

Fe(110)上の Mn 超薄膜に生じるストライプ構造

山田豊和^{1,2}, 稲見栄一³, クリューガー ピーター^{1,2}
(1.千葉大院工 2. 千葉大キラル研 3. 高知工科大)

Stripe structures in ultrathin Mn films on Fe(110)

T. K. Yamada^{1,2}, E. Inami³, and P. Krüger^{1,2}

(1&2. Chiba Univ., 3. Koch Univ. Tech.)

はじめに

強磁性と反強磁性の界面では、交換バイアスなどユニークな磁性が発現する。そのため、強磁性と反強磁性の界面での各原子層間の磁気結合は、1990年代以降、スピン偏極走査電子顕微鏡 (spin-polarized SEM) やスピン偏極走査トンネル顕微鏡 (spin-polarized STM) を用いて精力的に研究された¹⁾。

中でも、最も理想的で単純な系として、強磁性 bcc-Fe(001) ウィスカ単結晶上の bct-Mn(001) 超薄膜の研究がある²⁾。この系では、Mn 原子は Mn 単層膜内では強磁性結合し、層と層の間では 180 度結合する。一方で、第一原理計算を用いて、この層間磁気結合を正しく再現することは困難を極める。原因の一つは、計算手法により Fe/Mn 界面のスピン構造は容易に変化するためである。

本研究で我々は、bcc(001)系を bcc(110)系に変えた際、Mn 膜内のスピン構造はどのような変化するか探った。その結果、新たな一次元ストライプ構造を発見したので報告する。

実験手法

本研究は全て超高真空・低温・走査トンネル顕微鏡 (STM) 装置を用いて実施した。高純度な Fe(110) ウィスカ単結晶³⁾を準備槽で Ar スパッタと加熱を繰り返し清浄化と平坦化を行った。基板表面に 50 nm 以上の大きな Fe(001) 原子テラスを得た。この表面に Mn 原子層をエピタキシャル成長した。作製した試料は、超高真空を保持したまま、原子分解能を有する STM 装置に移動し低温 (78 K) に冷却し STM 観察を実施した。試料の局所電子状態密度 (LDOS) は、走査トンネル電子分光法 (STS) を用いてその場測定した。さらに、第一原理計算を用いて Mn/Fe(110) の安定なスピン構造と原子構造を探った。

実験結果

清浄な Fe(110) 表面で得た原子像から結晶方向を確認した。Mn 一層目は $\langle 110 \rangle$ 方向に選択的に伸びるようにエピタキシャル成長した。この Mn 膜表面上で STS 像を計測した。STS 像は Mn 膜の中で一次元的なストライプ構造を示した。この周期長は Fe(110) 基板の周期性を比例していた。当初、Mn 原子が hollow site と bridge site に分布し表面再構成したのかと考えた。しかし、第一原子計算結果より、Fe 上の Mn は $p(1 \times 1)$ 構造が最適と判明した。なにがストライプ構造の原因か。複数の可能性のある Mn/Fe(110) の磁気構造を計算した。その結果、Mn 単層膜内の Mn 原子間の磁気結合により原子位置が面直方向にずれることで最安定になることが明らかとなった。つまり、ストライプ構造は Mn 原子間の非線形な磁気結合に由来する。詳細を報告する。

参考文献

- 1) J. Unguris, R. J. Celotta, and D. T. Pierce, *Physical Review Letters*, 67 (1991) 140-143.
- 2) T. K. Yamada, et al., *Physical Review Letters*, 90 (2003) 056803: 1-4.
- 3) T. K. Yamada, et al., *Surface Science*, 603, (2009) 315-319.

