

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

Кафедра физики полупроводников

**Определение параметров движения отражателя по сигналу СВЧ-автодина
на диоде Ганна на примере упругой оболочки**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 412 группы

направления 11.03.04 «Электроника и нано электроника»

факультета нано-и биомедицинских технологий

Масловой Светланы Дмитриевны

Научные руководители:

доцент, к.ф.-м.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

А.Э. Постельга
фамилия, инициалы

Зав. кафедрой:

профессор, д.ф.-м.н.,
профессор
должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

А.И. Михайлов
инициалы, фамилия

Саратов 2018

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы.

Исследованию интерференции электромагнитных волн посвящено большое количество работ. Явление интерференции применяется при измерении показателей вибраций и перемещений методом радиоволн и оптическими методами, которые возникают при сложении отраженной и падающей электромагнитных волн от исходного объекта. Интерференционная картина усложняется в зависимости от того, какой траекторией движения обладает объект исследования. Несмотря на это, исследование интерференционной картины, вызывает большой научный интерес, так как позволяет зафиксировать малые движения отражателя на значительных расстояниях от источника излучения, не оказывая при этом плохого влияния на исследуемый объект.

Способы измерения перемещений занимают важное место в современной науке и находят широкое применение в технике. При определении условий хранения и эксплуатации изделий необходимо испытать их на устойчивость к ударным механическим нагрузкам. Подобные испытания могут позволить выявить их скрытые дефекты. Среди методов измерения перемещений, используемых для этих целей, самый большой интерес вызывают методы неразрушающего контроля, когда производимое измерение не оказывает негативного влияния на объект исследований [1, 2].

К таким методам, относятся оптические методы исследований. Эти методы основаны на анализе интерференционной картины, которая получается из-за падающей и отраженной исследуемым объектом электромагнитными волнами.

Определить параметры движения объекта по регистрируемой интерференционной картине сложно потому что, нужную нам информацию несет фаза волны. Поэтому актуальна разработка методик анализа интерференционной картины, позволяющие определять характеристики движения отражателя.

Так как зарегистрировать сигнал исследования интерференции, порождаемой движущимся отражателем, достаточно сложно, эксперименты проводились для узкого круга задач.

Случай, когда наблюдаемый объект совершает гармонические колебания, хорошо изучен. В ряде работ предложен набор методов, которые позволяют по сигналу интерферометра в гомодинной интерференционной системе с гармонически движущимся отражателем определить частоту и амплитуду этого движения. В процессе исследования разного рода механических систем на вибрационную стойкость и их реакцию на ударные нагрузки появляются непериодические движения внешнего отражателя. Характер интерференции для этого типа движений отражателя ранее не исследовался.

Актуальность темы. Актуальной задачей является исследование интерференции электромагнитного излучения в интерференционных системах для случая, когда их отражатели совершают сложные негармонические и непериодические колебания, и разработка методик восстановления параметров движения отражателя по характеристикам интерференционного сигнала.

Цель и задачи бакалаврской работы. На основании вышеизложенного была сформулирована цель дипломной работы: определение параметров движения отражателя по сигналу СВЧ-автодина на диоде Ганна.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

1. Анализ научной литературе по тематике исследования;
2. Изучение свойств и характеристик измерительного прибора;
3. Измерение характеристик вибраций с помощью автодинного генератора на диоде Ганна.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Измерение параметров материалов и структур автодинными методами

Для контроля характеристик полупроводниковых и диэлектрических материалов возможно применение эффекта автодинного детектирования в полупроводниковых СВЧ-генераторах при известных зависимостях величины

продетектированного сигнала от толщины и диэлектрической проницаемости контролируемых слоев или по величине сдвига промежуточной частоты при внесении диэлектрика в контур генератора. Возможность использования автодинного преобразователя частоты на диоде Ганна для измерения диэлектрической проницаемости или толщины диэлектрических материалов показана в работе.

Применение в автодинных генераторах диодов Ганна по сравнению с генераторами, использующими другие полупроводниковые активные элементы, позволяет обеспечить преимущества по совокупности таких параметров, как максимальная рабочая частота, выходная мощность, стабильность частоты, потребляемая мощность питания. Наибольшее практическое применение из приборов, принцип действия которых основан на эффекте автодинного детектирования, нашел СВЧ - толщиномер типа СИТ-40. К недостаткам автодинных измерителей можно отнести необходимость использования ряда калибровочных зависимостей, а также ограниченность набора определяемых параметров.

