

Научно-исследовательская работа

Физика

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАНДАТНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ С
ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ
ЛАБОРАТОРИИ ПРОЕКТНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Выполнила:

Романова Виктория Романовна

ученица 11 А класса

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

Руководитель:

Ашурбеков Сефербек Ашурбекович

Кандидат технических наук, доцент, педагог дополнительного образования

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

Бронницы – 2023

Оглавление

Аннотация

Введение

Основная часть

1. Проектирование ванадатного излучателя модульной конструкции для изучения принципов работы лазера обучающимися профильных школ.

2. Принцип работы лазера.

3. Техника безопасности работы с лазером.

3.1. Разделение лазеров по степени опасности генерируемого излучения.

Меры защиты

3.2. Правила выполнения исследовательских и лабораторных работ.

4. Описание образовательного набора для школьников «Принцип работы лазера. Генерация вынужденного излучения». Инструкция проверки комплектующих. Последовательность работы.

4.1. Настройка лазерного излучателя на максимальную выходную мощность. Юстировка модулей и получение генерации. КПД.

4.2. Цифровое измерение оптических характеристик лазерного излучателя при наличии ПЗС-камеры и компьютерной программы анализа профиля лазерного пучка.

5. Возможности применения лазера.

Заключение

Список литературы

Аннотация

Изложены данные о современном положении лазеров на твёрдом теле на рынке технологий. Представлен результат разработки твёрдотельного лазерного излучателя на кристалле $YVO_4:Nd^{3+}$ с диодной накачкой модульной конструкции для лаборатории проектного образования профильной школы. Показана возможность использования излучателя в лидарах и дальномерах для сканирования объектов дорожной инфраструктуры.

Введение

В настоящее время большое развитие на рынке лазерных технологий приобретают излучатели на твёрдом теле. В отличие от конкурентов, они компактны, легки для починки, обладают достаточно высокой мощностью. Помимо преобразования энергии накачки в энергию когерентного, узконаправленного и монохроматического потока света, лазеры способны выполнять сканирующую, охранную, медицинскую, нагревательную и прочие функции. Однако строение современных лазеров не позволяет тщательно изучить все проходящие в них процессы. В данной работе представлен макет лазерного излучателя модульной конструкции для использования в различных целях. Например, в качестве лабораторного пособия для учеников старшей профильной школы. Дело в том, что на изучение лазеров в программе обучения отводится слишком незначительное время. Профессионал собирает излучатель около недели. Поэтому модульная конструкция лазера является актуальной. Она поможет учителю или ученику с помощью трёх полностью отъюстированных модулей получить генерацию в течение 5-10 минут, а также изучить оптические процессы, изменяя отдельные характеристики среды.

В работе были поставлены следующие цели и задачи:

1. Спроектировать лазерный излучатель модульной конструкции для лаборатории проектного образования.
2. Рассказать о технике безопасной работы с лазером.

3. Обнаружить возможности применения данного излучателя в сканировании.

Основная часть

1. Проектирование ванадатного излучателя модульной конструкции для изучения принципов работы лазера обучающимися профильных школ.

1.1. Функциональная схема.

На рисунке 1 приведена схема действующего лазерного излучателя на кристалле $YVO_4:Nd^{3+}$ модульной конструкции.