組成変調による Cu 添加 Mn₄N 薄膜の室温下磁化補償の実証

旗手 蒼、雨宮 健太*、都甲 薫、末益 崇
(筑波大、*高エネルギー加速器研究機構(KEK))

[はじめに] Mn₄N は小さな磁化と垂直磁気異方性を併せ持つため、電流駆動磁壁移動を利用したデバイスの候補材料として注目されている。Mn₄N 系混晶では不純物の添加量を制御することで、特定の組成で磁化がゼロとなる磁化補償という特異な現象も確認されている^[1]。この磁化補償は磁壁移動の効率の爆発的な向上に寄与する。Ni 添加 Mn₄N では磁化補償組成付近で 3,000 m/s (電流密度 1.2×10^{12} A/m²) という、磁場を使わない条件では世界最速の記録を達成した^[2]。今回、バルク結晶で磁化補償が示唆されていた Cu 添加 Mn₄N (Mn_{4-x}Cu_xN)^[3] に注目し、分子線エピタキシー法を用いて高品質な Mn_{4-x}Cu_xN 薄膜を作製した。さらに、試料振動型磁力計 (VSM) を用いた磁化測定および X 線磁気円二色性測定 (XMCD) による磁気構造の評価を行い、Mn_{4-x}Cu_xN 薄膜の磁化補償を実証した。

[実験方法] 分子線エピタキシー法により SrTiO₃ [STO] (001) 基板上へ約 23 nm Mn_{4-x}Cu_xN ($x = 0.0-0.5$) 薄膜を作製した。作製した薄膜に対し、磁場を面直に印加して振動型磁力計 (VSM) による室温での磁化測定を行った。薄膜の磁気構造は、KEK Photon Factory BL-16 にて 5 T の磁場を印加しながら軟 X 線を照射し、室温での Cu の L_{2,3} 吸収端における X 線吸収分光 (XAS)・XMCD 測定を行い評価した。なお、磁場/軟 X 線は面直方向から約 55° 傾いた方向 (magic angle) から印加/照射した。また、XAS・XMCD の信号は蛍光収量法により取得した。

[結果] STO 基板上に作製した Mn_{4-x}Cu_xN 薄膜の組成 x に対する飽和磁化の変化を Fig. 1 に示す。組成 x に対して飽和磁化が減少していき、 $x = 0.3-0.5$ で極小値を示している。 $x = 0.4$ に関しては磁化が著しく小さくなり、VSM では計測することができなかった。そのため、 $x \sim 0.4$ では反平行な磁気モーメント同士の大部分が打ち消しあっていると考えられる。続いて、Mn_{4-x}Cu_xN ((a) $x = 0.3$, (b) $x = 0.4$) 薄膜の Cu-L_{2,3} 吸収端における XAS・XMCD を Fig. 2 に示す。プロファイルは L₃ 吸収端における XAS で正規化した。XAS プロファイルに関して、この 2 つの組成で大きな違いが見られなかった。これは、添加された Cu の価数が変化していないことを示唆している。XMCD プロファイルに関して、Fig. 2(a) では 934 eV、955 eV にそれぞれ正、負のピークが現れた。一方で、 $x = 0.4$ では、それら 2 つのピークの符号反転が起きた。XMCD プロファイルのピークの符号は、その原子の磁気モーメントの配列を反映していると考えられる。そのため、Cu を加えていくと、 $0.3 \leq x \leq 0.4$ 間の点で Cu の磁気モーメントが反転するといえる。以上のように磁化補償を示唆する、磁化の極小値および磁気モーメント (または XMCD プロファイル) の反転が確認されたため、Mn_{4-x}Cu_xN 薄膜が室温で組成による磁化補償を示すと結論付けた。

[謝辞] XAS および XMCD 測定は、放射光科学諮問委員会 (課題番号 2022G036) の承認を得て実施いたしました。

[参考文献] [1] T. Komori *et al.*, J. Appl. Phys. **127**, 043903 (2020). [2] S. Ghosh *et al.*, Nano Lett. **21**, 2580 (2021).

[3] R. Zhang *et al.*, Acta Mater. **234**, 118021 (2022).

