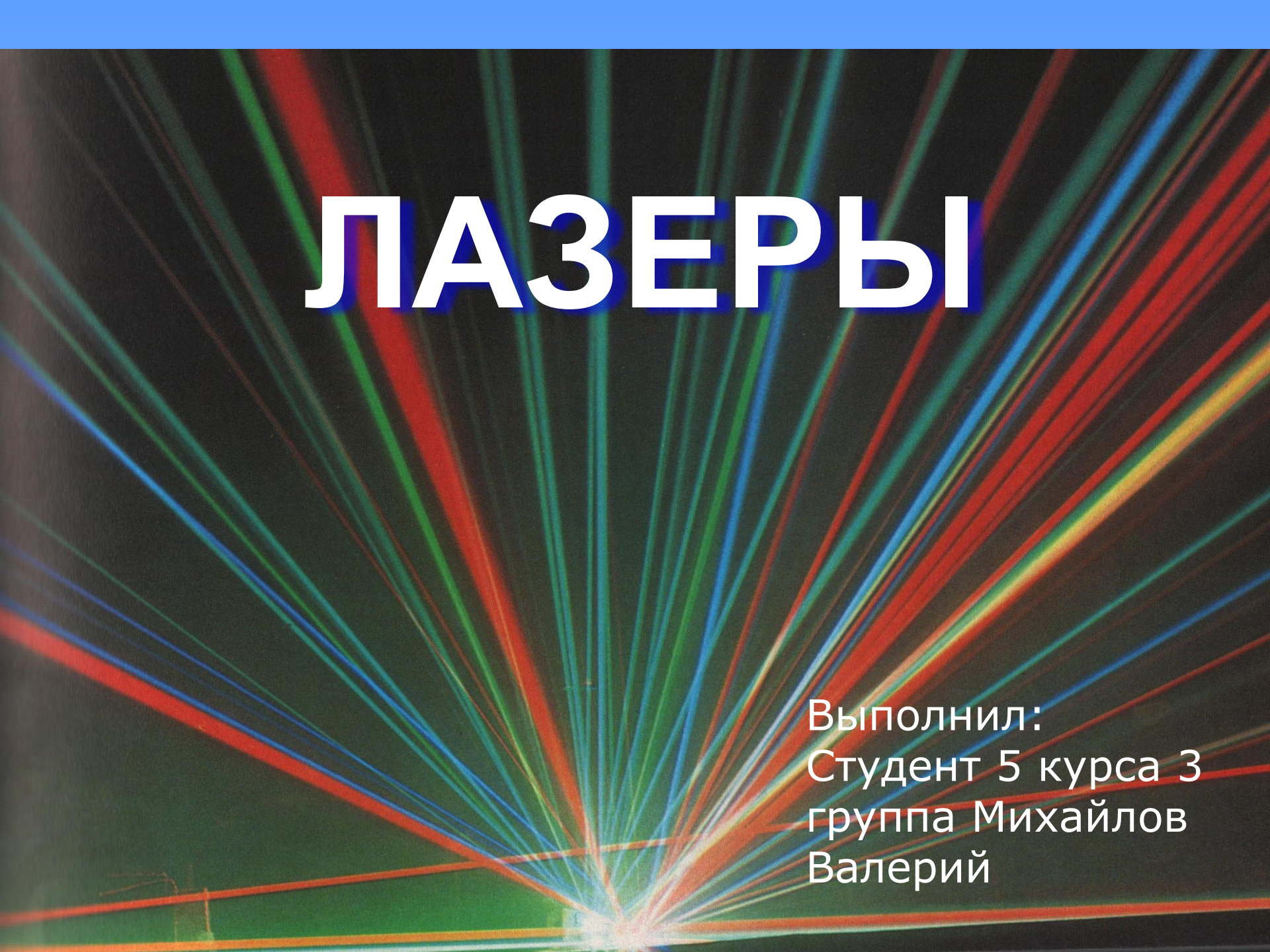


ЛАЗЕРЫ



Выполнил:
Студент 5 курса 3
группа Михайлов
Валерий

- Принцип действия лазера
- Характеристики лазерного излучения

Историческая справка

- В 1940г. российский физик В.А.Фабрикант указал на возможность использования явления вынужденного излучения для усиления электромагнитных волн.
- В 1954г. Российские ученые Н.Г.Басов и А.М.Прохоров и независимо от них амери-канский физик Ч.Таунс использовали явление индуцированного излучения для создания микроволнового генератора радиоволн с длиной волны 1,27 см («мазер»).
- В 1963г. Н.Г.Басков и А.М.Прохоров и Ч.Таунс были удостоены Нобелевской премии.
- В 1960г. Американскому ученому Т.Мейману удалось создать квантовый генератор индуцирующий излучение оптического диапазона. Новый генератор называли «лазер».

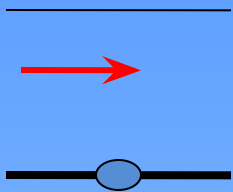


Принцип действия лазера

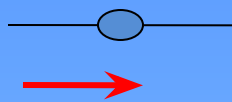
Лазерное излучение - есть свечение объектов при нормальных температурах. Но обычных условиях большинство атомов находятся в низшем энергетическом состоянии. Поэтому при низких температурах вещества не светятся. При прохождении электромагнитной волны сквозь вещество её энергия поглощается. За счёт поглощенной энергии волны часть атомов возбуждается, то есть переходит в высшее энергетическое состояние. При этом от светового пучка отнимается некоторая энергия:

$$h\nu = E_2 - E_1$$

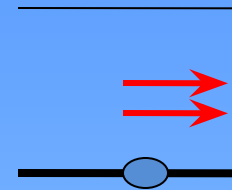
где $h\nu$ - величина, соответствующая количеству потраченной энергии, E_2 - энергия высшего энергетического уровня, E_1 - энергия низшего энергетического уровня.



а- поглощение энергии и возбуждение атома



б - атом поглотивший энергию



в- испускание атомом фотона

На рисунке (а) представлены невозбужденный атом и электромагнитная волна в виде красной стрелки. Атом находится в нижнем энергетическом состоянии.

