

第 87 回応用物理学会秋季学術講演会 シンポジウム開催報告

T15「格子不整合系エピタキシーの深化：van der Waals Epitaxy 4X 周年記念シンポジウム」

世話人：藤原 宏平（立教大）、安藤 淳（産総研）、島田 敏宏（北大）

ヘテロ界面や積層構造を高度に制御する手法として、格子不整合の制約を越えることのできるエピタキシャル成長現象が改めて注目されている。特に、40 年以上前に提唱された van der Waals Epitaxy は、層状物質のみならず、イオン結晶や有機物などにも適用され、基礎物性からデバイス応用に至る幅広い研究分野の発展を支えている。本シンポジウムでは、格子不整合エピタキシーの鍵となるコンセプトを俯瞰するとともに、薄膜新材料やデバイス機能の創出、スピン物性、モアレ超構造などの最新研究を取り上げ、格子不整合系エピタキシーの物性研究・素子化研究への展開について議論を行った。

「ファンデルワールス・エピタキシーの提唱とその後の発展」

小間 篤 氏（東大）

van der Waals Epitaxy が提唱された背景とその後の進展について報告がなされた。真空成膜や表面分析の黎明期において、当時の先進的手法を取り入れながら、van der Waals Epitaxy を確立した経緯など、示唆に富む内容が紹介された。Te 上への Se 成長や MoS₂ 上への NbSe₂ 成長による格子不整合系でのエピタキシャル成長の実証、擬 van der Waals 表面や有機分子結晶、表面加工基板への展開など、これまでの研究の歩みに加え、今後の研究への期待や展望について、初学者にも分かりやすく説明がなされた。

「Unleashing the Potential of van der Waals Heteroepitaxy on Muscovite for Next-Generation Flexible Electronics」

Ying-Hao Chu 氏（Natl. Tsing Hua Univ.）

高い耐熱性と柔軟性を有するマイカ（モスコバイト）基板上への機能性酸化物の van der Waals Epitaxy とそれに基づくフレキシブルエレクトロニクス応用に関する研究事例が紹介された。様々な電子・磁気・誘電機能を有する遷移金属酸化物材料を用いることで、フレキシブルセンサやアクチュエータ、スマートエレクトロニクスへの応用展開が可能であることを示した興味深い講演であった。

「単層 MoS₂ の自己整合・自己制限型ファンデルワールスエピタキシー」

佐久間 芳樹 氏（NIMS）

MOCVD 法によるサファイア基板上の MoS₂ 成長について、原料やプロセスの工夫により、自発的な面内配向による単一ドメイン化や膜厚の自己制限単層成長を達成した結果について紹介がなされた。さらに、in-plane XRD、4D-STEM、LEED などを用いた原子層薄膜の評価、ウェハースケールでの単結晶化・単層化に向けた成長メカニズムについて詳細な報告が行われ、それらの内容について活発な質疑応答が行われた。

「van der Waals Epitaxy で切り拓く二次元量子物質科学」

中野 匡規 氏（芝浦工大）

van der Waals Epitaxy を利用した二次元量子物質の創製と物性開拓に関する研究成果の報告がなされた。LEED や光電子分光による構造・電子状態評価、イオンゲーティング法などによる物性制御を組み合わせた先駆的な研究成果が紹介された。特に、NbSe₂ の層間に Cr を導入した物質（Cr_xNbSe₂）を例として、層間イオンの量・配列パターン

やキャリア密度を制御することで新たな電子・スピン状態を設計する研究が紹介され、**van der Waals Epitaxy** を新奇量子相の創製へと展開する新たな研究の方向性が示された。

「**Van der Waals Epitaxy** による原子層物質の創製と ARPES による界面誘起電子状態」
菅原 克明 氏（東北大）

van der Waals Epitaxy による原子層物質の創製と、角度分解光電子分光（ARPES）を用いた電子状態研究について紹介がなされた。**van der Waals Epitaxy** によって作製した原子層物質ヘテロ界面を対象に、ARPES、走査トンネル顕微鏡、第一原理計算を組み合わせ、界面誘起電子状態を直接観測・解析する研究が報告された。原子層物質における新奇量子物性の創出と、その起源の理解に向けたアプローチが示された。

「二次元物質の機械的剥離とファンデルワールス積層技術の高度化」
小野寺 桃子 氏、町田 友樹 氏（東大）

原子層物質の作製に適した独自の粘着テープの開発により、従来よりも大面積かつ高収率で原子層を得る技術や、PVC および CPVC を用いた原子層のピックアップ、転写、三次元的な操作技術が報告された。特に、CPVC を用いることで原子層の折り畳み操作の成功率を向上させるなど、二次元物質を自在に操作・積層するための新たな技術展開が紹介された。

本シンポジウムでは、**van der Waals Epitaxy** の提唱から 40 年以上にわたる研究の歴史を振り返るとともに、最新の研究成果について、多角的な講演・議論が行われた。会期最終日午後の開催にもかかわらず、ピーク参加者は、現地 61 名、オンライン 41 名であり、格子不整合系エピタキシーへの関心・期待の高さが伺えた。**van der Waals Epitaxy** が単なる格子不整合を克服する薄膜成長技術にとどまらず、新たな物質・界面・量子状態を創出するための材料制御技術へと発展していることが改めて認識され、今後の基礎物性・素子化研究へのさらなる展開が期待される有意義なシンポジウムとなった。