

РЕНТГЕНОВСКАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕСКОПА КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ ART-XC

Д. С. Седов, С. А. Фролов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров, Нижегородская область, пр. Мира, 37, 607188, Россия

Целью работы является описание юстировки и сборки разработанной Рентгеновской Оптической Системы телескопа космического базирования ART-XC, обеспечивающего фиксацию рентгеновских источников. Решение этой задачи базируется на использовании в качестве фокусирующих элементов рентгеновских квантов, коаксиальных многокомпонентных зеркал, на основе принципов скользящего падения. С целью повышения светосилы телескопа использована модульная конструкция, состоящая из семи РЗС. Данный подход накладывает определенные требования на параллельность их оптических осей. Решение этих задач позволило собрать и отъюстировать КДИ образец рентгеновского телескопа.

1. Общие сведения

Рентгеновская оптическая система (сокращенно РОС) является составной частью телескопа ART-XC, разрабатываемого в рамках Федеральной Космической Программы ФКП-2015 для космического эксперимента «Спектр-РГ» и предназначенного для: проведения обзора неба в рентгеновском диапазоне спектра 5–30 кэВ, обнаружения галактических и внегалактических источников и их изучения. РОС телескопа обеспечивает фокусировку рентгеновских квантов на матричных детекторах, тем самым позволяя контролировать пространственное положение источников рентгеновского излучения на карте звездного неба, заложенной в памяти звездного датчика. Основной прикладной задачей является отработка принципов построения системы автономной навигации космических аппаратов (КА), основанной на использовании сигналов рентгеновских пульсаров.

Рентгеновские пульсары можно рассматривать как природные «трансляторы», аналогичные системам GPS/ГЛОНАСС, генерирующие квазистабильные импульсы и в силу своей удаленности, обеспечивающие стационарную пространственную привязку, позволяющую автономно определить местоположение и вектор скорости КА. При использовании такой системы навигации точность определения навигационных параметров КА не будет зависеть от расстояния до Земли и наличия работающих навигационных спутников

и будет одинаковой в любой точке Солнечной системы.

Важным этапом работы является сборка и юстировка Рентгеновской Оптической Системы телескопа (РОС). Высокие требования по сборке РОС телескопа, осуществляемой специалистами ИЛФИ, потребовали проведения расчетно-экспериментального анализа различных технологических приемов, связанных, в основном, с допустимыми угловыми рассогласованиями осей семи рентгеновских зеркальных систем (РЗС) на земле и в космосе. Использование семи РЗС с согласованными осями позволяет увеличить светосилу оптики телескопа.

2. Рентгеновская оптическая система

В состав РОС входят: 7 рентгеновских зеркальных систем (РЗС), съюстированных на общем основании (плите РОС) с высокой угловой точностью, плита РОС, корпус телескопа, рентгеновские детекторы.

РЗС телескопа, в свою очередь, состоит из 28-ми коаксиально расположенных рентгеновских зеркал скользящего падения, выполненных по схеме конус-конус и объединяющей их конструкции (так называемого «паука»). «Паук» РЗС обеспечивает фиксацию 28 конических зеркал.

Внешний вид «паука» представлен на рис. 1.

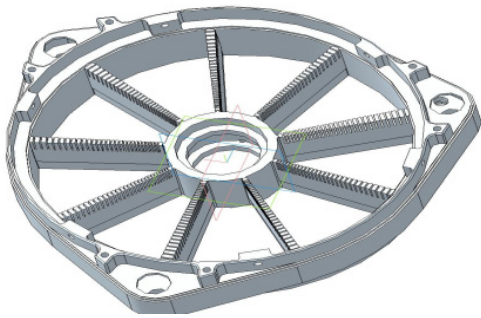


Рис. 1. Внешний вид «паука»

Он представляет монолитную конструкцию, имеющую 9 спиц. Пазы для вклейки зеркал имеют глубину 8 мм и ширину 0,6 мм.

Диаметры конических зеркал составляют от 50 мм до 150 мм с фокусным расстоянием 2,7 м и длиной 580 мм.

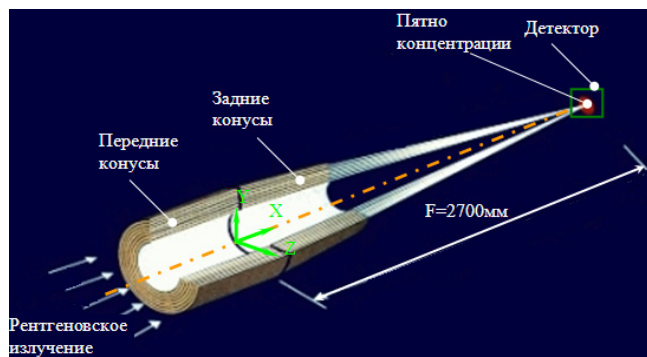


Рис. 2. Рентгеновские зеркала

Процесс изготовления зеркал связан с целой серией этапов, таких как изготовление конических матриц методом алмазного точения, полировка их поверхностей, нанесение на них методом гальванопластики слоев никеля в виде оболочек, с последующим отделением их от матриц методом термоудара. Основными параметрами при этом являются отклонение профиля образующих рентгеновских зеркал от идеальной конической поверхности, шероховатость матриц и формообразование снятых с матрицы оболочек.

