

# Исследовательский проект по физике: «Физика лазеров и их применение в наши дни»



Проект подготовили:

Стенар Константин Дмитриевич и Максимова Полина Андреевна  
ученики 11 класса

Муниципальное общеобразовательное учреждение «Средняя  
общеобразовательная школа «Лесновский центр образования имени Героя

Советского Союза Н.А.Боброва»»

Учитель: Шумилина Ирина Анатольевна

2024 г.

# Содержание:

1. Вступление-обоснование темы.....	3
2. Основная часть .....	3
2.1 Актуальность .....	3
2.2 Цель проекта .....	3-4
2.3 Задачи проекта.....	4
3. Теоретическая часть.....	5
3.1 Что такое лазер?.....	5-7
3.2 Свойства лазеров .....	7
3.3 Применение лазеров .....	7-9
3.4 Волоконные лазеры .....	9-11
4. Практическая часть .....	12
4.1 Экспериментальная часть проекта.....	12-21
4.2 Результаты анкетирования .....	22
5. Выводы и заключение .....	23
6. Список литературы и интернет-ресурсы .....	24
7. Приложение №1 .....	25

# Вступление-обоснование темы

В современной технологической среде лазеры играют важную роль в различных областях, включая промышленность, медицину, науку и технику. Интенсивное исследование физики лазеров позволило разработать эффективные методы управления их параметрами, такими как мощность излучения, скорость перемещения лазерного пучка и частота следования импульсов. Изменение этих параметров может значительно влиять на качество и точность обработки материалов, включая гравировку металлических поверхностей. Понимание влияния этих параметров на процесс гравировки открывает новые возможности для применения лазеров в промышленности, металлообработке, создании уникальных деталей и элементов дизайна. На практике это позволяет создавать высококачественные и точные изделия, а также оптимизировать процессы промышленного производства.

## Основная часть

### Актуальность

Данный проект исследования качества обработки нержавеющей металлической поверхности с помощью лазерной установки «Мини Маркер 2» (Производство Санкт-Петербург, Россия) направлен на получение изделий к юбилею школы. Применение лазерных технологий на сегодняшний день один из самых надежных способов создания маркировки и гравировки на любых твердых поверхностях, поэтому мы считаем, что данный способ получения гравировки на поверхности один из самых качественных, высокоточных и малозатратных.

### Цель проекта

Исследование фундаментальных аспектов физики лазеров: работы по изучению фундаментальных аспектов, таких как эффекты лазерной физики,

взаимодействие лазерного излучения с веществом, квантовая оптика.

Создание изображения на обрабатываемой поверхности с помощью лазера «Мини Маркер 2», проанализировать полученные поверхности образца, выделить основные характеристики лазерного излучения для дальнейшего использования при гравировке или маркировке на металлических поверхностях.

## Задачи проекта

- Исследовать принципы работы лазера, в том числе волоконного лазера «Мини-маркер 2», и их основных элементов.

- Изучить методы генерации излучения в лазерах и определение наиболее эффективных способов усиления.

- С помощью компьютерных технологий разработать дизайн медали к юбилею школы Муниципальное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа «Лесновский центр образования имени Героя Советского Союза Н.А.Боброва»».

- Изготовить образцы для исследования с помощью гравировки полученного изображения на поверхности лазерным излучением.

- Провести опрос среди учащихся школы и учителей на выявление самого качественного образца юбилейной медали с точки зрения зрительного восприятия.

- Для полученных в ходе опроса качественных образцов определить основные физические характеристики лазера (частота, скорость, мощность) с помощью микроскопа (ZeissAxioImagerA1.m) и микроскопа-спектрофотометра(МСФУ-К).

- Проанализировать результат, принять правильное решение и сделать вывод.

# Теоретическая часть

## Что такое лазер?

Лазер – оптический прибор, преобразующий энергию накачки в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного излучения. По-другому лазеры называют оптическими квантовыми генераторами (ОКГ). Само название лазер произошло от аббревиатуры Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

Функциональная схема лазера любого типа, как правило, включает резонатор, активную среду и систему возбуждения активной среды (питания, накачки). Основными параметрами излучения лазера являются интенсивность (либо мощность), спектр частот (длин волн), поляризация и расходимость. Классификация лазеров может осуществляться по фазовому состоянию активной среды, режиму работы, способу накачки, мощности и диапазону длин волн излучения, типу возбужденных частиц, типу резонатора.

