АО «Медицинский Университет Астана»

Кафедра медбиофизики и ОБЖ

**СРС**

**На тему: Механизмы действия высокоинтенсивного лазерного излучения на биологические ткани**

Выполнила: Узаккалиева Ш.

Факультет: Общая медицина

Группа: 141

Проверила: Масликова Е.А.

Астана 2015

1. Квантовая электроника

Квантовая электроника - область физики, изучающая методы усиления и генерации электромагнитного излучения, основанные на использовании явления вынужденного излучения в неравновесных квантовых системах, а также свойства получаемых таким образом усилителей и генераторов и их применения в электронных приборах. В классической электронике генерация электромагнитного излучения осуществляется за счет кинетической энергии свободных электронов, согласованно движущихся в колебательном контуре. В квантовой электронике энергия излучения берется из внутренней энергии квантовых систем (атомов, молекул, ионов), высвобождаемой при излучательных переходах между ее уровнями энергии. Излучательные переходы бывают трех видов - спонтанное излучение, вынужденное излучение и поглощение. При спонтанном излучении возбужденная система самопроизвольно, без внешних воздействий испускает фотон, характеристики которого (частота, поляризация, направление распространения) никоим образом не связаны с характеристиками фотонов, испускаемых другими частицами. Принципиально иная ситуация наблюдается при вынужденном испускании фотона под воздействием внешнего излучения той же частоты. При этом образуется фотон с точно теми же свойствами, что и у фотонов, вызвавших его появление, то есть формируется когерентное излучение.

. Индуцированное излучение

Вы́нужденное излуче́ние, индуци́рованное излучение - генерация нового фотона при переходе квантовой системы (атома, молекулы, ядра и т. д.) из возбуждённого в стабильное состояние (меньший энергетический уровень) под воздействием индуцирующего фотона, энергия которого была равна разности энергий уровней. Созданный фотон имеет ту же энергию, импульс, фазу и поляризацию, что и индуцирующий фотон (который при этом не поглощается). Оба фотона являются когерентными.

Квантовая теория получила полное признание на первом Сольвеевском конгрессе, состоявшемся в 1911 г. при финансовой поддержке бельгийского ученого Эрнеста Сольве (1883-1922), который разработал промышленный способ производства соды. Этот конгресс был организован Вальтером Нернстом в 1911 г. с целью спровоцировать открытую дискуссию о «кризисе», вызванном введением в физику квантовых идей. Оставляя развитие квантовой теории, мы теперь вернемся к исследованиям света Эйнштейном.

Эйнштейн был сильно увлечен проблемой природы света, и в 1915- 1916 гг. опубликовал работу Strahlung-Emission und Absorption nach der Quantentheorie, которая является фундаментальной и кардинальной в нашей истории. Он продолжал размышлять над теорией черного тела Планка и искусственным в некотором смысле способе, каким он решил проблему, введя концепцию квантования энергии. Затем, в 1916 г., он опубликовал новое, крайне простое и изящное доказательство закона Планка и в то же самое время получил важные результаты, касающиеся испускания и поглощения света атомами и молекулами. В этой работе впервые была введена концепция индуцированного излучения, которая является фундаментальной для лазерного эффекта. Он мастерски объединил «классические законы» с новыми концепциями квантовой механики, которая в то время развивалась под руководством Бора.

Эйнштейн рассматривал молекулы, заключенные в сосуде. Согласно постулатам Бора, разработанным к тому времени, каждая молекула может иметь лишь дискретный набор состояний с определенными энергиями. Если большое число таких молекул составляют газ при некоторой температуре, то вероятность одной молекулы находиться в определенном состоянии можно установить, применяя законы статистической механики, установленные Гиббсом, Максвеллом и Больцманом. Эйнштейн предположил, что молекулы обмениваются энергией с излучением, которое присутствует в объеме за счет трех процессов.

Первый процесс, который мы сегодня называем «спонтанным излучением», происходит, если молекула находится не в низшем состоянии энергии, а в некотором высшем состоянии. Тогда она будет переходить в состояние с низкой энергией, испуская фотон с энергией, которая точно равна разности энергий этих двух состояний. Этот процесс девозбуждения является процессом, описываемым Бором для молекулы или возбужденного атома скачком переходить в состояние с низшей энергией. Эйнштейн предположил, что этот процесс происходит случайным образом, подобным тому, как радиоактивный атом распадается во времени.

