

Научно- исследовательская работа

Физика

**ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ИАГ: Nd³⁺ ЛАЗЕРА С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ
ДЛЯ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ПРОТЯЖЁННОГО ОБЪЕКТА**

Выполнили:

Матвиенко Диана Алексеевна

Учащаяся 11 класса

МАОУ СОШ № 2 имени Н. А. Тимофеева, Россия, г. Бронницы

Чубова-Белошникова Мария Максимовна

Учащаяся 11 класса

МАОУ СОШ № 2 имени Н. А. Тимофеева, Россия, г. Бронницы

Руководитель:

Ашурбеков Сефер Ашурбекович

Кандидат технических наук, доцент, педагог дополнительного образования

МАОУ СОШ № 2 имени Н. А. Тимофеева, Россия, г. Бронницы

Введение

В последние годы возрос интерес к лазерным сигнализационным системам безопасности, гарантирующим высокий уровень защищённости объекта, которые трудно взломать и обойти в виду высокой направленности невидимого для глаза инфракрасного лазерного пучка и возможности создания запутанного лабиринта за счёт многократных отражений [1-7]. Лазерная сигнализация это специальное устройство, схема которого основана на взаимодействии лазерного луча и сирены. Для проектирования и создания надёжных систем лазерной охранной сигнализации в первую очередь требуется линейка компактных малогабаритных твердотельных лазеров с диодной накачкой достаточной мощности, чтобы компенсировать потери мощности при многократных и зеркальных отражениях при создании невидимого лабиринта. Поэтому проектирование и разработка линейки современных малогабаритных стабильных лазеров с диодной накачкой, работающих в инфракрасной области, для различных систем охранной сигнализации представляется актуальным.

Основная часть

В нашей работе была поставлена цель: спроектировать и исследовать оптические характеристики твердотельных лазеров на кристалле $Y_3Al_5O_{12}:Nd^{3+}$ с накачкой одним или двумя полупроводниковыми лазерными диодами с расходимостью излучения менее 1 мРад и мощностью 50-150 мВт и показать эффективность их использования в системах охранной сигнализации.

На рисунке 1 представлена упрощенная функциональная схема инфракрасного лазера с накачкой одним лазерным диодом и отводным узлом для плавного изменения и стабилизации мощности в пределах 5-50 мВт.

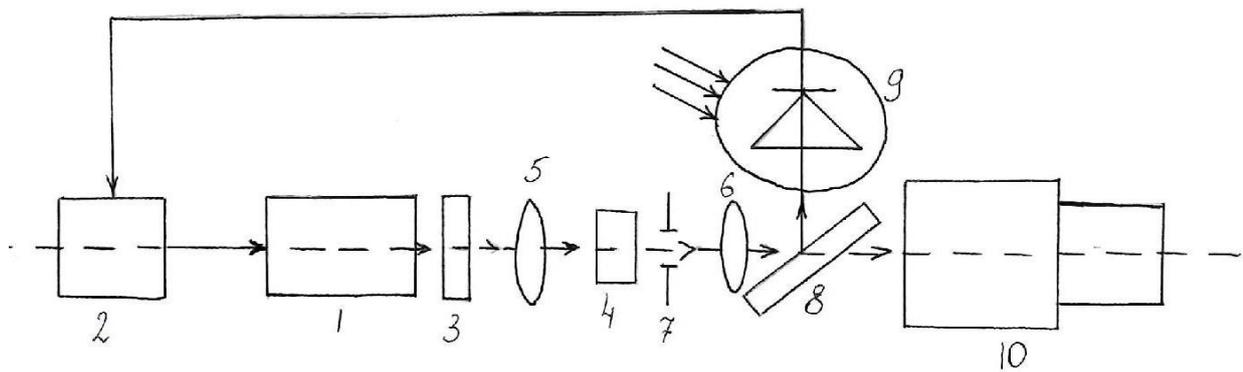


Рис. 1. Функциональная схема ИК-лазера на гранате с накачкой одним лазерным диодом мощностью 50 мВт.

