Саратовский Государственный Технический Университет

Кафедра ПБС

Модернизация оптической системы лазерной установки «Квант-15»

Выполнил: ст-т гр.БМС-51

Проверил: Черепанов Д.В.

Саратов 2008 г.

**Содержание**

Введение

Аннотация

1. Теоретическая часть

1.1 Медико-биологические основы взаимодействия лазерного излучения с кожей человека

1.1.1 Строение кожи человека

1.1.2 Воздействие лазерного излучения на кожу человека

1.1.3 Преимущества и недостатки лазерной эпиляции

1.1.4 Предельно-допустимые уровни лазерного излучения

1.2 Обзор промышленных аналогов

1.3 Обзор патентной и технической литературы

2. Расчётно-конструкторская часть

2.1 Описание конструкции установки «Квант-15»

2.1.1 Разработка общего вида установки

2.1.2 Описание принципа действия установки

2.2 Расчёт оптической системы

2.2.1 Расчет плотности мощности падающего лазерного излучения qпад. на кожу человека

2.2.2 Расчёт внутрирезонаторной диафрагмы

2.2.3 Расчёт параметров лампы накачки

2.2.4 Расчет линзы для ввода лазерного излучения в световод

2.2.5 Расчет линзы фокусировки лазерного излучения в эпиляторе

Заключение

Список использованной литературы

**Введение**

Среди выдающихся научно-технических достижений ХХ века, одно из первых по праву принадлежит лазерам, т.е. оптическим квантовым генераторам. С создания в 1960 г. первого твердотельного Рубинового лазера, началось бурное развитие лазерной техники. Сегодня лазеры и лазерные системы нашли широкое применение во многих областях науки, техники и медицины, в связи с этим был создан широкий арсенал лазеров и лазерных систем. Вызывает изумление тот путь, который медики и инженеры-оптики прошли за это время - от первых попыток применения лазеров в медицине в середине 70-х годов, до начала применения в повседневной медицинской практике в начале 80-х, затем до широкого и привычного применения во всех областях медицины к концу ХХ-го века. Многие заболевания, в том числе опасные для жизни, стали поддаваться лечению благодаря применению лазерных методов. Широкое применение лазеры нашли в косметологии, т.к. проблема избыточного роста волос на теле человека является одной из самых актуальных на данный момент, особенно для женского пола.

Существует два типа удаления волос с тела человека - эпиляция и депиляция. При депиляции просто удаляются волосы, а при эпиляции удаляются волосы вместе с волосяной луковицей. После депиляции волосы вырастают снова, а при эпиляции, из разрушенной волосяной луковицы волос не вырастет. К сожалению, любые виды эпиляции не позволяют избавиться от ненужных волос за одну процедуру. Сейчас существуют множество видов как депиляции, так и эпиляции. К депиляции относятся: сбривание, воскование, удаление волос кремом, выщипывание, все электродепиляторы. К эпиляции относятся: электроэпиляция, фотоэпиляция (лазерная эпиляция). Но ни один из выше перечисленных методов не сравнится по уникальности и универсальности с ЛАЗЕРНОЙ ЭПИЛЯЦИЕЙ. Ее принцип заключается в разрушающем воздействии лазерного луча на волосяной фолликул. Благодаря локальному, короткому по времени воздействию и быстрому охлаждению лазерная эпиляция безболезненна. Отсюда основное преимущество этого вида эпиляции - возможность проведения процедуры в зонах с очень чувствительной кожей, а также отсутствие побочных явлений после проведения процедуры. Опыт работы на лазерных аппаратах для эпиляции показывает, что их воздействие на кожу и организм совершенно безопасно. Именно поэтому данный метод эпиляции не имеет никаких противопоказаний, и получил очень широкое распространение в медицине.

**Аннотация**

Целью данного курсового проекта является модернизация лазерной установки «Квант-15М», проведение патентно-информационного поиска подобных установок, выпускаемых на мировом рынке, анализ их свойств, возможностей и технических характеристик и выбор направления модернизации на его основе.

В курсовом проекте произведен расчет параметров линзы фокусировки, для ввода лазерного излучения в световод; расчёт плотности лазерного излучения, падающего на кожу человека, и расчёт изменения степени поглощения лазерного излучения разными слоями кожи человека.

**1. Теоретическая часть**

**1.1 Медико-биологические основы взаимодействия лазерного**

**излучения с кожей человека**

**1.1.1 Строение кожи человека**

Кожа с ее поверхностью 1,5-2 квадратных метра представляет собой самый большой орган человеческого тела. Она выполняет многочисленные функции. Состояние кожи зависит от возраста, питания и образа жизни. Особенно это касается кожи лица, потому что на ней сильнее сказываются все вредные воздействия окружающей среды. К тому же лицо - самая открытая часть кожных покровов и нуждается в тщательном уходе.

