

Научно-исследовательская работа

Физика

**ИНФРАКРАСНЫЙ ЛАЗЕР НА ВАНАДАТЕ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ  
ДЛЯ СИСТЕМ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

*Выполнили:*

***Орехов Никита Сергеевич***

*Студент 1 курса*

*Бронницкий филиал МАДИ, г. Бронницы*

*Руководитель:*

***Ашурбеков Сефер Ашурбекович***

*кандидат технических наук, доцент, педагог доп. образования*

*МАОУ СОШ №2 имени Н.А. Тимофеева г.о. Бронницы*

*Бронницы*

*2023*

## **Введение**

Среди множества систем безопасности в последние годы возрос интерес к лазерным сигнализационным системам, гарантирующим высокий уровень защищённости объекта, и которые трудно взломать и обойти в виду высокой направленности и малой угловой расходимости излучения одномодовых и одночастотных лазеров [1-5].

Лазерная сигнализация - специальное устройство, схема которого основана на взаимодействии лазерного луча и сирены. При пересечении лазерной растяжки срабатывает сигнализация, которая предназначена для подачи сигнала тревоги для охраны или отправки СМС - информирования в качестве уведомления.

Для проектирования и создания лазерной охранной сигнализации требуется в первую очередь компактный, малогабаритный лазер инфракрасного диапазона достаточной мощности, чтобы компенсировать потери мощности при многократных зеркальных отражениях при создании невидимого лабиринта, а также в зависимости от метеоусловий. Доступные на рынке китайские лазерные указки, как правило, излучают свет видимого диапазона - фиолетовые, синие, зелёные, красные лучи.

Кроме того, из-за отсутствия температурной стабилизации после 5-10 минут работы у таких лазерных указок резко меняются характеристики излучения, или от перегрева выключаются.

Поэтому проектирование и разработка линейки современных малогабаритных стабильных лазеров с диодной накачкой, работающих в инфракрасной области, для различных система охранной сигнализации представляет актуальным.

В нашей работе была представлена цель спроектировать, собрать и отъюстировать линейку информационных компактных лазеров с диодной накачкой с расходимостью излучения менее 1 мРад и мощностью выходного излучения 50-100 мВт, и показать возможность их использования в системах охранной сигнализации.

## **Основная часть**

На рисунке 1 представлена функциональная система инфракрасного лазерного излучателя с диодной накачкой двумя одноваттными лазерными диодами для систем охранной сигнализации протяжённого объекта.

Полупроводниковые лазерные диоды накачки (1 и 2), установлены в корпусе осветителя. Диоды питаются стабилизированным источником питания 5 В и имеют возможность в небольших пределах перемещаться относительно граней корпуса осветителя. Излучение диодов накачки с помощью конденсоров (3 и 4).

