

Лазеры: строение, свойства, основные виды

Работу выполнила
студентка 4 курса 1 подгруппы
Кочесокова Диана

**Лазер-аббревиатура, составленная из начальных букв пяти английских слов
Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation- усиление света с помощью
стимулированного излучения.**

Лазер-это интенсивный пучок света определенной длины волны.

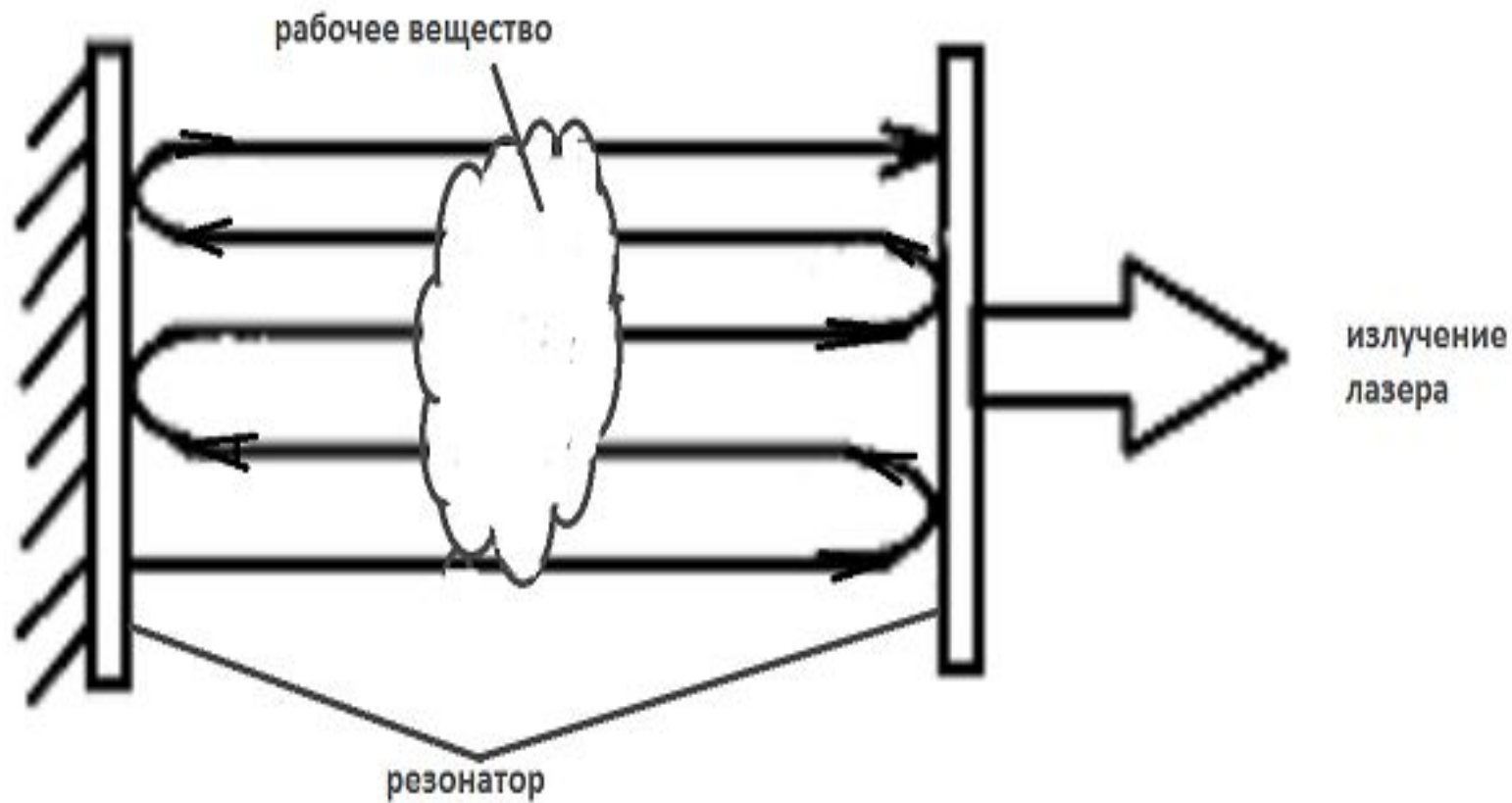
Историческая справка

- Отсчет эпохи лазерной медицины начался более полу века назад, когда в 1960 г., Теодор Мэйман впервые использовал в клинике рубиновый лазер.
- За рубиновым последовали другие лазеры: 1961 г. – лазер на иттриево-алюминиевом гранате с неодимом (Nd:YAG); 1962 г. – аргоновый; 1964 г. – лазер на диоксиде углерода (CO₂).
- В 1965 г. Леон Голдман сообщил об использовании рубинового лазера для удаления татуировок. В дальнейшем, вплоть до 1983 г., предпринимались различные попытки использования неодимового и аргонового лазеров для лечения сосудистых патологий кожи. Но их применение было ограничено высоким риском образования рубцов.
- В 1983 г. в журнале Science Рокс Андерсон и Джон Пэрриш опубликовали разработанную ими концепцию селективного фототермолиза (СФТ), что привело к революционным изменениям в лазерной медицине и дерматологии. Данная концепция позволила лучше понять процессы взаимодействия лазерного излучения с тканью. Это, в свою очередь, облегчило разработку и производство лазеров для медицинского применения.

Строение лазера

В состав любого лазера входят два основных элемента: рабочее вещество (активная среда), которое излучает свет определенной длины волны и резонатор, представляющий собой пару зеркал и формирующий излучение, обладающее особыми свойствами.

Строение лазера



Свойства лазерного излучения

- **Монохромность** – лазерный свет состоит из излучения одной частоты. Это означает, что свет имеет только какой-либо один цвет, тогда как обычный свет составлен из многих цветов. Если вспомнить эксперимент, когда при преломлении солнечного света призмой возникают все цвета радуги. Этого не произойдет в случае с лазерным светом: на выходе из призмы мы получим только один цвет- тот же, что и на входе в нее.
