁層を介した電界効果で電荷を蓄積する新手法を開発するものである。これらの界面における電子・磁気・光機能を雛形デバイスとして実証し、エレクトロニクス材料としての基礎を構築する。

4. 中間報告結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

(1) 研究の進捗状況

極めて高純度でかつ構造規則性の高い酸化物ヘテロ界面の作成に成功し、目的とする基本物性を精度よく測定し、その性能を実証した。電界効果による超伝導発現や分数量子ホール効果の観察等、当初計画で想定した以上の大きな成果が得られている。電界誘起超伝導では、イオン液体の採用によってキャリア数の増大に成功し 15 K という高い T_c を実現した。酸化物ヘテロ界面では、高度な MBE 技術による高移動度の実現と、 Al_2O_3 ゲートによる電荷密度制御によって、分数量子ホール効果の観察に成功した。

(2) 研究体制

異なる専門知識を有する2つのグループが相補的な役割を高度に果たしており、極めて望ましい協力関係を作り出している。金属酸化物とイオン液体や PEDOT・PSS 等のソフトマテリアルのハイブリッド化が、目に見える成果や新規な研究展開につながっている。

4-2. 今後の研究に向けて

今後の研究方向として、最もインパクトの高い「量子ホール効果」と「電界誘起超伝導」に絞り込む方針は妥当であり、その中で意欲的な目標（新規量子現象と新規超伝導体の発見）を提案している点を高く評価する。一方、川崎、岩佐の両グループともマクロな物理量を測定している半面、ミクロな構造に関する知見が少ないように思われる。超高輝度放射光を利用する構造解析グループ等との共同研究により、電気二重層と電荷蓄積層等の界面構造についての詳細が解明されることを期待する。

4-3. 総合評価

「酸化物ヘテロ接合における量子ホール効果」と「電界誘起超伝導」の実現はいずれも世界第一級の成果であり高く評価できる。また、これらの成果をもとに今後の研究を絞り込み、新規量子現象や新規超伝導体の発見という一段高い目標を設定しており、プロジェクト後半の成果についても大いに期待できる。

一方、 $SrTiO_3$ と $KTaO_3$ の超伝導では確かに両グループのシナジーが発揮されたが、「酸化物／有機分子界面」という本研究の主題から観ると、量子ホール効果はオール酸化物であるし、電界誘起超伝導も $ZrNCl$ 系

($T_c=15\text{K}$)は岩佐研が従来から研究している非酸化物であり、両グループのシナジー効果が見えにくいという一面もある。しかし、研究は「生き物」であるから臨機応変に研究体制を組み換えつつシナジー効果を最大化することが肝要である。

その上で付言すると、「ナノ界面」の構造については十分な掘り下げを望みたい。特に、電気二重層の構造とそれによって誘起される数原子層の電荷分布については、「電界誘起」の機構解明の点からも詳細な知見が必要である。その点では、界面構造の実験的な解明とともに計算科学的なアプローチを通して、更なる研究の進展を期待したい。