

Научно-исследовательская работа
Физика

**Лазер с диодной накачкой для ВЛОК (внутривенозного освечивания
крови)**

Выполнил:

Матвиенко Диана Алексеевна,

Студент РТУ МИРЭА

Научный руководитель:

Ашурбеков Сефер Ашурбекович,

педагог дополнительного образования,

кандидат технических наук, доцент

Бронницы 2024

Оглавление

<u>Введение</u>	3
<u>1. Краткий обзор методов внутривенного лазерного освечения крови</u>	4
<u>2. Лазерные излучающие головки с полупроводниковыми лазерными диодами</u>	5
<u>3. Разработка линейки компактных малогабаритных излучателей с диодной накачкой для ВЛОК</u>	6
<u>3.1. Функциональные схемы и конструкция активных модулей оптических резонаторов и телескопов</u>	6
<u>3.2. Спецификация лазерных излучателей</u>	7
<u>3.2.1. Излучатель на $YVO_4:Nd^{3+}$ на основной гармонике (1064 нм)</u>	8
<u>3.2.2. Излучатель на $YVO_4:Nd^{3+}$ на второй гармонике (532 нм)</u>	8
<u>3.2.3. Излучатель на $Y_3Al_5O_{12}:Nd^{3+}$ с переходом и удвоением частоты (475 нм)</u>	8
<u>3.2.4. Излучатель на квантовых переходах эрбия с удвоением частоты (767-782 нм)</u>	8
<u>Заключение</u>	9
<u>Список использованной литературы.</u>	9

Введение

Одним из наиболее эффективных и распространённых способов терапевтического воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением (НИЛИ) на организм человека является внутривенное лазерное освечивание крови (ВЛОК), которое в настоящее время успешно используется в различных областях медицины. Трудно найти аналог ВЛОК по простоте применения универсальности и эффективности лечения.

Впервые ВЛОК было применено Мешалкиным Е. Н. и Сергиевским В. С. В 1981 г. в кардиохирургии, но уже в 1989 г. опубликованы полученные Институтом апробации метода в стоматологии, эндокринологии, урологии, кардиологии и других областях медицины.

Применение ВЛОК позволяет значительно сократить сроки лечения, увеличить время ремиссии, стабилизировать течение заболеваний, снизить количество осложнений. Лучшие аппараты ВЛОК в России разработаны совместно НИИ «Матрикс» и Государственным центром лазерной медицины.

Улучшение под действием низкоинтенсивного лазерного излучения кислородно-транспортной функции эритроцитов и реологических свойств крови – главная причина успешности метода.

В известных аппаратах «Матрикс-ВЛОК» и «Лазмик-ВЛОК» используются, как правило, полупроводниковые лазерные модули от 365 до 808 нм и мощностью от 1 до 35 мВт.

Малогабаритные лазеры с диодной накачкой, разработанные в последние годы, обладают высоким качеством лазерного пучка, более высокой степенью монохроматичности, пространственной и временной когерентности,

значительно, превосходящей аналогичные параметры полупроводниковых лазерных диодов и модулей.

Представляется перспективным и актуальным использование модульных лазеров с диодной накачкой для ВЛОК.

В настоящей работе были поставлены следующие задачи:

- составить краткий обзор работ по методу ВЛОК;
- проанализировать преимущества использования модульных диодных лазеров в аппаратах «Матрикс» и «Лазмик»;
- выполнить цифровой анализ характеристик модульных лазеров.

В проекте разработаны модульные лазеры с диодной накачкой на основной гармонике 1064 нм и с удвоением частоты 532 нм, показаны возможности и преимущества их использования в системах ВЛОК, что имеет важное практическое применение в различных областях медицины.

1. Краткий обзор методов внутривенного лазерного освечивания крови

Метод ВЛОК в своей исключительной универсальности и эффективности нашёл самое широкое практическое применение в кардиологии, пульмонологии, эндокринологии, гинекологии, урологии, дерматологии и других областях медицины.

Глубокое научное обоснование эффективности и прогнозируемость результатов также способствуют применению ВЛОК как самостоятельно, так и в комплексе с другими лечебными методами.

В многочисленных публикациях сообщается о положительных результатах, полученных при внутривенном лазерном освечивании крови с использованием гелий-неонового лазера. Выбор типа лазера и длины волны 633 нм, соответственно, был обусловлен исключительно фактором

доступности, но не эффективности. Современные лазерные терапевтические аппараты, в которых используются полупроводниковые лазерные диоды («Матрикс-ВЛОК», «Лазмик» и «Лазмик-ВЛОК») имеют относительно хорошие параметры. Разработаны и выпускаются одноразовые стерильные световоды, безопасные и комфортные для пациентов.

Универсальность ВЛОК обусловлена не только положительным влиянием на кровь и все её компоненты, но также на весь организм посредством запуска центральных механизмов регулирования гомеостаза.

