

РАЗРАБОТКА ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ-БИНОКЛЕЙ НА КРАСНОГОРСКОМ ЗАВОДЕ им. С.А. ЗВЕРЕВА

© 2009 г. А. И. Абрамов, доктор техн. наук; А. Б. Бельский, канд. техн. наук;
А. А. Зборовский, канд. техн. наук; Б. Б. Иванов, канд. техн. наук
ОАО “Красногорский завод им. С.А. Зверева”, г. Красногорск, Московская обл.
E-mail: laser@zenitcamera.com

Приведены данные о лазерных дальномерах-биноклях, разработанных и выпускаемых ОАО “Красногорский завод им. С.А. Зверева”. Излучатель дальномера – импульсный полупроводниковый лазер, приемник – кремниевый лавинный фотодиод. Приведены основные параметры и характеристики изделий, рассмотрена функциональная схема канала дальнометрии. Намечены пути совершенствования дальномер-биноклей: увеличение максимального измеряемого расстояния, повышение точности измерения, создание модификаций с набором дополнительных опций.

Ключевые слова: лазерная дальнометрия, дальномер-бинокль, полупроводниковый лазер, лавинный фотодиод, характеристики лазерного дальномера.

Коды OCIS: 280.3400, 120.4640, 140.5960

Поступила в редакцию 20.03.2009

ОАО “Красногорский завод им. С.А. Зверева” занимается лазерной дальнометрией начиная с 60-х годов, сразу после появления первых лазеров.

Основной тип излучателя, используемого в те годы в дальномерах, – твердотельный лазер с модулированной добротностью, обладающий высокой импульсной мощностью и обеспечивающий, благодаря этому, измерение больших расстояний.

70–80-е годы характеризуются существенным прогрессом в развитии полупроводниковой электроники, в частности, созданием сравнительно дешевых, мощных полупроводниковых источников оптического излучения и высокочувствительных фотоприемников. Эта элементная база начала быстро внедряться в приборостроение, и в последние 10–15 лет интенсивно развивается дальнометрия на основе полупроводниковых импульсных инжекционных лазеров [1]. Такие излучатели имеют существенно меньшую мощность по сравнению с твердотельными (примерно на 4 порядка), но могут обеспечить частоту следований импульсов до 10^3 – 10^5 Гц. При использовании специальных алгоритмов обработки сигналов значение максимального измеряемого расстояния, обеспечиваемое “полупроводниковыми” дальномерами, приближается к соответствующему параметру “твердотельных” дальномеров. В то же время “полупроводниковые”

дальномеры, по сравнению с “твердотельными”, имеют существенно меньшие массу, габариты, энергопотребление и стоимость.

Малогабаритные лазерные дальномеры-монокуляры и бинокли серийно производятся в настоящее время рядом зарубежных фирм: Bushnell, Leica, Leupold, Nikon, Vectronix и др., а также некоторыми отечественными предприятиями.

На Красногорском заводе им. С.А. Зверева 5 лет назад разработан и освоен в производстве лазерный дальномер-бинокль ЛДБ 7×40. Внеш-



Рис. 1. Лазерный дальномер-бинокль ЛДБ 7×40.

Основные параметры и характеристики лазерного дальномера-бинокля ЛДБ 7×40

| Параметр/характеристика | Значение |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Длина волны излучения дальномера, мкм | 0,9 |
| Диаметр объектива, мм | 40 |
| Увеличение | 7× |
| Угловое поле визирных каналов | 6° |
| Диаметр выходного зрачка, мм | 5,7 |
| Удаление выходного зрачка, мм | 20 |
| Диоптрийная настройка | ± 4 диоптрии |
| Межзрачковое расстояние, мм | 60–70 |
| Питание | батарея 9 В, щелочная |
| Масса, г | 1150 |
| Габаритные размеры, мм | 145×158×72 |
| Диапазон рабочих температур | от 0 до +40°C |
| Дальность измерения (L), м | |
| максимальная | 1000 |
| минимальная | 20 |
| Точность измерения, м | ±0,01L |
| Дисплей | жидкокристаллический |

ний вид изделия приведен на рис. 1, основные параметры и характеристики – в таблице.

