

MERIT 長期海外派遣報告書

工学系研究科 物理工学専攻
樽茶・山本研究室
博士課程 2年
馬場翔二

MERIT 長期派遣プログラムにより、2015年12月より2か月間、スイス・バーゼルに滞在し、バーゼル大学において研究を行った。バーゼル大学はスイス最古の大学であり、現在も様々な部門で最先端の研究を進めている。特に半導体微細試料を用いた量子力学的効果の研究は盛んであり、今回私の滞在を受け入れてくださった Christian Schönenberger 教授のグループは、近年 InAs ナノワイヤーやカーボンナノチューブ、グラフェンを用いた試料で様々な成果を挙げてきている。

グループには博士課程の学生が10人ほどおり、そのほとんどがスイス国外出身であったため、そもそもが非常に国際色豊かな環境だった。グループ内の公用語が英語だったこともあり、スムーズに溶け込むことができた。

グループ内では各々自由な雰囲気で行う一方、頻繁に活発な意見交換が行われており、ディスカッションを通じて互いに刺激を与え合う環境に感銘を受けた。個人差はあるものの、朝8時半ごろから夕方6時半ごろまで作業を行う学生が多く、仕事を終えた後に夕食を共にしたり、ランニングやボルダリングなどのアクティビティに皆で出かけることで一層親交が深まった。

研究活動は博士研究員の Andreas Baumgartner さん、博士課程学生の Christian Juenger と三人で主に行った。私の滞在期間が2か月と限られていることを理解したうえで、その期間内に試料作製から低温測定を終えられるようなテーマを共に考えてくれた。

電子線描画装置や蒸着装置など、慣れ親しんだ装置を使って試料作製を行うことができたので、2週間程度で測定可能な試料を完成させることができた。測定に関しても、日本で使っていた Kelvinox 社製の He3-He4 希釈冷凍機で行ったため、速やかに実験を進めることができた。このように共通点が多いため、一方で細かい部分のノウハウの差異には学ばされるところが多く、また逆にこちらの手法を伝えることで効率化した部分もあり、共同研究



図1. バーゼル大学物理学科

の醍醐味ともいえる相乗効果を得る喜びがあった。

今回作製・測定したのは **InAs** ナノワイヤー上に超伝導体である **Pb** の電極を 3 つ蒸着したサンプルである(図 2)。このようなサンプルにおいて左右の電極に対称にバイアス電圧をかけると、中央の電極で分裂した 2 対のクーパー対が左右の電極に輸送される過程が起こると期待される。この際、各電子はもともと対を成していた相手の電子ではなく、もう片方のクーパー対に由来する電子と再結合する。このことから、左右の接合において超伝導コヒーレンスが保たれた非局所の輸送過程が生じていると言える。

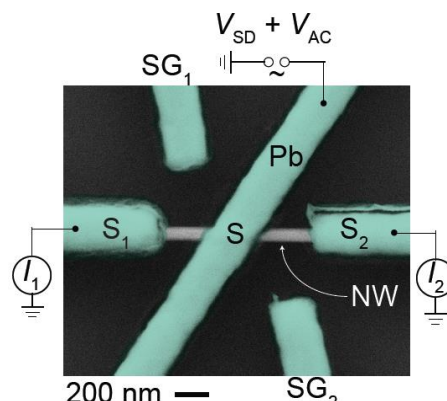


図 2. 作製した試料の例

サンプル作製段階ではいくつかの改善があった。当初は **Pb** の蒸着前に **Ar** スパッタを行うことで **InAs** ナノワイヤーの表面酸化層を取り除き、コンタクトを取っていた。しかし、この手法で作製されたサンプルでは測定された超伝導エネルギーギャップが期待される値の 10 分の 1 以下であり、その原因として **Ar** スパッタによる電子層の破壊が考えられた。上述の非局所輸送過程は超伝導エネルギーギャップ以下のエネルギースケールで起こるため、測定には大きなギャップが好ましい。そのため、表面処理の方法を **Sulfur Passivation**($(\text{NH}_4)_2\text{S}$ によるウェットエッチング)に変更した。この手法では表面酸化層のみが除去されると考えられ、蓄積電子層と良好なコンタクトが取れると期待されたためである。実際に作製したサンプルでは、文献値に近いエネルギーギャップを得ることに成功した。なお、エッチングに用いた条件は樽茶・山本研で我々が使っていたものである。

作製したサンプルは **100mK** 程度の低温で測定した。両サイドの電極をに独立にバイアス電圧をかけてそれぞれの伝導度を測定した結果、2 つの接合の伝導度のあいだに古典的なモデルでは説明できない正の相関がみられる領域があった。この相関は必ずしも上述の輸送過程では説明できない条件で生じているが、超伝導転移磁場程度の磁場とともに消滅することから、クーパー対の分離による過程であることが期待される。

帰国して 1 週間経つ現在、依然として測定と解析を共同で行っている状況である。今後も頻繁に **Skype** 会議を行い、成果をまとめていく予定である。

謝辞

海外派遣をサポートして頂いた **MERIT** プログラム、**MERIT** 事務局の方々、受

け入れ先を紹介して下さった樽茶先生、大岩先生(大阪大学)、貴重な機会を提供して下さった **Christian Schonenberger** 先生、一緒に研究をさせて頂いた博士研究員の **Andreas Baumgartner** さん、大学院生の **Christian Juenger** さん、**Schonenberger** グループのメンバーには心よりお礼申し上げます。