

Технология изготовления ИК-датчиков сложна, поэтому между датчиками, представленными на рынке, существует некоторая разница в качестве. Большинство производителей делают ИК-датчики на классы, которые различаются по таким параметрам, как детектируемость, NETD (разница температур, эквивалентная шуму), коэффициент усиления, шум, динамические, количество и расположение битых пикселей, ФПМ, относительная спектральная чувствительность.

Дисплей – это электронный модуль, используемый во многих портативных тепловизорах в качестве внутреннего блока, способного отображать изображение на выходе. Если дисплей миниатюрный, то для увеличения изображения на дисплее используется окулярная линза. Дисплеи и окуляры тепловизоров представляют собой те же блоки, что и в приборе ночного видения.

Комбинирование тепловизионного канала с каналом ночного видения в ОЭП предоставляет ряд значительных преимуществ:

– **улучшенная идентификация объектов:** тепловизоры хорошо работают в полной темноте, а ночные приборы могут усиливать световые сигналы. Это позволяет более точно идентифицировать объекты;

– **работа в сложных условиях:** в условиях плохой видимости (дым, дождь) тепловизоры остаются эффективными, тогда как ночное видение может быть ограничено;

– **снижение ложных срабатываний:** использование обоих типов сенсоров позволяет повысить надежность обнаружения за счет перекрестной проверки данных.

Применение двухканального тепловизионно-ночного монокуляра увеличивает эффективность обнаружения и идентификации объектов, а также открывает новые возможности для применения в других сферах деятельности человека.

#### Литература

1. Грузевич, Ю. К. Оптико-электронные приборы ночного видения. – М.: Физматлит, 2014. – 276 с.

УДК 53.089.5

### ИСПЫТАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК MWIR КАМЕРЫ С ЦЕЛЬЮ МОНИТОРИНГА ПОЖАРОВ

Беляев Ю. В.<sup>1</sup>, Литвинович Г. С.<sup>1</sup>, Горский Д. А.<sup>2</sup>, Котов Д. С.<sup>2</sup>, Страшко И. Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИУ «Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко БГУ»

<sup>2</sup>УП «Геоинформационные системы»

Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В работе представлены результаты испытаний оптических характеристик камеры MWIR диапазона для применения в раннем детектировании очагов возгораний. В исследовании определялись угловое поле зрения, угловое разрешение и спектральный диапазон камеры. Также представлены первые результаты по сравнению LWIR и MWIR тепловизоров в эксперименте по определению температуры пламени.

**Ключевые слова:** средневолновой ИК-диапазон, оптические характеристики, тепловизор.

### MWIR CAMERA OPTICAL CHARACTERISTICS TESTING FOR FIRE MONITORING

Belyaev Yu.<sup>1</sup>, Litvinovich H.<sup>1</sup>, Gorsky D.<sup>2</sup>, Kotov D.<sup>2</sup>, Strashko I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>A. N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of Belarusian State University

<sup>2</sup>UE "Geoinformation Systems"

Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The paper presents the results of testing the optical characteristics of MWIR camera for use in early detection of fires. The study determined the angular field of view, angular resolution, and spectral range of the camera. First results of LWIR and MWIR thermal imagers comparison in experiment for flame temperature determination are also presented.

**Key words:** MWIR, optical characteristics, thermal imager.

Адрес для переписки: Литвинович Г. С., ул. Курчатова, 7, г. Минск 220045, Республика Беларусь  
e-mail: litvinovichgs@yandex.by

Большинство усилий по раннему обнаружению лесных пожаров, по-прежнему предпринимаются наблюдателями. В современном мире развитие получают автоматизированные системы определения очагов возгораний в виду их масштабируемости, всепогодности и возможности круглосуточного мониторинга. Несмотря на то, что популярные на сегодня системы на основе камер видимого диапазона

успешно себя зарекомендовали, они имеют большое количество ложных срабатываний. К сожалению, они работают только в дневное время при не слишком сильном ветре, при котором столб дыма не уносит в сторону [1].

В виду описанных недостатков перспективными выглядят системы на работающие в LWIR (8–14 мкм) и MWIR (3–5 мкм) диапазонах. MWIR

диапазон имеет преимущество в очень большой дальности обнаружения (5–15 км). В представленной работе рассматриваются результаты испытаний оптических характеристик MWIR камеры GAVIN 615A.