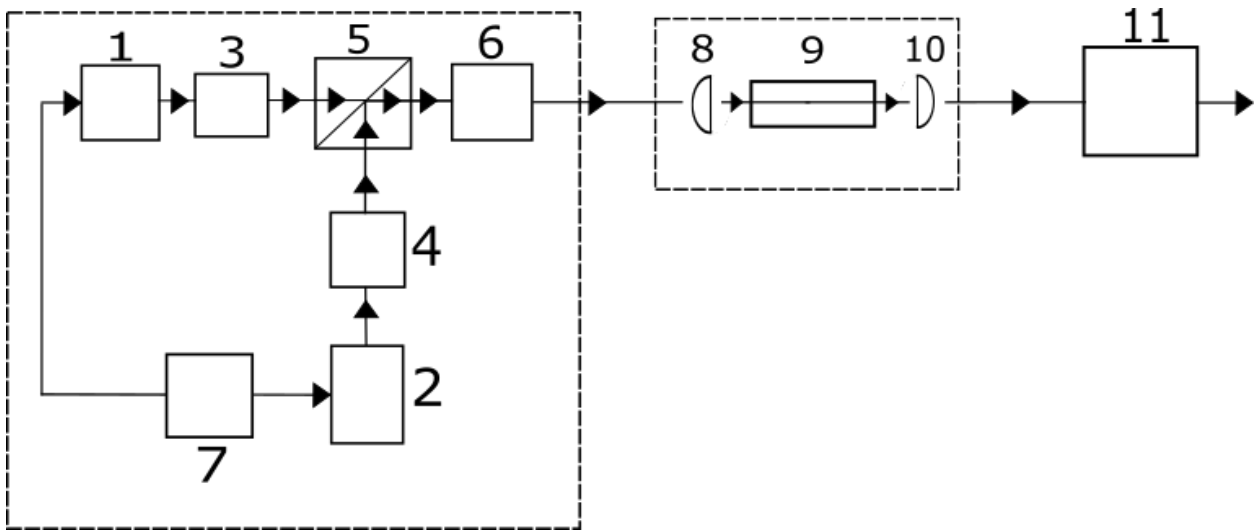


Рис. 1. Функциональная схема инфракрасного лазерного излучателя с диодной накачкой двумя лазерными диодами для систем охранной сигнализации протяжённого объекта.

1, 2 – одноваттные лазерные диоды накачки;

3, 4 – конденсоры;

5 – призма– куб;

6 – объектив;

7 – стабилизированный источник питания 5V;

8, 10 – зеркала оптической резонатора;

9 – кристалл ванадата;

11 – телескоп двухкомпонентной для формирования геометрических параметров лазерного пучка.

Направляется на призму-куб (5). Далее совмещённые лазерные пучки с помощью объектива (6) фокусируется на активном элементе (9) (кристалл ванадата с  $Nd^{3+}$ ), установленной в медной оправе для отвода тепла. Резонатор образован двумя зеркалами (8,10). Зеркало с коэффициентом 0,99 для лазерной линии 1064 нм (8), зеркало полупрозрачное (10), коэффициент пропускания 40-60%. Активный элемент и зеркала резонатора установлены в отдельном корпусе. Корпуса осветлителя и резонатора размещены на элементах Пельтье для стабилизации температуры. Геометрические параметры излучения лазера формируется с помощью двухкомпонентного телескопа (11). Профиль лазерного пучка на выходе лазера представлена на Рис. 2. Профиль пучка в фокусе метровой линзы представлены на Рис. 3. Анализ рисунков показывает, что лазеры генерируют одну поперечную моду, диаметр пучка на выходе 1,2 мм, угловая расходимость менее 0,52 мРад. Мощность выходного излучения 100 мВ.

