

コンパクト中性子源のためのビーム輸送光学

Beam transport optics for compact neutron sources

*日野正裕¹, 小田達郎¹, 吉永尚生¹, 川端祐司¹, 細畠拓也², 郭江², 山形豊²,
山田悟史³, 遠藤仁³, 武田晋⁴, 古坂道弘⁴, 森田晋也⁵

¹京大, ²理研, ³高エネ機構, ⁴北大, ⁵東京電機大

コンパクト中性子源に必要なビーム輸送光学を概観すると共に、従来の中性子輸送を変える可能性のある金属基板の集光スーパーミラーの開発状況を紹介する。

キーワード: コンパクト中性子源、集光ミラー、スーパーミラー、中性子光学、金属基板

近年、J-PARC や SNS 等の大規模中性子源の稼働に伴い、産業利用も念頭に加速器を用いたコンパクトな小型中性子源開発が盛んになっている。中性子利用は多岐にわたるが、熱・冷中性子ビームを用いた中性子散乱やイメージングのニーズが大きい。しかし当然のことながらコンパクト中性子源の中性子発生率は概して大規模中性子源の 1/1000 以下と極端に少なく、それに伴い得られる熱・冷中性子ビーム強度も少ない。しかし J-PARC のような大規模加速器中性子源と異なり、コンパクト中性子源は単目的利用が可能であり、利用に適した中性子源設計とビーム輸送が可能となる。特に大強度中性子源ではアクセスすることすら大変困難な、中性子源近傍の中性子輸送光学の開発研究が可能となる。また J-PARC のようなパルス中性子源では、バックグラウンドを下げて TOF を利用することにより、実効的に高い S/N で測定が可能となる。パルス中性子源では TOF を用いて広い波長幅を扱うため、中性子スーパーミラーは必須な光学デバイスとなっている。このため必要な中性子だけを高強度で輸送するために、中性子源と高い反射性能を持つ曲面スーパーミラー等の中性子輸送系の直結、果ては融合が期待される。しかしコンパクト中性子源とはいえ、ビーム利用可能な中性子強度を得るための中性子源近傍では、強力な放射線下にさらされる。

熱・冷中性子輸送手法の代表である中性子スーパーミラー導管では、平滑な平面のガラスやシリコンが基板として利用される。これらの素材を平滑に曲率の大きな回転体等に加工することは大変困難であり、耐放射線や脆性的にも問題がある。ここで金属を基板とすることで、耐放射線にも優れ、分割して組み合わせ、構造材、例えばミラー自体を真空チャンバーや遮蔽としても利用可能となる。また機械加工用の NC 加工機での製作が可能となり、劇的な製作期間短縮とコスト削減も期待できる。しかし高性能なスーパーミラーの実現には、層間の拡散だけでなく、基板の表面粗さも 0.3nm 程度以下に抑える必要があり、一般に金属の結晶粒界により、サブナノメートルの表面粗さの実現が困難であった。我々は隣リッチで無欠陥な無電解ニッケルメッキを用いることで表面粗さ 0.3nm 以下を実現し、J-PARC BL16(SOFIA)反射率計でも実用可能な 1 次元楕円スーパーミラーの開発に成功した[1]。

さらに今回、世界で初めて金属基板の回転楕円体中性子スーパーミラーの開発に成功し、京大-KEK 連携で開発中の J-PARC B06(VIN ROSE)のビームラインを用いて、ベヘン酸銀の中性子小角散乱の明瞭なピークの観測に成功した。当日は金属基板の集光スーパーミラー開発の現状を中心に、新たなビーム輸送光学デバイスの可能性について述べたい。

参考文献

[1] S.Takeda, *et al.*, Optics Express, 24(2016) 12478.

*Masahiro Hino¹, Tatsuro Oda¹, Hisao Yoshinaga¹, Yuji Kawabata¹, Takuya Hosobata², Jiang Guo², Yutaka Yamagata², Norifumi L. Yamada³, Hitoshi Endo³, Shin Takeda⁴, Michihiro Furusaka⁴, Shin-ya Morita⁵

¹Kyoto Univ., ²RIKEN, ³KEK, ⁴Hokkaido Univ., ⁵Tokyo Denki Univ.