

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 20 日現在

機関番号： 32613
 研究種目： 若手研究（B）
 研究期間： 2011 ～ 2012
 課題番号： 23740199
 研究課題名（和文） 超高感度・大面積 X 線 CCD の研究開発

研究課題名（英文） The research and development of the ultrasensitive and large-area X-ray CCD

研究代表者

幸村孝由 (KOHMURA TAKAYOSHI)

工学院大学・基礎教養部門・准教授

研究者番号： 20365505

研究成果の概要（和文）：

本研究の最も本質的な課題は、宇宙 X 線観測用 CCD の可視光・紫外線の遮光対策であり、可視光・紫外線遮断フィルム（OBL:Optical Blocking Layer）を、直接裏面照射型 X 線 CCD (BI-CCD) の表面に最適の厚さでコートする技術の確立、ならびに、OBL の性能評価方法を確立することを目標として研究を遂行した。本研究により、OBL を構成するポリイミドについて、最適な厚みでコーティングする技術を確立した。さらに、OBL の可視光・紫外線透過率の評価方法、OBL の厚みの評価方法を確立することができた。

研究成果の概要（英文）：

The most essential subject for this study is to block the visible and violet light for the X-ray CCD in space use. The objectives of this study was to establish both the technology which enables to coat OBL (Optical Blocking Layer) with controlling its thickness directly on the surface of the back illuminated X-ray CCD (BI-CCD) and establishing the performance evaluation method for BI-CCD with OBL.

With this research, we have established the technology which coated with the optimal thickness of the polyimide which constitutes OBL. Furthermore, we have established both the evaluation method of both the optical and violet-rays transmission of OBL and the evaluation method of the thickness of OBL.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：X 線 γ 線天文学，放射線検出器，X 線 CCD

1. 研究開始当初の背景

本研究の開発のキーデバイスである X 線 CCD は、今や国際的に標準的な宇宙 X 線検出器となっている。X 線 CCD は、空乏層内で発生した電荷（光電子）を集めるための電極の配置

面によって、表面照射型 CCD (Front side Illuminated CCD: FI-CCD) と、裏面照射型 CCD (Back side Illuminated CCD: BI-CCD) の 2 つのタイプに分類され、2keV 以下の低エネルギー帯域で FI-CCD よりも高い検出効率を持つことから BI-CCD が主流となっている。

X線 CCD は、X線だけでなく可視光や紫外線にも感度があるため、宇宙空間で使用するには、X線 CCD の前面に可視光や紫外線を遮光するための薄膜を (OBF:Optical Blocking Filter; 可視光遮光用のアルミニウムと、紫外線遮光用のポリイミドの2層構造) を装備している。OBF は振動に対する耐久性も要求されるため、紫外線遮光用のポリイミドは紫外線の遮光性能から要求される厚みよりも、厚いものを採用している。ただし、OBF は1keV以下の軟 X線にとっては吸収層となるため、OBF を装備する限り、軟 X線帯域で格段に高い検出効率をもつ BI-CCD の特徴を最大限に発揮することができない。また、薄膜の OBF は製造も難しく、地上での校正実験での OBF の取り扱いが難しいことに加え、実際 X線 CCD を宇宙望遠鏡に搭載するためには、ロケット打ち上げ時の音響や振動に対する OBF 自身の耐性を考慮する必要があり、総じて OBF の扱いは非常に難しいものであった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、OBF に替わる新技術として、可視光・紫外線遮断フィルム (OBL:Optical Blocking Layer) を、直接 BI-CCD 表面に最適の厚さでコートする技術を確立し、安全で確実な X線 CCD の可視光・紫外線遮断技術を実用化することである。

この技術は、世界で初めての試みであり、この技術を確立できれば、OBF のような振動に対する耐性強度を考慮する必要性が大幅に軽減できるだけでなく、1keV以下の軟 X線にとって不感層となっていたポリイミド層を可能な限り薄くすることで、BI-CCD の高い検出効率を最大限利用することができる。

3. 研究の方法

本研究では、アルミニウムとポリイミドからなる可視光・紫外線遮断フィルム (OBL) を CCD 素子に直接コートする技術の開発を行う。なお、OBL は、X線 CCD を製作する浜松ホトニクス社と共同開発する。本研究は、次の4項目に焦点をあてて遂行した。

