

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

Кафедра физики полупроводников

**Влияние различных типов контактов на параметры генерируемых  
низкочастотных колебаний тока в структурах на основе высокоомного  
GaAs**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 202 группы  
направления 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
факультета nano- и биомедицинских технологий

Степанова Максима Сергеевича

Научный руководитель  
Профессор кафедры физики полупроводников СГУ,  
д.ф.-м.н., профессор \_\_\_\_\_ А.И. Михайлов  
должность, уч. степень, уч. звание                      подпись, дата                      инициалы, фамилия

Консультант  
ст. преп. кафедры физики полупроводников СГУ  
\_\_\_\_\_ А.В. Митин  
должность, уч. степень, уч. звание                      подпись, дата                      инициалы, фамилия

Зав. кафедрой  
Заведующий кафедрой физики полупроводников СГУ,  
д.ф.-м.н., профессор \_\_\_\_\_ А.И. Михайлов  
должность, уч. степень, уч. звание                      подпись, дата                      инициалы, фамилия

Саратов, 2016 год

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы исследования**

Перспективным направлением современной электроники, основанном на принципах физической интеграции и использовании динамических неоднородностей, обеспечивающих несхемотехнические принципы работы устройств, является функциональная электроника [1-3]. Отличие от схемотехнической электроники заключается в том, что в приборах функциональной электроники необходимый результат достигается за счёт физических процессов, протекающих в объеме твердого тела под действием внешних факторов. В работе исследуются образцы на основе полуизолирующего (высокоомного) GaAs с сформированными барьерными контактами металл-полупроводник и мезаструктурами слоистого строения.

### **Цель и задачи магистерской работы**

Целью работы является установление степени влияния различных типов контактов на параметры генерируемых колебаний тока в планарных структурах на основе высокоомного арсенида галлия.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- обзор научно-технической литературы по исследованиям неустойчивостей тока в высокоомном арсениде галлия (GaAs);
- описание возможных физических механизмов возникновения неустойчивостей тока;
- исследование вольтамперных характеристик, осциллограмм и спектрограмм колебаний, полученных с различных типов структур;
- анализ и интерпретация полученных результатов.

### **Краткая характеристика материалов исследования**

В работе проведено исследование влияния типов контактов на параметры генерируемых низкочастотных колебаний тока в структурах на основе высокоомного GaAs.

## **Описание структуры работы**

Магистерская работа включает введение, два раздела, в которых обсуждается основное содержание работы, заключение и список литературы из 28 источников, изложена на 50 страницах, содержит 30 рисунков. Во введении описана актуальность темы исследования, раскрыта новизна работы, а также сформулированы цель и задачи исследования. В первой главе проведен анализ литературы, посвященный рассмотрению типов неустойчивостей тока и механизмов их возникновения. Во второй главе описывается экспериментальная часть работы, состоящая из трех подразделов:

- 1) Параметры исследуемых материалов и схема расположения контактов;
- 2) Схема экспериментальной установки;
- 3) Результаты экспериментального исследования влияния различных типов контактов на параметры генерируемых низкочастотных колебаний тока в структурах на основе высокоомного GaAs.

В третьей части проводится анализ полученных результатов. В заключении сформулированы основные выводы по результатам проведенного исследования.