Бесконтактный способ измерения параметров движения упругой оболочки

Излучение сверхвысокочастотного (СВЧ) находит применение во многих сферах научной деятельности.

Принцип действия ряда устройств для мониторинга основан на автодинном эффекте, заключающемся в изменении параметров автоколебаний СВЧ-генератора, возникающем при его взаимодействии с собственным излучением, отраженным от исследуемого объекта. К параметрам такого рода можно отнести амплитуду и мгновенную частоту колебаний, составляющие токов, напряжение автосмещения и ряд других. Эти изменения обычно регистрируются с помощью дополнительных средств выделения автодинного отклика, которые преобразуют их в удобный для последующей обработки вид.

В настоящей работе предлагается бесконтактный способ измерения параметров движения упругой оболочки, представляющую собой резиновый шарик, заполненный токопроводящим гелем.

Данный способ бесконтактного измерения параметров движения упругой оболочки, который заключается в измерении давления внутри объекта по величине деформации путём воздействия на него пневмоимпульсом с одновременным освещением поверхности исследуемого образца лазером. Недостатками данного способа являются применение в измерении давления внутри объекта полупроводникового лазерного автодина, работающего в оптическом диапазоне. Блок-схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.

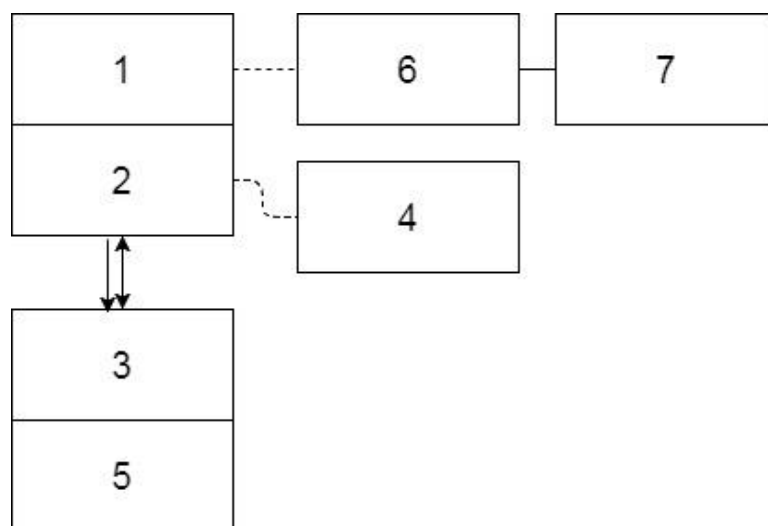


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментальной установки.

В способе дистанционного измерения давления внутри объекта, включающем генерирование электромагнитного сигнала СВЧ – автодином, на выходе которого образуется ближнее поле, излучение сгенерированного СВЧ – сигнала, прием интерференционного сигнала, являющегося суммой падающего и отраженного электромагнитного излучения, определение формы движения поверхности исследуемого объекта в результате действия на него воздушным пневмоимпульсом от компрессора, определение параметров движения упругой оболочки с использованием метода наименьших квадратов. Схема измерительной головки представлена на рисунке 2.

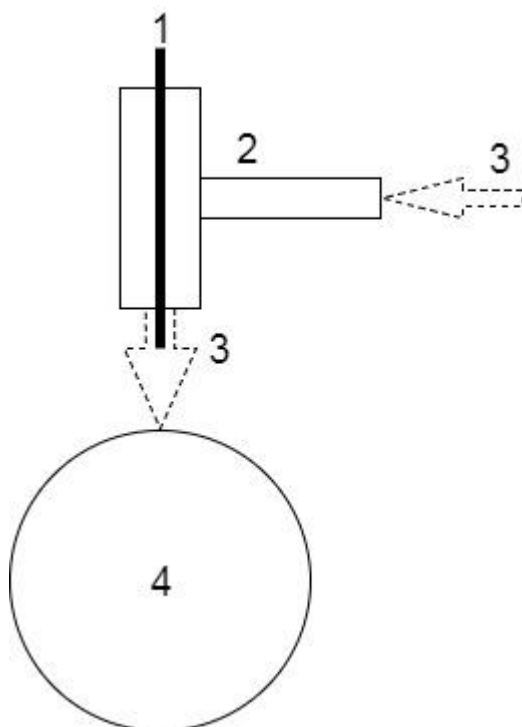


Рисунок 2 – Схема измерительной головки.