По степени лазерной опасности дальномер-бинокль относится к изделиям класса 1 по ГОСТ Р 50723 (лазерное изделие, безопасное при установленных условиях эксплуатации).

Функциональная схема дальномера приведена на рис. 2.

В дальномере используется полупроводниковый лазер 2, который работает в режиме модуляции импульсным током. Импульсная мощность составляет порядка 50 Вт при длительности импульса 30–50 нс. Формирователь импульсов тока 1 вырабатывает последовательность импульсов для запуска лазера. В качестве приемника излучения 3 применен высокоэффективный кремниевый лавинный фотодиод.

Оптическая система дальномера состоит из двух одинаковых каналов: передающего 7 и приемного 8. Передающий оптический канал формирует пучок излучения с расходимостью порядка 8' (расходимость излучения лазера примерно 10°×30°). Часть отраженного от объекта излучения через приемный оптический канал поступает на фотодиод. Сигналы с фотодиода

через импульсный усилитель 4 поступают в схему управления и обработки информации 5, которая обеспечивает вычисление времени задержки принятого импульса относительно опорного. Результат вычисления в цифровом виде поступает на жидкокристаллический (ЖК) дисплей 6, работающий “на просвет” и размещенный в фокальной плоскости объектива правого визирного канала бинокля.

Объективы оптической системы дальномера используются одновременно в визирных каналах бинокля. Излучение видимого и инфракрасного (ИК) диапазонов разделяется на спектральных светоделителях, входящих, наряду с обрабатывающими системами и окулярами, в состав оптической схемы бинокля.

Для проверки основных параметров и качественных показателей создано технологическое и метрологическое оборудование, обеспечивающее соответствие качества продукции требованиям государственных стандартов и стандартов предприятия. Это – приборы для настройки и контроля оптических характеристик (параллельности визирных осей, увеличения и т. п.), а также стенды для настройки оптических каналов дальномера, бестрассового контроля максимального измеряемого расстояния и ошибки измерения, входного контроля электронной аппаратуры. Функциональная схема стенда для настройки и контроля оптических каналов дальномера приведена на рис. 3.

Настраиваемое (контролируемое) изделие 1 закрепляется на юстируемой подставке. Пучок излучения лазера, выходящий из правого объектива бинокля, ослабляется светофильтром 2 и проходит через объектив первого коллиматора 3, в фокальной плоскости которого располагается

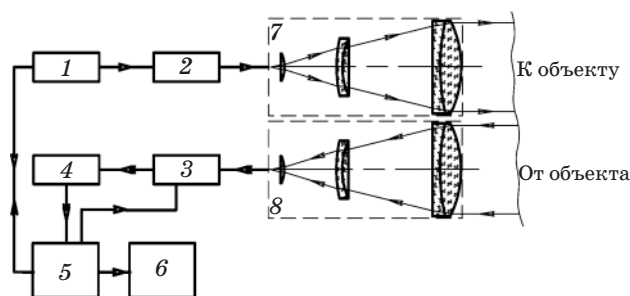


Рис. 2. Функциональная схема лазерного дальномера. 1 – формирователь импульсов тока, 2 – полупроводниковый лазер, 3 – приемник излучения, 4 – импульсный усилитель, 5 – схема управления и обработки информации, 6 – ЖК дисплей, 7 и 8 – передающий и приемный каналы соответственно.