Gavin 615A – универсальный охлаждаемый инфракрасный модуль, производства Global Sensor Technology, внешний вид которого представлен на рисунке 1, технические характеристики представлены в таблице 1.



Рисунок 1 – Внешний вид камеры GAVIN 615A

Таблица 1 – Технические характеристики MWIR камеры

Технический параметр		Значение
Детектор		Cooled MW 640×512
Материал детектора		MCT
Размер пикселя, мкм		15
Спектральный диапазон, мкм		3,7 ±0,2–4,8 ±0,2
Количество пикселей		640×512
F-number		4
NETD, мК		≤ 25
Неравномерность		≤ 8 %
Фокусное расстояние, мм		15–300
Габариты с объективом, д×ш×в, мм		243×100×110
Масса с объективом, кг		2,42
Угловое поле зрения, ±5 %	Минимальное увеличение	35,49°×28,72°
	Максимальное увеличение	1,83°×1,47°

В силу того, что пространственное разрешение зависит от расстояния до объекта, целесообразнее определять угловое разрешение, т. е. угловой размер наименьших объектов, различимых на изображении. Для определения углового разрешения (размер минимального различимого объекта в угловом пространстве) производилось измерение специально изготовленной тестовой миры, состоящей из сходящихся нагретых проводящих нитей. Пример зарегистрированных изображений представлен на рисунке 2.

Угловое разрешение составило 0,098° (на минимальном увеличении) и 0,0024° (на максимальном увеличении).

Угловое поле зрения определялось на гониометрическом комплексе «Вектор-2». Комплекс «Вектор-2» состоит из квазиточечного источника излучения (нагретой нити), помещенного в фокус сферического вогнутого зеркала, в результате

чего формируется квазипараллельный пучок, полностью заполняющий апертуру камеры. Поле зрения составило 28,18°×34,98° (при минимальном увеличении) и 1,41°×1,76° (при максимальном увеличении).

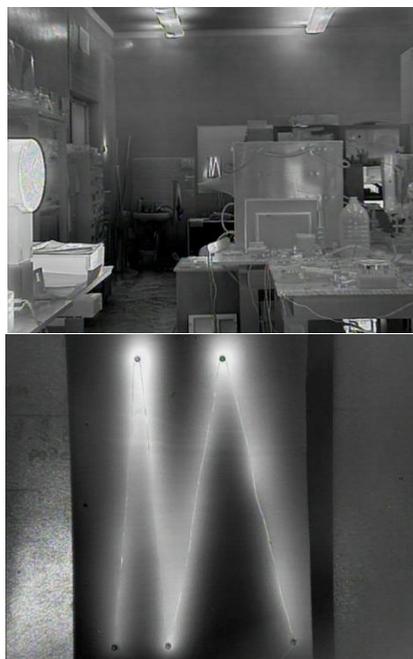


Рисунок 2 – Пример зарегистрированного изображения тестовой миры с минимальным (сверху) и максимальным (снизу) оптическим увеличением

Спектральный диапазон – область длин волн, в пределах которой тепловизор способен регистрировать оптическое излучение. Спектральный диапазон определялся на монохроматическом излучателе комплекса «ИК-Каменя». Камера, сфокусированная на выходную щель монохроматора, регистрирует оптический сигнал. Спектральный диапазон определяется по относительной спектральной чувствительности (рисунок 3) тепловизора по заданному уровню (обычно 0,7).

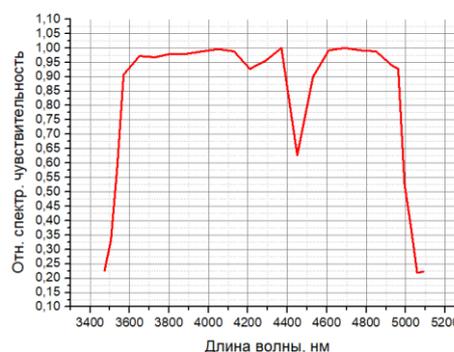


Рисунок 3 – Относительная спектральная чувствительность камеры

Для разработки алгоритмов определения пожаров в лаборатории был проведен эксперимент по определению температуры пламени искусственного источника пламени (парафиновой

свечи). Чтобы исключить эффект автоматической настройки тепловизором контраста на изображении в кадре были размещены два объекта с известными температурами. В качестве таких объектов выступали два абсолютно черных тела с температурами 80 °С и 461 °С. Регистрация производилась двумя тепловизорами: MWIR – GAVIN615A; LWIR – Zenmuse H20T.

