

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики

наименование кафедры

Диагностика тремора пальцев рук лазерным автодином

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 451 группы

направления 011200«Медицинская физика»

код и наименование направления

факультета нано- и биомедицинских технологий

наименование факультета

Брянской Натальи Алексеевны

фамилия, имя, отчество

Научные руководители

доцент, к.ф.-м. н.

_____ С. Ю. Добдин
подпись, дата

Зав. Кафедрой

профессор, д. ф.-м. н.

_____ А. В. Скрипаль
подпись, дата

Саратов 2017 г.

Общая характеристика работы

За последние годы, в мире значительно расширилось внедрение лазерных технологий. Лазерные технологии применяются во всех отраслях народного и промышленного хозяйства. В данный момент лазерная техника очень стремительно развивается. Лазерное излучение используется в приборах квантовой электроники как инструмент физических исследований и носитель информации. В наше время лазеры являются необходимостью для схем и конструкций. Лазеры используются в строении самолетов, вычислительной технике, медицине, машиностроении. Применяя лазеры, улучшаются исследования в таких науках, как: химия, физика, биология. Используются лазеры и морских, воздушных и наземных исследованиях, в военной технике. В XXI веке почти все страны используют различную лазерную технику в целях обороны своей страны и комфортности своей жизни. Поэтому, сейчас очень важно знать принцип и использование лазерной техники.

Явление интерференции применяется при изменении показателей вибраций и перемещений радиоволновыми и оптическими методами, которые возникают при сложении отраженной и падающей электромагнитных волн от данного объекта. Благодаря таким измерителям интерференционного сигнала и полученного спектра с высокой точностью можно определить амплитуду и частоту механических движений исследуемого объекта.

Особенностью интерференционных оптических систем является то, что детектируемые сигналы сдвига фаз образуются в плечах интерференционной системы с помощью разности оптических путей. Из-за сложной формы выходного сигнала, ученые разработали множество методов для дешифровки сигнала, который регистрируется на выходе интерференционной системы.

Частым заболеванием является тремор. Он возникает при поражениях нервной системы. К сожалению, врачам сложно определить верный диагноз, выслушав жалобы пациента. Именно поэтому медицина прибегает к использованию лазерной техники. Диагностируя тремор различными

лазерными приборами можно установить отклонения от нормы, которые определяются с помощью вибраций.

Таким образом, актуальной задачей является нахождение метода, позволяющего улучшить врачебную клиническую диагностику.

В связи с вышеизложенным в качестве актуальных задач дипломной работы можно сформулировать следующие:

- 1) Провести критический анализ известных методов диагностики тремора;
- 2) Разработать методику и устройство для диагностики тремора пальцев рук;
- 3) Зарегистрировать тремор пальцев рук, до и после стимуляции нервной системы, лазерным автодином;
- 4) Проанализировать полученные данные и установить влияние стимуляции на нервную систему испытуемого.

На основании вышеизложенного была сформулирована цель дипломной работы: регистрация и анализ тремора пальцев рук до и после стимуляции с помощью лазерного автодина.

Новизна исследований, проведенных в ходе выполнения дипломной работы, состоит в следующем:

- 1) Исследовали нарушение нервной системы и изучили известных методов диагностики тремора;
- 2) Разработан метод определения параметра движений с помощью полупроводникового лазерного автодина;
- 3) Разработана экспериментальная установка для регистрации тремора пальцев рук;
- 4) Исследована возможность использования полупроводникового лазерного автодина для регистрации тремора пальцев рук.
- 5) Провели регистрацию тремора пальцев рук, до и после стимуляции нервной системы, лазерным автодином;

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы исследований, сформулирована цель дипломной работы, определена новизна исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, изложено краткое содержание выпускной работы.

В первом разделе приведены результаты критического анализа исследований параметров движений тремора пальцев рук до и после стимуляции, рассмотрено понятие тремора и его виды, причины, влияющие на дрожь конечностей, особенности патологии, методы диагностики, такие как тремография, плетизмография, сфигмография, принцип работы лазера, возможность использования полупроводникового лазерного автодина в диагностике тремора конечностей.

Полупроводниковый лазерный автодин – полупроводниковый лазер с внешней оптической обратной связью. Внешняя оптическая обратная связь реализуется за счет внешнего отражателя.