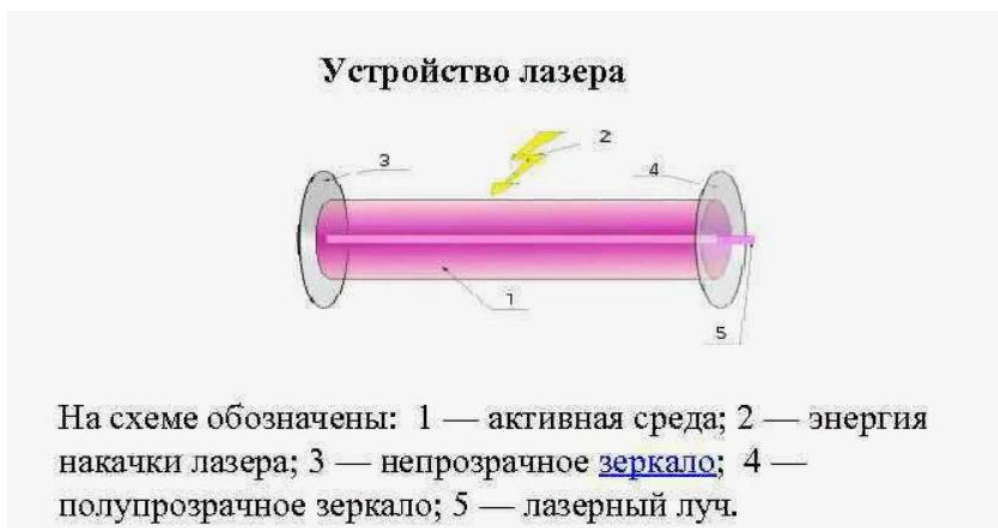


### *Классификация лазеров по фазовому состоянию вещества*

Лазер включает два необходимых элемента: активную среду, приведённую в неравновесное состояние внешним источником энергии, и резонатор. Активная среда представляет собой вещество, находящееся в неравновесном состоянии и способное усиливать проходящее через него

резонансное электромагнитное излучение, частота которого соответствует разности энергий двух квантовых энергетических уровней частиц среды. Переход частицы с более высокого на более низкий уровень энергии может быть излучательным или безызлучательным. Испускание фотона, т. е. излучение, может быть как самопроизвольным (спонтанное испускание), так и под действием электромагнитного излучения (индуцированное, или вынужденное, испускание). При спонтанном испускании частота фотона произвольна в пределах контура спектральной линии, ширина которой определяется шириной энергетических уровней, участвующих в переходе. Произвольны также направление распространения излучения и его фаза. При вынужденном излучении испущенные фотоны полностью тождественны фотонам, воздействующим на частицы среды, т. е. происходит усиление падающей электромагнитной волны. Если воздействующая волна монохроматична, то вынужденное испускание также будет монохроматичным, имеющим ту же частоту, то же направление распространения и ту же поляризацию волны.

Второй неотъемлемой частью лазера является резонатор – устройство, осуществляющее положительную обратную связь, т. е. возвращающее часть выходящего излучения в активную среду и обеспечивающее переход возможного процесса усиления электромагнитного излучения в процесс его генерации.



Наиболее эффективные способы усиления излучения в лазерах включает следующие методы:

1. Оптический усилитель. Этот метод основан на использовании усилительных сред, таких как допированные кристаллы или волокна, которые способны усиливать световой сигнал путем стимулированной эмиссии.

2. Сверхпроводящий усилитель. Использование сверхпроводящих материалов позволяет создавать усилители с высокой эффективностью и мощностью.

3. Усиление методом сжатия импульсов. Путем повторного усиления коротких импульсов лазерного излучения можно достичь высокой мощности и точности пучка.

## Свойства лазерного излучения

- Монохроматичность
- Когерентность
- Направленность
- Яркость
- Высокая мощность излучения
- Узкая угловая направленность
- Возможность генерации ультракоротких импульсов

## Применение лазеров

Возникла и бурно развивается волоконная оптика, которая стала не только новым научным направлением, но и промышленно-технологической отраслью. Волоконно-оптические линии связи резко изменили процессы передачи информации, многократно увеличив ёмкость каналов связи

благодаря использованию высокой несущей частоты, лежащей в оптическом диапазоне. Разделом современной оптики стала интегральная оптика, разрабатывающая принципы и методы интеграции оптических и электронных устройств.

Лазерная спектроскопия значительно расширила и обогатила спектроскопические методы исследования вещества и точность спектрального анализа.

Уникальные свойства лазерного излучения позволили использовать его для лазерного разделения изотопов, инициирования химических реакций. Высокая когерентность лазерного излучения дала также толчок в развитии голографии. С появлением лазеров возникло новое научное направление в физике плазмы – физика лазерной плазмы, изучающая проблему лазерного термоядерного синтеза. Лазерная метрология привела к созданию уникальных квантовых стандартов частоты, эталонов времени.

Лазер в медицине – самое гуманное применение одного из великих открытий 20 в. Создание лазера привело как к качественному изменению известных разделов медицины, так и к появлению новых. Особо следует отметить применение лазера в офтальмологии, нейрохирургии, урологии.

Лазерная локация, лазерная дальнометрия и лазерная гироскопия широко используются в военном деле, навигации, картографии. Лазерные технологии вышли за рамки лабораторных исследований и применяются в промышленности для резки и сварки материалов, обработки, очистки и упрочнения поверхности различных конструкций, формирования рельефов поверхностей твёрдых тел. Без лазеров немыслимо развитие нанотехнологий.

