

## Формирование изображений поверхности Земли сверхкомпактной камерой с гибридным объективом, размещённым на платформе КубСат 3U

Н.А. Ивлиев<sup>1,2</sup>, В.В. Подлипов<sup>1,2</sup>, М.А. Иванушкин<sup>1,2</sup>, Р.В. Скиданов<sup>1,2</sup>,  
В.В. Федоров<sup>3</sup>, Н.Л. Казанский<sup>1,2</sup>, В.А. Соيفер<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва,  
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, д. 34;

<sup>2</sup> Институт систем обработки изображений, НИЦ «Курчатовский институт»,  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 151;

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28

### Аннотация

Описывается космический эксперимент по получению изображений с наноспутника формата КубСат 3U с орбиты высотой 300 км камерой с гибридным рефракционно-дифракционным объективом, обеспечивающим разрешение 200 м на поверхности Земли. Построена экспериментальная частотно-контрастная характеристика изображающей оптической системы. Показано, что контраст мелких деталей формируемого изображения сопоставим с контрастом мелких деталей изображения, полученного со спутника Sentinel-2.

**Ключевые слова:** рефракционно-дифракционный объектив, КубСат, дистанционное зондирование Земли.

**Цитирование:** Ивлиев, Н.А. Формирование изображений поверхности Земли сверхкомпактной камерой с гибридным объективом, размещённым на платформе КубСат 3U / Н.А. Ивлиев, В.В. Подлипов, М.А. Иванушкин, Р.В. Скиданов, В.В. Федоров, Н.Л. Казанский, В.А. Соифер // Компьютерная оптика. – 2026. – Т. 50, № 1. – 1742 – DOI: 10.18287/COJ1742.

**Citation:** Ivliev NA, Podlipnov VV, Ivanushkin MA, Skidanov RV, Fedorov VV, Kazanskiy NL, Soifer VA. Imaging of the Earth's surface with an ultra-compact camera with a hybrid lens mounted on the CubeSat 3U platform. Computer Optics 2026; 50(1): 1742. DOI: 10.18287/COJ1742.

### Введение

Впервые совместное использование дифракционных и рефракционных элементов в оптических изображающих системах для монохроматического света было предложено в [1]. В широком спектре этот объектив обладал огромными хроматическими аберрациями. Следующая публикация, определившая использование дифракционных линз в виде корректоров хроматизма, появилась спустя большой промежуток времени [2]. В [3] показывают, что одновременно с хроматической аберрацией использование дифракционных линз позволяет компенсировать сферическую аберрацию. В [4] фирма Eastman Kodak Company представила промышленно производимые дифракционные гибридные ахроматы. Ещё один недостаток – повышенное светорассеяние дифракционных линз – служит препятствием к широкому использованию рефракционно-дифракционных систем в изображающей оптике, однако работы по решению данной проблемы велись и ведутся по настоящее время [5–7]. В [8] показано, что использование дифракционной линзы позволяет осуществлять одновременную компенсацию хроматических аберраций и внеосевых геометрических аберраций, что выражается в одинаковом контрасте формируемого изображения как в центре, так и по краям.

В настоящее время при использовании однослойных дифракционных линз достичь одинакового качества изображения по сравнению с классическими рефракционными объективами не получается, однако есть два обстоятельства, которые позволяют говорить о возможности практического использования таких объективов.

Во-первых, использование нейронной сети для коррекции формируемого изображения позволяет получать изображения с качеством, достаточным для систем технического зрения [8]. Во-вторых, существенным преимуществом таких объективов по сравнению с классическими рефракционными объективами является их небольшая масса, что делает их вполне конкурентоспособными при использовании на наноспутниках формата КубСат. На спутниках такого типа важны как габариты, так и масса используемого объектива [9]. Для получения изображений со спутников формата КубСат используются чисто линзовые изображающие системы [9], зеркально-линзовые изображающие системы [10], чисто зеркальные изображающие системы [11]. Однако все эти системы имеют довольно большую массу оптических компонентов. В работе [12] рассматривался объектив для спутника формата КубСат 3U на основе одиночной дифракционной линзы, которая была очень лёгкой, но требовала весьма существенной обработки формируемого изображения для достижения приемлемого качества.

