

На правах рукописи



Сейфи Наталья Андреевна

**МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ АКТИВНО-ИМПУЛЬСНОГО ВИДЕНИЯ НА
ОСНОВЕ ПЗС-ФОТОПРИЕМНИКА**

Специальность 2.2.6 –

Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Новосибирск – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном
учреждении высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Научный руководитель: **Дмитриев Александр Капитонович**, доктор физико-математических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Кириянов Валерий Павлович, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория интегрированных информационных систем управления, ведущий научный сотрудник;

Капустин Вячеслав Валериевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра Телевидения и управления, доцент.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (г. Новосибирск).

Защита диссертации состоится «26» октября 2021 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета 24.2.347.02, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», по адресу: 630073, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, 1 корпус, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Новосибирского государственного технического университета и на сайте www.nstu.ru

Автореферат разослан « » сентября 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент



Максим Андреевич Степанов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Активно-импульсными (АИ) называются приборы наблюдения, принцип действия которых основан на методе стробирования по дальности. Такие приборы имеют в своей конструкции синхронизированные друг с другом фотоприемник и импульсный излучатель, используемый для подсветки сцены. Суть метода заключается в том, что фотоприемник начинает получать изображение с некоторой задержкой относительно срабатывания излучателя, благодаря чему воспринимает свет излучателя, отраженный только от интересующих оператора объектов, отсекая при этом свет, отраженный от объектов, находящихся ближе заданного расстояния, например, от частиц пыли или тумана, расположенных между наблюдателем и интересующим наблюдателя объектом.

АИ-приборы могут применяться для наблюдения в условиях ограниченной видимости при задымлении, в тумане, при наличии встречной засветки. В последнее время активно-импульсные системы, основанные на методе стробирования, получили широкое распространение в задачах дистанционного обнаружения оптической и оптико-электронной аппаратуры, осуществляющей направленное встречное наблюдение. Подобные приборы могут быть применены при проведении поисковых, спасательных и контртеррористических мероприятий в условиях неблагоприятной видимости, поэтому их усовершенствование за счет применения новых научно-технических решений безусловно является актуальным.

Кроме того, разработка устройств наблюдения с использованием новых принципов или способов получения изображения, в том числе тех, в основе которых лежит активно-импульсный метод наблюдения, признана одним из актуальных направлений развития современной радиотехники и фотоэлектроники. На сегодня мировой рынок электроники и оптико-электронной техники занимает одно из ведущих мест в ряду высоких технологий. Причиной высокого темпа развития является постоянное совершенствование радиоэлектронной элементной базы, что, в свою очередь, позволяет реализовывать новые схмотехнические решения в устройствах получения и обработки изображений.

Степень разработанности темы исследования

Основоположником АИ-систем является академик А. А. Лебедев, предложивший метод наблюдения с пространственной селекцией в оптические устройства по аналогии с радиолокаторами в 1936 г. За рубежом такой способ стал изучаться в 1960е годы и получил наименование «Range gated imaging». В частности, вклад в исследование метода внесли D. V. Neumann, L. F. Gillespie и другие ученые. В 60-е года XX века активно-импульсные устройства получили развитие с появлением новых электронно-оптических преобразователей и импульсных лазеров.

С развитием элементной базы микроэлектроники и появлением электронно-оптических преобразователей новых поколений активно-импульсные системы получили развитие в 80–90е годы XX века. Появилось множество публикаций и патентов, метод стал описываться в учебниках. В России и странах СНГ разработкой АИ-приборов и изучением их свойств в разное время занимались В. Г. Волков, И. Л. Гейхман, А. В. Голицын, П. А. Дегтярев, В. Е. Карасик, В. И. Креопалов, Б. Ф. Кунцевич, А. А. Манцветов, И. Н. Пустынский, В. В. Тарасов, А. К. Цицулин, В. Б. Шлишевский, Ю. Г. Якушенко и некоторые другие ученые. За рубежом – L. F. Gillespie, H. Heiselberg, M. Laurenzis, D. V. Neumann, P. Mariani, X. Ren, S. Y. Chua, X. Wang.

В настоящее время исследование метода активно-импульсного видения и разработка устройств на его основе ведется в таких организациях как АО «Научно-исследовательский институт телевидения», АО «Швабе-Фотоприбор», Нижегородский государственный технический университет, Институт физики НАН Беларуси, Новосибирский приборостроительный завод, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Института физики полупроводников СО РАН, а также в Technical University of Denmark (Дания), National Sun Yat-sen University (Китай), Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (Германия), Swedish Defence Research Agency (Швеция), Xi'an Institute of Applied Optics (Китай) и в некоторых других коммерческих организациях и научных учреждениях.

Существующие АИ-приборы наблюдения обладают одним и тем же «слабым звеном» – электронно-оптическим преобразователем (ЭОП), выполняющим функции быстродействующего затвора. Главным недостатком ЭОП является то, что в конструкции цифрового прибора наблюдения он используется совместно с оптической проекционной системой, необходимой для его согласования с последующим устройством получения изображения (обычно на основе твердотельного КМОП- или ПЗС-фотоприемника), а это значительно увеличивает габаритные размеры и массу всего прибора, что является критичным для изделий специального назначения.

Другими недостатками таких АИ приборов являются ограниченное разрешение демонстрируемого изображения вследствие малой разрешающей способности ЭОП по сравнению с КМОП- и ПЗС-фотоприемниками, а также невозможность наблюдения цветного изображения. Также немаловажно то, что ЭОП вместе с проекционной системой вносят значительный вклад в себестоимость оптико-электронного прибора.

Цель работы – увеличение разрешающей способности активно-импульсных приборов наблюдения и систем лазерной локации, а также снижение их массогабаритных характеристик.

