

## **БОРТОВЫЕ ФОТОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ СКОРОСТНЫХ МАЛОФОРМАТНЫХ МАТРИЦ ИК ДИАПАЗОНА**

*Андрей Андреевич Черников*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, аспирант, тел. (913)780-50-96, e-mail: ancher1994@gmail.com

*Сергей Александрович Кравец*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, аспирант, тел. (913)480-67-13, e-mail: santoserg@yandex.ru

*Владимир Николаевич Легкий*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, доктор технических наук, зав. кафедрой автономных информационных и управляющих систем, тел. (905)955-96-69, e-mail: sniios@mail.ru

*Валерий Григорьевич Эдвабник*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, доктор экономических наук, профессор кафедры автономных информационных и управляющих систем, тел. (383)346-26-23, e-mail: edvabnik@corp.nstu.ru; АО «Научно-исследовательский институт электронных приборов», 630005, Россия, г. Новосибирск, ул. Писарева, 53, доктор экономических наук, заместитель генерального директора по развитию, тел. (383)216-05-52, e-mail: niiep@oaoniiiep.ru

*Игорь Сергеевич Гибин*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, доктор технических наук, профессор кафедры оптических информационных технологий, тел. (383)333-25-74, e-mail: gibin@corp.nstu.ru

Представлен анализ параметров скоростных малоформатных матриц, работающих в инфракрасном (ИК) диапазоне. Рассматриваемые матрицы могут быть размещены на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) для дистанционного зондирования подстилающих поверхностей. Рассмотрены виды устройств, их назначения, основные спектральные диапазоны и принципы работы.

**Ключевые слова:** фотоприемные устройства, малоформатные матрицы, инфракрасный диапазон, беспилотные летательные аппараты.

## **ONBOARD PHOTOINTAKES ON THE BASIS OF HIGH-SPEED LOW-FORMAT MATRIXES IN THE INFRARED RANGE**

*Andrey A. Chernikov*

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect K. Marx St., Novosibirsk, 630073, Russia, Ph. D. Student, phone: (913)780-50-96, e-mail: ancher1994@gmail.com

*Sergey A. Kravets*

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect K. Marx St., Novosibirsk, 630073, Russia, Ph. D. Student, phone: (913)480-67-13, e-mail: santoserg@yandex.ru

***Vladimir N. Legky***

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect K. Marx St., Novosibirsk, 630073, Russia, D. Sc., Professor, Department of the Autonomous Information and Operating Systems, phone: (905)955-96-69, e-mail: sniios@mail.ru

***Valeriy G. Edvabnik***

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect K. Marx St., Novosibirsk, 630073, Russia, D. Sc., Professor, Department of Autonomous Information and Control Systems, phone: (383)346-26-23, e-mail: edvabnik@corp.nstu.ru; Research institute of electronic devices Co J-st, 53, Pysareva St., Novosibirsk, 630005, Russia, D. Sc., Deputy Director General for Development, phone: (383)216-05-52, e-mail: niiep@oaoniiep.ru

***Igor S. Gibin***

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect K. Marx St., Novosibirsk, 630073, Russia, D. Sc., Professor, phone: (383)333-25-74, e-mail: gibin@corp.nstu.ru

The analysis of parameters of high-speed small-format matrices operating in the infrared (IR) range is presented. The considered matrices can be placed on unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing of underlying surfaces. The types of devices, their purpose, the main spectral ranges and principles of operation are considered.

**Key words:** photodetectors, small-format matrix, infrared, unmanned aerial vehicles.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) можно определить, как метод измерения свойств объектов на поверхности Земли, в котором используются данные, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и искусственных спутников Земли [1, С. 17].