Наша кожа - это:

• около 5 млн.волосков; - общая площадь поверхности кожи составляет 1,5-2 квадратных метра;

• содержит 60% влаги, у детей до 90%;• сто пор на каждый квадратный сантиметр;

• 200 рецепторов на каждый квадратный сантиметр;

• средняя толщина кожи 1-2 мм;

• кожа чуть грубее и толще на подошвах, тоньше и прозрачнее на веках;

• вес кожи без гиподермы составляет 4-6% общего веса тела;

• в среднем 18 кг ороговевшей и вновь заменившейся кожи в течение всей жизни взрослого человека.

Кожа имеет очень сложное строение, ее пронизывает огромное множество сосудов, нервов, протоков сальных и потовых желез.

Очень упрощенно строение кожи можно описать так:

1. Наружный слой кожи – эпидермис, образованный лежащими друг над другом в несколько десятков слоев эпителиальными клетками. Верхняя часть эпидермиса, имеющая непосредственный контакт с внешней средой, - роговой слой. Он состоит из состарившихся и ороговевших клеток, которые постоянно слущиваются с поверхности кожи, и заменяются молодыми, мигрирующими из глубоких слоев эпидермиса. (Полное обновление эпидермиса, например, на подошве длится около месяца, а на локтевом сгибе – 10 дней). Роговому слою мы обязаны тем, что наше тело не высыхает и внутрь не проникают чужеродные вещества и возбудители болезней. Существенную помощь в этом оказывает так называемая защитная кислотная мантия (называемая также гидро-липидной мантией), которая покрывает поверхность кожи тонкой пленкой. Она состоит из жира сальных желез, из пота и из составных частей вязких субстанций, которые связывают отдельные роговые клетки. Защитную кислотную мантию можно рассматривать в качестве собственного крема кожи. Она слегка кисловата (по сравнению со щелочной средой, потому и называется кислотной) — химическая среда, в которой обычно погибают бактерии и грибки. В самом глубоком слое эпидермиса расположены меланоциты – клетки, вырабатывающие пигмент меланин. От количества этого пигмента зависит цвет кожи – чем его больше, тем она темнее. Образование меланина усиливается под действием ультрафиолетовых лучей, именно он является причиной загара. У блондинов и рыжеволосых людей со светлой кожей меланина намного меньше, чем у темноволосых и смуглых.

2. Следующий слой – дерма – также неоднороден. В его верхней части, расположенной непосредственно под эпидермисом, находятся сальные железы. Их выделения вместе с секретом потовых желез образуют на поверхности кожи тонкую пленку – водно-жировую мантию, которая предохраняет кожу от вредных воздействий и микроорганизмов. Лежащие ниже эластичные волокна придают коже упругость, а коллагеновые волокна – прочность.

3. И, наконец, третий слой кожи – гиподерма (или подкожная клетчатка) – служит теплоизолирующей прокладкой и смягчает механические воздействия на внутренние органы.

Собственно кожа состоит из двух слоев — сосочкового и сетчатого. В ней имеются коллагеновые, эластические и ретикулярные волокна, составляющие каркас кожи.

В сосочковом слое волокна нежнее, тоньше; в сетчатом они образуют более плотные пучки. На ощупь кожа плотна и отличается упругостью. Эти качества зависят от наличия в коже эластических волокон. В сетчатом слое кожи расположены потовые, сальные железы и волосы. Подкожная жировая клетчатка в различных частях тела имеет неодинаковую толщину: на животе, ягодицах, ладонях она развита хорошо; на ушных раковинах красной кайме губ она выражена очень слабо. У тучных людей кожа малоподвижна, у худых и истощенных людей она легко смещается. В подкожной клетчатке откладываются запасы жира, которые расходуются при болезнях или в других неблагоприятных случаях. Подкожная клетчатка защищает организм от ушибов, переохлаждений. В собственно коже и подкожной клетчатке находятся кровеносные и лимфатические сосуды, нервные окончания, волосяные фолликулы, потовые и сальные железы, мышцы.

**1.1.2 Воздействие лазерного излучения на кожу человека.**

Переворот в технике эпиляции произошел в начале 90-х гг., когда для эпиляции стало использоваться лазерное излучение. В основе техники лазерной эпиляции лежит тепловой эффект, который создается при поглощении света меланином волоса. Ее принцип заключается в разрушающем воздействии лазерного луча на волосяной фолликул, в луковице которого содержатся клетки с пигментом, поглощающим свет, лазерный импульс, воздействуя на пигмент, содержащийся в волосе, сам находит волос и, проникая по нему в волосяную луковицу, разрушает ее навсегда.

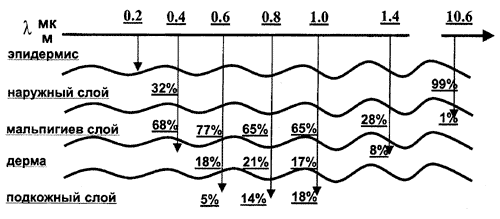


Рис.1. Поглощающая способность кожного покрова человека

Из рис.1 мы видим, как изменяется поглощающая способность у каждого слоя кожи, для определённой длины волны лазерного излучения.