Для достижения поставленной цели были **поставлены следующие задачи**:

1. Создать стенд и выполнить на нем исследование явлений и процессов, позволяющих реализовать метод наблюдения со стробированием на основе матричных фотоприемников видимого диапазона без использования внешнего затвора;
2. Разработать алгоритмы управления ПЗС-фотоприемником со строчным переносом синхронно с импульсным лазерным излучателем, реализующие метод стробирования по дальности в условиях нормальной освещенности и в условиях пониженной освещенности;
3. Осуществить практическую реализацию разработанных алгоритмов.

Объектами исследования являются стандартные ПЗС-фотоприемники со строчным переносом, изначально для использования в составе активно-импульсных

систем не предназначенные. **Предметом исследования** является методика управления указанными ПЗС-фотоприемниками.

Научная новизна диссертации:

1. Доказана возможность увеличения времени экспозиции итогового кадра изображения путем поэлементного суммирования в зарядовом виде отдельных изображений, полученных путем стробирования, непосредственно на ПЗС-матрице до их оцифровки;

2. Предложен способ управления ПЗС-фотоприемником в нестандартном режиме, позволяющий исключить из конструкции прибора электронно-оптический преобразователь;

3. Разработаны алгоритмы управления ПЗС-фотоприемником со строчным переносом синхронно с импульсным лазерным излучателем, позволяющие реализовать метод стробирования по дальности в условиях нормальной и пониженной освещенности.

Положения, выносимые на защиту:

1. При реализации активно-импульсного видения путем использования функции электронного затвора фотоприемника, суммирование нескольких отдельных кадров изображения, полученных в том числе с малой экспозицией до 1 мкс при длительности импульса лазерного излучателя 100–150 нс, до их оцифровки позволяет получать изображения наблюдаемой сцены в реальном времени с кадровой частотой не менее 25 кадров/с с отчетливо различимыми деталями фона и наблюдаемых объектов без использования усилителя яркости.

2. Многократное перемещение зарядов из fotocувствительной секции ПЗС-фотоприемника со строчным переносом в секцию вертикального переноса и последующий вертикальный перенос, осуществляемый один раз после всех перемещений, а не между ними, позволяет использовать секцию вертикального переноса в качестве дополнительной секции накопления зарядов и суммировать в ней несколько отдельных кадров изображения до их оцифровки.

3. Алгоритмы управления ПЗС-фотоприемником со строчным переносом синхронно с импульсным лазерным излучателем, реализующие метод стробирования по дальности в условиях нормальной и пониженной освещенностей.

Методология и методы исследования

При разработке схем и конструкций оптико-электронных модулей цифрового активно-импульсного прибора наблюдения использовались известные методы композиции оптических и электронных систем, основанные на расчетах параметров как отдельных блоков, так и оптико-электронной системы в целом, с последующей апробацией полученных результатов на практике. При разработке основных элементов активно-импульсного устройства использовались системы автоматизированного проектирования электрических схем и печатных плат, системы автоматизированного проектирования и расчета оптических систем, программная платформа для верификации и отладки проектов на языках описания аппаратуры, а также среды разработки программного обеспечения для сигнальных процессоров, микроконтроллеров и программируемых логических интегральных схем.

Личный вклад

Все основные результаты работы, ее выводы и защищаемые положения получены автором лично. Подготовка результатов к публикации велась вместе с соавторами. Общий вклад в написание опубликованных статей составляет не менее 75%. Кроме того, автором самостоятельно были поставлены задачи исследования, сформулирована цель, сформулировано техническое задание на лабораторный стенд для исследования возможностей ПЗС-матриц. Автором была осуществлена сборка стенда, проведены необходимые эксперименты, а также была осуществлена обработка результатов экспериментов и последующая интерпретация полученных данных.

Достоверность результатов исследования обеспечена использованием современных систем проектирования и разработки радиоэлектронных систем с использованием средств автоматизированного проектирования, хорошей согласованностью теоретических данных с экспериментальными данными, а также

достаточным объемом полученных результатов. Исследование проведено как на теоретическом, так и на практическом уровнях методами, соответствующими предмету, цели и поставленным задачам.

По теме данной диссертационной работы опубликованы статьи в ведущих рецензируемых изданиях, в том числе индексируемых в реферативных базах Scopus и Web of Science Core Collection.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке способов управления ПЗС-фотоприемниками со строчным переносом, обеспечивающих возможность их применения в составе активно-импульсных приборов наблюдения, и в разработке новых оптико-электронных схем, позволяющих реализовать на их основе активно-импульсную систему без использования ЭОП.

Практическая значимость работы состоит в разработке алгоритмов управления ПЗС-матрицами со строчным переносом, реализующих метод наблюдения со стробированием, и в последующем применении результатов исследования при создании перспективных цифровых активно-импульсных приборов наблюдения видимого диапазона в условиях ограниченной видимости и устройств категории «Антиснайпер».

В ходе работы разработан прототип цифрового активно-импульсного устройства, предназначенного для наблюдения в условиях ограниченной видимости, не содержащий в своей конструкции электронно-оптический преобразователь ни в виде отдельного элемента, ни в составе гибридного фотоприемника, сочлененного с усилителем яркости.

Результаты работы позволяют упростить конструкцию АИ-приборов, уменьшить их массогабаритные характеристики и снизить их себестоимость.

Результаты работы использованы в научно-технической деятельности Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем» («ГосНИИПП»), г. Санкт-Петербург.