1 - лазерный диод накачки;

2 - стабилизированный блок питания 5V;

3 - объектив;

4 - Кристалл ИАГ: Nd³⁺;

5,6 - входное и выходное зеркала резонатора для линии 1064 нм;

7 - диафрагма;

8 - полупрозрачная пластина;

9 - фотодиод;

10 - двухкомпонентный телескоп.

Излучение лазерного диода с номинальной выходной мощностью 1 Вт (700-800 нм) с помощью объектива (5) в металлической оправке, приклеенной к корпусу лазерного диода, фокусируется на активный элемент ИАГ с Nd³⁺, имеющий цилиндрическую форму с радиусом основания 5 мм и высотой 10 мм.

Активный элемент вклеен в медную оправку теплопроводящим клеем, а сама оправка размещена на элементе Пельтье для стабилизации температуры

активного элемента. Отводной узел представляет собой плоскопараллельную пластину, вклеенную в оправку под углом Брюстера и фотодиод, вклеенный сверху в направлении отведённого пучка.

Отводной узел позволяет плавно изменять мощность выходного излучения от 5 до 50 мВт. Геометрические характеристики выходного излучения формирует двухкомпонентный телескоп (10). Функциональная схема излучателя с накачкой двумя полупроводниковыми лазерными диодами представлены на рисунке 2.

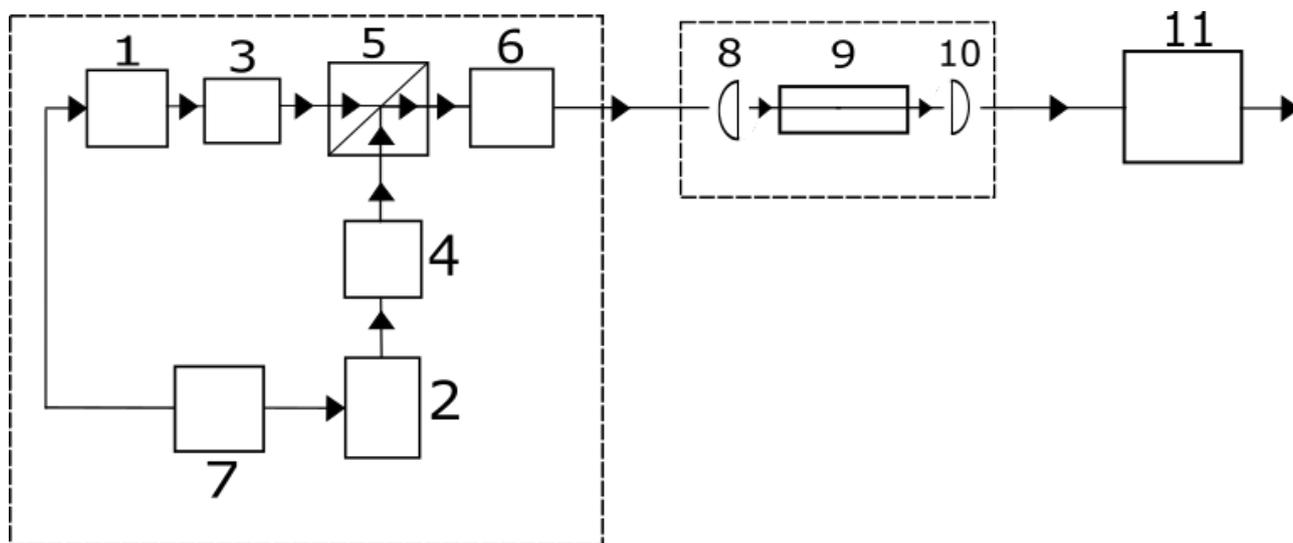


Рис. 2 Функциональная схема инфракрасного лазерного излучателя с диодной накачкой двумя лазерными диодами для систем охранной сигнализации протяжённого объекта

- 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.

