

УДК 629.785

## РАЗРАБОТКА МИНИАТЮРНОГО ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОГО ПРИОРА ДЛЯ НАНОСПУТНИКА НА ОСНОВЕ СХЕМЫ МАКСУТОВА-КАССЕГРЕНА

Берников М.Д. («Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Научный руководитель – Малыгин Д.В.

(ООО «Лаборатория «Астрономикон»)

В данной работе рассматривается проектирование миниатюрного электронно-оптического прибора на основе схемы Максудова-Кассегрена. В качестве носителя отработки разрабатываемого инструмента, построенного по модульному подходу или принципу «Lego», выступает многоцелевая блочно-модульная платформа «Синергия», выполненная в соответствии со спецификацией CubeSat.

**Введение.** Для развития рынка наноспутников в РФ и сопутствующего разнообразия научных, технологических и образовательных миссий в космосе необходимо стимулирование отечественного рынка комплектующих: достижения в области миниатюризации электронных компонентов позволяет разработать в сжатые сроки новые изделия. Спутники спецификации CubeSat – это сверхмалые космические аппараты, габариты которых не превышают размеров куба со стороной 10 см. Проектирование оптических систем в небольших габаритах несёт за собой определённые сложности, что сказывается на стоимости электронно-оптических приборов (ЭОП). Цены варьируются от нескольких тысяч евро за отдельную камеру до пары сотен тысяч евро за полноценный, готовый к отправке спутник с ЭОП на борту. На сегодняшний день разработка подобных устройств для наноспутников активно ведётся за рубежом. В сети интернет можно найти множество технических решений от различных поставщиков: CubeSatShop, Pumpkin Inc., Clyde Space и других. В России слабо представлена подобная наукоемкая продукция.

**Основная часть.** Система Максудова-Кассегрена – телескопическая система, предложенная Дмитрием Максудовым в 1941 г. Схема состоит из мениска большой кривизны на центр которого с одной из сторон напылён алюминиевый круг, выполняющий роль сферического зеркала, и главного сферического зеркала в центре которого вырезано отверстие. Свет в системе сначала проходит через мениск преломляясь на главное зеркало, которое фокусирует все падающие лучи на напылённой области мениска. Далее, отражаясь от мениска, фокусируется и проходит сквозь отверстие в главном зеркале, за которым располагается фокальная плоскость системы.

Основным преимуществом данной схемы является возможность подбора расстояния между мениском и главным зеркалом таким образом, что кома и астигматизм обнуляются. В ходе работы выяснилось, что такая система имеет плохое качество при габаритах наноспутников. Чтобы получить улучшенные характеристики требовалось увеличить расстояние между мениском и главным зеркалом до нескольких сотен мм. Для обеспечения требуемого качества ЭОП было решено добавить дополнительные корректирующие мениски. Полученная в итоге система имела дополнительные два мениска, отрицательный и положительный, расположенных за главным зеркалом. В итоге получились следующие параметры ЭОП: при съёмке с высоты 500 км поверхности Земли область соответствовала размерам 20x20 км – фото 600 на 450 пикселей с разрешением 38 м на пиксель.

Далее в работе предложена идея изменения системы Максудова-Кассегрена с целью уменьшить количество оптических элементов и упрощения расчёта схемы. Новая система состоит из двух менисков, на один из которых напылён алюминиевый круг в центре, а на второй напыление произведено с краёв. Таким образом данная схема по пути луча аналогична системе Максудова-Кассегрена, лишь с двумя отличиями, что в качестве главного зеркала используется напыление с краёв второго мениска, и, что свет, отражаясь от

алюминиевого круга в центре первого мениска не просто проходит сквозь отверстие, а дополнительно преломляется на втором мениске, что позволяет ещё больше сократить общую длину схемы.

Таким образом сформирован объектив на основе изменённой системы Максудова. Оптическая схема представляла собой два положительных мениска, расположенных друг на против друга зеркально. Полученный ЭОП при тех же вводных данных, что описывались выше, формирует изображение 960 на 700 пикселей с разрешением 21 м на пиксель. При этом стоит отметить, что из-за большого пятна рассеяния, сравнимого с размером пикселя, возможно сокращение параметров получаемого изображения в 2 раза: 480 на 350 пикселей с разрешением 42 м на пиксель.

Планируется продолжить работу с данной версией схемы Максудова-Кассегрена с целью изготовления прототипа для отработки ЭОП на наноспутнике.

**Выводы.** В работе спроектированы два миниатюрных объектива на основе схемы Максудова-Кассегрена. Из особенностей полученных систем стоит выделить малую стоимость оптической схемы и удовлетворительное качество изображения, сравнимое с камерами для CubeSat предлагаемыми в каталогах компаний-производителей оптических комплектующих.

В качестве носителя для отработки разработанных ЭОП, выступает построенная по модульному подходу или принципу «Lego» многоцелевая блочно-модульная платформа «Синергия», выполненная в соответствии со спецификацией CubeSat.

Берников М.Д. (автор)

Подпись

Малыгин Д.В. (научный руководитель)

Подпись