- (1) OBL の試作品として、OBL をコーティングした BI-CCD を試作する。この BI-CCD を用いて、OBL の可視光、紫外線の遮光性能を評価する。
- (2) コーティングする OBL の厚みを制御可能であるかを判断するために、コーティングした OBL の厚みを測定すること。
- (3) OBL をコートした X線 CCD の X線に対する性能 (暗電流、エネルギー分解能など) を評価すること。
- (4) 本研究期間内に、(1)~(3) の評価方法を確立すること。

4. 研究成果

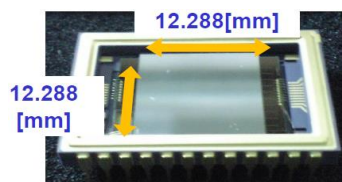


図 1. 本研究で開発した OBL をコートした BI-CCD の試作品。有効画素数 512×512 画素、1 画素サイズ 24 μm×24 μm。素子に直接コートした PL と Al の厚みは、それぞれ 1100 Å, 1400 Å である。

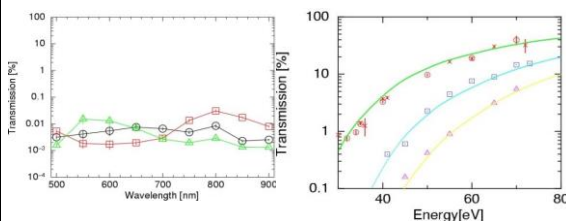
(1) OBL の可視光ならびに紫外線透過率

我々の研究室で構築した OBL の可視光透過率測定システムを用いて、Al の厚みはいずれも 1400 Å, PL の厚みが 1100, 2000, 3000 Å と異なる 3 タイプの OBL の可視光透過率を測定した。測定結果を図 2 (左) に示す。3 タイプとも OBL の可視光透過率が $<10^{-2}$ [%] 程度で、設計値した Al の厚みから予想した可視光透過率よりも 2 桁程度高い透過率である。この結果については今後の検討課題である。

OBL の紫外線透過率は、高エネルギー加速器研究機構の放射光施設 (KEK-PF) のビームライン BL-20A において測定した。図 2(右) に測定結果を示す。

HENKE の吸収係数から予想した透過率 (実線) と一致していることが分かる。

図 2. OBL の可視光透過率 (左) ならびに紫外線透過率 (右) の測定結果。



(2) OBL の X線透過率の測定

OBL の X線透過率は、KEK-PF のビームライン BL-11A において測定した。

X線を使って OBL のような薄膜の厚みを求めるには、OBL へ入射する X線の絶対強度 I_0 に対する、薄膜を透過した後の透過 X線の強度 I_1 の比、つまり X線の透過率を求める必要がある。ただし、入射 X線の絶対強度を求めることは非常に難しく、既に検出効率が分かっている比例計数管などをレファレンス検出器として用いて、入射 X線の絶対強度を求める方法など採ることが多い。ただし、レファレンス検出器自身の測定誤差などが入ることが短所である。

そこで、我々は“斜入射法実験”を用いて OBL、ならびに CCD 表面の不感層 (以降、不感層とする) の厚みを決定した。斜入射法実

験では、OBL-CCDに入射するX線の角度を 0° 、 50° と変えて、入射角度毎にX線の強度を測定する。 0° ならびに 50° 入射時のX線の強度を I_0 、 I_{50} とすると、その強度比 I_{50}/I_0 のエネルギー依存性から、不感層の厚みを求めることができる。

斜入射実験では、エネルギー毎に、X線の強度比($I_{50}^\circ(E)/I_0^\circ(E)$)を測定することで、入射X線の絶対強度 I_0 に依らず、OBLのX線透過率を求めることができる。OBLのX線透過率の測定結果を図3に示す。

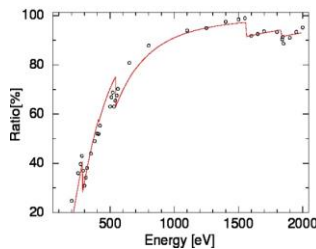
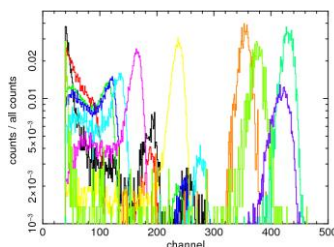