Второй процесс может рассматриваться как обратный первому и является процессом поглощения. Молекула, находящаяся в определенном состоянии энергии, может перейти в более высокое состояние, если ударится с фотоном, имеющим энергию, как раз равную разности между двумя состояниями. Этот процесс также рассмотрен Бором. В этом случае фотон исчезает (поглощается) и молекула получает всю его энергию, чтобы перейти на высшее энергетическое состояние.

Третий процесс был впервые введен Эйнштейном и сегодня называется «вынужденным (индуцированным) излучением». Согласно этому процессу, если молекула находится в высшем энергетическом состоянии и с ней сталкивается фотон с энергией, в точности равной разности между состояниями, то она может перейти в низшее состояние. При этом молекула испускает фотон с той же самой энергией, а первый фотон продолжает свое движение свободно, просто «стимулируя» молекулу девозбудиться.

. История развития лазерной техники

В 1960 году Теодор Мэймен в Hughes Laboratories создал первый в мире рубиновый лазер и получил патент. Это открытие дало толчок бурному развитию лазерной техники. Элементы лазера Маймана лежат в основе всех современных лазеров. В конце 1960 г. Али Джаван построил первый газовый лазер, работающий на смеси неона и гелия, в котором инфракрасное когерентное излучение испускали атомы неона. Первый молекулярный лазер был создан Р. Пателем в 1964 г. Этот лазер имел К.П.Д. Примерно 10% и значительную мощность около 10 Вт. Разработке первого полупроводникового инжекционного лазера на арсениде галлия (Р. Холл, 1962 г.) предшествовали теоретические исследования полупроводниковых монокристаллов, выполненные Н.Г. Басовым, Б.М. Вулом, Ю.М. Поповым (1958-1961 гг.). Именно такой тип лазера используется в волоконной оптике. Последующие два года были насыщены техническим усовершенствованиями и изобретениями, направленными главным образом на увеличение мощности, компактности, долговечности лазеров. В 1970 г. (год разработки первых ОВ со светоослаблением менее 20 Дб/км) академик Ж.И. Алферов с сотрудниками впервые реализовали полупроводниковый лазер на основе двойной гетероструктуры AlAs - GaAs с непрерывной генерацией при комнатной температуре. За это научное открытие Жорес Алферов был удостоен Нобелевской премии.

. Принцип устройства лазера

лазер излучение медицина

Все лазеры состоят из трёх основных частей:

· активной (рабочей) среды;

· системы накачки (источник энергии);

· оптического резонатора (может отсутствовать, если лазер работает в режиме усилителя).

Каждая из них обеспечивает для работы лазера выполнение своих определённых функций.

Активная среда

В настоящее время в качестве рабочей среды лазера используются различные агрегатные состояния вещества: твёрдое, жидкое, газообразное, плазма. В обычном состоянии число атомов, находящихся на возбуждённых энергетических уровнях, определяется распределением Больцмана:



здесь N - число атомов, находящихся в возбуждённом состоянии с энергией E, N0 - число атомов, находящихся в основном состоянии, k - постоянная Больцмана, T - температура среды. Иными словами, таких атомов, находящихся в возбужденном состоянии меньше, чем в основном, поэтому вероятность того, что фотон, распространяясь по среде, вызовет вынужденное излучение также мала по сравнению с вероятностью его поглощения. Поэтому электромагнитная волна, проходя по веществу, расходует свою энергию на возбуждение атомов. Интенсивность излучения при этом падает по закону Бугера:



здесь I0 - начальная интенсивность, Il - интенсивность излучения, прошедшего расстояние l в веществе, a1 - показатель поглощения вещества. Поскольку зависимость экспоненциальная, излучение очень быстро поглощается. В том случае, когда число возбуждённых атомов больше, чем невозбуждённых (то есть в состоянии инверсии населённостей), ситуация прямо противоположна. Акты вынужденного излучения преобладают над поглощением, и излучение усиливается по закону:



где a2 - коэффициент квантового усиления. В реальных лазерах усиление происходит до тех пор, пока величина поступающей за счёт вынужденного излучения энергии не станет равной величине энергии, теряемой в резонаторе[17]. Эти потери связаны с насыщением метастабильного уровня рабочего вещества, после чего энергия накачки идёт только на его разогрев, а также с наличием множества других факторов.