В настоящей работе описан космический эксперимент по осуществлению съёмки поверхности Земли камерой с рефракционно-дифракционным объективом, установленной на спутнике формата КубСат 3U ( $U = 10 \times 10 \times 10 \text{ см}^3$ ).

### 1. Расчёт и моделирование

Основная идея использования дифракционной оптики в составе классических изображающих объективов основана на том, что материальная дисперсия рефракционных линз и дисперсия фокусирующих свойств дифракционной линзы имеют разные знаки. С увеличением длины волны фокусное расстояние рефракционной линзы увеличивается, для дифракционной же линзы наблюдается обратный эффект. Использование дублета из рефракционной и дифракционной линзы позволяет при правильном подборе параметров полностью исключить хроматическую aberrацию на двух длинах волн и сильно уменьшить её в интервале между этими длинами волн, при этом за счёт геометрикооптического моделирования и оптимизации параметров системы можно не только уменьшить хроматическую aberrацию, но и снизить уровень внеосевых геометрических aberrаций [8]. Для возможности уместить камеру с объективом в объём 1U было выбрано фокусное расстояние объектива 67 мм при апертуре 10 мм.

Для объектива была использована рефракционная линза с фокусным расстоянием  $f_1 = 75 \text{ мм}$ . Согласно методике, описанной в [8], фокусное расстояние дифракционной линзы для компенсации хроматизма должно составлять  $f_2 = 626 \text{ мм}$ , зазор между линзами  $d$  был минимально возможным и составил 1 мм.

Общее фокусное расстояние  $f$  составного рефракционно-дифракционного объектива определялось по формуле

$$f = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2 - d}. \quad (1)$$

Диаметр линзы был подобран из технологических соображений и составил 10 мм. Линза рассчитывалась для основной длины волны 550 нм. Оптимальная высота микрорельефа для этой длины волны составляет 1020 нм.

### 2. Эксперимент

Дифракционная линза была изготовлена методом прямой лазерной записи по фоторезисту AZ3535 ( $n = 1,62$ ) на станции лазерной записи CLWS–2014.

На рис. 1а представлен внешний вид получившейся линзы, на рис. 1б – внешний вид камеры с рефракционно-дифракционным объективом.



Рис. 1. Внешний вид изготовленной дифракционной линзы (а), внешний вид камеры с рефракционно-дифракционным объективом (б)

Камера была установлена на спутнике «Кузбасс–300» (рис. 2), который был выведен на орбиту Земли 9 августа 2022 года.

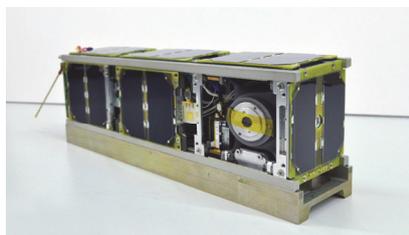


Рис. 2. Внешний вид спутника «Кузбасс–300»

Космический аппарат «Кузбасс–300» представляет собой CubeSat формата 3U, построенный на спутниковой платформе OrbiCraft–Pro SXC3 компании «СПУТНИКС» [<https://sputnix.ru/ru/sputniki/na-orbite/kuzbass-300>]. Камера с рефракционно-дифракционным объективом была размещена в объёме 1U космического аппарата (2U занимают системы управления и связи).

Управление и приём данных с космического аппарата осуществлялись на частоте 437,700 МГц. В составе приёмопередатчика космического аппарата использовался протокол радиоканала USP разработки ООО «СПУТНИКС», использующий помехоустойчивое кодирование. Взаимодействие между наземным комплексом

управления Самарского университета и космическим аппаратом «Кузбасс–300» производилось со скоростью 19200 бит/с.

После запуска спутника потребовалось достаточно существенное время для отладки его систем управления, ориентации и видеосъёмки, поэтому изображений поверхности Земли сделано немного. Однако их оказалось достаточно для проведения анализа полученных данных и определения частотно-контрастной характеристики получаемых изображений.

На рис. 3 приведён пример одного из таких изображений, снятых в северной части Саудовской Аравии.

Съёмка целевого участка (координаты: 20°10' с.ш., 44°38' в.д.) выполнена 02.05.2024 г. в 09:01:00 UTC при высоте орбиты порядка 300 км (рис. 4а). На рис. 4б показана территория поверхности Земли, планируемая к съёмке.