Воздушный импульс с излучением СВЧ-автодина направляют на исследуемую модель в виде резинового шарика, заполненного гелем, плотность которого изменяют путем введения внутрь дополнительного объема геля, получают интерференционный сигнал $P(t)$, по которому определяют функцию движения сферической оболочки $Z(t)$, вследствие воздействия на неё воздушным импульсом от компрессора. Функция движения сферической оболочки при воздействии воздушного импульса представлена на рисунке 3.

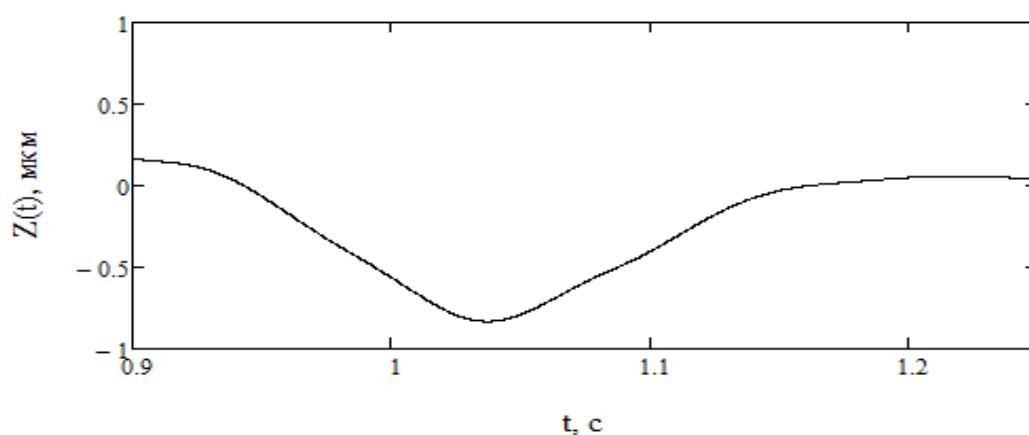


Рисунок 3 – Функция движения сферической оболочки при воздействии воздушного импульса.

Проверка возможности применимости метода наименьших квадратов для определения ускорения отражателя СВЧ-автодина на диоде Ганна

Метод наименьших квадратов в оригинальной работе используется для нахождения ускорения части упругой оболочки с использованием отражателя СВЧ-автодина на диоде Ганна. Был написан алгоритм, по которому решалась поставленная задача.

В результате эксперимента была получена функция движения части сферической оболочки при воздействии пневмоимпульса с давлением 140 мм.рт.ст. и давлением внутри шарика 12 мм.рт.ст. (рисунок 4), которая обрабатывалась с помощью программы Mathcad.