Автодинный сигнал, с использованием полупроводникового лазера, формируется при возвращении части излучения от внешнего отражателя обратно в активную область полупроводникового лазера. Это изменяет его характеристики и режим его генерации. Изменения могут быть исключительно велики даже в том случае, когда относительная доля возвращающегося излучения мала – порядка 10^{-6} . Картина этих изменений сложным образом зависит от расстояния между лазером и внешним отражателем, от амплитуды отраженного света, от уровня возбуждения полупроводникового лазера и т.п. Внешняя связь влияет как на статические характеристики лазера (усредненная по времени выходная оптическая мощность, число генерируемых (продольных) мод, ширина спектра генерации), так и на его динамические характеристики (амплитуда шумов, переходные процессы).

Резонатор полупроводникового лазера, работающего в составе автодинного измерителя, может быть представлен моделью составного резонатора, как это показано.

Система, состоящая из полупроводникового лазера и внешнего отражателя, сочетает функции генератора и детектора фазы электромагнитной волны в одном устройстве. Возвращенная в лазерный резонатор внешним отражателем волна приводит к изменению концентрации носителей заряда в активной среде, а также связанному с концентрацией показателя преломления активной области. Изменение показателя преломления, в свою очередь, вызывает изменение оптической частоты генерации. В силу вышесказанного форма автодинного сигнала начинает отличаться от формы интерференционного сигнала, формируемого таким же движением отражателя в интерференционной системе с развязкой от источника излучения.

Одной из серьезных проблем, возникающих вследствие внешней оптической обратной связи, является увеличение уровня шумов. Особенно остро эта проблема стоит в практических применениях полупроводниковых лазеров. Рост шумов происходит двояко. Во-первых, под действием обратной связи меняется спектр шумов, присущих самому лазеру (квантовых шумов), и в определенной области частот их спектральная плотность увеличивается. Во-вторых, нарастают шумы во всей низкочастотной области (меньше нескольких сот мегагерц). Вторая составляющая шума связана с переключениями мод полупроводникового лазера. Увеличение шума в этом случае происходит из-за развития неустойчивости, обусловленной оптической внешней обратной связью.

Наличие внешнего отражателя приводит к изменению спектра полупроводникового лазера.

При сильной обратной связи (несколько процентов и более) наблюдается многомодовый режим, а при слабой связи, как и в ее отсутствие, имеет место одномодовая генерация. Между двумя этими областями

параметров наблюдаются хаотические переключения нескольких продольных мод.

При слабой обратной связи реализуется режим с узкой линией генерации и низкой интенсивностью шума. Другие режимы отличаются наличием перескоков внешне резонаторных мод и уширением линии генерации, а также коллапсом когерентности. Наилучшей линейностью отклика к внешнему воздействию обладает режим слабой обратной связи.

Во втором разделе приведены результаты теоретической разработки и практической реализации метода определения параметров движения с помощью автодинного сигнала.

Было проведено компьютерное моделирование автодинного сигнала полупроводникового лазера в предположении периодическом движении отражателя. Переменная составляющая автодинного сигнала в используемой модели записывается в виде:

$$P(t) = \cos\left(\theta + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot f(t)\right), \quad (1)$$

$$f(t) = \sin\omega \cdot t = \sin 2\pi \cdot f \cdot t, \text{ где } \theta = \frac{\pi}{2}, \quad (2)$$

где θ – набег фазы автодинного сигнала, λ – длина волны лазерного излучения, ω – частота излучения полупроводникового лазера, t – интервал времени наблюдаемого автодинного сигнала.

Неизвестные параметры A и f определяются из решения обратной задачи. В данном случае решение задачи заключается в определении максимума функционала (3), получаемого при суммировании квадратов отклонений экспериментальных $P_{\text{эксп}}$ и теоретических $P_{\text{теор}}$ величин автодинного сигнала (1) для различных временных интервалов:

$$S(A, f) = \sum_i (P_{\text{теор}} - P_{\text{эксп}})^2 \quad (3)$$

$$S(A, f) = \sum_i \left(\cos\left(\theta + A \cdot \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \sin 2\pi \cdot f \cdot t\right) - P_{\text{эксп}} \right)^2 \quad (4)$$

При нахождении максимума функционала (4) возникает проблема определения глобального максимума при наличии нескольких локальных

максимумов. Для поиска и анализа интересующего нас максимума можно воспользоваться численными методами безусловной оптимизации. В работе, для нахождения глобального максимума (3), определяется тип и количество максимумов в заданном диапазоне искомых значений. Затем определялась область глобального максимума, точное значение которого находилось методом спуска по искомым параметрам A и f .