Образовалось и стало бурно развиваться информационное общество (включающее интернет), основанное на использовании компьютеров,



широкополосных сетей глобальной оптоволоконной, спутниковой связей и лазеров различных частотных диапазонов, мощностей и конструктивных особенностей. Широко используются лазерные методы передачи, хранения и обработки информации. В частности, в повседневную жизнь вошли лазерные записывающие устройства, лазерные принтеры и сканеры, музыкальные центры и домашние кинотеатры.

## Волоконные лазеры

Волоконные лазеры относятся к твердотельным лазерам, активной средой, которых является оптическое волокно, легированное редкоземельными ионами. Они являются альтернативой обычным твердотельным лазерам с активной средой из стержней и имеют широкий спектр применений как в гражданской, так и в военной промышленности, когда требуется сочетание высокой выходной мощности с высоким качеством пучка в компактном и прочном корпусе.

Конструкция волоконного лазера обеспечивает отличные технические характеристики для различных технологических и эксплуатационных режимов, сохраняя низкую чувствительность к разъюстировкам<sup>1</sup>, а также высокое качество луча, компактность и длительную стабильность всех рабочих характеристик. В дополнение к ним волоконные лазеры демонстрируют выдающиеся термооптические свойства благодаря большому отношению площади поверхности к объему.

Активной средой волоконных лазеров является стекловолокно.

---

<sup>1</sup>Разъюстировка – искажение (абберация) работы прибора (Юстировка – это сбалансированная настройка измерительного прибора с учетом погрешностей составных частей, т.н. заводская настройка.)

В качестве источника накачки используются полупроводниковые лазеры или также волоконные лазеры, а резонатор содержит активную среду, ограниченную диэлектрическими зеркалами.



Лазерная установка «Мини-маркер 2»

В реальных волоконных лазерах в большинстве случаев вместо зеркал используются волоконные брэгговские решетки. Последние являются одним из видов распределенных отражателей Брэгга, встроенных на коротком отрезке волокна. Образованная таким способом решетка периодического изменения показателя преломления сердцевины волокна предназначена для отражения определенной длины волны и пропускания всех других длин волн.

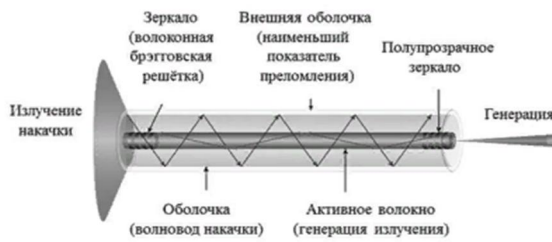
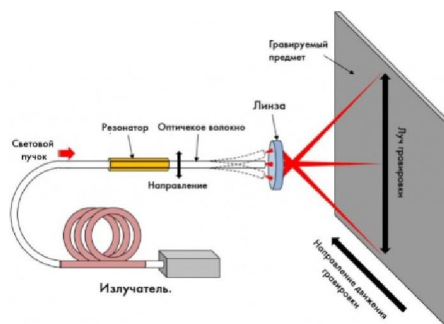


Рис. 6.18  
Волоконный лазер с двойной оболочкой

Оптоволоконные лазеры нашли широкое применение во многих областях благодаря своей гибкости (в буквальном смысле!). Гибкое оптоволокно позволяет доставить излучение/сигнал куда угодно, что и определило современное невероятно широкое использование этих лазеров в прецизионной лазерной обработке (например в маркировке изображений), в измерителях температуры и микродеформаций, телекоммуникационных системах, медицине (анализ и хирургия) и многих других.



# Практическая часть

## Экспериментальная часть проекта




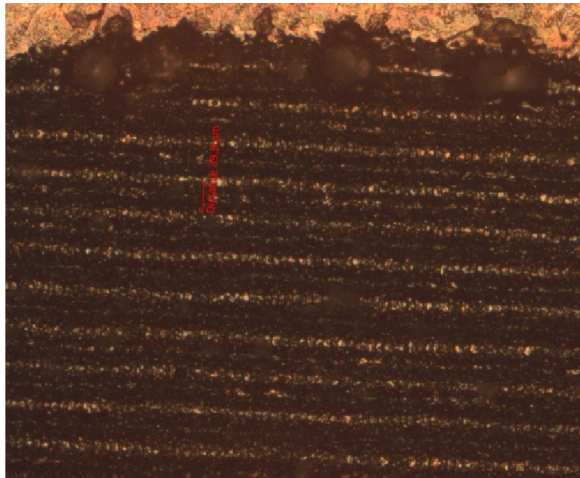
**Тема:** Влияние характеристик лазера на качество изображения, полученного на металлической поверхности.

**Цель работы:** определить, как влияют характеристики лазера на лазерное излучение при обработке изображения на металлической поверхности. Выявить набор характеристик лазера для получения качественного изображения.