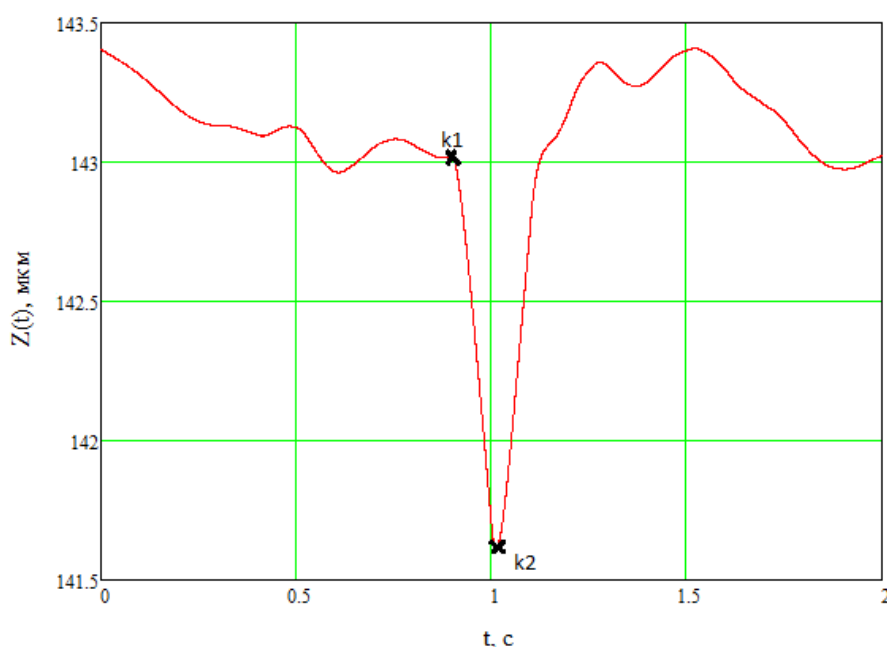


Рисунок 4 – Функция движения сферической оболочки при воздействии пневмоимпульса.

На графике была найдена точка в момент падения функции ($k1=0,9064$ с) и минимум функции ($k2=1,0146$ с), с помощью которых, по методу наименьших квадратов, произведен подсчет ускорения части сферической оболочки при заданных давлениях пневмоимпульса и внутри шарика. Результат эксперимента показан на рисунке 5.

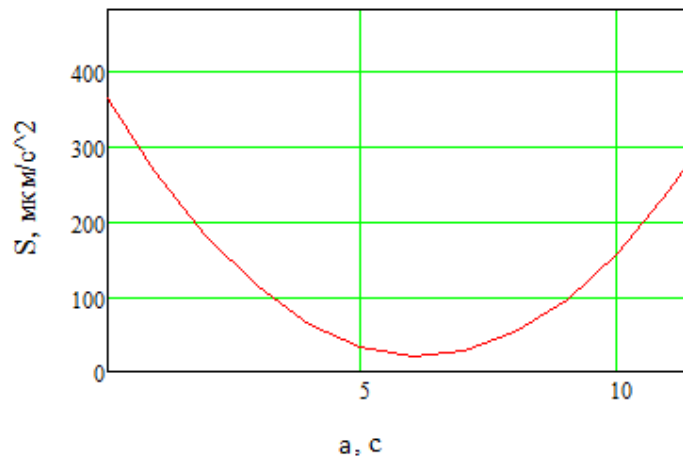


Рисунок 5 – Экспериментальные результаты, полученные с помощью СВЧ-автодина на диоде Ганна при давлении пневмоимпульса 140 мм.рт.ст. и давлении шарика 12 мм.рт.ст.

По данным, полученным из рисунка 10, было найдено ускорение части упругой оболочки, полученное с помощью нахождения минимума функции, указанной на графике (рисунок 10). Ускорение, при указанных выше давлениях, имеет значение равное 6 мкм/с^2 .

Выше указанным методом была получена функция движения сферической оболочки при воздействии пневмоимпульса с давлением 140 мм.рт.ст. и давлением внутри шарика 27 мм.рт.ст. (рисунок 6).

