

## ЛАЗЕРЫ

*Марон Э.Ю., Юхович М.А., студенты гр.348602*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники г. Минск,  
Республика Беларусь*

*Андрианова Е.В. – ассистент кафедры физики*

**Аннотация.** Цель работы – изучение технологий лазеров, его возможности, Устройство лазера и возможные перспективы развития.

**Ключевые слова:** лазеры.

Одним из самых замечательных достижений физики второй половины двадцатого века было открытие физических явлений, послуживших основой для создания удивительного прибора - оптического квантового генератора, или лазера.

В настоящее время слово «лазер» стало общеупотребительным. Ведь это устройство используется во всех сферах деятельности человека: промышленности, науке, медицине и т.п. Но не каждый знает что это такое. На самом деле описание лазера заключено в его названии. Слово «лазер» составлено из первых букв английской фразы, означающей: «усиление света при помощи вынужденного излучения». Он может вылечить надвигающуюся слепоту и на лету поразить вражеский самолёт, мгновенно просверлить отверстие в алмазе и раскроить тончайшую шелковую ткань. Он безболезненно заменяет сверло в стоматологическом кабинете, создаёт голографические эффекты, рассекает человеческую плоть без пролития крови и многое-многое другое.

### **Исследователь и создатель лазеров**

В начале 60-х годов двадцатого столетия на горизонте мировой науки обозначилось новое направление физики, связанное с созданием источников когерентного микроволнового и оптического излучений – мазеров и лазеров. С 1963 наш земляк со свойственной ему энергией начинает изучение и развитие новых в то время областей физики – квантовой электроники и нелинейной оптики.

До конца 1960-х и на протяжении 1970-х и 1980-х годов Бойко Борис Борисович вместе с сотрудниками основанной им лаборатории оптоэлектроники проводил обширные взаимосвязанные экспериментальные и теоретические работы по фундаментальным проблемам лазеров и нелинейной оптики.

В ходе этих исследований впервые было теоретически предсказано и описано явление усиления света при отражении от инверсной среды, которое впоследствии было подтверждено экспериментально и использовано для создания отражательных лазеров. Явление гистерезиса при отражении интенсивного света от нелинейных сред было также практически применено в оптических устройствах для управления мощными лазерными пучками.

Под руководством Бойко был создан ряд новых лазеров и оптических устройств: лазеры на рубине, лазеры на красителях с усилением при отражении, лазеры на гранатах и неодимовых стеклах с двумерным и трехмерным ходом лучей в активной среде; новые типы оптических резонаторов и модуляторов добротности, зеркал, поляризаторов и других устройств. В основу этих разработок лег глубокий анализ процессов, влияющих на эффективность работы лазера и характеристики лазерного излучения.

### **Первый лазер**

Работы по лазеру в лаборатории люминесценции ФИАН возникли по инициативе Н.Г.Басова, вызванной тем, что, начиная с 1958 года были опубликовали статьи о перспективности получения генерации в оптической области спектра с использованием индуцированного излучения. А затем американскими учеными (Мейманом и другими) в 1960 году были получены обнадеживающие результаты с рубином. А.М.Леонтович, М.Д.Галанин, З.А.Чижикова занялись этой проблемой.

Весной 1961 г. эта группа учёных создала лазерную установку, в которой образец рубина с концентрацией хрома 0,05% и длиной 4см накачивался 2 импульсными лампами в кожухе с напылением MgO. На этой установке они добились генерации 18 сентября 1961 года.

Тогда был какой-то предрассудок насчет формы образцов — все первые рубины были в форме параллелепипедов, и американские, и наши. Позже было понято, что это не играет роли, что важна только параллельность торцов кристаллов, на которые тогда и наносились зеркала. Потом появились образцы цилиндрической формы, и также, когда стали применять внешние зеркала — с брюстеровскими торцами.

### **Оптический квантовый генератор или лазер.**

Лазер также называется оптический квантовый генератор или генератор когерентного излучения. Разберем его устройство на примере сбора одной модели лазера.