Алгоритм поиска экстремума функции нескольких переменных методом спуска включает: построение графика исследуемой функции (3), выбор и определение области глобального максимума, для которого будут определены значения известных параметров A и f .

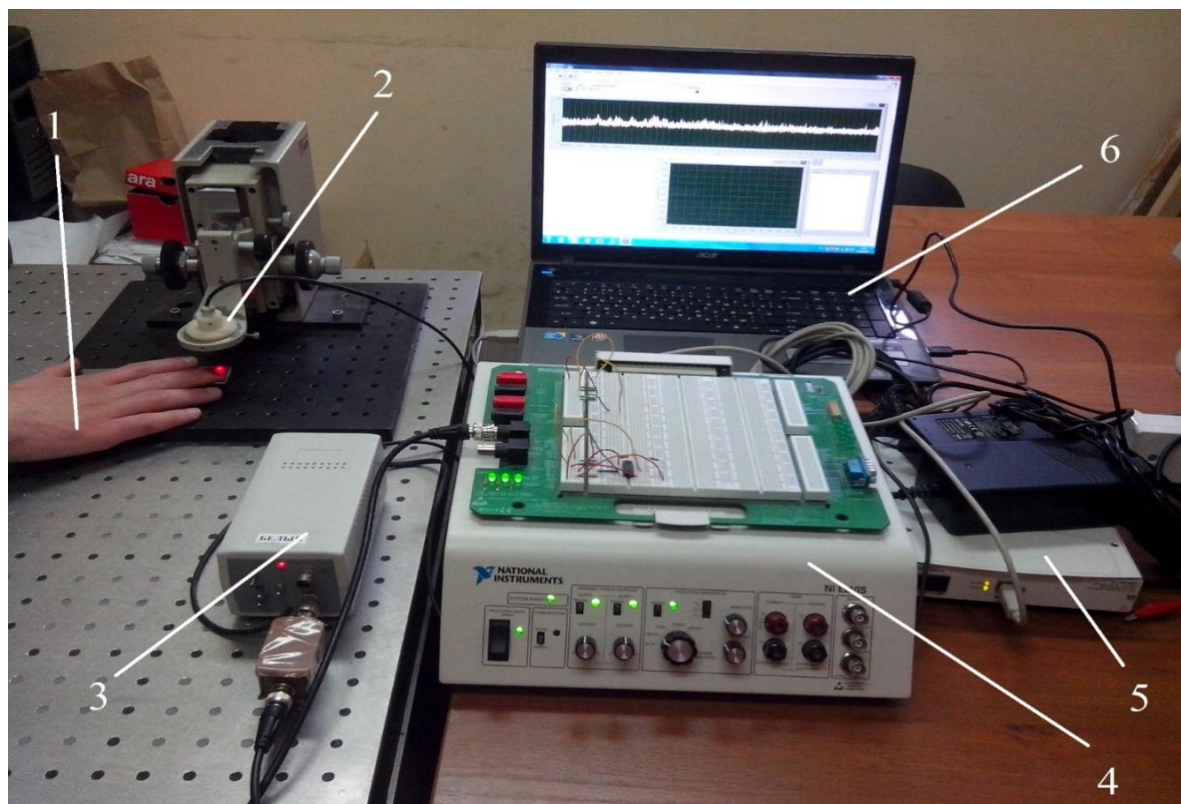


Рис.1. Внешний вид установки

Были проведены экспериментальные исследования движения объекта с параметрами движения, изменяющимся по линейному закону. Вид экспериментальной установки, для проведения исследований, приведен на рис.1. Эксперимент был проведен на виброустойчивом столе STANDA. Для контроля периодических движений участка тела человека, вследствие тремора, в качестве источника излучения использовался полупроводниковый

лазерный автодин 2. Излучения электромагнитного сигнала получаем с помощью полупроводникового лазерного автодина. Этот сигнал направляется на вытянутые ладони рук человека 1. Отраженное излучение переходит в блок управления 3, в котором происходит усиление сигнала. Далее полученный сигнал поступает в лабораторную платформу аналого-цифровое устройство NI ELVIS для обработки информации 4, подается через систему устройства DAQ 5 сбора информации для последующей его цифровой обработки на компьютере 6.

