

ПОРТАТИВНЫЙ АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫЙ ПРИБОР НАБЛЮДЕНИЯД. В. АЛАНТЬЕВ¹, А. А. ГОЛИЦЫН¹, А. В. ГОЛИЦЫН¹, Н. А. СЕЙФИ^{1,2}

¹Филиал Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН
„Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“,
630090, Новосибирск, Россия
E-mail: aag-09@yandex.ru

²Новосибирский государственный технический университет, 630073, Новосибирск, Россия

Представлены результаты разработки и экспериментальной апробации активно-импульсного прибора, предназначенного для обнаружения оптических устройств, ведущих встречное наблюдение, по отражению ими зондирующего излучения. Импульсный метод наблюдения со стробированием по дальности реализован на ПЗС-фотоприемнике со строчным переносом. Дается описание конструкции прибора, приводятся его основные характеристики.

Ключевые слова: активно-импульсный метод, лазерный локатор, метод стробирования, прибор наблюдения, ПЗС-фотоприемник, лазерный излучатель, обработка изображений

В последнее время активно-импульсные (АИ) системы, основанные на методе стробирования, широко используются при дистанционном обнаружении оптической и оптико-электронной аппаратуры, осуществляющей направленное встречное наблюдение [1—7]. Ведущие фирмы-производители регулярно демонстрируют и рекламируют свои АИ-приборы на тематических выставках („Интерполитех“, „Комплексная безопасность“, „Армия-2017“ и др.). Представляемые модификации разнообразны как с точки зрения системотехники, так и по достижимым параметрам, но все они обладают одним общим „слабым звеном“ — электронно-оптическим преобразователем (ЭОП), совмещающим в себе функции усилителя яркости и быстродействующего затвора. Недостаточная разрешающая способность современных ЭОП не позволяет достичь качества изображения, близкого к телевизионному, а использование самого ЭОП совместно с оптической проекционной системой, согласующей его с последующей ПЗС- или КМОП-матрицей, увеличивает размеры и массу АИ-устройства.

В статье описывается в значительной степени свободный от указанных выше недостатков малогабаритный АИ-прибор (рис. 1), предназначенный для поиска оптических и оптико-электронных средств по их бликам. По сути он представляет собой компактную модифицированную телевизионную камеру на базе ПЗС-фотоприемника со строчным переносом, дополненную лазерными излучателями (ЛИ) для подсветки местности зондирующими импульсами. АИ-видение обеспечивается за счет особого управления фотоприемником, позволяющего реализовать многократное стробирование в пределах одного кадра [8], что дает возможность принципиально отказаться от применения ЭОП и благодаря этому не только заметно улучшить массогабаритные характеристики, но и резко повысить качество наблюдаемого изображения.

Ключевую роль в приборе играет специально разработанный электронный модуль на реконфигурируемой системе [9, 10], аппаратно представляющий собой объединенные в пару и совместно работающие программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС) и сигнальный процессор с подключенными к ним внешними элементами быстродействующей



Рис. 1

памяти. Модуль осуществляет весь цикл обработки видеоизображений, начиная с первичной обработки на выходе матричного сенсора и заканчивая выводом видеоданных на дисплей и на внешние устройства. Модуль, в том числе, формирует сигналы управления фотоприемником и ПЗС-процессором, через который принимает оцифрованный видеопоток, производит его цифровую обработку, формирует служебный кадр в виде пиктограмм и текстовой информации, объединяет служебный кадр с изображением сцены. Обработка изображения сводится к изменению его яркости и контраста, гистограммному анализу и последующему расчету необходимых параметров для управления ПЗС-процессором и фотоприемником, таких как коэффициент аналогового усиления, время экспозиции и некоторых других. И анализ, и обработка происходят в реальном времени по всему кадру. Для детализации малоразмерных объектов предусмотрена возможность электронного масштабирования до 10^{\times} [11].

Фактическое разрешение прибора определяется используемым микромонитором на цветной матрице органических диодов формата 800×600 элементов с оптической системой, построенной по схеме ретинального дисплея [12, 13], не требующей диоптрийной наводки и не искажающей естественного восприятия объектов на большом поле зрения [14]. Функциональные меню, различные пиктограммы, шкалы и текстовые поля, содержащие текущую рабочую информацию, отображаются на дисплее в цвете. Наблюдаемая сцена выводится либо монохромной, либо в виде оттенков зеленого, синего, красного, или в других цветах — по желанию оператора.