Сравнение запланированной зоны наблюдения (рис. 4б) с полученными данными (рис. 3) выявило угловое отклонение оси аппарата от направления в надир на 37°.



Рис. 3. Необработанное изображение участка с поливными полями в северной части Саудовской Аравии (а), то же изображение после контрастирования (б), то же изображение после цветовой коррекции (в)

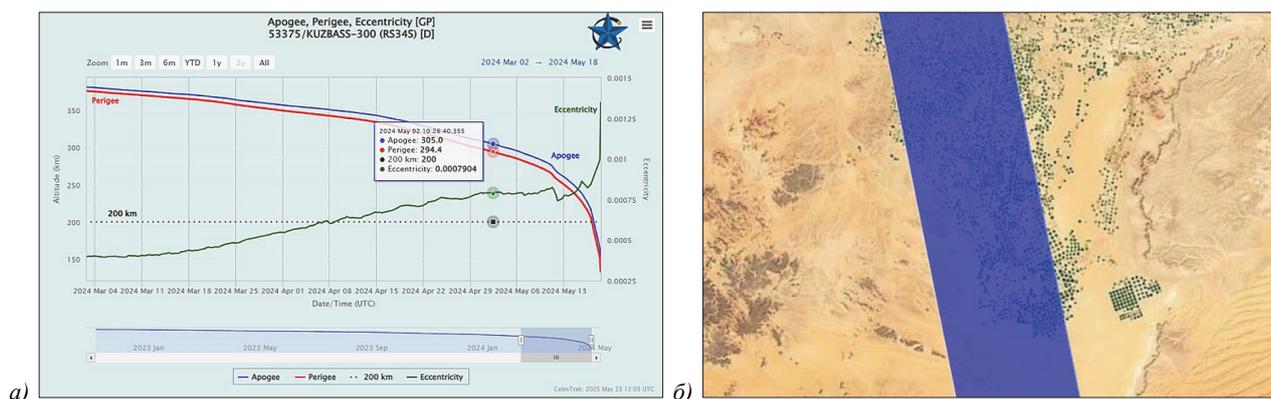


Рис. 4. Орбитальные характеристики космического аппарата на момент съёмки (а), планируемая к съёмке территория поверхности Земли (б)

### 3. Анализ полученных данных

Изображение на рис. 3б было проанализировано в специальном программном обеспечении.

Для объективного анализа качества изображений используется программа автоматического расчёта контраста по всем найденным на изображении полосам. Контраст изображения  $K$  по определённому сечению определяется формулой

$$K = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \tag{2}$$

где  $I_{\max}$  – максимальное значение интенсивности на изображении и  $I_{\min}$  – минимальное значение интенсивности на изображении.

В качестве более объективной характеристики можно использовать значение среднего контраста по всей площади изображения, который рассчитывается по полной совокупности минимумов и максимумов во всех возможных сечениях на изображении.

Расчёт основан на том, что любая пара «минимум–максимум», найденная в сечении, считается полосой изображения. Любую пару, состоящую из локального минимума и максимума, можно использовать для определения контраста согласно формуле (2). Средний контраст для одного сечения определяется путём суммирования контрастов для всех пар максимумов–минимумов. Пусть на вертикальном сечении определено  $N$  минимумов и  $L$  максимумов. Тогда средний контраст для одного вертикального сечения по столбцу  $l$  определяется по формуле

$$\langle K_l \rangle = \frac{1}{NL} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^L \left| \frac{I_i - I_j}{I_i + I_j} \right|, \tag{3}$$

где  $I_i$  и  $I_j$  – значения интенсивности в  $i$ -м локальном максимуме и  $j$ -м локальном минимуме, знак модуля взят для положительного определения контраста, поскольку в таком подходе локальный минимум может быть больше локального максимума.

Средний контраст всего изображения определяется на основе вычисления среднего значения для всех вертикальных сечений изображения по формуле

$$\langle K \rangle = \frac{1}{S} \sum_{l=1}^S K_l, \quad (4)$$

где  $S$  – количество столбцов изображения.

На рис. 5 представлен результат анализа изображения на рис. 3б.