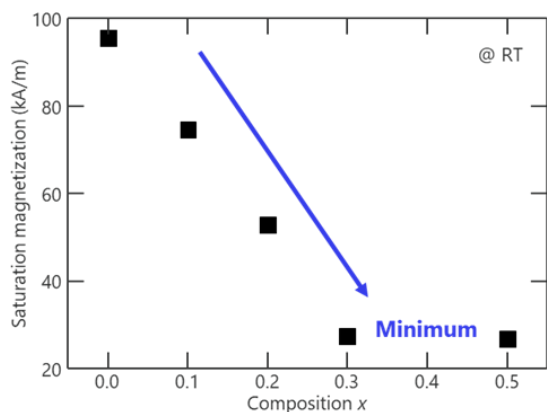


Fig. 1. Composition dependence of saturation magnetization.

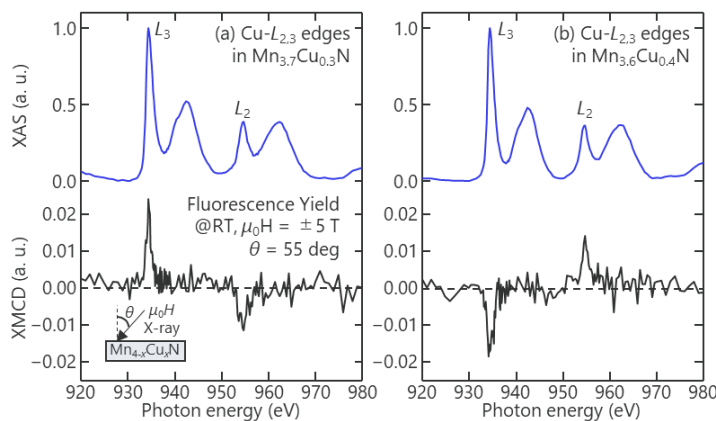


Fig. 2. XAS and XMCD spectra in (a) Mn_{3.7}Cu_{0.3}N and (b) Mn_{3.6}Cu_{0.4}N films at Cu-L_{2,3} edges (XAS are standardized.)

Cr(001)超薄膜の反強磁性磁区形成とスピンプラストラクション

川越 毅、菅 滋正*
(大阪教育大学、阪大産研*)

Antiferromagnetic domain formation and spin frustration in ultrathin Cr(001) film

Takeshi Kawagoe, and Shigemasa Suga*
(Osaka Kyoiku University, SANKEN Osaka University*)

はじめに

我々は、層状反強磁性 Cr(001)薄膜表面で観測されるらせん転位によるスピンプラストラクション (SF) の詳細を、スピン偏極 STM (SP-STM)で調べている。Cr(001)薄膜ではらせん転位密度がバルク Cr(001)表面の 100 倍以上あるため、多彩な SF¹⁾ が観察される。今回、これまで磁気像観察が困難であった 10 原子層(1.44 nm) 厚 Cr(001)薄膜の成長方法改善に挑戦した結果、明瞭な磁気像観測に成功したので報告する。

実験結果と考察

SP-STM 観察は、超高真空中($<2 \times 10^{-9}$ Pa)・室温で Fe/W 探針を用いて行った。Fig.1(a)に Cr(001)薄膜 (10 原子層) の SP-STM (磁気) 像を示す。白線、赤丸は同時に観測した形状像から得られた単原子ステップとらせん転位の位置を示し、また黄・青の磁気コントラストは面内磁化<100>方向を示す。磁気像では(1)1 原子層異なるごとに磁化方向が反転する層状反強磁性に加え、(2)2 個のらせん転位間(左上 A)、(3)3 個のらせん転位を結ぶ領域(真ん中下 B)での SF が観測された。これまで膜厚 3 nm 以上の Cr(001)薄膜で、層状反強磁性が室温で観測¹⁾されているが、1.44 nm(10 原子層)厚であっても室温で依然として層状反強磁性が観測された。さらに(4)右側の C 領域(黒長方形)では、これまで観測されたことのない SF が観測された。Fig. 1(b)にその高分解能磁気像を示す。詳細な解析を行った結果、隣接する 2 組のらせん転位によって生じた量子化軸が 90 度回転した反強磁性磁区である [Fig. 1(c)]と推定し、マイクロマグネティックシミュレーションによる検証²⁾も行った。反強磁性体では静磁エネルギーが無視できるため、その磁区形成過程には不明な点が多いが、スピン偏極 STM 観測から、反強磁性磁区形成メカニズムに関する知見が得られたと考えている。講演では、薄膜作成法・Cr(001)薄膜表面モフォロジーの詳細なども報告する。

