

# 論文審査の結果の要旨

氏名 若村太郎

本論文では、強磁性パーマロイ ( $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ ) ナノ細線と非磁性銅ナノ細線から成る面内スピバルブ構造を用いた非局所スピン吸収法により超伝導状態にあるニオブと窒化ニオブ細線中に誘起される準粒子スピン流の物性に関する実験研究について纏めたものである。7章からなり、第1章においては論文の趣旨と導入、第2章においては純スピン流やスピンホール効果等スピン輸送および超伝導に関する基礎理論、第3章では強磁性ナノ細線構造を有する面内スピン注入素子の作製手法とスピン伝導の測定手法、第4章ではスピン軌道相互作用の大きい超伝導体へのスピン注入について、第5章では準粒子を媒介とした超伝導体中に生じるスピンホール効果、第6章では超伝導中にスピン3重項スピン流を生成する試み、最終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、若村太郎氏は精緻な実験から確立した準粒子スピン流の生成及び検出手法あるいはその緩和過程やスピンホール効果の定量的解析法を用いて、今後の超伝導スピントロニクス分野の発展に資する以下に述べる3つの重要な成果を得ている。

- (1) 測定対象となるニオブ細線と2本の強磁性パーマロイ細線と、それらを架橋する銅細線から成るスピン吸収素子を用いてスピン流を非局所注入する手法を確立した。この手法により行った実験から、ニオブの強いスピン軌道相互作用のために常伝導状態だけでなく超伝導状態においても銅細線中を流れるスピン流が、準粒子状態を媒介してニオブ細線に吸収されること、およびスピン流の励起電流に依存して吸収効率が大きく変化することを実験的に見出した。
- (2) 上述のスピン吸収が生じる銅/ニオブ界面抵抗のスピン流励起電流依存性と素子温度依存性を詳細に比較することにより、界面における電子系の有効温度の変化が、超伝導状態密度の変化を通じてスピン流吸収効率に影響を及ぼすことを明らかにした。さらに、準粒子の拡散方程式であるウザデル方程式を用いて超伝導状態密度を計算することによりスピン吸収実験の結果を再現することに成功した。この解析から超伝導状態のニオブ内のスピン緩和時間が常伝導状態に比べて凡そ4倍にも増大することを明らかにした。
- (3) ニオブと同様にスピン軌道相互作用の大きいと考えられる窒化ニオブを用いて、常伝導状態から超伝導状態の広い温度範囲で逆スピンホール信号を観測することに世界に先駆けて成功した。さらに、この逆スピンホール信号の大きさが常伝導状態に比べ2000倍に増強されることを実験的に見出した。また、ニオブ細線の長さを変化させて逆スピンホール信号を測定することにより、逆スピンホール効果が電荷インバランス長内で生じていること、すなわち逆スピンホール効果が準粒子スピン流を媒介して

生じていることも実験的に証明した。

なお、上述した研究成果は、前川禎通、高橋三郎、藤巻朗、赤池宏之、新見康洋各氏との共同研究として得られたものであるが、論文提出者の若村太郎氏が主体となって行った実験研究から得られたもので、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、面内スピバルブ構造を用いた非局所スピン吸収法により超伝導ニオブと窒化ニオブ細線中に誘起される準粒子スピン流の物性に関する実験研究に関して有効な解析手法を提案し、超伝導体中のスピン伝導物性に関する定量的な議論を行うことを可能にした。このことは、今後の純スピン流に関する研究のさらなる発展を促し、物質科学の発展に十分寄与するとみなせる。よって、若村太郎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。

以上 1450 字