Помимо теплового, свет производит другие эффекты (фотоэлектрический, биостимулирующий и т.д.), однако при большой мощности источника излучения тепловые эффекты преобладают. Узконаправленный лазерный луч, который практически не рассеивается, позволяет создать высокую плотность мощности излучения (мощность излучения, приходящаяся на единицу площади). Поэтому лазерное излучение создает столь значительный тепловой эффект, что происходит коагуляция, выпаривание (вапоризация) или обугливание (карбонизация) биологической ткани. И все же это не значит, что лазерный луч является слепой разрушительной силой. Как мы сейчас убедимся, с помощью лазера можно достичь высокой селективности воздействия на ткани.

Основной принцип фотобиологии заключается в том, что свет действует на биологический объект лишь в том случае, если объект поглощает свет. Нет поглощения - нет эффекта. В коже свет поглощается особыми веществами - хромофорами. Каждый хромофор поглощает в определенном диапазоне длин волн. Основным хромофором волос и кожи является меланин, который поглощает в УФ-диапазоне, а также в видимой области с максимальным поглощением в диапазоне 350-700 нм. Красная граница спектра поглощения меланина доходит до инфракрасной области (1200 нм). Конкурентом меланина является гемоглобин, который поглощает в УФ-области, а в видимой области имеет максимумы поглощения в диапазонах 450-500 и 500-600 нм. Белки, некоторые аминокислоты и нуклеиновые кислоты поглощают в УФ-диапазоне. Преобразование энергии лазерного луча в тепловую энергию может происходить только в том случае, если излучение поглощается. Поэтому если какой-то участок кожи содержит хромофор, поглощающий при данной длине волны, а окружающие участки его не содержат, то нагревается только та область, где присутствует хромофор. Однако вследствие переноса тепла происходит нагревание пограничных областей, даже если они не содержат или почти не содержат хромофоров.

Характер взаимодействия лазерного излучения с биологической тканью зависит от плотности мощности лазерного излучения и от времени взаимодействия.

При высокой степени фокусировки (диаметр пятна 0,2 мм) наблюдается быстрое удаление ткани из области воздействия. При расфокусировке лазерного луча до 0,7 мм в диаметре скорость испарения тканей снижается, более эффективно используется тепловой разогрев тканей с четким формированием зоны коагуляции, величину которой можно варьировать, изменяя время контакта лазерного излучения с биотканями. При расфокусировке лазерного луча до 2 мм в диаметре имеет место относительно слабое тепловое воздействие на биоткани, приводящее к формированию зоны коагуляции в самых поверхностных слоях. При дальнейшей расфокусировке лазерного луча до пятна с диаметром 7 мм плотность мощности снижается до уровня, используемого для стерилизации поверхности ран (26 Вт/мм²). Для лазерной эпиляции используется лазерное излучение с энергией импульса в среднем ≈ 0.3 мДж, и с диаметром пятна фокусировки ≈ 10 мкм.

**1.1.3 Преимущества и недостатки лазерной эпиляции**

Благодаря локальному, короткому по времени воздействию (мкс) и быстрому охлаждению, лазерная эпиляция безболезненна и эффективна, поэтому анестезия не применяется. Быстрота метода поражает: менее 5 минут удаляются, например, волосы над верхней губой. Точность лазерных технологий настолько высока, что полностью исключает ошибку врача.

Другим несомненным преимуществом лазерной эпиляции является высокий коэффициент удаления волос (kill ratio) - процент навсегда удаленных волос за одну процедуру. Таким образом, за 3-5 процедур лазерной эпиляции вы избавляетесь от волос навсегда, а кожа станет безукоризненно гладкой и шелковистой.

Недостатки лазерной эпиляции - существующие ограничения при светлой коже и светлых волосах, а также ее высокая стоимость по сравнению с другими методами. Она зависит от количества импульсов лазерного луча, что в свою очередь определяется площадью эпиляции, количеством волос и их структурой (при жестких, темных волосах - дороже, при мягких - дешевле).

**1.1.4 Предельно допустимые уровни лазерного излучения**

Исследования, проведенные в последние годы, позволили определить пороговые плотности энергии для кожи и глаз животных (экспериментальным путём) и людей (преимущественно при использовании лазеров в офтальмологических и хирургических клиниках), а затем рассчитать предельно допустимые уровни для глаз и кожи человека. Предельно допустимые уровни лазерного излучения - это максимальные уровни излучения, которые при ежедневном воздействии не вызывают у людей, работающих с лазерами, заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования как в процессе работы, так и в отдаленные сроки. За ПДУ лазерного излучения принимаются энергетические экспозиции облучения тканей, представляющие собой отношение энергии излучения, падающей на рассматриваемый участок поверхности, к площади этого участка (Дж/см2). ПДУ разработаны для спектрального диапазона от 0,2 до 20 мкм и регламентируются излучением на роговице, сетчатке и коже.

Безопасные плотности энергии при облучении кожи лазерами, работающими в режиме свободной генерации в видимом диапазоне и в ближайших участках инфракрасного диапазона длин волн, составляют 1-2 Дж/см2 для одиночного импульса и 0,1 Вт/см2 - для непрерывного излучения.

