

小塚 裕介

物質・材料研究開発機構磁性・スピントロニクス材料研究拠点
主任研究者

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

§ 1. 研究成果の概要

本研究では酸化物半導体である酸化亜鉛 (ZnO) の高品質薄膜中に形成した高移動度二次元電子と超伝導体の界面を作製し、量子計算に用いることのできる外部擾乱に強い量子状態の検出と制御手法の確立を目的としている。その量子状態を形成し検出するため、ZnO 二次元電子系の微細構造を超伝導体で挟んだジョセフソン接合の作製を行った (図 1(a))。本年度は主に以下の 2 点の成果を得た。

1. ZnO 二次元電子系と接合する超伝導体の選定と界面の改善

二次元電子系と超伝導体の接触抵抗を調べる目的で、NbTi, MoRu, ReW, MoGe の 4 種類の超伝導体を試した。そのうち MoGe を用いた界面において良好なアンドレーフ反射が観測されていた。ただ、接触抵抗は接合幅 $5\mu\text{m}$ 、接合の電極間距離 $200\sim 600\text{nm}$ のジョセフソン接合において $1\text{k}\Omega$ と比較的大きな値であった。より良質な界面を作製するため、窒化物超伝導体として、TiN および NbTiN を試したところ、TiN において同様のサイズのジョセフ接合で 50Ω 程度の接触抵抗と低い値を示した。しかしながら、 300mK での測定ではジョセフソン電流の観測に至っておらず、超伝導体のさらなる探索や界面作製手法の改善が必要である。

2. ジョセフソン接合の測定が可能な測定系の立ち上げ

上述のジョセフソン電流が観測されない問題に関連し、測定系の問題点を明らかにした。そのため、標準的な Nb を用いたジョセフソン接合を用いて、電流電圧特性およびシャピロステップの測定を行った。その結果として、測定系のノイズが試料に流入することを食い止めるための電圧アンプの使用が有効であることを突き止めた。さらに、一部の冷凍機で使用していた磁性体を含む試料台がジョセフソン電流を抑制していることが分かった。以上を解決することで、Nb ジョセフソン接合とマイクロ波照射下でシャピロステップを観測可能な測定系の構築を行った。