- **Когерентность**- все электромагнитные колебания распространяются во времени и пространстве в фазе друг с другом. Они формируют волновой фронт.
- **Коллимированность**- свет распространяется вдоль прямой линии с очень малым отклонением. Лазерный луч может быть настолько коллимированным, что если бы направить лазерный луч с Земли на Луну, диаметр его на поверхности спутника составил бы всего полмили.

Именно эти три свойства являются необходимыми и достаточными условиями для того, чтобы считать свет лазерным. Они обуславливают эффективное воздействие лазерного излучения на биологическую ткань.

Взаимодействие лазерного излучения с биологической тканью

В основе взаимодействия лазерного света с тканями лежат оптические свойства тканей и физические свойства лазерного излучения. Распределение света, попавшего на кожу, можно разделить на четыре взаимосвязанных процесса.

- **Отражение.** Около 5—7% света отражаются на уровне рогового слоя.
- **Поглощение (абсорбция).** Описывается законом Бугера — Ламберта — Бера. Поглощение света, проходящего сквозь ткань, зависит от его исходной интенсивности, толщины слоя вещества, через которое проходит свет, длины волны поглощаемого света и коэффициента поглощения. Если свет не поглощается, никакого его воздействия на ткани не происходит. Когда фотон поглощается молекулой-мишенью (хромофором), вся его энергия передается этой молекуле. Важнейшими эндогенными хромофорами являются меланин, гемоглобин, вода и коллаген [1, 7]. К экзогенным хромофорам относятся красители для татуировок, а также частицы грязи, импрегнированные при травме.
- **Рассеивание.** Этот процесс обусловлен главным образом коллагеном дермы. Важность явления рассеивания состоит в том, что оно быстро уменьшает плотность потока энергии, доступной для поглощения хромофором-мишенью, а, следовательно, и клиническое воздействие на ткани. Рассеивание снижается с увеличением длины волны, делая более длинные волны идеальным средством доставки энергии в глубокие кожные структуры.
- **Проникновение.** Глубина проникновения света в подкожные структуры, как и интенсивность рассеивания, зависит от длины волны. Короткие волны (300—400 нм) интенсивно рассеиваются и не проникают глубже 100 мкм. А волны большей длины проникают глубже, так как рассеиваются меньше.