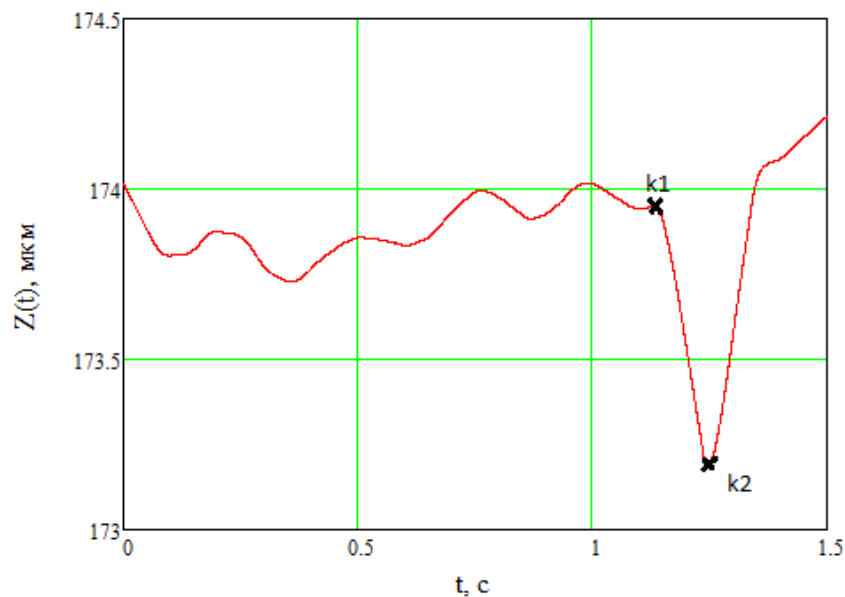


Рисунок 6 Функция движения сферической оболочки при воздействии пневмоимпульса.

На графике была найдена точка в момент падения функции ($k_1=1,1368$ с) и минимум функции ($k_2=1,2466$ с), с помощью которых, по методу наименьших квадратов, произведен подсчет ускорения части упругой оболочки с помощью отражателя СВЧ-автодина на диоде Ганна при заданных давлениях пневмоимпульса и внутри шарика. Результат эксперимента показан на рисунке 7.

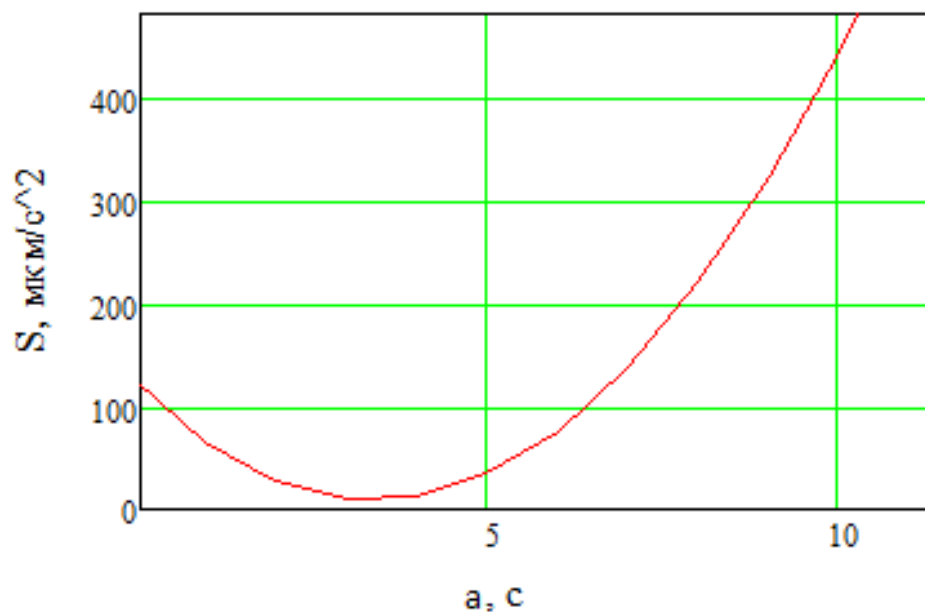


Рисунок 7 Экспериментальные результаты, полученные с помощью СВЧ-автодина на диоде Ганна при давлении пневмоимпульса 140 мм.рт.ст. и давлении шарика 27 мм.рт.ст.

По данным, полученным из рисунка 7, было найдено ускорение СВЧ-автодина на диоде Ганна, равное 3 мкм/с².

Используя вышеизложенный алгоритм измерения ускорения упругой оболочки с помощью СВЧ-автодина на диоде Ганна, было измерено ускорение при давлении пневмоимпульса 170 мм.рт.ст. и давлении внутри шарика равное 12 мм.рт.ст. С помощью программы Mathcad были найдены максимум ($k_1=0,678$ с) и минимум ($k_2=0,7946$ с) исследуемой функции (рисунок 8).