Система накачки

Для создания инверсной населённости среды лазера используются различные механизмы. В твердотельных лазерах она осуществляется за счёт облучения мощными газоразрядными лампами-вспышками, сфокусированным солнечным излучением (так называемая оптическая накачка) и излучением других лазеров (в частности, полупроводниковых)[9][18]. При этом возможна работа только в импульсном режиме, поскольку требуются очень большие плотности энергии накачки, вызывающие при длительном воздействии сильный разогрев и разрушение стержня рабочего вещества[19]. В газовых и жидкостных лазерах (см. гелий-неоновый лазер, лазер на красителях) используется накачка электрическим разрядом. Такие лазеры работают в непрерывном режиме. Накачка химических лазеров происходит посредством протекания в их активной среде химических реакций. При этом инверсия населённостей возникает либо непосредственно у продуктов реакции, либо у специально введённых примесей с подходящей структурой энергетических уровней. Накачка полупроводниковых лазеров происходит под действием сильного прямого тока через p-n переход, а также пучком электронов. Существуют и другие методы накачки (газодинамические, заключающиеся в резком охлаждении предварительно нагретых газов; фотодиссоциация, частный случай химической накачки и др.).

Оптический резонатор

Зеркала лазера не только обеспечивают существование положительной обратной связи, но и работают как резонатор, поддерживая одни генерируемые лазером моды, соответствующие стоячим волнам данного резонатора, и подавляя другие. Если на оптической длине L резонатора укладывается целое число полуволн n:  то такие волны, проходя по резонатору не меняют своей фазы и вследствие интерференции усиливают друг друга. Все остальные волны с близко расположенными частотами постепенно гасят друг друга. Таким образом спектр собственных частот оптического резонатора определяется соотношением:



здесь c - скорость света в вакууме. Интервалы между соседними частотами резонатора одинаковы и равны:



. Свойства лазерного излучения

· Наиболее характерная черта вынужденного излучения заключается в том, что возникший поток фотонов распространяется в том же направлении, что и первоначальный возбуждающий фотонный поток.

· Частоты и поляризация вынужденного и первоначального излучений также равны.

· Вынужденный поток фотонов когерентен возбуждающему, т.е. имеет те же фазовые характеристики

6. Низкоинтенсивные лазеры, свойства, действие на биологические ткани

Низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) в дерматологии и косметологии применяется достаточно давно и успешно. Более сорока лет оно доступно для всех обращающихся с различными кожными заболеваниями или косметологическими проблемами. За это время как глубокими научными исследованиями, так и практической работой была доказана целебная сила лазерной терапии и исключительно благотворное влияние НИЛИ не только на кожный покров, но и на организм в целом.

Воздействие низкоинтенсивного лазерного излучения на биологические ткани зависит от активизации биохимических реакций, индуцированной лазерным светом, а также от физических параметров излучения. Под влиянием НИЛИ атомы и молекулы биологических тканей переходят в возбужденное состояние, активнее участвуют в физических и физико-химических взаимодействиях. В качестве фотоакцептора могут выступать различные сложные органические молекулы: белки, ферменты, нуклеиновые кислоты, фосфолипиды, и др., а также и простые неорганические молекулы (кислорода, двуокиси углерода, воды). Избирательное или преимущественное возбуждение тех или иных атомов или молекул обусловлено длиной волны и частотой НИЛИ. Для видимого диапазона фотоакцепторами служат хроматоформные (светопоглощающие) группы белковых молекул. НИЛИ инфракрасного диапазона преимущественно поглощается молекулами белка, воды, кислорода и углекислоты.

При воздействии низкоинтенсивным лазерным излучением на поверхностные биоткани человека (кожа, подкожная жировая клетчатка, жировые скопления и мышцы) происходят следующие положительные изменения:

ликвидация сопутствующих или параллельно протекающих воспали­тельных процессов;

усиление местного и общего иммунитета, и как следствие этого, анти­бактериальное действие;

замедление старения клеток и внеклеточной соединительной ткани;

улучшение эластичности и снижение плотности эпидермиса и дермы;

увеличение толщины эпидермального слоя и дермоэпидермального со­единения за счет увеличения числа митозов и уменьшения десквамации;

реконструкция дермы за счет упорядочения структуры эластичных кол- лагеновых волокон с восстановлением водного сектора и уменьшением количества коллоидных масс;

увеличение количества потовых и сальных желез с нормализацией их активности с сохранением гомогенности, восстановление массы жиро­вой ткани параллельно с нормализацией в ней метаболических процессов;

фиксация скоплений жировой ткани на своем естественном месте, увеличение мышечной массы с улучшением метаболических процессов и как результат вышеперечисленных изменений - снижение степени провисания (птоза);

стимуляция роста волос за счет усиления микроциркуляции и улучшения питания тканей.