Приемником излучения служит ПЗС-матрица ICX445 производства Sony размером 1280×960 элементов со строчным переносом и прогрессивной разверткой. С целью повышения кадровой частоты до 25 кадров/с изображение поступает в режиме „центрального окна“. Заведомо избыточное (по сравнению с дисплеем) разрешение фотоприемника позволяет существенно упростить и облегчить его юстировку относительно блока ЛИ путем горизонтального и вертикального сдвига поля зрения электронным способом аналогично выверке цифрового прицела относительно оружия [15].

Помимо вывода изображения на собственный дисплей предусмотрена его передача на внешний персональный компьютер. Последний используется в качестве устройства записи, устройства отображения, дистанционного пульта управления и устройства, выполняющего анализ получаемых кадров. Трансляция видеопотока в реальном времени ведется по шине HighSpeed USB 2.0 со скоростью до 40 Мб/с, что позволяет передавать на компьютер несжатые (соответственно и без потери качества) видеокadres формата 1000×600 пкс со скоростью их поступления с фотоприемника.

На рис. 2 представлена конструкция АИ-прибора (без бленды фотоприемника и соединительных кабелей); здесь: 1 — панель кнопок управления, 2 — плата микромонитора, 3 — наглазник окуляра, 4 — проекционная система ретинального дисплея, 5 — герметичные разъемы питания и USB, 6 — кнопка включения/выключения питания, 7 — блок плат модуля электроники, 8 — фотоприемник, 9 — объектив фотоприемника, 10 — объективы каналов ЛИ, 11 — электронные платы ЛИ, 12 — аккумуляторный отсек (на один NP-F970-совместимый аккумулятор).

На верхней панели 1 располагаются восемь рельефных кнопок общего управления. Шаг между ними и площадь каждой кнопки выбраны из соображений возможности нажатия в теплых перчатках; при этом кнопки имеют достаточный ход с характерным щелчком при нажатии.

Для регулирования оперативно изменяемых параметров — дальности подсветки, времени экспозиции и количества лазерных импульсов на один кадр — отведены три кнопки: „Выбор“, „Плюс“, „Минус“. Переключение функций производится кнопкой „Выбор“, а увеличение или уменьшение значения параметра — кнопками „Плюс“ и „Минус“. В аналогичную группу объединены кнопки, управляющие изображением, — изменение яркости, изменение контраста и электронное масштабирование. Включение/выключение ЛИ и запуск служебного

меню осуществляются двумя отдельными кнопками, расположенными на этой же панели. Менее важные настройки, не требующие оперативной коррекции, такие как цвет пиктограмм и текста на дисплее, границы изменения дальности при автоматическом сканировании и т. п., изменяются при помощи меню, появляющегося при нажатии соответствующей кнопки. Меню выполнено полупрозрачным, чтобы процесс настройки был совмещен с рабочим процессом наблюдения. Кнопка включения/выключения питания при кратковременном нажатии играет роль дополнительной функциональной кнопки [16].

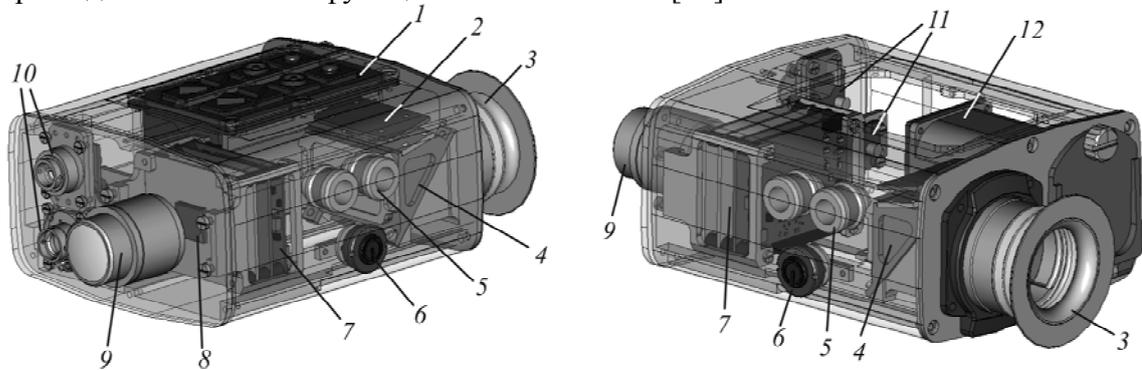


Рис. 2

ЛИ состоит из двух включающихся поочередно импульсных полупроводниковых двухэлементных диодных лазеров QPGAS2S09H (Perkin Elmer) с длиной волны 905 нм (падающей в область высокой чувствительности фотоприемника, но не воспринимаемой визуально), импульсной мощностью 200 Вт (максимальной для ЛИ, доступных на момент принятия решения по комплектации и облику системы), с частотой импульсов 10—15 кГц длительностью 100—150 нс. Каждый лазер снабжен отдельным объективом, формирующим собственное поле зрения с оптимальной угловой расходимостью светового пучка ($9 \times 3^\circ$ и $4 \times 2^\circ$): один — для дистанций до 300 м, другой — свыше 300 м.

