遷移金属カルコゲナイド薄膜・ヘテロ構造の MBE 成長と電子物性

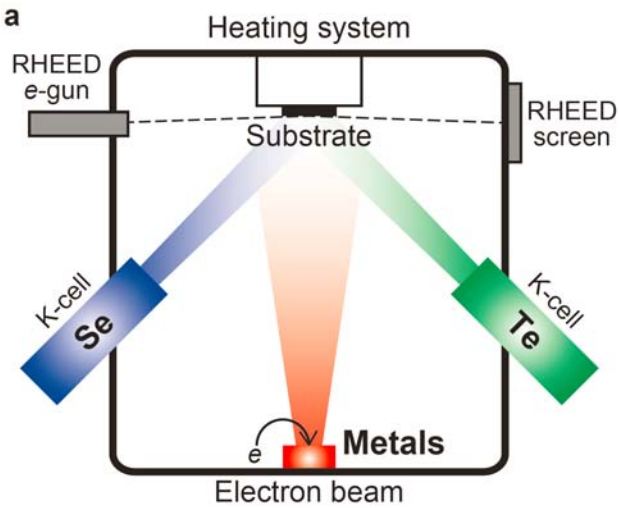
Electronic properties of transition-metal dichalcogenide thin films and heterostructures grown by molecular-beam epitaxy

東大院工 [1], 理研 CEMS[2] ◦中野 匡規 [1], 王 越 [1], 柏原 悠太 [1], 松岡 秀樹 [1], 岩佐 義宏 [1,2]

Dept. Appl. Phys., Univ. Tokyo[1], RIKEN CEMS[2] ◦M. Nakano[1], Y. Wang[1], Y. Kashiwabara[1], H. Matsuoka[1], Y. Iwasa[1,2]

E-mail: nakano@ap.t.u-tokyo.ac.jp

グラフェンの発見を契機として、物質を原子層レベルにまで薄くした際に発現する特異な電子物性が注目を集めている。特に遷移金属カルコゲナイド（TMDC）と呼ばれる物質群は、遷移金属とカルコゲンの組み合わせによって非常に多彩な物性を示すことが古くから知られており、基礎・応用の両側面から活発な研究が行われている。その中で、特に基礎的な物性研究は、これまで主にバルク単結晶をテープで劈開して作製したフレークを用いたトップダウン的なアプローチで行われてきたが、今後のデバイス応用やヘテロ構造への展開などを考えると、ボトムアップ的なアプローチによる大面積かつ高品質な TMDC 薄膜の作製プロセスの確立が不可欠である。このような背景の下で、我々のグループでは分子線エピタキシー（MBE）法による TMDC 薄膜の作製に取り組んでいる。MBE 法は従来の化学気相蒸着（CVD）法に比べて、①反射高速電子線回折（RHEED）による製膜の *in-situ* モニタリングを通して薄膜の層数・配向を精密に制御できる、②異種物質のヘテロ構造や超格子構造を簡便に作製できる、③不純物ドーピングによる薄膜の機能化が容易である、④熱力学的な準安定相を安定化できる、⑤超高純度ターゲットを用いることで薄膜の高品質化が期待できる、などの利点を備えており、そのプロセスを確立することができれば、TMDC 薄膜・ヘテロ構造の物性研究を推進する上で極めて強力な手段となりえる。本講演では、代表的な半導体 TMDC である WSe_2 を例に、我々のグループで確立した TMDC 単結晶エピタキシャル薄膜の作製手順について詳しく説明すると共に、これまでに得られている様々な TMDC 薄膜およびそのヘテロ構造の電子物性について、主に輸送特性の観点から概観する。



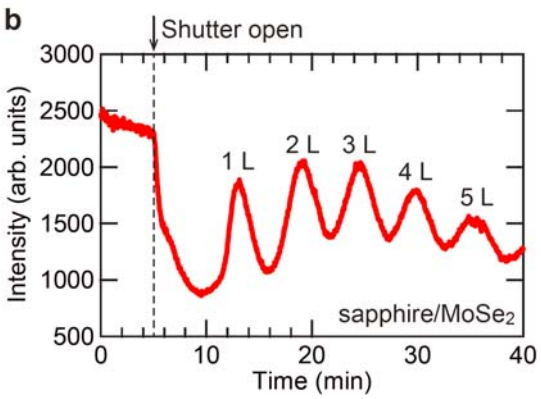


Figure 1: **a**, Schematic growth system. **b**, The RHEED oscillation during growth.