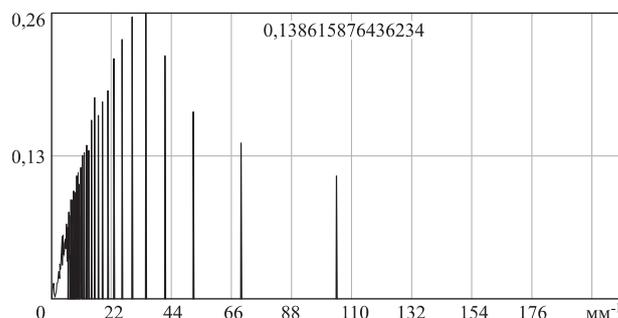


Рис. 5. Экспериментальная частотно-контрастная характеристика оптической системы, измеренная по изображению на рис. 3б

На рис. 5 каждая вертикальная линия является значением среднего контраста для соответствующей частоты. Величина частоты определяется в линиях на растр изображения, т.е. максимальная частота  $1/N$ , где  $N$  – наибольшее из двух разрешений изображения в пикселях. Вверху изображения выводится среднее значение контраста по всем сечениям.

Анализ частотно-контрастной характеристики даёт максимальный уровень контраста на рис. 3б, равный 0,26, при среднем уровне 0,14 и контрасте на частоте Найквиста 0,11, что является хорошим результатом. Для сравнения изображение этого же участка со спутника Sentinel-2, имеет контраст на частоте Найквиста 0,14.

На основе анализа самого изображения можно сделать вывод о достижении разрешения в 200–300 м.

### Заключение

Проведённый космический эксперимент показал возможность практического использования рефракционно-дифракционных объективов в задачах дистанционного зондирования Земли с помощью наноспутников. Уровень контраста мелких деталей сформированного изображения составил 0,11, что сопоставимо с контрастом мелких деталей изображения того же участка земной поверхности, сформированного классической изображающей системой спутника Sentinel-2 (0,14).

### Благодарности

Работа выполнена в рамках научно-образовательного проекта Space-π (разработка полезной нагрузки) и государственного задания НИЦ «Курчатовский институт» (изготовление дифракционной линзы).

### References

1. Lohmann AW. A new class of varifocal lenses. *Appl Opt* 1970; 9(7): 1669–1671. DOI: 10.1364/AO.9.001669.
2. Stone T, George N. Hybrid diffractive–refractive lenses and achromats. *Appl Opt* 1988; 27(14): 2960–2971. DOI: 10.1364/AO.27.002960.
3. Dubik B, Koth S, Nowak J, Zajac M. Hybrid lens with corrected sphero–chromatic aberration. *Opt Laser Technol* 1995; 27(5): 315–319. DOI: 10.1016/0030–3992(95)98690–T.
4. Meyers MM. Diffractive optics at Eastman Kodak Company. *Proc SPIE* 1996; 2689: 228–254. DOI: 10.1117/12.239628.
5. Hong YG, Bowron JW. Novel optics for high performance digital projection systems and monitors: current and future. *Proc SPIE* 2003; 5002: 111–122. DOI: 10.1117/12.473834.
6. Greisukh GI, Ezhov EG, Levin IA, Stepanov SA. Design of the double–telecentric high–aperture diffractive–refractive objectives. *Appl Opt* 2011; 50(19): 3254–3258. DOI: 10.1364/AO.50.003254.
7. Greisukh GI, Ezhov EG, Kazin SV, Sidiyakina ZA, Stepanov SA. Visual assessment of the influence of adverse diffraction orders on the quality of image formed by the refractive–diffractive optical system. *Computer Optics* 2014; 38(3): 418–424. DOI: 10.18287/0134–2452–2014–38–3–418–424.
8. Evdokimova VV, Podlipnov VV, Ivliev NA, Petrov MV, Ganchevskaya SV, Fursov VA, Yuzifovich Y, Stepanenko SO, Kazanskiy NL, Nikonov AV, Skidanov RV. Hybrid refractive–diffractive lens with reduced chromatic and geometric aberrations and learned image reconstruction. *Sensors* 2023; 23(1): 415. DOI: 10.3390/s23010415.
9. Dániel V, et al. Development of CubeSat with COTS camera enabling EO with high GSD. *Proc SPIE* 2020; 11530: 115300Z. DOI: 10.1117/12.2575862.