. Высокоинтенсивные лазеры, свойства, действие на биологические ткани

Биологическое действие высокоинтенсивного лазерного излучения реализуется в тканях организма в виде трех основных эффектов:

• первичных - выражающихся в изменениях энергетического содержания электронных уровней и стереохимической перестройке молекул вещества ткани, коагуляции белковых структур и т.п.;

• вторичных - фотохимических, фотоэлектрических и фотодинамических эффектов, стимуляции или угнетении биохимических процессов, изменении функционального состояния клеток (включая их мембраны и органеллы), тканей и систем целостного организма;

• эффектов последствия - цитопатического и др.

Первичное воздействие излучения высокоинтенсивных лазеров проявляется в виде трех основных эффектов:

• светового,

• термического,

• давления света.

Основным действующим фактором лазерного излучения является мощный световой поток, который в первую очередь обладает свойством оказывать давление на поверхность ткани (эффект давления света был открыт в 1901 г. П.Н. Лебедевым). Поскольку мощность светового потока высокоинтенсивных лазеров достаточно высока, соответственно значительных величин достигает и вызываемое ими давление света на ткань, создающее ударную световую волну.

Световой поток высокой интенсивности при взаимодействии с тканями в первую очередь вызывает термический эффект, который в зависимости от его мощности (в том числе плотности мощности) может вызывать последовательно ряд изменений тканей:

• коагуляцию,

• ожог,

• обугливание,

• сгорание,

• испарение.

8. Применение лазеров в медицине

В настоящее время лазерные медицинские технологии широко используются в клинической медицине как методы эффективной избирательной деструкции патологически измененных тканей (высокоинтенсивные излучения) с одной стороны и для стимуляции обменных процессов в клетках (низкоинтенсивные излучения) - с другой.

Высокоинтенсивные лазерные воздействия (8 Дж/см2 и более) применяются в качестве лазерного скальпеля при эндоваскулярных и других хирургических вмешательствах, для локальной интерстициальной гипертермии в онкологии (1, 8, 32, 82, 92). Высокоинтенсивные лазерные воздействия приводят к изменениям физического состояния тканей, вызывая в них абляцию, коагуляцию и гипертермию.

Низкоинтенсивные лазерные воздействия (0,1 3,0 Дж/см2) с успехом используются почти во всех областях медицины для коррекции нарушений иммунитета, улучшения реологических свойств крови и микроциркуляции, усиления процессов репарации (14, 21, 35, 58). Биологическое действие низкоинтенсивных лазерных излучений связывают с изменениями в клетках концентрации цитозольного кальция, фосфолипидов мембран, а также с образованием активных форм кислорода.

Список использованной литературы

1. Александров М.Т. Применение лазеров в медицине // Обзор отечественной и зарубежной печати за 1971 - 1985 гг. - М., 1986. - 185 с.

. Алексеев В.А., Никифоров В.Г. Лазеры на красителях с ламповой накачкой для медицины П Лазеры в медицине: Материалы Межд. конф. -Ташкент, 1989.-С. 71

. Аль- Шукри С.Х., Ткачук В.Н., Соколов А.Н. Применение аиг-неодимовой лазерной хирургической установки «Люксус-100» в урологической практике \\ Лазеры в медицине-99\ Материалы третьего межд. симпозиума.- С П6.1999.-С. 8-9.

. Армичев A.B., Леонтьев М.Я., Странадко Е.Ф. Опыт использования лазеров на основе паров меди, золота и растворов красителей для фотодинамической терапии \\ Новые направления лазерной медицины \ Материалы межд. конференции. M., 1996.-С. 353.

. Бажанов В.П. Баграмов Р.И. Применение импульсного С02 лазерного скальпеля при костных и костнопластических операциях на лицевом черепе. \\ Новое в лазерной медицине и хирургии \ Материалы межд. конференции.-М., 1991.-С.-38-40.

. Баллюзек Ф.В., Морозова С.И., Самойлова К.А. Медицинская лазерология. СПб, 2000. - 160 с.

. Ю.Борисова A.M., Хорошилова Н.В., Булгакова Г.И. Действие низкоинтенсивного лазерного излучения на иммунную систему // Терапевтический архив 1992. - Т.64. - N5. - С.111-116.