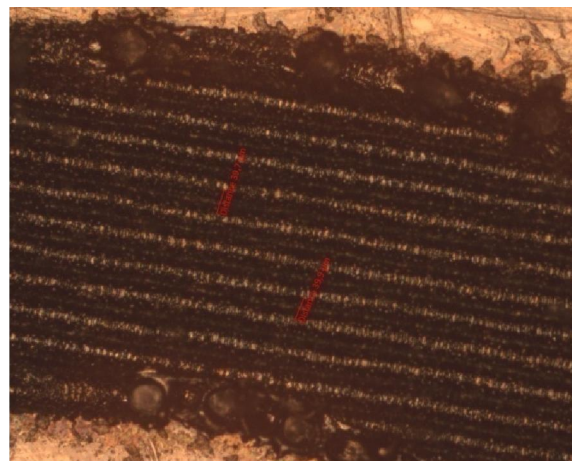
### Приборы:

1. Лазерная установка «Мини Маркер 2» (Максимальная мощность 50 Вт, производство Санкт-Петербург, Россия)
2. Металлические заготовки разного диаметра (32 мм и 25 мм) и разной формы.
3. Микроскоп Zeiss Axio Imager A1.m
4. Микроскоп-спектрофотометр МСФУ-К

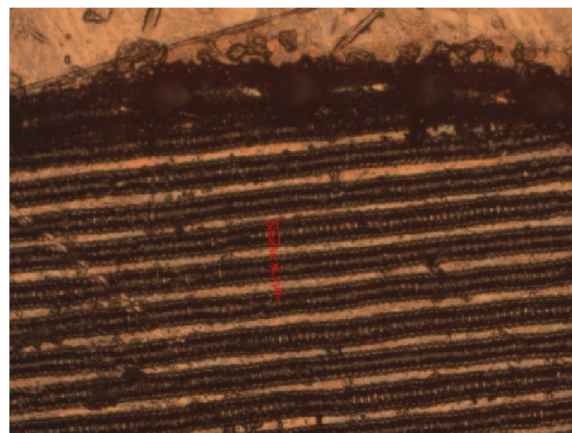
Ход работы.

Что делаем					Что наблюдаем			Объяснения
1. Меняем мощность лазерного излучения в диапазоне от 1 до 50 Вт.					Образец №1	Образец №2	Образец №3	Анализируя график, мы наблюдаем, что образец №2 занимает максимально возможное положение над линией тренда. Но изучая этот образец под микроскопом мы делаем вывод, что линии прожига лазером более пористые, широкие, что оставляет при зрительном восприятии загрязнение изображения,
№	Мощность, Вт	Скорость, мм/с	Частота, Гц	Расстояние между треками, микрон				
о					Образец №1 (под микроскопом)			
п								
ы								
т								
а								
1	37	800	80	40				
2	47	800	80	39,7				
3	27	800	80	36,3				

Образец №2 (под микроскопом)



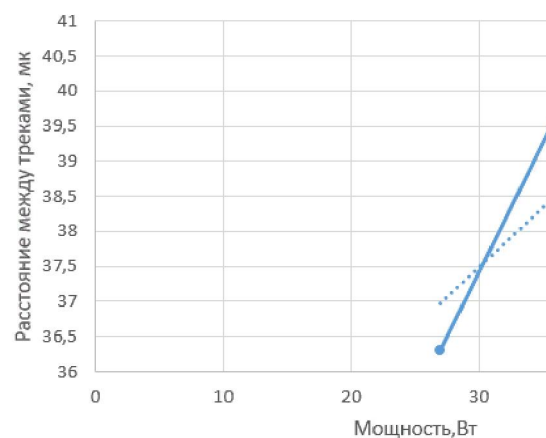
Образец №3 (под микроскопом)



поэтому наиболее  
качественный  
образец мы считаем  
под номером 3.

Его  
характеристики:  
мощность – 27 Вт,  
скорость – 800 мм/с,  
частота – 80 Гц,  
расстояние между  
треками – 36,3  
микрон.

График для 3-х образцов



2. Меняем скорость перемещения лазерного излучения по поверхности в диапазоне от 1 до 10000 мм/с.

№	Мощность, Вт	Скорость, мм/с	Частота, Гц	Расстояние между треками, микрон
О				
П				
Ы				
Т				
а				

Образец №4



Образец №5



Образец №6

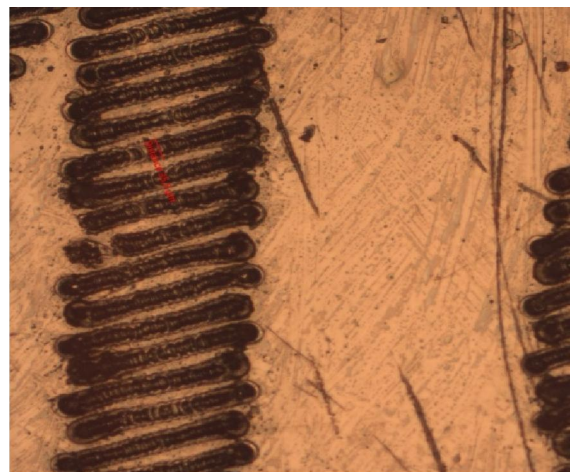


Анализируя график, мы наблюдаем, что образец №5 занимает максимально возможное положение над линией тренда. Изучая образец №6 под микроскопом мы

