

Научно-исследовательская работа

Физика

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧЕБНО-НАУЧНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИНФРАКРАСНЫЙ ЛАЗЕР С ДИОДНОЙ  
НАКАЧКОЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ГРАВИРОВКИ»**

*Выполнили:*

***Дремин Владимир Леонидович***

*Учащийся 10 А класса*

*МАОУ СОШ № 2 имени Н. А. Тимофеева, Россия, 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**

Целью данной статьи является ознакомление с конструкцией и элементами твердотельного инфракрасного лазерного излучателя на кристалле ванадата с ионами неодима с накачкой двумя 4-ваттными лазерными диодами. На основе полученных данных изучение возможности использования лазера для целей гравировки неметаллических материалов и методов юстировки излучателя.

## **Основная часть**

Лазерная гравировка представляет собой способ нанесения изображений на поверхность за счёт лазерного пучка, сфокусированного оптической системой в пятно минимально возможного диаметра. При этом в области воздействия лазерного пучка создаётся высокая температура, достаточная для выжигания и испарения материала. Центральный элемент установки для гравировки – мощный лазер. Чаще используются газовые С-лазеры, реже – неодимовые и волоконные, в которых активной средой служит оптоволокно, легированное иттербием или эрбием. Волоконные лазеры обладают высоким КПД, компактны, обеспечивают быструю замену активных элементов, но стоимость их гораздо выше, чем у традиционных лазеров. Основным недостатком С-граверов – большие габариты излучателей и необходимость охлаждения системы. Газоразрядная трубка лазеров может быть отремонтирована только на заводе-изготовителе. Система перемещения управляется компьютером согласно чертежам. Точность позиционирования излучателя  $\leq 0,01$  мм, скорость резки варьируется в зависимости от материала и мощности выходного излучения. Современные установки поддерживают ввод чертежей раскроя в формате CorelDraw, Autocad и Adobe Illustrator.

Генерация света возникает в результате энергетических переходов электронов в атомах, молекулах, ионах твёрдых, жидкостных и газовых сред. Всё это создало возможности широкого применения лазеров для обработки материалов в информационных технологиях, в метрологии, в приборах оптической техники, в военном деле, в медицине. Выполнение старшеклассниками итоговых

исследовательских проектных работ по лазерной физике позволяет им сделать осознанный выбор будущей специальности и обеспечивает их начальными знаниями в области лазерной физики и лазерных технологий, повышает их физико-математическую культуру.

Поскольку лазерная физика базируется на законах электромагнетизма, геометрической и волновой оптики, физике атомных явлений занятия в лазерной исследовательской лаборатории позволяют старшеклассникам успешно готовиться к единому государственному экзамену по физике и получать навыки решения задач повышенной трудности наиболее сложных разделов физики.

## ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТНОСТИ

Правила выполнения лабораторных и проектных работ.

Требования к отчётности.

### 1. Общие требования лазерной безопасности.

Обучающиеся, помните! Лазер – мощный источник света. Попадание в глаза и на кожу как прямого, так и отраженного излучения лазеров второго-четвёртого классов опасности недопустимо!

1.1 Принятие мер лазерной безопасности при выполнении экспериментальных работ зависит от класса опасности лазеров. Лазеры по степени опасности генерируемого излучения подразделяются на четыре класса опасности:

1 класс – полностью безопасные лазеры;

2 класс – это лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз или кожи коллимированным пучком, диффузно-отражённое излучение (например, от стен) безопасно как для кожи, так и для глаз;

3 класс – лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз не только коллимированным, но и диффузно-отражённым излучением на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) при облучении кожи

коллимированным излучением. Диффузно-отраженное излучение не представляет опасности для кожи;

4 класс – лазеры, диффузно-отражённое излучение которых представляет опасность для кожи и глаз на расстоянии 10 см от отражающей поверхности. Лазеры 4 класса опасности должны размещаться в отдельных помещениях. В лазерной исследовательской лаборатории имеются только лазеры 1-3 класса опасности.

1.2 В лазерной лаборатории лазерная безопасность обеспечивается коллективными средствами защиты (ограждение зоны действия лазерного луча) или индивидуальными средствами (противолазерными очками).

1.3 Вводный инструктаж проводится со всеми обучающимися лазерной лаборатории до начала работ. Не реже одного раза в 3 месяца обучающиеся проходят повторный инструктаж на рабочем месте.

## 2. Правила выполнения исследовательских и лабораторных работ.

2.1 К выполнению работ допускаются только обучающиеся, прошедшие инструктаж по Правилам лазерной безопасности и неукоснительно их соблюдающие.