図3. 横軸：X線のエネルギー。縦軸： $I_{50}^\circ(E)/I_0^\circ(E)$ の比（OBLのX線透過率に相当する）。図中の○は測定点、実線はOBLの設計値から予想したX線透過率を表す。

図3に示すように、OBLのポリイミド(PI)を構成する、炭素、窒素、酸素、AlによるK吸収端に加え、CCD素子表面のシリコンの不層によるK吸収端を測定することができた。各K吸収端の深さから、Al、PIの厚みが設計値通り 1400\AA 、 1100\AA 程度であることが分かった。また、 1850eV 付近にCCD素子表面の不感層によるシリコンのK吸収端も測定することができ、斜入射法がOBLだけでなくCCD素子そのものの不感層測定にも有効であることが分かった。

(3) OBLをコートしたBI-CCDの性能評価
研究室では、構築したBI-CCDの性能評価システムにおいて ^{55}Fe からのX線を照射し、また、KEK-PFのBL-11Aにおいて 2keV 以下の帯域のX線を照射し、エネルギー分解能などの性能評価実験を行った。図4にKEK-PFで取得したエネルギースペクトルを示す。



また、OBLをコーティングしたBI-CCDと、コーティングをしていないCCDとの性能の違いについて表1に示す。OBLの有無によるX線に対する性能の違いがないことを確認した。

表1. OBLの有無による性能の比較

OBLの有無	エネルギー分解能[eV]	暗電流[e-/s/pixel]	CTI[/pixel] $\times 10^{-6}$
有	147.4 ± 0.5	0.06 ± 0.03	2.9 ± 3.0
無	147.7 ± 0.6	0.06 ± 0.02	9.5 ± 9.0

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計12件)

- (1) Kaneko, K., Kohmura, T., “Soft X-ray response of Au-GEM”, Journal of Instrumentation, Vol 7, Issue 07, pp. C07001 (2012)
- (2) Takahashi, T., et al., “The ASTRO-H X-ray Observatory”, Space Telescopes and Instrumentation 2012: Ultraviolet to Gamma Ray. Proceedings of the SPIE, Vol 8443, 84431Z-84431Z-22 (2012)
- (3) Hayashida, K., et al, “Soft x-ray imager (SXI) onboard ASTRO-H”, Space Telescopes and Instrumentation 2012: Ultraviolet to Gamma Ray. Proceedings of the SPIE, Vol 8443, pp. 844323-844323-9 (2012)
- (4) Kohmura, T., et al, “Infrared AKARI observations of magnetars 4U 0142+61 and 1E 2259+586”, Proceedings of the International Astronomical Union, Volume 291, pp. 422-424 (2013)
- (5) Ueda, S., et al, “Measurement of the soft X-ray response of P-channel back-illuminated CCD”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Volume 704, p. 140-146 (2013)
- (6) Ishida, M., Tsujimoto, M., Kohmura, T., et al “Cross Spectral Calibration of Suzaku, XMM-Newton, and Chandra with PKS 2155-304 as an Activity of IACHEC”, Publications of the Astronomical Society of Japan, 63, 657-668(2011)
- (7) Hakayshida, K., et al., “Development of the soft x-ray imager (SXI) for ASTRO-H”, UV, X-Ray, and Gamma-Ray Space Instrumentation for Astronomy XVII. Edited by Tsakalagos, Loucas. Proceedings of the SPIE, Vol 8145, 814505-814505-9 (2011)
- (8) Ueda, S., et al, “Development of the x-ray CCD for SXI on board ASTROH”, UV, X-Ray, and Gamma-Ray Space Instrumentation for Astronomy XVII. Edited by Tsakalagos, Loucas. Proceedings of the SPIE, Vol 8145, pp. 814504-814504-9 (2011)
- (9) Kawai, K., Kohmura, T., et al,

“Optical, UV and soft x-ray transmission of optical blocking layer for the x-ray CCD”, SUZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. AIP Conference Proceedings, 1427, 255-256 (2012)