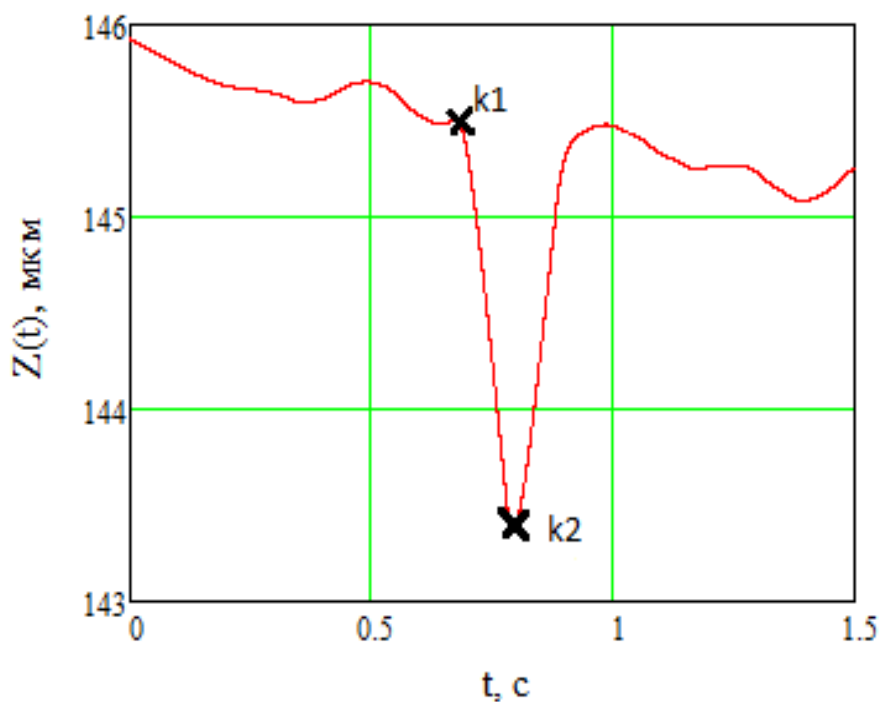


Рисунок 8 – Функция движения сферической оболочки при воздействии пневмоимпульса.

Используя полученные данные было найдено ускорение упругой оболочки равное 8 мкм/с^2 (рисунок 9).

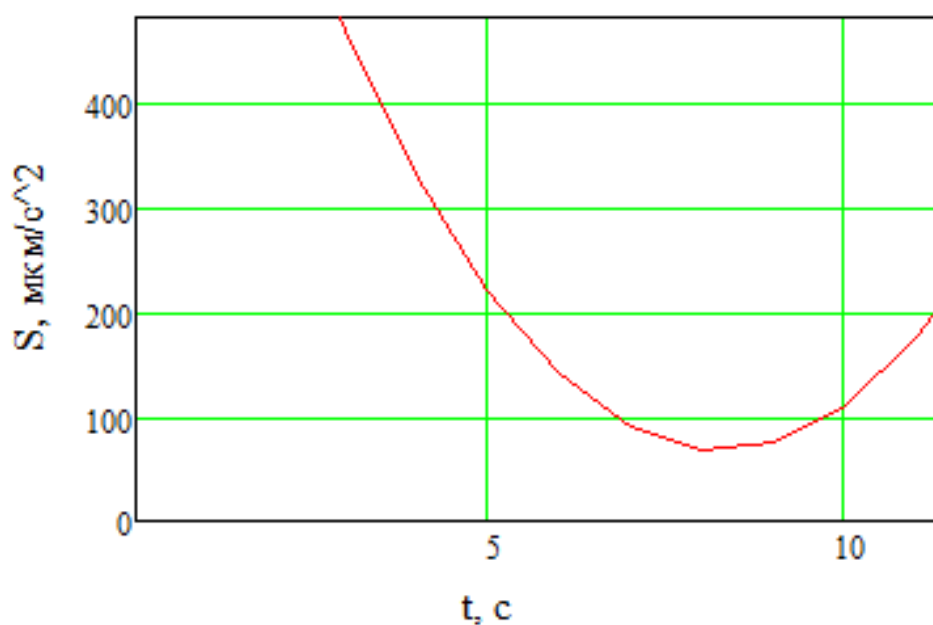


Рисунок 9 – Экспериментальные результаты, полученные с помощью СВЧ-автодина на диоде Ганна при давлении пневмоимпульса 170 мм.рт.ст. и давлении шарика 12 мм.рт.ст.