На рисунке (б) изображён возбужденный атом, поглотивший энергию. Возбужденный атом может отдать свою энергию соседним атомам при столкновении или испустить фотон в любом направлении. Теперь представим, что каким-либо способом мы возбудили большую часть атомов среды. Тогда при прохождении через вещество электромагнитной волны с частотой,

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

где ν - частота волны, $E_2 - E_1$ - разница энергий высшего и низшего уровней, h - длина волны.

эта волна будет не ослабляться, а напротив, усиливаться за счёт индуцированного излучения. Под её воздействием атомы согласованно переходят в низшие энергетические состояния, излучая волны, совпадающие по частоте и фазе с падающей волной. Это показано на рисунке (в).

Характеристики некоторых типов лазеров.

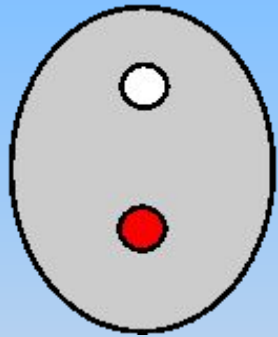
Разнообразие лазеров. В настоящее время имеется громадное разнообразие лазеров, отличающихся между собой активными средами, мощностями, режимами работы и другими характеристиками. Нет необходимости все их описывать. Поэтому здесь даётся краткое описание лазеров, которые достаточно полно представляют характеристики основных типов лазеров (режим работы, способы накачки и т. д.)

Рубиновый лазер

Первым квантовым генератором света был рубиновый лазер, созданный в 1960 году. Рабочим веществом является рубин, представляющий собой кристалл оксида алюминия Al_2O_3 (корунд), в который при выращивании введен в виде примеси оксид хрома Cr_2O_3 .

Кристалл рубина выращивается в виде круглого цилиндра. Для лазера обычно используют кристаллы размером: длина $L = 5$ см, диаметр $d = 1$ см.

Ксеноновая лампа и кристалл рубина помещаются в эллиптическую полость с хорошо отражающей внутренней поверхностью (рис ниже). Чтобы обеспечить попадание на рубин всего излучения ксеноновой лампы, кристалл рубина и лампа, имеющая также форму круглого цилиндра, помещаются в фокусы эллиптического сечения полости параллельно ее образующим. Благодаря этому на рубин направляется излучение с плотностью, практически равной плотности излучения на источнике накачки.



