

超伝導体/希薄磁性半導体接合の輸送特性

NTT物性基礎研 名大工^A Twente大^B 北大工^C 東工大^D 東理大理^E NIMS-MANA^F

赤崎達志 澤雄生^A 横山毅人^A 田仲由喜夫^A

Alexander Golubov^B 浅野泰寛^C 柳暁志^D 宗片比呂夫^D 高柳英明^{E, F}

超伝導体/強磁性体(S/F)接合は、超伝導と強磁性体中のスピンの偏極との競合により新しい量子現象が期待されるため、理論、実験の両面から、興味を持たれている。我々は、強磁性体として希薄磁性半導体である p-InMnAs を用いた Nb/p-InMnAs/Nb 接合を作製し、その輸送特性の評価を行った。さらに、Nb/n-InAs/p-InMnAs 接合を作製し、p-InMnAs からのスピンの偏極電流注入による Nb/n-InAs 接合の輸送特性の変化についても報告する。

1. Nb/p-InMnAs/Nb接合

図 1-1 に、本接合の模式図を示す。接合形状は、チャネル幅 $W=20 \mu\text{m}$ 、Nb 電極間隔 $L=0.8 \mu\text{m}$ で、p-In_{0.96}Mn_{0.04}As 層厚は、20 nm である。本報告で用いた p-In_{0.96}Mn_{0.04}As は、 $\sim 15 \text{ K}$ 以下で、異常 Hall 効果が観測され、強磁性転移している。図 1-2 に、微分コンダクタンスのバイアス電圧依存性を示す。N/F/N 接合では、明確な微分コンダクタンスの変化は観測されなかったが、S/F/N 接合では、約 $\pm 1.5 \text{ mV}$ 以下、S/F/S 接合では、約 $\pm 3 \text{ mV}$ 以下の領域で、大きな微分コンダクタンスの減少が観測された。この電圧は、Nb の超伝導ギャップエネルギーに相当している。この結果は、p-In_{0.96}Mn_{0.04}As 中のスピンの偏極のため、S/F 界面における Andreev 反射が抑制され、超伝導ギャップ電圧以下でコンダクタンスが減少したと考えることにより、定性的に理解できる。

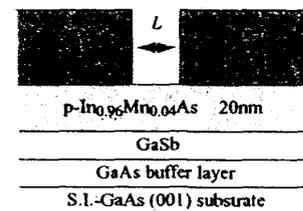


図 1-1 S/F/S 接合の模式図

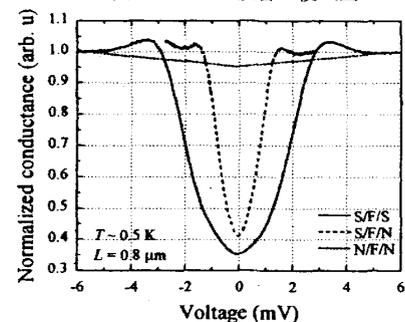


図 1-2 微分コンダクタンスのバイアス電圧依存性

2. Nb/n-InAs/p-InMnAs接合

図 2-2 に、p-In_{0.94}Mn_{0.06}As からの注入電流による n-InAs チャネルの微分コンダクタンス - バイアス電圧特性の変化を示す (試料構造は、図 2-1 を参照)。注入電流 $I_{inj} = 0 \mu\text{A}$ の時、 $|V| < 2 \text{ mV}$ 以下の領域で、微分コンダクタンスの減少が観測された。この結果は、n-InAs の輸送特性が Nb からの近接効果により変調されていることを示している。この微分コンダクタンスの減少は、p-In_{0.94}Mn_{0.06}As からの注入電流の増大により抑制されていくことが分かる。一方、Nb から電流注入した場合にはこのような変化は観測されなかった。強磁性体中の交換場が超伝導体中に染み出し、ペアポテンシャルを減少させる、所謂「逆近接効果」を考慮して理論解析した結果、p-In_{0.94}Mn_{0.06}As からのスピンの偏極電流によって逆近接効果が増大し、Nb/n-InAs 界面近傍のペアポテンシャルが減少すると仮定すると、実験結果を定性的に理解できることがわかった。

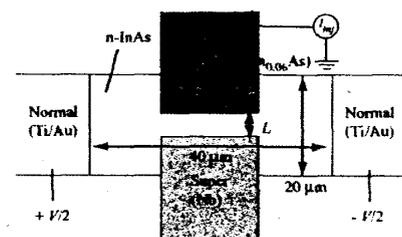


図 2-1 試料構造 (上面図) (模式図、 $L=0.6 \mu\text{m}$ (設計値))

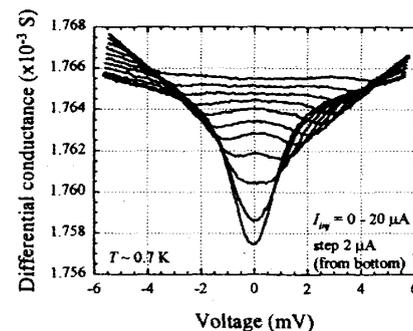


図 2-2 p-In_{0.94}Mn_{0.06}As からの注入電流による微分コンダクタンス - バイアス電圧特性の変化