Полупроводниковые лазерные диоды накачки (1 и 2) установлены в корпусе осветителя. Диоды питаются стабилизированным источником питания 5В и имеют возможность в небольших пределах перемещаться относительно конденсаторов (3) и (4). Излучения диодов накачки направляется диодов накачки направляется на призму - куб (5). Далее лазерный пучок фокусируется на активном элементе (9), который вместе с зеркалами радиатора (8 и 10) установлен в корпусе резонатора. Зеркало (8) с коэффициентом отражения 0,98 для линии основной гармоники 1064 нм, зеркало (10) полупрозрачное, с коэффициентом пропускания 40-60 %.

Корпуса осветителя и резонатора размещены на элементах Пельтье.

Геометрические параметры излучения формируются с помощью двухкомпонентного телескопа (11).

Для юстировки и сборки используется специальный стенд, на котором размещен вспомогательный юстировочный лазер, призма и экран с тонким отверстием.

Вначале зелёный луч лазера 532нм направляют строго вдоль оси стенда на одной и той же высоте и по нему ориентируют и закрепляют основание излучателя.

Закрепляют на платформе корпуса осветителя и резонатора.

После этого юстируют оптические элементы осветителя, вначале определяют правильное положение призмы - куба, чтобы отраженный от него пучок попал в отверстие экрана, далее добиваются правильного креста от излучения лазерных диодов, устанавливают объектив, добиваются фокусировки излучения на активном элементе. Резонатор юстируют в такой последовательности: входное зеркало, активный элемент, выходное зеркало. В последнюю очередь производится юстировка телескопа.

Оптические характеристики лазеров исследовались с использованием ПЗС-камеры и компьютера. Диаметр лазерного пучка на выходе и его эллиптичность

измерялись согласно схеме на рис. 3, а угловая расходимость по схеме, представленной на рис. 4.

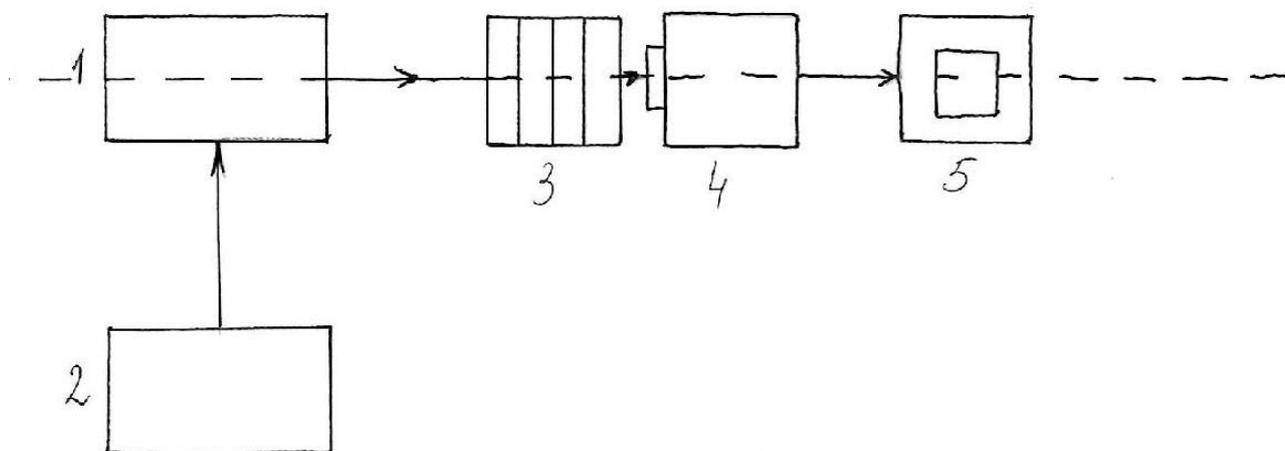


Рис. 3. Схема измерения диаметра лазерного пучка на выходе лазера и его эллиптичности

1 - ИК-лазер на гранате с диодной накачкой;

2 - стабилизированный блок питания 5V;

3 - набор нейтральных фильтров

4 - ПЗС-камера;

5 - компьютер.