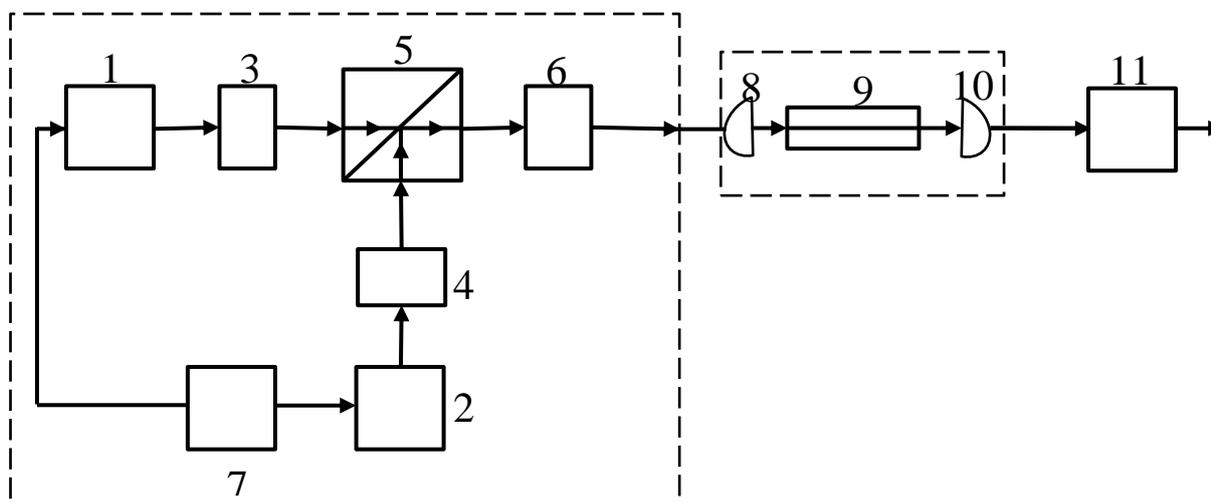


Рис.1. Функциональная схема модульного лазерного излучателя на кристалле $YVO_4:Nd^{3+}$.

1,2 – лазерные диоды накачки;

3,4 – конденсоры;

5 – призма-куб;

6 – объектив;

7 – стабилизированный источник питания 5V;

8,10 – зеркала оптического резонатора;

9 – кристалл ванадата $YVO_4:Nd^{3+}$;

11 – телескоп для формирования геометрических параметров лазерного пучка.

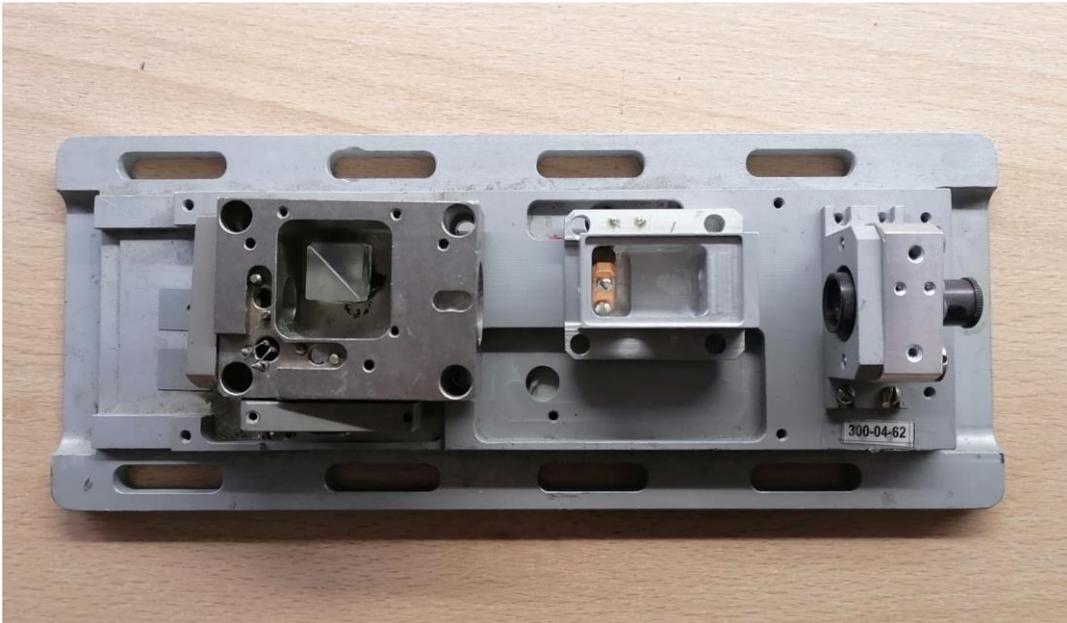
2. Принцип работы лазера.

