

УДК 681.772.7

doi:10.15217/issn1684-8853.2017.2.101

МАЛОГАБАРИТНАЯ ВАНДАЛОЗАЩИЩЕННАЯ ВИДЕОКАМЕРА НА ОСНОВЕ МНОГОМАТРИЧНОЙ ПРИЕМНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОХРАНЫ ПОМЕЩЕНИЙ

Ю. В. Кривошекова^а, магистрантП. А. Белойван^а, аспирантИ. Г. Бронштейн^а, директор научно-технического центра «Оптико-информационные технологии и системы»А. М. Бурбаев^а, доцент^аСанкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, РФ

Введение: предъявляемые к современным средствам видеонаблюдения особые требования: увеличенное поле обзора в совокупности с высоким разрешением и одновременно малые габариты и низкое энергопотребление (в целях затруднения их обнаружения), — реализуются далеко не во всех видеосистемах. **Цель:** разработка малогабаритной вандалозащищенной видеокамеры с пониженным выделением тепла для наблюдения за протяженными объектами. **Результаты:** предложено конструктивное решение видеокамеры, суть которого состоит в замене ПЗС-матрицы большого формата тремя малогабаритными матрицами с компактным расположением их внутри объема камеры, имеющей малые габариты, таким образом, чтобы на матрицах отображалась только полезная информация. Важная роль в этом решении отводится оптической системе. Рассчитаны параметры оптической системы и приводится оптическая схема объектива pinhole. Пучок световых лучей за объективом, создающим цельное изображение охраняемого объекта, посредством плоских зеркал разводится по трем ПЗС-матрицам. С помощью программного обеспечения фрагменты изображения объекта, сформированные отдельными матрицами, «сшиваются» в единое, адекватное наблюдаемому объекту, изображение, которое в таком виде транслируется на мониторе. **Практическая значимость:** схемные и конструктивные решения с использованием одного объектива pinhole и приемника из трех ПЗС-матриц малого формата, составленных вдоль интересующего направления, позволяют получить малогабаритную, труднообнаруживаемую видеокамеру для наблюдения за протяженным охраняемым объектом.

Ключевые слова — малогабаритная система видеонаблюдения, вандалозащищенная видеокамера, наблюдение протяженного объекта, объектив pinhole, ПЗС-матрица.

Введение

Телевизионные средства наблюдения получили широкое распространение в системах безопасности. Отдельную нишу рынка видеокамер занимают малогабаритные системы, оснащенные объективами pinhole. Одной из актуальных задач, стоящих перед разработчиками камер видеонаблюдения, является увеличение поля обзора в целях наблюдения протяженных объектов. В работе [1] собраны и квалифицированы основные принципы формирования панорамной картины, один из которых, предусматривающий использование систем с составным угловым полем с последующим «сшиванием» нескольких кадров (многоканальные системы), мог бы быть рекомендован для решения поставленной задачи, если бы не неприемлемые для данной ситуации габариты. Кроме того, часто требуется иметь изображение высокого разрешения, т. е. высокой степени детализации объекта наблюдения. Для получения изображения в высоком разрешении необходимо использовать матрицу с большим количеством пикселей, что приводит к увеличению не только габаритных размеров устройства, но и энергопотребления и, следовательно, к большому выделению тепла, что увеличивает вероятность обнаружения видеокамеры с помощью тепловизора.

По этой причине в малогабаритных камерах применяют матрицы оптического формата меньше, чем 1/2 дюйма.

Формулирование и решение основных задач проектирования

Как известно, при одном и том же формате матрицы фокусное расстояние объектива определяет угол зрения видеокамеры. Объективы с малым фокусным расстоянием обеспечивают просмотр пространства большой площади, однако получаемые изображения имеют мелкий масштаб. Более того, широкоугольные объективы вносят существенные искажения в изображение. Длиннофокусные объективы создают более четкое изображение (крупный масштаб), но обладают малой глубиной резкости изображаемого пространства, которая обратно пропорциональна квадрату фокусного расстояния и относительно отверстию объектива [2]. Для решения конкретной задачи — наблюдение 7,5-метрового объекта на расстоянии 11 м — полный угол поля зрения составляет