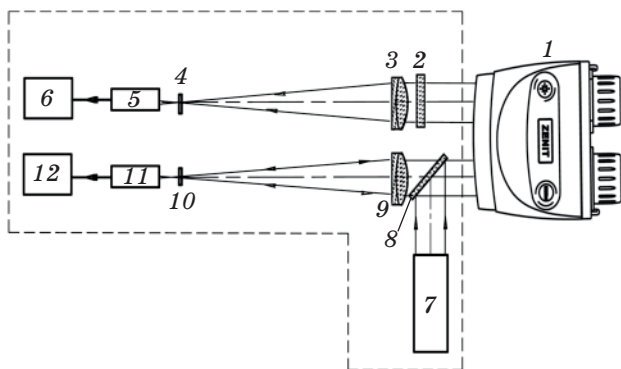


Рис. 3. Функциональная схема стенда для настройки и контроля оптических каналов дальномера. 1 – контролируемое изделие, 2 – светофильтр, 3 – объектив первого коллиматора, 4 и 10 – сетки, 5 и 11 – телекамеры, 6 и 12 – ВКУ, 7 – осветитель, 8 – светоделительная пластина, 9 – второй коллиматор.

сетка 4. Телекамера 5 с объективом, проецирующим изображение сетки в плоскость приемника с зарядовой связью (ПЗС), обеспечивает наблюдение изображения на экране видеоконтрольного устройства (ВКУ) 6. Одновременно подсвечивается окуляр правого визирного канала, изображение перекрестия ЖК дисплея также наблюдается на ВКУ, путем угловых смещений изделия производится совмещение центров изображений сетки и перекрестия.

Пучок излучения (длина волны 0,9 мкм) от осветителя 7 частично отражается от светоделительной пластины 8 и через левый объектив бинокля направляется на фотоприемник дальномера. Излучение, диффузно отраженное от фотоприемника, проходит через светоделительную пластину и объектив второго коллиматора 9, аналогичный объективу 3. Изображение сетки 10 проецируется в плоскость ПЗС-телекамеры 11 и наблюдается на экране ВКУ 12. Оптические оси двух коллиматоров выставлены параллельно.

Таким образом, на одном ВКУ на фоне сетки наблюдаются изображение перекрестия дисплея и сечение пучка лазерного излучения (в дальней зоне), а на втором – положение чувствительной площадки фотоприемника относительно центра сетки. При настройке изделия смещаются лазер и фотоприемник, для контроля используются штрихи, нанесенные на сетках. При этом обеспечивается объективность настройки (контроля) на рабочей длине волны излучения дальноме-

ра, снижается трудоемкость технологических операций и исключается воздействие лазерного излучения на персонал.

Стенды для бестрассового контроля изделия и входного контроля электронной аппаратуры функционально похожи. Лазерное излучение дальномера (либо излучение лазера, входящего в состав электронной аппаратуры) поступает на фотоприемник стенда, к выходу фотоприемника подключен генератор задержки импульса. Задержанный импульс (на время распространения излучения до объекта и обратно для трассы 1 км) подается на ИК излучающий диод, излучение которого направляется в приемный канал дальномера (либо на фотоприемник электронной аппаратуры). Для ослабления излучения лазера в стенде бестрассового контроля используется набор светофильтров, а в стенде входного контроля – сменные диафрагмы. Коэффициенты ослабления устанавливаются по эталонному образцу дальномера-бинокля (для стенда бестрассового контроля) или эталонному образцу электронной аппаратуры (для соответствующего стенда). Если аппаратура удовлетворяет техническим требованиям, то на дисплее отображается значение измеренного расстояния, в противном случае индицируется ошибка измерения.

В модели дальномера-бинокля ЛДБ 7×40С введена функция измерения скорости приближающегося или удаляющегося объекта (в диапазоне скоростей от 5 до 300 км/ч). Дальномер-бинокль усовершенствованной конструкции с новым оформлением, обеспечивающий измерение расстояния до 2 км, получил наименование ЛДБ 7×40С1. Серийное производство этого изделия планируется в 2009 году.

В настоящее время работы по полупроводниковым дальномерам ведутся в нескольких перспективных направлениях. Завершается разработка изделия с электронным компасом (погрешность не более $\pm 1^\circ$) и датчиком угла места (диапазон $\pm 60^\circ$, погрешность не более $\pm 1^\circ$). С помощью такого прибора можно проводить предварительные геодезические измерения на местности. В дальнейшем планируется разместить в дальномере приемник GPS, что позволит определять географические координаты как самого наблюдателя, так и удаленных объектов.

