

# GISANS 法の中性子多層膜ミラーの面内構造解析への応用に関する検討

丸山龍治、山崎大、林田洋寿、曾山和彦  
原子力機構 J-PARC センター

原子力機構では J-PARC/MLF において中性子ビームの輸送、集光及び偏極等の中性子ビーム利用の高度化の為、高性能中性子スーパーミラーに関する研究開発を進めている。中性子スーパーミラーとは、異なる 2 種類の物質を基板上に層厚を少しずつ変化させながら積層させた多層膜であり、反射の際の色収差がないので J-PARC/MLF のようなパルス中性子源に適した光学素子である。中性子スーパーミラーの性能は臨界角の大きさとそこでの反射率で評価される。集光素子として利用する場合にはスーパーミラーからの散漫散乱が小さいことも重要である。また、偏極スーパーミラーにおいては偏極率が高いことや偏極性能を得る為に必要な外部磁場が小さいことも重要な性能である。

Ni/Ti 多層膜で構成される非偏極スーパーミラーでは、Ni 層に C を混入させて成膜することにより散漫散乱が小さく抑えられることが知られている。このメカニズムに関する研究を進めた結果、C 混入により Ni の結晶成長が抑えられ、多層膜界面の面内相関長が減少し面間相関長が増加した為であることがわかった[1]。この結果から、薄膜における結晶粒のサイズや多層膜界面の面内及び面間の相関といった面内構造に関する研究の重要性が示唆される。Fe/Si や Fe/Ge 多層膜で構成される偏極スーパーミラーでは、成膜時の膜応力を減少させることによりスーパーミラーの偏極性能を得る為に必要な外部磁場が小さく抑えられることが示され[2]、更なる高性能化には磁性膜が磁化する過程における薄膜面内の磁気構造解析が必要である。

GISANS 法は、これらの研究を進める上で薄膜内部における結晶粒のサイズ及び分布、磁気膜が磁化する際の面内方向の磁気構造解析等において優れた測定方法となる可能性がある。本研究ではその端緒として上記の Ni や Fe 単層膜に対していくつかの構造モデルを仮定し、GISANS 散乱断面積の計算による検討を行ったのでその方法や結果について報告する。今後は今回行った GISANS 散乱断面積の高精度化を進めるとともに GISANS 測定に必要な光学系に関する検討も進める予定である。

[1] R. Maruyama, D. Yamazaki, T. Ebisawa, and K. Soyama, *J. Appl. Phys.* **105**, 083527 (2009).

[2] R. Maruyama, D. Yamazaki, S. Okayasu, N. Zettsu, M. Nagano, K. Yamamura, H. Hayashida, and K. Soyama, *J. Appl. Phys.* submitted.