

論文審査の結果の要旨

氏名 大西紘平

本論文は超伝導状態に対するスピン注入あるいはスピン吸収に着目して行った実験研究を纏めたものである。7章からなり、第1章においては論文の趣旨と導入、第2章においてはスピン注入やスピン蓄積に関する実験結果を理解するために必要となる基礎理論、第3章では微細構造を有する素子作製手法と測定手法、第4章では高品質な超伝導ニオブ細線を用いた超伝導/常伝導体接合の作製手法の最適化と考察、第5章では超伝導状態中における準粒子流の緩和過程に関する実験と議論、第6章では超伝導状態への純スピン流吸収過程についての実験と議論、第7章では全体の総括と今後の展望が述べられている。

博士論文において、精密な実験と測定結果の数値解析から大西紘平氏は、素子作製と超伝導へのスピン注入手法あるいはその注入量の定量的解析法の観点から、今後の超伝導スピントロニクス分野の発展に資する3つの重要な成果を得ている。

- (1) 2400度におよぶ高融点材料のニオブは通常金属とは異なり、それを用いた試料作製が困難である。通常用いられているリフトオフ法とスパッター堆積法を併用する手法では、ニオブ/銅界面に超伝導状態が抑制された層が形成されることを明らかにした。これを回避するために2層マスク構造を用いた斜め電子線加熱蒸着を超高真空中で行うことで、界面特性の優れたニオブ/銅細線からなる超伝導/常伝導体接合を作製する手法を確立した。
- (2) 上述の斜め蒸着の手法で作製したニオブ/銅細線接合を用いて超伝導状態中における準粒子の緩和過程やクーパ対への再結合過程の詳細を、クーパ対への緩和・再結合過程における非局所準粒子流やスピン偏極準粒子の緩和過程に着目して調べた。その結果、近接効果で超伝導状態にある銅細線中の準粒子流の緩和にともなって発生する局所電圧の測定に成功した。さらに同様の実験を非局所手法で生成した純スピン流についても行い、準粒子による電圧の増加を測定することに成功した。
- (3) 超伝導ギャップによる純スピン流の吸収現象の抑制を測定することで、スピン流の超伝導状態への吸収過程について詳細に調べた。その結果、超伝導状態にあるニオブ細線に対してもスピン流が吸収され得ることを発見した。さらに純スピン流の超伝導状態への吸収量の励起電流依存性を詳細に調べ、低励起電流では吸収量が減少すること、すなわち超伝導ギャップにより純スピン流吸収が抑制されることを明らかにした。また、これらの結果を説明するために電子のエネルギー分布を考慮したモデルを構築し、数値計算を行った。励起電流による発熱効果などを考慮することで、実験結果を定量的に説明することができることを示した。この実験により、純スピン流を超伝導状態

に注入し、非局所にスピン偏極準粒子を励起できる可能性を示した。

なお、本研究は論文提出者の大西紘平氏が主体となって測定及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上本博士論文は、超伝導状態へのスピン注入の吸収過程に関して定量的な議論を行うことを可能にした。このことは、今後の超伝導スピントロニクス研究の発展の端緒を開き、物質科学の発展に十分寄与するとみなせる。よって、大西紘平氏の学位論文の論文審査の結果、博士（科学）の学位を授与できると認める。