3. Сборка РЗС

Сборка 28-ми зеркал в единую рентгеновскую зеркальную систему производилась на стенде в чистом помещении. Сборка РЗС осуществлялась с использованием квазиплоского He-Ne пучка [1]. Ключевым моментом при сборке РЗС является установка «паука» под нормаль к пучку, используя отражение от зеркальной нижней грани, методом

автоколлимации. Юстировка зеркала перед вклейкой в «паук» производилась при контроле положения пятна от РЗ относительно опорного перекрестья на ПЗС камере, установленной в фокальной плоскости РЗС. Далее отъюстированное зеркало опускалось в пазы паука при помощи линейного транслятора и вклеивалось. Для вклейки использовался эпоксидный клей. Аналогично вклеивались остальные 27 РЗ. Всего, таким образом, было собрано 7 РЗС.

4. Сборка РОС

Так как РОС состоит из семи РЗС, обеспечивающих увеличение светосилы телескопа, то одним из основных требований к сборке РОС является их выставление на плите РОС с угловой точностью $\alpha \leq \pm 30''$. Данные операции выполнялись на специально разработанном стенде.

Основным параметром выставления РЗС на плите РОС является угловая ориентация их оптических осей, которая обеспечивается плоскостностью опорных поверхностей «пауков» и плиты РОС. Корректировка возможных отклонений этих параметров производилась с помощью специальных калиброванных сферических шайб различной толщины в диапазоне $8 \text{ мм} \pm 70 \text{ мкм}$, устанавливаемых под каждую из трех опорных поверхностей «пауков».

В связи с тем, что существует вероятность деформации «пауков» при их монтаже на плите РОС во время затяжки болтами с усилием 28 Нм из-за микронеровностей, то возникла необходимость применения специальных калиброванных сферических шайб, устанавливаемых под каждую из трех опор «пауков», компенсирующих возможные деформации «пауков» и их отклонение от нормали к пучку.

Шайба с рассчитанной толщиной выставлялась под одну из трех опор «паука». Полученные значения углов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры РЗС

№ РЗС	α , угл. сек.
1	16
2	11
3	17
4	7
5	16
6	23
7	13

Как видно из табл. 1, углы α не превышают углового допуска $\pm 30''$.

Собранные и съюстированные РЗС, установленные на плите РОС, показаны на рис. 3.

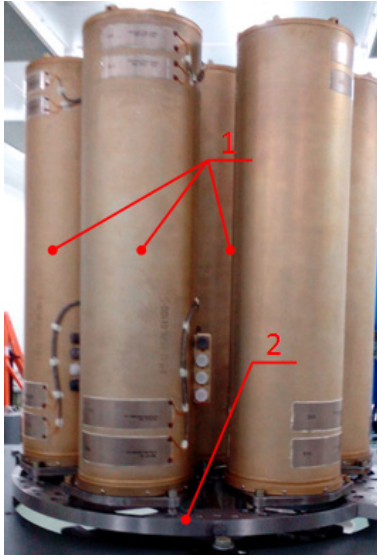


Рис. 3. РЗС, смонтированные на плите РОС: 1 – РЗС в кожухах; 2 – плита РОС

Таким образом, была завершена сборка РОС КДИ образца телескопа ART-XC.

Заключение

В плане создания рентгеновской оптической системы для рентгеновского телескопа пройден этап по отработке технологии изготовления рентгеновских зеркал. Тестовые испытания матриц на

профилометре показали отклонение профиля их поверхностей в среднем $3\div 5$ мкм. Достигнутая шероховатость на конических образцах составила 17 \AA , что можно считать удовлетворительным для комплекта зеркал, предназначенных для диагностических испытаний.

Собраны семь рентгеновских зеркальных систем, каждая из которых состоит из 28-ми рентгеновских зеркал.

За счет применения калиброванных сферических шайб в варианте телескопа с коническими РЗ обеспечено выставление углового рассогласования оптических осей семи РЗС КДИ в диапазоне $\alpha \leq \pm 30''$.

В настоящее время завершается этап конструкторско-доводческих испытаний. На рисунках представлен процесс установки технологического образца телескопа ART-XC и имитатора телескопа eROSITA на платформу Навигатор в НПО им. Лавочкина. Процесс проведения тепловакуумных испытаний – в НПО «Молния». Планируемый срок сдачи Штатного Образца телескопа – июнь 2016 г.

Список литературы

1. Способ сборки зеркального модуля рентгеновского телескопа, содержащего N коаксиальных вкладышей образующих элементарные зеркала: патент № 2541438 РОС. Федерация / Боднар Ю. М., Душина Л. А., Рядов А. В., Седов Д. С., Фролов С. А. и др., заявитель и патентообладатель Саров, ВНИИЭФ, заявл. 24.07.2013.