
複数層MoS₂を用いた共鳴トンネルデバイスにおける
ミニギャップ由来の負性微分抵抗
Minigap-induced Negative Differential Resistance
in Resonant Tunneling Device Based on Multi-layer MoS₂

M23海自8

派遣先 The 25th International Conference on the Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS-25) and 21st International Conference on Modulated Semiconductor Structures (MSS-21) (フランス・グルノーブル)

期間 2023年7月8日～2023年7月16日 (9日間)

申請者 東京大学 工学系研究科 マテリアル工学専攻

博士課程前期2年 川崎 盛 矢

海外における研究活動状況

研究目的

二次元半導体の遷移金属ダイカルコゲナイドを用いたファンデルワールストーンネル接合において、共鳴トンネル効果が発現する。共鳴トンネルに伴う負性微分抵抗の観測によって、材料のバンド構造を調査できる。本研究では二硫化モリブデンMoS₂の価電子帯Γ点に存在するミニギャップに注目し、共鳴トンネルを用いたミニギャップの検出と電気伝導特性の解明を目指した。

海外における研究活動報告

EP2DS-25 & MSS-21は半導体ナノ構造の基礎物理やそのエレクトロニクス・情報通信への応用をテーマとしており、物理や技術における重要な新概念が発表される国際会議である。二次元電子系を扱うEP2DSと半導体超構造を扱うMSSが合同で開催しており、120件以上の口頭発表と180件以上のポスター発表が行われ

た。二次元材料の研究をリードするトップレベルの研究者も数多く参加し、質の高い講演や議論が行われた。

申請者は二次元層状物質における量子輸送現象について研究を行っており、本会議において、「複数層MoS₂を用いた共鳴トンネルデバイスにおけるミニギャップ由来の負性微分抵抗」というタイトルでポスター発表を行った。密度汎関数理論による計算により、複数層MoS₂では価電子帯Γ点の上端から1.2 V付近に状態の存在しないミニギャップが生じることが示唆されていた。本研究では、これまで注目されてこなかった多層MoS₂のミニギャップの存在を共鳴トンネルによって実験的に示し、さらにミニギャップに起因する負性微分抵抗は層数変化・温度変化に対してロバストであることを明らかにした。これは遷移金属ダイカルコゲナイドを用いたファンデルワール共鳴トンネルデバイスの応用可能性を広げるうえで非常に重要な成果である。

本成果は既に国内学会、会議において発表

を行っており、2.5次元物質科学領域会議ポスター発表において若手奨励賞を頂いている。このように国内で注目していただいている画期的な成果を、国境を超えて世界の研究者に理解していただきたいと思い、本会議に参加した。会議では、ミニギャップの意外な特性から注目を集め、多くの研究者に自らの成果を広くアピールすることができた。そして、ディスカッションを通して新たな知見を得たり、自身の研究の立ち位置や今後の方向性を考えたりすることができた。また、マンチェスター大学のMishchenko博士などといった世界をリードする著名な研究者との対話の中で、新しい実験のアイデアや興味深いコメントをいただくことができ、非常に有意義な時間となった。

遷移金属ダイカルコゲナイドを用いたファンデルワールス共鳴トンネルデバイスの研究は、他グループの発表もあり、注目度の高さがうかがえた。具体的には、香港科技大学のWang博士のグループによる共鳴トンネルを用いた単層MoS₂の状態密度の調査や、ハンブルク大学のBlick博士のグループが共鳴トンネルを用いたMoS₂モアレ超格子のバンド構造の調査があった。共鳴トンネルを用いて遷移金属ダイカルコゲナイドのもつ電子状態を明らかにするというコンセプトが同じであり、ディスカッションを

通して研究の視野を広げることができた。

本会議が自身にとって初めての海外における研究発表であった。学術的なコミュニケーションをとる力も必要な一方、英語でコミュニケーションをとる力も必要であったため大変苦労した。しかし、そのような場に身をおくことで双方の力の伸びを感じた。この経験をもとに、今後さらに頑張りたいというモチベーションにつながった。

結びに、このような貴重な機会を与えてくださった貴財団には、この場を借りて心より深く感謝申し上げたい。本経験を活かして、これからもエレクトロニクスを中心とした科学技術の向上発展に貢献していきたい。

**この派遣の研究成果等を発表した
著書、論文、報告書の書名・講演題目**

[国内会議]

- 1) 川崎盛矢, 木下圭, 守谷頼, 張奕勁, 増渕寛, 渡邊賢司, 谷口尚, 笹川崇男, 町田友樹, “バルクp⁺-MoS₂/h-BN/バルクp⁺-MoS₂トンネル接合における負性微分抵抗の観測”, 第83回応用物理学会秋季学術講演会, 23P-B203-6, 2022年9月
- 2) 川崎盛矢, 木下圭, 守谷頼, 張奕勁, 増渕寛, 渡邊賢司, 谷口尚, 笹川崇男, 町田友樹, “p⁺-MoS₂/数層h-BN/p⁺-MoS₂ファンデルワールストーンネル接合における共鳴トンネル効果”, 学術変革領域研究(A)「2.5次元物質科学：社会変革に向けた物質科学のパラダイムシフト」第4回 領域会議, 2023年3月