

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики и информационных технологий

**ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРОВ В
МЕДИЦИНСКОМ ОБОРУДОВАНИИ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 143 группы
направления подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»,
профиля «Биомедицинская инженерия»,
факультета математики, экономики и информатики
Веселкова Александра Сергеевича

Научный руководитель
доцент кафедры ФиИТ,
кандидат физико-математических наук,

_____ А.Н. Сорокин

(подпись, дата)

Зав. кафедрой ФиИТ.
кандидат педагогических наук,
доцент _____

_____ Е.В.Сухорукова

(подпись, дата)

Балашов 2016

ВВЕДЕНИЕ

Лазеры (англ. *laser*, акроним от англ. *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*— усиление света посредством вынужденного излучения) или оптические квантовые генераторы - это источники электромагнитного излучения (видимого света, ультрафиолетового, инфракрасного), отличающиеся от обычных источников (тепловых и люминесцентных) высокой степенью когерентности и монохроматичности своего излучения.

В медицине, в частности в хирургии, с появлением промышленных лазеров наступила новая эра. При этом пригодился опыт специалистов по лазерной обработке металла. Приваривание лазером отслоившейся сетчатки глаза — это точечная контактная сварка; лазерный скальпель — автогенная резка; сваривание костей — стыковая сварка плавлением; соединение мышечной ткани — тоже контактная сварка.

Специалистам по сварке металлов давно известно, что при резке пакета тонких металлических листов необходимо, чтобы они плотно прилегали друг к другу, а при точечной контактной сварке для тесного контакта свариваемых деталей необходимо дополнительное давление.

Профессор О. И. Скобелкин предложил использовать этот метод в хирургии. Он заключался в том, что при сварке тканей слегка их сдавливать, чтобы вытеснить кровь. Для осуществления нового способа был создан целый набор инструментов, который применяется сегодня в желудочно-кишечной хирургии, при операциях на желчных путях, селезенке, печени, легких.

- Косметическая хирургия;
- Коррекция зрения;
- Хирургия (Гинекология, урология, лапароскопия);
- Стоматология;
- Диагностика заболеваний;

- Удаление опухолей, особенно мозга и спинного мозга.

Актуальность данной работы заключается в том, что изучение параметров излучения лазеров, применяемых в современных лазерных устройствах, важно из-за особенностей их использования не по назначению или не соответствия параметров лазеров при их обслуживании и ремонте устройств с их применением, имеющимся техническим характером и нормативными документами правил безопасности при эксплуатации для врача и пациента.

Объект исследования: лазерное излучение.

Предмет исследования: лазеры в медицинском оборудовании.

Цель работы: изучения особенностей определения параметров лазеров в медицинском оборудовании.

Задачи исследования:

1. Изучить принципы работы лазеров;
2. Изучить принципы работы фотоэлементов;
3. Разработать методы определения интенсивности лазерного излучения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе «Принцип работы лазеров и их виды» рассмотрены основные виды лазеров (газовый, полупроводниковый, твердотельный), принцип их работы, применение в медицине. Произведен патентный поиск характеризующих различных классов лазеры. Приведена международная классификация лазерного излучения.

В квантовой механики энергия: атомов, ионов, молекул - может быть только некоторыми разрешенными значениями. Совокупность этих значений, то есть энергетических уровней, образует энергетический спектр атома и изображается с помощью энергетической диаграммы.

А. Эйнштейн предполагал существования двух типов переходов. Первый тип основан на спонтанных (самопроизвольных) переходах "сверху вниз" (рис. 1а).