- (10) Ikeda, S., Kohmura, T., et al, “Soft X-ray response of the x-ray CCD camera directly coated with optical blocking layer”, SUZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. AIP Conference Proceedings, 1427, 253-254 (2012)
- (11) Kohmura, T., Kawai, K., et al, “The calibration status of P-sum mode for XIS on borad Suzaku”, SUZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. AIP Conference Proceedings, 1427, 247-248 (2012)
- (12) Kaneko, K and Kohmura, T., “Developments of gas electron multiplier for use hard X-ray detector”, SUZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. AIP Conference Proceedings, 1427, 257-258 (2012)

[学会発表] (計34件)

- (1) T. Kohmura, K. Kaneko, S. Ikeda, M. Morii, K. Asano, M. Shirahata., & N. Shibasaki, “Infrared AKARI observations of magnetars 4U 0142+61 and 1E 2259+586”, IAU Symposium 291, Beijing, China, 8月19日
- (2) S. Ikeda, T. Kohmura, K. Kawai, K. Kaneko, T. Watanabe et al “Performance of the X-ray CCD coated with Optical Blocking Layer for SXI onboard ASTRO-H”, 6th International Workshop on Semiconductor Pixel Detectors for Particles and Imaging, Fukushima, Japan, 9月4日
- (3) T. Kohmura., S. Ikeda, K. Kawai, K. Kaneko, T. Watanabe, et al, “Development of the Optical Blocking Layer for the X-ray CCD”, 6th International Workshop on Semiconductor Pixel Detectors for Particles and Imaging, Fukushima, Japan, 9月4日
- (4) 西岡祐介, 森浩二, 大浦智史, 小浦祐明, 山内誠, 中嶋大, 上田周太郎, 菅裕哲, 林田清, 穴吹直久, 常深博, 幸村孝由, 池田翔馬, 村上弘志, 前田幸重, 相良建至, “ASTRO-H 衛星搭載 X線 CCD カメラ SXI で用いる P チャネル CCD の放射線耐性試験”, 日本物理学会, 2012 年秋季大会, 京都産業大学, 9月14日

- (5) 鶴剛, 田中孝明, 信川正順, 内田裕之, 常深博, 林田清, 中嶋大, 穴吹直久, 薙野綾, 木村公, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 夏莉権, 富田洋, 幸村孝由, 村上弘志, 平賀純子, 森浩二, 廿日出勇, 山内誠, 西岡祐介, 馬場彩, John Dot, 他 SXI チーム, “X 線天文衛星 ASTRO-H 搭載 X線 CCD カメラ SXI の開発の現状 IV”, 日本物理学会, 2012 年秋季大会, 京都産業大学, 9月14日
- (6) 幸村孝由, 池田翔馬, 金子健太, 矢部一成, 常深博, 林田清, 中嶋大, 穴吹直久, 上田周太郎, 菅裕哲, 鶴剛, 内田裕之, 大西隆雄, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 富田洋, 北本俊二, 村上弘志, 梅津里香, 小松飛斗, 他 ASTRO-H SXI チーム, “ASTRO-H 衛星搭載 X線 CCD カメラ (SXI) の軟 X線検出効率の測定”, 日本物理学会, 2012 年秋季大会, 京都産業大学, 9月14日
- (7) 池田翔馬, 幸村孝由, 金子健太, 矢部一成, 常深博, 林田清, 穴吹直久, 中嶋大, 薙野綾, 上田周太郎, 菅裕哲, 米森愛美, 鶴剛, 内田裕之, 大西隆雄, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 富田洋, 北本俊二, 村上弘志, 梅津里香, 小松飛斗, 杉本樹理, 他 SXI チーム, “ASTRO-H 搭載 X線 CCD カメラ (SXI) の軟 X線に対する検出効率の測定”, 日本天文学会, 2012 年秋季年会, 大分大学, 9月19日
- (8) 金子健太, 幸村孝由, 池田翔馬, 森井幹雄, 浅野勝晃, 白旗麻衣, 柴崎徳明, “超強磁場中性子星マグネターの赤外線による観測的研究”, 日本天文学会, 2012 年秋季年会, 大分大学, 9月20日
- (9) 金子健太, 幸村孝由, 池田翔馬, 矢部一成, 常深博, 林田清, 穴吹直久, 中嶋大, 薙野綾, 上田周太郎, 菅裕哲, 米森愛美, 鶴剛, 内田裕之, 大西隆雄, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 富田洋, 北本俊二, 村上弘志, 梅津里香, 小松飛斗, 杉本樹理, 他 SXI チーム, “斜入射法による可視光遮断膜の軟 X線透過率の測定”, 第13回宇宙科学シンポジウム, ISAS/JAXA, 1月8, 9日
- (10) 佐々木将軍, 常深博, 林田清, 中嶋大, 穴吹直久, 薙野綾, 上田周太郎, 菅裕哲, 定本真明, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 夏莉権, 富田洋, 井澤正治, 近藤恵介, 幸村孝由, 池田翔馬, 金子健太, 矢部一成, 鶴剛, 内田裕之, 大西隆雄, 村上弘志, 山内誠, 森浩二, 廿日出勇, 平賀純子, 他 ASTRO-H/SXI チーム, “チャンネル裏面照射型 CCD の軟 X線に対する応答”, 第13回宇宙科学シンポジウム, ISAS/JAXA, 1月8, 9日
- (11) 幸村孝由, 池田翔馬, 金子健太, 矢部一成, 常深博, 林田清, 中嶋大, 穴吹直久, 上田周太郎, 菅裕哲, 鶴剛, 内田裕之, 大西隆雄, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 富田洋, 北