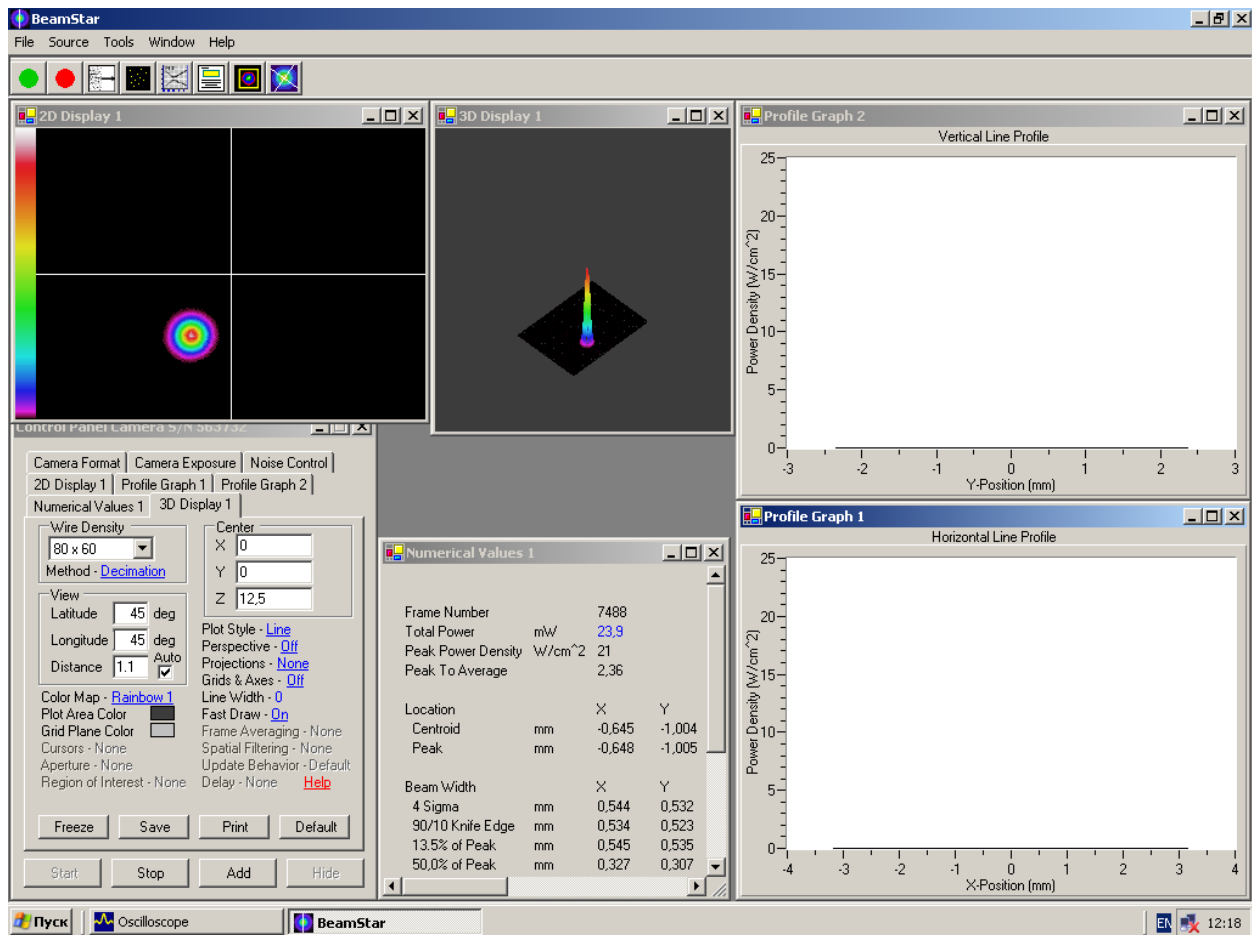


Рис. 2. Профиль лазерного пучка на выходе лазера, полученная с применением ПЗС – камеры и компьютера.