Апробация работы

Промежуточные результаты диссертации докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях: Всероссийская научная конференция молодых ученых «Наука, технологии, инновации» (г. Новосибирск, 2010, 2011); Молодежная конкурс-конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, 2011 и 2012); XVII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современная техника и технологии» (г. Томск, 2011); Siberian innovative technologies Graduate and postgraduate students' scientific conference (г. Новосибирск, 2011); Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых (г. Архангельск, 2013); Всероссийская научно-техническая конференция «Наука. Промышленность. Оборона» (г. Новосибирск, 2016 и 2017); Одиннадцатая Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы обеспечения взрывобезопасности и противодействия терроризму» (г. Санкт-Петербург, 2016); XII Международный научный конгресс «Гео-Сибирь» (г. Новосибирск, 2016); Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых (г. Екатеринбург, 2017); 14th International Scientific-Technical Conference APEIE, (г. Новосибирск, 2018); International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (респ. Алтай, 2019, 2020).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 24 печатных научных работы, из них работ, опубликованных в журналах, входящих в перечень ВАК – 6, работ в научных изданиях, индексируемых в реферативных базах Scopus и/или Web of Science Core Collection – 7. Получен 1 патент Российской Федерации на изобретение.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы из 132 наименований, двух приложений. Объем основного текста диссертационной работы – 135 страниц, в том числе рисунков – 52, таблиц – 4.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении диссертации отражена актуальность темы исследования, определены цель и задачи работы. Отражена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассматриваются вопросы построения визирной части активно-импульсного прибора наблюдения на основе твердотельного матричного фотоприемника без использования электронно-оптического преобразователя (ЭОП) в качестве внешнего затвора. Приводятся требования, предъявляемые к используемому фотоприемнику. Описываются особенности конструкции ПЗС-фотоприемников со строчным переносом.

Обосновывается возможность использования функции электронного затвора фотоприемника для фильтрации света лазерного излучателя, возвращаемого раньше заданного времени, при наличии важного условия: конструкцией фотоприемника должно допускаться суммирование нескольких кадров до их оцифровки.

Предложено использовать буферную секцию ПЗС-фотоприемника со строчным переносом не только в качестве секции вертикального переноса, но также в качестве дополнительной секции для накапливания зарядов. Такой подход позволяет осуществить суммирование нескольких отдельных кадров и увеличить общее время экспозиции суммарного кадра до необходимой величины. Общее время экспозиции при этом может существенно превышать длительность единичного импульса лазерной подсветки, что снимает необходимость использования внешнего усилителя яркости.

Во второй главе приводится описание способа управления ПЗС-фотоприемником со строчным переносом, позволяющего реализовать на его основе метод наблюдения со стробированием без применения внешних затворов и усилителей яркости.

Суть предлагаемого способа заключается в следующем. С лазерным излучателем синхронизируются управляющие ПЗС-матрицей сигналы *Стереть* и *Переместить*. Первый обнуляет заряды в секции накопления фотоприемника, а второй осуществляет перемещение накопленных зарядов из секции накопления в секцию

вертикального переноса (буферную секцию). Излучение, отраженное от объектов, находящихся ближе заданного расстояния и представляющих собой помеху, приходит раньше импульса обнуления, а потому в итоговый кадр изображения никакого вклада не вносит.

Затем, вместо того, чтобы начать вертикальный перенос зарядов внутри буферной секции, как того требует документация на фотоприемник, осуществляется наблюдение второго отраженного импульса подсветки и перемещение вновь полученных зарядов из секции накопления в буферную секцию, где они суммируются с уже имеющимися зарядами, полученными при наблюдении первого импульса. Процедура повторяется несколько раз (см. рис. 1).

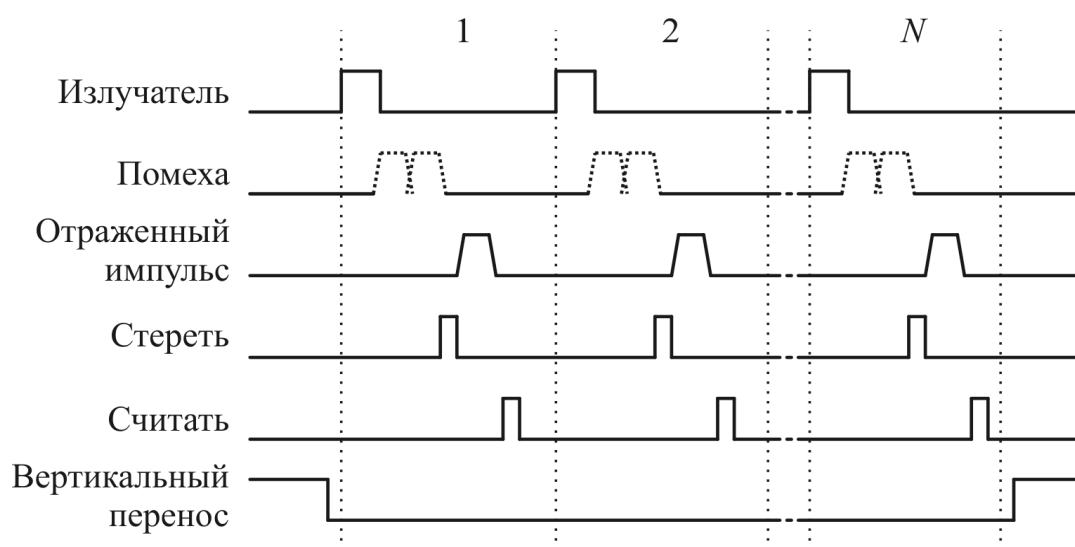


Рисунок 1 – Многократная синхронизация фотоприемника с излучателем

При наблюдении всех последующих импульсов лазерного излучателя вновь получаемые заряды в секции накопления фотоприемника добавляются к уже имеющимся зарядам в секции вертикального переноса. Общее количество импульсов лазерного излучателя N может быть произвольным и зависит от конкретных условий наблюдения и выбирается таким, чтобы яркость фона и яркость наблюдаемого объекта были достаточными с точки зрения оператора. После завершения процедуры подсветки местности лазерным излучателем осуществляется вертикальный перенос зарядов в буферной секции фотоприемника способом, указанным в документации на него, и их считывание оцифровывающей схемой. По завершении вертикального переноса итогового кадра действия повторяются.