- 本俊二, 村上弘志, 梅津里香, 小松飛斗, 他 ASTRO-H SXI チーム, “ASTRO-H 衛星搭載 X 線 CCD カメラ (SXI) の軟 X 線帯域の較正”, 第 26 回日本放射光学学会年会、放射光学科学合同シンポジウム, 名古屋大学, 1 月 14 日
- (1 2) 幸村孝由, 池田翔馬, 金子健太, 矢部一成, 常深博, 林田清, 中嶋大, 穴吹直久, 薙野綾, 鶴剛, 田中孝明, 内田裕之, 信川正順, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 富田洋, 夏苺権, 村上弘志, 廿日出勇, 山内誠, 森浩二, 他 SXI チーム, “ASTRO-H 搭載軟 X 線撮像検出器 (SXI) の可視光遮断対策”, 日本天文学会 2013 年春季年会, 埼玉大学, 3 月 22 日
- (1 3) 幸村孝由, 金子健太, 池田翔馬, 森井幹雄, 浅野勝, 白旗麻衣, 柴崎徳明, “マグネター 4U0142+61 の 2009 年のフレアの X 線・赤外線観測”, 日本物理学会 2013 年春季大会, 広島大学, 3 月 27 日
- (1 4) 林田清, 常深博, 中嶋大, 穴吹直久, 薙野綾, 鶴剛, 田中孝明, 信川正順, 内田裕之, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 夏苺権, 富田洋, 木村公, 幸村孝由, 村上弘志, 平賀純子, 森浩二, 廿日出勇, 山内誠, 西岡祐介, 馬場彩, John Doty, 他 SXI チーム, “X 線天文衛星 ASTRO-H 搭載 X 線 CCD カメラ SXI の開発の現状 V”, 日本物理学会 2013 年春季大会, 広島大学, 3 月 27 日
- (1 5) Kohmura, T., Kawai, K., et al. “The calibration status of P-sum mode for XIS on board Suzaku”, SUZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, SLAC National Accelerator Laboratory, California, USA, 7月20日
- (1 6) S. Ikeda, T. Kohmura, K. Kawai, K. Kaneko, T. Watanabe. et al “Soft X-ray response of the X-ray CCD camera directly coated with Optical Blocking Layer”, SUZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, SLAC National Accelerator Laboratory, California, USA, 7月20日
- (1 7) K. Kawai, T. Kohmura, S. Ikeda, K. Kaneko, T. Watanabe. et al. “Optical, UV and soft X-ray transmission of optical blocking layer for the X-ray CCD”, SUZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, SLAC National Accelerator Laboratory, California, USA, 7月20日
- (1 8) K. Kaneko., T. Kohmura., “Developments of Gas Electron Multiplier for use hard X-ray detector”, SUZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, SLAC National Accelerator Laboratory, California, USA, 7月20日
- (1 9) M. Ishida, M. Tsujimoto, T. Kohmura, et al. “Cross Spectral Calibration of Suzaku, Chandra and XMM-Newton with PKS2155-304”, SZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, SLAC National Accelerator Laboratory, California, USA, 7月20日
- (2 0) K. Hayashida, H. Tsunemi, T. G. Tsuru, T. Dotani, H. Nakajima, N. Anabuki, M. Ozaki, C. Natsukari, J. S. Hiraga, H. Tomida, T. Kohmura, et al, “Development of the soft x-ray imager (SXI) for ASTRO-H”, SPIE Optics+ Photonics 2011, San Diego Convention Center, USA, 8月21日
- (2 1) S. Ueda, K. Hayashida, H. Nakajima, N. Anabuki, H. Uchida, H. Tsunemi, M. Fujikawa, H. Mori, T. Kohmura, et al. “Development of the x-ray CCD for SXI on board ASTRO-H”, SPIE Optics+ Photonics 2011, San Diego Convention Center, USA, 8月21日
- (2 2) 上田周太朗, 林田清, 中嶋大, 森秀樹, 藤川真里, 小松聖児, 穴吹直久, 常深博, 幸村孝由, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 夏苺権, 藤永貴久, 松田桂子, 鶴剛, “ASTRO-H 搭載軟 X 線 CCD カメラ (SXI) 用素子の性能評価 (III): 低エネルギー応答の改善とフライトモデル CCD の開発”, 日本物理学会, 2011 年秋季大会, 弘前大学, 9月18日
- (2 3) 幸村孝由, 河合耕平, 池田翔馬, 金子健太, 渡辺辰雄, 北本俊二, 村上弘志, 八木橋伸佳, 水野瑛己, 轟章太郎, 坂田和也, 常深博, 林田清, 中嶋大, 穴吹直久, 上田周太朗, 鶴剛, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 富田洋, 藤永貴久, 森浩二, 平賀純子, 馬場彩, “ASTRO-H 衛星搭載 X 線 CCD カメラ (SXI) の可視光遮断用フィルムの開発”, 日本物理学会, 2011 年秋季大会, 弘前大学, 9月18日
- (2 4) 常深博, 林田清, 中嶋大, 穴吹直久, 鶴剛, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 夏苺権, 富田洋, 馬場彩, 幸村孝由, 村上弘志, 平賀純子, 森浩二, 廿日出勇, 山内誠, “X 線天文衛星 ASTRO-H 搭載 X 線 CCD カメラ (SXI) の開発の現状”, 日本天文学会 2011 年秋季年会, 鹿児島大学, 9月21日