Прибор может работать в пассивном, псевдонепрерывном, а также в обычном и ночном АИ-режимах. В первом случае ведется только наблюдение общей фоноцелевой обстановки, а ЛИ не включаются. Во втором — используется лазерная подсветка местности с частотой срабатывания ЛИ (10 кГц), но без стробирования по дальности. Обычный АИ-режим предназначен для обнаружения представляющих интерес ретробликов, при этом дальность подсветки изменяется либо вручную, либо автоматически в предварительно установленных пределах. Ночной вариант представляет собой комбинацию пассивного и АИ-режимов в одном кадре. В условиях низкой освещенности, когда для поиска объектов хватает всего нескольких импульсов ЛИ, но их длительности недостаточно для получения изображения фона приемлемого качества, необходимая экспозиция фона осуществляется непосредственно перед началом излучения.

Для эффективной работы прибора на различных дистанциях предусмотрено автоматическое (помимо ручного способа) изменение числа импульсов ЛИ в зависимости от расстояния наблюдения. Тем самым происходит распределение средней мощности ЛИ по дальности [17]. В противном случае при работе по относительно близким объектам число импульсов подсветки оказывалось бы избыточным, а при работе по более удаленным — недостаточным.

Более уверенному обнаружению объектов поиска в присутствии различных самосветящихся или блестящих (например, отражающих солнечный свет) предметов в АИ-режимах способствует и возможность периодического (с частотой около 2 Гц) кратковременного прерывания подсветки, вследствие чего в поле зрения от искомых целей на разнородном фоне появляются легко идентифицируемые оператором характерные мигающие блики.

Интерфейс управления сделан интуитивно понятным и максимально дружелюбным. Текущая информация о рабочих параметрах (численное значение яркости, дальность подсветки и др.) отображается на дисплее в виде пиктограмм и поясняющего текста. Дополнительно

в качестве вспомогательного элемента высвечивается шкала — либо угломерная в тысячных долях дистанции, либо дальномерная по ростовой фигуре человека высотой 1,7 м (по выбору пользователя). Чтобы излишне не загромождать поле зрения, она с помощью кнопки *б* может отключаться или вводиться только кратковременно.

Кроме оговоренных выше укажем следующие характеристики:

Видимое увеличение, крат.....	4
Поле зрения (при наблюдении на дисплее), град.....	13,1×9,8
Средняя мощность лазерного излучателя, Вт.....	0,25
Дальность действия при освещенности 10 000 лк, м.....	не менее 800
Глубина просматриваемой зоны, м.....	110
Дискретность перемещения просматриваемой зоны, м.....	5
Время работы, ч.....	не менее 3
Напряжение питания аккумулятора, В.....	7,2
Емкость аккумулятора, мАч.....	6600
Напряжение питания внешнего источника, В.....	4—12
Температурный диапазон работы, °С.....	от -40 до +50
Габаритные размеры, мм.....	165×125×80
Масса (вместе с аккумулятором), кг.....	1,3
Установка на штативе.....	возможна

На рис. 3 приведены примеры обнаружения бликов от „встречной“ оптики в натуральных условиях. Объектами поиска служили два оптических прицела ПО-4-24 (гражданские аналоги прицела ПСО), размещенные один за другим на контрольном удалении 300 и 400 м. Оба кадра сняты при вертикальной освещенности на местности 6000 лк с одной и той же точки в обычном АИ-режиме, но на правом при съемке дополнительно включено электронное увеличение $2\times$. Вспомогательные узкополосные фильтры не использовались.