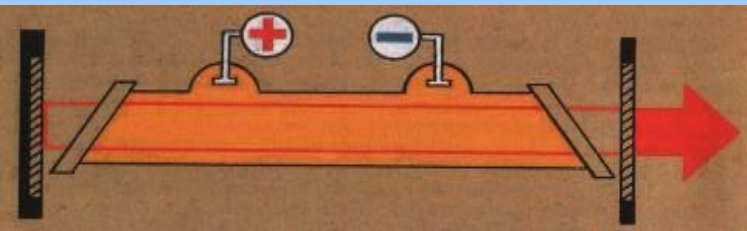
Рубиновый лазер (в плоскости сечения)
Ксеноновая лампа (белый круг) и кристалл
рубина (красный круг) находятся внутри
зеркала-отражателя

Один из концов рубинового кристалла срезан так, что от граней среза обеспечивается полное отражение и возвращение луча обратно. Такой срез заменяет одно из зеркал лазера. Второй конец рубинового кристалла срезан под углом Брюстера. Он обеспечивает выход из кристалла рубина без отражения луча с соответствующей линейной поляризацией. Второе зеркало резонатора ставится на пути этого луча. Таким образом, излучение рубинового лазера линейно поляризовано

Гелий-неоновый лазер.

Активной средой является газообразная смесь гелия и неона. Генерация осуществляется за счет переходов между энергетическими уровнями неона, а гелий играет роль посредника, через который энергия передается атомам неона для создания инверсной заселенности

Неон, в принципе, может генерировать лазерное излучение в результате более 130 различных переходов. Однако наиболее интенсивными являются линии с длиной волны 632,8 нм, 1,15 и 3,39 мкм. Волна 632,8 нм находится в видимой части спектра, а волны 1,15 и 3,39 мкм - в инфракрасной



Излучение гелий-неонового лазера линейно поляризовано. Обычно давление гелия в камере составляет 332 Па, а неона — 66 Па. Постоянное напряжение на трубке около 4 кВ. Одно из зеркал имеет коэффициент отражения порядка 0,999, а второе, через которое выходит лазерное излучение, — около 0,990. В качестве зеркал используют многослойные диэлектрики, поскольку более низкие коэффициенты отражения не обеспечивают достижения порога генерации.



CO_2 -лазер с замкнутым объемом.

Молекулы углекислого газа, как и другие молекулы, имеют полосатый спектр, обусловленный наличие колебательных и вращательных уровней энергии. Используемый в CO_2 - лазере переход дает излучение с длиной волны 10,6 мкм, т. е. лежит в инфракрасной области спектра.

Пользуясь колебательными уровнями, можно несколько варьировать частоту излучения в пределах примерно от 9,2 до 10,8 мкм. Энергия молекулам CO_2 передается от молекул азота N_2 , которые сами возбуждаются электронным ударом при прохождении тока через смесь.

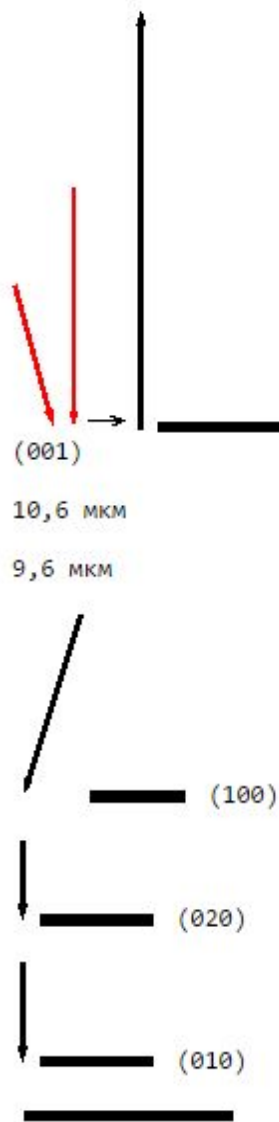


Рис. 5. Схема энергетических уровней в CO_2 -лазере

Возбужденное состояние молекулы азота N_2 является метастабильным оно, что весьма близко к энергетическому уровню (001) молекулы CO_2 (рис.). Ввиду метастабильности возбужденного состояния N_2 при прохождении тока число возбужденных атомов накапливается.