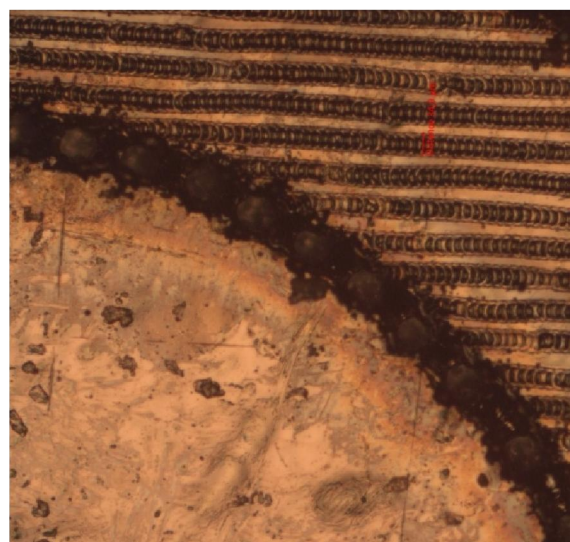


4	27	900	80	35,5
5	27	1000	80	34,9
6	27	700	80	36,3

Образец №4 (под микроскопом)



Образец №5 (под микроскопом)



делаем вывод, что линии прожига лазером, а также внешняя линия прожига, более пористые, широкие, в отличии от других образцов, что оставляет при зрительном восприятии загрязнение изображения, а образец №4 не имеет внешней линии, что также отрицательно сказывается на зрительном восприятии, поэтому наиболее

Образец №6 (под микроскопом)

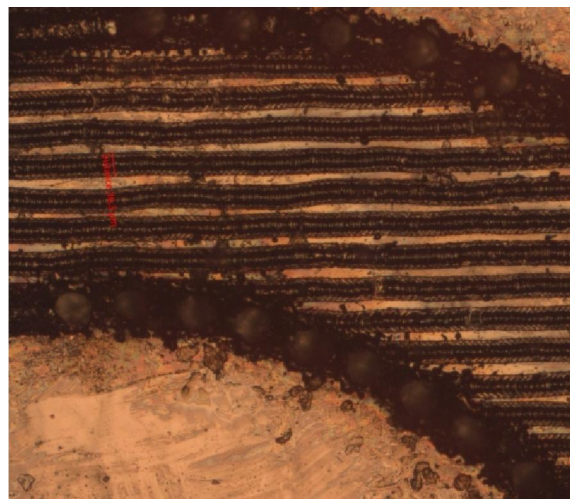
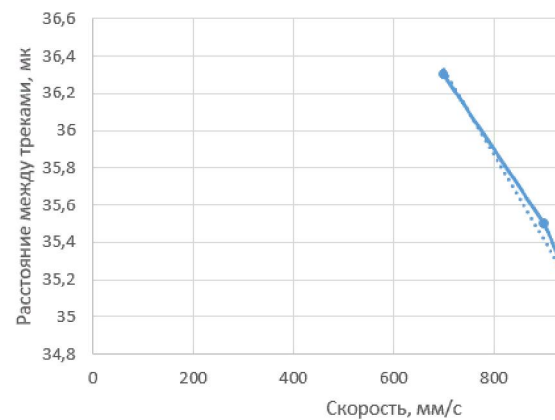


График для 3-х образцов:



качественный  
образец мы считаем  
под номером 5.

Его  
характеристики:  
мощность – 27 Вт,  
скорость – 1000 мм/с,  
частота – 80 Гц,  
расстояние между  
треками – 34,9  
микрон.



3. Меняем частоту следования импульса в диапазоне от 50 до 90 кГц.

№ опыта	Мощность, Вт	Скорость, мм/с	Частота, Гц	Расстояние между треками, микрон
7	27	900	50	35,2
8	27	900	65	39,3
9	27	900	99,9	39,7

Образец №7



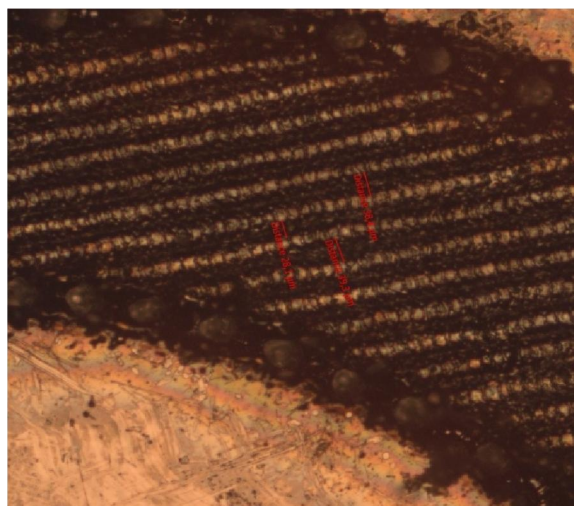
Образец №8



Образец №9

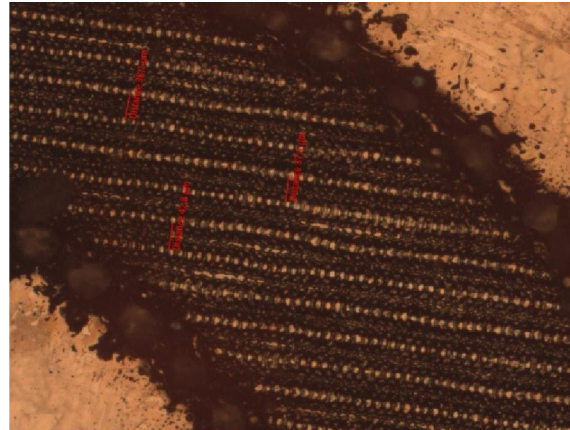


Образец №7 (под микроскопом)