Возьмём стержень или пластинку, сделанную из материала, от которого мы хотим добиться излучения. Материал должен быть прозрачным, чтобы свет пронизывал его насквозь. Самые распространённые материалы для стержней – искусственно выращенные кристаллы рубина или граната (или стекло, в которое добавлено небольшое количество редкого элемента неодима). Стержни обычно бывают диаметром от 6 до 20 миллиметров и длиной от 10 до 60 сантиметров. Сам лазер часто именуется по материалу стержня. Так, выражение «рубиновый лазер» совсем не означает, что весь прибор сделан из этого драгоценного камня. Просто внутри него находится кристалл искусственного рубина.

Рядом со стержнем поместим осветитель, его называют лампой накачки. Лампа будет импульсивной, вроде тех ламп-вспышек, которыми пользуются фотографы. Все процессы в атомах проходят за миллионные доли секунды, так что надолго включать её нет смысла. Осветитель вместе со стержнем окружим отражателем, чтобы ни один квант света накачки не пропал зря. Возле торцов рабочего стержня установим два зеркала: сзади – глухое, отражающее весь падающий на него свет, спереди – полупрозрачное. Зеркала необходимо установить строго параллельно друг другу и перпендикулярно оси стержня. Лазер готов. Осталось включить лампу.

К несчастью увидеть своими глазами процесс, происходящий в лазере после вспышки лампы, мы не сможем. Он проходит слишком быстро. Но представить его можно.

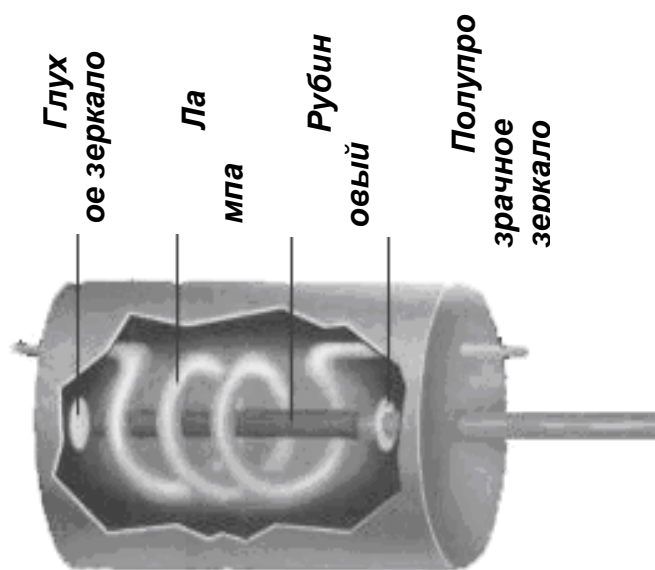


Рисунок 1-Оптический квантовый лазер

### **Лазер в работе**

После вспышки лампы поток световой энергии попадает на стержень. Его атомы быстро переходят в возбуждённое состояние. С каждым мгновением таких возбужденных атомов становится всё больше и больше. Долго в возбуждённом состоянии они не живут, в среднем всего одну стомиллионную долю секунды, а потом переходят в нормальное состояние, излучив при этом свет. Лампа все ещё горит, и атомы вновь возбуждаются. Когда несколько атомов случайно излучают кванты вдоль оси стержня, начинается процесс накопления энергии. После каждого столкновения с атомами число квантов удваивается, поток излучения движется вдоль стержня и растёт, как лавина. Отражаясь в зеркалах, излучение многократно пронизывает стержень, заставляя все атомы без исключения внести свою долю энергии в общий поток света. Сквозь полупрозрачное зеркало этот свет вырывается наружу. Происходит вспышка. Её длительность всего около одной миллионной секунды. А лампа всё ещё горит, и через три миллионных доли секунды всё повторяется снова. И опять, и опять, до тех пор, пока яркости света уже потухающей лампы не станет мало для поддержания генерации. Именно так был сделан и работал первый лазер, построенный на кристалле рубина.

