

原子層磁石の真空昇華とヘテロ構造作製の STM/STS 研究

STM study of van der Waals material heterostructure

千葉大院工¹ ○(M1) 東田 大樹¹, 山田 豊和¹

Chiba Univ.¹ ○Hiroki Higashida¹, Toyo Kazu Yamada¹

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

原子一層の厚さでありながら磁性を発現する二次元原子層磁石の研究が活発化している¹⁾。いわゆる原子層物質は、大気下でもテープ等で剥離できる物質である。原子層間に弱い van der Waals 結合層があることで選択的に剥離できる。Se や Te 等のカルコゲン元素や、Br や Cl 等のハロゲン元素が剥離層材料として広く使用されている。近年、異なる原子層物質を積層させることで発現する新たなトポロジカル物性の研究が活発である²⁾。

本研究では、貴金属基板表面上での原子層磁石 CrBr₃ 薄膜の作製と、真空剥離 2H-NbSe₂ 表面への薄膜作製によるヘテロ構造作製を行った。全ての実験は、超高真空・低温・走査トンネル顕微鏡 (STM) 装置を用いて実施した³⁾。装置は解析槽、準備槽、導入槽からなり、全て base pressure 10⁻⁸ Pa 台である。導入槽で真空剥離、準備槽で CrBr₃ 作製、解析槽で STM/走査トンネル分光(STS) 測定を実施した。

単原子層で強磁性秩序を保つ CrBr₃ 薄膜(キュリー温度 約 40 K)の作製を実施した。CrBr₃ 単結晶 (HQ graphene 社)は真空昇華には不向きであった。そこで、CrBr₃·6H₂O 粉 (緑色、高純度化学社)を用いた。CrBr₃·6H₂O 粉を真空電気炉内で加熱し脱水した (393 K, 14 h)。脱水後の CrBr₃·6H₂O 粉 (黒色) と CrBr₃ 単結晶 (黒色) の組成比を SEM-EDX で確認した。同等の値を得たことから脱水は十分と判断した。

次に、脱水後 CrBr₃·6H₂O 粉をアルミナ坩堝へ移し準備槽に設置した。準備槽内で坩堝温度約 673 K (623 K)で、昇華レート約 1.0 nm/min (0.2 nm/min)を得た。水晶振動子パラメーター：密度 1 g/cm³, z-impedance 1。製膜時真空度 約 1.0×10⁻⁷ Pa。

Ar⁺スパッタ(1.0 kV)と加熱(880 K)サイクルより、清浄で原子レベルで平坦な Au(111)表面を得た。Au(111)表面に 1.2 nm 厚さ分 CrBr₃ を、基板温度室温で蒸着した。STM 像は、高さ約 0.6 nm、幅約 20 nm の島を示した。CrBr₃ 単原子層高さに一致する。また、水晶振動子で見積もった厚さ 1.2 nm は、0.3 ML (monolayers)と求まった。さらに、バルク 2H-NbSe₂ 単結晶(HQ graphene 社)を、導入槽でスコッチテープを用いて真空剥離した。この表面に、準備槽にて基板温度室温で CrBr₃ 単原子層島を蒸着したヘテロ表面の STM/STS 結果も報告する。

References:

- [1] Chen, *et al*, Science 366, 983-987 (2019).
- [2] Kezilebieke, *et al*, Nature 588, 424-428 (2020).
- [3] Nazriq, Yamada, *et al*, The Journal of Physical Chemistry Letters 11, 1753-1761 (2020).