При столкновении N_2 с CO_2 происходит резонансная передача энергии возбуждения от N_2 к CO_2 . Вследствие этого возникает инверсия заселенностей между уровнями (001), (100), (020) молекул CO_2 . Обычно для уменьшения заселенности уровня (100), который имеет большое время жизни, что ухудшает генерацию при переходе на этот уровень, добавляют гелий.

В типичных условиях смесь газов в лазере состоит из гелия, азота и углекислого газа.

При работе CO_2 - лазера происходит распад молекул CO_2 на CO и O , благодаря чему активная среда ослабляется. Далее CO распадается на C и O , а углерод осаждается на электродах и стенках трубки. Всё это ухудшает работу CO_2 -лазера. Чтобы преодолеть вредное действие этих факторов в закрытую систему добавляют пары воды, которые стимулируют реакцию $\text{CO} + \text{O} = \text{CO}_2$. Используются платиновые электроды, материал которых является катализатором для этой реакции. Для увеличения запаса активной среды резонатор соединяется с дополнительными емкостями, содержащими CO_2 , N_2 , He , которые в необходимом количестве добавляются в объём резонатора для поддержания оптимальных условий работы лазера. Такой закрытый CO_2 - лазер, в состоянии работать в течение многих тысяч часов.

Проточный CO_2 -лазер.

Важной модификацией является проточный CO_2 -лазер, в котором смесь газов CO_2 , N_2 , He непрерывно прокачивается через резонатор. Такой лазер может генерировать непрерывное когерентное излучение мощностью свыше 50 Вт на метр длины своей активной среды.

Неодимовый лазер.

На рис. показана схема так называемого неодимового лазера.

Название может ввести в заблуждение. Телом лазера является не металл неодим, а обычное стекло с примесью неодима. Ионы атомов неодима беспорядочно распределены среди атомов кремния и кислорода.

Накачка производится лампами-молниями. Лампы дают излучение в пределах длин волн от 0,5 до 0,9 мкм. Возникает широкая полоса возбужденных состояний. Совершенно условно она изображена пятью черточками. Атомы совершают безызлучательные переходы на верхний лазерный уровень. Каждый переход дает разную энергию, которая превращается в колебательную энергию всей «решетки» атомов.

Лазерное излучение, т.е. переход на пустой нижний уровень, помеченный цифрой 1, имеет длину волны 1,06 мкм. Показанный пунктиром переход с уровня 1 на основной уровень «не работает». Энергия выделяется в виде некогерентного излучения.