Не вся энергия лампы накачки преобразуется в лазерную вспышку. Большая её часть, к несчастью, уходит на бесполезный и даже вредный нагрев стержня и зеркала. Мощные импульсные лазеры охлаждают потоком воздуха, воды, а иногда и жидким азотом. Частота повторения импульсов зависит от того, насколько хорошо стержень лазера выдерживает высокую температуру. Неодимовые и рубиновые лазеры дают одну – две вспышки в секунду, лазер на гранате – несколько сотен. Рекордная частота генерации для импульсного лазера двенадцать миллионов вспышек в секунду. Излучение таких лазеров воспринимается уже как непрерывное.

### **Разновидности лазеров.**

#### **Газовые лазеры.**

Газовые лазеры представляют собой наиболее широко используемый в настоящее время тип лазеров и, возможно, в этом отношении они превосходят даже рубиновые лазеры. Газовым лазерам

также посвящена большая часть выполненных исследований. Среди различных типов газовых лазеров всегда можно найти такой, который будет удовлетворять почти любому требованию, предъявляемому к лазеру, за исключением очень большой мощности в видимой области спектра в импульсном режиме.

Газовые лазеры были созданы почти одновременно с рубиновыми лазерами, в том же 1960 году. Их рабочее вещество различные газы, заключённые в стеклянные трубки. Давление газов в этих трубках очень низкое, в сотни раз меньше атмосферного. На концах трубки – окошки, через которые луч света выходит наружу. Трубка также помещается между зеркалами. Всё, как в импульсном лазере, только лампы накачки нет. Газы при низком давлении хорошо проводят электрический ток, поэтому их атомы можно возбуждать электрическим разрядом. Ток проводится через проволочки – электроды, впаянные в стеклянную трубку. Трубка с возбуждённым газом светится, а из её торцов выходят лучи. Цвет лучей зависит от газа заключённого в трубку. Смесь гелия с неоном даёт красный луч, аргон – синий, ксенон – зелёный, криптон – жёлтый, а углекислый газ – невидимый тепловой, инфракрасный луч. Есть даже лазер на водяных парах. Изобретен он был в конце 20 века. Такой лазер даёт мощное тепловое излучение. Длина его волны чуть больше одной десятой миллиметра. Это самое длинноволновое излучение, полученное при помощи лазера.

Разреженный газ в лазерной трубке очень мало рассеивает свет. Размеры трубок газовых лазеров можно делать очень большими: лазер длиной 5–10 метров – вещь довольно обычная. Мощность его излучения может достигать тысячи ватт, то есть одного киловатта.

#### **Рассмотрим виды лазеров:**

1. Газодинамический лазер похож на реактивный двигатель и работает также. В его камере сгорания сжигается угарный газ (окись углерода) с добавкой топлива (керосина, бензина, спирта). Получившаяся при этом смесь газов состоит из углекислого газа, азота и паров воды. Молекулы газов возбуждены, ведь температура в камере сгорания доходит до тысячи с лишним градусов, а давление – до 20 атмосфер. Эти раскалённые газы из камеры сгорания вытекают через расширяющееся реактивное сопло, его ещё иногда называют соплом Лавалля. В нём газ разгоняется до сверхзвуковой скорости, охлаждаясь почти до нуля! Пронесясь между зеркалами, молекулы газа начинают отдавать энергию в виде световых квантов, рождая лазерный луч, мощность которого 150–200 киловатт. И это мощность не отдельной вспышки, а постоянного, устойчивого луча, сияющего, пока у лазера не кончатся горючие.

2. Лазеры на красителях (Рис.2) называются так потому, что их рабочая жидкость – раствор анилиновых красок (вроде тех, которыми красят шерсть и хлопок) в воде, спирте, кислоте и других растворителях. Жидкость налита в плоскую ванночку – кювету. Кювета, разумеется, установлена между зеркалами. Вместо лампы-вспышки на первых порах использовались импульсные рубиновые лазеры, а позднее – газовые. Лазер-накачку помещают рядом, вводя его луч в кювету через окошко в корпусе. Сейчас, правда, удалось добиться генерации света и с импульсной лампой, но не на всех красителях.