Области применения ДЗЗ [1, С. 18]:

- мониторинг и оценка состояния окружающей среды (анализ развития городской инфраструктуры, контроль состояния опасных отходов производства);
- наблюдение за глобальными изменениями (истощение озонового слоя атмосферы, обезлесение, глобальное потепление);
- сельское хозяйство (анализ состояния сельскохозяйственных культур, прогноз урожая, исследование эрозии почв);
- добыча полезных ископаемых (минералы, нефть, природный газ);
- наблюдение за возобновляемыми природными ресурсами (заболоченные территории, почвы, леса, океаны);
- метеорология (исследование динамики атмосферы, прогноз погоды);
- картография (топография, землепользование, гражданское строительство);
- военная область (стратегические задачи, тактический анализ);
- средства массовой информации (иллюстративный материал, анализ).

Основные спектральные диапазоны, которые применяются в дистанционном зондировании Земли, перечислены в табл. 1 [1, С. 27, 28]. Эти диапазоны характеризуются тем, что в них содержатся окна прозрачности атмосферы [2, С. 64] (рис. 1), а также тем, что для этих диапазонов разработаны эффектив-

ные детекторы излучения. Помимо диапазонов, представленных в табл. 1, для обнаружения факелов турбореактивных двигателей (ТРД) самолетов и ракетных двигателей (РД) используют окна непрозрачности атмосферы (см. рис. 1) 2,6–2,9 мкм и 4,2–4,4 мкм [3, С. 15–17], что позволяет существенно ослабить неинформативную фоновую компоненту излучения относительно полезного сигнала.

Таблица 1

Название	Диапазон длин волн	Источник излучения	Анализируемый параметр поверхности
Видимый	0,4–0,7 мкм	Солнце	Отражательная способность
Ближний инфракрасный	0,7–1,1 мкм	Солнце	Отражательная способность
Коротковолновой инфракрасный	1,1–1,35 мкм 1,4–1,8 мкм 2,0–2,5 мкм	Солнце	Отражательная способность
Средневолновой инфракрасный	3–4 мкм 4,5–5 мкм	Солнце, источники тепла	Отражательная способность, температура
Тепловой (длинноволновой) инфракрасный канал	8–9,5 мкм 10–14 мкм	Источники тепла	Температура
Микроволновой канал	от 1 мм до 1 мт	Тепловой (пассивная система), искусственный (активная система)	Температура (пассивная система), рельеф (активная система)

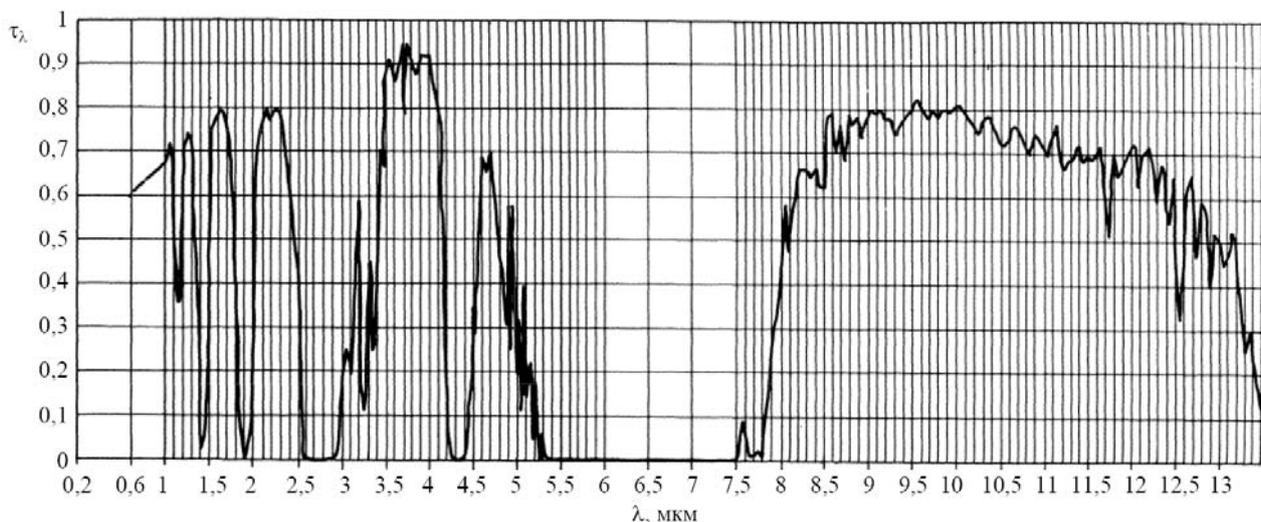


Рис. 1. Спектральная характеристика пропускания атмосферы в инфракрасном диапазоне

