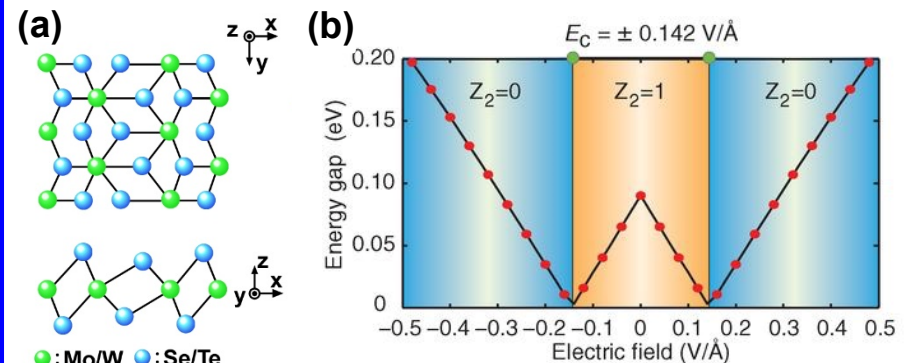


研究プロジェクト名: 空間反転対称性が破れた遷移金属ダイカルコゲナイド原子層におけるスピン偏極電子状態制御の研究

概要: 結晶構造における空間反転対称性の破れや強いスピン軌道相互作用によって生じるスピナーバレー偏極電子状態や量子スピンホール相における電子状態制御を目的として、結晶構造とスピン軌道相互作用を制御した遷移金属ダイカルコゲナイド原子層薄膜を作製し、スピン分解光電子分光による物性解明を目指す。

コアメンバー: 菅原克明、好田誠、軽部修太郎、新田淳作、相馬清吾、高橋隆、佐藤宇史 (東北大学)

期待される研究成果: 量子スピンホール相の実現が期待される正八面体構造をもつ WTe_2 や WS_2 のスピン偏極電子状態を、表面電子ドーピングによる擬似的電場によって誘起されるラシュバスピン軌道相互作用を誘起する事で人工的に制御し、量子スピンホール相から直接型半導体への相転移の変化などの可能性を明らかにする。得られた知見から、スピン・バレートロニクスデバイスなどの新たなスピントロニクス研究への指針を示す。



(a) 1T'-WTe₂およびWS₂の結晶構造と(b)それらのバンドギャップと電場依存性の理論計算[1]. 無電場ではバンド反転に伴う量子スピンホール相となる一方、垂直電場を印加するとバンド反転は消滅し、従来型の半導体へ相転移する。
[1] X. Qian et al., Science 12 (2014) 1344-1347.

研究プロジェクト名: 空間反転対称性が破れた遷移金属ダイカルコゲナイド原子層におけるスピン偏極電子状態制御の研究

概要: 遷移金属ダイカルコゲナイド原子層物質における空間反転対称性の破れと強いスピン軌道相互作用によって生じるスピン偏極電子状態の評価およびその制御を行うために、磁性不純物を添加した高品質原子層薄膜の作製と、高分解能スピン分解光電子分光による電子状態評価を行う。

研究成果(実施状況): 遷移金属ダイカルコゲナイド MoSe_2 や TaSe_2 などの原子層薄膜の作製を行い、 $1\mu\text{m}$ 以上のテラスを持つ原子層薄膜の作成に成功した。さらに高分解能角度分解分光実験により、空間反転対称性の破れに起因したスピン分裂バンドの観測に成功した。今後FeやCoなどの磁性不純物を添加した MoSe_2 を作製し、スピン分裂バンドの制御を目指すことで、新たな磁性原子層物質を実現する。

