

# 表面・界面化学反応、磁性薄膜研究の ERL における将来展望

阿部 仁<sup>1,2</sup>, 近藤 寛<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 (放射光), <sup>2</sup> 慶應義塾大学

## ERL-based Future Progress of Time-resolved Studies of Chemical Reaction at Surface/Interface and Magnetic Thin Films

Hitoshi Abe<sup>1,2</sup>, Hiroshi Kondoh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PF, IMSS, KEK, <sup>2</sup>Keio University

### <Synopsis>

Chemical reactions have been vigorously studied by time-resolved experiments with synchrotron-based surface spectroscopies to reveal the kinetics and dynamics. We've developed a dispersive NEXAFS method and an ambient-pressure XPS (AP-XPS) system to study surface reactions at real time and near practical environments. Also, we've studied magnetic thin films by XMCD technique to observe magnetic structures and spin reorientation transitions (SRT). The fast processes of chemical reactions and SRT will be able to be observed by time-resolved techniques with ERL-based synchrotron light source. Magnetization reversal process might be observed for not only simple magnetic thin films but also those in some spintronics devices at atomic scale at the maximum.

我々はこれまで、表面・薄膜磁性、表面・界面化学反応について XMCD, XAFS, XPS 等を用いて研究を行ってきた。今回は、これまでの研究に基づいて ERL で考えられる展開について述べると共に、関連分野で考えられる展開についても触れてみたい。

軟 X 線領域で、雰囲気制御(Ambient-Pressure)の XPS や XAFS 測定装置を開発してきたが、これと ERL のパルス性を組み合わせれば、様々な表面反応等の高速追跡が可能になると考えられる[1]。表面磁性では、磁性変化の高速実時間追跡を行う系の候補として、Fe(4 ML)/Cu(001)への CO 吸着が挙げられる。Fe(4 ML)/Cu(001)は、CO 吸着前は一様な面直磁化を示すが、CO 吸着後は Fe の表面側 2 ML の磁化が消失し、下の Cu 基板との界面側 2 ML は面内磁化へとスピンの再配列転移(SRT)を起こす[2]。このように、CO 吸着前後の磁気構造は観察できたが、SRT の過程は全く見えていない。例えば、CO 吸着量に比例して転移して行くのか、それとも一定量の CO が吸着した時点で一気に転移するのか、等については全くわかっていない。

この SRT 過程を観察する方法として、レーザーと ERL を同期させた実験が考えられる。チ

エンバー内に CO を導入し、CO 吸着状態にしておく。ここにレーザーを照射し、光刺激脱離 (Photo-Stimulated Desorption, PSD) による CO 脱離を起こさせ、CO の再吸着過程による SRT の高速実時間追跡を試みたい。CO の圧力が 10 Torr 程度であれば、再吸着にかかる時間はおよそ 0.1-1  $\mu\text{s}$  であり、レーザーの繰り返し周期で元の吸着状態に戻る。この過程を 1300 MHz ( $\sim 0.8$  ns 毎) で観察することになる。

分子吸着による磁性変化の観察の話をしたが、より一般に、磁性薄膜の磁化反転過程の時間分解測定ができる実験環境の整備を考えたい。磁化反転過程の時間スケールは ns 程度であり、パルス幅 1 ps 程度の ERL 光でそのダイナミクスを観察するのに適した現象である。手法としては、透過型軟 X 線顕微鏡や磁気小角散乱などが考えられる。

透過型軟 X 線顕微鏡では、P. Fischer らが最速 100 ps 程度の時間分解能で磁区の動きを報告している[3]。この手法では磁化反転過程等の実空間追跡ができ、ERL 光を使えば磁区の生成、成長等がより高速に捉えられる。磁気小角散乱では、J. B. Kortright らが磁化反転過程の各磁場下での磁区の大きさを捉えている[4]。磁気小角散乱の時間分解測定からは、磁化反転過程の磁区生成、磁区成長等の情報が原子スケールで得られると考えられる。これらの手法により、磁性薄膜の磁化反転過程のダイナミクスの理解が進められる。スピントロニクス等の応用研究でも、MRAM や Racetrack memory[5]に用いられるような磁性薄膜の磁気構造の時間変化を観察できると期待される。

最後に1つ“変な”話を提案したい。軟 X 線と硬 X 線が同時に利用できる BL は如何だろうか。ERL ではパラメータを選べば、エネルギー幅の広い白色 X 線が出せるように見える。この白色 X 線をうまく2つに分け、狙いの軟 X 線と硬 X 線を実験ステーションに導けないだろうか。実現すれば、Pt 金属上での CO 酸化反応など金属表面での化学反応に対し、金属の *L* 吸収端、反応種の *K* 吸収端の両方で XAFS、あるいは対応する準位の XPS が測定できる。反応種を分光法で直接観察できる環境で、金属の *L* 吸収端 XAFS 等でその構造、電子状態を直接観察できる利点がある。さらに、軟 X 線ポンプ-硬 X 線プローブの実験も考えられ、有機金属錯体の配位子を励起させた際の中心金属まわりの構造変化の追跡などが候補である。

河田先生からのお言葉に甘え、思いつきを書かせて頂いた。考察が不十分とお叱りを受けそうだが、1つの出発点として議論の活性化に貢献できれば幸いである。

[1] 近藤寛, KEK Proceedings 2009-4 “ERL サイエンスワークショップ”.

[2] H. Abe, *et al.*, PRB **77**, 054409 (2008).

[3] P. Fischer, *et al.*, Surf. Sci. **601**, 4680 (2007).

[4] J. B. Kortright, *et al.*, PRB **64**, 092401 (2001).

[5] S. S. P. Parkin, *et al.*, Science **320**, 190 (2008).