На рис. 1 сигнал *Вертикальный перенос* – условный, обозначающий происходит ли вертикальный перенос зарядов в данный момент времени или нет. Сигналы *Стереть* и *Переместить* также являются условными. При управлении реальным ПЗС-фотоприемником обнуление зарядов в секции накопления, перемещение зарядов из секции накопления в секцию переноса и управление вертикальным переносом зарядов осуществляется не отдельными импульсами, а путем подачи определенной последовательности потенциалов на управляющие входы в порядке, определяемом производителем ПЗС-фотоприемника.

Для управления ПЗС-матрицей указанным способом были разработаны два алгоритма управления, подробно описанные в тексте диссертации. Первый алгоритм предназначен для реализации активно-импульсного видения, второй – для управления ПЗС-матрицей при комбинации пассивного режима наблюдения с активно-импульсным. Второй способ управления может применяться для повышения наглядности изображения при наблюдении в условиях пониженной освещенности, когда минимальное время экспозиции фона существенно превышает суммарную длительность импульсов лазерного излучателя. Такой подход позволяет наблюдать блики предметов, хорошо отражающих подсветку лазерного излучателя, с привязкой к ориентирам на местности и получить изображение приемлемого с точки зрения оператора качества.

Также в разделе приводятся примеры диаграмм сигналов управления реальной ПЗС-матрицей при реализации обоих способов управления.

В конце раздела приводятся критерии выбора фотоприемника на основе предполагаемых характеристик разрабатываемой активно-импульсной системы.

В третьей главе рассматриваются вопросы конструкции и аппаратно-программной реализации макета активно-импульсного прибора наблюдения, использовавшегося при проведении экспериментов в качестве стенда для исследования возможностей фотоприемников. Описывается построение основных узлов цифрового активно-импульсного прибора наблюдения, их взаимодействие между собой и реализация алгоритмов управления ПЗС-матрицей.

Для подтверждения возможности реализации активно-импульсной системы наблюдения предложенным способом на практике был разработан действующий

макет активно-импульсного прибора наблюдения. Механически устройство (рис. 2) состоит из жесткого основания (1) и комплекта закрепленных на нем печатных плат, которые соединены друг с другом кабелями-шлейфами: платы излучателя (3), с установленным на ней лазерным излучателем (2), плат видеобработки (4) и платы фотоприемника (5), с установленной на ней ПЗС-матрицей (6). Между основанием и платой фотоприемника располагается бленда, защищающая ПЗС-матрицу от попадания на нее постороннего света.

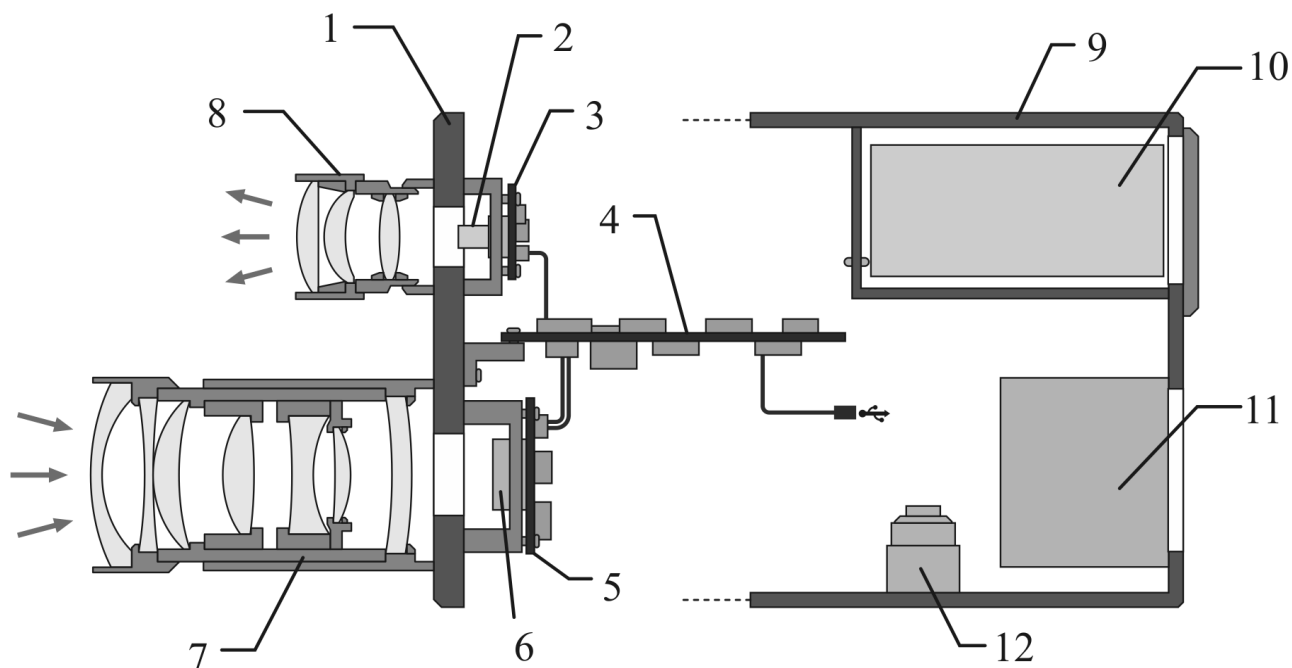


Рисунок 2 – Конструкция макета активно-импульсного прибора наблюдения

Также на основании (1) закреплены два объектива, один из которых (7) предназначен для фотоприемника, а другой (8) – для лазерного излучателя.