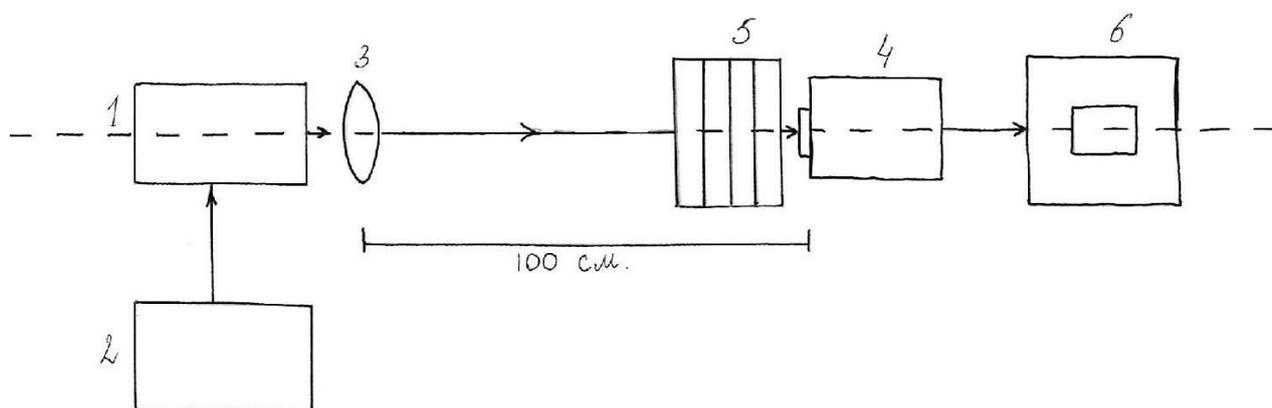


Рис. 4 Схема измерения угловой расходимости лазера на ИАГ: Nd^{3+} с диодной накачкой.

1 - ИК-лазер на ИАГ: Nd^{3+} с диодной накачкой;

2 - стабилизированный источник питания 5V;

3 - собирающая линза с $F=100\text{см.}$;

4 - ПЗС-камера;

5 - набор нейтральных фильтров;

6 - компьютер.

В качестве примера на рисунке 5 приведён профиль лазерного пучка на расстоянии 5-10 см. от выходного торца излучателя, на рисунке 6 представлен профиль пучка в фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием 100 см. Анализ рисунков показывает, что излучатель генерирует одну поперечную моду, диаметр пучка 1,2 мм, угловая расходимость 0,56 мРад. Эти характеристики получены при исследовании излучателя с накачкой двумя лазерными диодами.