10. Pang Z, Song Z, Sun Z, Cheng P, Dan L, Li W, Fan X. Optical system design and manufacture for a 1U CubeSat. Proc SPIE 2019; 11341: 113410N. DOI: 10.1117/12.2542219.
11. Jin H, Lim J, Kim Y, Kim S. Optical design of a reflecting telescope for CubeSat. J Opt Soc Korea 2013; 17(6): 533–537.
12. Ivliev N, Evdokimova V, Podlipnov V, Petrov M, Ganchevskaya S, Tkachenko I, Abrameshin D, Yuzifovich Y, Nikonorov A, Skidанov R, Kazanskiy N, Soifer V. First earth-imaging CubeSat with harmonic diffractive lens. Remote Sens 2022; 14(9): 2230. DOI: 10.3390/rs14092230.

### Сведения об авторах

**Ивлиев Николай Александрович**, 1987 года рождения, в 2010 году окончил Самарский государственный аэрокосмический университет (ныне Самарский национальный исследовательский университет, сокращенно Самарский университет) по специальности «Конструирование и технология радиоэлектронной техники». Кандидат технических наук (2015). В настоящее время работает научным сотрудником Института систем обработки изображений, НИЦ «Курчатовский институт», доцентом кафедры технической кибернетики Самарского университета. Область научных интересов: физика поверхности, микро- и нанотехнологии. E-mail: [ivlievn@gmail.com](mailto:ivlievn@gmail.com)

**Подлипов Владимир Владимирович**, инженер НИЛ-35 и старший преподаватель кафедры технической кибернетики Самарского университета, инженер лаборатории микро- и нанотехнологий Института систем обработки изображений, НИЦ «Курчатовский институт». Область научных интересов: математическое моделирование, электронно-лучевая литография и оптимизация технологических процессов травления в микроэлектронике, дифракционной оптике, технологии обработки и контроля поверхности. E-mail: [podlipnovvv@ya.ru](mailto:podlipnovvv@ya.ru)

**Иванушкин Максим Александрович**, в 2017 году с отличием окончил Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (Самарский университет) по специальности «Ракетные комплексы и космонавтика». Ассистент кафедры космического машиностроения Самарского университета. Руководитель Киберфизической фабрики малых космических аппаратов Самарского университета. М.А. Иванушкин является специалистом в области управления малыми космическими аппаратами и системном анализе космических систем. В списке научных работ М.А. Иванушкина 34 статьи, 1 монография, 14 авторских свидетельств и патентов. Страница в интернете: <https://ssau.ru/staff/364362133-ivanushkin-maksim-aleksandrovich/edu>. E-mail: [ma.ivanushkin@ssau.ru](mailto:ma.ivanushkin@ssau.ru)

**Скиданов Роман Васильевич**, 1973 года рождения. В 1990 году с отличием окончил Самарский государственный университет (СамГУ) по специальности «Физика». Доктор физико-математических наук (2007 год), главный научный сотрудник Института систем обработки изображений, НИЦ «Курчатовский институт», профессор кафедры технической кибернетики Самарского университета. Р.В. Скиданов – специалист в области дифракционной оптики, математического моделирования, обработки изображений и нанофотоники. В списке научных работ Р.В. Скиданова 250 статей, 8 монографий. E-mail: [romans@ipsiras.ru](mailto:romans@ipsiras.ru)

**Федоров Василий Викторович**, 24.10.1983 г. рождения, в 2005 году окончил специалитет Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (НИ ТПУ) по специальности «Технология машиностроения» и в 2019 г. окончил аспирантуру НИ ТПУ по направлению подготовки 22.06.01 – «Технологии материалов». Руководитель научно-исследовательского центра «Космических технологий» ФГБОУ ВО КузГТУ. В списке научных работ В.В. Федорова 22 публикации, посвященные разработке оборудования, параметрам сплавления металлических порошков и проволоки из титановых сплавов и нержавеющей стали, а также изучению вопросов структурообразования и объяснения свойств получаемых материалов (4 статьи в журналах из перечня ВАК, 13 статей в зарубежных изданиях, цитируемых в базах данных Scopus и Web of Science). E-mail: [fedorov.tomsk@ya.ru](mailto:fedorov.tomsk@ya.ru)