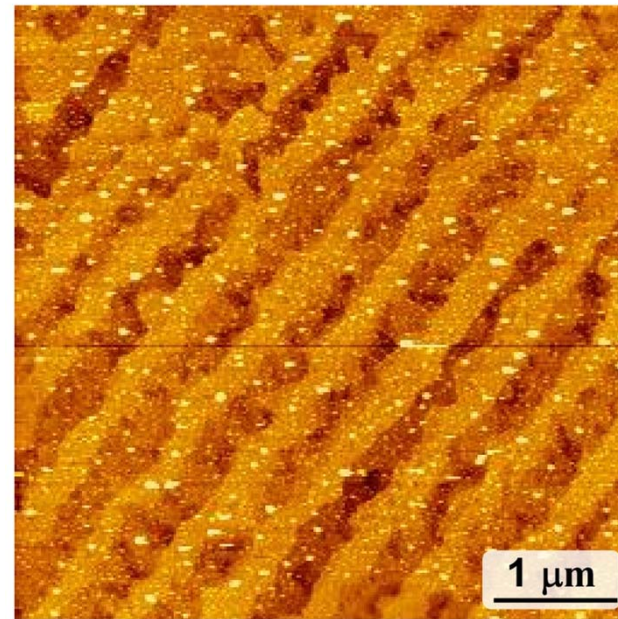


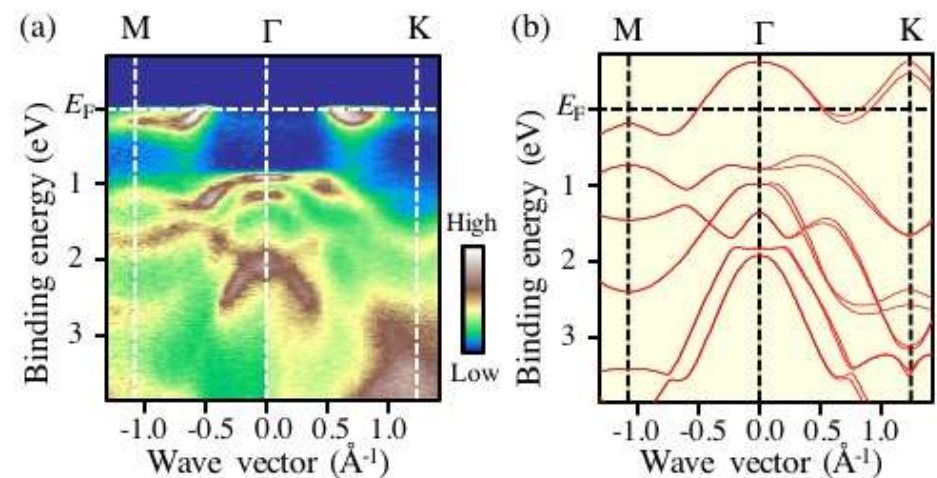
図:分子線エピタキシー法で作製した2層グラフェン上の MoSe_2 原子層膜の原子間力顕微鏡像

主要発表論文等: [1] Y. Nakata et al., ACS Applied Nano Materials, *in press*. (2018).

研究プロジェクト名: 空間反転対称性が破れた遷移金属ダイカルコゲナイド原子層におけるスピン偏極電子状態制御の研究

概要: 結晶構造における空間反転対称性の破れと強いスピン軌道相互作用によって生じるスピン偏極電子状態の制御を行うために、磁性不純物およびより強いスピン軌道相互作用を持つ不純物を添加した高品質原子層薄膜の作製と、高分解能スピン分解光電子分光による電子状態評価を行う。

研究成果(実施状況): 強いスピン軌道相互作用を持つNbSe₂原子層を作製しその電子状態を調べた結果、スピン偏極電子状態を示唆する分裂バンドの観測に成功した[1]。また、VSe₂原子層を作製しその電子状態を調べた結果、強相間電子系に特有な擬ギャップの観測に成功した[2]。その起源がスピン揺らぎの可能性が示唆されるため、上記2種類の薄膜に関して、不純物添加などによって強磁性に関連した特異物性の創出を研究をさらに進めている。



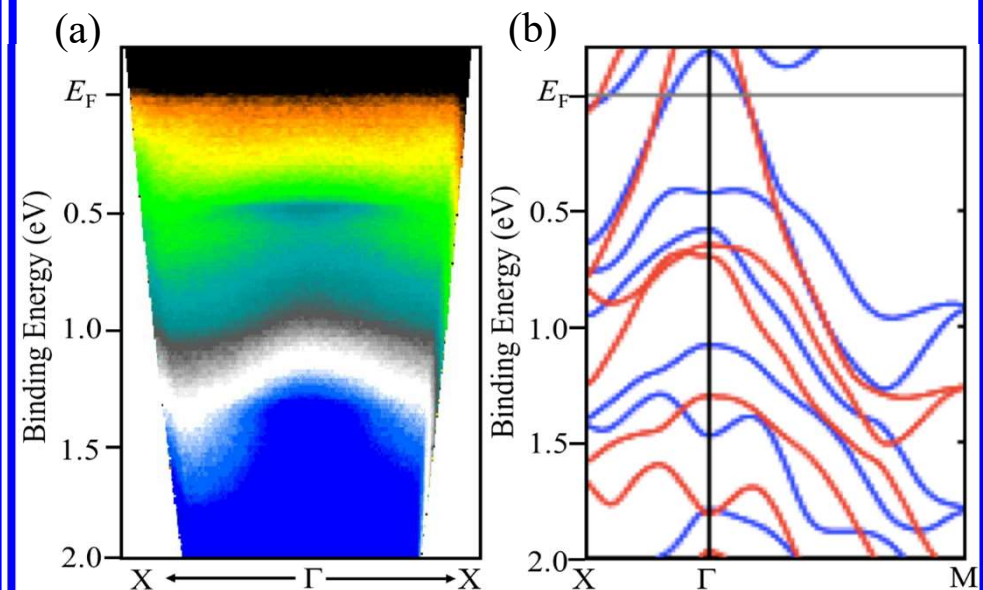
(a)NbSe₂原子層薄膜のARPES結果および(b)第一原理計算結果

主要発表論文等: [1] Y. Nakata et al., npj 2D Mater. and Appl., 2, 12 (2018).
[2] Y. Umemoto et al., Nano Res. 12, 165-169 (2018).