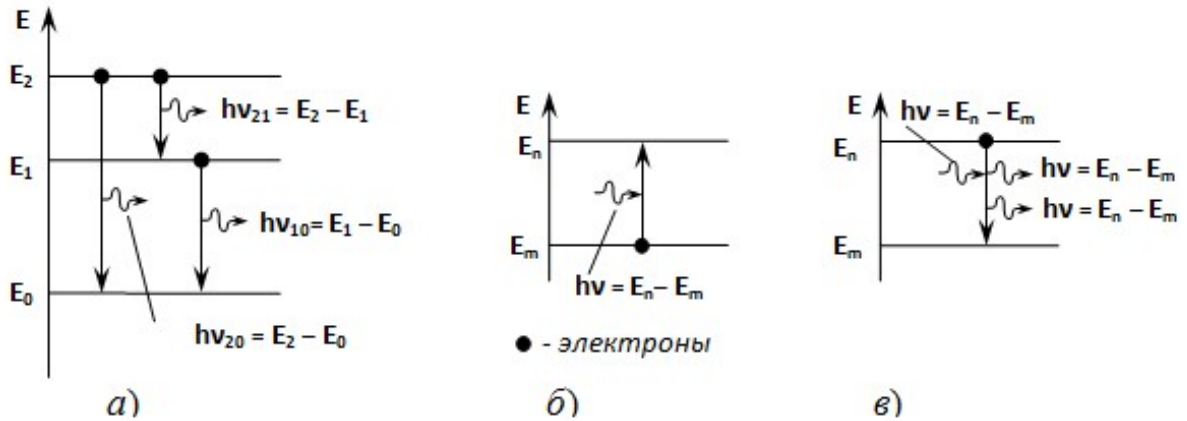


Рисунок 1 – Схемы излучательных переходов: а) спонтанные переходы; б) вынужденный переход "снизу вверх"; в) вынужденный переход "сверху вниз".

Количество спонтанных (самопроизвольных) переходов бесконечное множество ($E_1 \rightarrow E_0$, $E_2 \rightarrow E_1$, $E_2 \rightarrow E_0$ и другие), каждому из которых соответствует определенная частота испущенной волны, то в результате таких переходов возникающее излучение немонохроматично. При этом фаза, направление распространения и поляризация волн, соответствующих излучаемым квантам, различны. Спонтанные переходы обуславливают ненаправленное, немонохроматичное, неполяризованное излучение обычных источников, которые в свою очередь имеют малую когерентность.

Во-вторых, между каждой парой уровней E_n и E_m (будем считать, что $E_n > E_m$) возможны вынужденные (индуцированные) переходы, вызываемые идущим сквозь вещество электромагнитным излучением, у которого энергия квантов удовлетворяет условию

$$h\nu = E_n - E_m. \quad (1)$$

Причиной ослабления (поглощения) в веществе являются переходы «снизу вверх». Это такие переходы, в которых атом находится в состоянии с меньшей энергией E_m и его вынужденный переход в состояние с энергией E_n сопровождается поглощением кванта (рис. 1б). При переходе атома с верхнего уровня E_n , в случае вынужденного перехода, на более низкий уровень E_m атом отдает высвобождающуюся энергию в виде кванта $h\nu = E_n - E_m$ (рис. 1в). Отличительной особенностью таких переходов "сверху вниз" заключается в том, что частота, фаза, направление распространения и поляризация испускаемой при этом волны совпадает с волной, которая вызвала данный переход. То есть при таких переходах происходит когерентное усиление излучения.

Во второй главе «Фотодатчики» рассмотрены основные характеристики и параметры фотодатчиков. Изучен принцип модулированного излучения. Рассмотрены несколько датчиков и приведенные их основные характеристики.

Фотоэлемент – это устройство, в котором вследствие поглощения энергии падающего на него оптического излучения генерируется ЭДС или электрический ток.

Все многообразие описанных принципов полупроводниковых элементов можно свести к следующим основным характеристикам:

1. Поглощение света и фотопроводимость;
2. Фотоэффект в p-n переходе;
3. Электролюминесценция;
4. Стимулированное когерентное излучение.

Фотоэлектрические датчики – это прибор, предназначенный для позиционирования объекта. Подобные датчики используют модулированное излучение, которое прерывается либо отражается от целевого предмета.

Модулированный луч увеличивает световой спектр измерения фотодатчика, а также уменьшает воздействие внешних источников освещения. Такого рода луч пульсирует в конкретном диапазоне частот,

который составляет от 5 до 30 кГц. Фотоэлектрический датчик способен различать модулированный луч от постороннего источника освещения. При сборке датчиков используют источник светового излучения, который находится в световом спектре от видимого зеленого вплоть до невидимого инфракрасного излучения. Для достижения данной цели изготовители в большинстве случаев применяют светодиоды.

При достижении лучом объекта, возникают такие явления, как отражение, поглощение и передача света. Характеристика и коэффициенты данных явлений непосредственно зависят от материала (из которого этот объект изготовлен), поверхности, толщины и расцветки предмета.

Находящиеся на близкой дистанции друг от друга, два фотоэлектрических устройства, могут формировать взаимные помехи. По этой причине с целью избегания помех между фотодатчиками всегда существует минимальное расстояние, между этими датчиками. Также для исключения помех используют специальные защитные покрытия.

