

2022年度 固体電子物性研究室（旧強相関電子磁性 II）

1. メンバー

准教授：松山 秀生 011-706-4416 matsu@phys.sci.hokudai.ac.jp

MC2：江田 拓己

MC1：笠井 涼太、山田 英毅

4年生：岡崎 淳哉

2. 研究成果

2. 1 SrTiO₃(100)上のPd超薄膜・微粒子の磁性の研究

Pdは常磁性の貴金属であるが、近年SrTiO₃(001) (STO)上の単結晶Pd薄膜の特定の膜厚(3.3、4.3、5.3 nm)において室温で強磁性が発現することを慶應大のグループにより報告された。量子井戸状態を取り入れた理論はこの現象をよく説明するが、磁気転移温度、磁気異方性など実験的にも理論的にも未だ不明な点が多く、実験データの蓄積が期待されている。一方、上記理論では強磁性が発現する膜厚から1原子層ずれるだけで非磁性になることが予想されている。しかし、これまでの実験では膜厚の揺らぎがあるため原子1層の精度の議論はできなかった。またナノメータでのスピン分布の顕微鏡観察も行われてこなかった。そこで原子レベルで平坦な幅数100 nm程度のテラスをもつ理想的なPd薄膜を作製し、その磁性をスピン偏極STMを用いて評価し、Pd(001)薄膜の磁性とナノ構造の関係を明らかにする研究を2020年4月より科研費の補助を得て開始した。

STO(100)上に理想的なPd(100)超薄膜を形成する必要があるが、Pd(100)の表面エネルギーはSTO(100)のそれと比べて高いため、Pdは島状成長する。このため3ステップ成膜法という特殊な成膜方法が用い、これまでWagner等のグループが50 nm程度のPd厚膜を、慶應大グループがPd薄膜(3 nm~)を作製している。彼らの作製条件を参考に成膜温度・速度、ポストアニール温度を様々に変化させ、10⁻¹⁰ mbar台の超高真空度を維持して作製しているが、まだ単結晶薄膜は得られていない。ただし、50 nmの厚膜では、原子レベルで平坦な数100 nmのPd微粒子を作製することには成功した。一方、Pd(100)単結晶微粒子もPd超薄膜と同様に強磁性を示すことが報告されており、直接スピン分布を観察されていないことも同様であり、Pd(100)微粒子単結晶のスピン像観察も我々の目的である。フッ化処理したSTO(001)を超高真空中で脱ガス処理した後、Ar⁺スパッター、約1000°C、1時間の熱処理をすることで(あるいはAr⁺スパッターと熱処理を繰り返すことで)、原子レベルで平坦なTiO₂表面上の原子はパッチワーク状に再構成面が形成された。このSTO(100)上にPdを320°Cで蒸着し、熱処理(650°C、1時間)で四角錐台形状のPd微粒子を得た。また、室温蒸着で六角錐台形状のPd微粒子を得た。それらはPd(100)、Pd(111)の熱平衡状態での形状と近いものであり、単結晶微粒子と判断している。また、Pd微粒子の形状とSTO(100)表面の超構造の相関を調べ、これらの結果を笠井が日本物理学会秋季大会で発表した。

2. 2 スピン偏極STM用2D磁性探針による磁性体試料面上磁化方向の定量検出

スピン偏極走査トンネル顕微鏡 (SP-STM) 用 2D 磁性探針を開発し、昨年度より反強磁性 Cr(100)、および Fe(100)単結晶試料を用いて評価実験を行っている。Fe(100)ではその表面の磁化方向を定量的に検出することを試みた。Fe(001)試料の保磁力は 100 Oe 以上であり、20 Oe の磁場では磁化方向はほとんど変化しない。20 Oe の磁場を印加して探針先端の磁化を磁場方向に向け、スピンの依存した検出信号 (dI/dV 信号、試料磁化の探針磁化方向への射影成分に比例) を記録した。磁場方向を 8 方向順次変化して検出信号を記録し、得られた検出信号が正弦波的に変化することを確認した。その振る舞いから Fe(001) 表面磁化の方向を $\theta = 135^\circ$ と決定した。これらの結果を山田が日本物理学会秋季大会で発表した。

3. 成果発表

<原著論文>

<著書>

該当なし

<解説>

該当なし

4-1. 学術講演 (国際学会・国際シンポジウム) (*講演者)

<招待講演>

該当なし

<一般講演> 《ポスター発表》

該当なし

<一般講演> 《ポスター発表》

該当なし

4-2. 学術講演 (国内学会・国内その他) (*講演者)

《ポスター発表》

・笠井椋太*、Park Gwangseo、佐藤美銀、江田拓己、山田英毅、松山秀生、“SrTiO₃(100)表面上にエピタキシャル成長させた Pd 微粒子の STM 観察”、日本物理学会 2022 年秋季大会 講演番号：12pPSB-11

・山田英毅*、佐藤美銀、江田拓己、笠井椋太、岡崎淳哉、松山秀生、“スピン偏極 STM 用 2D 磁性探針による磁性体表面上磁化方向の定量検出”、日本物理学会 2022 年秋季大会 講演番号：21pPSJ-36

5. 国際学会および国際シンポジウムの組織・運営等

<組織・運営委員>

該当なし

6. 在外研究

該当なし

7. 科研費、助成金等の取得状況

・科研費 基盤研究C 「4d 遷移金属超薄膜のスピン分布観察による磁性評価と強磁性発現機構の解明」 代表 650 千円 (2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日)

8. その他