



東北大学

東北大学

担当部署連絡先 研究推進課基盤研究係  
E-mail : kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日 : 2021年8月20日  
更新日 : —

科研費  
KAKENHI

## 高分解能角度分解光電子分光で探る新規原子層物質の電子状態

物性物理学およびその関連分野

研究者所属・職名 : 材料科学高等研究所・教授

ふりがな さとう たかふみ

氏名 : 佐藤 宇史

主な採択課題 :

- [基盤研究\(A\) 「角度分解光電子分光による原子層薄膜における超伝導とスピン軌道相互作用の研究」\(2017-2020\)](#)
- [基盤研究\(A\) 「角度分解光電子分光による新型エキゾチック準粒子の探索」\(2021-2024\)](#)

分野 : 物性実験、電子分光

キーワード : 角度分解光電子分光、原子層物質、高温超伝導、トポロジカル絶縁体

## 課題

### ●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

グラフェン、単層鉄系超伝導体、トポロジカル絶縁体における表面ディラック電子など、数原子程度の厚さしかない原子層物質(図1)を舞台とした新たな量子現象の発見が相次ぎ、原子層物質における機能性の実現は近年の物性物理学の主要なテーマの一つともなっている。新しい原子層物質の開拓のためには、電子構造の完全評価と、これに基づく戦略的な物質開発を同じプラットフォーム上で遂行することが重要となるため、そのような研究の遂行が待ち望まれていた。

### ●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

本研究では、高分解能スピン分解角度分解光電子分光(ARPES)を、原子層レベルで制御した高品質超薄膜の作製と高度に融合させることで、物性に直接関与するフェルミ準位近傍のエネルギーバンド構造に基づく原子層薄膜の新機能物性を開拓した。その結果、いくつかの新しい原子層物質の作製とその電子状態の精密解明や、スピン軌道相互作用に由来した特異な電子構造を持つ新奇原子層物質の創出に成功した。

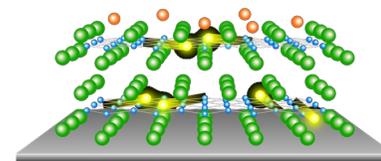


図1 原子層物質の例：  
鉄系超伝導原子層薄膜

## 高分解能角度分解光電子分光で探る新規原子層物質の電子状態

物性物理学およびその関連分野

### 研究成果

#### ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

本研究では、原子層物質における電子状態を可視化するために、低エネルギー励起光源を搭載したスピン分解ARPES装置を開発した。励起光源の光学系の構築、電子分析システムとのマッチング、分解能・スピン検出効率の最適化など、装置全体の調整を行うことで、波数空間中の任意の位置を指定して、これまでに比べて格段に高い効率でスピン分解ARPES実験ができるようになった。この装置を分子線エピタキシー薄膜作製装置とドッキングして電子状態をその場観察することで、原子層物質において数々の新しい知見が得られた。

例えば、新たにVSe<sub>2</sub>の単層薄膜の作製に成功し、その電子状態を精度良く決定した結果、この物質は低温で電荷密度波(CDW転移)を示し、さらにCDW転移温度以上においても「擬ギャップ」と「フェルミアーク」と呼ばれる特異な電子状態が実現していることを明らかにした(図2)。さらに、擬ギャップの振る舞いが銅酸化物高温超伝導体とよく類似していることから、磁氣的相互作用が無い場合でも擬ギャップが現れる可能性を初めて明らかにした。

本研究ではさらに、遷移金属ダイカルコゲナイドを中心とした新しい原子層薄膜の作製とその電子状態の解明に成功し、エネルギーギャップ形成など特異な電子構造の振る舞いを明らかにするとともに、次元性制御の新しい方法を考案した。また、トポロジカル絶縁体を含むハイブリッド薄膜や鉄系超伝導体薄膜においてディラック電子が現れることを見出し、その振る舞いにスピン軌道相互作用や対称性が密接に関与していることを明らかにした。

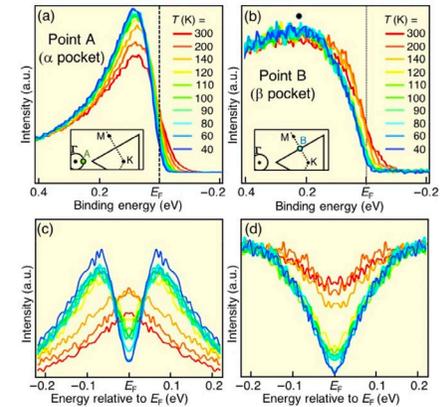


図2 単層1T-VSe<sub>2</sub>で観測したエネルギーギャップの温度変化

### 今後の展望

#### ●今後の展望・期待される効果

本研究において実現した、電子バンド構造の可視化に基づいた新型原子層薄膜の探索は、原子層物質や関連ハイブリッド材料の研究における新しい方向性を示すものであり、より広汎な物質系(図3)においてもその手法が適用できると期待される。また、今回の成果に基づいて原子層物質の機能性を更に向上させることで、次世代省エネルギーデバイスなどへの応用研究も進展すると期待される。



図3 電子構造可視化研究の適用例