ИК излучение представляет существенный интерес при решении задач дистанционного зондирования подстилающих поверхностей по ряду причин,

а именно: ИК диапазон соответствует области излучения тел при температурах, наблюдаемых обычно на поверхности Земли [2, С. 16], существенная доля солнечного излучения, пропускаемого атмосферой, приходится на ИК спектр, фарелы ТРД самолетов и РД, корпуса движущихся самолетов и баллистических ракет, живая сила и наземные транспортные средства излучают преимущественно в ИК диапазоне [3, С. 15–17].

При регистрации излучения с подстилающей поверхности в ИК диапазоне можно воспользоваться скоростными малоформатными матрицами. В качестве примеров доступных на текущий момент малоформатных тепловизионных сенсоров можно привести следующие.

Таблица 2

Датчик	Диапазон	Матрица	Частота обновления кадра	Интерфейс	NETD
НТРА8x8d	Тепловой	8x8	7...800 Hz	I2C	100mK@1Hz
НТРА32x32d	Тепловой	32x32	2...60 Hz (Full) 8...240 Hz (Quarter)	I2C	300mK@1Hz
НТРА80x64d	Тепловой	80x64	1...200 Hz (Full) 4...800 Hz (Quarter)	SPI	250mK@1Hz

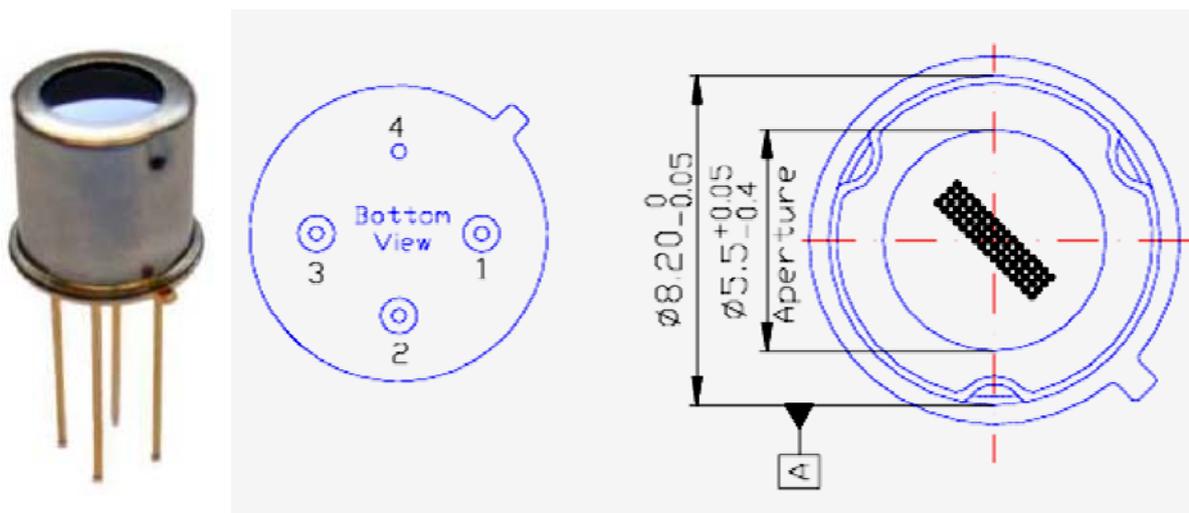


Рис. 2. Общий вид сенсоров НТРА16x4 с обозначенными контактами и типовыми размерами

Пример исполнения сенсоров показывает, что имеется возможность реализации высокоскоростного устройства с простым каналом управления и передачи данных. Области применения:

- Сканирование местности по пожароопасности.
- Получение сельскохозяйственной карты местности.
- Обеспечение безопасности полетов БПЛА.