$$2\omega = 2\arctg \frac{7,5}{2 \cdot 11} \approx 37^\circ.$$

В случае расчета обычных камер видеонаблюдения два параметра — угол обзора и фокусное расстояние — оказываются взаимосвязанными. В рассматриваемом случае одним из основных критериев правильности определения фокусного расстояния объектива является степень детализации изображения, зависящая от задач, стоящих перед системой. При этом для расчета применяют простую формулу [3, 4]

$$f' = Rk,$$

где f' — фокусное расстояние, мм; R — дистанция до объекта, м; k — коэффициент для различных задач наблюдения.

Таким образом, для гарантированной идентификации незнакомого человека на расстоянии наблюдения 11 м потребуется объектив с фокусным расстоянием

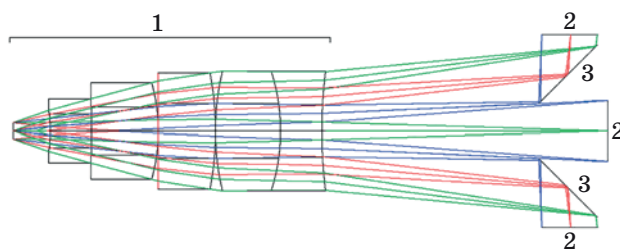
$$f' = 11 \cdot (2 \div 2,5) = 22 \div 27,5 \text{ мм.}$$

Задача проектирования приемника излучения для данной видеосистемы оказалась более сложной. Простой расчет показывает, что при полученных значениях угла обзора, фокусного расстояния объектива и соотношении сторон матрицы 4:3 потребовалась бы ПЗС-матрица с размерами от 16×12 до 20×15 мм, что, конечно же, неприемлемо для малогабаритной видеосистемы наблюдения. Для устранения этой проблемы с учетом разработки видеокамеры для наблюдения протяженных объектов предлагается вместо одной большой матрицы использовать несколько малых, т. е. составной приемник, с расположением составляющих сенсоров в разных плоскостях для уменьшения габаритов приемной системы [5].

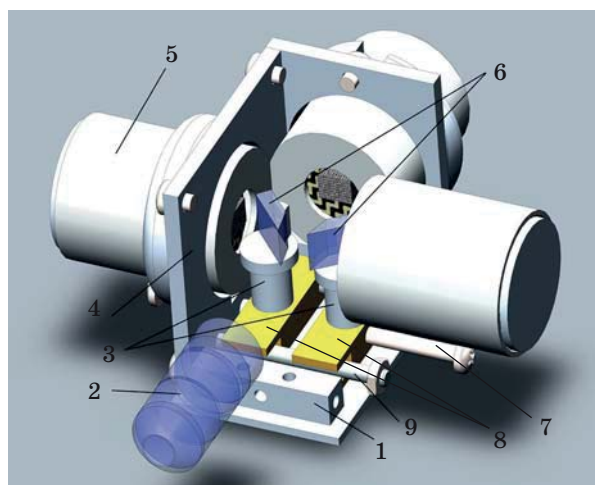
Приведенный выше интервал значений ширины большой матрицы позволяет с учетом ограничений в выборе формата составляющих ПЗС-матриц и предполагаемой их компоновки определить формат матриц как $1/2,5''$. В этом случае совокупный размер приемника по ширине составит $l = 5,7 \times 3 = 17,1$ мм при высоте $h = 4,3$ мм.

Для видеокамеры был выбран объектив pinhole с фокусным расстоянием 27 мм, разработанный в Университете ИТМО. Одним из его преимуществ является большой задний отрезок, позволяющий беспрепятственно расположить зеркала для разделения пучков лучей.

Пучки световых лучей за объективом 1 разводятся вблизи плоскости изображения по трем ПЗС-матрицам 2 следующим образом: осевой пучок направляется на центральную матрицу, расположенную на оси объектива, а крайние пучки с помощью зеркал 3 отклоняются в горизонтальной плоскости таким образом, чтобы главные лучи отраженных пучков были перпендикулярны боковым матрицам (рис. 1).