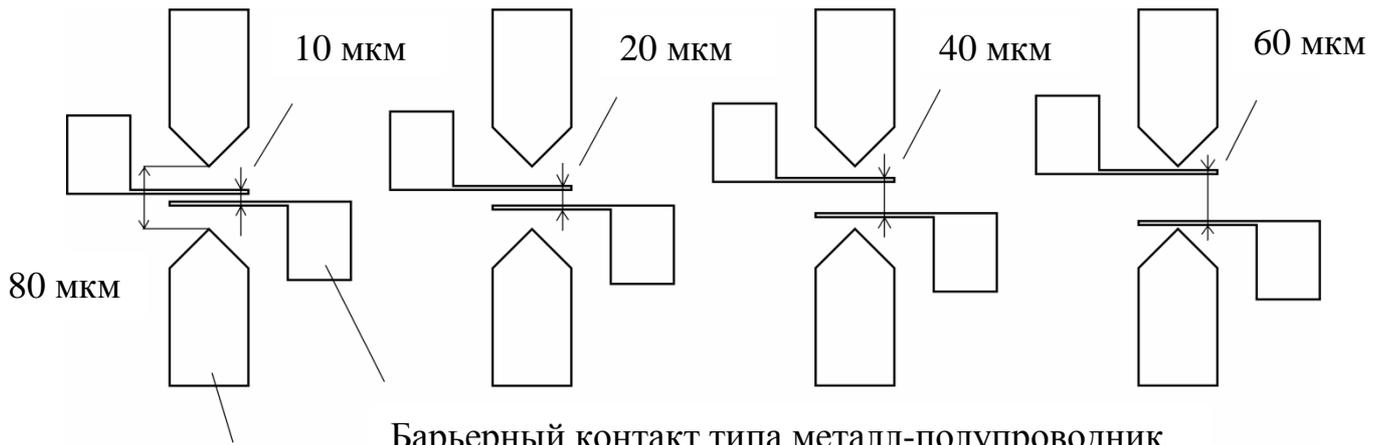
## **Научная новизна работы**

Установлено влияние различных типов контактов на форму и условия возникновения генерируемых колебаний тока в планарных структурах на основе высокоомного GaAs.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В работе использовались длинные планарные структуры на основе высокоомного арсенида галлия.

Экспериментальные образцы изготавливались на пластинах марок САГ-2БК, представляющих собой сформированные на полуизолирующей подложке из GaAs эпитаксиальные слои  $n$  и  $n^+$  проводимости. С использованием интегральной технологии на пластинах формировались барьерные контакты металл-полупроводник на основе Au к полуизолирующей подложке и мезаструктуры (рисунок 1).



### Металлический контакт к мезаструктуре

Рисунок 1 - Схема экспериментального образца (вид сверху) и расстояния между контактными площадками.

В работе проводилось исследование влияния различных типов контактов к образцу на параметры генерируемых низкочастотных колебаний тока посредством изменения взаимного расположения измерительных зондов на контактных площадках. Как видно из рисунка 2, измерительный зонд может располагаться на металлическом контакте к мезаструктуре либо на сформированном барьерном контакте типа металл-полупроводник. Варьируя способы установки измерительных зондов на образец, можно получить три типа структур с различающимися комбинациями типов контактов. Первый тип структур характеризуется расположением обоих измерительных зондов на металлических контактах к мезаструктуре. Результирующая структура имеет конфигурацию  $M-n^+-n-n^+-M$ . В структуре второго типа один из измерительных зондов помещается на металлический контакт к мезаструктуре, другой – на барьерный контакт. Результирующая конфигурация имеет вид  $M-n^+-n^-M$ . Структура третьего типа характеризуется расположением обоих измерительных зондов на барьерных контактах так, что результирующая структура имеет конфигурацию  $M-n^-M$ .

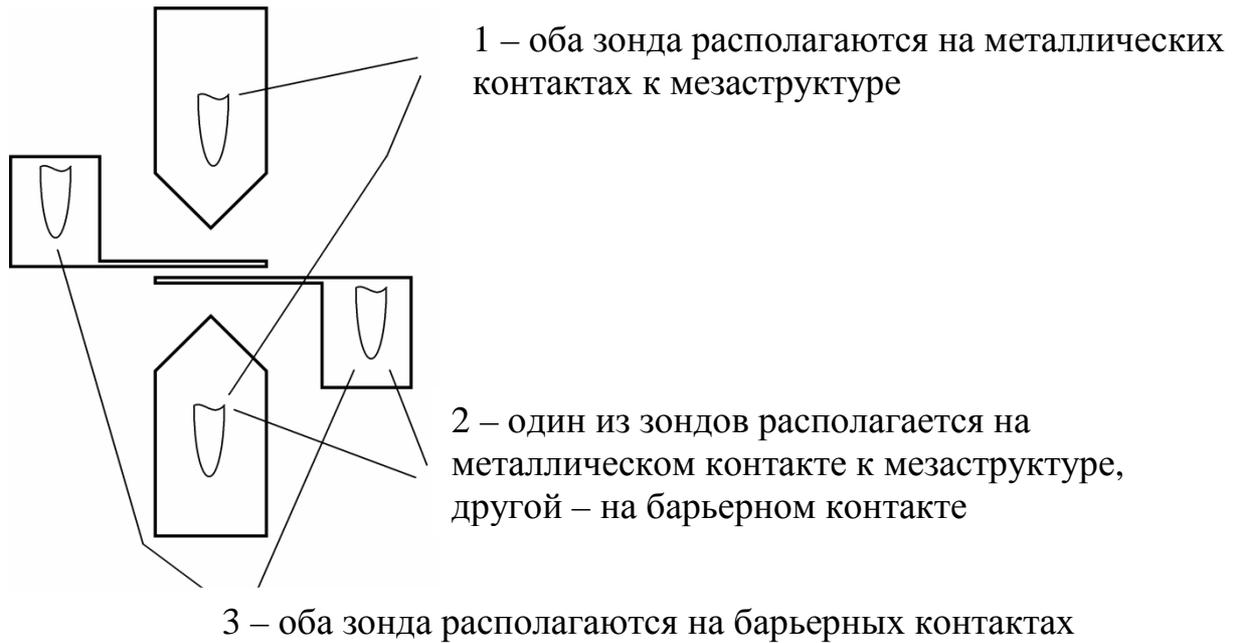


Рисунок 2 - Схема вариантов расположения измерительных зондов.