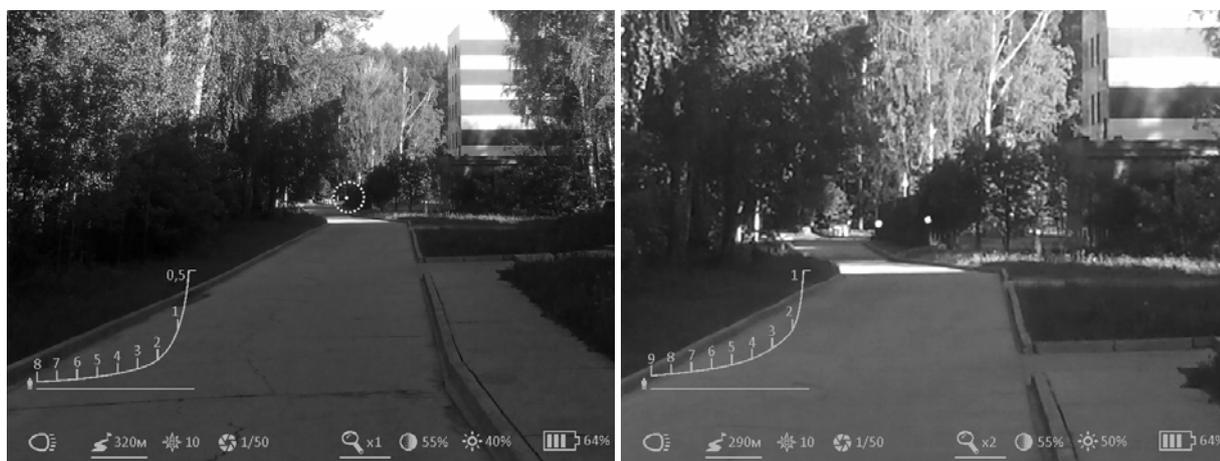


Рис. 3

Не сразу различимый блик на левом снимке (выделен) получен от прицела, находящегося на расстоянии 400 м, при установленной дистанции наблюдения 320 м. Для правого снимка настройка на дальность составляет 290 м, и в этом случае (с увеличением $2\times$) отчетливо видны блики одновременно от обоих прицелов (в центре). На каждом снимке изображение по всему полю зрения четкое, контрастное, высокодетальное и не имеет заметных дефектов.

Представленный АИ-прибор является примером рациональной разработки на основе новаторских решений без использования ЭОП. По сравнению с классическими АИ-устройствами он обладает значительно меньшими габаритами и массой при лучшем качестве изображения. Прибор компактен и легок, надежен в эксплуатации, не требует специального обслуживания. При необходимости он также может быть применен как визирный канал в составе более сложной многоканальной оптико-электронной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В. Г. Применение активно-импульсных приборов наблюдения для видения бликующих элементов // Вопросы оборонной техники. Сер. 11. 1995. Т. 144—145, вып. 1—2. С. 3—7.
2. Попов Г. Н., Голубев П. Г., Мордвин Н. Н., Питик С. Д. Возможность обнаружения и подавления оптико-электронных средств // Прикладная физика. 2007. № 2. С. 124—127.
3. Голицын А. В., Журавлев П. В., Журов Г. Е., Корякин А. В., Чихонадских А. П., Шлишевский В. Б., Яшина Т. В. Псевдобинокулярный многоканальный прибор обнаружения потенциальных угроз // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 6. С. 27—34.
4. Белоконев В. М., Волков В. Г., Саликов В. Л., Случак Б. А. Лазерный телевизионный прибор // Прикладная физика. 2013. № 4. С. 16—22.
5. Горобец В. А., Кабанов В. В., Кабашиников В. П., Кунцевич Б. Ф., Метельская Н. С., Шабров Д. В. Активно-импульсные системы видения и алгоритмы определения расстояний до объектов // Журнал прикладной спектроскопии. 2014. Т. 81, № 2. С. 283—291.
6. Мищенко Н. И., Пустынский И. Н. Методы и средства повышения технических характеристик активно-импульсных телевизионно-вычислительных систем наблюдения // Доклады ТУСУР. 2014. Т. 35, № 3. С. 47—52.
7. Голицын А. А., Сейфи Н. А. Активно-импульсные приборы обнаружения потенциальных угроз // Матер. XXIII Всерос. науч. конф. студентов-физиков и молодых ученых. Екатеринбург, 2017. С. 263.
8. Голицын А. А., Сейфи Н. А. Активно-импульсный метод наблюдения с использованием ПЗС-фотоприемника со строчным переносом // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 11. С. 1040—1047.
9. Голицын А. А., Сейфи Н. А. Визирный канал активно-импульсного прибора обнаружения потенциальных угроз противника // Тр. XVII Всерос. науч.-техн. конф. „Наука. Промышленность. Оборона“. 2016. С. 195—198.
10. Журов Г. Е., Цивинский М. Ю. Универсальная модульная реконфигурируемая система для обработки сигналов тепловизионных и многоканальных приборов в реальном времени // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 5. С. 44—46.
11. Голицын А. А., Цивинский М. Ю. Алгоритм сглаживания увеличенного изображения в тракте видеобработки цифрового прибора наблюдения // Прикладная физика. 2017. № 4. С. 46—50.
12. Ковалев А. М. Виртуальное пространство в сферической перспективе // Оптический журнал. 1999. Т. 66, № 6. С. 127—135.
13. Голицын А. А. Применение ретинальных дисплеев в составе оптико-электронных приборов наблюдения и прицельных комплексов // Матер. XXI Всерос. конф. студентов-физиков и молодых ученых. Омск, 2015. С. 294—295.
14. Ковалев А. М. О способе отображения объектов в сферической перспективе // Автометрия. 2000. № 4. С. 76—81.
15. Голицын А. А. О необходимости применения в цифровых прицелах фотоприемников с избыточным разрешением // Спецтехника и связь. 2015. № 1. С. 17—19.
16. Голицын А. А. Схема управления питанием носимого прибора наблюдения // Изв. вузов. Электроника. 2015. Т. 20, № 3. С. 275—281.
17. Голицын А. В. Повышение эффективности лазерного локаатора оптических систем // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 6. С. 18—21.