В промышленные помещения предполагают присутствие пыли, грязи, дыма, повышенной влажности и других вредных компонентов окружающей среды. В условиях, в которых присутствуют хотя бы три вышеперечисленных условия, датчики функционируют с перебоями. Для того, чтобы этого избежать, повышают количество излучаемого света. Избыточный коэффициент усиления предполагает количество излучаемого света, произведенного сверх номинальной нормы приемника.

В идеальных условиях среды (в отсутствие сторонних условий, то есть чистый воздух) показатель усиления подобен либо равен единицы. Но в случае если воздух в помещении включает переносимые частицы, которые вбирают в себя до 50% светового пучка, в этом случае следует устанавливать коэффициент усиления 2 для приемника датчика. Коэффициент усиления рассчитывается согласно логарифмической шкале. В случае если необходимо измерять объекты на расстоянии одного метра с помощью разнесенного излучателя и приемника, показатель усиления должен быть 30. То есть

другими словами, с целью оптимальной работы приемника требуется световой луч в 30 раз ярче номинальной яркости.

В третьей главе «Методы определения интенсивности лазерного излучения» были приведены два метода по определению интенсивности лазерного излучения. В первом методе исследование проводилось с помощью фотоэлемента, а во втором с помощью спектрофотометра LEKI SS1104.

Первый метод исследования проводился с помощью люксметра, цифрового мультиметра, фотоэлемента (стоимостью 40-60 рублей) и трёх лазеров (2 красных и 1 зеленого) и был разбит на несколько этапов.

На первом этапе измерения были произведены следующие действия. На датчик люксметра устанавливали фильтр Р (100). По шкале люксметра определялась степень освещенности поверхности солнечной батареи, лампами дневного света аудитории. Вычислялась плотность потока излучения из расчета, что $1 \text{ Вт/ м}^2 = 217 \text{ лк}$. Затем проводилось измерение люксметром степени освещенности красных лазеров в темноте (без насадки). Для зеленого лазера измерение проводилось с использованием насадки (Р100) на фотоэлементе люксметра. Далее определялась плотность потока излучения для каждого из лазеров. На втором этапе подключали фотоэлемент к вольтметру. Фиксировали показания вольтметра при освещении фотоэлемента лампами дневного света. Затем освещали фотоэлемент разными видами лазеров в темноте, и фиксировали показания вольтметра. Результаты данного эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Полученные результаты измерения.

№ опыта	E, лк	ω_n , Вт/ м ²	U, В	I, мкА	P, мкВт	η , %
1	1700	7,5	1,46	1,46	2,13	0,04
2	12	0,14	0,6	0,6	0,36	81
3	10	0,1	0,4	0,4	0,16	51
4	5000	23	1	1	1	0,34

Из полученных данных видно, что изучаемые красные лазерные указки незначительно отличаются по мощности излучения, используемые в них лазерные диоды одинаковые. Подобное различие в измеряемых значениях можно объяснить разным временем покупки и разным уровнем заряда, используемых батареек. Как и указано на упаковках, мощность применяемых красных лазерных указок одинакова, а мощность зеленой лазерной указки значительно выше. Значение измеренной мощности качественно соответствует представленным на упаковке данным, что наблюдалось в проведенном эксперименте.

Во втором методе описывается измерения излучательной способности лазера с помощью спектрофотометра LEKI SS1104.

Измерения проводились с помощью спектрофотометра LEKI SS1104, зеленого лазера с насадкой, разбивающей лазерный луч на 125 точек (длина волны $532 \text{ нм} \pm 10$) и штатива, на котором закреплялся лазер.

Измерения проводились следующим образом. Устанавливали штатив рядом со спектрофотометром, закрепляли на нем лазер. Направляли одну из световых точек от насадки лазера на фотоэлемент прибора. Так как лазер мощный, то таким образом искусственно снижали его мощность, для того чтобы излучение не перегружало усилительный каскад спектрофотометра при измерениях. Калибровали спектрофотометр при освещении точкой от луча лазера фотоэлемента. На экране прибора отображалась 100% пропускания. При калибровке и измерении не закрывали монохроматический луч, идущий от лампы прибора

Затем выключали лазер и фиксировали, получившиеся на экране прибора значения коэффициента пропускания, проводили аналогичные измерения с шагом 5 нм.