Можно сгенерировать колебания различной частоты и амплитуды, используя программные средства NIELVIS генератора импульсов, обеспечивающего нарастание и спад импульса по параболическому закону. Подобная форма импульса позволяет реализовать равноускоренное движение объекта. При измерениях на палец испытуемого направлялось лазерное излучение. Отраженное излучение регистрировалось встроенным фотодетектором. Протектированный сигнал через NI ELVIS поступал в цифровом виде на компьютер, где и сохранялся для последующего анализа в математическом пакете MathCAD.

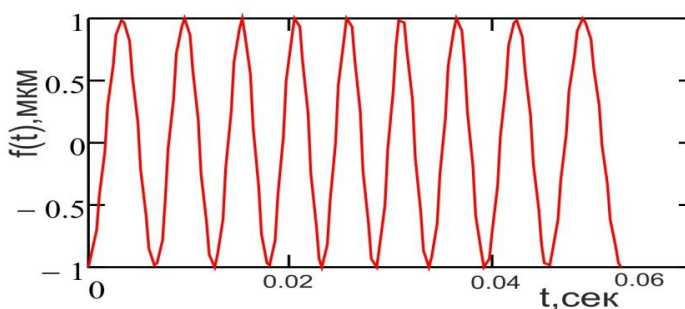


Рис.2. Автодинный сигнал до стимуляции

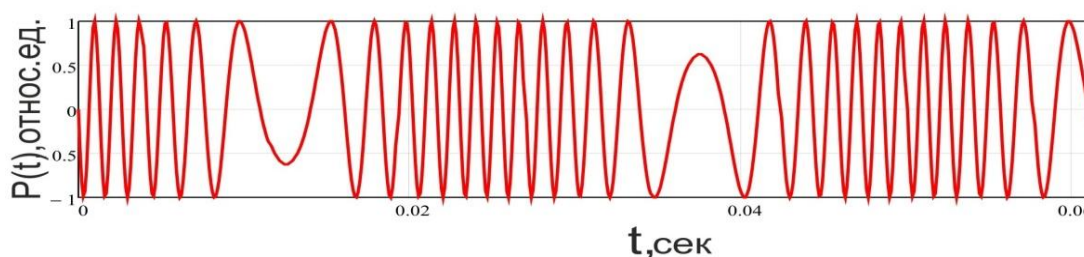


Рис.3. Автодинный сигнал после стимуляции

Вид теоретического автодинного сигнала до и после стимуляции показан на рис.2 и рис.3. Кривая на рис.2 и рис.3 использовалась для сравнения с теоретической зависимостью в выражении (3). Для этого, весь интервал наблюдения разбивался на несколько временных окон. Необходимо было проверить постоянство параметров A и f на всем интервале наблюдения, то есть убедиться в том, что заметно движения.

