

УДК 621.384.326.3:621.391.2

Активно-импульсный прибор ночного видения для области спектра 0,9—1,7 мкм

В. М. Белоконев, В. Г. Волков, Г. А. Леонова, В. Л. Саликов
Федеральное государственное унитарное предприятие "Альфа", Москва, Россия

Рассмотрен активно-импульсный прибор ночного видения для работы в области спектра 0,9 – 1,7 мкм. Поиск и обнаружение объекта наблюдения в пассивном режиме обеспечивается на дальности, равной предельной дальности распознавания при работе прибора в активно-импульсном (АИ) режиме в широком диапазоне изменения внешних условий. Дальность распознавания автомашины составляет 2 км, угол поля зрения в пассивном режиме равен $6 \times 3^\circ$, в АИ-режиме — $1 \times 0,5^\circ$, точность измерения дальности ± 5 м, масса — не более 15 кг, энергопотребление — не более 15 Вт при питании постоянным током напряжением 12 В.

PACS: 42.79.Ls

Введение

В настоящее время широко известны активно-импульсные приборы ночного видения (АИ ПНВ) [1]. Их принцип действия основан на импульсном подсвете объекта наблюдения лазерным излучением и синхронизированным с ним импульсным управлением (стробированием) электронно-оптического преобразователя (ЭОП), установленного в приемной части АИ ПНВ. Они обеспечивают повышенные дальности обнаружения и распознавания объектов наблюдения как при нормальной, так и пониженной прозрачности атмосферы, сохраняют непрерывность процесса наблюдения при воздействии мощных световых помех, позволяют обнаруживать и замаскированные объекты (в том числе и по бликам излучения лазерного подсвета, отраженного от оптических и оптико-электронных средств этих объектов), обеспечивают точное измерение дальности.

Однако хорошо известен и недостаток АИ ПНВ, работающих в традиционной области спектра 0,4—0,9 мкм. Поскольку из энергетических соображений угол подсвета лазерного осветителя обычно не превышает $1\text{--}2^\circ$, то создаются большие сложности поиска таким узким лучом объектов наблюдения при работе АИ ПНВ в АИ-режиме. Это усугубляется еще и тем, что кроме необходимости указанного поиска по фронту, возникает необходимость одновременного поиска по глубине сравнительно узким стробом. Все это приводит к тому, что поиск в АИ-режиме становится практически невозможным из-за неприемлемых потерь затрачиваемого на него времени. В связи с этим для поиска можно использовать или дополнительный широкопольный канал (теп-

ловизионный или радиолокационный), или широкопольный пассивный режим работы прибора. Однако привлечение для поиска дополнительного канала далеко не всегда возможно из-за ограниченности возможностей по массе, габаритам, энергопотреблению либо по стоимости. Пассивный режим работы АИ ПНВ даже при достаточно высоком уровне естественной ночной освещенности (ЕНО) и нормальной прозрачности атмосферы не обеспечивает дальность обнаружения, сопоставимую с предельной дальностью распознавания в АИ-режиме. Это делает невозможным поиск в пассивном режиме на таких дальностях действия АИ ПНВ. Если же имеет место падение уровня ЕНО ниже нормируемого значения, ухудшение прозрачности атмосферы и появление в поле зрения АИ ПНВ световых помех, то поиск в пассивном режиме и вовсе становится невозможным. Поэтому для устранения указанных недостатков возникает необходимость в усовершенствовании пассивного режима работы АИ ПНВ. С этой точки зрения представляется целесообразным перейти из области спектра 0,4—0,9 мкм в область спектра 0,9—1,7 мкм. В работах [2, 3] показано, что в последней области спектра создаются более высокий уровень ЕНО, большие природные контрасты объекта с фоном, более высокая прозрачность атмосферы, позволяющая не только работать при пониженной ее прозрачности, но до определенных пределов даже в тактических дымах, большая степень защиты от световых помех. В связи с этим, как показывают результаты расчетов, дальность поиска и обнаружения в пассивном режиме становится сопоставимой с дальностью распознавания в АИ-режиме.

Вопросы технической реализации

Рассмотрим техническую реализацию работы АИ ПНВ в области спектра 0,9—1,7 мкм. Для этого необходимо применить новые элементы в передающей и приемной частях АИ ПНВ, а именно: импульсные лазерные излучатели, работающие на длине волны 1,54—1,55 мкм, и преобразователи изображения, работающие в области спектра 0,9—1,7 мкм. В качестве таких излучателей могут быть использованы твердотельные импульсные лазеры на основе эрбия или алюмоиттриевого граната с применением рамановской ячейки, излучающие на длине волны 1,54 или 1,57 мкм. Такие лазеры в низкочастотном режиме работы традиционно используются в малогабаритных лазерных дальномерах [4], а в частотном режиме работы (20—30 Гц) — в АИ ПНВ [5—7]. В частности, в НИИ "Полус" [7] создан лазер LT-8TS со следующими параметрами: длина волны 1,57 мкм, средняя мощность излучения 0,4—0,6 Вт, мощность в импульсе 1,3—2 МВт, частота 20—30 Гц, длительность импульса 10—15 нс, угловая расходимость излучения 11 мин.