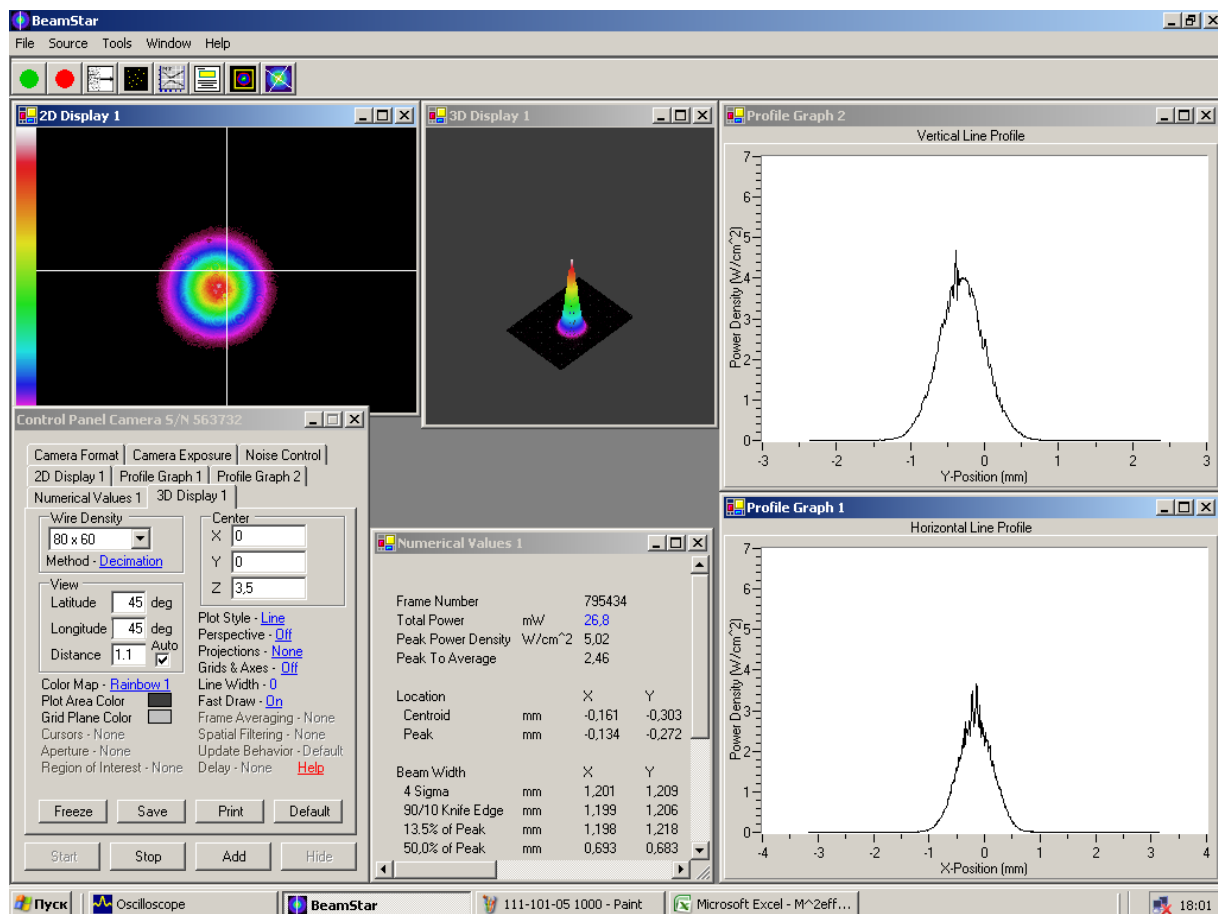


Рис. 3. Профиль лазерного пучка в фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием 1 м.

Разработанной нами одномодовый инфракрасный лазер на кристалле ванадата  $\text{YVO}_4:\text{Nd}^{3+}$  с угловой расходимостью менее 1 миллирадиан позволил создать действующий макет лазерной охранной сигнализации протяжённого объекта с периметром до 100 м.

Лазерный пучок после прохождений такого расстояния имеет диаметр менее 1 см и использование фокусируемой линзы перед фоторезистором повышает чувствительность метода. Лазерный пучок с длиной волны 1064 нм преодолевая такие расстояния практически не рассеивается, поэтому можно отражать его неопределенное количество раз при помощи обычных зеркальных поверхностей, направленных под определенным углом друг к другу.

Это помогает создать запутанный лабиринт, пройти который, не задев такую растяжку, практически невозможно. При несанкционированном пересечении луча сигнал не поступает к фоторезистору, возникает сопротивление и реле блокируется. Таким образом реле передает сигнал на извещатель.

В качестве извещателя мы использовали миниатюрную сирену пьезоэлектрическую SAS-2154-W-F с рабочим постоянным напряжением 6-12 В и мощным агрессивным звуковым сигналом. Темновые сопротивления  $47 \div 330$  ком;

Постоянная времени 400 мс;

Напряжение шумов -  $20 \cdot 10^{-6}$  В;

Рабочая температура  $-60 \div +60$  °С;  
Гарантийная наработка 15 000 часов;  
105 дБ, номинальным током 100 мА;  
Рабочая частота 3000-3500 Гц;  
Рабочая температура  $-40 \div +60$  °С.

Сирена предназначена для использования в системах охранной сигнализации, пыле- и водостойкая с низким энергопотреблением с ресурсом непрерывной работы не менее 2000 часов.

Для включения сирен после несанкционированного пересечения лазерного луча нами использовалась простейшая электрическая схема фотореле, представленная на рисунке 4.

Все электронные компоненты электрической схемы доступны в интернет-магазине «Чип и Дип». Спектральная чувствительность фоторезистора: 1 000 – 3 000 нм.

В режиме освещения фоторезистора лазерным пучком транзистор VT, заперт при прерывании луча резко вырастает сопротивление фоторезистора, открывается транзистор VT, резистора, и реле K, замыкает контакт S, и подаёт напряжение на сирену.

При настройке лазерного лабиринта в работе использовался диодный лазер на второй гармонике 532 нм. С помощью полупрозрачной пластины реле излучения 1064 нм перпендикулярно основному лучу на пластину направляется луч зеленого лазера и с помощью подвижки совмещался с основным инфракрасным пучком излучения.

После завершения юстировки инфракрасного лазера, все отражательные зеркала и фотоприёмники в специальной оправке в виде тубуса для отсечки солнечного света и иного освещения, жёстко фиксировались. После завершения процесса юстировки зелёный юстировочный лазер демонтировался.