研究プロジェクト名: 空間反転対称性が破れた遷移金属ダイカルコゲナイド原子層におけるスピン偏極電子状態制御の研究

概要: 結晶構造における空間反転対称性の破れと強いスピン軌道相互作用によって生じるスピンバレーロッキングによる特異物性の制御や量子スピンホール相の実現を目的として、スピン軌道相互作用を制御した遷移金属ダイカルコゲナイド原子層薄膜を作製し、スピン分解光電子分光による物性解明を目指す。

研究成果(実施状況): 強いスピン軌道相互作用を持つ MoTe_2 原子層を作製しその電子状態を調べた結果、量子スピンホール相の実現が期待される $1T'$ 構造を有する MoTe_2 原子層薄膜の作製に成功したと結論した。今後、得られた $1T'$ - MoTe_2 原子層の超高分解能ARPESや微少スポット光源であるレーザー光源を用いたスピン分解ARPESを行うことによってヘリカルスピンドイラック電子状態の有無を明らかにするための研究をさらに進める。



(a) MoTe_2 原子層薄膜のARPES結果および(b)第一原理計算結果*。

*X. Qian et al., Science 346 (2014) 1344.

主要発表論文等: 論文作製準備中

研究プロジェクト名: 空間反転対称性が破れた遷移金属ダイカルコゲナイド原子層におけるスピン偏極電子状態制御の研究

概要: 結晶構造における空間反転対称性の破れや強いスピン軌道相互作用によって生じるスピナーバレー偏極電子状態や量子スピンホール相における電子状態制御を目的として、結晶構造とスピン軌道相互作用を制御した遷移金属ダイカルコゲナイド原子層薄膜を作製し、スピン分解光電子分光による物性解明を目指す。

研究成果(実施状況): MBE法を用いて様々な成長温度で MoTe_2 薄膜の作製を行った。その結果、 240°C の低温では1H相由来の電子状態を、 300°C の高温では1T相由来の電子状態を光電子分光で観測したことから、成長温度の精密制御によって構造制御が可能であることを明らかにした。今後、1T相における量子スピンホール相の可能性を明らかにしたいと考えている。

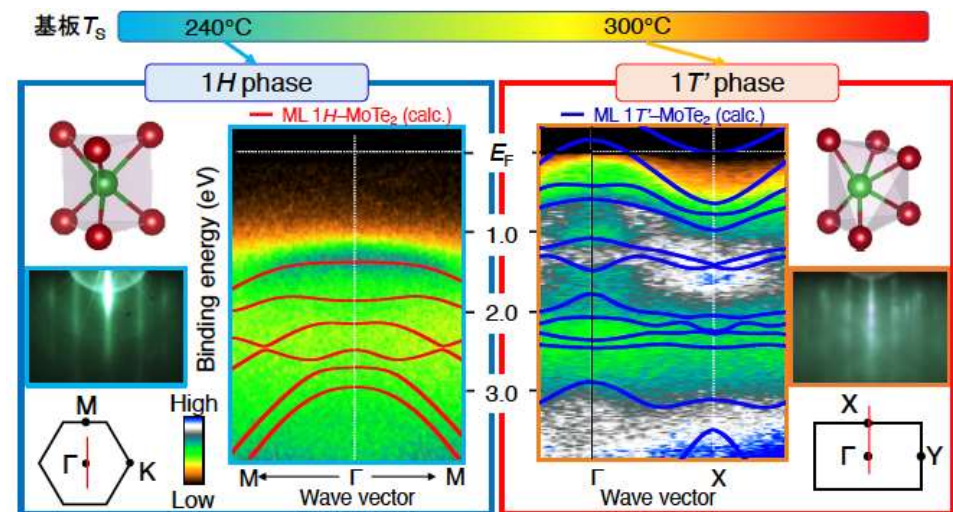


図1 MBE法で作製した MoTe_2 薄膜のARPES結果と理論計算結果との比較. 成長温度を精密制御することで(左)1H相および(右)1T相を持つ MoTe_2 薄膜の作製が可能。

主要発表論文等: [1]論文執筆準備中.