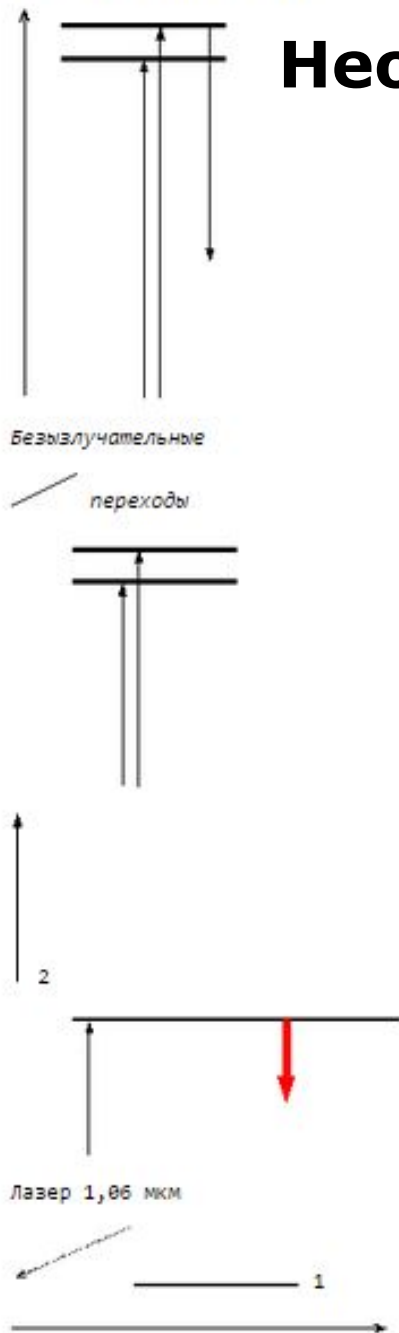


Рис. 6. Неодимовый лазер

Т-лазер

Т-лазер. Во многих практических приложениях важную роль играет CO_2 -лазер, в котором рабочая смесь находится под атмосферным давлением и возбуждается поперечным электрическим полем (**Т-лазер**). Поскольку электроды расположены параллельно оси резонатора, для получения больших значений напряженности электрического поля в резонаторе требуются сравнительно небольшие разности потенциалов между электродами, что дает возможность работать в импульсном режиме при атмосферном давлении, когда концентрация CO_2 в резонаторе велика. Следовательно, удастся получить большую мощность, достигающую обычно 10 МВт и больше в одном импульсе излучения продолжительностью менее 1 мкс. Частота повторения импульсов в таких лазерах составляет обычно несколько импульсов в минуту.

Газодинамические лазеры

Нагретая до высокой температуры (1000—2000 К) смесь CO_2 и N_2 при истечении с большой скоростью через расширяющееся сопло сильно охлаждается. Верхний и нижний энергетический уровни при этом термоизолируются с различной скоростью, в результате чего образуется инверсная заселенность. Следовательно, образовав на выходе из сопла оптический резонатор, можно за счет этой инверсной заселенности генерировать лазерное излучение. Действующие на этом принципе лазеры называются газодинамическими. Они позволяют получать очень большие мощности излучения в непрерывном режиме.

Лазеры на красителях

Красители являются очень сложными молекулами, у которых сильно выражены колебательные уровни энергии. Энергетические уровни в полосе спектра располагаются почти непрерывно. Вследствие внутримолекулярного взаимодействия молекула очень быстро переходит безызлучательно на нижний энергетический уровень каждой полосы. Поэтому после возбуждения молекул через очень короткий промежуток времени на нижнем уровне полосы E_1 сосредоточатся все возбужденные молекулы.

Они далее имеют возможность совершить излучательный переход на любой из энергетических уровней нижней полосы. Таким образом, возможно излучение практически любой частоты в интервале, соответствующем ширине нулевой полосы.

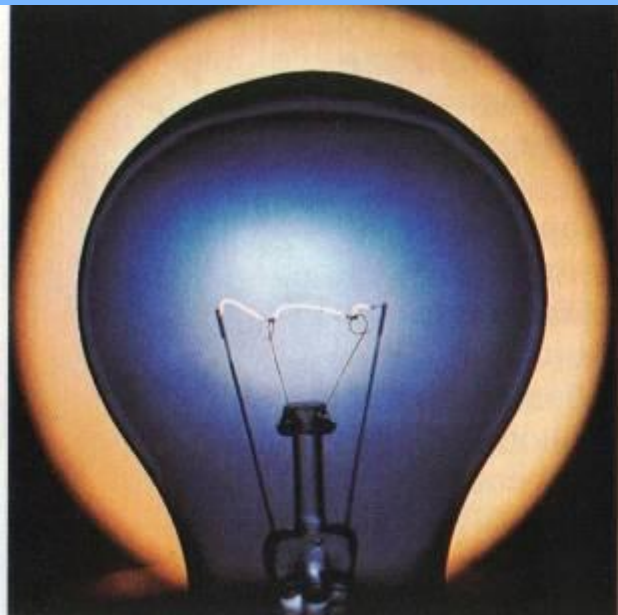
А это означает, что если молекулы красителя взять в качестве активного вещества для генерации лазерного излучения, то в зависимости от настройки резонатора можно получить практически непрерывную перестройку частоты генерируемого лазерного излучения. Поэтому на красителях создаются лазеры с перестраиваемой частотой генерации.

