

Научно-исследовательская работа

Физика

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ИНФРАКРАСНОГО ЛАЗЕРА
НА ВАНАДАТЕ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ ГРАВИРОВКИ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Выполнили:

Голованова Мария Константиновна

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

Бронницы

2022

Лазерная гравировка представляет собой способ нанесения изображений на поверхность за счет лазерного пучка, сфокусированного оптической системой в пятно минимально возможного диаметра. При этом в области воздействия лазерного пучка создается высокая температура, достаточная для выжигания и испарения материала [1-4]. Лазерная технология гравировки обеспечивает ряд преимуществ:

1. Высокая разрешающая способность и точность нанесения рисунка из-за малого диаметра сфокусированного луча одномодового лазера в несколько длин волн.
2. Отсутствие контакта с изделием.
3. Высокая скорость обработки практически любых материалов.

Для гравировки неметаллических материалов (дерево, пластик, кожа, керамика) широко используются лазеры на углекислом газе. Основным недостатком CO₂ - гравиров – большие габариты излучателей и необходимость водяного охлаждения системы [5-7].

Представляется перспективной разработка для этих целей непрерывных твердотельных лазеров с диодной накачкой с малой угловой расходимостью и достаточной мощностью выходного излучения до 5 Ватт.

В нашей работе была поставлена цель:

1. Спроектировать и осуществить сборку и юстировку одномодового излучателя на кристалле ванадата с Nd³⁺ накачкой двумя четырёхваттными полупроводниковыми лазерными диодами с достаточно высокой мощностью выходного излучения 0,5-5 Вт и с угловой расходимостью менее 1 миллирадион.
2. Использовать разработанный лазер в сочетании с доступным на рынке китайским координатным столом для гравировки неметаллических изделий из кожи, дерева и пластика.

Функциональная схема излучателя с накачкой двумя полупроводниковыми лазерными диодами представлена на рисунке 1.

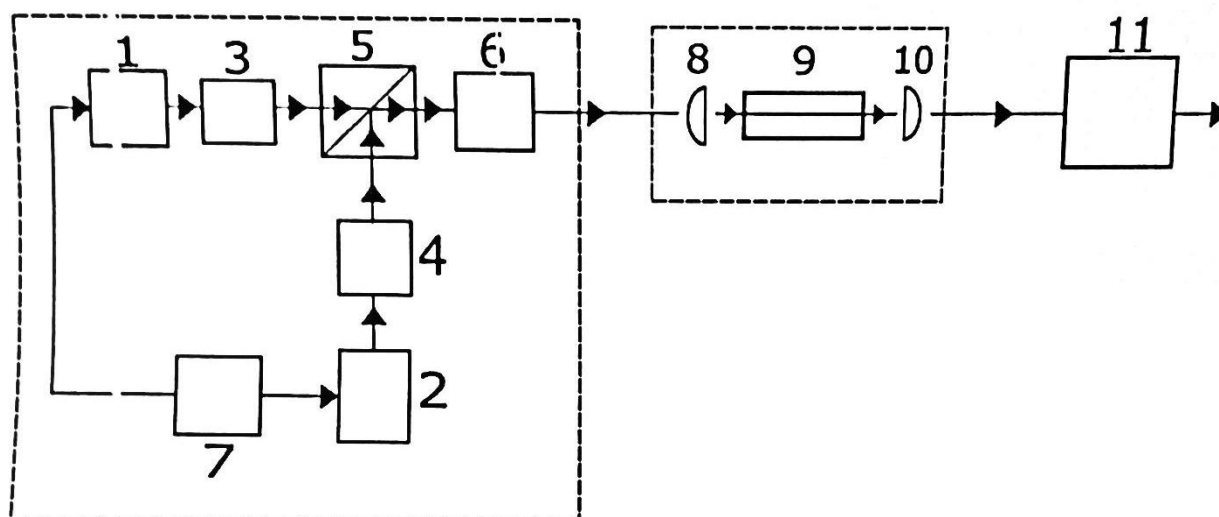


Рис. 1 Функциональная схема инфракрасного лазерного излучателя с диодной накачкой двумя диодами для гравировки

1, 2 – четырёхваттные лазерные диоды накачки (700-800 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 5В 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 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 532 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. 2, а угловая расходимость по схеме, представленной на рис. 3.