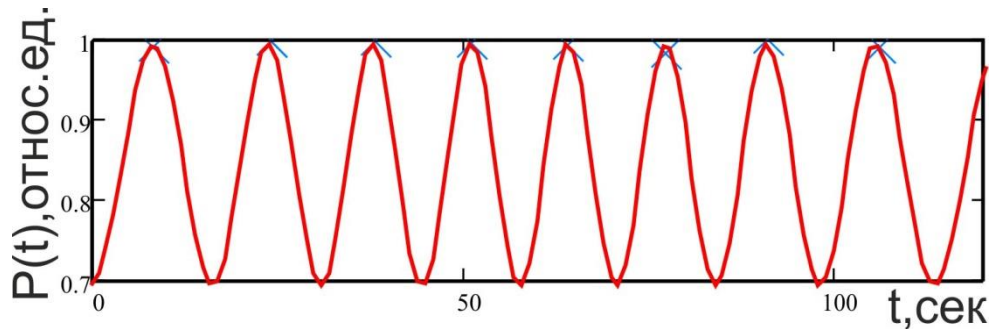


Рис.4. Фиксация максимумов до стимуляции

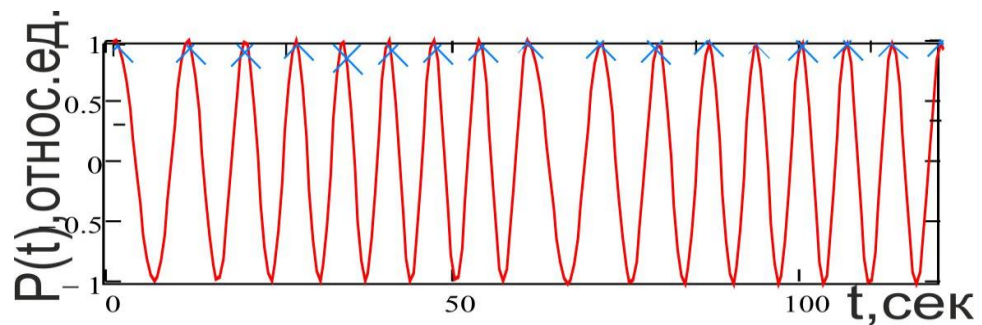


Рис.5. Фиксация максимумов после стимуляции

×-максимум автодинного сигнала

Вид теоретического автодинного сигнала до и после стимуляции с определением максимумов показан на рис.4 и рис.5. Фиксацию максимумов проводим, зная условие максимума.

Условие максимума: известно, при наложении когерентных волн колебания в данной точке будут иметь максимальную амплитуду, если разность хода равна целому числу длин волн:

$$d = n\lambda \quad (n = 0,1,2)$$

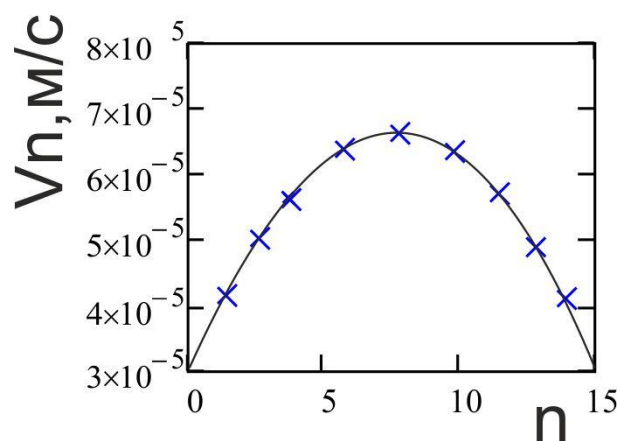


Рис.6.Изменение скорости движения до стимуляции

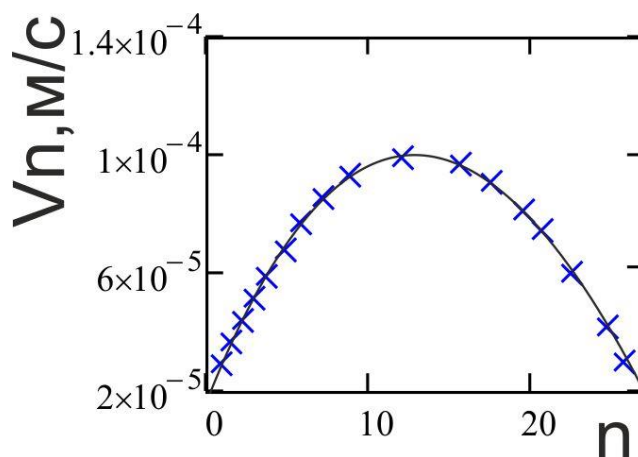


Рис.7.Изменение скорости движения после стимуляции

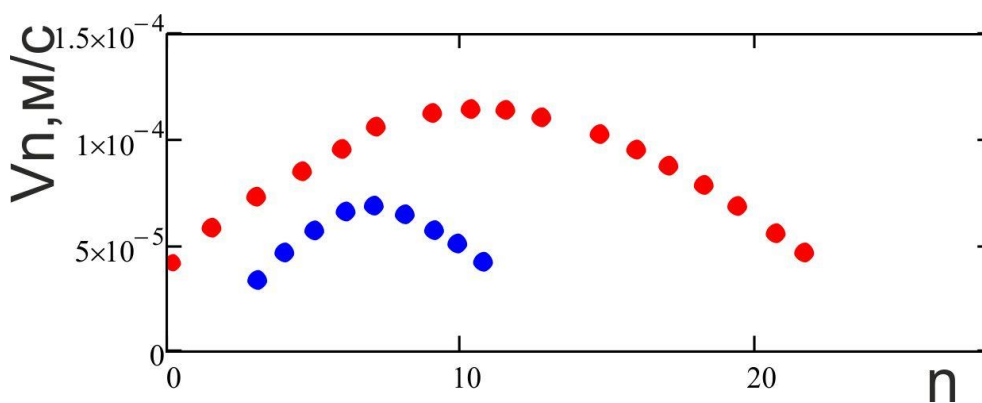


Рис.8.Отношение скоростей движения

Из приведенных результатов на рис.8. видим, что в сигнале после стимуляции пики иллюстрируют площадь скорости намного лучше, чем до стимуляции, это видно по количеству пиков. Заметно, что амплитуда скоростей будет выше до стимуляции чем после, тем самым сравниваем параметры движения колебаний.