Накачка лазеров на красителях производится газоразрядными лампами или излучением других лазеров. Выделение частот генерации достигается тем, что порог генерации создается только для узкой области частот. Например, положения призмы и зеркала подбираются так, что в среду после отражения от зеркала благодаря дисперсии и разным углам преломления возвращаются лишь лучи с определенной длиной волны. Только для таких длин волн обеспечивается лазерная генерация. Вращая призму, можно обеспечить непрерывную перестройку частоты излучения лазера на красителях.

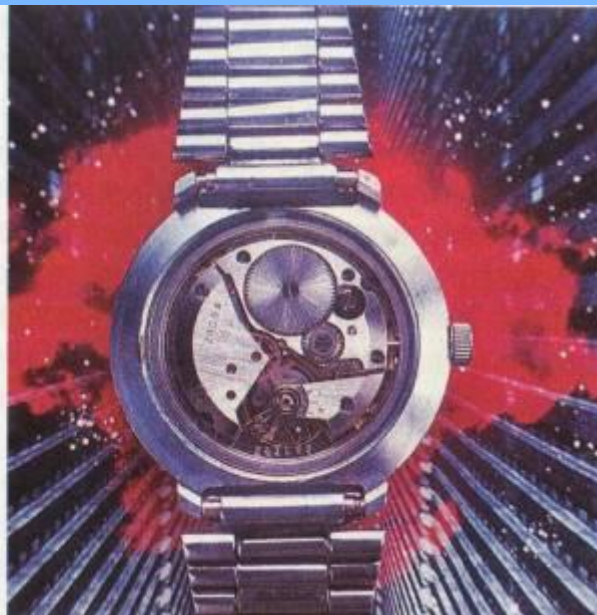
Генерация осуществлена со многими красителями, что позволило получить лазерное излучение не только во всем оптическом диапазоне, но и на значительной части инфракрасной и ультрафиолетовой областей спектра.

Применение лазеров

Лазер режет, сваривает, кует, сверлит и т. д.



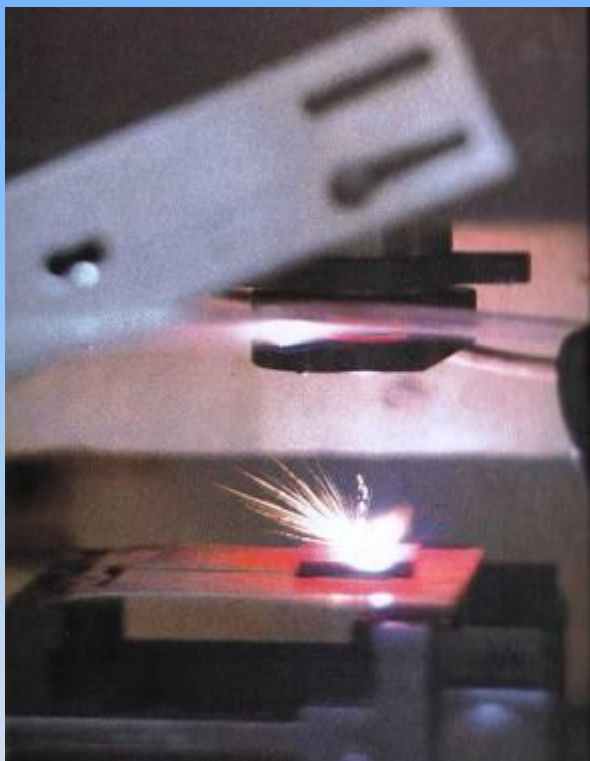
Тонкую вольфрамовую проволоку для электрических лампочек протягивают через отверстия в алмазах, пробитые лазерным лучом.



Рубиновые подшипники – камни для часов – обрабатывают на лазерных станках-автоматах.

Применение лазеров

Лазер режет, сваривает, куёт, сверлит и т. д.



Лазерный луч сжигает любой, даже самый прочный и жаростойкий материал.



Лазерные станки для шлифовки дорожки качения в кольцах сверхмалых подшипников.