2.2 В помещении лазерной лаборатории не допускается присутствие обучающихся:

- в верхней (уличной) одежде;
- с едой, напитками и т.п.

2.3 Сотовые телефоны должны быть настроены на беззвучный режим работы или выключены. При нарушении правил лазерной безопасности обучающиеся отстраняются от выполнения экспериментальных работ. Дальнейшая работа разрешается только после сдачи правил техники безопасности.

2.4 Работы выполняются бригадами по 2-3 человека. В случае присутствия только одного члена бригады лабораторная работа не проводится.

- 2.5 Перед включением лабораторного стенда или установки необходимо:
- провести обзор рабочего места, убрать всё лишнее, мешающее нормальной работе;
  - убедиться в исправности защитных блокировок и заземления;
  - установить наличие противолазерных очков или светоограждений, если это требуется.
- 2.6 К работам можно приступить только с разрешения преподавателя, после проведения инструктажа на рабочем месте.
- 2.7 При проведении лабораторной работы все допущенные к её выполнению члены бригады должны постоянно присутствовать на рабочем месте.
- 2.8 При проведении работ запрещается:
- работать на лазерном стенде одному человеку;
  - облакачиваться на лабораторные стенды;

#### Описание экспериментальной установки

В работе исследуется лазерный излучатель с накачкой двумя лазерными диодами мощностью выходного излучения 4 Вт каждый. Функциональная схема излучателя приведена на рисунке 3.1

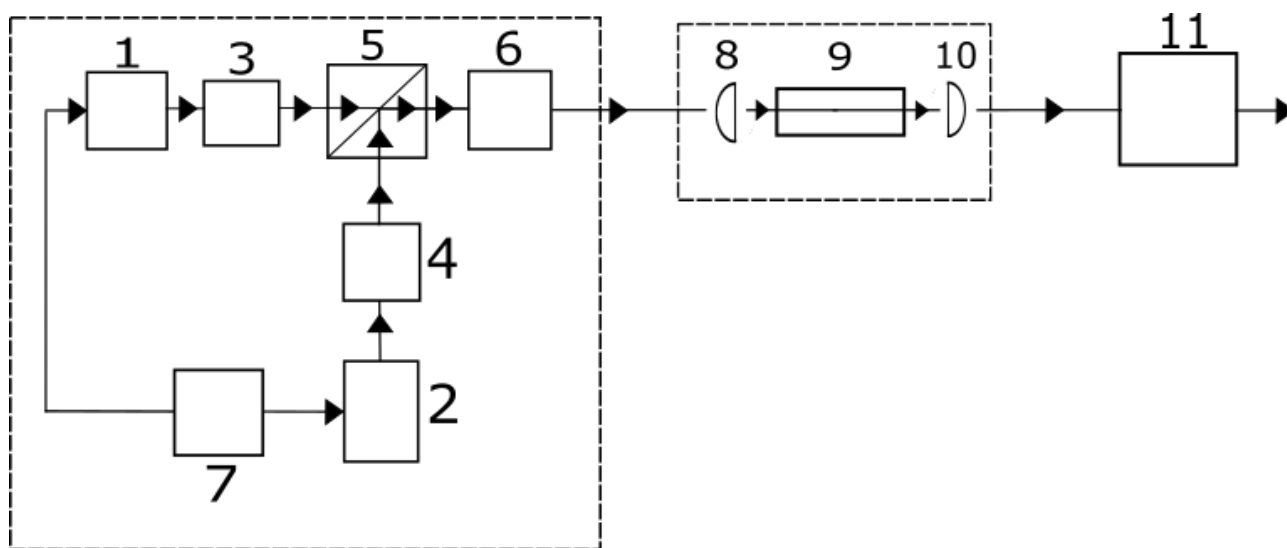


Рис.3.1 Функциональная схема инфракрасного лазерного излучателя с диодной накачкой двумя диодами для гравировки.

- 1,2 – четырёхваттные лазерные диоды накачки (808 нм);
- 3,4 – конденсоры;
- 5 – призма-куб;
- 6 – объектив;
- 7 – стабилизированный источник питания 5V;
- 8,10 – зеркала оптического резонатора;
- 9 – кристалл ванадата;
- 11 – телескоп двухкомпонентный для формирования геометрических параметров лазерного пучка.

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 конденсоров (3) и (4). Излучение диодов накачки направляется конденсорами на призму-куб (5). Далее лазерный пучок фокусируется на активном элементе (9), который вместе с зеркалами резонатора (8) и (10) установлен в корпусе резонатора. Зеркало (8) с коэффициентом отражения 0,98 для линии основной гармонике 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).