В третьем разделе показана возможность использования полупроводникового лазерного автодина, в регистрации тремора пальцев рук.

В исследовании участвовало 5 человек, у 4 из них не выявили большого отличия до и после стимуляции. У 5-го человека зарегистрировали отклонения. Проведено две серии обследований испытуемого. В первой серии обследования просчитывались параметры движения колебаний без принятия каких-либо веществ. Испытуемый сидел в удобной позе, положив руку на виброустойчивый стол, луч лазера направлен на палец. Во второй серии обследования, испытуемому было предложено принять кофе, тем самым проверить воздействие этого вещества на тремор испытуемого. В этой серии исследование проводилось так же, как и в первой.

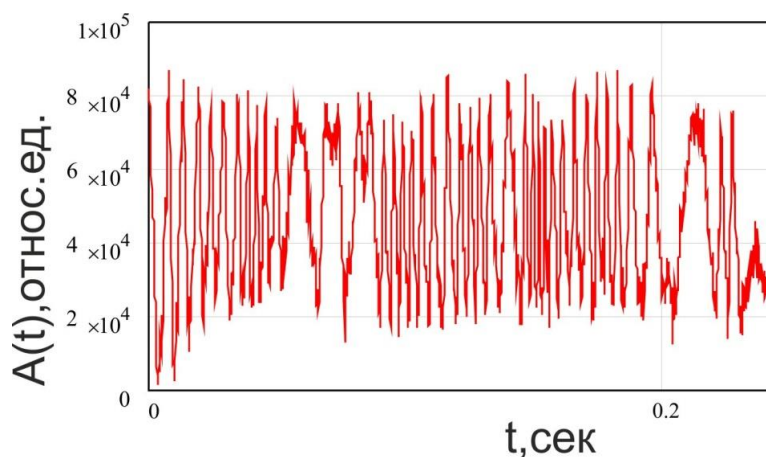


Рис. 9. Участок полученного сигнала до стимуляции

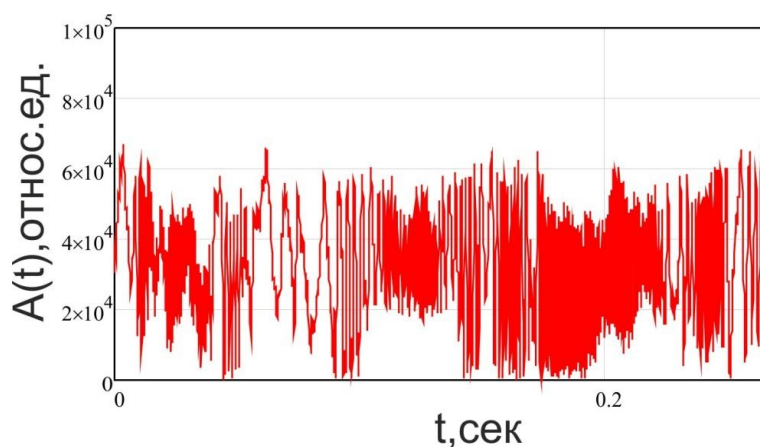


Рис.10. Участок полученного сигнала после стимуляции

После проведения исследований были получены сигналы рис.9 до принятия кофе и рис.10 после принятия кофе.

Провелось компьютерное моделирование экспериментального автодинного сигнала полупроводникового лазера в предположении периодическом движении отражателя.