■ Рис. 1. Ход лучей в оптической системе: 1 — объектив; 2 — ПЗС-матрица; 3 — зеркало



■ Рис. 2. Конструкция видеокамеры: 1 — стальной брусок; 2 — объектив; 3 — цилиндрические стойки; 4 — боковая стенка; 5 — видеокамера; 6 — зеркала; 7 — винт; 8 — каретки; 9 — цилиндрические направляющие

При обработке данных изображения с трех матриц «сшиваются» в единую картину посредством программного обеспечения с учетом инверсии изображений на боковых матрицах.

Конструкция разработанной камеры представлена на рис. 2. Базовым, определяющим компоновку, и несущим элементом конструкции видеосистемы является сборный каркас. В качестве ребер жесткости в нем применены четыре стальных шлифованных единой длины бруска 1 квадратного сечения со строго перпендикулярными торцами. Роль боковых стенок в этом каркасе выполняют фланцы 4 с прямоугольными основаниями и отверстиями для закрепления видеокамер 5 и установки объектива 2. Все три камеры, имеющие корпус цилиндрической формы, базируются в переходных цилиндрических втулках с возможностью их продольного перемещения для отдельной фокусировки. Сами переходные втулки крепятся во фланцах по плотной посадке $\varnothing 19 \text{ H7/js6}$, позволяющей в процессе юстировки устранить взаимный разворот изображений на

трех участках единого кадра. Во фланце, предназначенном для установки объектива, выполнена резьба для общей фокусировки.

В нижней части каркаса смонтированы две цилиндрические направляющие 9, по которым могут перемещаться две каретки 8 с установленными на них зеркалами 6. Зеркала закреплены на каретках с помощью цилиндрических стоек 3, к которым зеркала приклеены торцевыми поверхностями таким образом, чтобы их отражающие плоскости совпадали с осями поворота стоек. Сопряжение стоек с каретками образуют цилиндрические опоры (направляющие вращательного движения), в которых цапфы выполнены за одно целое со стойками. Внутренние края зеркал имеют скосы для исключения «мертвых зон» между соседними участками кадра. В стойках выполнены отверстия под шпильку, с помощью которой в процессе юстировки производят разворот зеркал по углу отклонения пучков лучей. С помощью винтов 7 каретки с зеркалами можно перемещать по направляющим поперек оси светового пучка.

Габаритные размеры конструкции составили 70×60×50 мм. Кроме малых габаритов устройство обладает еще рядом достоинств. Обеспечена

требуемая степень детализации изображения, при этом в кадре будет располагаться только полезная информация. В процессе работы в зависимости от потребностей пользователя и текущей ситуации появляется возможность воспроизведения как единой картины, так и посекторной путем выключения отдельных приемников, что сократит электропотребление и выделение тепла. Установка видеосистемы за защитным экраном с небольшим входным отверстием обеспечит ее вандалозащищенность.

Заключение

В ходе анализа и решения проблем, связанных с разработкой системы видеонаблюдения за протяженным объектом, была предложена конструкция малогабаритной вандалозащищенной видеокамеры на основе единого объектива типа pinhole и многоматричной приемной системы. Оптическая система камеры обеспечивает требуемую степень детализации объекта наблюдения при увеличенном в заданном направлении поле обзора, малые габариты и низкое тепловыделение.

Литература

1. Архипова Л. Н., Багдасаров А. А., Багдасарова О. В., Шевченко Д. Н. Панорамные системы кругового обзора // Оптический журнал. 2016. Т. 83. № 6. С. 20–31. doi:10.1364/JOT.83.000342
2. Бебчук Л. Г., Богачев Ю. В., Заказнов Н. П. Прикладная оптика. — СПб.: Лань, 2009. — 320 с.
3. Разрешение камер видеонаблюдения — аналоговых и IP. http://video-praktik.ru/kamery_razreshenie.html (дата обращения: 20.03.2017).

4. Фокусное расстояние объективов. <http://kb-sb.ru/pub/11/24/> (дата обращения: 20.03.2017).
5. Кривошечкова Ю. В., Бурбаев А. М. Разработка малогабаритной вандалозащищенной видеокамеры // Альманах научных работ молодых ученых XLV научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО. 2016. Т. 3. С. 11–13.