- (25) 池田翔馬, 幸村孝由, 河合耕平, 渡辺辰雄, 金子健太, 常深博, 林田清, 穴吹直久, 中嶋大, 上田周太朗, 鶴剛, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 藤永貴久, 松田桂子, 北本俊二, 村上弘志, 平賀純子, 森浩二, “X線天文衛星 ASTRO-H 搭載 CCD (SXI) 用可視光遮断膜の性能評価”, 日本天文学会 2011 年秋季年会, 鹿児島大学, 9 月 21 日
- (26) 河合耕平, 幸村孝由, 池田翔馬, 金子健太, 常深博, 林田清, 穴吹直久, 中嶋大, 上田周太朗, 鶴剛, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 藤永貴久, 松田桂子, 北本俊二, 村上弘志, 平賀純子, 森浩二, “ASTRO-H 搭載 X 線 CCD(SXI) の可視光遮断膜の X 線透過率測定”, 日本天文学会 2011 年秋季年会, 鹿児島大学, 9 月 21 日
- (27) 池田翔馬, 幸村孝由, 河合耕平, 金子健太, 常深博, 林田清, 穴吹直久, 中嶋大, 上田周太朗, 菅裕哲, 鶴剛, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 藤永貴久, 松田桂子, 富田洋, 北本俊二, 村上弘志, 清水佑輔, 吉田裕貴, 梅津里香, 小松飛斗, 平賀純子, 森浩二, “X 線天文衛星 ASTRO-H 搭載 X 線 CCD(SXI) 用可視光遮断膜(OBL) の性能評価”, 第 12 回宇宙科学シンポジウム, 宇宙科学研究所, 2012 年 1 月 5 日
- (28) 金子健太, 幸村孝由, 河合耕平, 池田翔馬, 常深博, 林田清, 穴吹直久, 中嶋大, 上田周太朗, 菅裕哲, 鶴剛, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 藤永貴久, 松田桂子, 富田洋, 北本俊二, 村上弘志, 清水佑輔, 吉田裕貴, 梅津里香, 小松飛斗, 平賀純子, 森浩二, “ASTRO-H 搭載の X 線 CCD(SXI) の可視光遮断膜の軟 X 線透過率測定”, 第 12 回宇宙科学シンポジウム, 宇宙科学研究所, 2012 年 1 月 5 日
- (29) 菅裕哲, 森秀樹, 上田周太朗, 中嶋大, 林田清, 穴吹直久, 常深博, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 夏苺権, 鶴剛, 森浩二, 廿日出勇, 山内誠, 平賀純子, 幸村孝由, 村上弘志, “ASTRO-H 搭載 SXI 用 CCD 素子エンジニアリングモデルの開発と性能評価”, 第 12 回宇宙科学シンポジウム, 宇宙科学研究所, 2012 年 1 月 5 日
- (30) 河合耕平, 幸村孝由, 池田翔馬, 金子健太, 常深博, 林田清, 穴吹直久, 中嶋大, 上田周太朗, 鶴剛, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 藤永貴久, 松田桂子, 北本俊二, 村上弘志, 平賀純子, 森浩二, “ASTRO-H 搭載 X 線 CCD(SXI) の可視光遮断膜の X 線透過率測定”, 第 25 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 鳥栖文化会館, 2012 年 1 月 7 日
- (31) 林田清, 常深博, 中嶋大, 穴吹直久, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 夏苺権, 富田洋, 鶴剛, 信川正順, 内田裕之, 幸村孝由, 村上弘志, 平賀純子, 森浩二, 廿日出勇, 山内