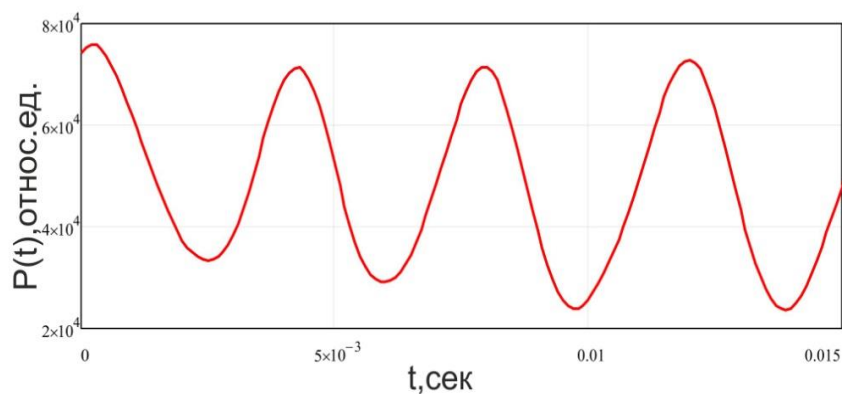


Рис.11. Автодинный сигнал до стимуляции

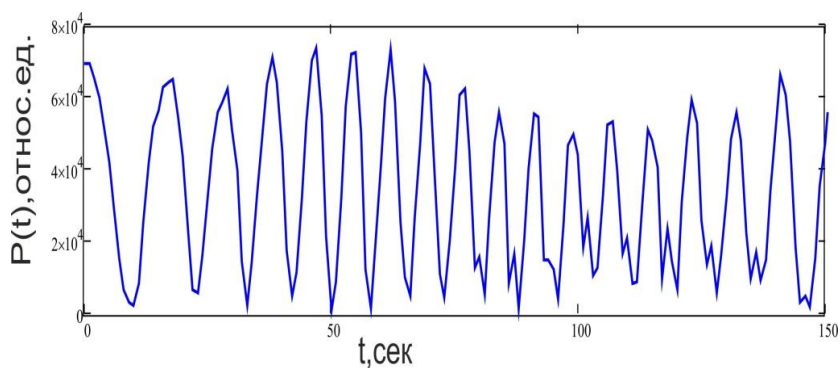


Рис.12. Автодинный сигнал после стимуляции

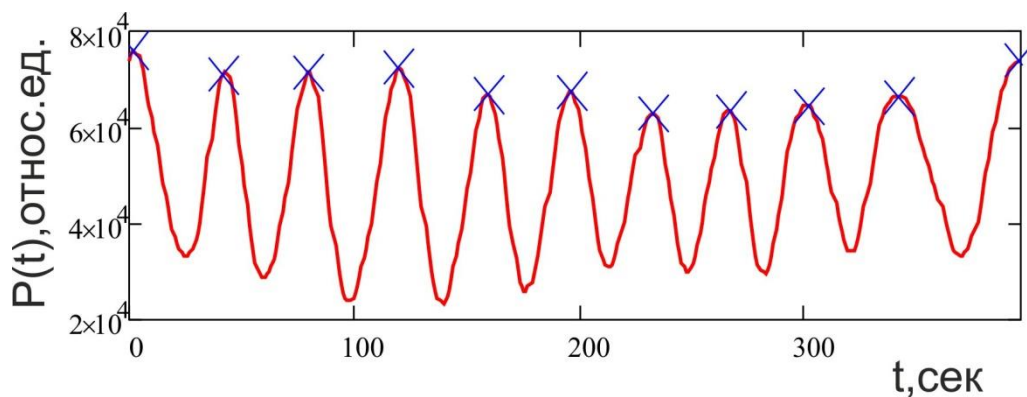


Рис.13. Фиксация максимумов до стимуляции

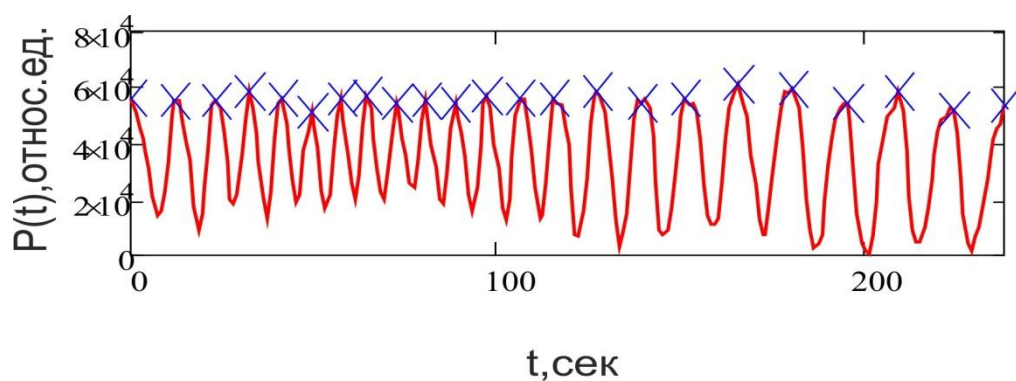


Рис.14. Фиксация максимумов после стимуляции

×-максимум автодинного сигнала

Вид экспериментального автодинного сигнала до, виден на рис.11, рис.12. и после стимуляции с определением максимумов на рис.13. и рис.14. Фиксацию максимумов проводим, зная условие максимума.