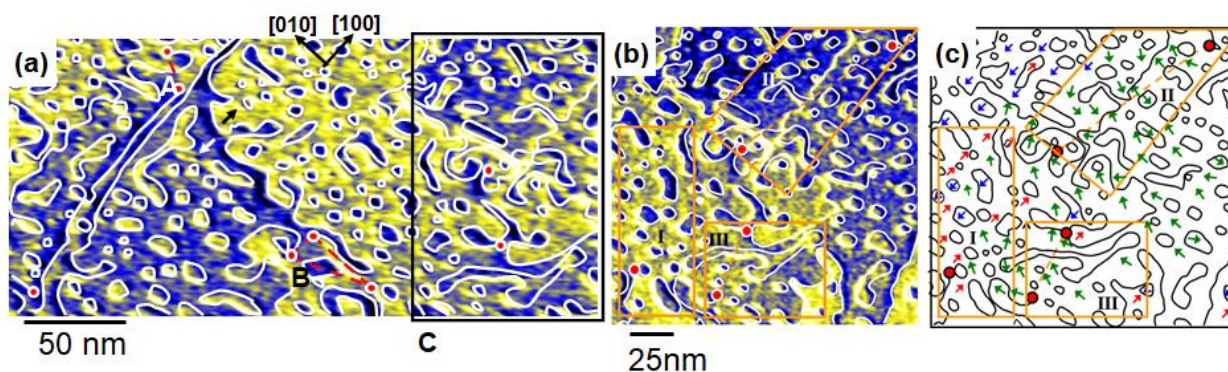


Fig. 1 (a,b) Magnetic images of Cr(001) films (a:290 nm × 138 nm, b: 170 nm × 160 nm) Monatomic steps and screw dislocations are indicated in by white lines and full red circles, respectively. (c) The derived magnetic structure of the Cr (001) film surface from the intensity of the dI/dV map of (b). The small arrows represent the directions of the local magnetization.

参考文献

- 1) T. Kawagoe, et al., J. Appl. Phys. **93**, 6575 (2003), Phys. Rev. **B71**, 014427 (2005), Phys. Rev. Lett. **95**, 207205 (2005), Phys. Rev. **B 103**, 085427 (2021).
- 2) T. Kawagoe and S. Suga, Jpn. J. Appl. Phys. **62**, 045003 (2023).

GdFe 系フェリ磁性薄膜における 磁性体界面近傍磁化量への Co 置換効果

北澤楓太¹, 宋嘉浩¹, 吉川大貴², 塚本新²

(¹ 日本大学大学院理工学研究科, ² 日本大学理工学部)

Co substitution effect on the amount of magnetization near the magnetic interface
in GdFe-based ferrimagnetic thin films

Fuuta Kitazawa¹, Yoshihiro Sou¹, Hiroki Yoshikawa², Arata Tsukamoto²

(¹ Graduate School of Science and Technology, Nihon Univ., ² College of Science and Technology, Nihon Univ.)

はじめに 磁性薄膜材料の更なる微細・多層膜化が求められているスピントロニクスデバイスでは、結晶性のみならず、隣接する異種層間の交換相互作用や磁気双極子結合など、ヘテロ界面近傍磁気構造への理解が重要となる。我々は組成比や温度により静・動特性が大きく変化し、全光型磁化反転等が報告されている希土類 (RE) 遷移金属 (TM) 合金 GdFeCo フェリ磁性薄膜において、同一組成比で物性値となる磁気静・動特性の大きな膜厚依存性¹⁾について報告しており、RE-TM 合金薄膜内界面近傍領域での異質な磁気特性につき検討を進めている。本報告では界面近傍磁化に注目し、同一の RE-TM 組成比となる GdFeCo および GdFe 薄膜磁化値の膜厚依存性から、界面近傍磁化量への Co 置換効果について検討を行った。

