

# 広帯域硬X線望遠鏡用 多層膜スーパーミラーの開発

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  
鬼頭 秀郎

## Abstract

これまで 10keV 以上の硬X線の観測はコリメータ等によるものしか行なわれておらず、集光・結像系による感度のよい観測が待たれている。現在我々は NASA と共同で気球による 20~40keV の硬X線観測実験 InFOC $\mu$ S を推進しており、Pt/C 多層膜スーパーミラー (周期長 29~130Å、積層数 25~60) を用いた硬X線望遠鏡の開発を行なっている。多層膜スーパーミラーはブラッグ反射を利用した光学素子で、全反射鏡に比べ高エネルギー領域に感度を持たせることができる。また 2 年後にはエネルギー帯域をさらに拡大し 75keV までの広帯域での観測を目指している。

スーパーミラーのエネルギー帯域を高エネルギー側へ拡大するためには、ブラッグ条件により周期長の短い多層膜を積層しなければならない。またX線の侵入深さを考慮すると、周期長の短い多層膜を下層側へ積層する必要がある。ここで問題となるのは、上層部の多層膜によりX線が吸収され下層の多層膜の効率を悪くすること、また安定した成膜をするための最小周期長が約 24Å と限界があるためエネルギーの広帯域化が難しいという 2 つの点がある。この問題を解決するために本研究では以下のことを行なった。

1 つ目の問題の解決策として、スーパーミラーの設計方法の改善を行なった。従来の設計では積層数については最適化されておらず、これらの余分な層によるX線の吸収がエネルギー帯域の拡大を難しくしていた。ブラッグピークは積層数を増やすと反射率は上がるが、逆にピーク幅が減少していくという性質をもっており、これを利用して最小積層数で最大反射率を得ることを目指した。各多層膜の周期長を最初に決めた後で積層数を最適化する方法をとると、今までの上層の多層膜から 1 つずつ周期長と積層数を決めていくという方法に比べ、積層数を 20%以上少なくすることができた。その結果、今までより少ない積層数で入射角 0.3°、20~50keV の領域で 30%以上の反射率を得ることが可能となった。

2 つ目の問題解決策として、1 次ピークではカバーできないエネルギーを 2 次ピークで補うという方法を試みた。その結果従来のように 1 次ピークのみを利用した設計に比べて 20%以上の広帯域化が可能になり、入射角 0.3°で 60keV までエネルギー帯域を拡大することができた。しかし周期長を小さくするほど反射率を減少させる粗さが深刻に影響してくるようになるため、粗さというものを正確に理解する必要がある。そこで 1.5keV~8.0keV のエネルギー域で連続的に多層膜の反射率を測定し粗さの値を詳細に調べた結果、Pt と C、C と Pt それぞれの界面での粗さが約 2 倍異なって存在していることが分かった。本論文では上記の研究結果とあわせて、これらを踏まえて設計した気球搭載用硬X線望遠鏡の性能について考察する。