**Казанский Николай Львович**, в 1981 году с отличием окончил Куйбышевский авиационный институт (КуАИ, ныне – Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (Самарский университет)) по специальности «Прикладная математика». Доктор физико-математических наук (1996 г.), профессор, работает руководителем Института систем обработки изображений (ИСОИ), НИЦ «Курчатовский институт», профессором кафедры технической кибернетики Самарского университета. Заведующий базовой кафедрой высокопроизводительных вычислений Самарского университета в ИСОИ. Является членом международных научных обществ OSA, SPIE и IAPR. Н.Л. Казанский – специалист в области дифракционной оптики, математического моделирования, обработки изображений и нанофотоники. В списке научных работ Н.Л. Казанского 290 статей, 12 монографий, 53 авторских свидетельства и патента.

Страница в интернете: <http://www.ipsi.smr.ru/staff/kazanskiy.htm> . E-mail: [kazanskiy@ssau.ru](mailto:kazanskiy@ssau.ru)

**Соифер Виктор Александрович** – академик Российской академии наук (РАН), доктор технических наук, профессор, президент Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва. Лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства РФ в области науки и техники. Получил квалификацию инженера (1968) Куйбышевского авиационного института (КуАИ, ныне Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва). Получил степень доктора технических наук (1979) Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» (ГЭТУ). Является членом SPIE и IAPR. Является автором и соавтором значительного количества научных публикаций с высоким индексом цитирования, 10 книг, 50 авторских свидетельств и патентов. E-mail: [soifer@ssau.ru](mailto:soifer@ssau.ru)

---

*Поступила в редакцию 05 июня 2025 г. Окончательный вариант – 15 августа 2025 г.*

---

# Imaging of the Earth's surface with an ultra-compact camera with a hybrid lens mounted on the CubeSat 3U platform

N.A. Ivliev<sup>1,2</sup>, V.V. Podlipnov<sup>1,2</sup>, M.A. Ivanushkin<sup>1,2</sup>, R.V. Skidanov<sup>1,2</sup>, V.V. Fedorov<sup>3</sup>, N.L. Kazanskiy<sup>1,2</sup>, V.A. Soifer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samara National Research University, 443086, Samara, Russia, Moskovskoye Shosse 34;

<sup>2</sup> Image Processing Systems Institute, NRC "Kurchatov Institute",  
443001, Samara, Russia, Molodogvardeyskaya 151;

<sup>3</sup> T. F. Gorbachev State Technical University, 650000, Kemerovo, Russia, Vesenniyaya Street 28

## Abstract

A space experiment is described to obtain images from a Cubesat 3U nanosatellite from an orbit 300 km high with a camera with a hybrid refractive–diffraction lens providing a resolution of 200 m on the Earth's surface. An experimental frequency–contrast characteristic of the imaging optical system is constructed, and it is shown that the contrast of small details of the generated image is comparable to the contrast of small details of the image obtained from the Sentinel–2 satellite.

**Keywords:** refractive–diffraction lens, cubesat, remote sensing of the Earth.

**Citation:** Ivliev NA, Podlipnov VV, Ivanushkin MA, Skidanov RV, Fedorov VV, Kazanskiy NL, Soifer VA. Imaging of the Earth's surface with an ultra-compact camera with a hybrid lens mounted on the CubeSat 3U platform. *Computer Optics* 2026; 50(1): 1742. DOI: 10.18287/COJ1742.

**Acknowledgements:** The work was carried out within the framework of the Space–n scientific and educational project (payload development) and the state assignment of the Kurchatov Institute Research Center (manufacture of a diffraction lens).

