

**Научно-исследовательская работа**

**Физика**

**КОМПАКТНЫЙ МОДУЛЬНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ С ДИОДНОЙ  
НАКАЧКОЙ ДЛЯ ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЫ**

*Выполнила:*

***Ячменёва Яна Александровна***

*учащаяся 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*

## Введение

С самого момента разработки лазер называли устройством, которое само ищет решаемые задачи. Лазерные излучатели нашли применение в самых различных областях человеческой жизни. Твёрдотельные лазеры с диодной накачкой, одно из самых значимых изобретений XX века, всё больше развиваются как компактные, малогабаритные лазеры с высоким качеством лазерного пучка и работающие в широкой области оптического спектра.

В настоящее время всё больше развиваются лазерные технологии. Они широко используются в различных сферах деятельности человека, например для дуговой сварки, в качестве источника для медицинского лечения крови, в составе охранных систем и так далее. Довольно огромное применение имеют лазеры на твёрдом теле, они компактны и легки для починки - можно починить любое составляющее не обращаясь к заводу-изготовителю. Однако в современной программе образования уделяют слишком незначительное время на изучение лазеров. Всё из-за того, что сборка одного излучателя занимает около недели даже у профессионала. В нашей школьной лаборатории мы учимся основам лазерных технологий. В своей работе я хотела бы представить одну из новейших разработок - лазерный излучатель модульной конструкции. С помощью трёх полностью отъюстированных модулей возможно получить генерацию в течение двух минут. Раздельная конструкция также позволяет тщательно изучить параметры лазера, изменяя их характеристики (расстояние между модулями, температуру каждого и так далее).

В своей работе я поставила следующие задачи:

1. Спроектировать лазерный излучатель на одном из самых перспективных активных материалов лазерной техники – на кристалле ванадата  $YVO_4:Nd^{3+}$  с накачкой одним полупроводниковым лазерным диодом с мощностью выходного излучения 1 Вт со стабилизацией температуры активного элемента и

диода накачки, селекцией поперечных и продольных типов колебаний резонатора для осуществления одночастотного режима генерации.

2. Разработать оптимальную методику сборки и юстировки лазерного излучателя.

3. Разработать методику цифрового анализа характеристик лазерного пучка с применением ПЗС-камеры. Составить спецификацию лазерного излучателя.

### Функциональная схема.

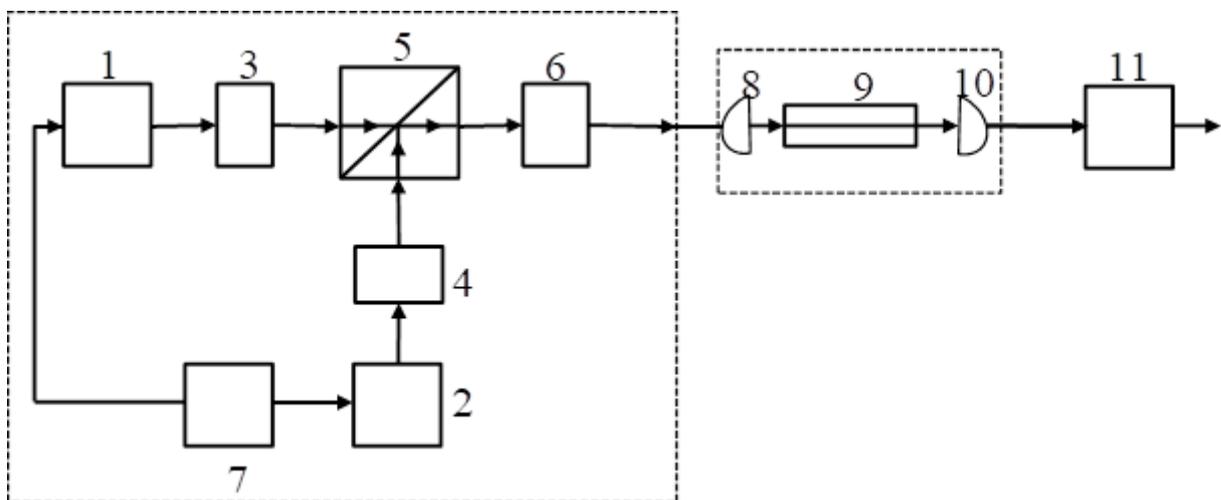


Рис. 1. Функциональная схема модульного лазерного излучателя.

