

Motivation どんな問題に取り組むのか？

遷移金属ダイカルコゲナイド(TX₂)は、グラファイトに代表される層状物質の一種で、その層間は弱いvan der Waals力で結合しています。遷移金属TとX=S,Se,Teの組み合わせによって、半導体、金属とさまざまな性質を示しますが、私たちはその中で、半導体として振る舞うMoSe₂に注目して研究を進めています。これまでに培ってきた化合物半導の成膜技術を活かし、MoSe₂薄膜をGaAs(111)B上にウエハースケールで結晶成長することに取り組みました。

Originality and Impact 新規性とインパクトは？

半導体素子のさらなる極微細化が進む一方、従来の半導体材料には、表面空乏化により動作不能となる微細化の限界がありました。一方、MoSe₂をはじめとする層状半導体では、1分子層でもゲート電圧によって導電性を制御できるため、原理的には、現在の加工精度限界を超える、究極の微小素子を実現できる可能性があります。そのため、ムーアの法則の限界へ到達できる次世代の半導体材料として期待されます。



図1 本研究で用いているMBE装置

分子線エピタキシー(MBE)法では、10⁻¹¹mbar 台の超高真空下で蒸発させた分子を基板に照射することで、高品質な薄膜結晶の成長が可能です。物性研では、以前からこの装置を用いて、分子層レベルで平坦で、高品質なⅢ-V族化合物半導体の薄膜成長を行ってきました。例えば、この装置で作製したGaAs/AlGaAs変調ドープ構造は、極低温で4×10⁶cm²/Vsという非常に高い移動度を示します。

GaAs基板は、図2(a)のように、表面の酸化膜を除去しただけでは、平坦ではありません。NTTで1980年代に開発した、マイグレーションエンハストエピタキシー(MEE)法¹⁾を用いると、図2(b)のように分子層レベルで平坦化することが可能です。

1) Y. Horikoshi, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 27 Part 1, 2 (1988) 169

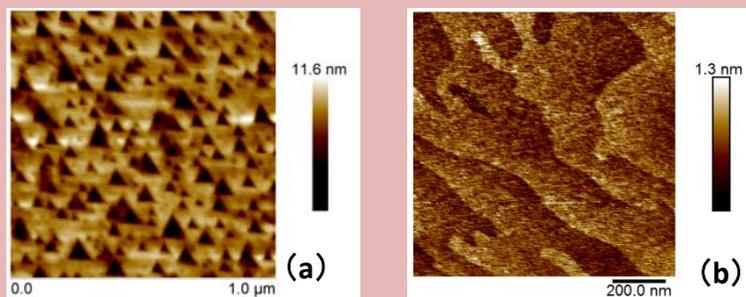
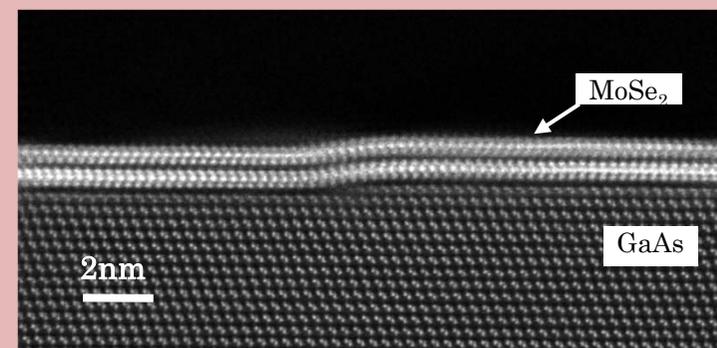


図2 (a) GaAs(111)B基板の表面酸化膜を除去した直後のAFM像と(b)平坦化後のAFM像

平坦化したGaAs(111)B面の最表面のV族元素のAsをVI族元素のSeで置換(終端)することで、表面を化学的に不活性化させることができます。すると、ファンデルワールス力を介して、MoSe₂がそのSe終端GaAs上にエピタキシャル成長していきます。今回、図3のように、MoSe₂がGaAsの分子層ステップを乗り越えて結晶成長することが確認でき、大面積化が可能であることがわかりました。

図3 GaAs(111)B面上のMoSe₂のSTEM像