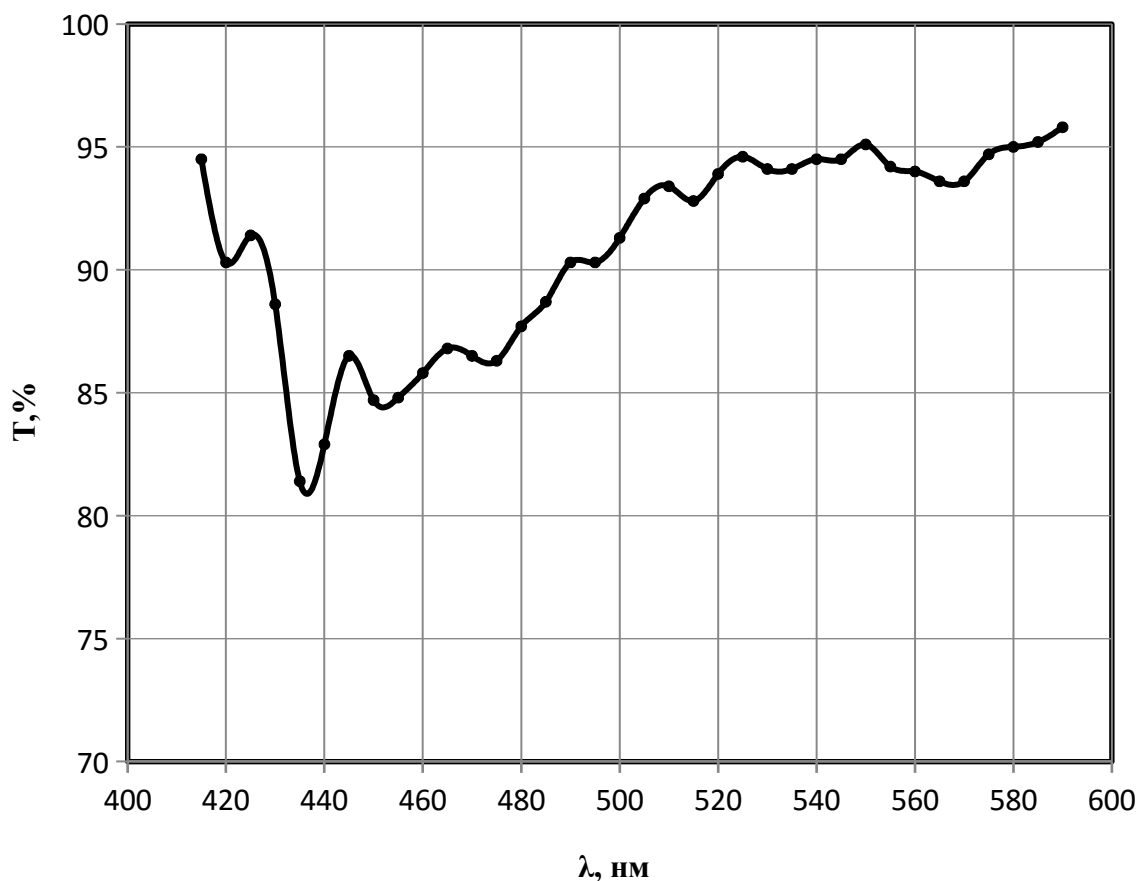


Рисунок 2 – Характеристика, фиксируемая на спектрофотометре.

Границы диапазона выбирали, таким образом, чтобы значение на экране было более 90% и практически не изменялось при включенном и отключенном лазере. То есть проводили измерения при изменении длины волны до тех пор, пока не оказывалось, что электромагнитное излучение лазера практически не влияло на коэффициент пропускания, отображаемый на дисплее спектрофотометра.

Далее проводили пересчет для вычисления излучательной способности

лазера: $P = \frac{100}{T_{изм}} \cdot 100 - 100$, где $T_{изм}$ – пропускание при выключенном

лазере. Максимальное значение P_{max} принимали за единицу. Другие полученные значения приводим в относительных единицах, полученных относительно максимальных. На рисунке 3 изображен график зависимости

излучательной способности лазера от длины волны, получившийся в результате этих преобразований.