- 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 YVO4:Nd3+;
- 11 – телескоп для формирования геометрических параметров лазерного пучка.

Спецификация излучателя:

Режим работы	одночастотный
Длина волны	1064 нм
Диаметр пучка на выходе излучателя	1,5 мм
Угловая расходимость	< 1 мРад
Рабочее напряжение	< 4,5 В
Мощность излучения на выходе излучателя	< 50 мВт
Поперечная мода	TEM00
Диапазон рабочей температуры	10 – 40 °С
Шумы	< 5%
Эллиптичность	96,5%

Изучаемые темы:

- процесс накачки лазерными диодами;
- зависимость уровня накачки от тока диодов и температуры;
- юстировка модуля накачки;
- юстировка резонатора;
- генерация вынужденного излучения.

### **Возможность применения лазерного излучателя с диодной накачкой на кристалле Ванадата модульной конструкции.**

«Ванадиевые лазеры» обычно используется для лазеров на основе кристаллов ванадата, легированных неодимом. В частности, они включают ванадат иттрия (Nd:YVO<sub>4</sub>), ванадат гадолиния (Nd:GdVO<sub>4</sub>) и ванадат лютеция (Nd:LuVO<sub>4</sub>). Эти ванадаты также называют ортованадаты. Такие материалы были известны давно, но стали

популярными только спустя много лет потому, что в течение длительного периода было трудно вырастить кристаллы высокого оптического качества достаточно больших размеров. Кроме прогресса в технологии выращивания кристаллов, появилась диодная накачка, тем самым стало возможным использовать кристаллы меньших размеров, это увеличило интерес к ванадатам.

#### Параметры:

Химическая формула

$\text{Nd}^{3+}:\text{YVO}_4$

Кристаллическая структура

Тетрагональная

Массовая плотность

4,22 г/см<sup>3</sup>

Твердость по Моосу

5-6

Модуль Юнга

133 ГПа

Прочность на растяжение

53 МПа

Температура плавления

1810 °С

Теплопроводность

≈ 5 Вт / (мК)

(значения около 9-12 также встречаются в литературе)

Коэффициент теплового расширения

11 × 10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup> (продольное направление), 4,4 × 10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup> (поперечное направление)

Окно прозрачности

0.3-2.5 мкм

Двулучепреломление

Положительное одноосное

Преломления на длине волны 1064 нм

2,17 для поперечной поляризации (необычная), 1,96 (обычная)

Температурная зависимость показателя преломления

$3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  (продольное направление),  $8.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  ( поперечное направление)

Плотности Nd в 1% легирования

$1.24 \times 10^{20} \text{ см}^{-3}$

Время жизни верхнего лазерного уровня

90 нкс

Сечение поглощения на 808 нм

$60 \times 10^{-20} \text{ см}^2$  (с поляризацией)

Сечение излучения на длине волны 1064 нм

$114 \times 10^{-20} \text{ см}^2$  (с поляризацией)

Усиление пропускной способности

1 нм

Лазерный излучатель на подобном кристалле Ванадата можно использовать в различных сферах. Их модульная конструкция представляет высокую ремонтпригодность – нет нужды чинить лазеры на заводе-изготовителе. Данная функция значительно облегчает условия пользования излучателем и делает его значительно выгоднее по сравнению с известными аналогами. Лазеры модульной конструкции можно применять так же широко, как и целостные.

### **Заключение**

1. В проекте мы спроектировали лазерный излучатель с диодной накачкой на кристалле Ванадата модульной конструкции

2. Разработали малогабаритный стабильный лазерный излучатель на кристалле ванадата
3. Рассмотрели параметры лазерного излучателя
4. Рассмотрели возможность применения лазерного излучателя

#### **Список литературы:**

1. Мотуз В.О., Сарычев Д.С. Применение лазерного сканирования 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1 (2) – с. 12-15.
2. Комиссаров А.В. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий. Новосибирск: СГТА, 2015. – 103 с.
3. Бойков В.Н., Федотов П.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. Москва: МАДИ (ГТУ). 2005. – 224 с.
4. 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.
5. Звелто О. Принцип лазеров. Перевод с английского. – Москва: Мир, 1990. – 558 с.