Спектральный диапазон тепловизора по уровню 0,7 составляет 3,55–4,98 мкм.

Наличие резкого уменьшения относительной чувствительности в районе 4,4 мкм объясняется влиянием линии поглощения углекислого газа в атмосфере и не может исключено в условиях атмосферы.

Тепловизор LWIR диапазона смог определить температуру двух эталонных объектов: 84,2 ±2,6°С и 462,8 ±98,7 °С.

Тепловизор MWIR диапазона не смог оценить температуру, ввиду насыщения детектора даже при минимальном времени накопления сигнала.

Однако смог отобразить разогретые продукты горения свечи, что в совокупности с тепловизором LWIR способно уменьшить количество ложных срабатываний.

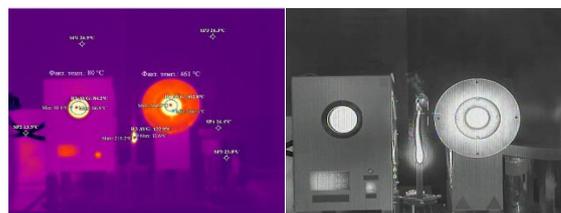


Рисунок 4 – примеры изображений для определения температуры пламени: LWIR – слева; MWIR – справа

#### Литература

1. Archeological Treasures Protection based on early Forest Wildfire Multi Band Imaging Detection System / B. Gouverneur [et al.] // *Electro-Optical and Infrared Systems: Technology and Applications IX*. – 2012. – 85410J.

Equation Chapter 1 Section 1УДК 621

### ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ Yb<sup>3+</sup> И Er<sup>3+</sup> НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ОПТИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ Yb, Er:YLuAG

Вакалов Д. С., Чикулина И. С., Кичук С. Н.

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»  
Ставрополь, Российская Федерация

**Аннотация.** Впервые методом неактивного вакуумного спекания были получены образцы оптической керамики Yb, Er:YLuAG с различной концентрацией активаторов. Показано влияние концентрации Yb<sup>3+</sup> и Er<sup>3+</sup> на интенсивность люминесценции и время жизни возбужденного состояния Yb<sup>3+</sup>.

**Ключевые слова:** оптическая керамика, YLuAG, люминесценция, время жизни

### EFFECT OF Yb<sup>3+</sup> AND Er<sup>3+</sup> CONCENTRATION ON THE LUMINESCENT PROPERTIES OF Yb, Er:YLuAG OPTICAL CERAMICS

Vakalov D., Chikulina I., Kichuk S.

North Caucasus Federal University  
Stavropol, Russian Federation

**Abstract.** For the first time, samples of Yb, Er:YLuAG optical ceramics with different concentrations of activators were obtained using non-reactive vacuum sintering. The influence of the concentration of Yb<sup>3+</sup> and Er<sup>3+</sup> on the luminescence intensity and lifetime of the excited state of Yb<sup>3+</sup> is shown.

**Key words:** optical ceramics, YLuAG, luminescence, lifetime.

Адрес для переписки: Вакалов Д. С., ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь 355017, Российская Федерация  
e-mail: megadims@gmail.com

**Введение.** Одним из перспективных направлений современного материаловедения является разработка активных сред усиления, работающих в области длин волн 1,5–1,65 мкм, так называемом «безопасном для глаз» диапазоне [1]. Лазеры работающие в этой области спектра могут применяться в медицине, в области инфокоммуникаций и т. д. Оптическая керамика со структурой граната, активированная Er<sup>3+</sup> может успешно применяться для этих целей. Однако, малое сечение поглощения Er<sup>3+</sup> в рабочем диапазоне излучения коммерческих диодов (940–980 нм) делает накачку малоэффективной. Для повышения эф-

фективности используются сенсбилизаторы, которые поглощают излучение и передают его активатору. Для Er<sup>3+</sup> идеальным сенсбилизатором является Yb<sup>3+</sup> из-за близкого расположения энергетических уровней возбужденного состояния.

Для мощных лазеров необходимо использовать матрицы с высокой теплопроводностью, при высоком уровне легирования. Этим критериям соответствует керамика на основе LuAG. Для удешевления производства ведется поиск составов с частичным замещением катионов Lu другими металлами при сохранении высоких теплофизических характеристик.