

# Fe(110) 表面上の Mn 超薄膜の成長過程と電子構造の STM 研究

## UHV-STM / STS study of Mn ultrathin films on Fe(110)-whisker

千葉大院工<sup>1</sup>, 高知工大シス工<sup>2</sup>, ○林 宏樹<sup>1</sup>, Peter Krüger<sup>1</sup>, 稲見 栄一<sup>2</sup>, 山田 豊和<sup>1</sup>  
Chiba Univ.<sup>1</sup>, Kochi Univ. Technol.<sup>2</sup>, ○Hiroki Hayashi<sup>1</sup>, Peter Krüger<sup>1</sup>, Eiichi Inami<sup>2</sup>,  
Toyo Kazu Yamada<sup>1</sup>

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

強磁性と反強磁性の物質の界面では、層間磁気結合によって交換バイアスが発現することが知られている [1]。強磁性と反強磁性結合の理想的な系として強磁性 Fe(001) と層間反強磁性 Mn(001) があるが、bcc(110) 系に関して知見は少ない [2]。bcc(110) 基板として W(110) を用いた先行研究では、Mn 膜上で一次元磁気ストライプ構造が発現することが報告されている [3]。

本研究で、Mn/Fe(110) においてもストライプ構造の発現を確認したため報告する。測定は全て、超高真空・低温 (78K)・走査トンネル顕微鏡 (STM) で行った。基板として化学気相成長法で作製した Fe(110)whisker を使用した [4]。清浄・平坦化した Fe(110) 表面に Mn を、基板温度 300 K で蒸着した (蒸着レート: 0.25 ML/min, Mo 坩堝加熱電力: 5.53 W)。

0.5 ML Mn を蒸着した際、Mn は Fe(110) 表面を熱拡散して単層厚さの島を形成し、Fe ステップから [001] 方向に延びるように成長することが分かった (島の高さ: 230 pm)。構造の詳細を探るために Mn 膜の成長過程のモンテカルロシミュレーションを行った。図 1 は、Fe(110) の hollow site に吸着した Mn 原子 (赤丸) を示す。この先に吸着した Mn 原子に対して、次の Mn 原子が隣接しうる第一隣接サイト (青点) と第二隣接サイト (赤点) を考える。拡散・凝集過程で双方の吸着サイトに重み付けをしてシミュレーションした結果、第二近接サイトに優先的に吸着させた際、実験結果と類似の [001] 方向に優先的に島成長することを再現できた。このことは、第一近接サイトに吸着した Mn 原子が試料面直 [110] 方向に隆起し、Mn 表面に起伏を生じることを示唆する。

そこで、一層目の島の内部を STM 観察した。すると、起伏約 10-50 pm で、[001] 方向に平行な周期約 1 nm の一次元ストライプ構造を確認した。この Mn 島上で計測した dI/dV 像もストライプ構造を示した。STM 形状像では高く見えた列は低い dI/dV 微分伝導値を示した。電子像中の明暗コントラストは、フェルミ準位上+0.2 eV 電子状態密度ピークの強度変化によるものと判明した。二層目の Mn 膜でも同様のストライプ構造はあるのだろうか。1.2 ML Mn/Fe(001) 表面を STM 観察した。二層目も層状成長し [001] 方向に延びた島を形成した (二層目高さ約 230 pm)。二層目ではストライプ間隔は約 1 nm と 2 nm の二種類が存在し、直線ではなく一部歪んだ構造を持つ。

### References:

- [1] S. Fukami, et al., Nat. Mater. 15, 535–541(2016).  
[2] T. K. Yamada, et al., Phys. Rev. Lett. 90, 056803 (2003).  
[3] S. Heinze, et al., Science 288, 1805 (2000) [4] T. K. Yamada, et al., Surf. Sci. 603, 315-319(2009).

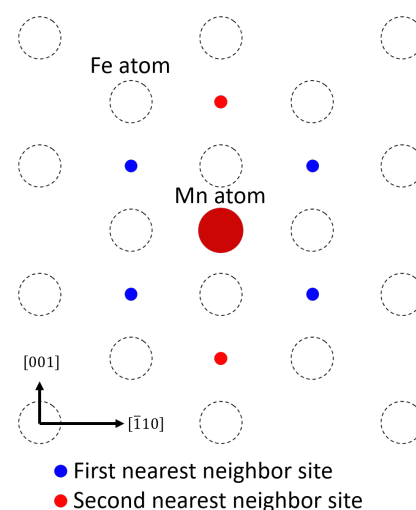


図 1: Fe(110) 表面原子配列 (点線丸) 上の一層目の Mn 原子 (赤丸)。Mn 原子の第一近接サイト (青点), 第二近接サイト (赤点)。