#### Порядок выполнения работы

Задание 1. Выполнить юстировку осветителя.

1. Для юстировки и сборки излучателя используется специальный стенд, на котором размещен вспомогательный юстировочный лазер, призма и экран с тонким отверстием.
2. Включить вспомогательный лазер 532 нм и зелёный луч лазера направить строго вдоль оси стенда на одной и той же высоте и по нему ориентируют и закрепляют основание излучателя (луч, отраженный от плоского параллельного зеркала, приставленного к торцу излучателя, должен попасть в отверстие на экране).

3. Закрепить на платформе корпуса осветителя и резонатора.
4. Определить правильное положение призмы – куба, чтобы отраженный от него луч юстировочного лазера попадал в отверстие экрана или на экран в точку, отстоящую от центра экрана на 2-5мм.
5. Отъюстировать лазерные диоды, чтобы они давали на выходном отверстии осветителя правильный крест. Один диод даёт горизонтальную линию излучения, второй – вертикальную. Вставить объектив и добиться попадания сфокусированного излучения накачки в центр активного элемента в резонаторе.

#### Задание 2. Юстировка резонатора.

1. Разместить перед экраном с отверстием инфракрасную камеру с дисплеем, направив её на центр экрана.
2. Опустить на подвижке входное зеркало в оправке в резонатор на своё место, меняя положение зеркала в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Добиться появления на экране зелёного блика излучения юстировочного лазера и добиться попадания блика в отверстие на экране. Предварительная юстировка входного зеркала завершена.
3. Опустить в резонатор выходное полупрозрачное зеркало резонатора и, манипулируя его положением в пространстве, добиться также попадания отраженного блика в центр экрана.
4. При достаточно качественной юстировке в излучателе должна возникнуть генерация и на экране дисплея появится изображение инфракрасного пучка излучения. Производя тонкую и точную юстировку зеркал резонатора и активного элемента добиться генерации излучателя в одномодовом режиме. Сечение лазерного пучка должно быть по форме ближе к кругу. В этом положении склеить все оптические детали резонатора – входное зеркало, активный элемент, выходное зеркало; при этом не допустить распада моды, каждый раз после склейки подъюстируя резонатор с помощью подвижек.

5. Убрать подвижки после окончательного высыхания клея в зависимости от марки клея.

Задание 3. Измерение номинальной мощности выходного излучения.

1. Спросить у преподавателя назначение четырёх подстроенных резисторов на плате управления током лазерных диодов.
  - 1 – управление током прямого лазерного диода;
  - 2 – управление током бокового лазерного диода;
  - 3 – управление температурой лазерных диодов;
  - 4 – управление температурой активного элемента.
2. Выставить номинальные токи лазерных диодов.
3. Установить температуру лазерных диодов, соответствующую максимальной выходной мощности.
4. Меняя температуру активного элемента найти значение  $t$ , при котором выходная мощность будет максимальна.
5. Записать оптимальные значения температуры диодов накачки и активного элемента.
6. Установить телескоп двухкомпонентный с просветлением на длину волны 1064 нм и отъюстировать его согласно рекомендации в работах №1 и №2.
7. Снять зависимость выходной мощности лазера при изменении токов накачки от пороговых до номинальных значений. Построить график. Сделать вывод.

Задание 4. Экспериментально исследовать резку и гравировку фанеры, кожи, пластика сфокусированным лазерным излучением. При удачной сборке и юстировке мощность излучателя может составить величину 3,5-4 Вт, что вполне достаточно для раскроя ткани и гравировки фанеры, пластика, кожи.

#### Содержание отчета

1. Номер, название и цели работы.
2. Схема излучателя с перечислением оптических элементов.
3. Протокол измерений, подписанный преподавателем.
4. Описание и анализ полученных результатов. Выводы.



## Список литературы

1. Пойзнер Б.И. Физические основы лазерной техники. Учебное пособие. ИНФА – М., 2017
2. Тарасов Л. В. Четырнадцать лекций о лазерах. М., URSS, 2018, с. 176
3. Горный С. Г., Юдин К. В. Применение методов лазерной маркировки в промышленности //Лазер-Информ. Информационный бюллетень Лазерной ассоциации №8 (263) апрель 2003.
4. Дьюли У. Лазерная технология и анализ материалов: перевод с английского. М.: МИР, 1986, 504 с.
5. Игнатъев А. Г. Лазерные технологии: задачи и решения. «Ритм машиностроения» №6, 2018
6. Афонькин М., Ларионова Е., Горный С. Фотоника, №5, 2010 Анализ технологических возможностей лазерно-гравировальных комплексов.