Не изменяя давление пневмоимпульса, поступающего от компрессора, было увеличено давление внутри исследуемого объекта на 15 мм.рт.ст. максимум функции ($k_1=0,9636$ с) и минимум ($k_2=1,0792$ с) представлены на рисунке 10.

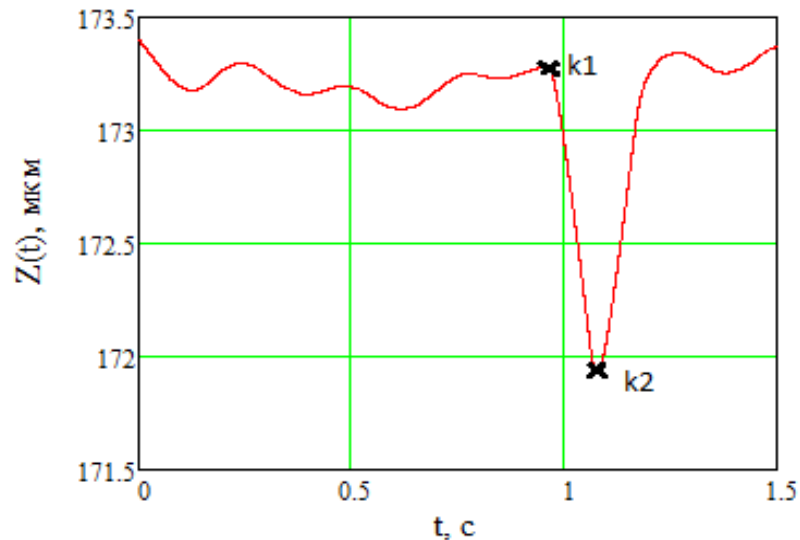


Рисунок 10 – Функция движения сферической оболочки при воздействии пневмоимпульса.

Используя данные, полученные с помощью программы Matchcad, было найдено ускорение упругой оболочки равное 5 мкм/с^2 (рисунок 11).

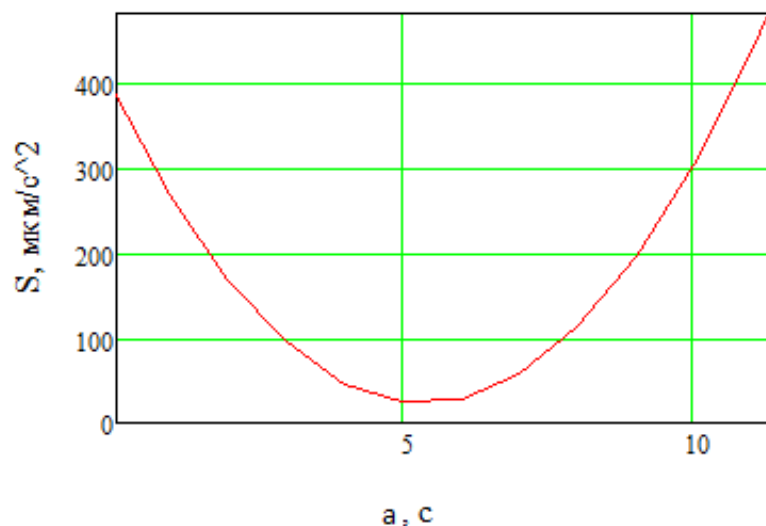


Рисунок 11 – Экспериментальные результаты, полученные с помощью СВЧ-автодина на диоде Ганна при давлении пневмоимпульса 170 мм.рт.ст. и давлении шарика 27 мм.рт.ст.

Таким образом, была показана возможность использования метода наименьших квадратов для нахождения ускорения СВЧ-автодина на диоде Ганна.

В результате проделанной работы была предложена методика нахождения ускорения части упругой оболочки с помощью метода наименьших квадратов, изучена экспериментальная установка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проделанной работы была достигнута цель – определить ускорение части упругой оболочки с помощью СВЧ-автодина на диоде Ганна, установить форму движения упругой оболочки.

В ходе работы были решены следующие задачи:

- Проведен критический анализ литературы, посвященный способам восстановления формы движения отражателя по сигналу радиоволнового СВЧ-автодина;
- Изучена экспериментальная установка и проведены исследования;
- Проанализированы полученные результаты и сделаны выводы.