Для проведения экспериментов в полигонных условиях также предусмотрен кожух (9) с устанавливаемой в нем аккумуляторной батареей (10), модулем микромонитора (11), герметичными разъемами (12), через которые осуществляется передача изображения на персональный компьютер, и кнопками управления (на рисунке не показаны). В лабораторных условиях кожух не используется, управление прибором-макетом осуществляется при помощи персонального компьютера, а вывод изображения осуществляется только на компьютер, без использования микромонитора. На рис. 3 приведены фотографии прибора-макета без кожуха и с кожухом.

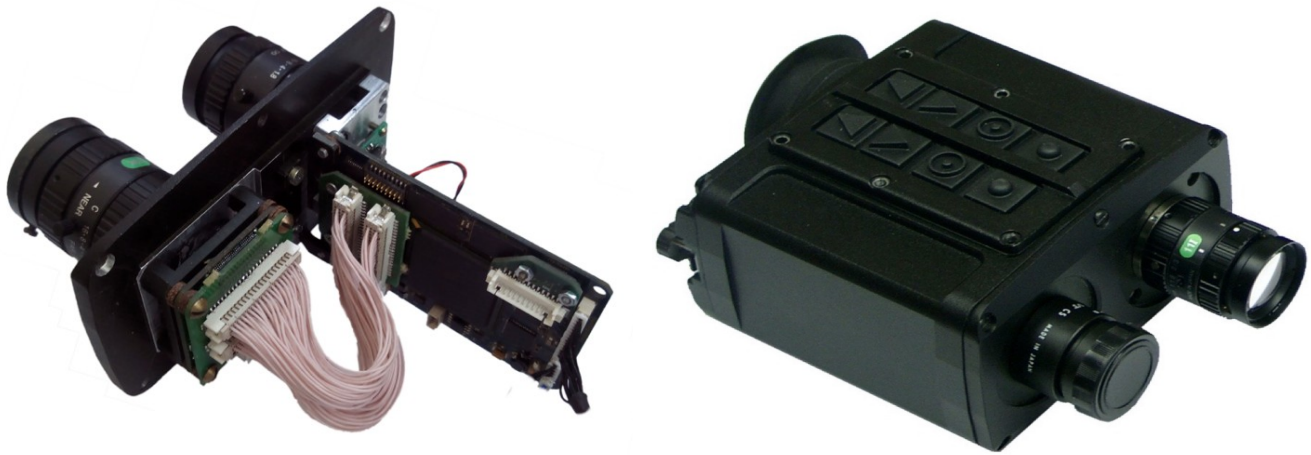


Рисунок 3 – Фотографии макета активно-импульсного прибора наблюдения

Управление ПЗС-фотопримником и лазерным излучателем осуществляется посредством формирования управляющих импульсов специальными модулями, реализованными на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС). В модулях реализованы как стандартный алгоритм управления ПЗС-матрицей в соответствии с документацией производителя, так и предложенные алгоритмы управления ПЗС-матрицей для осуществления метода наблюдения со стробированием и комбинированного режима наблюдения.

Спроектированы аппаратно-программные модули в дальнейшем могут быть использованы при разработке перспективных цифровых малогабаритных активно-импульсных приборов наблюдения или комплексированных систем.

В **четвертой главе** приведены результаты экспериментов, подтверждающие реализуемость предложенного способа построения активно-импульсной системы на основе ПЗС-матрицы со строчным переносом без использования электронно-оптического преобразователя. Подтверждена эффективность использования цифрового активно-импульсного прибора наблюдения для поиска оптических устройств на местности по их бликам и применимость прибора в условиях ограниченной видимости.

В частности, была подтверждена способность отсекал свет лазерной подсветки, отраженный от объектов, которые находятся ближе заданного расстояния. В экспериментах роль наблюдаемых объектов играли катафоты, которые были установлены на различных относительно устройства наблюдения дистанциях. В ходе экспериментов поочередно устанавливались различные значения расстояния

подсветки, или, другими словами, регулировалось время задержки между срабатыванием лазерного излучателя и подачей управляющих считыванием и стиранием зарядов ПЗС-матрицы импульсов. Затем и визуально, и программными методами проверялось, будут ли видны на изображении блики от наблюдаемых катафот, если установить дальность подсветки, превышающую заранее известное расстояние до конкретного катафота.

Примеры изображений, полученных при проведении экспериментов на ПЗС-матрицах семейства ICX445, приведены на рис. 4. На левом скриншоте демонстрируется наблюдение бликующего объекта (для наглядности обведен окружностью), расположенного на расстоянии 400 м от наблюдателя при установленной дальности 320...350 м. На правом скриншоте наблюдаются два объекта, один из которых находится на дистанции 400 м, а другой на дистанции 300 м, при этом дальность наблюдения установлена 290 м.