Взаимодействие лазерного излучения с биологической тканью

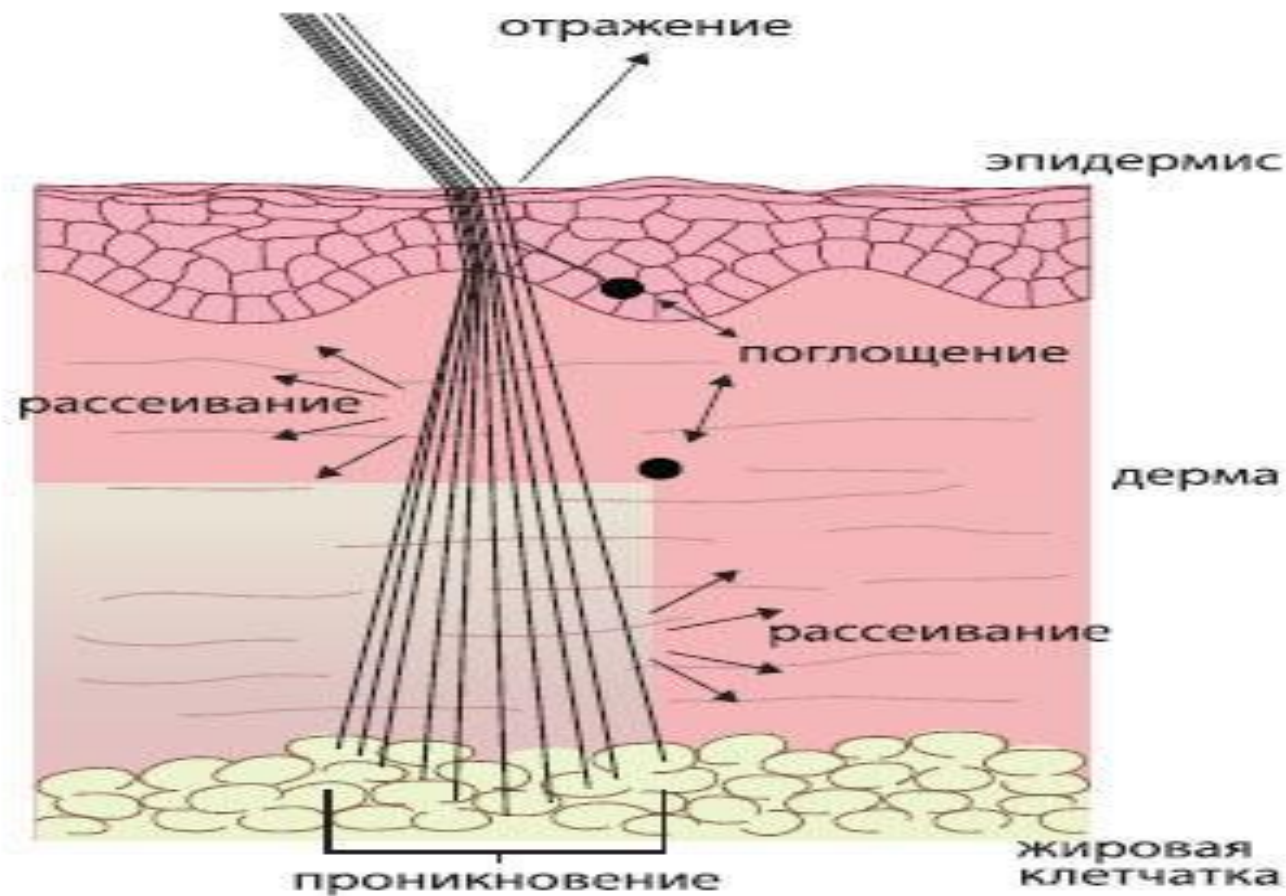


Рисунок 1. Оптические эффекты, наблюдаемые в коже.

Параметры лазерного излучения

Длина генерируемой волны. Длина волны излучения лазера сопоставима со спектром поглощения самых важных тканевых хромофоров. При выборе этого параметра обязательно следует учитывать глубину расположения структуры-мишени (хромофора), поскольку рассеивание света в дерме существенно зависит от длины волны. Это означает, что длинные волны поглощаются слабее, чем короткие; соответственно, их проникновение в ткани глубже. Необходимо также учитывать и неоднородность спектрального поглощения тканевых хромофоров:

- **Меланин** в норме содержится в эпидермисе и волосяных фолликулах. Спектр его поглощения лежит в ультрафиолетовом (до 400 нм) и видимом (400 - 760 нм) диапазонах спектра. Поглощение меланином лазерного излучения постепенно уменьшается по мере увеличения длины волны света. Ослабление поглощения наступает в ближней инфракрасной области спектра от 900 нм.
- **Гемоглобин** содержится в эритроцитах. Он имеет множество различных пиков поглощения. Максимумы спектра поглощения гемоглобина лежат в области УФ-А (320—400 нм), фиолетовом (400 нм), зеленом (541 нм) и желтом (577 нм) диапазонах.
- **Коллаген** составляет основу дермы. Спектр поглощения коллагена находится в видимом диапазоне от 400 нм до 760 нм и ближней инфракрасной области спектра от 760 до 2500 нм.
- **Вода** составляет до 70% дермы. Спектр поглощения воды лежит в средней (2500 - 5000 нм) и дальней (5000 - 10064 нм) инфракрасной областях спектра.

Параметры лазерного излучения

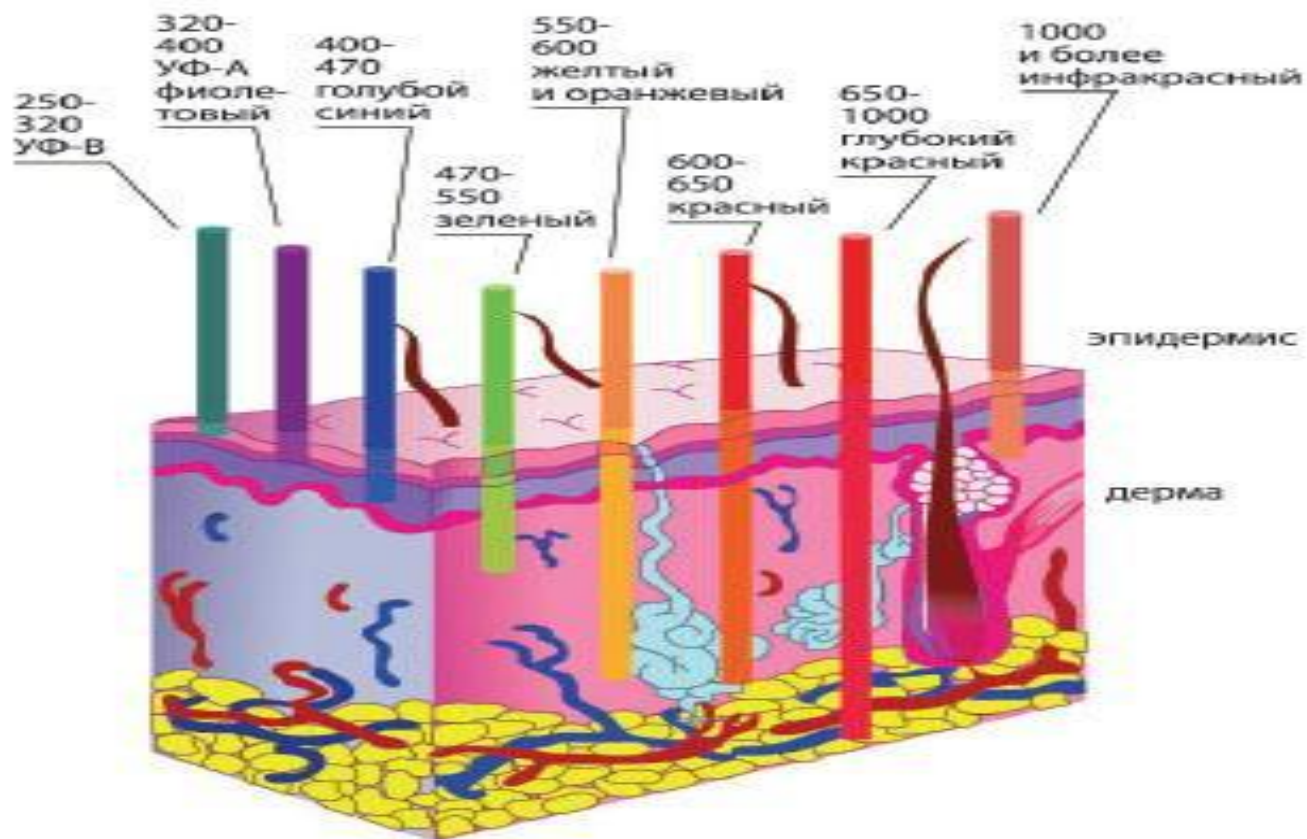


Рисунок 3. Зависимость абсорбции света от длины волны.