実験方法 測定試料として、DC・RF マグネトロンスパッタ法により作製した試料群 A : SiN (5 nm) / Gd₂₅Fe_{65.6}Co_{9.4} (t nm) / SiN (60 nm) / glass sub. (t = 10, 15, 20, 30, 60) と、試料群 B : SiN (5 nm) / Gd₂₅Fe₇₅ (t nm) / SiN (60 nm) / glass sub. (t = 5, 10, 15, 20, 30)を用いる。本試料群に対し、振動型磁力計 (SQUID-VSM) により飽和磁化 M_S を、He-Ne レーザー ($\lambda = 632$ nm) により Faraday 回転角 θ_F を測定し、またその膜厚依存性を $M_S \cdot t$ で評価を行った。

結果 Fig.1 に 300 K での M_S の測定結果を示す。試料群 A, B ともに磁性層膜厚が 10~20 nm の間で磁化補償状態をとるような同様の傾向が見られた。また厚膜側では試料群 A, B ともに同程度の M_S となった。次に M_{TM} に由来する磁気光学応答を計測可能な本波長で、 θ_F の測定結果を Fig. 2 に示す。 θ_F の符号関係より膜厚の減少につれ、試料群 A では磁性層膜厚 15~20 nm の間で、試料群 B では 10~15 nm の間において、磁場に対して優勢となる副格子磁気モーメントが RE から TM へ変化したことを確認した。以上を踏まえて導出した $M_S \cdot t$ の膜厚依存性を Fig. 3 に示す。ここで $M_S \cdot t$ の符号は全膜厚で副格子磁化ベクトルの向きを同一とし RE 優勢の場合に正となるよう対応させている。 $M_S \cdot t$ は先行研究¹⁾に基づき内部磁化 M_v emu/cc と界面近傍磁化 M_{sf} emu/cm² を仮定して次のように表現した。

$$M_S \cdot t = M_v t + 2M_{sf} \quad (1)$$

式 (1) を用いて検討を行うと、約 10% の Co 置換において M_v は同程度であるのに対し、 $2M_{sf}$ は約 21% 増加した。以上よりバルク磁化値から想定されるよりも大きな界面近傍磁化量への影響が存在する事と、これにより、Fig.1 に示すように正味の磁化値が薄膜領域での大きな組成依存性の主要因となることが明らかとなった。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費(21K04184)の助成を受けたものである。

参考文献

1) Y. Futakawa et al. : *IEE Jpn, Technical Meeting on "Magnetics"*. MAG-17-150 (2017).

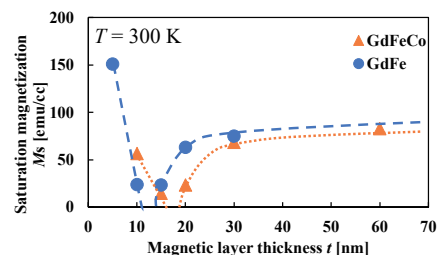


Fig.1 Dependence of M_S on Magnetic layer thickness for Sample A and B

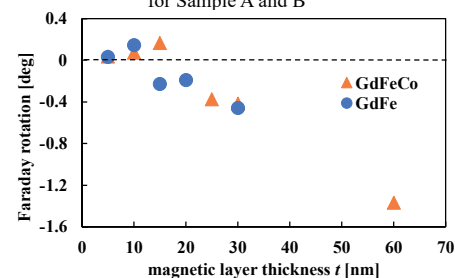


Fig.2 Dependence of Faraday rotation on magnetic layer thickness for Sample A and B

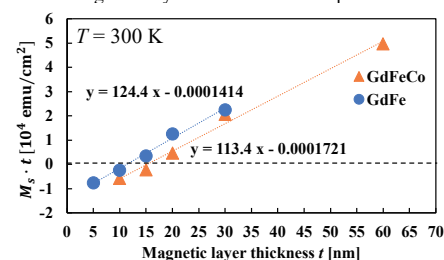


Fig.3 Dependence of $M_S \cdot t$ on magnetic layer thickness for Sample A and B

異なる温度での GdFe 薄膜の異常ホール抵抗・縦抵抗の膜厚依存性

宋 嘉浩¹, 北澤 楓太¹, 小林祐希¹, 笠谷 雄一², 吉川 大貴², 塚本 新²
 (¹ 日本大学大学院理工学研究科, ² 日本大学理工学部)