Полупроводниковые лазерные диоды накачки (1,2) установлены в корпусе осветителя. Диоды питаются стабилизированным источником питания на 5В и имеют возможность в небольших пределах перемещаться относительно конденсоров (3,4). Излучение диодов накачки направляется конденсорами на призму-куб (5). Далее лазерный пучок фокусируется на активном элементе (9), который вместе с зеркалами (8, 10) установлен в корпусе резонатора. Входное зеркало (8) с коэффициентом отражения 0,98 для линии основной гармоники 1064 нм, Выходное (10) – полупрозрачное, с коэффициентом пропускания 40-60%. Геометрические параметры излучения формируются с помощью двухкомпонентного телескопа (11). Все детали конструкции расфасованы соответственно по трём модулям: накачки, резонатора и телескопа. Каждый модуль легко заменить на такой же, так что починка конкретной детали не требует демонтажа всего лазера в целом.

Возможное дополнительное оборудование:

- система цифрового измерения диаметра лазерного пучка и угловой расходимости;
- ПЗС-камера;
- Экран с тонким отверстием для юстировки.

Фото стенда



3. Техника безопасности работы с лазером.

Также при работе стоит знать технику безопасности взаимодействия с лазерами. Излучатель, описанный в данной работе, относится к первому классу опасности – то есть, безопасный для кожи и глаз. Но всё же не стоит забывать, что лазер является мощным источником света. Попадание как прямого, так и отражённого излучения на глаза или кожу недопустимо.

3.1. Разделение лазеров по степени опасности генерируемого излучения. Меры защиты.

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 собой опасность при облучении глаз не только коллимированным, но и диффузно-отражённым излучением.

4 класс – лазеры, диффузно-отражённое излучение которых представляет опасность для кожи и глаз на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

3.1.2. В лазерной лаборатории лазерная безопасность обеспечивается коллективными средствами защиты (ограждение зоны действия лазерного пучка) или индивидуальными средствами (противолазерные очки).

3.1.3. Вводный инструктаж проводится со всеми обучающимися лазерной лаборатории до начала работ. Обучающиеся проходят повторный инструктаж не реже одного раза в три месяца.

3.2. Правила выполнения исследовательских и лабораторных работ.

3.2.1. К выполнению работ допускаются только обучающиеся, прошедшие инструктаж по «Правилам лазерной безопасности» и тщательно их соблюдающие.

3.2.2. В помещении лазерной лаборатории не допускается присутствие обучающихся в верхней (уличной) одежде или с едой и напитками.

3.2.3. Сотовые телефоны должны быть настроены на беззвучный режим работы или выключены.

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

3.2.5. 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 светоограждения, если это требуется.

3.2.6. Все члены бригады должны постоянно присутствовать на своём рабочем месте.

3.2.7. При проведении работ запрещается:

- работать на стенде одному человеку;
- облакачиваться на лабораторные стенды;
- оставлять без присмотра включённую установку;
- вносить в зону действия лазерного луча посторонние предметы, особенно зеркально отражающие.

3.2.8. Включение лабораторного стенда производится только с разрешения преподавателя.

3.2.9. При травме или другом несчастном случае с обучающимся надо немедленно отстранить его от работы, оказать первую медицинскую помощь, в случае необходимости вызвать “Скорую помощь”.

4. Описание образовательного набора для школьников «Принцип работы лазера. Генерация вынужденного излучения». Инструкция проверки комплектующих. Последовательность работы.

Оборудование и аппаратура.

1. Стенд для сборки и юстировки лазерных излучателей с диодной накачкой;
2. Блок питания на 5В;
3. Антистатический браслет;
4. Компьютер (ноутбук);
5. Набор нейтральных фильтров;
6. Измеритель мощности лазерного излучения.

4.1. Настройка лазерного излучателя на максимальную выходную мощность. Юстировка модулей и получение генерации. КПД.