Параметры лазерного излучения

Плотность потока энергии. Если длина волны света влияет на глубину, на которой происходит его поглощение тем или иным хромофором, то для непосредственного повреждения структуры-мишени важны величина энергии лазерного излучения и мощность, определяющая скорость поступления этой энергии. Энергия измеряется в джоулях (Дж), мощность – в ваттах (Вт, или Дж/с). На практике эти параметры излучения обычно используются в перерасчете на единицу площади – плотность потока энергии ($\text{Дж}/\text{см}^2$) и скорость потока энергии ($\text{Вт}/\text{см}^2$), или плотность мощности [1, 3] .

Реакции ткани на лазерное воздействие

При взаимодействии лазерного света с тканью происходят следующие реакции.

- **Фотостимуляция.** Для фотостимуляции используются низкоинтенсивные терапевтические лазеры. Терапевтический лазер по энергетическим параметрам оказывает действие, не повреждающее биосистему, но в то же время этой энергии достаточно для активации процессов жизнедеятельности организма, например ускорения заживления ран.
- **Фотодинамическая реакция.** В основе принципа – воздействие светом определенной длины волны на фотосенсибилизатор (естественно или искусственно введенный), обеспечивающее цитотоксический эффект на патологическую ткань. В дерматологии фотодинамическое воздействие используется для лечения вульгарных угрей, псориаза, красного плоского лишая, витилиго, пигментной крапивницы и др.

Реакции ткани на лазерное воздействие

- **Селективный фототермолиз** - это избирательное поглощение света какими-либо окрашенными биотканями (мишенями, хромофорами) с их последующим нагреванием и разрушением. При этом ткани, окружающие мишени, остаются неповрежденными.

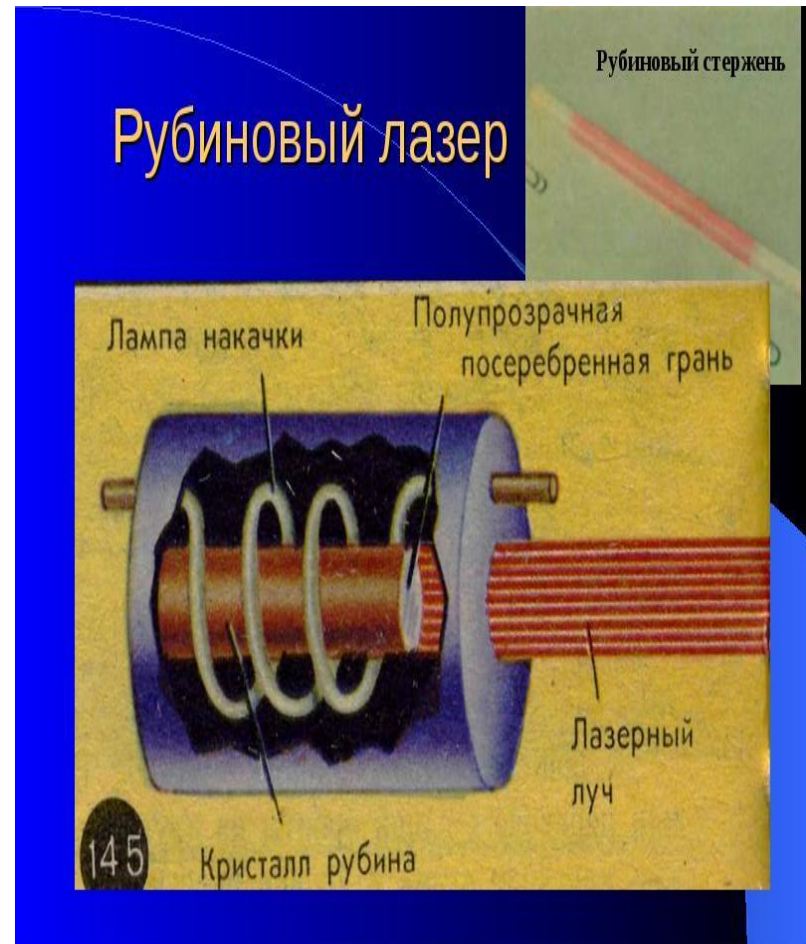
Чтобы обеспечить возможность селективной фотокоагуляции (или фототермолиза), лазерное воздействие должно удовлетворять следующим условиям:

- 1) длина волны лазерного излучения должна быть такой, чтобы коэффициент поглощения света хромофорами поврежденной ткани был гораздо выше, чем коэффициент поглощения света хромофорами окружающей здоровой ткани.
- 2) время лазерного воздействия должно быть достаточно малым (меньше времени термической релаксации), чтобы не допустить термического перегрева и необратимого повреждения окружающих тканей. Время термической релаксации - это время, необходимое для передачи половины полученной тканью энергии окружающим тканям в виде тепла. Если нагревать ткань дольше этого времени, то окружающие ткани перегреваются и необратимо повреждаются с большой вероятностью формирования рубцов.

Основные виды лазеров

Рубиновый лазер

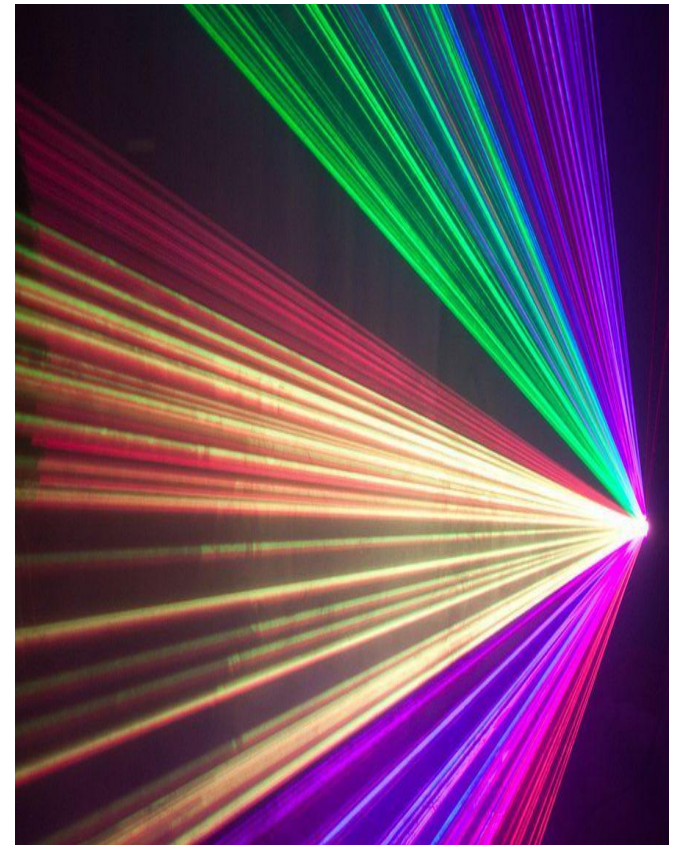
Импульсная лампа с зеркальным отражателем «накачивает» энергию в рубиновый стержень. В веществе стержня, возбужденном световой вспышкой, возникает лавина фотонов. Отражаясь в зеркалах, она усиливается и вырывается наружу лазерным лучом.



Основные виды лазеров

Газовые лазеры

Между зеркалами находится запаянная трубка с газом, который возбуждается электрическим током. Неон светится красным светом, криптон – желтым, аргон – синим



Основные виды лазеров

Лазер на парах меди-

- Активный элемент представляет собой керамическую трубку со встроенными электродами, генераторами меди и окнами для выхода излучения на торцах, заполненную буферным газом. По мере прогрева трубки давление паров меди в канале увеличивается. Оптимальное давление паров меди, соответствующее наибольшей мощности генерации лазера, достигается при температуре канала около 1600°C .
- Для принудительного воздушного охлаждения активного элемента и деталей резонатора в корпусе излучателя также размещен вентилятор.



Основные виды лазеров

Александритовый лазер

Принцип действия александритового лазера предельно прост: световое излучение поглощается пигментом в коже (меланин, красящие вещества) или в волосках, трансформируется в тепловую энергию, не затрагивая при этом здоровые клетки кожи.



Основные виды лазеров

Неодимовый лазер

Основной элемент приспособления – кристалл алюминиевого граната, обогащенный множественными ионами неодима.

тот тип лазера отличается глубиной и шириной спектра проникновения излучения.

С помощью лазера оказывают действие не на сам пигмент, а именно на стенки сосудов.



Спасибо за внимание!