

直接レプリカ多層膜スーパーミラー反射鏡の 製作と光学特性評価

名古屋大学大学院 理学研究科
素粒子宇宙物理学専攻 博士課程 (前期課程)
宇宙物理学 (Ux) 研究室

加藤 正磨

Abstract

我々は 10keV 以上の硬 X 線領域での天体撮像観測の要請から、硬 X 線を集光・結像させる技術を開発している。硬 X 線領域では全反射だけでは反射率を得られないため、反射膜に多層膜スーパーミラーを用いる。また光子統計を補うため、光学系には有効面積を重視する多重薄板型を採用する。また昨年 6 月には、本研究室と NASA GSFC の共同開発による硬 X 線気球観測実験 InFOC μ S により世界初の 20~40keV 領域の撮像観測に成功し、硬 X 線領域における撮像観測が可能となった。気球搭載用硬 X 線望遠鏡は、口径 40cm、焦点距離 8m の ASTRO-E タイプの望遠鏡で反射面に白金/炭素の多層膜スーパーミラーレプリカ反射鏡を使用している。

本研究ではこの方法を発展させた直接レプリカ多層膜スーパーミラー反射鏡の開発を行なっている。InFOC μ S では白金単層膜のレプリカ反射鏡に多層膜スーパーミラーを成膜していたのに対し、直接レプリカ法では多層膜スーパーミラーを直接離形・転写する。この方法により、反射率の向上、製作の効率化等の利点を得る。しかし一般的に白金単層膜に比べ多層膜は離形が困難で、白金単層膜レプリカに比べ、直接多層膜レプリカは結像性能が劣化する可能性が高い。

そこで本研究では多重薄板型、直接レプリカ法双方の弱点とも言える結像性能の向上を目指して反射鏡の開発を行なった。そしてレプリカ反射鏡の離形を困難にする要因を追求し、これを改善する生産システムを確立した。製作した反射鏡の性能評価は、3次元形状測定器 (NH-6) による表面形状の測定、可視光平行光源装置による可視光反射像、X 線光学特性評価装置による X 線反射像から結像性能を評価し、X 線光学特性評価装置では X 線反射率の評価も行なった。その結果、結像性能は最高性能 HPD0.86 分角、52 枚平均で HPD1.69 分角を達成し、昨年度までに達成した結像性能平均を 20%向上させた。X 線反射率を下げる要因となる界面粗さは平均 3.25Å を達成し、エネルギー 40keV、入射角 0.125 度の反射率は 74%である。

また離形による形状劣化以外に、レプリカ製作の各工程に生じる形状誤差が反射鏡の結像性能に与える寄与を明らかにした。その結果、熱成形基板の反りが 0.98 分角反射鏡の結像性能を劣化させることと、1.05 分角のガラス母型のうねり形状を転写していることが結像性能に与える影響が大きいことがわかった。