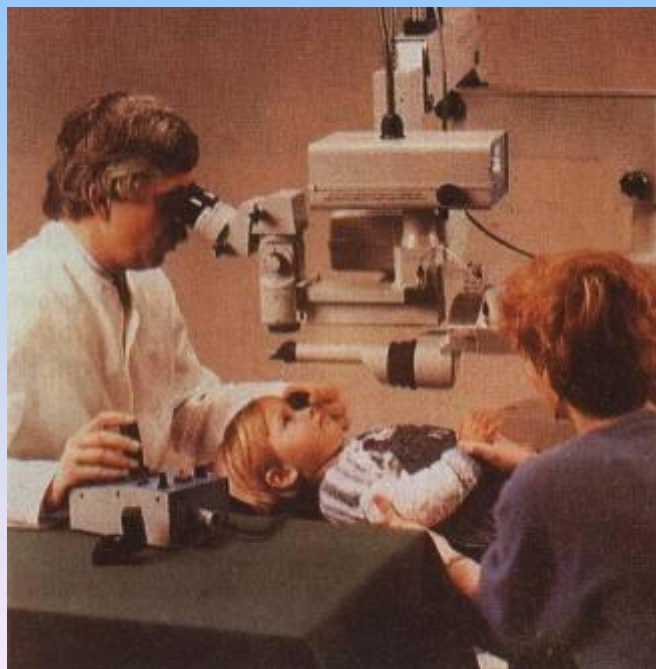
Применение лазеров

В МЕДИЦИНЕ

Глазную операцию, которая раньше была бы очень сложной(или невозможной вообще), теперь можно проводить амбулаторно.

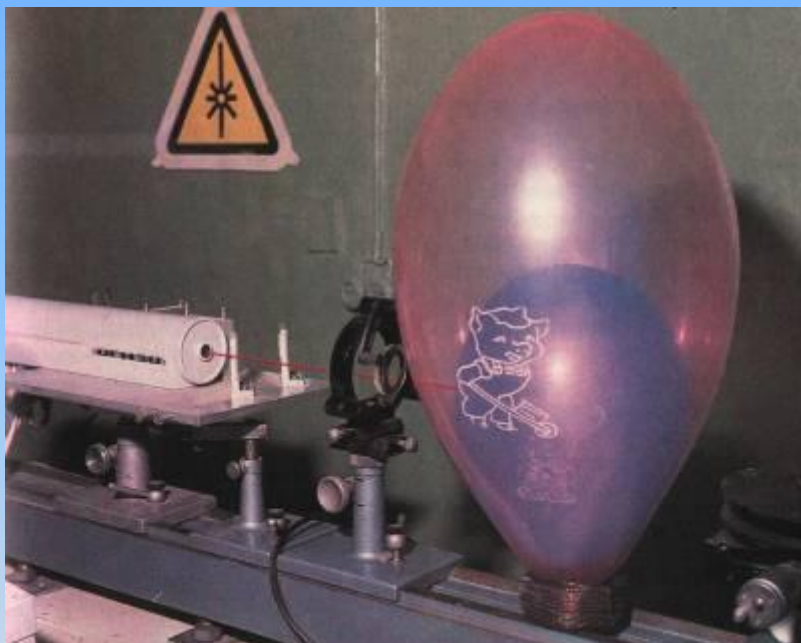


В руке у хирурга лазерный скальпель.



Применение лазеров

в медицине



Красный луч рубинового лазера свободно проходит сквозь оболочку красного шарика и поглощается синим, прожигая его. Поэтому при хирургической операции световой луч воздействует на стенку кровеносного сосуда, «не замечая» самой крови.