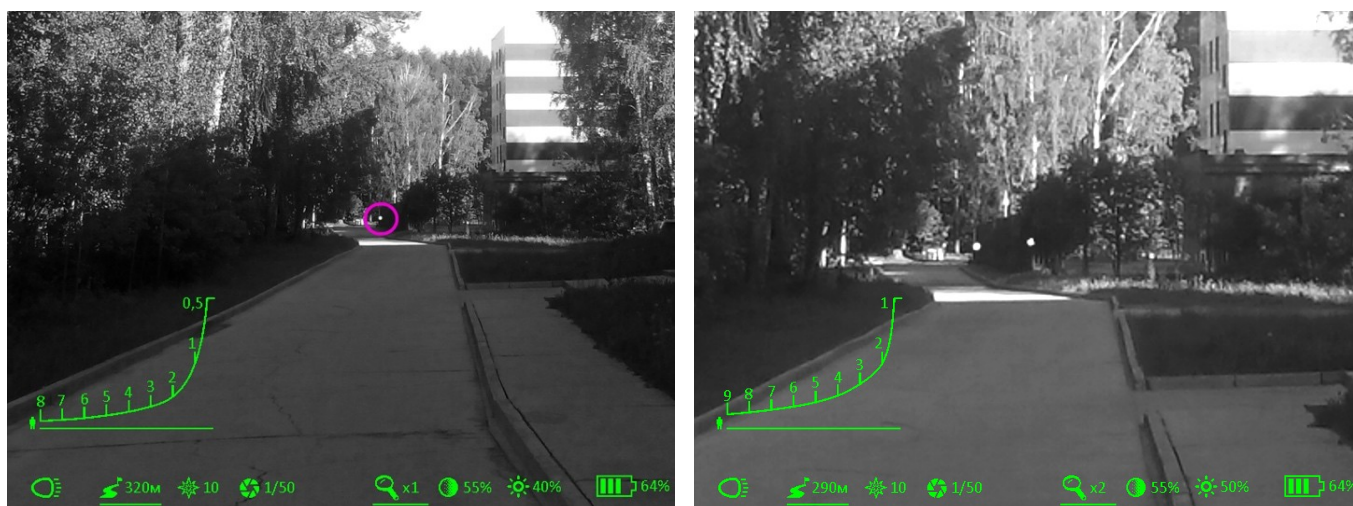


Рисунок 4 – Наблюдение бликов от катафотов, расположенных на разных дистанциях

Другим примером проводимых экспериментов является наблюдение в условиях мутной среды. Для проведения эксперимента было подготовлено изолированное помещение, которое было насыщено дымом. В качестве наблюдаемого предмета использовалась мира в виде вертикальных штрихов. Ширина линии и расстояние между линиями составляет 30 мм. Вертикальный размер штрихов 270 мм. Мира располагалась на расстоянии 20 м от макета активно-импульсного прибора наблюдения. В эксперименте дистанция наблюдения, то есть, дистанция восприятия

отраженного лазерного излучения, постепенно менялась от минимальной и до такого значения, когда мира становилась отчетливо различимой.

Примеры наблюдавшихся в ходе проведения эксперимента изображений приведены на рис. 5. На данном рисунке приведен кадр изображения, снятый в пассивном режиме при естественной освещенности, без использования лазерной подсветки (верхний левый скриншот), а также снятые в активно-импульсном режиме наблюдения при установленной дальности подсветки 10, 15 и 20 м (остальные кадры в порядке сверху вниз и слева направо).

При установленной дальности наблюдения, соответствующей дальности размещения миры, дым не виден, что говорит о том, что свет, отраженный от частиц дыма, полностью отфильтрован. А при наблюдении на меньшие дистанции (или, что то же самое – при установленном времени задержки стирания и считывания зарядов меньшем, чем необходимо свету пройти расстояние до объекта и обратно) изображение дыма полностью или частично перекрывает изображение цели.