Порядок установки:

1. Включить питание стенда;
2. Включить компьютер;
3. Надеть антистатический браслет;
4. Ориентировать основание излучателя вдоль оси рельса перпендикулярно излучению юстировочного лазера;
5. Установить на основание излучателя модуль накачки и модуль оптического резонатора, зафиксировать их винтами так, чтобы оставалась возможность немного перемещать их в горизонтальной плоскости.
6. Включить питание диодов накачки и установить токи. Убедиться в наличие излучения накачки на выходе модуля и в резонаторе перед активным элементом.
7. Перемещать модули в небольших пределах и добиться генерации (вынужденное излучение).
8. Расположить на пути лазерного пучка экран с бумагой и добиться максимальной эллиптичности профиля пучка (режим генерации TEM₀₀). Плотно зафиксировать модули.
9. Снять зависимость мощности вынужденного излучения от тока накачки лазерных диодов при увеличении тока накачки от порогового до номинального значения.
10. Рассчитать КПД лазерного излучателя.

4.2. Цифровое измерение оптических характеристик лазерного излучателя при наличии ПЗС-камеры и компьютерной программы анализа профиля лазерного пучка.

1. Установить на основание излучателя двухкомпонентный телескоп на расстоянии 100 см от излучателя в фокусе фокусирующей линзы.

2. Поместить после набора нейтральных фильтров ПЗС-камеру.
3. Запустить на компьютере программу анализа профиля лазерного пучка.
4. Добиться получения генерации в режиме TEM₀₀.
5. Определить составляющие по осям X и Y значения угловой расходимости.
6. Зафиксировать клеем подвижную часть телескопа.
7. Переместить ПЗС-камеру и набор нейтральных фильтров на расстояние 4-5 см от выходного торца лазерного излучателя, предварительно вынув фокусирующую линзу.
8. После обеспечения линейного режима работы камеры, вновь запустить программу анализа профиля пучка.
9. Добиться генерации TEM₀₀ и наблюдения профиля пучка в начале системы координат. Измерить диаметр лазерного пучка по осям X и Y. Определить уровень шумов.
10. Составить спецификации лазерного излучателя.

5. Способы применения лазера.

Представленный в работе лазерный излучатель модульной конструкции поможет изучить процесс накачки лазерными диодами, зависимость уровня накачки от тока диодов и температуры, процесс генерации вынужденного излучения и многое другое.

Помимо изучения лазера в лаборатории проектного образования, мы предполагаем его использование в лидарах и дальномерах. При достаточных параметрах, возможно сканирование довольно крупных объектов. В теории, с его помощью можно записать данные о положении условных точек строения объекта, например, дорожной инфраструктуры. Скажем, моста. Повторное сканирование в течение длительного периода времени позволит получить данные о смещении точек. Полученная информация позволит сделать выводы о правильности конструкции или преждевременно предупредить о необходимости ремонта объекта.

Заключение

В данной работе представлен лазерный излучатель модульной конструкции, собранный в нашей школьной лазерной лаборатории, и обладающий высоким качеством профиля пучка. С его помощью можно изучить происходящие в лазере процессы, что недоступно в полностью закрытых излучателях. Выдвинута возможность использования малогабаритных лазеров в сканировании объектов дорожной инфраструктуры.

Список литературы

1. Бойков В.Н., Федотов П.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. Москва: МАДИ (ГТУ). 2005. – 224 с.
2. Вейко В.П., Петров А.А., Самохвалов А.А. Введение в лазерные технологии. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии» под редакцией Вейко В.П. – СПб: Университет ИТМО. 2018. – 161 с.
3. Вейко В.П., Шахно Е.А., Лазерные технологии в задачах и примерах: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 88 с.
4. Звелто О. Принцип лазеров. Перевод с английского. – Москва: Мир, 1990. – 558 с.
5. Комиссаров А.В. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий. Новосибирск: СГТА, 2015. – 103 с.
6. Мотуз В.О., Сарычев Д.С. Применение лазерного сканирования и 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1 (2) – с. 12-15.
7. Пойзнер Б.И. Физические основы лазерной техники. Учебное пособие. – Москва: ИНФА – М, 2018. – 160 с.