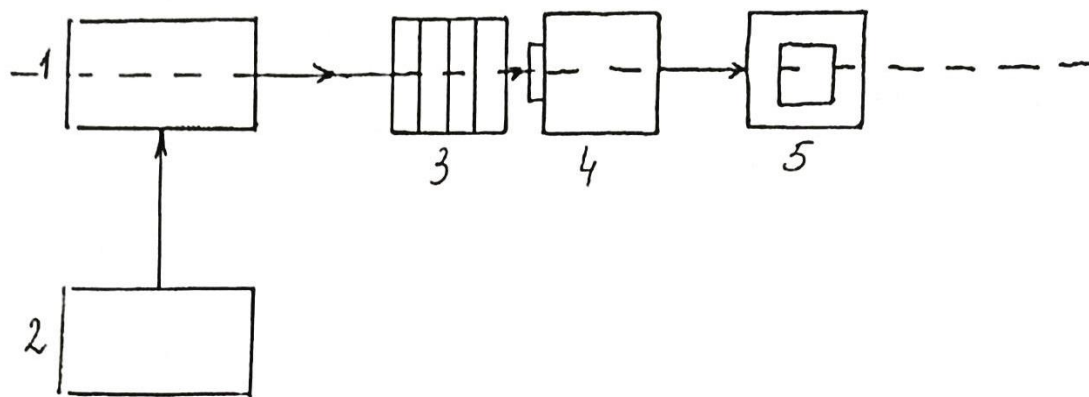


Рис. 2 Схема измерения диаметра лазерного пучка на выходе лазера и его эллиптичности

- 1 – ИК-лазер на гранате с диодной накачкой;
- 2 – стабилизированный блок питания 5 V;
- 3 – набор нейтральных фильтров;
- 4 – ПЗС-камера;
- 5 – компьютер.

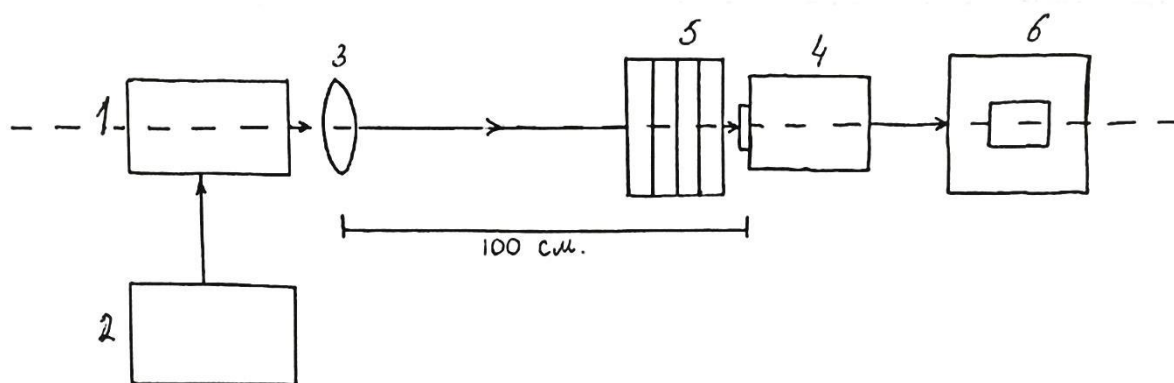


Рис. 3 Схема измерения угловой расходимости лазера на кристалле ванадата с Nd^{3+} накачкой.

- 1 – ИК-лазер на ванадате с диодной накачкой;
- 2 – стабилизированный источник питания 5V;
- 3 – собирающая линза с $F=100$ см;
- 4 – ПЗС-камера;

5 – набор нейтральных фильтров;

6 – компьютер.

В качестве примера на рисунке 4 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.