Фирма ЗАО "Лазеры и оптические системы" (Россия) разработала лазер с длиной волны 1,57 мкм, средней мощностью излучения 0,75 Вт, частотой 25 Гц, длительностью импульса излучения 12 нс, угловой расходимостью излучения 3—5 мрад, массой 4 кг, габаритными размерами 320×160×100 мм [8]. Однако минимальные масса, габаритные размеры и энергопотребление могут быть достигнуты при использовании импульсных лазерных полупроводниковых излучателей (ИЛПИ), генерирующих на длине волны 1,55 мкм [9]. Основные параметры такого ИЛПИ модели ИЛД-10-1550 (осветитель — групповой модуль, состоящий из 10 таких ИЛПИ): длина волны 1,55 мкм, мощность излучения в импульсе одиночного ИЛПИ — 10 Вт, группового модуля — 100 Вт, средняя мощность излучения одиночного ИЛПИ — 5 мВт, группового модуля — 50 мВт, длительность импульса излучения 100 нс, частота 5 кГц, масса одиночного ИЛПИ 1 г, габаритные размеры одиночного ИЛПИ 6,35×11,97 мм.

Фирма Laser Components (UK) (Великобритания) разработала многоэлементный ИЛПИ модели 1550XXX с длиной волны 1,55 мкм, средней мощностью излучения 60 мВт, частотой 6,6 кГц, длительностью импульса излучения 150 нс [10].

В приемной части АИ ПНВ для работы в АИ-режиме может быть использован ЭОП с фотокатодом типа ТЕР (Transferred Electron Photocathode) [5], стыкованный с ТВ-камерой на базе матрицы ПЗС. Электронно-оптический преобразователь может работать в импульсном режиме и

обладает достаточной спектральной чувствительностью на длине волны 1,54—1,57 мкм, но небольшой интегральной чувствительностью (рис. 1, кривая 1). Это препятствует применению его для работы АИ ПНВ в пассивном режиме. Для обеспечения работы последнего может быть использована ТВ-камера на основе матрицы фотодетекторов InGaAs, работающая в области спектра 0,9—1,7 мкм [11]. Она не функционирует в импульсном режиме, но ее достаточно высокая интегральная чувствительность (см. рис. 1, кривая 2) обеспечивает требуемую работоспособность АИ ПНВ в пассивном режиме.

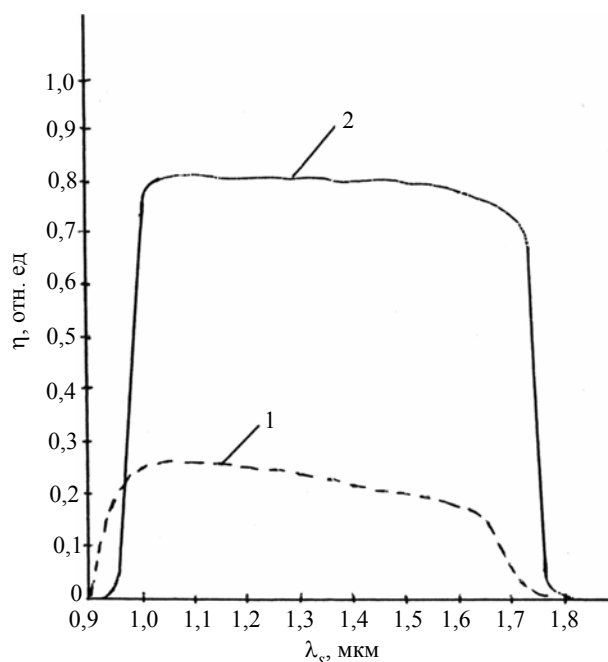


Рис. 1. Зависимость квантового выхода: 1 — ТЕР-фотокатода [5] от длины волны; 2 — ТВ-камеры SU320MX-1.7RT [11]

Основные параметры типичной InGaAs ТВ-камеры модели SU320MX-1.7RT фирмы Goodrich Corp. (США): квантовый выход свыше 0,65—от 1,0 до 1,6 мкм, удельная обнаружительная способность свыше $4 \cdot 10^{13}$ см²·Гц^{0,5}·Вт⁻¹, динамический диапазон свыше 10^3 , коэффициент заполнения 100 %, рабочая частота кадров 30 или 60 Гц (формат EIA 170), 25 или 50 Гц (формат CCIR) число пикселей 320×240 при размере пикселя 40 мкм, масса ТВ-камеры менее 300 г, габаритные размеры 50×60×95 мм [11].