**1.2 Обзор промышленных выпускаемых образцов**

По времени, производство лазерной техники в нашей стране можно разбить на 2 периода. До начала 90-х годов эта аппаратура разрабатывалась и выпускалась крупными промышленными предприятиями, в первую очередь, НПО «Полюс». Здесь уместно упомянуть создателя и первого Генерального директора «Полюса» профессора М.Ф.Стельмаха, внёсшего значительный вклад в становление лазерной отрасли в целом и в организацию разработок и производства лазерной медицинской техники в частности. По его инициативе в НПО «Полюс» было создано первое в стране подразделение, начавшее разработку лазерной медицинской аппаратуры. В начале 90-х резко вырос интерес к лазерной технике в связи с расширением её применения в медицине. В частности с внедрением твердотельных лазеров на рубиновом, александритовом активных элементах, а также на алюмо-иттриевом гранате с неодимом (АИГ:Nd).

В настоящее время отечественные лазерщики могут предложить здравоохранению сравнительно недорогие, малогабаритные, надёжные лазерные установки, работающие от бытовой электросети (возможно и автономное питание). Эти аппараты просты в управлении, не нуждаются в постоянном инженерном обслуживании, а большое разнообразие длин волн даёт возможность врачу подобрать требуемый характер воздействия на биоткани. Всё это создаёт хорошие предпосылки для внедрения современной лазерной медицинской аппаратуры и реализуемых с её помощью методов в массовое здравоохранение.

Развитие лазерных установок для эпиляции в России связано в большей степени с ГПО «Загорский оптико-механический завод», Центр физического приборостроения ИОФАН, «ЛОМО» Ленинград, СНПП «Исток-Лазер» Вязино, ООО «ИТ-Лагран» Москва.

Наиболее интенсивное развитие проектирования лазерных установок для эпиляции получило в США. Развитие в большей степени связано с деятельностью ведущих фирм-производителей в этой области, таких как “Coherent Radiation”, “MIRA” и “Optics Technology Inc.”, которые являются представителями передовой инженерной мысли. Также интенсивно ведется развитие в таких странах как Франция (ведущая фирма“Capsular”); Германия “Opteltek”, “Polytec” и “Meditec”; Израиль “Sharpan”; Южная Корея “Vondar Lazer” и Япония.

Со времени начала использования лазера в косметологии, развитие лазерных эпиляторов и подобной техники ведется по нарастающей. Это вызвано относительной легкостью проведения операций, её безболезненностью и дорогой стоимостью подобных операций.

Таблица 1. Технические показатели лазерных установок

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Прибор/Фирма-производитель/страна | | | | | |
| Наименование и единицы измерений | «Модель-25»  Россия | «Лазулет», ООО «ИТ-Лагран» Россия | «Эпилаг» ООО «ИТ-Лагран» Россия | «PINACLE»HGM, США | IG-2,  HGM, США | Модерни-зируемый образец:  «Квант-15М», ООО «Резерв НК» Россия |
| Длина волны излучения, мкм | 1,064 | 0,26 | 1,064 | 1,06 | 0,532 | 1,06 |
| Тип излучателя | АИГ:Nd | АИГ:Nd | АИГ:Nd | АИГ:Nd | Аргоновый | АИГ:Nd |
| Выходная мощность, Вт (энергия,  Дж) | (25) | 10 и 20  (2,5 и 5) | (До 15) | (0,02) | 2 | 150-200  (15-20) |
| Режим работы | Импульс-ный | Импульсный и импульсно- периодичес-кий | Импульсный и импульсно- периодичес-кий | Импульс-ный | Непрерыв-ный, импульсный | Непрерывный, Импульсный |
| Длительность импульсов, мс | 5-50 | 0,01 | 10 |  | 0,1-3 | 1.5;2;4;5 |
| Макс. частота  повтореня импульсов, Гц | 10 | 50 | До 3 |  |  | 0,1-35 |
| Диаметр пятна ЛИ, мкм | 7-12 | 0,6 | 3-5-7 | 50-400 | 100-400 | 0,2-3 |
| Пилотный лазер | красный | зеленый | красный | He-Ne | видимое излучение | красный  (λ=0,63 мкм) |
| Охлаждение | Воздуш-ное | Воздушное | Закрытый  Воздушно-Водяной контур | - | - | Закрытый  Воздушно-Водяной контур |
| Питание аппарата, В/Гц | 220-240/  50-60 | 110-220  50-60 | 220/240  50-60 | 220/  50 | 220/  50 | 220/  50-60 |

Установки Лазулет и Эпилаг, производства объединения «ИТ-Лагран» – это компактные, современные и удобные в использовании установки для лазерной эпиляции волос. При установке данных эпиляторов не требуется дополнительного специального оборудования.

Разрабатываемая модель лазерного эпилятора «Квант-15», по сравнению с его существующими зарубежными и отечественными аналогами имеет такие схожие признаки как длина волны 1,064 мкм, длительность и мощность импульса, способ передачи излучения (с помощью оптического световода), тип охлаждения (воздушно-водяного), наличие пилотного лазера и способы изменения диаметра фокального пятна излучения (фокусировка и дефокусировка).