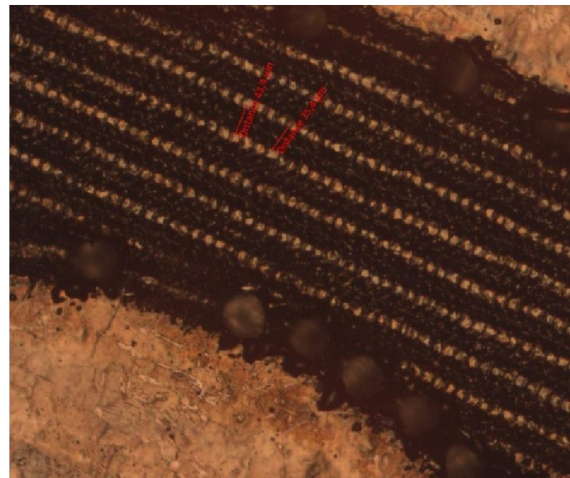


Анализируя график, мы наблюдаем, что образец №8 занимает максимально возможное положение над линией тренда. Но изучая образец №9 под микроскопом мы делаем вывод, что линии прожига лазером, более частые и широкие, как и в случае с образцом №8, что оставляет при зрительном восприятии

Образец №8 (под микроскопом)



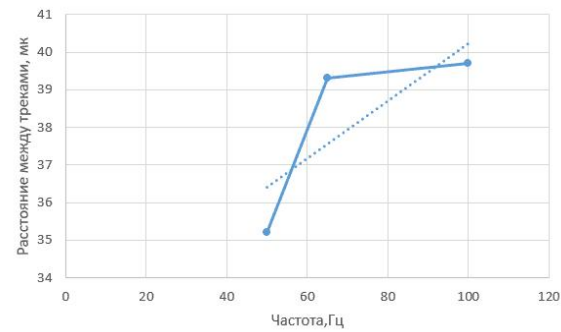
Образец №9 (под микроскопом)



небольшую желтизну в некоторых точках, а также загрязнение изображения, поэтому наиболее качественный образец мы считаем под номером 7.

Его характеристики:  
мощность – 27 Вт,  
скорость – 900 мм/с,  
частота – 50 Гц,  
расстояние между треками – 35, 2 микрон.

График для 3-х образцов:



Анализируя полученные данные и принимая во внимание результаты анкетирования приходим к выводу, что образцы под номерами 3, 5 и 7 являются наиболее качественными при зрительном восприятии и при просмотре поверхности с помощью микроскопа. Следовательно, изучим эти образцы с помощью микроскопа-спектрофотометра, построим спектрограммы и изучим отражение световых лучей от поверхности в видимой части спектра для данных образцов. См. рис. 1.