Сведения об авторах

- Дмитрий Владимирович Алантьев** — Филиал Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН „Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“, отдел моделирования оптико-электронных приборов; зав. сектором; E-mail: alan80@inbox.ru
- Александр Андреевич Голицын** — Филиал Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН „Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“, отдел электронных систем; ст. инженер-электроник; E-mail: aag-09@yandex.ru

- Андрей Вячеславович Голицын** — Филиал Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН „Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“, отдел моделирования оптико-электронных приборов; зав. отделом; E-mail: golitsyh@oesd.ru
- Наталья Андреевна Сейфи** — Филиал Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН „Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники“, отдел моделирования оптико-электронных приборов; инженер; Новосибирский государственный технический университет, кафедра лазерных систем; аспирант; E-mail: natalia_nsk@inbox.ru

Поступила в редакцию
05.02.18 г.

Ссылка для цитирования: Алантьев Д. В., Голицын А. А., Голицын А. В., Сейфи Н. А. Портативный активно-импульсный прибор наблюдения // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 6. С. 507—512.

PORTABLE GATED-VIEWING DEVICE

D. V. Alantiev¹, A. A. Golitsyn¹, A. V. Golitsyn¹, N. A. Seyfi^{1,2}

¹*Design and Technology Institute of Applied Microelectronics, Branch of the Institute of Semiconductor Physics, 630090, Novosibirsk, Russia
E-mail: aag-09@yandex.ru*

²*Novosibirsk State Technical University, 630073, Novosibirsk, Russia*

A gated-viewing device intended for detection of optical devices conducting counter observation, by their reflection of probing radiation, is developed. Description of the instrument design and results of its experimental testing are presented. The range-gated viewing method is realized on an interline transfer CCD image sensor.

Keywords: gated viewing, laser locator, range-gated method, surveillance device, CCD image sensor, laser emitter, image processing

Data on authors

- Dmitry V. Alantiev** — Design and Technology Institute of Applied Microelectronics, Branch of the Institute of Semiconductor Physics, Department of Optical-Electronic Devices Modeling; Head of a Sector; E-mail: alan80@inbox.ru
- Alexander A. Golitsyn** — Design and Technology Institute of Applied Microelectronics, Branch of the Institute of Semiconductor Physics, Department of Electronic Systems; Senior Engineer-Electronic; E-mail: aag-09@yandex.ru
- Andrey V. Golitsyn** — Design and Technology Institute of Applied Microelectronics, Branch of the Institute of Semiconductor Physics, Department of Optical-Electronic Devices Modeling; Head of the Department; E-mail: golitsyh@oesd.ru
- Natalia A. Seyfi** — Design and Technology Institute of Applied Microelectronics, Branch of the Institute of Semiconductor Physics, Department of Optical-Electronic Devices Modeling; Engineer; Novosibirsk State Technical University, Department of Laser Systems, Post-Graduate Student; E-mail: natalia_nsk@inbox.ru

For citation: Alantiev D. V., Golitsyn A. A., Golitsyn A. V., Seyfi N. A. Portable gated-viewing device. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 6. P. 507—512 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-6-507-512