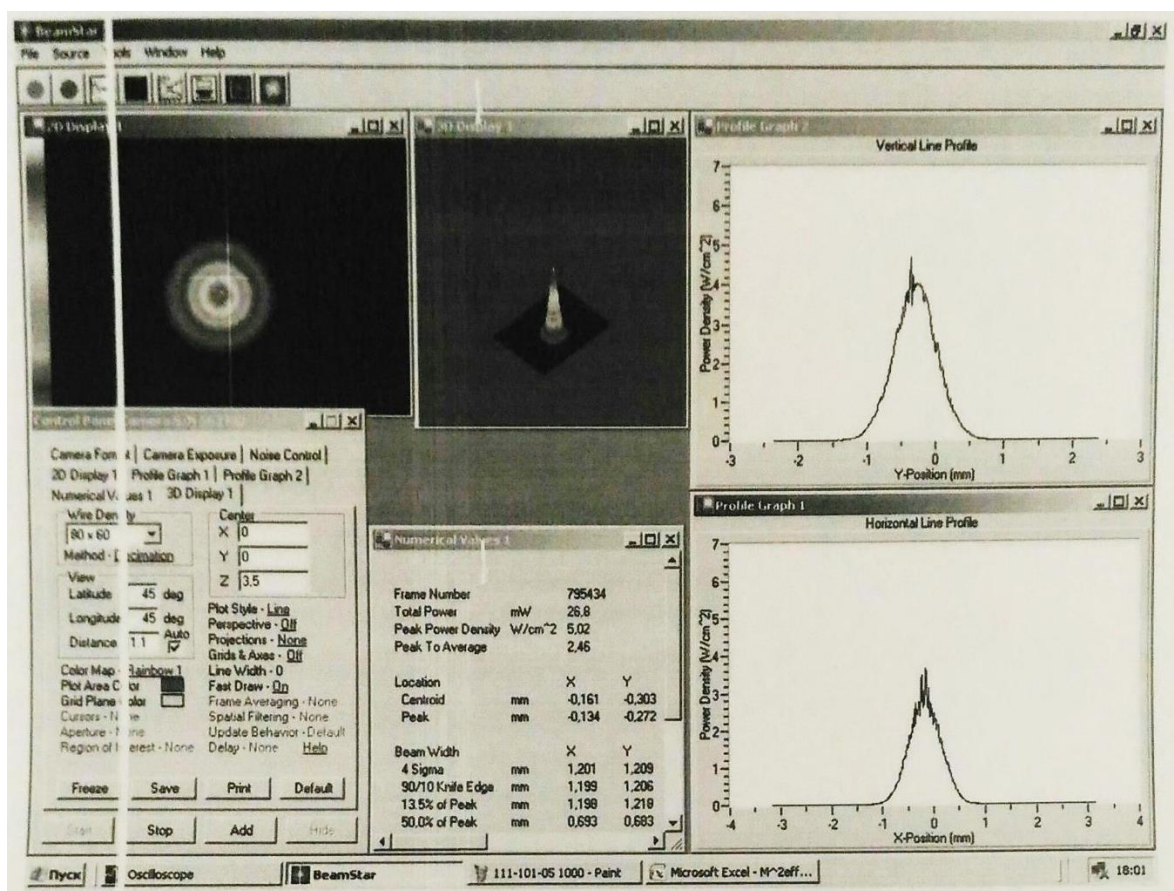


Рис. 4 Профиль лазерного пучка на выходе лазера, полученный с применением ПЗС-камеры и компьютера.