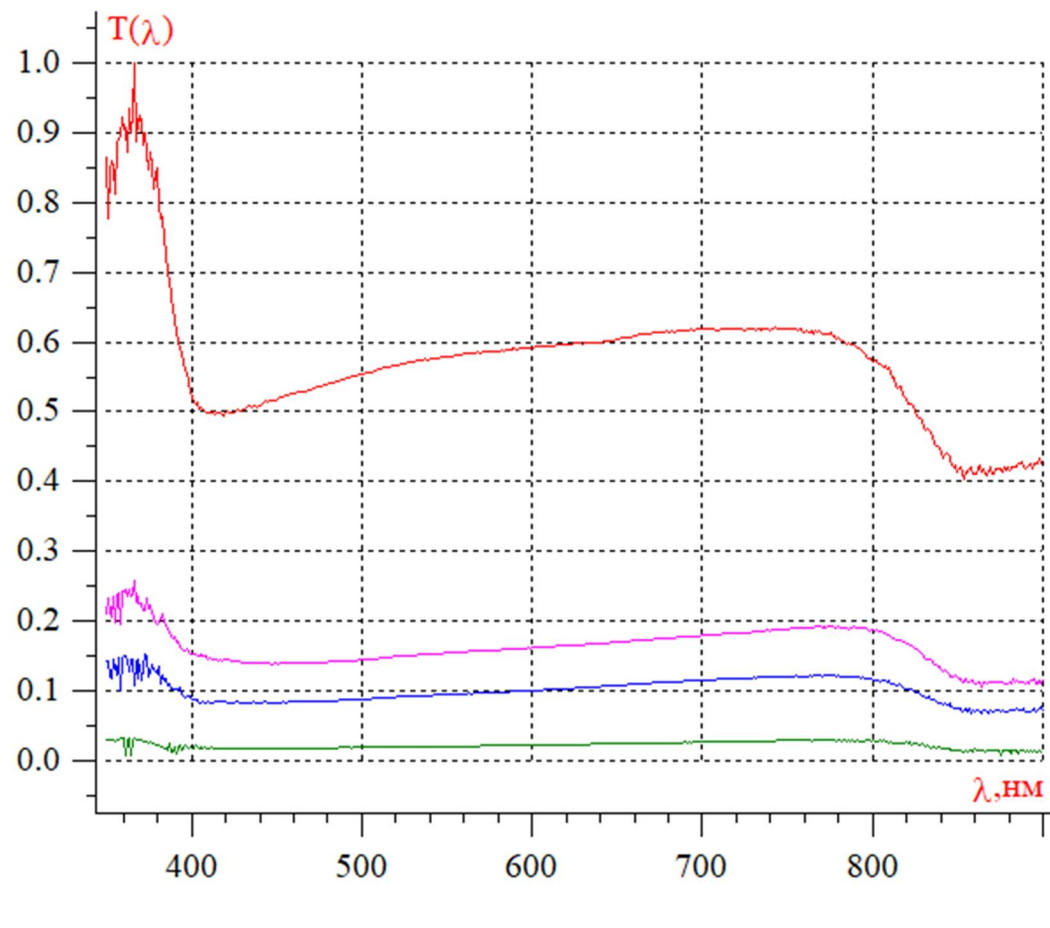


Рис. 1

На графике видно, что образец №7 ближе всего к исходному образцу, построенной спектрограммы. Максимальное значение интенсивности образца №7 и исходного образца возрастает пикообразно в диапазоне от 300 до 400 нм. В последующем диапазоне видимого излучения от 400 до 750 нм кривая образца №7 в пределах погрешности совпадает по форме с исходным образцом.

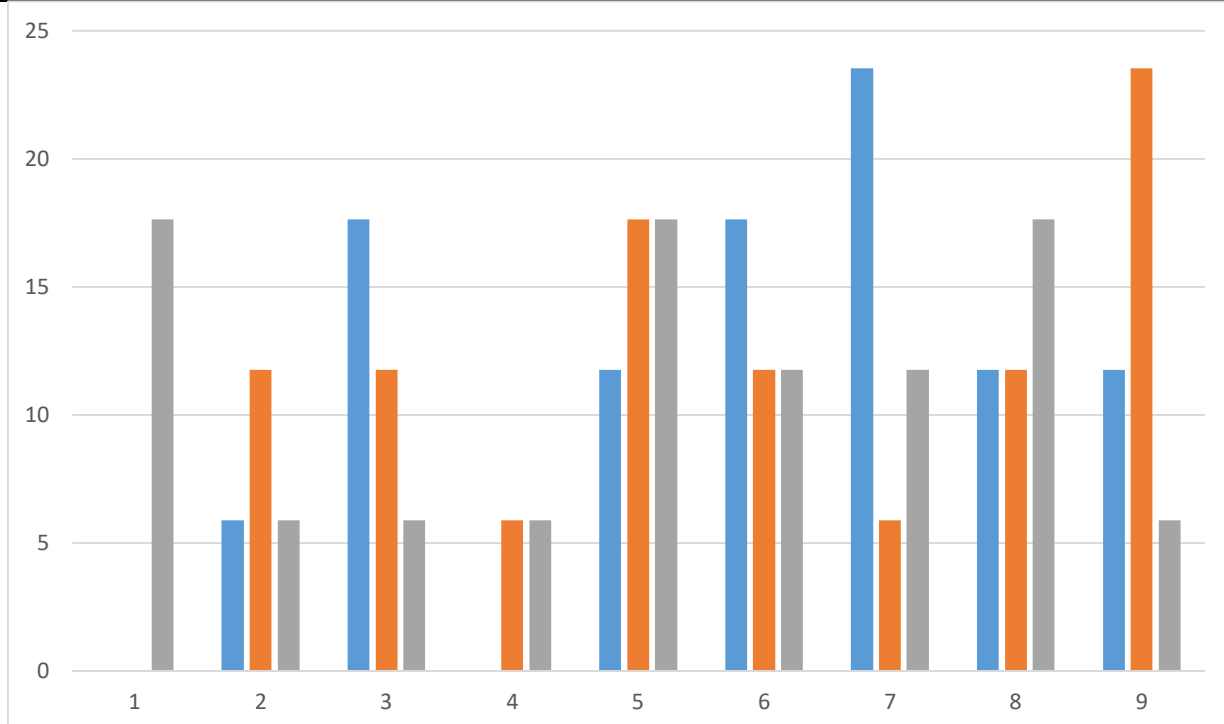
- █ - Исходный образец (без прожига)
- █ - Образец №7
- █ - Образец №5
- █ - Образец №3

## Результаты анкетирования

В результате анкетирования были опрошены ученики 5-11 классов и учителя. Всего в опросе приняло участие 116 человек.

