

где  $B_0$  – величина объекта наблюдения;  $f'_{об}$  – фокусное расстояние объектива оптической системы дальномера;  $l$  – размер изображения объекта наблюдения на шкале оптической системы дальномера.

Оптиколокационными импульсными дальномерами дальность определяется посредством измерения времени  $t$  прохождения светового пучка до объекта и обратно с последующим расчетом  $L$  по формуле

$$L = (c/2n) t,$$

где  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость распространения света;  $n$  – показатель преломления воздуха.

В оптиколокационных фазовых дальномерах дальность до объекта определяется подсчетом целого числа длин волн  $N$  оптического излучения с длиной волны  $\lambda_i$  и их части, укладываемых на трассе до объекта и обратно. Для расчета  $L$  при этом используется выражение

$$L = \frac{1}{2} \left( N\lambda_M + \frac{\phi^0}{360^\circ} \lambda_M \right),$$

где  $f_M$  – частота модуляции света;  $\phi$  – разность фаз, значение которой зависит от  $L$ .

Из перечисленных дальномеров на практике применяются, в основном, различные модификации оптиколокационных импульсных дальномеров. В этих дальномерах в качестве источника излучения используется лазер с твердотельным узлом накачки, и работает он в режиме модуляции добротности, что позволяет формировать световые импульсы с временем их нарастания в диапазоне примерно 10 нс с выходной мощностью пучка в импульсе до нескольких десятков мегаватт. Для накачки лазера используются две импульсные лампы. Формирование рабочего пучка лазера с малой расходимостью осуществляется с помощью телескопической системой. Этот пучок направляется на объект наблюдения, после отражения от которого приемным телескопическим узлом создается определенный сигнал на фотокатоде фотоэлектрического умножителя (ФЭУ), расположенного в выходном зрачке оптической системы лазера. Для срезания посторонних засветок перед ФЭУ установлен узкополосный интерференционный фильтр, который пропускает излучение в диапазоне  $\Delta\lambda = 1-5$  нм. Для дополнительного уменьшения фоновых засветок в фокальной плоскости объектива предусмотрена полевая диафрагма.

Работа импульсного лазера основана на анализе отраженного от объекта светового пучка, сдвинутым по времени относительно опорного сигнала. Этот временной сдвиг поступает на счетное устройство, формирующее на цифровом индикаторе значение дальности до объекта наблюдения.

УДК 621.398

### МАЛОГАБАРИТНЫЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДАЛЬНОМЕТРИИ

Студент гр. 11302123 Цумарев Я. Д.

Д-р физ.-мат. наук, доцент Свирина Л. П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Лазерная дальнометрия призвана решать такие прикладные задачи, как дистанционное определение оптических характеристик и параметров движения объектов, получение данных о скорости ветра в атмосфере, дистанционное зондирование характеристик земных поверхностей, экологический мониторинг газовых и аэрозольных загрязнений атмосферы, обнаружение и классификация нефтяных загрязнений на морской поверхности, и др.

Актуальной становится разработка малогабаритных лазеров, генерирующих излучение в области спектра, наиболее безопасной для зрения ( $\lambda \sim 1,5-1,6$  мкм). В настоящей работе рассматривается устройство и принцип действия перспективного для целей дальнометрии твердотельного лазерного излучателя на  $\text{Yb:Er}$  стекле с диодной накачкой и активной модуляцией добротности, описанного в работе [1], оптическая схема которого приведена на рис. 1.

Резонатор лазера длиной 40 мм образован глухим зеркалом 1 и выходным зеркалом 4, параметры зеркал были подобраны экспериментально для достижения максимальной выходной энергии при работе лазера в режиме модуляции добротности с частотой следования импульсов

10 Гц при накачке среды импульсами лазерных диодов с суммарной энергией 750 мДж. Для обеспечения оптимальных габаритов излучателя и однородности накачки активной среды был разработан квантрон 2 (основной элемент конструкции лазера, включающий активную среду, систему накачки, отражатели). Активный элемент изготавливался в виде цилиндрического стержня диаметром 2,2 мм и длиной 12 мм из фосфатного стекла с концентрацией эрбия  $3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$  и иттербия  $2,4 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$ . Накачка среды осуществлялась с помощью трех диодных линеек, работающих на длине волны 940 нм. Длительность импульса накачки равнялась 5 мс.

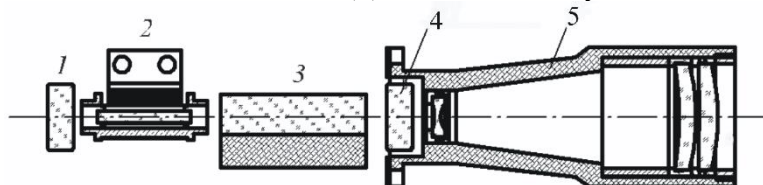


Рис. 1. Оптическая схема лазерного излучателя на основе Yb:Er-стекла: 1 – глухое зеркало; 2 – квантрон; 3 – акустооптический модулятор добротности; 4 – выходное зеркало; 5 – формирующая оптическая система (объектив)

На рис. 2 приведена схема квантрона (а, б) и фото (в) лазерного излучателя, описанного в [1]. Лазер, размеры которого:  $110 \times 30 \times 30$  мм, генерирует излучение на длине волны  $\lambda = 1,5$  мкм, с частотой следования импульсов 10 Гц, выходной энергией 8 мДж, длительностью импульса 20 нс, расходимостью излучения 1 мрад.

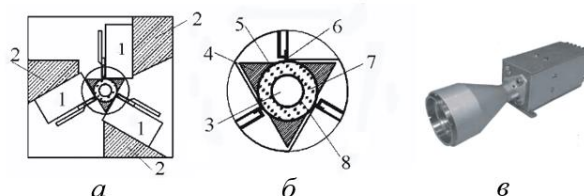


Рис. 2. Схема системы накачки квантрона (а), осветителя (б) и фото излучателя (в): 1 – лазерные диоды; 2 – теплоотводы для них; 3 – активный элемент; 4 – теплоотвод для него; 5 – отражающее покрытие; 6 – излучающая поверхность; 7 – осветитель; 8 – кремнийорганический теплопроводящий состав

#### Литература

1. Крылов, А. А. Компактный Yb: Er-лазер работающий с частотой следования импульсов 10 Гц в режиме модуляции добротности / А. А. Крылов, В. А. Бученков А. В. Усков // Квант. электрон. – 2018. – Т. 48, № 7. – С. 607–610.

УДК 535.8

### СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ЛАЗЕРНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Магистрант гр. 140831/01 Черкасова П. В.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

В настоящее время, наиболее актуальной формой доставки информации является передача данных по лазерному излучению. Это обосновывается в связи с высокой пропускной способностью, эффективностью при низком коэффициенте шума, недорогой стоимостью, низкой мощностью, а также своей гибкостью и устойчивостью к помехам этого метода [1].

В работе разработано устройство приема и передачи данных по лазерному излучению, состоящее из микроконтроллеров оператора и приемной аппаратуры, модуля лазерного диода и устройства формирования команд (например, двухосевого джойстика), а также приемника излучения – модуля датчика лазерного излучения. Данные в таком устройстве будут передаваться путем модуляции поперечного сечения луча лазерного устройства, восприниматься фотоприемным устройством и дешифроваться на микроконтроллере. Реализацию отправки данных возможно осуществлять с помощью программных средств, дублирующих функциональность *UART* [2].