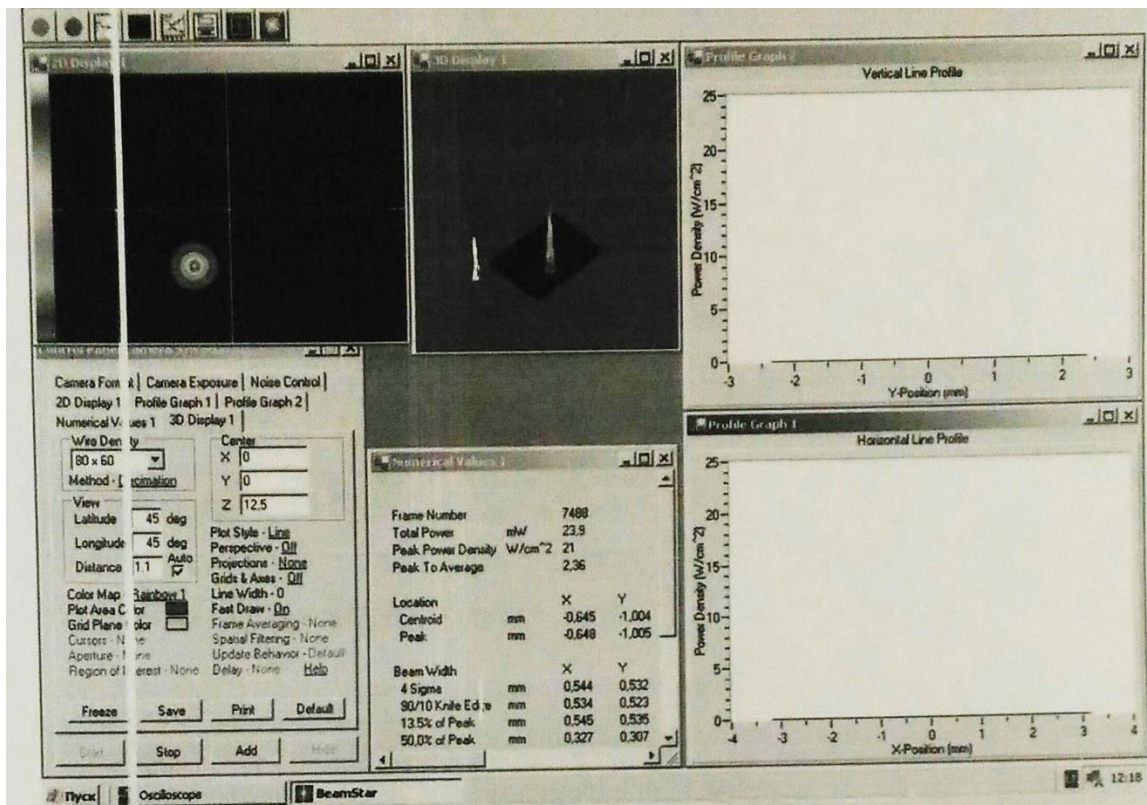


Рис. 5 Профиль лазерного пучка в фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием 1 м.

Проектированный нами лазер на кристалле ванадата с диодной накачкой и мощностью выходного излучения до 5 Вт успешно использован для гравировки изделий из кожи, фанеры и пластика. Для управления процессом нанесения рисунка изделие использован координатный стол китайского гравера с графическим резонатором для оцифровки изображений и ноутбуком для программного управления процессом.

Для фокусировки лазерного луча использовались просветленные на длину волны 1064 нм собирающие линзы. Глубина выжигания регулируется мощностью излучения и временем воздействия луча.

Лазерный гравер на базе ванадатного лазера с накачкой двумя лазерными диодами может найти широкое применение для изготовления сувениров и подарков с дарственной надписью, визиток, ноутбука, смартфона и многих других изделий.

Список литературы

1. Звелто О. Принципы лазеров. Перевод с английского – М.: Мир, 1990, с.558.
2. Пойзнер Б.И. Физические основы лазерной техники. Учебное пособие. ИНФА – М., 2017.
3. Тарасов Л.В. Четырнадцать лекций о лазерах. М., URSS, 2018, с.176.
4. Горный С.Г., Юдин К.В. Применения методов лазерной маркировки в промышленности // Лазер-Информ. Информационный бюллетень Лазерной ассоциации № 8 (263) апрель, 2003.
5. Дьюли У. Лазерная технология и анализ материалов: перевод с английского М.: Мир, 1986, 504 с.
6. Игнатьев А.Г. Лазерные технологии: задачи и решения. «Ритм машиностроения» № 6, 2018.
7. Афонькин М., Ларионова Е., Горный С. Фотоника, № 5, 2010 Анализ технологических возможностей лазерно- гравировальных комплексов.