В зависимости от параметров лазера повреждение фолликулы может быть фотомеханическим, когда основным разрушительным фактором является быстрое расширение ткани при нагревании, или фототермическим, когда происходит коагуляция, обугливание (карбонизация) или испарение (вапоризация). Наиболее проверенным типом лазера, использующегося на данный момент для эпиляции, является гранатовый (или неодимовый) лазер. Этот тип лазера одобрен FDA (Foog and Drug Administration), - агенством в США, контролирующим введение в практику всех медицинских и пищевых препаратов и приборов (как лазер, который может применяться в качестве эпиляционной техники). В то время как сведения об эффективности других лазеров часто противоречивы.

Генерация лазерного излучения в таком лазере осуществляется на переходах ионов неодима (Nd3+), которые встроены в алюмо-иттрий-гранатовые кристаллы (yttrium-aluminium garnet - YAG). Поэтому такой лазер чаще называют Nd:YAG лазер. Он излучает в ближнем инфракрасном диапазоне (λ=1064 нм). Это излучение минимально поглощается в верхних слоях кожи и проникает в глубокие слои. Длительность импульса порядка 100 нс, то есть гораздо меньше, чем у других типов лазера. Также проводимая мной модернизация оптической системы установки позволит значительно улучшить оптические характеристики при фокусировке пятна лазера (снижение расходимости пучка излучения и уничтожение паразитных пятен), путём внедрения диафрагмы в квантрон установки, выделяющей центральную моду пучка, тем самым также уменьшая мощность излучения лазера (до 15 Вт) и увеличивая точность фокусировки пятна, что особенно немаловажно, т.к при использовании модулированного излучения, с ростом мощности, значительно повышается вероятность вызвать механическое повреждение коагулируемой ткани (особенно при малом диаметре фокального пятна). Существенные различия между лазерами с синхронизацией мод и свободной генерации заметны на частоте модуляции вплоть до 100кГц. Рассмотренные мной в табл.1 аналоги, по оптическим показателям (таким как размер пятна, регулируемая энергия импульса и управляемый режим работы) уступают установке «Квант-15М», что, по моему мнению, является существенным преимуществом при выборе направления модернизации.

**1.3 Обзор патентной и технической литературы**

С целью определения направления модернизации лазерной установки «Квант-15М» был проведен патентный поиск и анализ патентной и технической литературы периода с 1992 по 2003 гг., и были исследованы устройства по классу В23К26/00, представляющие собой устройства для лазерной эпиляции и лазерной терапии. Выявлены сходные и отличительные моменты в конструкции, принципе действия, способах транспортировки лазерного излучения и способах охлаждения лазерных установок.

Страны поиска: Россия и ведущие страны мира (США, Швеция, Франция, Германия Япония).

В результате проведенного поиска, были выявлены следующие основные цели, преследуемые при подаче заявок на патент: повышение точности наводки лазерного излучения, сокращение времени проведения операции, повышение эффективности воздействия лазерного излучения на кожу человека, снижение риска и последствий во время проведения процедуры эпиляции и в послепроцедурный период, локализация лазерного воздействия внутри фолликулы волоса, повышение надежности, упрощение конструкции, уменьшение габаритных размеров, упрощение сборки и юстировки и уменьшение экономических показателей установок.

Рассмотрена различная литература по конструированию и проектированию лазерных установок, таких авторов, как У. Диоли «Лазерная технология и обработка материалов», Рэди Дж. «Действие мощного лазерного излучения», Рыкалин Н.Н., Углов А.А. «Теплофизические процессы при взаимодействии лазерного излучения с поглощающими средами», Сухов Л.Т «Лазерная сварка» и многих других.

В процессе патентного анализа выявлены следующие ведущие Российские фирмы в данной отрасли техники:

ОАО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро».

Научно-производственное объединение «Электронная техника»

ЗАО «Астрофизика»

Таблица 2. Обзор патентной литературы.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование объекта | Страна заявителя | Количество патентов, опубликованных заявок по годам | | | |
| 1992 | 1993-95 | 1998 | 2003 |
| Приборы для лазерной эпиляции и терапии. | Россия  США  Швеция  Франция  Япония  Германия | 2  1  1  1  -  - | 3  1  1  -  1  1 | 1  -  2  -  2  1 | 3  -  2  -  -  - |

Наиболее интересными патентами, на мой взгляд, являются:

* повышение точности наводки лазерного излучения и дозирования излучения; это отмечено в патентах №2042338RU, №2196558 RU, 9717011WO, 556204US, 4430720DE, 1768162RU, 2144342RU;
* повышение надежности, упрощение конструкции, уменьшение габаритных размеров – 5643252US, 2042338RU, 930303RST, 1637795RU, 1768162RU, 92010458RU, 97113312RU;
* локализация лазерного воздействия на биологическую ткань – 1651777JP, 2197933RU, 4430720DE, 5565938US, 2164117RU, 6458120 US;

