

課題番号 : 2021A-E25
利用課題名 (日本語) : 二次元磁性体の軟 X 線磁気円二色性測定
Program Title (English) : Soft X-ray magnetic circular dichroism measurements on 2D magnets
利用者名 (日本語) : 中野匡規^{1), 2)}, 松岡秀樹²⁾, 梶原駿¹⁾, Saika Bruno Kenichi¹⁾
Username (English) : M. Nakano^{1), 2)}, H. Matsuoka²⁾, S. Kajihara¹⁾, K. Saika Bruno¹⁾
所属名 (日本語) : 1) 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻, 2) 理化学研究所創発物性科学研究センター
Affiliation (English) : 1) Department of Applied Physics, University of Tokyo, 2) RIKEN Center for Emergent Matter Science
キーワード : 二次元磁性体, XMCD, 面内強磁性

1. 概要 (Summary)

層状ファンデルワールス (vdW) 磁性体を数分子層レベルにまで薄くした二次元磁性体は、基礎・応用の観点から重要な研究対象である。我々は分子線エピタキシー (MBE) 法による二次元磁性体の作製と物性開拓に取り組んでいるが、MBE 法で作製した試料は基本的に大面積であるため、従来の劈開法で作製した微小試料では困難であった各種分光測定による電子状態の精密計測が可能になる。今回、MBE 法で作製した二次元磁性体 $\text{Cr}_{1/3}\text{NbSe}_2$ 超薄膜に対して軟 X 線磁気円二色性 (XMCD) 測定を行うことにより、二次元極限における磁性の振る舞いに関する直接的な知見を得ることを目的として実験を行った。

2. 実験 (目的, 方法) (Experimental)

目的 : $\text{Cr}_{1/3}\text{NbSe}_2$ 超薄膜における磁性を XMCD 測定から明らかにすることを目的とした。

方法 : BL23SU に常設の XMCD 装置を用いて、様々な温度において XAS/XMCD スペクトルおよび XMCD の磁場依存性 (MH) を測定した。試料は薄膜の鉛直方向あるいは斜め方向から入射 X 線が入るように設置し、磁場は入射 X 線と平行になるように印加した。特に、BL23SU では X 線の円偏光をスイッチングすることによって XMCD スペクトルのロックイン測定を行うことができ、バックグラウンドの影響が少ない高感度の測定を行うことが可能である。また、MH を様々な温度で測定し、その非線形成分の温度依存性から強磁性転移温度を評価した。試料は劣化を防ぐために Se キャップで保護した状態で持参し、測定直前に BL23SU の準備室でデキャップ作業を行うことにより清浄表面を準備した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

始めに面直磁場用のホルダーに固定した 10 層の試料に対して実験を行った。まずは 10K で磁場を +1T, +3T, +5T, +9 T あるいは -1T, -3T, -5T, -9 T 印加した状態で XAS スペクトルおよび XMCD スペクトルを測定した。その結果、XAS スペクトルにおいては Cr の吸収端近傍で明瞭な X 線吸収が観測され、かつその XMCD スペクトル強度が円偏光の向きに依存することや磁場で反転することから、これが Cr の磁性を反映したシグナルであると結論付けた。次に、入射光のエネルギーを固定して磁場を掃引することにより、XMCD の磁場依存性を評価した。その結果、高磁場領域まで非線形なシグナルが観測されたことから、試料が強磁性状態にあると結論付けた。また、様々な測定温度で同様の磁場依存性評価を行ったところ、非線形なシグナルは 100K 近傍で消失することがわかった。これらの結果は、別途行った異常ホール効果測定や磁化測定の結果とよく整合しており、それらの測定で得られた結果はすべて強磁性状態の Cr 原子に由来するものと結論付けた。

次に面内磁場用のホルダーに固定した 1 層の試料に対して同様の実験を行った。この試料は Cr 原子の数が非常に少なく、XAS 測定ではバックグラウンドにほぼ埋もれたシグナルしか得られなかったが、磁場に対する応答のみを観測する XMCD 測定では (強度は小さいものの) 明瞭なシグナルが得られた。次に、入射光のエネルギーを固定して磁場を掃引することにより、MH 測定を行った。その結果、10 層試料と同様に非線形なシグナルが観測されたことから、試料が強磁性状態にあると結論付けた。その一方で、面内磁場配置でありながらもゼロ磁場において有限のシグナルが観測されなかったことから、1 層の試料は自発磁化を持たないと結論付けた。また、様々な測定温度で同様の磁場依存性評価を行ったところ

る、非線形なシグナルは 50K 近傍で消失することがわかった。このような 1 層試料の強磁性シグナルは、汎用的な磁気特性評価装置である SQUID では検出できないぐらい微弱なものであり、今回 XMCD 測定を行うことでこれを検出することに初めて成功した。そ

の結果、 $\text{Cr}_{1/3}\text{NbSe}_2$ の単層極限における磁性の振る舞いに関する非常に重要な知見を得ることができた。

4. その他・特記事項 (Others)

なし。