

J-PARC 偏極中性子反射率計による 磁性薄膜・多層膜の磁気構造解析の展開

武田全康^{1,2,*}, 山崎大¹, 林田洋寿^{1*}, 丸山龍治¹, 曾山和彦¹, 及川健一¹, 篠原武尚¹,
坂佐井馨¹, 中村龍也¹, 藤健太郎¹, 山岸秀志¹, 片桐政樹¹, 中谷健¹, 稲村泰弘¹,
伊藤崇芳³, 大原高志³, 田村格^{1,4}, 金子耕士^{1,2}, 山崎竜也², 朝岡秀人², 平野辰巳⁵,
鈴木淳市³, 高田慎一¹, 鈴谷健太郎¹, 相澤一也¹, 神山崇¹, 新井正敏¹

¹J-PARC センター

²日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門

³総合科学研究機構

⁴日本原子力研究開発機構 研究炉加速器管理部

⁵日立製作所 日立研究所

*takeda.masayasu@jaea.go.jp

1. はじめに

茨城県東海村にある、大強度陽子加速器施設 J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) は、世界最高クラスの大強度陽子加速器と、その大強度陽子を使う 3 つの研究施設 (原子核素粒子実験施設, 物質・生命科学実験施設, 核変換実験施設) からなる複合大型研究施設である。その研究施設の一つである物質・生命科学実験施設 (MLF) には、最高出力 1MW という世界有数の大強度パルス中性子源が備えられており、中性子実験装置の整備が進められている[1]。現在、我々は、今年度末の完成を目指し、MLF のビームライン 17 (BL17) に偏極中性子反射率計の建設を行っている。

2. 中性子反射率計とは

一般に固体、液体、気体に限らず、異なる物質が接する界面は、様々な機能発現の場であり、その機能と界面構造が密接に結びついている。磁性多層膜に特異な現象として知られる巨大磁気抵抗効果や交換磁気異方性も、強磁性体と非磁性体、あるいは強磁性体と反強磁性体の接合界面で起こる現象であることはよく知られている。

X線や中性子をプローブとする反射率法は、表面は言うまでもなく、多層膜構造の内部に埋もれた界面のナノ構造をも非破壊的に知ることのできる唯一の実験手法である。特に、中性子は、X線に比較して物質に対する透過力が非常に大きく、物質中に深く埋もれた界面にも容易に達する。また、X線が苦手とする軽元素に対する感度も大きく、さらに、周期律表で隣り合う元素の識別能力を持つため、中性子反射率計は、金属、高分子、生物と測定対象を問わない理想的な表面・界面ナノ構造の研究手段である。そのため、国内での中性子反射率計を利用した研究は、ひっそりと行われているのが実情はであるが、国外では、表面・界面の研究に、中性子反射率計の利用が急速に拡大している。

3. 中性子反射率計(BL17)の特徴

多層膜構造を持つ物質の表面すれすれに中性子を入射させると、中性子は、光学的な性質を示し、表面や物質内部の各界面で、スネルの法則に従って、反射と屈折を繰り返す。中性子反射率計は、各界面から反射してきた中性子が重ね合わされた中性子反射強度の運動量遷移量(q)依存性を正確に測定することで、物質の深さ方向のナノスケールの構造を非破壊的に調べることができる装置である。

BL17に設置される中性子反射率計は、試料を鉛直に保持する、いわゆる試料垂直型の反射率計である。この反射率計の最大の特徴は、入射中性子のスピンを特定の方向に揃えた偏極中性子の利用が可能なことであり、偏極中性子を利用することで、測定対象の磁気モーメントの分布に関する感度を飛躍的に高めることができる[2]。また、図1に示すように温度、磁場に関する試料環境も充実している。そのため、各種磁気デバイスや新奇磁性材料の創成の基礎となる、磁性多層膜の磁気構造解析に大きな威力を発揮すると期待される。

4. おわりに

本反射率計は、平成22年度末完成予定であり、その後、装置調整期間を経て、平成23年度の下期から一般利用に開放されることになっている。この偏極中性子反射率計を磁性薄膜・多層膜を極める研究手段として有効活用していただきたい。東海村でお会いしましょう。

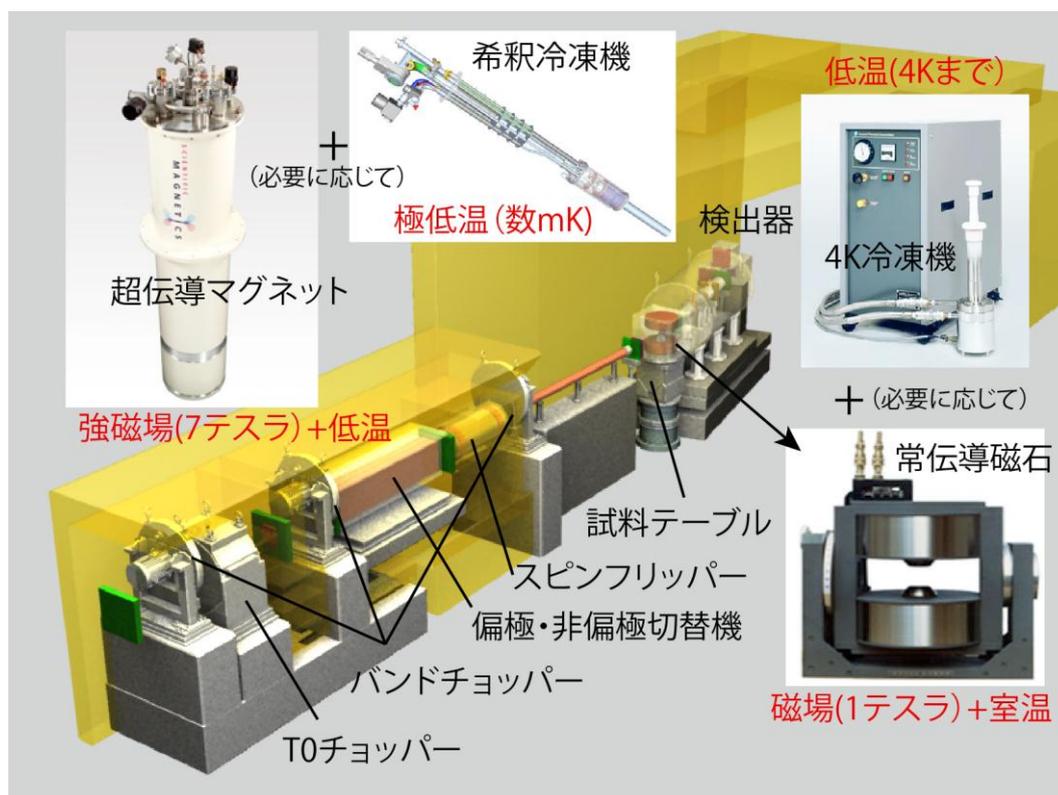


図1 偏極中性子反射率計のイメージと試料環境。

[1] http://j-parc.jp/MatLife/ja/instrumentation/ns_spec.html

[2] W. G. Williams, "Polarized Neutrons", Oxford University Press (1988).