Основные параметры стыкованной с ЭОП ТВ-камеры модели WAT-902H фирмы Wattec Co. Ltd. (Япония) [12]: чувствительность $3 \cdot 10^{-4}$ лк, формат 1/2 дюйма; разрешающая способность 570 ТВ-линий, отношение сигнал/шум 46 дБ, масса 90 г, габаритные размеры 50×34×34 мм.

Схема построения АИ ПНВ представлена на рис. 2. При его работе в пассивном режиме излучение ЕНО, отразившись от объекта наблюдения и

окружающего его фона, приходит в блок 1 наблюдения. Его зеркально-линзовый объектив 2 создает изображение объекта и фона. При этом излучение проходит через линзу 3, отражается от зеркала Манжена 4 и проходит через зеркало 5. Его дихроичное покрытие 6 пропускает излучение в области спектра 0,9—1,7 мкм, но отражает излучение на длине волны 1,54—1,57 мкм. Линзовый компенсатор 7 полевых аберраций передает излучение в первую фокальную плоскость объектива 2. В ней установлена матрица ТВ-камеры 8. Видео-сигнал с ее выхода преобразуется в блоке 9 в ТВ-стандарт, а затем передается в ТВ-монитор 10, с экрана которого наблюдается изображение. При этом синхрогенератор 11 осуществляет кадровую и строчную синхронизацию работы ТВ-камеры 8, блока 9 и ТВ-монитора 10, выполненного на основе жидкокристаллической матрицы. Угол поля зрения пассивного канала составляет $6 \times 3^\circ$. Этого достаточно для осуществления поиска и обнаружения объекта наблюдения. После его обнаружения включается АИ-режим работы ПНВ для распознавания объекта и измерения дальности до него. Объект подсвечивается излучением импульсного лазерного осветителя 12. Для обеспечения его работы и реализации АИ-режима используется блок 13 стробирования. Его задающий генератор импульсов (ЗГИ) 14 со своего первого выхода выдает импульсы синхронизации, которыми запускается блок 15 накачки. Он служит для возбуждения импульсами тока ИЛПИ 16, генерирующий импульсы излучения на длине волны 1,55 мкм. Это излучение коллимируется объективом 17 формирования излучения и направляется на объект наблюдения, создавая на нем пятно подсвета. Угол подсвета (и, соответственно, угол поля зрения в АИ-режиме) составляет $1 \times 0,5^\circ$. Излучение подсвета, отраженное от объекта наблюдения, приходит в объектив 2 блока 1 наблюдения. Излучение подсвета проходит через линзу 3, отражается от зеркала Манжена 4, затем отражается от дихроичной поверхности зеркала 5 и передается во второй компенсатор 18 полевых аберраций. На его выходе во второй фокальной плоскости объектива 2 расположен фотокатод ЭОП 19. На этом фотокатоде, работающим в импульсном режиме, создается изображение объекта. До прихода импульса подсвета на фотокатод ЭОП 19 он заперт постоянным напряжением. Со второго выхода ЗГИ 14 одновременно с выдачей синхроимпульса с первого выхода ЗГИ 14 генерируется импульс напряжения, запускающий блок 20 регулируемой задержки (БРЗ). В нем формируется плавно регулируемая задержка. С выхода БРЗ 20 импульс напряжения передается в формирователь стробирующих импульсов (ФСИ) 21. Он обеспечивает при работе в

АИ-режиме записание ЭОП 19 постоянным напряжением. В момент прихода в него импульса с выхода БРЗ 20 он формирует импульс строга, отпирающий ЭОП 19. Это происходит в момент формирования или несколько превышающее длительность импульса подсвета. Благодаря этому изображение в ЭОП 19 преобразуется в видимое и усиливается по яркости. Через волоконно-оптическую деталь (фокон) 22 (ВОД) изображение передается на матрицу ПЗС ТВ-камеры 23. Видео-сигнал с ее выхода передается в ТВ-монитор 10, с экрана которого наблюдается изображение. При этом синхрогенератор 11 осуществляет кадровую и строчную синхронизацию блоков 8—10 и 23. Питание всех электрических блоков осуществляется от первичного источника питания 24 (аккумуляторная батарея с выходным напряжением 12 В постоянного тока).