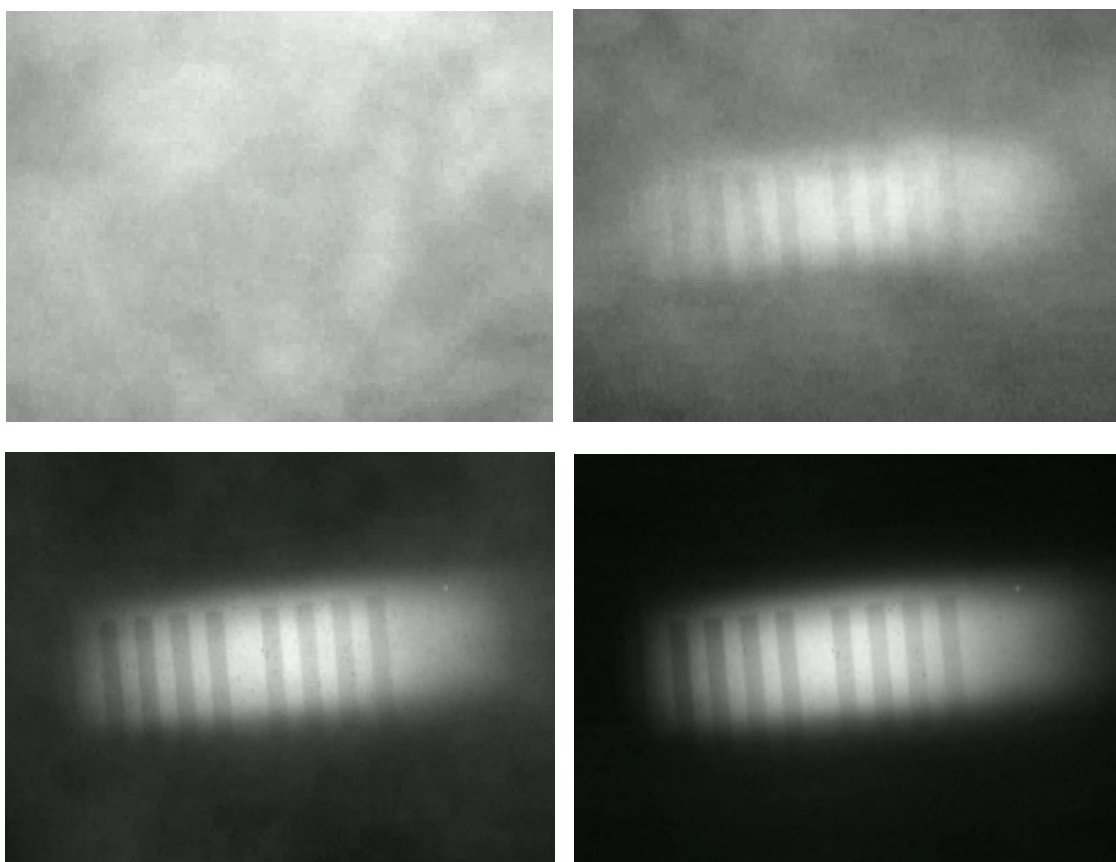


Рисунок 5 – Наблюдение миры в условиях задымления. Пояснения в тексте

Данный эксперимент наглядно демонстрирует возможности реализации метода наблюдения со стробированием по дальности (активно-импульсного видения) при

использовании предложенного способа управления ПЗС-матрицей со строчным переносом.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

В приложениях к диссертации представлен патент на изобретение «Способ активно-импульсного видения», а также акт об использовании результатов диссертационной работы Федеральным государственным унитарным предприятием «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем» («ГосНИИПП»), г. Санкт-Петербург.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Разработан и исследован способ управления ПЗС-матрицей со строчным переносом, позволяющий реализовать на ее основе систему наблюдения методом стробирования (активно-импульсную систему).

2. Разработаны алгоритмы формирования управляющих сигналов ПЗС-матриц со строчным переносом, реализующие предложенный способ управления ПЗС-матрицами.

3. Спроектирован прибор-стенд, позволивший управлять ПЗС-матрицами недокументированными способами и провести экспериментальную апробацию предложенного способа управления ПЗС-матрицей. Прибор-стенд используется в качестве макета активно-импульсной системы без ЭОП.

4. Проведенные в ходе работы эксперименты показали работоспособность предложенного способа управления ПЗС-матрицей и наглядно продемонстрировали его практическую применимость. На его основе могут быть разработаны перспективные малогабаритные цифровые активно-импульсные системы наблюдения, обладающие меньшими массой и габаритными размерами по сравнению с аналогичными приборами, реализованными на основе электронно-оптических преобразователей.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из перечня ВАК:

1. Голицын, А.А. Активно-импульсный метод наблюдения с использованием ПЗС-фотоприемника со строчным переносом / А.А. Голицын, **Н.А. Сейфи** // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2017. – Т. 60. – № 11. – С. 1040–1047. – DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-11-1040-1047;

2. Голицын, А.А. Реализация активно-импульсного режима на ПЗС-матрице / А.А. Голицын, **Н.А. Сейфи** // Прикладная физика. – 2018. – № 1. – С. 78–83.
Golitsyn A.A. The implementation of a gated viewing on the CCD matrix / A.A. Golitsyn, **N.A. Seyfi** // Applied Physics. – 2018. – No 1. – Pp. 78–83. [in Russian] (проиндексирована в **Scopus**);
3. Алантьев, Д.В. Стенд для исследования возможности использования матричных фотоприёмников видимого диапазона в составе активно-импульсных приборов наблюдения / Д.В. Алантьев, А.А. Голицын, А.В. Голицын, **Н.А. Сейфи** // Оптический журнал. – 2018. – Т. 85. – № 6. – С. 53–57.
Alant'ev D.V. Test stand to evaluate the possibility of using visible-light photodetector arrays as a part of active pulsed observation devices / D.V. Alant'ev, A.A. Golitsyn, A.V. Golitsyn, **N.A. Seifi** // Journal of Optical Technology. – 2018. – Vol. 85. – Issue 6. – Pp. 355–358. – DOI: 10.1364/JOT.85.000355 (проиндексирована в **Web of Science Core Collection**);
4. Алантьев, Д.В. Способ активно-импульсного видения с электронным затвором на ССD-фотоприемнике / Д.В. Алантьев, А.А. Голицын, А.В. Голицын, А.Г. Паулиш, **Н.А. Сейфи**, С.Д. Чибурун // Письма в журнал технической физики. – 2018. – Т. 44. – № 13. – С. 3–9. – DOI: 10.21883/PJTF.2018.13.46321.16925
Alantev D.V. Gated-Viewing System with an Electronic Shutter on a CCD Image Sensor / D.V. Alantev, A.A. Golitsyn, A.V. Golitsyn, A.G. Paulish, **N.A. Seyfi**, S.D. Chiburun // Technical Physics Letters. – 2018. – V. 44. – Issue 7. – Pp. 555–557. – DOI: 10.1134/S1063785018070039 (проиндексирована в **Scopus** и **Web of Science Core Collection**);
5. Алантьев, Д.В. Портативный активно-импульсный прибор наблюдения / Д.В. Алантьев, А.А. Голицын, А.В. Голицын, **Н.А. Сейфи** // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2018. – Т. 61. – № 6. – С. 507–512. – DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-6-507-512;
6. Голицын А.А. Оптимизация активно-импульсного метода наблюдения с использованием ПЗС-приемника при низкой освещенности / А.А. Голицын, **Н.А. Сейфи** // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2018. – Т. 61. – № 12. – С. 1072–1076. – DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-12-1072-1076.

Патент на изобретение РФ:

7. Способ активно-импульсного видения: патент РФ RU 2657292 С1 / Голицын А.А., **Сейфи Н.А.**; заявитель и патентообладатель ИФП СО РАН – заявка № 2017100286; заявл. 09.01.2017; опубл. 13.06.2018; Бюл. № 17.