Из графиков видно, что энергии излучения тела в тепловом диапазоне достаточно для регистрации и анализа на предмет температуры.

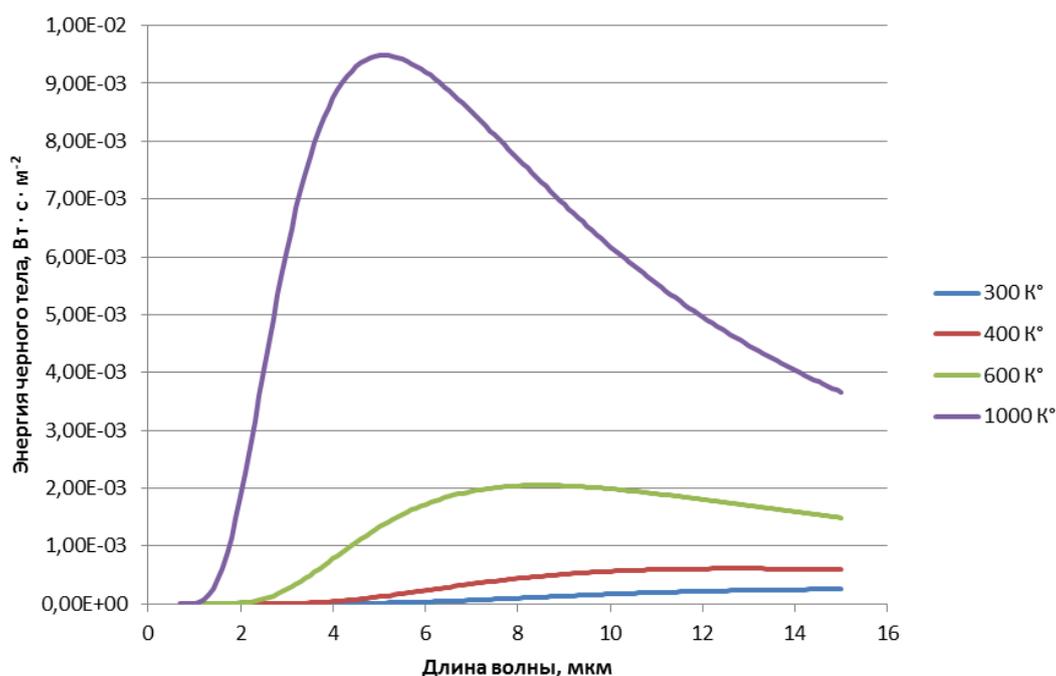


Рис. 3. Мощность теплового излучения черного тела при разных температурах

Таким образом, для отслеживания пожаров достаточно регистрирующего малоразмерного сенсора теплового диапазона.

Бортовые оптоэлектронные системы БПЛА на основе скоростных малоформатных матриц позволяют обеспечить получение достоверной информации при ограниченном времени обработки данных, а также обладают устойчивостью к помехам и дестабилизирующим факторам [4-6].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений – М. : Техносфера, 2010. – 560 с.
2. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. – М. : Мир, 1988. – 416 с.
3. Формозов Б.Н. Аэрокосмические фотоприемные устройства видимого и инфракрасного диапазонов. – СПб. : БГТУ «Военмех», 2004. – 130 с.
4. Легкий В.Н., Топорков В.Д., под ред. В.Н. Легкого. Лазерные системы ближней локации. Оптоэлектронные датчики : монография – Новосибирск : НГТУ, 2002. – 179 с.
5. Легкий В.Н., Галун Б.В., Санков О.В. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения – Новосибирск : НГТУ, 2011. – 455 с.
6. Борисова И.В., Легкий В.Н., Кравец С.А. Применение ориентации градиента яркости для систем автосопровождения объектов // Компьютерная оптика (Computer Optics). – 2017. – № 4. – С. 931–937.

© А. А. Черников, С. А. Кравец, В. Н. Легкий, В. Г. Эдвабник, И. С. Гибин, 2019