Для модернизации лазерной эпиляционной установки «Квант-15М» была выбрана базовая цель – повышение точности наводки лазерного излучения на область воздействия лазера, также для облегчения работы косметолога и из-за труднодоступности некоторых зон эпиляции и сложным рельефом кожного покрова человека одним из основных направлений модернизации установки была выбрана модернизация оптико-механической системы, в частности замена телескопической системы кварцевым световодом по которому лазерное излучение будет передаваться непосредственно на эпилятор, при помощи которого врач легко сможет производить эпиляцию волос с тела пациента; локализация воздействия лазерного излучения внутри фолликулы волоса, с помощью внедрения в оптическую систему внутрирезонаторной диафрагмы, для выделения модового состава излучения, уменьшения угловой расходимости и снижения мощности излучения; также была выбрана модернизация системы охлаждения и упрощение конструкции установки, уменьшение её габаритных размеров.

**2. Расчетно-конструкторская часть**

**2.1 Описание конструкции установки**

#### 2.1.1 Разработка общего вида установки

Общий вид лазерной технологической установки должен быть таким, чтобы находящемуся на рабочем месте косметологу, производящему лазерную эпиляцию были доступны все органы управления установкой и видны необходимые контрольно — измерительные приборы. Также лазерная технологическая установка должна отвечать как эстетическим требованиям, (окраска её не должна раздражать глаза работающего и обслуживающего персонала), так и требованиям безопасности. Наиболее важными аспектами в разработке общего вида лазерной технологической установки, конечно, являются компактность её блоков и безопасность работы на ней как для косметолога, так и для пациента.

Чтобы обезопасить оператора от воздействия лазерного излучения при работе установки, работающей на длине волны 1.06 мкм, применяется специальный кварцевый световод, по которому лазерное излучение будет передаваться непосредственно на эпилятор, с помощью которого оно локализуется строго в точке фокусировки на коже, тем самым сводя к минимуму рассеивание и отражение лазерного излучения в пространство и снижая риск его попадания в глаза косметолога. Для удобства наведения лазера в нужную точку на коже человека, в установку был внедрён полупроводниковый «пилотный» лазер, на «красной» длине волны 0,63 мкм.

**2.1.2 Описание принципа действия установки**

Рис.2. Блок-схема прибора «КВАНТ-15».

Блок поджига

Индикатор энергии ИЭ-3

Оптико-механический блок

Источник дежурной дуги

Блок охлаждения

Оператор (косметолог)

Кожа человека

Синхронизатор

СХ-1

Разрядный коммутатор

Накопитель

Система управления

СУМ-10А

Выпрямитель

Источник тока

**Описание блок-схемы прибора**

Напряжение 220В силовой сети переменного двухфазного тока поступает на блоки питания лазера и щелевой лампы. Затем питание поступает на выпрямитель, и через выпрямитель на разрядный коммутатор. С помощью которого врач-офтальмолог задает следующие необходимые параметры: мощность лазерного излучения, время экспозиции и количество импульсов. После этого электрическая энергия W подаётся в оптико-механическую систему для питания лампы накачки. Для получения необходимой длительности импульса в разрядной цепи емкостного накопителя установлены катушки индуктивности. Для первоначальной ионизации разрядного промежутка импульсной лампы питания лазера и поддержания его в проводящем состоянии служит блок «поджига» и источник «дежурной дуги» соответственно.

Управление моментом начала разряда емкостного накопителя на импульсную лампу и отключение последней на период заряда накопителя производится разрядным коммутатором.

Лазер вырабатывает мощный световой импульс в виде параллельного пучка лучей, который поступает в оптическую систему оптико-механического блока, фокусирующего излучение на поверхность кожи пациента. Выпрямитель, источник тока и емкостной накопитель энергии служат для электропитания импульсной лампы питания лазера.

Система охлаждения поддерживает нормальный тепловой режим работы лазера. В системе охлаждения используется пластиковый бак, насосы и теплообменники зарубежного производства.

Для контроля энергии импульса лазера служит индикатор энергии ИЭ-ЗА.

Система управления СУМ-10А служит для управления источником питания.

Оптико-механический блок имеет основание, на котором установлен лазер, который вместе с оптической системой оптико-механического блока закрыты кожухами. К оптико-механическому блоку подсоединён кварцевый световод, по которому лазерное излучение подаётся на эпилятор, при помощи которого оператор (косметолог) удаляет волосы с кожи человека. Управление включением и выключением лазерного излучения косметолог производит нажатием ногой на педаль, подсоединённую к блоку управления СУМ-10А и установленную на полу, возле процедурного кресла.

**2.2 Расчёт оптической системы**

Расчет оптической системы ведется по эквивалентным схемам с учетом главных плоскостей, апертурных углов и увеличения.

**2.2.1 Расчет плотности мощности падающего лазерного излучения**

**qпад. на кожу человека**

(1.1)



(1.2)



**Для установки «Квант-15М»**

Длительность импульсов будет равна: τmin=5 мс=5\*10-3с,

τmax=50 мс=5\*10-2с, энергия импульса Е=20 Дж, длина волны лазера λ=1.064\*10-5 см, диаметр пятна лазера dср=0.001 см.