Публикации в сборниках материалов конференций:

8. A.A. Golitsyn. Digital range-gated surveillance device without an image intensifier / A.A. Golitsyn, **N.A. Seyfi** // In proc. 21th International Conf. of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM), 2020. – pp. 289–292. –

DOI: 10.1109/EDM49804.2020.9153475 (проиндексирована в **Scopus** и **Web of Science Core Collection**);

9. Seyfi N.A. Optimization of CCD-based gated-viewing system for low illumination conditions / N.A. Seyfi, A.A. Golitsyn, A.V. Golitsyn // In proc. 20th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM), 2019. – pp. 313–316. – DOI: 10.1109/EDM.2019.8823356 (проиндексирована в **Scopus** и **Web of Science Core Collection**);
10. A.A. Golitsyn. The implementation of gated-viewing system based on CCD image sensor / A.A. Golitsyn, N.A. Seyfi // In. proc. 2018 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE). – 2018. – pp. 102–104. – DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545072 (проиндексирована в **Scopus**);
11. Seyfi N.A. Instrumentation for testing the possibility of using CCD image sensors in gated-viewing devices / N.A. Seyfi, A.A. Golitsyn // In. proc. 2018 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE). – 2018. – pp. 281–284. – DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545234 (проиндексирована в **Scopus**);
12. Голицын А.А. Активно-импульсные приборы обнаружения потенциальных угроз / А.А. Голицын, Н.А. Сейфи // Мат. двадцать третьей всероссийской научн. конф. студентов-физиков и молодых ученых ВНКСФ-23, 1–8 апреля 2017, г. Екатеринбург. – Екатеринбург: Уральское изд-во, Изд-во АСФ России, 2017. – С. 263;
13. Голицын А.А. Малогабаритный лазерный локатор оптических систем / А.А. Голицын, Н.А. Сейфи // Наука. Промышленность. Оборона : Труды 18 Всероссийской научно-технической конференции, г. Новосибирск, 19–21 апр. 2017 г. в 4 т. – Том 2. – Новосибирск : Издательство НГТУ, 2017. – С. 241–244;
14. Голицын А.А. Активно-импульсные приборы обнаружения потенциальных угроз / А.А. Голицын, Н.А. Сейфи // Сборник трудов Одиннадцатой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы обеспечения взрывобезопасности и противодействия терроризму», г. Санкт-Петербург, 12–14 апреля 2016 г. Том 1. – СПб.: Любавич, 2017. – С. 378–380;
15. Голицын А.А. Визирный канал активно-импульсного прибора обнаружения потенциальных угроз противника / А.А. Голицын, Н.А. Сейфи // Наука. Промышленность. Оборона: труды XVII Всероссийской научно-технической конференции, г. Новосибирск, 20–22 апреля 2016. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – С. 195–198;
16. Голицын А.А. Лабораторный стенд для исследования возможностей ПЗС-фотоприемника по использованию в составе активно-импульсных приборов / А.А. Голицын, Н.А. Сейфи // XII международная конференция «Прикладная оптика 2016», г. Санкт-Петербург, 14–18 ноября 2016. Сборник трудов в 3 томах. Том 2. – СПб.: Изд-во ГОИ, 2016. – С. 201–202;

17. Голицын А.А. Аппаратно-программный комплекс получения и обработки изображения в реальном времени для переносимого прибора наблюдения или прицела / А.А. Голицын, **Н.А. Сейфи**, А.К. Дмитриев // Материалы девятнадцатой всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых ВНКСФ-19 – Архангельск: Издательство АСФ России, 2013. – С. 435–436;
18. Голицын А.А. Прибор наблюдения в условиях ограниченной видимости / А.А. Голицын, **Н.А. Сейфи** // X Международная конференция «Прикладная оптика – 2012». Сборник трудов конференции. Т.1 – СПб.: Оптическое общество им. Д.С. Рождественского, 2012. – С. 241–243;
19. Н.А. Сейфи Разработка прибора наблюдения в условиях недостаточной видимости / **Н.А. Сейфи**, А.К. Дмитриев // Фотоника и оптические технологии : материалы молодежной конкурс-конференции – Новосибирск: НГУ, 2012. – С. 22–23;
20. Сейфи Н.А. Прибор наблюдения в условиях ограниченной видимости / **Н.А. Сейфи** // Современная техника и технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 1 – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – С. 243–244;
21. Сейфи Н.А. Прибор наблюдения в условиях недостаточной видимости / **Н.А. Сейфи** // Наука. Технологии. Инновации : Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 6-ти частях. Ч. 3. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 279–281;
22. Seyfi N. Target Acquisition in conditions of the restricted visibility / **N. Seyfi** // Siberian innovative technologies Graduate and postgraduate students' scientific conference, Novosibirsk, April 7, 2011 – Novosibirsk: NSTU, 2011. – Pp. 29–30;
23. Сейфи Н.А. Повышение эффективности действия лазерного локаатора оптических систем / **Н.А. Сейфи** // Наука, технологии, инновации: материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 4-х частях. Часть 1 – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – С. 354–355;

Публикации в прочих научных изданиях:

24. Голицын, А.А. Электронный модуль цифровой обработки изображения для устройства круглосуточного наблюдения / А.А. Голицын, **Н.А. Сейфи** // Вестник Новосибирского гос. ун-та. Серия: Физика. – 2012. – Т. 7. – Вып. 3. – С. 129–136.

Отпечатано в типографии

Новосибирского государственного технического университета

630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20.

Тел./факс. (383) 346-08-57. Формат 60×84/16, объем 1.25 п.л., тираж 100 экз.

Заказ № 176. Подписано в печать 19.07.2021 г.