

層状カルコゲナイドの単結晶合成とデバイス応用

埼玉大学 大学院理工学研究科
上野 啓司

Growth of layered chalcogenide single crystals and their device application
Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

Keiji Ueno

2004年にマンチェスター大学のノボゼロフ、ガイムらによって、グラファイトからグラフェンが初めて絶縁性基板上に形成され、グラフェンの持つ特異な物性に関する研究が目覚ましく進展した。さらに、グラファイトと同様な積層構造を持つ他の層状物質も注目を集めている。層状物質はその2次元異方的構造に起因する特徴的な物性に興味を持たれ、古くから多くの研究が行われてきているが、近年はそれらの1単位層、あるいは数単位層が積層した薄膜、いわゆる原子層（原子膜）が示す物性にも興味を持たれている。また基礎物性研究に加えて、層状物質原子層を電界効果トランジスタ（FET）や光電変換素子の材料に用いることも試みられている。

層状物質のうち、グラフェンは室温でも非常に高いキャリア移動度が報告されており、高速素子材料として期待されている。しかしグラフェンはバンドギャップを持たないため、FETでは大きなオフ電流が生じてしまい、低消費電力な論理回路素子を実現することが難しい。そのため、元々バンドギャップを持っている層状物質半導体に目が向けられ、FET応用の可能性が追求されている。層状物質半導体の中では、天然単結晶鉱物が産出する MoS_2 に代表される、遷移金属ダイカルコゲナイド（TMDC）の研究が特に活発化している。その中で、6族Mo、Wを中心金属とする三角プリズム型配位構造のTMDCは、バルク単結晶がバンドギャップ1~1.2eV程度の間接遷移半導体であるが、劈開により単層化すると電子帯構造が直接遷移に変化し、多くのTMDCでバンドギャップが拡大することが知られている。半導体TMDC原子層をチャンネルとするFETの形成が試みられた結果、室温で数十 cm^2/Vs に達する移動度を示すFET素子が実現しており、論理回路集積素子、フレキシブル素子等の開発も報告されている。またバルク単結晶の劈開転写以外にも、化学気相成長（CVD）法、分子線エピタキシー（MBE）法、原子層堆積法（ALD）といった薄膜成長法によるTMDC原子層形成の研究が活発化している。

講演では、まずTMDCを始めとするカルコゲナイド系層状物質の結晶構造と物性について解説し、続いて化学気相輸送（CVT）法によるバルク単結晶形成（図1）と、単層~数層の原子層作製手法について概説する。最後に、TMDC原子層を用いたFETの形成と評価に関する我々の研究を紹介する。

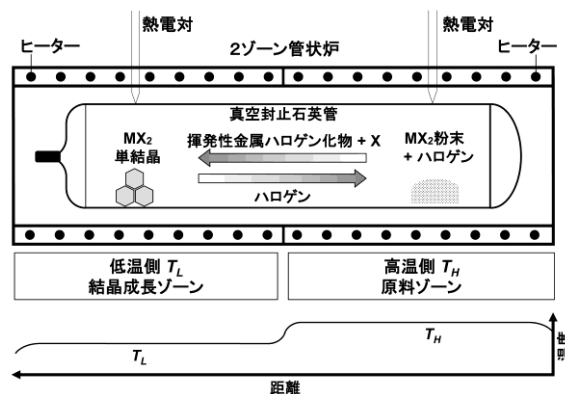


図1 CVT法によるTMDC（組成式 MX_2 ）単結晶成長