

課題番号 : F-19-NU-0037  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : 飛翔体搭載用素子開発  
Program Title (English) : Development of devices for space vehicles  
利用者名(日本語) : 三石郁之<sup>1)</sup>, 竹原祐亮<sup>1)</sup>, 瀧川歩<sup>2)</sup>, 中山恵理子<sup>2)</sup>  
Username (English) : I. Mitsuishi<sup>1)</sup>, Y. Takehara<sup>1)</sup>, A. Takigawa<sup>2)</sup>, E. Nakayama<sup>2)</sup>  
所属名(日本語) : 1) 名古屋大学大学院理学研究科, 2) 名古屋大学理学部物理学科  
Affiliation (English) : 1) Graduate school of science, Nagoya University, 2) Department of Physics,  
School of Science, Nagoya University  
キーワード/Keyword : 形状・形態観察, 原子間力顕微鏡, 成膜・膜堆積, 薄膜光学素子

## 1. 概要(Summary)

飛翔体搭載用 X 線反射鏡には、高い結像性能と大きな有効面積を実現するため、100 mm スケールでサブミクロンレベルの高い形状精度に加え、ミクロンスケールにてサブナノレベルの平滑さも同時に求められる。今回、飛翔体搭載用 X 線反射鏡の加工・研磨工程の最適化を目的とし、名古屋大学の設備を利用し、小片平板サンプルの表面形状の評価を実施した。

また、飛翔体搭載用の薄膜光学素子開発で必須であるアルミ成膜についても本施設で試みた。

## 2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 原子間力顕微鏡、3 元マグネトロンスパッタ装置

### 【実験方法】

反射鏡の材質や研磨方法を変え、複数の小片平板サンプルを準備し、原子間力顕微鏡を用いて各々 1, 3, 5, 30 ミクロンスケールの表面粗さを評価した。材質にはニッケルリン (NiP) を選定し、その表面には磁気流体研磨を施し、平滑化を図った。

薄膜光学素子については、フリースタンディングフィルム上への成膜前に、まずは表面状態の良いシリコン基板上への成膜を試みた。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

研磨後の NiP の表面粗さについては、1 ミクロンスケールでは ~0.6 nm の表面粗さ、さらに 30 ミクロンスケールでも ~1 nm 程度の非常に滑らかな表面の実現に成功した。

薄膜光学素子上へのアルミ成膜については、期待通り成膜に成功し、その表面を電子顕微鏡で評価したところ、<100 ナノメートル程度のアルミ原子クラスターからなる緻密な膜が確認された。成膜サンプルの外観写真を Fig. 1

に載せる。

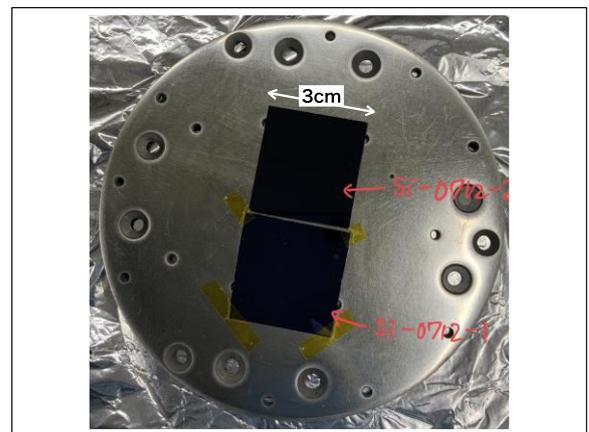


Fig. 1 Overview of Al-coated Si wafers.

## 4. その他・特記事項(Others)

なし。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 竹原祐亮, 瀧川歩, 清水貞行, 吉田篤史, 山口友洋, 三石郁之, 叶哲生, 立花健二, 三村秀和, 橋爪寛和, 久米健大, 平栗健太郎, ” 電鍍技術を用いた飛翔体搭載高角度分解能多重薄板型 X 線望遠鏡の開発”, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019 年 9 月 12 日.
- (2) 中山恵理子, 竹原祐亮, 三石郁之, 田原譲, 堀田貴都, 北浦良, 吾郷浩樹, 河原憲治, Pablo Solis Fernandez, ” 超薄膜グラフェンを用いた飛翔体搭載用軟 X 線薄膜光学素子の開発”, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019 年 9 月 12 日.
- (3) I. Mitsuishi, “Development of space electroformed-nickel optics”, International workshop on Astronomical X-Ray Optics, Prague, Czech Republic, Dec. 5th (2019)

## 6. 関連特許(Patent)

特許出願済み。