

# 光電子顕微鏡による微小領域磁性の研究

木下豊彦、奥田太一（東京大学物性研究所）

物質を観察するときにはできるだけ微細な構造を見たいというのは当然の要求であり、これまでに光学顕微鏡を始め、いろいろな観察方法で顕微鏡的な手法が可能になってきている。光電子分光の分野でも古くからいろいろな試みがなされ、特に最近では、ALS や ELETTRA といった第3世代の放射光源施設において先進的な装置が稼働を始めている<sup>1)</sup>。われわれは、PF においてもこうした研究を行うために、いろいろな試みを行っている。

図1に、我々がPFで使用している光電子顕微鏡装置 (Photoelectron Emission Microscope; PEEM) の概略を示す。我々は、KEK-PF の幾つかのビームライン(BL2C, BL11A, BL13C, BL28A)で、放射光の偏光特性を利用し、Magnetic Circular Dichroism (MCD) または、Magnetic

Linear Dichroism (MLD) などの磁気2色性が、元素の吸収端付近で顕著になる現象を利用し、強磁性体や反強磁性体物質の磁区ドメイン観察を行っている。PEEM 本体はドイツの Staib 社製のものであり、水銀ランプで光電子を励起した際には空間分解能 60nm が実現している。放射光ビームラインに接続した場合、分解能は主に振動やドリフトなどの影響で 100–200nm 程度にまで悪化する。今後、顕微鏡実験に最適化されたビームラインが必要となろう。

図1： PFで使用している光電子顕微鏡装置の概略

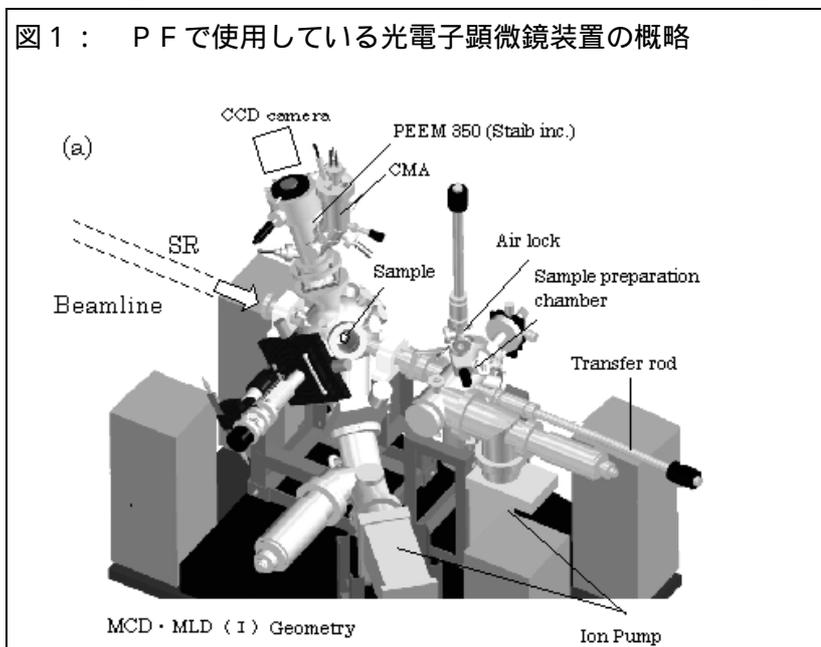


図2に、研究の一例として、MCD-PEEM によって観察した Ni 磁性リング (厚さ 40nm) の磁区ドメイン構造を示す。直径及び内径を変化させたときの磁区構造を観察し、その振る舞いをシミュレーションでも考察した。図に示したのは直径10ミクロンのリングの内径を変化させたときの様子である。直径に対し、内径が大きな場合には、磁区構造が閉じる、いわゆる“Flux-closure domain”や、磁気モーメントが一方向を向く“onion”構造になっているのに対し、内径が小さな場合には多磁区構造をとる。こうした、リングやドットの磁区ドメインに関する研究は、高密度記録媒体の開発に関する基礎的な研究に役立つものと考えられている。

講演では、この他のドット形状や反強磁性体の結果についても報告する。こうした観察の特徴は、MFM やスピン SEM などと比べ、Element specific な観察が行えることと、Real time 観察が行える可能性があることである。

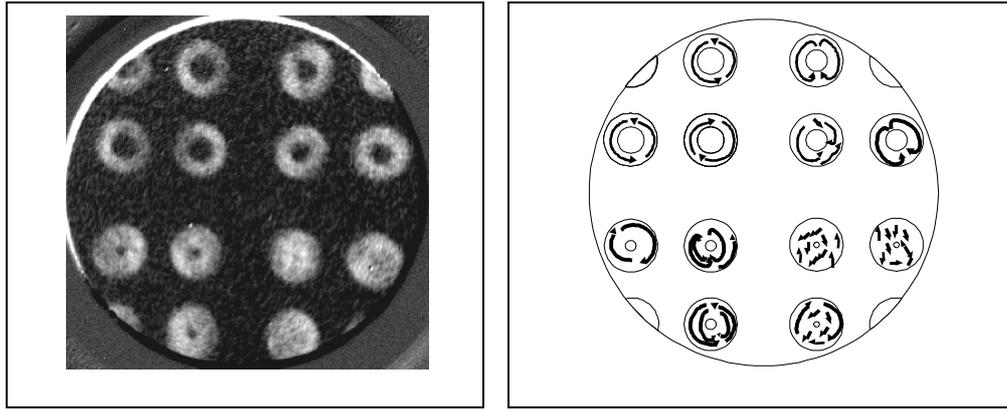


図 2 : XMCD-PEEM で観察した微小 Ni ring-dots の磁区構造及びその模式図。リングの直径 (外形) と内径はそれぞれ、 $d_o/d_i$  (in  $\mu\text{m}$ ) = 10/5, 10/4, 10/2, 10/1. であり、矢印が磁気モーメントの方向である。

以上のように、現状では約 200 nm 以下の空間分解能で強磁性体や反強磁性体の磁区ドメイン観察、微小領域の MCD、MLD 測定が行えるようになってきた。しかし、世界の高輝度光源施設の光電子顕微鏡装置に比べると、その性能ではかなわない。一刻も早い高輝度光源の実現が待たれる。

一方、我々は、より空間分解能を上げた顕微鏡観察を行う目的で、放射光励起 STM の開発も行っている。元素選択的な分光を、原子スケールで行うことが最終目標ではあるが、そこにいたるにはいくつかの大きなハードルを越える必要がある。そのための最初の予備的な実験を BL19A で開始した。シリコン表面を L 吸収端付近の放射光で励起し、表面付近に放出された 2 次電子を STM 探針で検出した。原子分解能にはほど遠いものの、光電子顕微鏡とは違う手法での、微小領域分光の可能性を示すものであると考えている。

光電子顕微鏡の研究は物性研究所の奥田太一、脇田高德 (現 JASRI)、原沢あゆみ、松島毅、馬暁東、東京大学 (工) の尾嶋正治、小野寛太 (現 PF)、木原隆幸 (現島津製作所)、木綿秀行 (現松下電器)、千葉大 (工) の上野信雄、遠山尚秀、NTT の横尾篤、カールスルーエ研究所の F. U. Hillebrecht 各氏との共同研究である。また、放射光励起 STM の開発については、上記物性研メンバーの他、長谷川幸雄氏をはじめとする物性研長谷川研究室のメンバーと共同で行っている。

## 参考文献

- 1) J. Electron Spectrosc. Rel. Phenom. 84(1996)