Прорабатывается вариант дальномера-бинокля для измерения расстояния до 3 км. В этом изделии предполагается повысить точность измерения и обеспечить дискрет 0,1 м. Будут улучшены эксплуатационные характеристики, в частности расширен температурный диапазон

(от минус 30 °С до +50 °С). Изделия подобного типа могут найти применение в подразделениях МЧС, спецслужб и т. п.

В существующих модификациях дальномеров-биноклей Красногорского завода им. С.А. Зверева в электронной памяти сохраняются результаты последних 10-ти измерений. Для документирования информации проработаны привязка этих результатов к наблюдаемым в моменты измерения изображениям и построение канала фоторегистрации, с одновременным вводом в кадр данных об измеренном расстоянии (скорости и т. д.). Конструктивно эта задача решается без существенного увеличения массогабаритных характеристик изделия и его стоимости.

Для обеспечения возможности измерения расстояния до малоразмерного объекта прорабатываются технические решения, направленные на повышение углового разрешения дальномера. Как отмечено выше, расходимость излучения рассмотренных дальномеров порядка 8', т. е. линейный размер сечения пучка излучения на расстоянии 1 км составляет примерно 2,5 м. Уменьшить значение этого параметра можно при увеличении фокусного расстояния оптической системы передающего канала, например за счет применения цилиндрических микролинз. В частности, возможно техническое решение, иллюстрируемое рис. 4 [2].

Поскольку излучающая область импульсного полупроводникового лазера представляет вытянутый прямоугольник с размерами порядка 0,002×0,3 мм, в дальней зоне несложно сформировать пучок, поперечное сечение которого будет иметь вид овала с существенно различными по длине осями симметрии. В излучающем канале дальномера используются два лазера (1 и 2 – соответственно поперечные сечения пучков излучения от первого и второго лазеров). От объекта 3, до которого измеряется расстояние, диффузно отразится излучение обоих лазеров, от объекта 4, расположенного ближе к дальномеру, – только излучение второго лазера, а от удаленного объекта 5 – только излучение первого лазера. Введя фиксированную задержку между

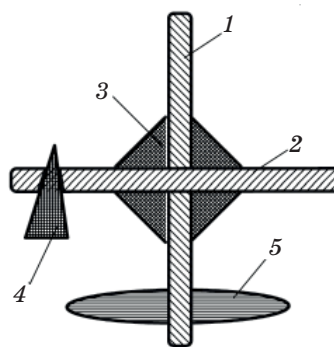


Рис. 4. К пояснению принципа работы дальномера с повышенным угловым разрешением. 1 и 2 – поперечные сечения пучков излучения 1-го и 2-го лазеров соответственно, 3–5 – объекты, до которых измеряются расстояния. Пояснения в тексте.

импульсами излучения двух лазеров и соответствующую обработку сигналов в электронном тракте, несложно выделить полезные сигналы и исключить ложные отсчеты.

Разрабатываемые Красногорским заводом им. С.А. Зверева дальномеры-бинокли обеспечивают комфортное наблюдение, мгновенное измерение расстояния до объекта, скорости и других параметров, они востребованы на рынке оптико-электронных приборов. Существенное улучшение их технических характеристик и реализация новых функциональных возможностей позволят расширить круг потенциальных потребителей продукции: охотников, натуралистов, туристов, сотрудников спецслужб и МЧС, специалистов по планированию строительных, дорожных, сельскохозяйственных работ и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.Г. Малогабаритные лазерные дальномеры // Специальная техника. 2007. № 5. С. 2–13.
2. Абрамов А.И., Гоев А.И., Зборовский А.А., Иванов Б.Б. Лазерный дальномер // Патент РФ № 2343413. 2009.