Растворы могут излучать импульсы света различной длины волны – от ультрафиолета до инфракрасного света – и мощностью от сотен киловатт до нескольких мегаватт (миллионов ватт), в зависимости от того, какой краситель налит в кювету.

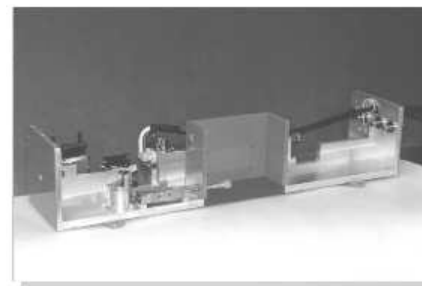


Рисунок 2 – лазер на красителях

Лазеры на красителях помогают следить за состоянием атмосферы. Современные города накрыты «колпаком» пыльного, запылённого воздуха. О степени его загрязнения можно следить по тому, насколько сильно в нём рассеиваются лазерные лучи с разной длиной волны. В чистом воздухе свет не рассеивается, его лучи становятся невидимыми.

3. Жидкостные и полупроводниковые лазеры.

#### **Функции лазерного луча.**

Основная область применения маломощных импульсных лазеров связана с резкой и сваркой миниатюрных деталей в микроэлектронике и электровакуумной промышленности, с маркировкой миниатюрных деталей, автоматическим выжиганием цифр, букв, изображений для нужд полиграфической промышленности.

В последние годы в одной из важнейших областей микроэлектроники - фотолитографии, без применения которой практически невозможно изготовление сверхминиатюрных печатных плат, интегральных схем и других элементов микроэлектронной техники, обычные источники света заменяются на лазерные. С помощью лазера на ХеСL ( $\lambda = 308$  нм) удается получить разрешение в фотолитографической технике до 0,15 - 0,2 мкм.

Дальнейший прогресс в субмикронной литографии связан с применением в качестве экспонирующего источника света мягкого рентгеновского излучения из плазмы, создаваемой лазерным

лучом. В этом случае предел разрешения, определяемый длиной волны рентгеновского излучения ( $\lambda = 0,01 - 0,001$  мкм), оказывается просто фантастическим.

Лазерный луч может передавать сигналы, как радиоволны или электрический ток. Первая в СССР линия оптической связи передавала телефонные разговоры между Москвой и Красногорском по открытому лучу. Один из лазеров был установлен на башне высотного здания МГУ. Лазерный луч может идти по стеклянным нитям, как ток по проводам. Благодаря этому получают фотографии изнутри внутренних органов (например, желудка) вводя волоконный световод через пищевод больного.

Лазерный луч сжигает любой, даже самый прочный и жаростойкий материал. Движением режущего луча управляет ЭВМ, так что можно мгновенно определять точность резания и вносить требуемые поправки. Тонкую, вольфрамовую проволоку для электрических лампочек протягивают через отверстия в алмазах, пробитые лазерным лучом. Рубиновые подшипники (камни для часов) обрабатывают на лазерных станках-автоматах. Точность лазерных измерений очень высока.

Сегодня лазерная установка отмечает малейшие движения грунта под знаменитой Пизанской башней.

Лазеры так же используются в сельском хозяйстве, агрономы облучают им посадочный материал и получают ошеломляющие результаты, урожайность облучённого продукта выше прежней на 40%.

Лазеры используются в военной промышленности, в данный момент существует достаточно большое количество лазерного оружия, но оно не совершенно, атмосферные явления снижают его эффективность, а вот в космосе он не заменим.

Заходя на посадку, самолёт движется по пологой траектории – глиссаде. Лазерное устройство, помогающее пилоту, особенно в непогоду, тоже названо «Глиссада». Его лучи позволяют точно сориентироваться в воздушном пространстве над аэродромом. Лазерный уровень дал возможность автоматизировать дорожные работы.

Рисунок 3 – Лазерные лучи.



Аэрофотосъёмка лазерным лучом позволяет точно определить границы арктических антициклонов, когда долгая полярная ночь не позволяет вести эту процедуру. Также анализ лазерного луча не заменим в картографии.