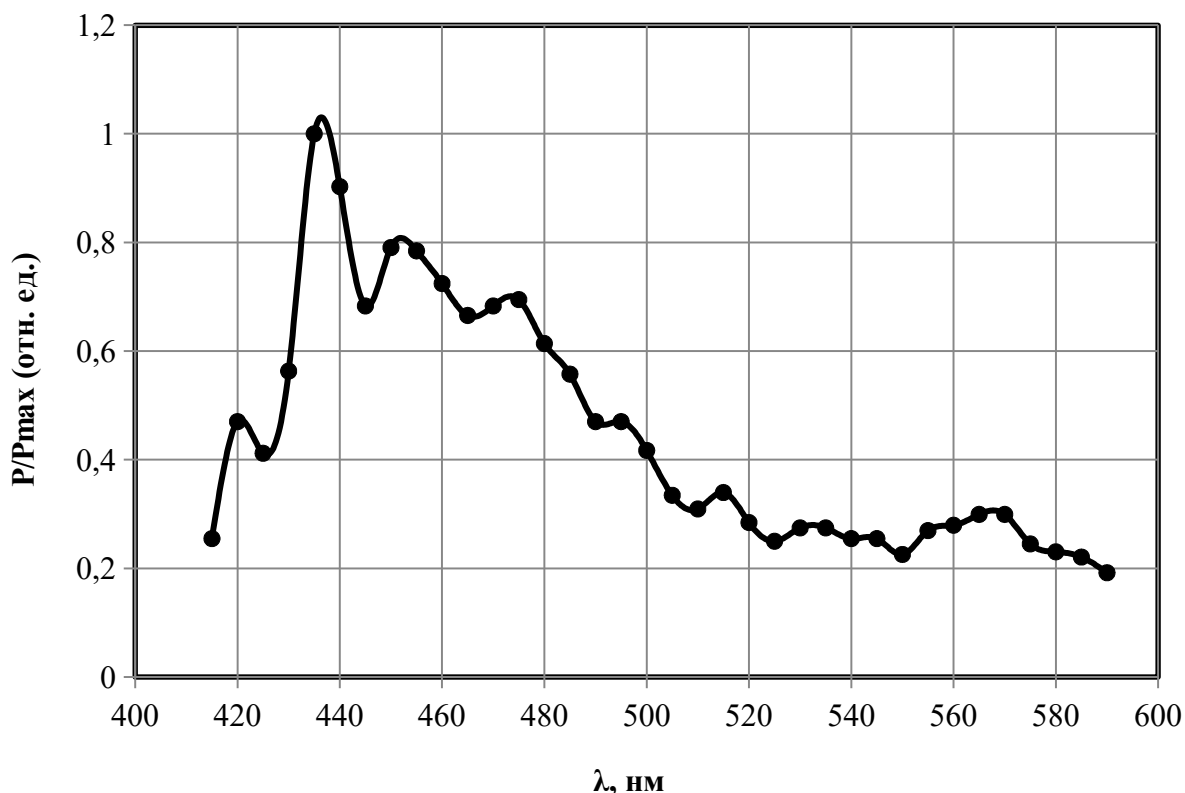


Рисунок 3 – Излучательная способность лазера.

При проведении расчетов и измерений предполагали, что мощность собственного луча спектрофотометра не изменяется, то есть луч, идущий от дифракционной решетки на фотоэлемент, на разных длинах волн по мощности не изменяется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на полученных данных, при исследовании интенсивности лазерного излучения, можно сказать о необходимости определения параметров лазера, для присвоения класса опасности излучения. Это необходимо для того, чтобы избежать получения травм врачом и пациентом при эксплуатации лазера.

Таким образом, в данной ВКР была достигнута поставленная цель, то есть, изучены особенности определения параметров лазеров в медицинском

оборудовании. По итогам выполненной работы можно сформулировать следующие выводы, свидетельствующие о решении поставленных задач:

1. Изучены принципы работы лазеров;
2. Изучены принципы работы фотоэлементов;
3. Разработаны методы определения интенсивности лазерного излучения.

Результаты выполнения данной работы были обсуждены на конференциях «Новая наука проблемы и перспективы: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции» и «Актуальные проблемы науки и образования», по результатам которых были опубликованы статьи.

В статье «Использование фотоэлементов для определения интенсивности лазерного излучения» представлена методика с использованием которой можно получить количественную оценку излучательной способности лазера при минимальных финансовых затратах.

В статье «Определение излучательной способности лазера с помощью спектрофотометра LEKI SS1104» представлена методика с использованием которой можно контролировать излучательную способность различных лазеров. Однако для данного контроля требуются значительные финансовые затраты и навыки работы на спектрофотометре LEKI SS1104.