Применение лазеров в медицине



**Лазерный перфоратор
«Эрмед-303» для
бесконтактного взятия проб
крови.**

**Первый отечественный лазерный
аппарат «Мелаз-СТ», применяю-
щийся в стоматологии.**

Применение лазеров

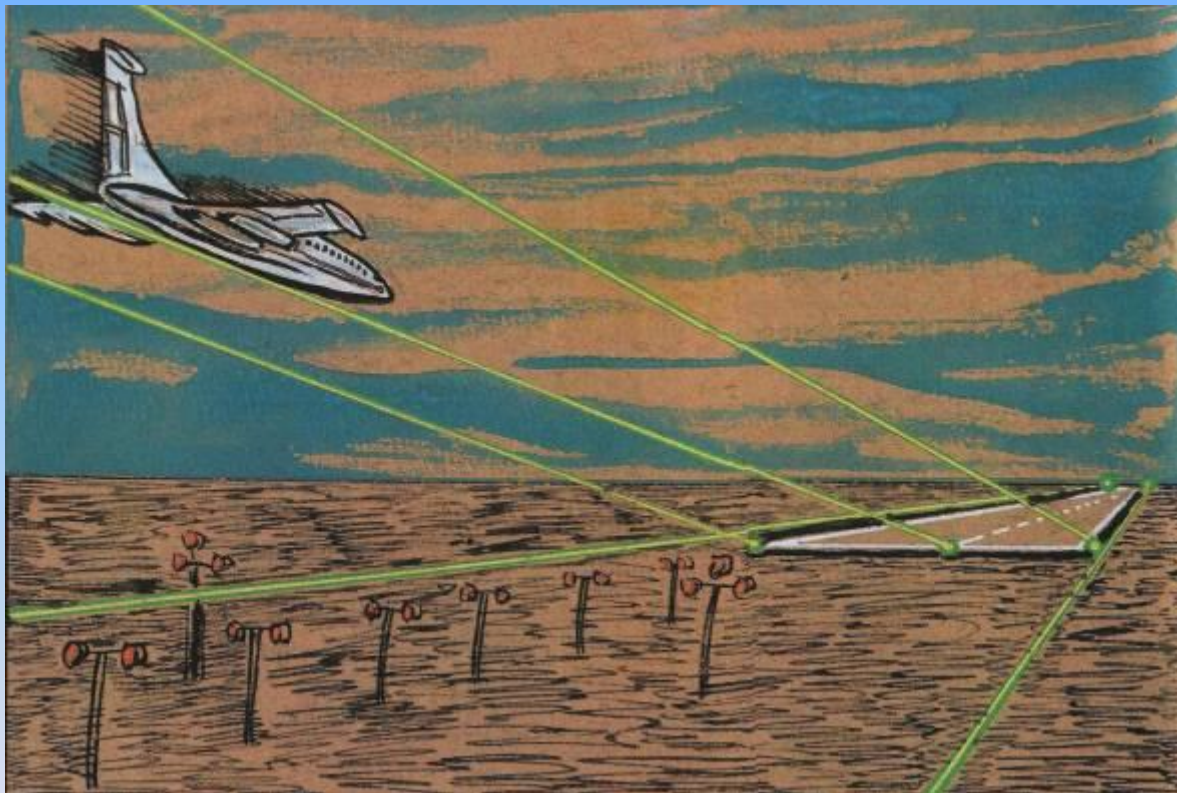
В ЭКОЛОГИИ



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

Применение лазеров

при посадке самолетов



Заходя на посадку, самолет 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.

Применение лазеров

в голографии



Чтобы сделать цветную голограмму, на вид не отличимую от реального предмета, необходимы три лазера с излучением разного цвета.

Применение лазеров

при оформлении театральных постановок



Такие картины, нарисованные лазерными лучами. Уже сегодня используются для оформления эстрадных концертов и театральных постановок, а когда-нибудь, возможно, специалист по лазерной оптике станет в театре столь же привычной фигурой, как гример или декоратор.

Применение лазеров

в электротехнике



Миниатюрные метки, сделанные на диске лазерным лучом, обеспечивают невиданную плотность записи.



Плееры для компактдисков



Литература

- Курсовая: Лазеры <http://works.tarefer.ru/89/100109/index.html>
- Айден К. Аппаратные средства РС: перевод с нем. - Санкт-Петербург.: ВНУ - СПб, 1996. - 544 с.
- Китайгородский А. И. Физика для всех: Фотоны и ядра. - М.: Наука, 1982 - 208 с.
- Ландсберг Г. С. Оптика. - М.: Наука, 1976. - 928 с. 4. Ландсберг Г. С. Элементарный учебник физики. - М.: Наука, 1986. - Т.3. - 656 с. 5. Матвеев А. Н. Оптика. - М.: Высшая школа, 1985. - 351 с.
- Энциклопедия для детей. Техника. / М. Аванта. 2004г.
- Энциклопедический словарь юного физика / М. «Педагогика-Пресс». 1997г.