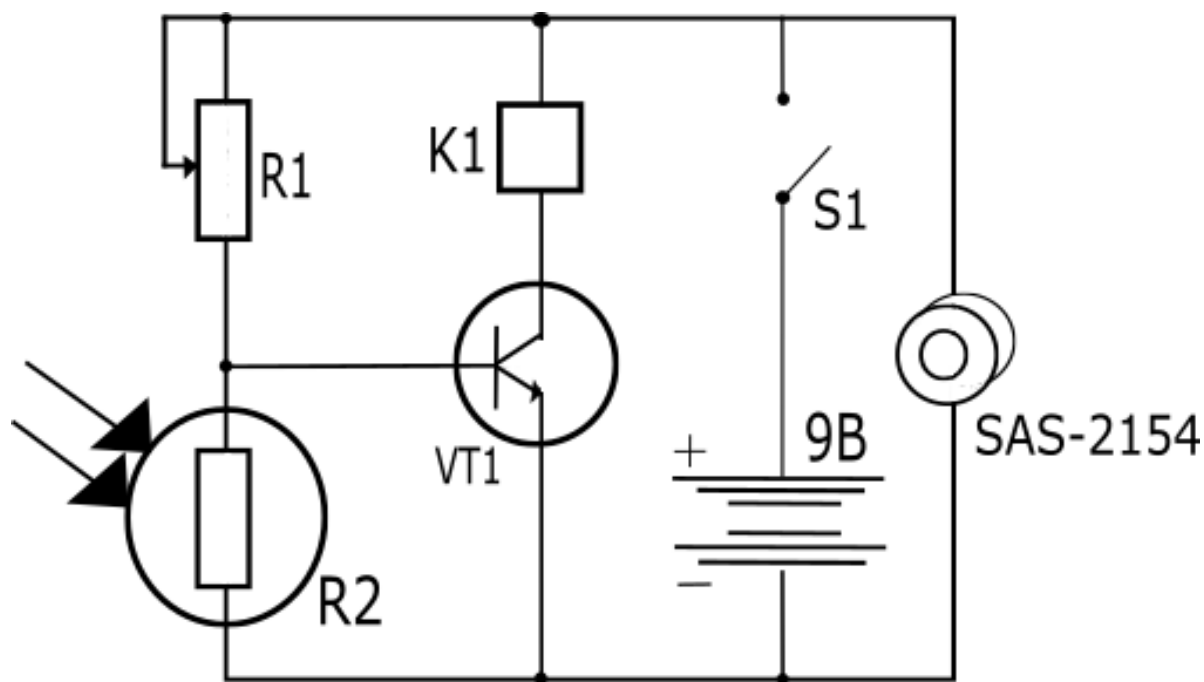


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема фотореле лазерной сигнализации.

R1 - подстроечный резистор;  
R2 - фоторезистор ФР1-3;  
VT1 - КТ601 - КТ603;  
К1 – реле;  
SAS-2154 – сирена.

### **Заключение**

Благодаря высокой эффективности и скрытности лазерная сигнализация имеет достаточно широкое практическое применение, может устанавливаться как внутри помещений, так и по периметру охраняемого объекта.

Охранный лазерный комплекс может быть установлен в частных домах, коттеджах, квартирах, офисах компаний и банковских учреждениях.

Предложенная система отличается высокой мобильностью, её модули могут переноситься с места на место и располагаться в разных местах. Они не портят внешний вид объекта и легко вписываются в любой интерьер. Сигнализация может работать с сиреной или без нее, с оповещением на центральный пункт охраны или с СМС-оповещением на заданные номера телефонов.

### **Список литературы**

1. Звелто О. Принципы лазеров. Перевод с английского М.: Мир, 1990, с. 558.
2. Тарасов Л.В. Четырнадцать лекций о лазерах. М., URSS, 2018, с. 176.
3. Пойзнер Б.И. Физические основы лазерной техники. Учебное пособие, Инфла - М., 2017.
4. Козинцев В.И., Белов М.Л., Орлов В.М. Основы импульсивной лазерной локации. 2006 г, 500 стр.
5. Справочник лазеров и оптики. 2007, с. 1342.
6. Зуйков И.Е., Антошин А.А. и др. Технические средства обеспечения безопасности. Справочно-методическое пособие Мн, 2001. с.177.
7. Бирюкова О.В. Электронные системы сигнализации. 2015. с. 308.