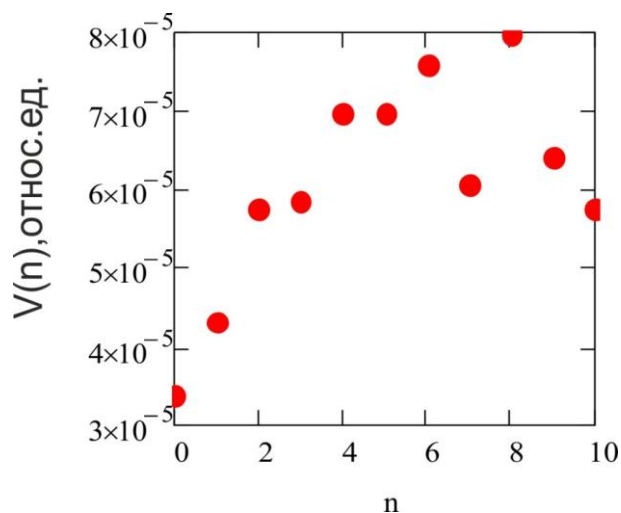


Рис.15. Измерение скорости движения участка пальца до стимуляции

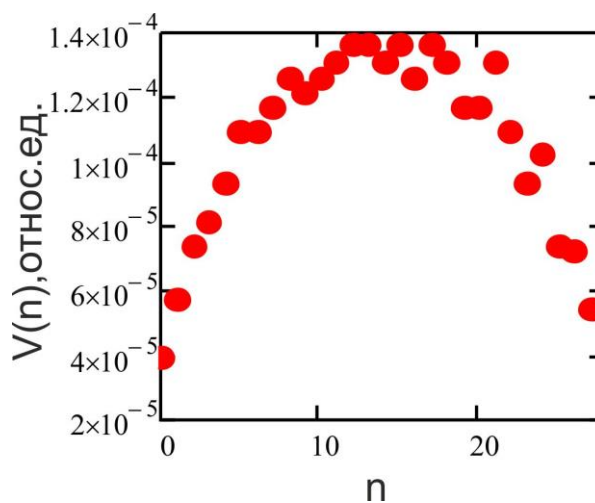


Рис.16. Измерение скорости движения участка пальца после стимуляции

Приведенные результаты на рис.15, на рис.16 видим, что в сигнале после стимуляции пики иллюстрируют площадь параметров движения намного лучше, чем до стимуляции, это видно по количеству пиков.

№ эксперимента	Измерение параметров движения (контрольная группа) до стимуляции м/с ²	Измерение параметров движения (контрольная группа) после стимуляции м/с ²	Измерение параметров движения (исследуемый с патологией) до стимуляции м/с ²	Измерение параметров движения (исследуемый с патологией) после стимуляции м/с ²
1	8.215×10^{-6}	8.836×10^{-6}	8.601×10^{-6}	3.267×10^{-5}
2	8.387×10^{-6}	8.573×10^{-6}	8.238×10^{-6}	5.463×10^{-5}
3	8.342×10^{-6}	8.861×10^{-6}	8.752×10^{-6}	3.705×10^{-5}

Таблица 1. Полученных данных в ходе исследования до/после стимуляции

Из приведенных в таблице 1 результатов эксперимента следует, что измеренные параметры движений колебаний после принятия кофеина меньше, чем данные полученные до принятия кофеина. Полученные результаты свидетельствует о том, что кофеин, благодаря своим свойствам, приводит к проявлению тремора.

Таким образом, показана возможность использование полупроводникового лазера, работающего в автодинном режиме, для определения параметров движения тремора пальцев рук.

Сравнивая результаты, полученные в исследовании было обнаружено, что параметры движения после стимуляции возросли, что говорит о патологии тремора пальцев рук.

Разработанная методика может быть использована для регистрации и анализа тремора пальцев рук с помощью полупроводникового лазерного автодина.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, полученные в ходе выполнения дипломной работы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Провели критический анализ известных методов диагностики тремора;
2. Разработали методику и устройство для диагностики тремора пальцев рук;
3. Зарегистрировали тремор пальцев рук, до и после стимуляции нервной системы, лазерным автодином;
4. Проанализировали полученные данные и установили влияние стимуляции на нервную систему испытуемого.