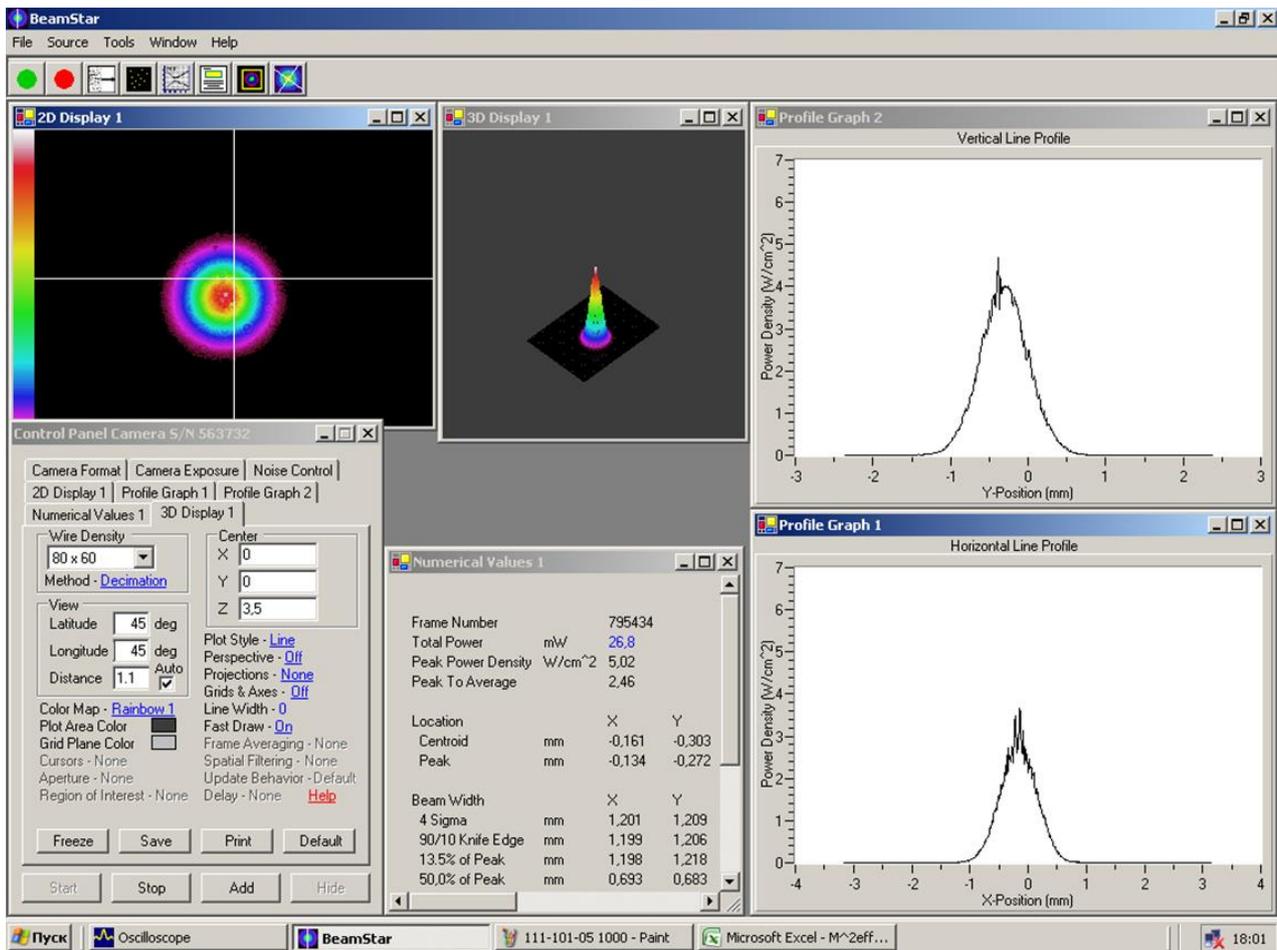


Рис.5 Профиль лазерного пучка на выходе лазера, полученная с применением ПЗС – камеры и компьютера.