---

## Author's information

**Nikolay Aleksandrovich Ivliev**, born in 1987, graduated from Samara State Aerospace University (now Samara National Research University, abbreviated as Samara University) in 2010 with a degree in “Design and Technology of Radio–electronic Equipment.” Candidate of Technical Sciences (2015). He is a researcher at the department of the Institute of Image Processing Systems – Samara of the Kurchatov Complex of Crystallography and Photonics of the Federal State Budgetary Institution National Research Center Kurchatov Institute and an associate professor of Technical Cybernetics department of Samara University. Area of scientific interests: surface physics, micro and nanotechnologies. E-mail: [ivlievn@gmail.com](mailto:ivlievn@gmail.com)

**Vladimir Vladimirovich Podlipnov**, an engineer at Samara National Research University's Lab-35, an engineer of the laboratory of Micro- and Nanotechnology of the Image Processing Systems Institute, NRC "Kurchatov Institute". Research interests: mathematical modeling, electron–beam lithography, optimization of etching procedures in microelectronics, diffractive optics and techniques for surface processing and inspection. E-mail: [podlipnovvv@ya.ru](mailto:podlipnovvv@ya.ru)

**Maxim Aleksandrovich Ivanushkin**, graduated with honors from Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev (Samara University) in 2017) majoring in Rocket Systems and Cosmonautics. Assistant Professor of the Department of Space Engineering at Samara University. M.A. Ivanushkin, Head of the Cyberphysical Factory of Small Spacecraft at Samara University, is a specialist in the field of small spacecraft control and system analysis of space systems. In the list of scientific papers M.A. Ivanushkina has 34 articles, 1 monograph, 14 copyright certificates and patents. E-mail: [ma.ivanushkin@ssau.ru](mailto:ma.ivanushkin@ssau.ru)

**Roman Vasilevich Skidanov** (b. 1973). Graduated with honours (1990) from Samara State University (SSU), majoring in Physics. He received his Doctor in Physics & Maths (2007) degrees from Samara State University. He is the vice director and the main researcher of the Image Processing Systems Institute, NRC "Kurchatov Institute", holding a part–time position of professor at Samara National Research University Technical Cybernetics sub–department. He is coauthor of 250 scientific papers, 8 monographs. His current research interests include diffractive optics, mathematical modeling, image processing, and nanophotonics. E-mail: [romans@ipsiras.ru](mailto:romans@ipsiras.ru)

**Vasily Viktorovich Fedorov**, born on 10/24/1983, graduated from the specialty of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "National Research Tomsk Polytechnic University" (NI TPU) in 2005 with a degree in Mechanical Engineering Technology and graduated from the graduate school of NI TPU in 2019 with a degree in Materials Technology. Head of the Space Technologies Research Center of KuzSTU The list of V.V. Fedorov's scientific papers includes 22 publications devoted to the development of equipment, the parameters of fusing metal powders and wires from titanium alloys and stainless steel, as well as the study of structure formation and explanation of the

properties of the materials obtained (4 articles in journals from the list of the Higher Attestation Commission, 13 articles in foreign publications, cited in the Scopus and Web of databases Science). E-mail: [fedorov.tomsk@ya.ru](mailto:fedorov.tomsk@ya.ru)

**Nikolay Lvovich Kazanskiy** graduated with honors (1981) from Kuibyshev Aviation Institute (presently, Samara University), majoring in Applied Mathematics. He received his Candidate in Physics & Maths (1988) and Doctor in Physics & Mathematics (1996) degrees from Samara University. He is the Head of the Image Processing Systems Institute, NRC "Kurchatov Institute", also holding a part-time position of a professor at Technical Cybernetics department of Samara University, holding the chair at the of High-Performance Computing department at the Image Processing Systems Institute, NRC "Kurchatov Institute". He is a member of OSA, SPIE and IAPR. He co-authored 290 scientific papers, 12 monographs, 53 inventions and patents. His current research interests include diffractive optics, mathematical modeling, computer vision, and nanophotonics. Website: <http://www.ipsi.smr.ru/staff/kazanskiy.htm> . E-mail: [kazanskiy@ssau.ru](mailto:kazanskiy@ssau.ru)

**Victor Aleksandrovich Soifer** is an Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Doctor of Engineering, Professor, President of Samara National Research University. He is the recipient of the State Prize of the Russian Federation and the RF government prize in Science and Technology. He was awarded an Engineer qualification (1968) by Kuibyshev Aviation Institute (KuAI, presently, Samara National Research University). He received a Doctor in Engineering degree (1979) from Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI» (ETU). He is a SPIE- and IAPR-member. He is the author and coauthor of a substantial number of scientific publications with high citation index, 10 books, and 50 author's certificates and patents. E-mail: [soifer@ssau.ru](mailto:soifer@ssau.ru)

---

*Received June 05, 2025. The final version – August 15, 2025.*

---