В шоу бизнесе вы, наверное, не редко замечали иные световые эффекты применяемые для украшения сцен, это картины нарисованы лазерным лучом, а когда –нибудь, возможно, специалист по лазерной оптике станет в театре столь же привычной фигурой, как гримёр или декоратор.

#### **Лазер в медицине**

Основными преимуществами, стимулирующими применение лазеров в медицине, являются радикальность лечения, снижение сроков вмешательства, уменьшение числа осложнений, кровопотери, улучшение условий стерильности и т. д. В медицинских целях используются, в основном, твердотельные и газовые лазеры. Перспективным направлением можно считать применение излучения низкоэнергетических лазеров в видимой части спектра для стимулирования репаративных процессов при хронических длительно не заживающих ранах, трофических язвах, замедленной консолидации переломов, заболеваний обменного характера и др.

#### **Лазер в хирургии.**

Скальпелем делают разрез, зажимом перекрывают крупные кровеносные сосуды, которые пришлось перерезать, а тампоном удаляют кровь с операционного поля. Крови в организме много; кроме больших сосудов, есть ещё множество мелких, капиллярных, которые не пережмёшь. Сейчас умеют останавливать кровь различными способами, а ещё лет сто пятьдесят назад рану приходилось прижигать, чтобы «заварить» концы сосудов и не дать им истечь кровью. Хирурги давно мечтали об инструменте, делающим бескровный разрез. Хорошо бы также, чтобы он был деликатен с тканями, ведь сегодня хирурги умеют делать операции на сетчатке глаза и даже мозге.

А что может быть нежнее прикосновения луча света? Современная техника предложила инструмент, сочетающий в себе оба эти требования, - световой луч!

Лазерным лучом можно сделать разрез шириной в тысячную долю миллиметра. В зависимости от энергии, которую он несёт, и времени его воздействия, он может «заварить» сосуд (как говорят медики – коагулировать его) или, наоборот, пробить в нём отверстие.

Даже цвет луча оказался важен в хирургии. Кровь красная потому, что пропускает красные лучи и задерживает, поглощает лучи всех других оттенков и цветов. Поэтому рубиновый лазер для «заваривания» сосудов не пригодится. А если использовать зелёный или синий лучи света, которые хорошо поглощаются кровью, можно добиться мгновенного образования сгустка крови, закупорившего перерезанный сосуд.

Бывают случаи, когда необходимо разрушить повреждённую ткань, не затрагивая близлежащих и на пути стоящих сосудов. Тогда применяют гелий-неоновый или криптоновый лазер; луч красного

цвета пройдёт сквозь кровеносные сосуды, не принеся вреда, прямо в нужную точку. Это применяют в урологии при каменной болезни почек, лазер раздробливает почечные камни, превращая их в песок, тем самым не нанося никаких повреждений тканям, стоящим на пути.

#### **Лазер на охране зрения.**

Чрезвычайно полезным и удобным оказался лазер в офтальмологии – области медицины, ведающей зрением.

Всего сорок лет назад диагноз «диабет» означал для больного близкую и верную смерть. Такое заболевание возникает вследствие недостатка инсулина. После создания искусственного инсулина жизнь больных была спасена. Но оказалось, что с годами вследствие нарушения обмена веществ, вызванного болезнью, сетчатка глаза тяжело поражается. Это приводит к слепоте. Слой светочувствительных клеток, которому мы обязаны зрением, пронизан кровеносными капиллярами. Оказалось, что при диабете часть их обескровливается, а часть растягивается и начинает «протекать», образуя многочисленные излияния. Начинается бурный рост других сосудов, которые отсасывают кровь из здоровой ткани, лишая её питания. Кроме того, новые сосуды из здоровой ткани непрочны и легко рвутся. От тяжёлых повторных кровоизлияний можно потерять весь глаз.

Лазерный луч можно ввести в глаз прямо через зрачок. С его помощью можно отрезать ненужные сосуды, заварить те, которые протекают, и ликвидировать следы кровоизлияний.

