

MERIT 国内インターンシップ 報告書

工学系研究科物理工学専攻
十倉・金澤研究室 博士3年
MERIT7 期生
増子 真

【実施期間】

2021 年 7 月 19 日(月)~2021 年 8 月 27 日(金)

【受け入れ先】

理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関量子伝導研究チーム
吉見龍太郎 研究員

【テーマ】

分子線エピタキシー法による超伝導体 PdTe₂ 薄膜の合成

【実施内容】

物質に内在するトポロジーとそれに由来する特異な物性の解明は近年の物性物理学における中心的なテーマの1つとなっている。非自明なトポロジーを伴った超伝導状態の研究も精力的に行われており、トポロジカル超伝導に現れるマヨラナフェルミオンの検出・操作と量子コンピューターへの応用の試みをはじめ、広く注目を集めている。

本インターンシップの受け入れ先である理化学研究所 創発物性科学研究センター (CEMS) 強相関量子伝導研究チームは、トポロジカル絶縁体やそのヘテロ構造を対象に量子ホール効果や量子異常ホール効果に代表される物質中のトポロジーに起因する新奇な現象の研究を行っており、本インターンシップでは同チームの吉見龍太郎研究員のもとで研究を行った。

本インターンシップの研究対象とした物質は超伝導体 PdTe₂ である。PdTe₂ は 2 次元的な PdTe₂ 層が van der Waale 力により結合している層状化合物であり、バルク結晶では 1.7 K で超伝導転移を示すことが知られている。厚さが数層程度の試料は 2 次元超伝導を研究する舞台としても注目されており、Berezinskii-Kosterlitz-Thouless(BKT)転移や Ising 超伝導をはじめとした 2 次元超伝導に特有の現象を示すことが明らかになりつつある。さらに、PdTe₂ とトポロジカル絶縁体(Bi,Sb)₂Te₃ から成るヘテロ構造を作製するこ

とで、トポロジカル絶縁体の表面 Dirac 状態への近接効果による超伝導ギャップの誘起、すなわち界面トポロジカル超伝導の実現が可能になると期待される。

本インターンシップでは、分子線エピタキシー法による PdTe₂ 薄膜の合成に取り組んだ。300°C に加熱した InP(111)基板を超高真空チャンバー内に置き、Pd と Te を Knudsen セルから供給することで薄膜試料の合成に成功した。薄膜 X 線回折 (図 1(a)) の結果、単相の PdTe₂(001)薄膜が得られたことが明らかになり、原子間力顕微鏡による表面像から薄膜は高い平坦性を有していることもわかった。得られた PdTe₂ 薄膜の電気伝導特性を、Physical Property Measurement System (Quantum Design 社製)および同装置の断熱

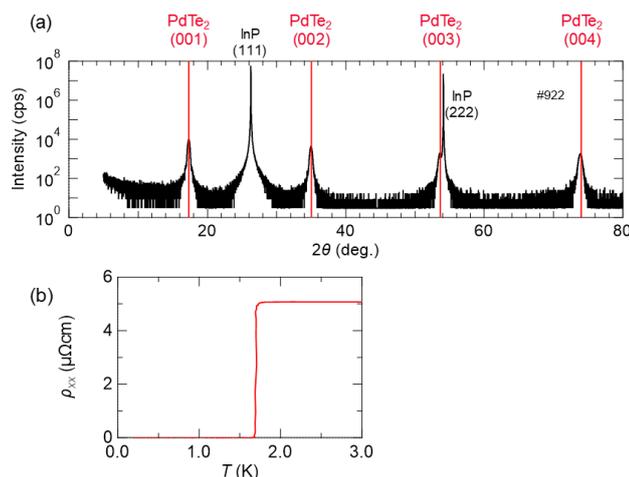


図 1 : PdTe₂/InP(111)薄膜の (a) X 線回折 2θ - ω 測定 (b) 抵抗率の温度依存性。

消磁冷凍機オプションを用いて測定した (図 1(b))。バルク結晶と同等の $T=1.7$ K でシャープな超伝導転移が観測され、分子線エピタキシー法によりバルク試料に匹敵する超伝導転移温度を示す薄膜試料が作製できることが明らかになった。さらに、トポロジカル絶縁体(Bi,Sb)₂Te₃ とのヘテロ構造も作製可能であり、(Bi,Sb)₂Te₃ との積層薄膜でも超伝導が現れることを確認した。この系では超伝導体とトポロジカル絶縁体の界面でトポロジカル超伝導が実現していると期待されるが、その検出方法や実現可能性について議論を行った。

【謝辞】

本インターンシップでご指導頂いた理化学研究所の吉見龍太郎研究員ならびに強相関量子伝導研究チームの皆様、インターンシップの実行に際しご尽力頂いた指導教員の十倉好紀先生、貴重なインターンシップの機会をご提供頂いた MERIT プログラムに心より感謝申し上げます。