2. Лазерные излучающие головки с полупроводниковыми лазерными диодами.

В таблице 2.1. приведены характеристики излучающих лазерных головок на выходе одноразового световода КИВЛ-01 производства НИИ «Матрикс».

Аппараты «Матрикс» - сегодня лучшая серия терапевтических аппаратов ВЛОК.

Таблица 2.1. Лазерные излучающие головки для ВЛОК

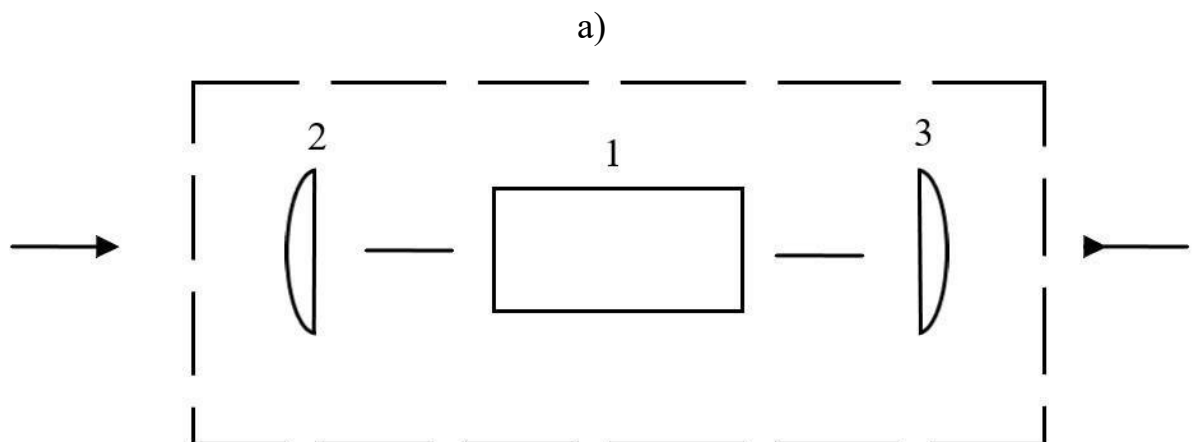
Наименование головки	Длина волны, нм	Спектр	Средняя мощность по ТУ, мВт, не менее	Цвет ремешка и обозначений
КЛ-ВЛОК-365-2 (для УФОК)	365	УФ	2 мВт	Фиолетовый
КЛ-ВЛОК-405-2	405	УФ	2 мВт	Фиолетовый
КЛ-ВЛОК-445-2	445-450	Синий	2 мВт	Голубой

КЛ-ВЛОК-450- 20	445-450	Синий	20 мВт	Голубой
КЛ-ВЛОК-525- 2	520-525	Зелёный	2 мВт	Зелёный
КЛ-ВЛОК-525- 20	520-525	Зелёный	20 мВт	Зелёный
КЛ-ВЛОК-635- 2	635	Красный	2 мВт	Красный
КЛ-ВЛОК-635- 20	636	Красный	20 мВт	Красный
КЛ-ВЛОК-808- 40	808	ИК	40 мВт	Оранжевый

3. Разработка линейки компактных малогабаритных излучателей с диодной накачкой для ВЛОК

3.1. Функциональные схемы и конструкция активных модулей оптических резонаторов и телескопов.

На рис. 3.1 представлены функциональные схемы двух активных резонаторов на $YVO_4:Nd^{3+}$ - а) резонатора на основной гармонике 1064 нм; б) резонатора на второй гармонике 532 нм.



б)

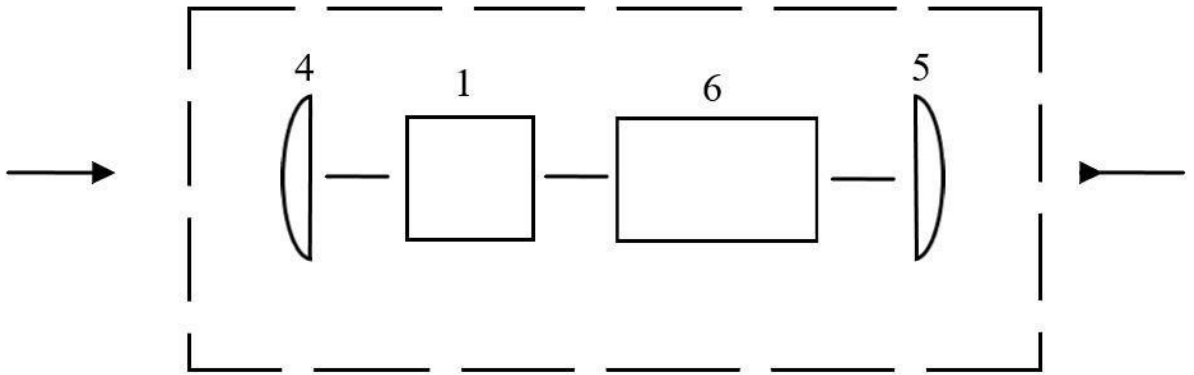


Рис. 3.1. Функциональные схемы модулей активных резонаторов на $\text{YVO}_4:\text{Nd}^{3+}$ а) резонатора на основной гармонике 1064 нм; б) резонатора на второй гармонике 532 нм.

