

# Двухдиапазонная дифракционная решетка для изображающего гиперспектрометра на основе схемы Оффнера

В.А. Бланк<sup>1,2</sup>, Р.В. Скиданов<sup>1,2</sup>, В.В. Подлипнов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт систем обработки изображений РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Молодогвардейская 151, Самара, Россия, 443001

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

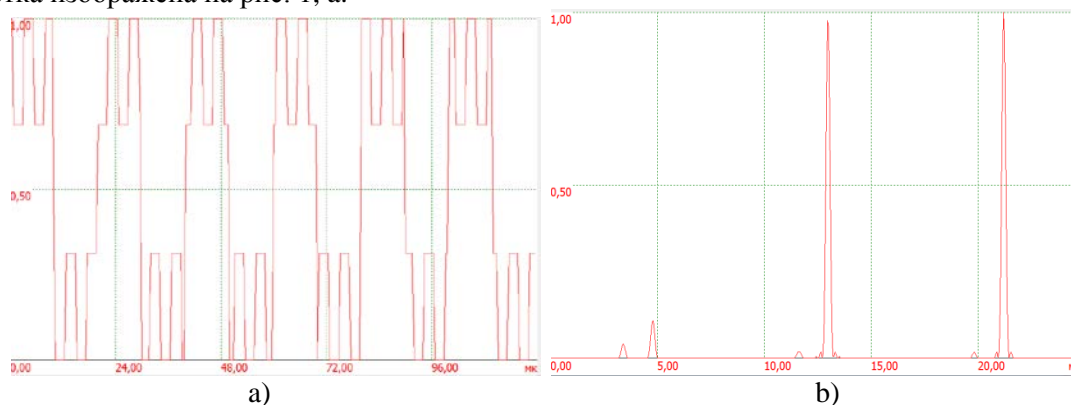
**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования возможности применения двухдиапазонной дифракционной отражающей решетки, нанесенной на выпуклое зеркало в изображающем гиперспектрометре на основе схемы Оффнера. Подобраны параметры малой дифракционной решетки и большой для работы в спектральных диапазонах видимого и среднего ИК излучения. Представлены результаты моделирования работы предложенной конфигурации дифракционной решетки, которые показали пренебрежимо малое влияние большой дифракционной решетки на работу малой и наоборот, пренебрежимо малое влияние малой решетки на работу большой.

## 1. Введение

В настоящий момент для дистанционного зондирования земли все больше становится востребована изображающая гиперспектральная аппаратура, охватывающая широкий спектральный диапазон [1]. Для расширения спектрального диапазона в гиперспектральной аппаратуре может использоваться поворот дифракционной решетки, которая, поворачиваясь на определенные углы, позволяет частями регистрировать спектр в широком диапазоне. Однако поворот решетки вносит значительные задержки при съемке. Для устранения этого недостатка, часто применяют несколько матриц, одновременно регистрирующих весь спектр. Для разделения оптического излучения на две светочувствительные матрицы могут использоваться светоделительная пластина, использование отдельного объектива для каждого спектрального диапазона, несколько щелевых диафрагм [2] или реконфигурируемая входная апертура на основе микрозеркальной матрицы [3]. В настоящей работе для разделения оптического излучения на несколько матриц предлагается использование в качестве диспергирующего элемента дифракционной решетки сложной конфигурации, рассчитанной для работы в двух спектральных диапазонах. В качестве оптической схемы используется схема Оффнера, имеющая минимальные геометрические aberrации. Ранее такая схема с дифракционной решеткой для видимого диапазона исследовалась в [4].

## 2. Моделирование работы решетки

Предлагаемая дифракционная решетка для работы в данной оптической системе должна иметь профиль в виде бинарной решетки большой высоты (11 мкм) на выступах и впадинах которой сформирован бинарный профиль малой высоты микрорельефа (0,55 мкм). Схематично такая решетка изображена на рис. 1, а.



**Рисунок 1.** Изображение микрорельефа двухдиапазонной дифракционной решетки (а), распределение энергии по дифракционным порядкам по результатам моделирования для длин волн 0,7 мкм и 1,3 мкм соответственно (б).

Моделирование работы дифракционной решетки проводилось в программном пакете для моделирования оптических систем Zemax для двух длин волн ( $\lambda_1=0,7$  мкм и  $\lambda_2=1,3$  мкм). В результате моделирования были подобраны оптимальные параметры решетки для заданных параметров оптической системы. При использовании указанных выше параметров микрорельефа решетки получено, что функция рассеяния точки (ФРТ) по результатам моделирования для  $\lambda_1=0,7$  мкм идентична ФРТ для  $\lambda_2=1,3$  мкм и меньше ее примерно в 2 раза, также как и соотносятся длины волн. Диаметр диска Эйри для  $\lambda_1=0,7$  мкм составляет 4,8 мкм. Значение ФРТ для гиперспектрометра при длине волны 1,3 мкм по результатам моделирования составило 8,4 мкм. Дифракционная эффективность для  $\lambda_1=0,7$  мкм составила 32%, а для  $\lambda_2=1,3$  мкм 34% соответственно.

## 3. Благодарности

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства научных организаций (соглашение № 007-ГЗ/ЧЗ363/26) и гранта Президента НШ-6307.2018.8.

## 4. Литература

- [1] Виноградов, А.Н. Бортовой гиперспектрометр видимого и ближнего инфракрасного диапазона с высоким пространственным разрешением / А.Н. Виноградов, В.В. Егоров, А.П. Калинин, А.И. Родионов, И.Д. Родионов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, №3. – С. 101-107.
- [2] Головин, А.Д. Малогабаритный гиперспектрометр видимого и ближнего инфракрасного диапазонов / А.Д. Головин, А.В. Демин // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2015. – Т. 58, №. 11. – С. 869-873.
- [3] Воропай, Е.С. Дисперсионный гиперспектрометр с реконфигурируемой входной апертурой на основе микрзеркальной матрицы / Е.С. Воропай, И.М. Гулис, А.Г. Купреев, К.Н. Каплевский, А.Г. Костюкевич, А.Е. Радько, К.А. Шевченко // Вестник БГУ. – 2009. – Т. 1, № 3. – С. 31-35.
- [4] Карпеев, С.В. Исследование дифракционной решетки на выпуклой поверхности как диспергирующего элемента / С.В. Карпеев, С.Н. Хонина, С.И. Харитонов // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 2. – С. 211-217.

# A dual-range diffraction grating for imaging hyperspectrometr based on the Offner scheme

V.A. Blank<sup>1,2</sup>, R.V. Skidanov<sup>1,2</sup>, V.V. Podlipnov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Image Processing Systems Institute of RAS - Branch of the FSRC "Crystallography and Photonics" RAS, Molodogvardejskaya street 151, Samara, Russia, 443001

<sup>2</sup>Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

**Abstract.** The paper presents the results of a study of the feasibility of using a dual-range diffraction reflecting grating applied to a convex mirror in a imaging hyperspectrometer based on the Offner scheme. The parameters of a small diffraction grating are chosen and large for operation in the spectral ranges of visible and middle infrared regions. The results of modeling the work of the proposed configuration of the diffraction grating are presented, which showed a negligibly small effect of a large diffraction grating on the work of small and vice versa, and the negligibly small effect of a small grating on the work of a large grating.

**Keywords:** imaging spectrometer, dual-range diffraction grating, offner scheme, hyperspectrometr.