

Optical and Electronic Properties of 2D Crystals of Transition-Metal dichalcogenides

(遷移金属カルコゲナイド二次元結晶の光電気物性)

ZHANG Yijin (張 奕勁)

Discovery of graphene, a single layer isolated from bulk graphene, has triggered world-wide trend of materials research. The easy preparation method of graphene allows itself to be applied to other layered materials. Single crystals with atomic-thickness are referred as 2D crystals, and are usually distinct from those of their mother bulk crystals from in terms of their physical properties, because of the modification of the interlayer interaction owing to the reduction of thickness.

Among various kinds of 2D crystals, those isolated from transition-metal dichalcogenides (TMDs) are of particular interest both from the viewpoints of fundamental physics and of application to future electronics. Although the crystal structure of TMD resembles to that of graphene, both are honeycomb lattice, the inversion symmetry are broken in TMDs, which leads to various features: emergence of valley degree of freedom, and the exclusive coupling between valley, spin, and circular polarization of light. These features make TMD quite unique from other semiconductors.

We have been investigated opto-electronic properties of TMDs based on transistor device geometry with a liquid gate insulator. In the talk, I'll present fundamental physical properties of TMDs, as well as their transistor operation, effects of valley-spin coupling on electrical transport, and new functionality based on valley-circular polarization coupling.

単層グラフェンの抽出に成功したのを皮切りに、二次元結晶と呼ばれる原子層レベルまで薄くした層状物質単結晶の研究が世界中で進められるようになった。結晶の厚みの減少に伴い相関相互作用も変化するため、これら二次元結晶はバルク結晶とは異なる物性を示すことが知られている。

様々な層状物質の中でも、基礎物性と応用の両方面から遷移金属カルコゲナイド (TMD) の二次元結晶が注目を集めている。TMD はグラフェンと類似の蜂の巣構造をしているが、反転対称性の破れのためにそのバンド構造には有限のバンドギャップが存在する。また、バレー自由度と呼ばれる新たな電荷自由度が出現し、このバレー自由度はスピン自由度および光子の円偏光と排他的に結合する。これらは他の半導体にはなく TMD に固有な特徴である。

我々はこれまで液体ゲート絶縁体を使用したトランジスタ構造を用いて TMD の特異な物性に由来する光電気物性の研究を行ってきた。今回は TMD の基礎的な物性と、トランジスタ動作、バレー・スピン結合が電気伝導に及ぼす影響、およびバレー・円偏光結合を用いた新機能デバイスについてお話しする。