Так же с помощью лазера офтальмологи лечат глаукому. Это опасное глазное заболевание, которым страдает три процента населения планеты. Оно возникает, когда в глазу повышается давление жидкости. Нужна сложная и опасная операция.

Гигантские импульсы лазера могут пробить в задней поверхности радужной оболочки глаза микроскопические отверстия, не успев нагреть живую ткань. Они послужат каналцами для оттока внутриглазной жидкости. В итоге давление нормализуется, угроза слепоты отступает.

#### **Лазер в стоматологии**

В стоматологии лазер с успехом заменяет сверло. Прежде чем накладывать пломбу, необходимо удалить почерневшую, пораженную кариесом ткань зуба. Для многих людей сверление зубов - процесс болезненный и неприятный. Однако, похоже, в скором времени проблем с этим не будет. Световой импульс лазера хорошо отражается от белой блестящей поверхности здоровой зубной ткани и поглощается потемневшей, больной, которую он разогревает и испаряет вместе с микробами.

#### **Меры безопасности**

Все возрастающий интерес к использованию лазеров в медицине привел к необходимости создания специальных лазерных отделений и операционных, достаточно приспособленных к безопасной эксплуатации. Главным вопросом становится защита медицинского и технического персонала от влияния вредных факторов лазерного излучения.

#### **Недавние открытия**

Любопытное открытие сделали специалисты биофизической лаборатории The University of Texas at Austin (США). Используя лазерное излучение низкой интенсивности, ученые смогли не только значительно ускорить регенерацию поврежденных отростков нервных клеток, но и изменить направление их роста.

Впервые идея манипулирования нейронами с помощью лазерных лучей возникла в начале 2001 года. Было создано устройство, которое можно условно назвать оптическим манипулятором, позволяющее перемещать живые микроскопические объекты, обладающие способностью проводить электрические импульсы. Эффект такого перемещения основывается на способности белковых молекул, принимающих участие в регенерации, "притягиваться" к центру пучка лазерного света.



Пока подобные манипуляции возможны только с отдельными нервными клетками *in vitro*. Используя тончайший пучок лазерного света, исследователи изменяют общее направление роста нейронов более чем на 90 градусов и увеличивают скорость их регенерации примерно в шесть раз.

В настоящее время ученые разрабатывают технологию одновременного равномерного воздействия лазерного луча на множество нейронов. Если их работа окажется успешной, возможно, метод найдет применение в клинической практике.

Рисунок 4 – Изображения Нейрона

Несколько совмещённых изображений Нейрона, находящегося под воздействием лазерного луча. Наблюдается рост клетки под углом: от исходной (нижней) позиции до конечной (верхней). Время эксперимента 20 минут.

#### **Заключение**

Всего 44 года прошло с момента изобретения лазера. За это время он успешно и глубоко

укоренился в человеческой жизни. Многие функции лазера стали просто незаменимы. Да ещё вдобавок лазер режет, сваривает, куёт, закаливает, сверлит, кроит, проверяет качество обработки деталей и делает множество других, не менее важных дел, для которых, казалось бы, совершенно не годиться луч света. Но это не так.

Благодаря нему многие процессы в промышленности упростились, были найдены новые методы лечения, измерения, регулировки и др. А ведь раньше никто и предположить не мог, что из забавного математического курьеза, получится такое замечательное изобретение, как лазер.

**Список использованных источников:**

1. *Лазеры в клинической медицине. Под ред. Д. С. Плетнева. — М., Медицина.*
2. *Энциклопедический словарь юного физика (гл. редактор Мигдал А.Б.) Москва "Педагогика" 1991г.*
3. *О.Ф.Кабардин "Физика" Москва "Просвещение" 1988г*
4. *Medicus Amicus #6, 2004*

## LASERS

*Maron E. Yu., Yukhovich M.A., students gr.348602*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Andrianova E.V. – Assistant of the Department of Physics*

**Annotation.** The purpose of the work is to study laser technologies, its capabilities, laser design and possible development prospects.

**Keywords.** Lasers