Film thickness dependence of anomalous Hall resistance and longitudinal resistance
 of GdFe thin films at different temperatures

Yoshihiro Sou¹, Fuuta Kitazawa¹, Yuki Kobayashi¹, Yuichi Kasatani², Hiroki Yoshikawa², Arata Tsukamoto²
 (¹ Graduate School of Science and Technology, Nihon Univ.,
² College of Science and Technology, Nihon Univ)

はじめに GdFeに代表される希土類遷移金属 (RE-TM) アモルファス合金フェリ磁性体はスピントロニクスへの発展に向け多くの基礎検討が行われている。特に異常ホール効果 (AHE) は微細高速磁化応答検出機構への応用や電気伝導・磁気構造の特性検討の手段に活用されている。RE-TM アモルファス合金薄膜では異なる温度依存性を持つ副格子磁化にも起因し、その磁気異方性の議論や磁化の高速応答に特異な磁気秩序につき議論^{1,2)}が続いており、更なるそのミクロスコピックな電気伝導特性は不明な点も多い。本研究では、同質の合金を有しながら磁気特性が膜厚により変わる RE-TM 薄膜(GdFe)の ρ_{xx} , ρ_{xy} につき実験的に検討を行った。**実験方法** マグネトロンスパッタリング法により作製した SiN (5 nm) / Gd₂₅Fe₇₅ (t nm) / SiN (60 nm) / Si sub. ($t = 5, 10, 15, 20, 30$) に対し、膜面垂直 z 方向に 5 kOe の外部磁場を掃引し、膜面内 x 方向に 1 mA の直流電流を印加したときの、 x 方向の電圧 (縦電圧) および y 方向の電圧 (ホール電圧) を四端子計測により測定した。測定した電圧から各温度・各膜厚での縦抵抗率 ρ_{xx} およびホール抵抗率 ρ_{xy} を算出、評価した。本試料群は磁気光学ファラデー効果および磁化測定から $t = 10 \sim 15$ nm の間において、優勢な副格子磁化が変わることを確認した。

実験結果 Fig. 1 に各温度での縦抵抗率 ρ_{xx} の膜厚依存性を示す。膜厚減少に対し ρ_{xx} は単調に増加した。また、すべての膜厚で同程度の温度依存性を示した。次に Fig. 2 に各膜厚に対する異常ホール抵抗率 ρ_{xy} を示す。すべての試料温度において ρ_{xy} は連続的に変化する傾向を確認した。特に 100 K では ρ_{xx} の膜厚依存性と同様に膜厚の減少につれ ρ_{xy} が増加し、特に $t = 15$ nm 以下でその増加量が大きくなる。一方、 ρ_{xx} の温度依存性に比べ、 ρ_{xy} は膜厚減少につれ大きな温度依存性を示すことが明らかとなった。また、300 K ではいずれの膜厚でも ρ_{xy} は同等の値を示す。

ρ_{xx} の膜厚依存性より界面付近に内部領域より高抵抗な領域の存在が示唆され、膜厚方向に不均一な構造が存在すると考えられる。また、RE-TM 合金薄膜の検討において界面近傍領域に磁気特性の異なる領域が存在することを報告している¹⁾。 ρ_{xy} においても膜厚の減少につれ温度依存性が増加することから、界面近傍での異常ホール効果への寄与が内部領域と異なることを示すものと考えられ、アモルファスフェリ磁性体特有の界面近傍の磁気秩序に起因するものとして示唆される。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費(21K04184)の支援を受けたものである。

参考文献

- 1) Y. Futakawa et al., *IEE Japan., Technical Meeting on "Magnetics"*. MAG-17-150 (2017).
- 2) T. Iisaka et al., 第 42 回 日本磁気学会学術講演概要集. 12pB-6 (2019)