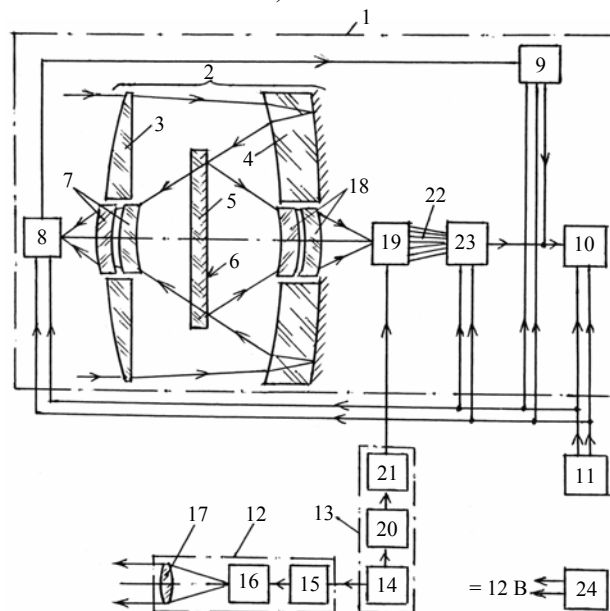


Рис. 2. Схема построения АИ ПНВ для работы в области спектра 0,9—1,7 мкм

Благодаря такой схеме построения АИ ПНВ оператор может осуществлять поиск и обнаружение в пассивном, а распознавание — в АИ-режиме, включая эти режимы или попеременно, или одновременно. В последнем случае в центральной части поля зрения наблюдается изображение объекта наблюдения в АИ-режиме, а в остальной части поля зрения — ориентирование, поиск и обнаружение объектов в широком диапазоне изменения внешних условий. Увеличение пассивной и АИ-ветвей АИ ПНВ должно быть согласованным.

Заключение

По предложенной схеме построения возможно создание переносного АИ ПНВ с дальностью рас-

познавания автомашины не менее 2 км, с углом поля зрения в пассивном режиме $6 \times 3^\circ$, в АИ-режиме — $1 \times 0,5^\circ$ при точности измерения дальности ± 5 м, масса (вместе с лимбом и треногой) — не более 15 кг, энергопотребление — не более 15 Вт. Возможны и иные варианты построения АИ ПНВ по данной схеме в зависимости от характера его применения и объекта-носителя.

Литература

1. Гейхман И. Л., Волков В. Г. Основы улучшения видимости в сложных условиях. — М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 1999. — 286 с.
2. Волков В. Г. Приборы ночного видения новых поколений//Специальная техника. 2001. С. 2—8.
3. Волков В. Г. Многоэлементные фотоприемные устройства для области спектра 0,8—2,6 мкм и их применение в

инфракрасных камерах//Электронные компоненты. 2007. № 9. С. 94—100.

4. Волков В. Г. Малогабаритные лазерные дальномеры//Специальная техника. 2007. № 5. С. 2—13; № 6. С. 2—11.
5. Aebi V., Vallianos P. Laser-illuminated viewing provides long-range detail//Laser Focus World. 2000. V. 36. No 9. P. 147—150.
6. Лазерные системы с длиной волны 1,57 мкм: Каталог фирмы ЗАО "Лазеры и лазерные системы". — М., 2005.
7. Твердотельные лазеры//Проспект. — М.: НИИ "Полюс", 2002.
8. Твердотельные лазеры: Проспект. — М.: ЗАО "Лазерные и оптические системы", 2005.
9. Лазерные полупроводниковые излучатели: Каталог/ФГУП НПП "ИНЖЕКТ". — г. Саратов, 2007.
10. Semiconductor laser 1550XXX//Laser Focus World. 2006. No 2; Byers Guide. 2006. P. 73.
11. SU320MX-1.7RT High Sensitivity InGaAs NIR Mini-Camera: Проспект фирмы Goodrich Corp., США, 2006.
12. ТВ-камера WAT-902H. Проспект фирмы "Солинг". — М., 2007.

Статья поступила в редакцию 9 октября 2008 г.

Range-gated night vision device for spectral region 0.9—1.7 μm

V. M. Beloconev, V. G. Volcov, G. A. Leonova, V. L. Salicov
Federal State Unitary Enterprise "ALPHA", Moscow, Russia

The range-gated night vision device (RG NVD) for spectral region 0.9—1.7 μm is presented. Searching and detection of observing object in RG NVD was provided in the passive mode for distance equal maximal recognition distance by working of devices in the range-gated (RG) mode by wide range of external conditions. The recognize distance of a car is about 2 km, field of view in the passive mode is 6×3 grad, in the RG mode — 1×0.5 grad, precision of distance measure — ± 5 m, the mass — less than 15 kg, DC power supply voltage equals to 12 V and consumption 15 W.

PACS: 42.79.Ls

* * *