

層状磁性体 CrBr₃ のエピタキシャル成膜制御

Growth of Epitaxial CrBr₃ Film

千葉大院工¹, NIMS², 千葉大分子キラ研³,

°(M2)東田 大樹¹, 森 由紀江², 高橋 有紀子², 山田 豊和^{1,3}

Chiba Univ.¹, NIMS², Chiba Univ. Mol. Chiral. Res.³

°Hiroki Higashida¹, Yukie Mori², Yukiko Takahashi², Toyo Kazu Yamada^{1,3}

E-mail: toyoyamada@faculty.chiba-u.jp

原子層磁石はグラフェンのようにテープ剥離して原子厚さの磁性膜ができるため、大気でも強固で安定な二次元磁性体として注目されている[1]。本研究では、代表的な強磁性秩序を持つ原子層磁石である CrBr₃ (キュリー温度 約 40 K) を使用した。当初、バルク CrBr₃ 結晶(HQ graphene 社)を使用した。大気下に放置すると水和してしまうなど実用化には多くの課題があることが分かった。そこで、CrBr₃ エピタキシャル薄膜をどのようにすれば実現できるか探った。作製した膜の表面・界面構造を、超高真空走査トンネル顕微鏡(STM)および透過電子顕微鏡(TEM)にて探った。

最初、バルク CrBr₃ 結晶片(約 1mm 角)をアルミナ坩堝に入れ真空昇華した。しかし、量が少なく安定に膜を作製するには不適切と判断した。そこで、CrBr₃·6H₂O (高純度化学 99.9% 緑色)を脱水化することで CrBr₃ 粉(黒色)を作製した。CrBr₃·6H₂O (210 mg)を真空電気炉で 393 K, 14 h, <3.0 × 10⁰ Pa で脱水し CrBr₃ 粉 150 mg を蒸着源として使用した。アルミナ坩堝にいれ W フィラメント加熱(約 DC 3A)し真空昇華(<10⁻⁷ Pa)した。坩堝温度 653 K で昇華レート 0.16 nm/min (水晶振動子密度: 5, z-impedance: 1) を得た。

Au(111)上に基板温度室温で CrBr₃ を蒸着した。高さ約 0.6 nm の原子レベルで平坦なエピタキシャル膜成長を STM 像より確認した。ところが、一度でも CrBr₃ を大気(または低真空)にさらすと急速に CrBr₃ 蒸着源が劣化した。そのため、同条件で再度 Au(111)や NbSe₂ に基板温度室温で製膜したが、膜にならず大きさ数 nm 高さ 2nm 程度の島(粒)成長となった。

CrBr₃ の活性は積層膜でも明白となった。Si / SiO₂ / CrBr₃(5 nm) / Ag 膜を作製した際、Ag, Si, Br が反応し CrBr₃ 膜は分解したことが TEM 観察より判明した。そこで不活性な MoS₂ / CrBr₃(5 nm) / Au 膜を作製した際は、混合せずエピタキシャル膜成長した。一方、他の層は TEM 回折スポットを示したが、CrBr₃ 膜は回折スポットを示さなかったことから、アモルファス化していることが分かった。CrBr₃ 膜作成時の基板温度を 513 K に加熱してもアモルファスであった。また、Br と Cr の組成比は 25 : 75 であり、CrBr₃ ではない可能性が示唆された。Kerr 磁気計測による M-H ループ測定結果も報告する (謝辞: 千葉大学大学院理学研究院 音賢一博士)。

Reference:

[1] W. Chen, *et al.*; Science 366, 983-987 (2019).