Выберите из данных 9 образцов 3, которые на ваш взгляд являются лучшими

Номер образца	1 место	2 место	3 место
1	0%	0%	18%
2	6%	12%	6%
3	18%	12%	6%
4	0%	6%	6%
5	12%	18%	18%
6	18%	12%	12%
7	24%	6%	12%
8	12%	12%	18%
9	12%	24%	6%



## Выводы и заключение

Мы провели исследование принципов работы лазера, в том числе волоконного лазера «Мини-маркер 2», и их основных элементов.

Изучили метод генерации излучения в лазерах и определили наиболее эффективных способов усиления.

С помощью компьютерных технологий разработали дизайн медали к юбилею школы Муниципальное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа «Лесновский центр образования имени Героя Советского Союза Н.А.Боброва»».

Изготовили образцы в количестве 9-ти штук для исследования. С помощью микроскопа (ZeissAxioImagerA1.m) и микроскопа-спектрофотометра(МСФУ-К) получили спектрограммы и графики гравированных поверхностей..

Провели опрос среди учащихся школы и учителей на выявление самого качественного образца юбилейной медали с точки зрения зрительного восприятия. В результате опроса были выделены четыре образца (3, 5, 6 и 7). Лабораторные исследования показали, что образцы 3, 5 и 7 имеют наилучшие характеристики, выявленные с помощью фотографий и спектрограммы. Следовательно, высококачественное изображение получается, если использовать следующие характеристики лазерной установки: мощность – 27 Вт, скорость – 900 мм/с, частота – 50 Гц. Лучший образец для изготовления юбилейных медалей оказался образец под номером 7.

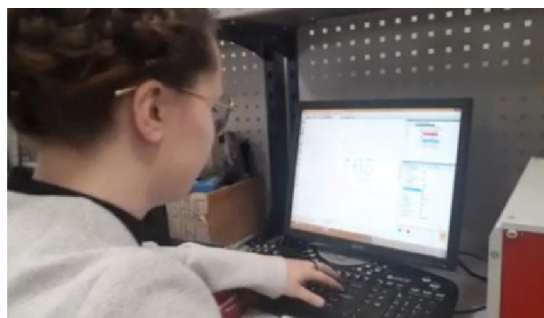
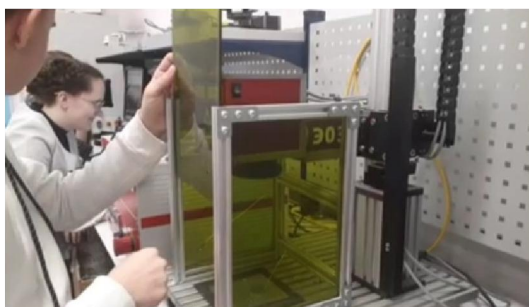
Поэтому мы рекомендуем для гравировки металлической поверхности использовать образец под номером 7.

## Список литературы и интернет-ресурсы

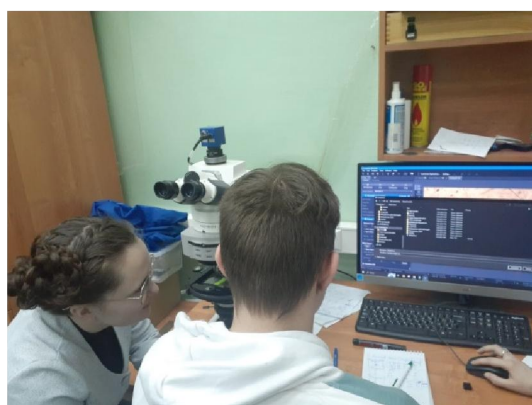
- ЗвелтоО., «Принципы лазеров», издательство «Мир». 1990. – 560с.
- Айрапетян В.С., Ушаков О.К., «Физика лазеров», издательство «СГГА». 2012. – 134с.
- Щербаков И.А., «Лазер. Большая российская энциклопедия», [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/lazer-430c3c>
- Макаров Д., «Лазер. Устройство, принцип работы, свойства, применение лазера», [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://www.asutpp.ru/lazer.html>
- Е. В. Харанжевский, М. Д. Кривилёв., «Физикалазеров, лазерные технологиии методы математического моделирования лазерноговоздействия на вещество», учебное пособие. Под общей редакцией П. К. Галенко. Ижевск: Изд-во “Удмуртский университет”, 2011. 187 с
- Борейшо А. С.,Ивакин С. В., «Лазеры: устройство и действие», учебноепособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 304 с



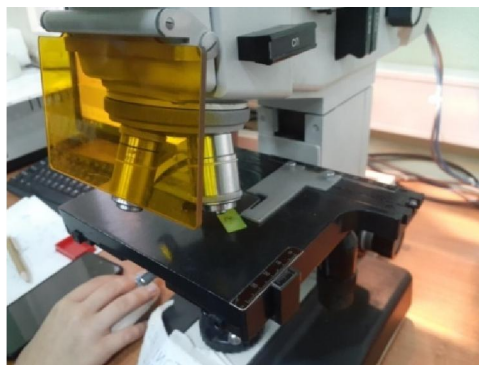
# Приложение №1



Работаем за лазерной установкой



Наша работа за микроскопом



Изучаем спектрограммы образцов