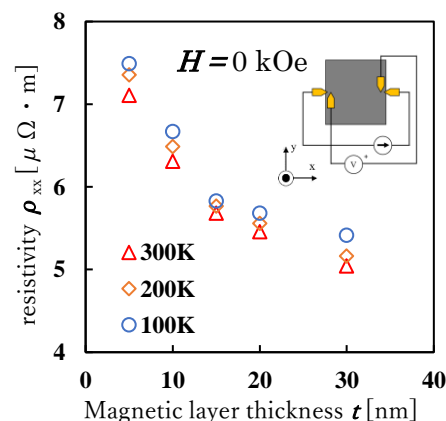


Fig.1 Film thickness dependence of resistivity ρ_{xx}

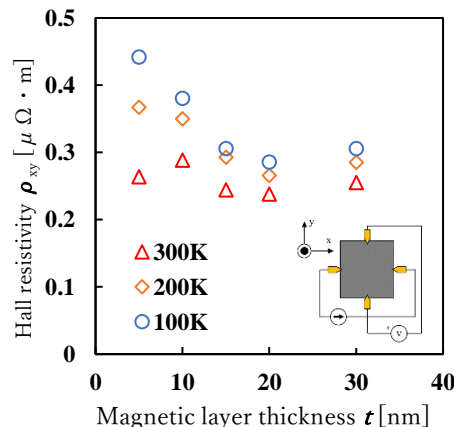


Fig.2 Film thickness dependence of Hall resistivity ρ_{xy}

CoPc/ γ' -Fe₄N 有機-無機ハイブリッド界面における構造の粗さと 磁気結合の相関

小野広喜¹, 梅田佳孝¹, 吉田海仁¹, 筒井健三郎¹, 山本航平², 石山修², 横山利彦²,
水口将輝¹, 宮町俊生¹
(¹名大, ²分子研)

Correlation between roughness and magnetic coupling at CoPc/ γ' -Fe₄N
organic-inorganic hybrid interface

H. Ono¹, Y. Umeda¹, K. Yoshida¹, K. Tsutsui¹, K. Yamamoto², O. Ishiyama², T. Yokoyama²,
M. Mizuguchi¹, T. Miyamachi¹
(¹Nagoya Univ., ²IMS)

はじめに

有機分子材料はスピン軌道相互作用が小さくスピン散逸が小さいことからスピントロニクスデバイスへの応用が期待されている。効率的に有機分子のスピンを制御するために磁性金属との相互作用を利用することが考えられ、今までに様々な研究がなされてきた。有機分子と磁性金属の界面スピン状態は磁気結合のみならず、界面の局所的な構造にも影響を受ける。よって、ミクロな構造と磁気結合の相関を理解することが重要だが、その詳細はほぼ明らかになっていない。本研究では大表面かつ原子スケールで均一に薄膜を作製できる γ' -Fe₄N の組成を持つ窒化鉄と二次元平面構造であるコバルトフタロシアニン(CoPc)を用いて有機-無機ハイブリッド界面のミクロな構造と電子・磁気状態の相関を解明することを目的とした。

実験方法

Cu(001)表面に N⁺イオンボンバードメント処理を行った後、鉄を室温蒸着して約 350°C で加熱をすることにより窒化鉄 2 原子層を作製した。その後、窒化鉄表面に CoPc 分子 1~3 分子層を室温で積層することにより CoPc/ γ' -Fe₄N ハイブリッド薄膜を作製し、表面構造の CoPc 膜厚依存性を LEED 観察により調べた。UVSOR BL4B にて面直配置(NI)、面内配置(GI)において Fe、Co の L 吸収端の XAS/XMCD 測定及び N の K 吸収端の XAS 測定を行うことにより界面の電子・磁気状態を調べ、CoPc/窒化鉄 2 原子層の界面磁気結合状態の CoPc 分子蒸着量及び磁化方向依存性を評価した。