[см2](1.3)



Подставляем в формулу (1.2):

Для минимальной длительности имульса τmin=5\*10-3с:

(1.4)



Для эпидермиса, коэффициент поглощения α=31см-1, глубина слоя 0,01 см. получим:

(1.5)



Для дермы, коэффициент поглощения α=23см-1, глубина слоя 0,02 см. получим:

(1.6)



Для максимальной длительности имульса τmax=5\*10-2с:

(1.7)



Для эпидермиса, коэффициент поглощения α=31см-1, глубина слоя 0,01 см, степень отражения R=0.32 получим:

(1.8)



Для дермы, коэффициент поглощения α=23см-1, глубина слоя 0,02 см. получим:

(1.9)



**Для установки «Лазулет»**

Длительность импульсов будет равна: τ=1\*10-8с, энергия импульса

Е=3\*10-4 Дж, длина волны λ=0.26\*10-3 см, диаметр несфокусированного пятна (эпиляция волокном) d=0.06 см.

(1.10)



Подставляем в формулу ( qпад ):

(1.11)



Для эпидермиса, коэффициент поглощения α=1000см-1, глубина слоя 0,01 см. получим :

(1.12)



Для дермы, коэффициент поглощения α=26см-1, глубина слоя 0,02 см. получим:

(1.13)



Для сфокусированного пятна d=1\*10-3 см.

(1.14)



Подставляем в формулу ( qпад ):

(1.15)



Для эпидермиса, коэффициент поглощения α=1000см-1, глубина слоя 0,01 см. получим:

(1.16)



Для дермы, коэффициент поглощения α=26см-1, глубина слоя 0,02 см. получим:

(1.17)



В таблице 2 приведены рассчитанные характеристики для приборов «Квант-15» и «Лазулет», из которых видно как изменятся степень поглощения лазерного излучения в зависимости от изменения глубины кожного покрова человека.

Таблица 2. Сравнение изменения степеней поглощения, в зависимости от глубины слоя кожи.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Название установки | Размер пятна, падающего на слой кожи [см] | Время импульса [с] | Степень поглощения qпогл [Вт/см2] | |
| Эпидермис  Х=100 мкм | Дерма  Х=200 мкм |
| «Квант-15М» | d=1\*10-3 | τmin=5\*10-3 |  |  |
| τmax=5\*10-2 |  |  |
| «Лазулет» | dнесф..=6\*10-2 | τconst=1\*10-8с |  |  |
| dсфокусир.=1\*10-3 |  |  |

Из полученных результатов видно, что с уменьшением времени воздействия лазерного излучения, и радиуса пятна лазера, повышается степень поглощения qпогл кожи, причём у каждого слоя кожи - по разному. Из приведённых в таблице 2, полученных результатов наглядно видно, как изменяется степень поглощения у эпидермиса и дермы.

**2.2.2 Расчет параметров внедряемой в оптико-механическую**

**систему внутрирезонаторной диафрагмы**

Рассчитаем диаметр отверстия внутрирезонаторной диафрагмы, с учётом заданных и требуемых параметров. Он находится из формулы для площади отверстия. (Площадь отверстия=5% от общей площади диафрагмы).

(1.18)



(1.19)



(1.20)



Из формулы (1.18) находим нужный диаметр отверстия:

(1.21)



Рассчитаем угол расходимости Θ для полученного отверстия диафрагмы:

[Рад](1.22)



Если лазер работает на моде высокого порядка, то его можно перевести на Гауссову (нулевую) моду (ТЕМ00), путём введения внутрь резонатора круглой диафрагмы.

Последовательно вводя в резонатор диафрагмы всё меньших диаметров, можно добиться работы только на ТЕМ00. Как правило, это связано с потерей мощности (что впрочем нам и нужно), однако получаемое снижение угла расходимости и упрощение пространственной диаграммы могут в некотором смысле компенсировать эти потери.

**2.2.3 Расчет предельных характеристик ламп накачки ИНП3-7/80А**

Рассчитаем напряжения, подаваемые на клеммы лампы накачки. Исходные данные: ёмкость конденсатора С=100мкФ, Предельная энергия импульса Епред=400 Дж.