1 – активный элемент ванадата с неодимом $4 \times 4 \times 4$ мм;

2 – выходное зеркало с многослойными покрытиями на 1064 нм, с коэффициентом отражения $\sim 96-98\%$;

3 – выходное зеркало на 1064 нм, коэффициент пропускания 40-60%;

4 – входное зеркало на 532 нм;

5 – выходное зеркало на 532 нм;

6 – нелинейный кристалл ниобата лития $2 \times 2 \times 10$ мм.

Юстировка и сборка всех модулей выполнены с высоким качеством на специальном лабораторном стенде, собранном на виброустойчивых лазерных сотовых столах.

Два других активных резонатора имеют аналогичную схему. В одном резонаторе использован переход ${}^4\text{F}_{3/2} \rightarrow {}^4\text{Y}_{9/2}$ иттрий-алюминиевого граната с неодимом, затем вторую гармонику. В последнем резонаторе использован квантовый переход эрбия (1535-1565 нм), после удвоения (767-782 нм).

3.2. Спецификация лазерных излучателей

По результатам исследовательского проекта разработаны два излучателя со следующими характеристиками.

3.2.1. Излучатель на $YVO_4:Nd^{3+}$ на основной гармонике (1064 нм)

Режим работы	Непрерывный одномодовый
Длина волны	1064 нм
Диаметр пучка на выходе излучателя	1,6 мм
Угловая расходимость	< 1 мРад
Мощность излучения на выходе излучателя	< 50 мВт
Поперечная мода	TEM ₀₀
Диапазон рабочей температуры	10 – 40 °С
Вариация выходной мощности	< 5%

3.2.2 Излучатель на $YVO_4:Nd^{3+}$ на второй гармонике (532 нм)

Режим работы	Непрерывный одномодовый
Длина волны	532 нм
Диаметр пучка на выходе излучателя	1,4 мм
Угловая расходимость	< 0,5 мРад
Мощность излучения на выходе излучателя	< 20 мВт
Поперечная мода	TEM ₀₀
Диапазон рабочей температуры	10 – 40 °С
Вариация выходной мощности	< 5%

3.2.3. Излучатель на $Y_3Al_5O_{12}:Nd^{3+}$ с переходом и удвоением частоты

(475 нм)	
Режим работы	Непрерывный одномодовый
Длина волны	475 нм
Диаметр пучка на выходе излучателя	1,5 мм
Угловая расходимость	$< 0,5$ мРад
Мощность излучения на выходе излучателя	5 – 20 мВт
Поперечная мода	TEM ₀₀
Диапазон рабочей температуры	10 – 40 °С
Вариация выходной мощности	$< 5\%$

3.2.4. Излучатель на квантовых переходах эрбия с удвоением частоты (767-782 нм)

Режим работы	Непрерывный одномодовый
Длина волны	767 нм
Диаметр пучка на выходе излучателя	1,5 мм
Угловая расходимость	< 1 мРад
Мощность излучения на выходе излучателя	5 – 20 мВт
Поперечная мода	TEM ₀₀
Диапазон рабочей температуры	10 – 40 °С
Вариация выходной мощности	$< 5\%$

Заключение

1. Разработана линейка малогабаритных компактных лазерных излучателя на кристаллах ванадата и граната с неодимом и эрбием для ВЛОК.

2. Исследованы параметры лазерных модулей, что позволило составить их спецификацию.
3. Качество лазерных пучков значительно выше, чем у полупроводниковых лазерных модулей, что позволит поднять качество и результаты ВЛОК на новый уровень.

Список использованной литературы.

1. 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.
2. Вейко В.П., Шахно Е.А., Лазерные технологии в задачах и примерах: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 88 с.
3. Комиссаров А.В. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий. Новосибирск: СГТА, 2015. – 103 с.
4. Пойзнер Б.И. Физические основы лазерной техники. Учебное пособие. – Москва: ИНФА – М, 2018. – 160 с.
5. Звелто О. Принцип лазеров. Перевод с английского. – Москва: Мир, 1990. – 558 с.
6. Москвин С.В., Кончугова Т.В., Хадащев А. А. Основные терапевтические методики лазерного освечивания крови. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2017; 94(5): 10-17.
7. Москвин С. В, Основы лазерной терапии. Серия «Эффективная лазерная терапия». Т.1 – М., 2016. – 896 с.