

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 量子計算のための高品質酸化亜鉛を用いた材料基盤創出

2. 個人研究者名

小塚 裕介（物質・材料研究機構磁性・スピントロニクス材料研究拠点 独立研究者）

3. 事後評価結果

本研究の目的は、良質な二次元電子系を最先端の材料科学を駆使して作製し、その二次元系に強磁場をかけて量子ホール状態をつくり、マヨラナ粒子を生成してユニバーサルな量子計算を実現することである。特に分数量子ホール系で形成されるパラフェルミオンを用いたユニバーサルな量子計算の実現を最終目標とする。研究が盛んな半導体ナノワイヤの系では、多ビット演算のために量子ドットなどを介する必要があるが、二次元系であればエッジ状態を用いた非可換粒子の制御ができる。この量子計算の実現につながる材料として期待されるのが、小塚氏が作製に成功した、明瞭な分数量子ホール効果が観測できる酸化亜鉛(ZnO)系である。

そこで本研究では、酸化亜鉛の上に良質な超伝導電極を作るための材料科学的な実験研究に取り組んだ。まずは超伝導電極材料の探索という観点から、様々なアモルファス超伝導材料(NbTi, MoGe, MoRu, ReWなど)を系統的に試した。なかでもMoGeが酸化亜鉛と最も構造的に良好な界面を形成したが、アンドレーフ反射測定においては十分な近接効果、すなわち超伝導電流は得られなかった。そこで同じ窒化物ということで結晶構造的に親和性が高いTiN, NbN, NbTiNを試したところ、NbTiNにおいて鋭いアンドレーフ反射ピーク、すなわち良好な近接効果の可能性が見えた。ただ、現時点では超伝導電流の観測にまで至っていない。

これらの研究過程での一貫した材料科学的なアプローチは的確かつ高水準で、系統的に試す材料の選択も論理的であることから、本研究の継続が、パラフェルミオンが発現する物理系の発見につながることを大いに期待させる。また、4K以上の高温でのトポロジカル超伝導を作る取り組みも始めていて、こちらの発展も楽しみである。