

提出日	2021/3/9
整理番号	2020-006

宇宙ナノエレクトロニクスクリーンルーム施設利用研究報告書

1. 研究代表者所属・職名・氏名:

東京都立大学・准教授・江副 祐一郎

2. 研究題目:

MEMS 技術を用いた X 線望遠鏡と X 線検出器の開発(新規)

3. 利用期間:

2020 年 4 月 1 日～ 2021 年 3 月 31 日

4. 研究目的:

将来衛星の搭載を目指して MEMS 技術を用いた X 線望遠鏡と X 線検出器の開発を行う。Si 基板にエッチング等の技術を複合的に用いることで、独自の超軽量 X 線望遠鏡や、超伝導遷移端温度計型 X 線マイクロカロリメータ素子をインハウス製作する。

5. 得られた成果:

2022 年度打ち上げを目指す小規模計画 GEO-X 衛星への搭載を目指したシリコン光学系の開発を進めた。ナノエレクトロニクスクリーンルームのフォトリソ設備および ICP-RIE を用いて、Si 基板への貫通微細穴加工を実施することで出来る穴の側壁が X 線反射鏡となる。フォトリソやドライエッチング条件出しにより側壁面粗さと垂直性を改善させ、GEO-X の要求を一部で満たすことができた。一方で、さらなる改善点も見つかった。また、H2-A ロケットを想定した音響試験を行い、望遠鏡の破損の有無をテストした。その結果、音響耐性に問題が無いことが確認できた。

6. 成果発表リスト:

[査読付き論文]

・"Enhanced X-ray reflectivity from Pt-coated silicon micropore optics prepared by plasma atomic layer deposition", D.Ishi, Y. Ezoe, K.Ishikawa, M.Numazawa, A. Fukushima R. Otsubo, H. Suzuki, T. Yuasa, T. Uchino, S. Sakuda, M. Fujitani, K.

Mitsuda, and Mark J. Sowa, Appl. Phys. Express, 2020, 13, 087001

•T.Tamagawa, K.Uchiyama, R.Otsubo, T.Yuasa, Y.Zhou, T.Mihara, Y.Ezoe, M.Numazawa, D.Ishi, A.Fukushima, H.Suzuki, T.Uchino, S.Sakuta, K.Ishikawa, T.Enoto and T.Sakamoto, “Multiplexing lobster-eye optics: a concept for wide field X-ray monitoring”, J. Astron. Telescope and Instrum., 2020, 6, 025003

•T.Hasebe, T.Haayashi, H.Takakura, Y.Sekimoto, K.Ishikawa, Y.Shohmitsu, K.Noda, S.Saeki, Y.Ezoe, and T.Nitta, “Development of multi-layer anti-reflection structures for millimeter-wave silicon optics using deep reactive ion etching process”, J. Low Temp. Phys., 199, 339, 2020

[学会発表]

•「広視野 Lobster eye X線光学系の開発」湯浅辰哉, 江副祐一郎, 石川久美, 沼澤正樹, 伊師大貴, 大坪亮太, 福島碧都, 鈴木光, 内野友樹, 作田紗恵, 稲垣綾太, 上田陽功, 廣本悠透, 満田和久, 応用物理学会 秋季学術講演会 @同志社大 (オンライン開催)

•「地球磁気圏 X線撮像計画 GEO-X に向けた超軽量 X線望遠鏡のプラズマ原子層堆積法による Pt 膜付加工」伊師大貴, 江副祐一郎, 石川久美, 沼澤正樹, 福島碧都, 鈴木光, 湯浅辰哉, 内野友樹, 作田紗恵, 稲垣綾太, 上田陽功, 廣本悠透, 満田和久, 地球電磁気・地球惑星圏学会 @宇宙研 (オンライン開催) (2020.11.01-04)

•「MEMS 技術を用いた超軽量 X線望遠鏡の開発」作田紗恵, 江副祐一郎, 石川久美, 沼澤正樹, 伊師大貴, 福島碧都, 鈴木光, 湯浅辰哉, 内野友樹, 稲垣綾太, 上田陽功, 廣本悠透, 満田和久, 森下浩平, 中嶋一雄, 金森義明, 宇宙科学シンポジウム @宇宙研(オンライン開催) (2021.01.06)

•「地球磁気圏 X線撮像計画 GEO-X の現状 II」, 江副祐一郎ほか, 天文学会, 2020年9月

•「地球磁気圏 X線撮像計画 GEO-X の現状」江副祐一郎ほか, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 2020年10月

•「地球磁気圏 X線撮像計画 GEO-X の現状」江副祐一郎ほか, 宇宙科学シンポジウム, 2021年1月

• Y. Ezoe ほか, GEO-X (GEOspace X-ray imager), 2020 SPIE

• Y. Ezoe ほか, X-ray emission from Jupiter system: past, present and future, 2020 COSPAR Symposium, (招待講演)

[学位論文]

• 東京都立大学 2020年度修士論文 「GEO-X 衛星搭載に向けた MEMS X線光学系の 変形および組み立てに関する研究」 湯浅辰哉

・東京都立大学 2020年度修士論文 「GEO-X 衛星に向けた超軽量 MEMS X 線望遠鏡の製作と基礎性能評価」 鈴木光 (奨学金免除者に選出)

[著書・解説]

・江副 祐一郎「最近の超軽量 MEMS X 線望遠鏡の開発状況」, X 線結像光学ニューズレター, No.52, 1, 2020 年 12 月

[展示]

・東京都立大学, MEMS ネットワーク & ナノテク展, 2020 年 12 月, 幕張メッセ

[特許・受賞等]

・江副祐一郎ほか, 「X 線素子及び X 線素子の製造方法」, 特許出願 2020-104051

・伊師大貴, 「地球磁気圏 X 線撮像計画 GEO-X に向けた超軽量 X 線望遠鏡のプラズマ原子層堆積法による Pt 膜付加工」, 地球電磁気・地球惑星圏学会オーロラメダル, 2020 年

・福島碧都, 日本学術振興会, DC2 採択

[一般向け講演]

・2020 年ノーベル物理学賞解説セミナー:ブラックホールの理論・観測研究, 「都立大が取り組む XRISM 衛星による宇宙の精密分光観測」, 江副祐一郎, 東京都立大学物理学教室, 2020 年 12 月

・東京都立大学オンライン講座「宇宙物理学への招待」, 「未知への挑戦:新しい宇宙 X 線の計測」, 江副祐一郎, 2021 年 1 月

7. ナノエレ CR 内で使用した装置:

ICP-RIE、両面アライナー、小型蒸着装置、小型 RIE、SEM、酸化炉、ドラフト(酸・アルカリ)、ドラフト(有機)、AFM、ダイシングソー

8. ナノエレ CR 内で使用した薬品類:

アセトン、IPA、フォトレジスト(S1818G、AZP4620、AZ5200NJ)、現像液(NMD-3)、混酸アルミ

9. その他参考事項:

A) 計画変更 (あれば使用装置、薬品等も含め具体的に) :

特になし。

B) ナノエレ CR 利用に際し気づいた、あるいは希望する改善点など:

特になし。