(1.23)



(1.24)



(1.25)



Соответственно рассчитаем:

1. С=100 мкФ В(1.26)



2. С=150 мкФ В(1.27)



3. С=200 мкФ В(1.28)



4. С=250 мкФ В(1.29)



5. С=300 мкФ В(1.30)



6. С=350 мкФ В(1.31)



**2.2.4 Расчет линзы для ввода лазерного излучения в световод**

Данная линза является двояковыпуклой и выполнена из стекла марки К8. Она формирует пучок с круговым сечением и используется для трансформации ленточной формы пучка излучения, идущего с рабочего лазера, а также для фокусировки лазерного излучения в световод, для дальнейшей транспортировки его к эпилятору. Рассчитаем её параметры. Исходные данные: диаметр кварцевого световода d=0.6мм; входной световой диаметр Dсв=6,3мм (диаметр активного элемента); расходимость излучения Θ=0.001 рад; частота лазерного излучения λ=1.064\*10-3м-1; кратность =3; Т.к. мы ввели внутрирезонаторную диафрагму, то считать будем фокусировку для центральной моды ТЕМ00, то m=0. Расчетные формулы для неё имеют следующий вид:



Находим фокус линзы из формулы:

(1.32)



(1.33)



[мм](1.34)



**2.2.5 Расчет линзы для фокусировки лазерного излучения в**

**эпиляторе**

Данная линза является двояковыпуклой и выполнена из стекла марки К8. Она формирует пучок с круговым сечением, а также фокусирует лазерное излучение, выходящее из световода, в эпиляторе на кожу человека. Рассчитаем её параметры. Исходные данные: диаметр кварцевого световода D=0.6мм; Считаем, что выходной световой диаметр d=0,3мм (диаметр пятна лазера), т.к. берём среднее значение; расходимость излучения Θ=0.1 рад; частота лазерного излучения λ=1.064\*10-3м-1; кратность =3; Т.к. мы ввели внутрирезонаторную диафрагму, то считать будем фокусировку для центральной моды ТЕМ00, то m=0. Расчетные формулы для неё имеют вид:



Находим фокус линзы из формулы:

(1.35)



(1.36)



[мм](1.37)



**Заключение**

В данном курсовом проекте была проведена модернизация оптической схемы лазерной установки для эпиляции волос «Квант-15» путем внедрения в неё кварцевого световода, а также усовершенствованием. Соответственно, проведен расчет модернизированной оптической системы.

В процессе выполнения данного курсового проекта были выявлены основные направления для модернизации данной установки:

* Первое – повышение точности наводки лазерного излучения на область воздействия лазера, также для облегчения работы косметолога и из-за труднодоступности некоторых зон эпиляции и сложным рельефом кожного покрова человека одним из основных направлений модернизации установки была выбрана модернизация оптико-механической системы, в частности замена телескопической системы кварцевым световодом по которому лазерное излучение будет передаваться непосредственно на эпилятор, при помощи которого врач легко сможет производить эпиляцию волос с тела пациента;
* Второе - локализация воздействия лазерного излучения внутри фолликулы волоса, с помощью внедрения в оптическую систему внутрирезонаторной диафрагмы, для выделения модового состава излучения, уменьшения угловой расходимости и снижения мощности излучения

В процессе расчета был выбран световод d=600 мкм. Типа кварц-кварц, со следующими техническими характеристиками: длина световода l=2 м., потери при прохождении излучения через световод из-за неоднородности материала не более 50%. Были рассчитаны параметры внутрирезонаторной диафрагмы, линзы фокусировки для введения излучения в световод и фокусировки излучения на коже человека (в эпиляторе).

Также были рассчитаны изменения степеней поглощения лазерного излучения кожей, отдельными слоями (эпидермис, дерма) для установок «Квант-15М» и Лазулет, для анализа зависимости изменения степени поглощения кожи от размера фокусирующего пятна и продолжительности импульса.

Также была выбрана модернизация системы охлаждения и упрощение конструкции установки, уменьшение её габаритных размеров и внедрение в оптико-механическую систему пилотного лазера, для удобства наведения луча лазера на нужную точку на коже человека, во время процедуры эпиляции.

**Список используемой литературы:**

1. Дж. Рэди. Действие мощного лазерного излучения. Перевод на русский язык. –М.: Изд – во “ Мир “, 1974. -468с.
2. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. – Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1998.-384 с.
3. Климков В.В. Основы расчёта оптико-электронных приборов с лазерами, Москва «Советское радио», 1978.-264 с., ил.
4. Справочник конструктора оптико-механических приборов. /В.А. Панов, М.Я. Кругер, В.В. Кулагин и др.; Под общ. ред. В.А. Панова. – Л.: Машиностроение, Ленингр.отд-ние, 1980. – 742 с.
5. Бегунов Б.Н. Геометрическая оптика. – М.: МГУ, 1966. – 210с.
6. Амбарцумян М.А. Применение полупроводниковых лазеров. //Лазерная техника и оптоэлектроника,1992,№3-4. с.62-74.
7. Малышев Б.Н. Лазерная медицинская техника в НИИ «Полюс».// Лазерная техника и оптоэлектроника, 1991,№4-5. с.45-63.
8. Бегунов Б.Н., Заказнов Н.П. Теория оптических систем. М., «Машиностроение», 1973 - 488с.
9. Приезжев А.В., Тучин В.В., Шубочкин Л.П. Лазерная диагностика в биологии и медицине. – М.: Наука, 1989. – 203 с.
10. Статья из интернета, с сайта www.medteh.ru «ФОТОЭПИЛЯЦИЯ: научный и практический аспекты», Нина Цисанова - врач-дерматолог, косметолог, ведущий специалист в России по методам селективного фототермолиза. 2003 г.