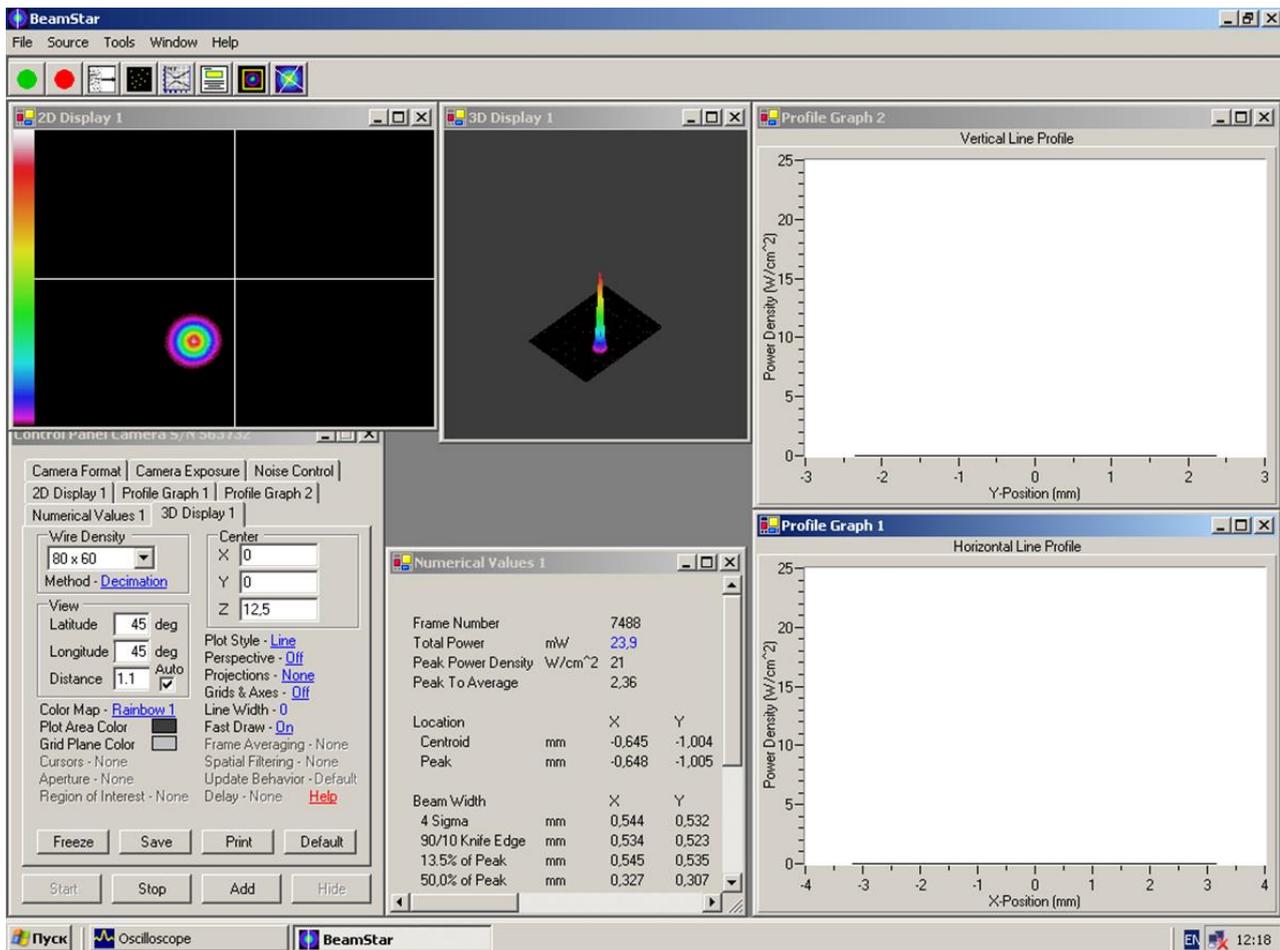


Рис.6 Профиль лазерного пучка в фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием 1 м.

Разработанной нами одномодовый инфракрасный лазер на кристалле ванадата YVO₄; Nd³⁺ с угловой расходимостью менее 1 мРад позволил создать действующий макет лазерной охранной сигнализации протяжённого объекта с периметром до 100м. Лазерный пучок после прохождения 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 6-12В и мощным агрессивным звуковым сигналом 105 дБ, номинальным током 100 мА. Рабочая частота 3000-3500 Гц, рабочая температура -40 - +60.

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

Для включения сирены после несанкционированного пересечения лазерного луча нами использовалась простейшая электрическая схема фотореле.

Все электронные компоненты электрической схемы доступны в интернет-магазине “Чип и Дип“

Спектральная чувствительность фоторезистора: 1000 – 3000 нм.

В режиме освещения фоторезистора лазерным пучком транзистор заперт, при прерывании луча резко вырастает сопротивление фоторезистор, открывается транзистор резистора, и реле замыкает контакты, 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.

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