誠, 馬場彩, John Doty, 他 SXI チーム, “X線天文衛星 ASTRO-H 搭載 X 線 CCD カメラ (SXI) の開発の現状”, 日本天文学会 2012 年春季年会, 龍谷大学, 2012 年 3 月 19 日

- (32) 菅裕哲, 森秀樹, 上田周太朗, 小松聖児, 藤川真里, 米森愛美, 中嶋大, 林田清, 穴吹直久, 常深博, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 富田洋, 夏苺権, 藤永貴久, 鶴剛, 大西隆雄, 森浩二, 幸村孝由, 村上弘志, 他 ASTRO-H/SXI チーム, “X 線衛星 ASTRO-H 搭載 X 線 CCD カメラ SXI 用 CCD 素子の開発～スクリーニングシステムを用いた CCD 性能評価”, 日本天文学会 2012 年春季年会, 龍谷大学, 2012 年 3 月 19 日

- (33) 鶴剛, 信川正順, 内田裕之, 林田清, 常深博, 中嶋大, 穴吹直久, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 夏苺権, 富田洋, 幸村孝由, 村上弘志, 平賀純子, 森浩二, 廿日出勇, 山内誠, 馬場彩, John Doty, 他 SXI チーム, “X線衛星 ASTRO-H 搭載 X 線 CCD カメラ SXI の開発の現状 III”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 26 日

- (34) M. Ishida, M. Tsujimoto, T. Kohmura, M. Stuehlinger, M. Smith, H. Marshall, M. “Cross calibration of Suzaku/XMM/Chandra with PKS2155-304”, International Astronomical Consortium for High Energy Calibration, Massachusetts, USA, 4 月 12 日

[図書] (計 0 件)
該当なし

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
該当なし

[その他]

ホームページ等

<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~ft13049/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

幸村 孝由 (KOHMURA TAKAYOSHI)
工学院大学・基礎教養教育部門・准教授
研究者番号: 20365505