実験結果

Co の L 吸収端の XAS/XMCD の結果から CoPc 分子を約 1 分子層蒸着したときに Co MCD のシグナルが見られ、窒化鉄 2 原子層との界面磁気結合を介して CoPc が磁化していることが確認された。しかしながら、CoPc をさらに積層していくと NI と GI で傾向が異なり、NI では Co MCD シグナルが減少する一方、GI では Co MCD シグナルは維持されており、2、3 分子層目の CoPc 分子の磁気結合強度は面直と面内方向で異なることが分かった。LEED 観察から 1、2、3 分子層の全ての層で CoPc が規則的な配列をしていないことを確認した。これらの結果から CoPc 分子層の構造の乱れに対する磁気結合強度には角度依存があることが示唆される。さらに、CoPc 中の Co の磁化曲線や N の K 吸収端 XAS の結果から分子の配列が乱れた構造と界面磁気結合の相関について議論をする。

参考文献

[1] Y. Takahashi *et al.* Phys. Rev. B **95**, 224417 (2017).

C₇₀分子を用いた有機-無機ハイブリッド薄膜の界面磁気状態

¹吉田海仁, ¹小野広喜, ¹梅田佳孝, ¹筒井健三郎, ³山本航平, ³石山修,
¹松尾豊, ³横山利彦, ^{1,2}水口将輝, ^{1,2}宮町俊生
 (¹名大院工, ²名大未来研, ³分子研)

Interfacial magnetic coupling in C₇₀-based organic-inorganic hybrid thin films

¹K. Yoshida, ¹H. Ono, ¹Y. Umeda, ¹K. Tsutsui, ³K. Yamamoto, ³O. Ishiyama, ¹Y. Matsuo,
³T. Yokoyama, ^{1,2}M. Mizuguchi, ^{1,2}T. Miyamachi
 (¹Sch. Eng. Nagoya Univ., ²IMaSS. Nagoya Univ., ³IMS)

はじめに

有機分子材料はスピン軌道相互作用が小さくスピン散逸が起こりづらいことからスピントロニクスデバイスへの応用が期待されている。特に、磁性金属基板と有機分子から構成される有機-無機ハイブリッド界面においてそのスピンを制御することは新規磁気状態の創出につながるため、近年盛んに研究が行なわれている。本研究では有機分子材料として高い電気伝導性を示すナノ炭素材料 C₇₀ 分子に着目し、強磁性 Co ナノ島と形成する C₇₀/Co ハイブリッド界面に新規磁気状態を発現させ、その起源を明らかにすることを目的とする。C₇₀ 分子は長軸と短軸を持つ異方的な分子構造をとり、化学結合の変化に伴い磁気結合状態が変化することが期待される。

実験方法

まず、Cu(111)単結晶上に Co を蒸着して Co ナノ島を成長させた。その後、C₇₀ 分子を 1~3 分子層 Co ナノ島に蒸着して C₇₀/Co ハイブリッド界面を作製し、その構造と電子・磁気状態を低速電子線回折(LEED)および X 線吸収分光法/X 線磁気円二色性(XAS/XMCD)により調べた。XAS/XMCD 測定は分子科学研究所 UVSOR BL4B にて超高真空・強磁場下にて行った。

実験結果

LEED 観察による表面構造観察の結果、Co ナノ島は Cu(111)上にエピタキシャル成長し、C₇₀ 分子蒸着前後で格子定数に変化は見られなかった。次に XAS/XMCD 測定を行い、C₇₀ 分子蒸着前後の Co ナノ島の磁気モーメントを外部磁場±5 T における XAS/XMCD スペクトルから算出し、磁化曲線を Co XAS の L₃ 端ピーク強度の印加磁場依存性をプロットすることにより得た。結果、C₇₀ 分子蒸着前の Co ナノ島は先行研究同様、面内容易磁化であることがわかった^[1]。さらに、Co ナノ島の磁化曲線の C₇₀ 膜厚依存性を調べた結果、C₇₀ 分子の蒸着量の増大に伴う面直磁気異方性の増大が観測された。LEED 観察の結果と併せ、Co ナノ島に現れた磁気状態の変化は C₇₀/Co ハイブリッド界面における磁気結合に主に起因していると考えられる。

[1] M. Zheng et al, J. Phys.: Condens. Matter, 12, 783 (2000).