UDC 681.772.7

doi:10.15217/issn1684-8853.2017.2.101

Compact Vandal-Proof Video Camera on the Basis of Multimatrix Receiving System for Security of Premises

Krivoshchekova Y. V.^a, Graduate Student, pugowitsa93@gmail.com

Beloivan P. A.^a, Post-Graduate Student, beloivan92@gmail.com

Bronshtein I. G.^a, Director of the Scientific and Technical Center «Optical Information Technologies and Systems», kb@jupiter.spb.ru

Burbaev A. M.^a, Associate Professor, aburbaev@mail.ru

^aSaint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverkskii St., 197101, Saint-Petersburg, Russian Federation

Introduction: To solve a number of problems, special requirements are made on video surveillance systems: an increased field of view combined with high resolution and, at the same time, small dimensions and low power consumption (in order to impede their detection). **Purpose:** To design a compact vandal-proof video camera with a reduced heat emission for observing extended objects. **Results:** A constructive solution is proposed for a video camera. The idea is to replace a large-format CCD matrix by three small-size matrices compactly arranged inside a small camera in such a way that they display only useful information. An important role in this solution is given to the optical system. Its parameters have been calculated, and an optical layout is given for the pinhole lens. A light beam behind the lens creating a complete image of the guarded object is split into three for the three CCD-matrices using flat mirrors. Special

software merges the fragments of the object image formed by separate matrices so that the resulting single image fits the observed object. In this form, the image is broadcast on the monitor. **Practical relevance:** Schematic and design solutions based on a single pinhole lens and a receiver consisting of three small CCDs composed along the direction of interest can provide a small and difficult-to-detect video camera for observing an extended guarded object.

Keywords — Compact Video Surveillance System, Vandal-Proof Video Camera, Observing an Extended Object, Pinhole Lens, CCD.

References

1. Arkhipova L. N., Bagdasarov A. A., Bagdasarova O. V., Shevchenko D. N. Circular-scan Panoramic Systems. *Opticheskii zhurnal*, 2016, no. 6, pp. 20–31 (In Russian). doi:10.1364/JOT.83.000342
2. Bebchuk L. G., Bogachev Iu. V., Zakaznov N. P. *Prikladnaia optika* [Applied Optics]. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2009. 320 p. (In Russian)
3. *Razreshenie kamer videonabliudeniia — analogovykh i IP* [Resolution of CCTV Cameras — Analog and IP]. Available at: http://video-praktik.ru/kamery_razreshenie.html (accessed 20 March 2017).
4. *Fokusnoe rasstoianie ob'ektivov* [Focal Length of Lenses]. Available at: <http://kb-sb.ru/pub/11/24/> (accessed 20 March 2017).
5. Krivoshchekova Y. V., Burbaev A. M. Development of a Compact Vandal-proof Video Camera. *Al'manakh nauchnykh rabot molodykh uchenykh XLV nauchnoi i uchebno-metodicheskoi konferentsii Universiteta ITMO* [Almanac of Scientific Works of Young Scientists of the XLV Scientific and Educational-Methodical Conference of the ITMO University], 2016, vol. 3, pp. 11–13 (In Russian).

УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

Научные базы данных, включая SCOPUS и Web of Science, обрабатывают данные автоматически. С одной стороны, это ускоряет процесс обработки данных, с другой — различия в транслитерации ФИО, неточные данные о месте работы, области научного знания и т. д. приводят к тому, что в базах оказывается несколько авторских страниц для одного и того же человека. В результате для всех по отдельности считаются индексы цитирования, снижая рейтинг ученого.

Для идентификации авторов в сетях Thomson Reuters проводит регистрацию с присвоением уникального индекса (ID) для каждого из авторов научных публикаций.

Процедура получения ID бесплатна и очень проста: входите на страницу <http://www.researcherid.com>, слева под надписью «New to ResearcherID?» нажимаете на синюю кнопку «Join Now It's Free» и заполняете короткую анкету. По указанному электронному адресу получаете сообщение с предложением по ссылке заполнить полную регистрационную форму на ORCID. Получаете ID.