

R009-09

B会場：9/26 AM2 (10:45-12:30)

11:15~11:30

30.4 nmにおけるSiC/Mo/Si多層膜反射鏡の反射率とその耐熱性について

#寺本 駿一郎²⁾, 井上 和輝¹⁾, 吉岡 和夫^{1,2)}, 吉川 一朗^{1,2)}

(¹⁾ 東京大学, (²⁾ 東大・新領域

The reflectance and heat resistance of SiC/Mo/Si multilayer mirrors at 30.4 nm

#Shunichiro Teramoto²⁾, Kazuki Inoue¹⁾, Kazuo Yoshioka^{1,2)}, Ichiro Yoshikawa^{1,2)}

(¹⁾The University of Tokyo, (²Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo)

In planetary science missions such as Nozomi [1], Kaguya, and EQULEUS [2], a technology using periodic multilayers in the EUV wavelength range for normal incidence optics developed. Grazing incidence optics can't have a large numerical aperture and have significant limitations in resolution due to diffraction. Therefore, normal incidence optics are necessary to understand the distribution of plasma. However, the problem is that normal incidence optics has low reflectance. We can solve this problem by using multilayer mirrors.

Multilayer mirrors can dramatically improve reflectance due to the interference of reflected light at each interface. In particular, the development of high-reflectance multilayer mirrors for He II radiation at 30.4 nm is progressing. A Mo/Si mirror is widely used due to its high stability. However, the low reflectivity of around 15-20% is a challenge.

Previously, we demonstrated the performance of a new multilayer mirror consisting of 40 pairs of Mg and SiC, achieving a maximum reflectivity of over 30%. However, it was found that the Mg/SiC mirror had a critical flaw. The reflectivity decreases in high-temperature and high-humidity environments. In actual observations, multilayer mirrors are exposed to high-temperature and humid environments before launch and extremely cold environments in space. Therefore, it is necessary to develop observation equipment that is resistant to such environmental changes.

Since a combination of Mo/Si is stable [L.Yunpeng et al., 2014], we designed a new multilayer mirror (SiC/Mo/Si). The new mirror is manufactured by depositing the three different materials periodically. To evaluate its resistance to high-temperature environments, we conducted a heat environment test in a constant-temperature oven (50 degrees Celsius for 24 hours) and compared the reflectances of the mirrors before and after heating. We irradiated EUV light onto multilayer mirrors and evaluated its wavelength dependence.

In this presentation, we discuss the reflectivity and thermal stability of SiC/Mo/Si mirrors. Additionally, we will also share the measurement results of reflectances for other new multilayer mirrors, B4C/Mg2Si and SiC/Mg2Si mirrors. We will discuss the requirements for the mirrors that should be integrated into the next-generation artificial satellite.

[1] I. Yoshikawa, et al., Telescope of extreme ultraviolet (TEX) onboard SELENE, Earth Planets Space, 60, 2008, 407 – 416.

[2] M. Kuwabara, et al., JAXA Research and Development Report, 2019.

のぞみ衛星 [1]、EQULEUS [2] などの探査ミッションでは、EUV 波長域の直入射光学系に多層膜を用いる技術が採用された。斜入射光学系は開口面積を大きくできず、回折による解像力の制限が大きい。よって、プラズマの分布を把握するためには、直入射光学系が必要であるが、低反射率が問題となる。この問題を解決するために、多層膜反射鏡を用いる。多層膜鏡は、各界面で反射する光が干渉することにより、反射率を向上することができる。特に、30.4 nm の He II の輝線に対応した高い反射率を持つ多層膜反射鏡の開発が進んでいる。主に現在使われている Mo/Si 反射鏡は安定性が高いが、反射率は 15~20% 程度と低いことが課題である。

従来、われわれのチームは 40 組の Mg と SiC からなる新しい多層膜反射鏡の性能を評価し、最大反射率 30% 以上を達成したが、この Mg/SiC 反射鏡には致命的な欠陥があることが判明した。高温・高湿の環境下では反射率が低下するという問題である。多層膜反射鏡は打ち上げ前の高温多湿環境や宇宙での極寒環境にさらされる。そのため、こうした環境変化に強い観測装置を開発する必要がある。

以上の問題点から新しい多層膜反射鏡 (SiC/Mo/Si) を開発した。この新しい鏡は、3 つの異なる材料を周期的な蒸着により製造されている。高温環境に対する耐性を評価するため、恒温槽 (50 °C、24 時間) で熱環境試験を行い、加熱前後の鏡の反射率を比較した。EUV 光を多層膜反射鏡に照射し、波長依存性を評価した。

本発表では、SiC/Mo/Si 鏡の反射率と耐熱性について議論する。また、ほかの新しい多層膜反射鏡である B4C/Mg2Si、SiC/Mg2Si に関する反射率の測定結果にもふれ、次期人工衛星に搭載すべき鏡の条件について議論する。

[1] I. Yoshikawa, et al., Telescope of extreme ultraviolet (TEX) onboard SELENE, Earth Planets Space, 60, 2008, 407 – 416.

[2] M. Kuwabara, et al., JAXA Research and Development Report, 2019.