コンパクト中性子源のためのビーム輸送光学Ⅴ

Beam transport optics for compact neutron sources Ⅳ

＊日野正裕 [1], 細畠拓也 [2], 小田達郎 [1], 吉永尚生 [1], 武田晋 [2], 河合利秀 [2], 竹田真宏 [2], 池部壮太朗 [2], 山澤建二 [2], 山形豊 [2], 遠藤仁 [3], 山田悟史 [3], 堀耕一郎 [3], 川端祐司 [1]

[1] 京大, [2] 理研, [3] 高エネ機構

コンパクトな小型中性子源に有用なビーム輸送光学デバイスであり、従来の中性子輸送を変える可能性のある金属基板中性子集光スーパーミラー等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、金属基板、多層膜中性子ミラーシート

学術のみならず産業利用を視野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。中性子利用多岐にわたっているが、中でも熱・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は近年 J-PARC MLF や SNS の稼働もありますます大きくなっている。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 MLF のような大強度加速器中性子源や JRR-3 や KUR 等の研究用原子炉と異なり、利用目的を絞り、それ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が大変困難な、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。特にパルス中性子源では、中性子の発生総量が少なくても TOF を用いて時間弁別することでバックグラウンドを下げ、高い S/N での測定が可能となる。中性子総量が少ないことは、遮蔽や放射性廃棄物等が大幅に軽減されることにもつながる。

必要な低速中性子だけを高効率で輸送するために、高い反射性能を持つ曲面スーパーミラーと中性子源の直結、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。しかし金属を基板とできれば、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、製作期間の劇的な短縮とコスト削減も期待できる。金属基板の表面粗さの問題も、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 0.2nm 程度以下を実現した。そして、分割式で本格的な中性子輸送系としても機能する長さ 900mm の回転楕円体スーパーミラーの開発を行った。ここで回転楕円体の形状は、長軸半径 1250m、短軸半径は 65.4mm である。この集光スーパーミラー開発は、スーパーミラーとしても限界に近い臨界角である 6Qc の NiC/Ti スーパーミラー成膜まで成功した。現在、完全全周回転楕円体スーパーミラーを実現するためにミラーの量産を行うと共に、製作工程の高度化を行っている。

当日はこれら金属基板を用いた回転楕円体ミラーの中性子集光実験結果及びさらなる中性子集光デバイスの発展形として多層膜中性子ミラーシート開発の試み等、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。

*Masahiro Hino[1], Takuya Hosobata[2], Tatsuro Oda[1], Hisao Yoshinaga[1], Shin Takeda[2], Toshihide Kawai[2], Masahiro Takeda[2], Sotaro Ikebe[2], Kenji Yamazawa[2],Yutaka Yamagata[2], Hitoshi Endo[3], Norifumi L. Yamada[3], Koichiro Hori[3], Yuji Kawabata[1]

[1]Kyoto Univ., [2]RIKEN, [3]KEK