Схемы экспериментальных установок приведены на рисунках 3 и 4. Для измерения вольтамперных характеристик использовалась схема, изображенная на рисунке 3. К структуре (С) с помощью вольфрамовых зондов подаётся импульсное напряжение с помощью измерителя полупроводниковых приборов ИППП-1. Измеритель формирует прямоугольный импульсный сигнал с заданной длительностью и паузой между импульсами и по результатам измерения тока в автоматическом режиме строит вольтамперные характеристики.

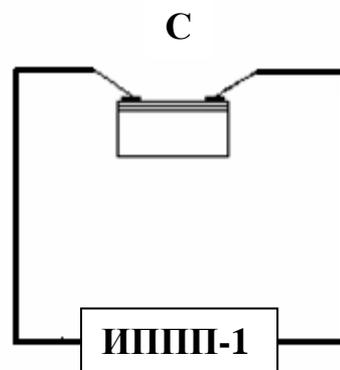


Рисунок 3 - Схема измерительной установки для снятия ВАХ.

Для снятия осциллограмм и получения спектров колебаний тока использовалась установка, изображенная на рисунке 4. Сигнал снимался с сопротивления нагрузки ( $R_H=72 \text{ Ом}$ ), включенного последовательно с исследуемой структурой, и отображался на экране осциллографа (О). При необходимости для достижения более высоких напряжений подключался высоковольтный источник питания. Величина тока измерялась мультиметром (А).

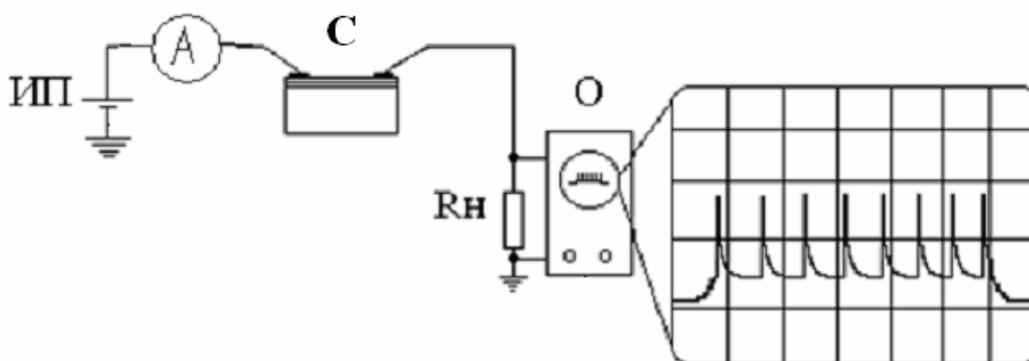


Рисунок 4 - Схема измерительной установки для снятия осциллограмм и получения спектров колебаний тока.

Результаты экспериментального исследования влияния различных типов контактов на параметры генерируемых низкочастотных колебаний тока в структурах на основе высокоомного GaAs позволили сформулировать следующие заключения и выводы.

В процессе исследования планарных высокоомных структур на основе GaAs получен ряд вольтамперных характеристик (ВАХ). Проведен сравнительный анализ полученных характеристик.

На вольтамперных характеристиках структур всех типов ярко выражен участок ОДП. Также присутствует существенная нелинейность зависимости силы тока от прикладываемого напряжения на участке ВАХ, предшествующем

участку ОДП. Участок роста тока на ВАХ структур первого и второго типов удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальной функцией.

Подобный характер зависимостей тока от напряжения предположительно связан с наличием потенциального барьера для основных носителей на границе  $n$ -слой – подложка или металл- полупроводник, который, по всей видимости, и отвечает за экспоненциальный характер роста тока на участке ВАХ, предшествующем участку ОДП.

В таблице 1 представлены значения средних пороговых напряженностей электрического поля для всех типов структур.

Таблица 1 – Средние пороговые значения напряженности электрического поля для трех типов структур.

	$E_n$ , кВ/см						
Первый тип структур	4,9	4,7	3,5	6,1	3,4	3,3	3,8
Второй тип структур	8,7	7,7	12,9	9	8,9	8	8,6
Третий тип структур	6,8	6,8	14,1	10,1	12,4	6,6	7,3

Также в работе проанализированы типичные зависимости частоты генерируемых колебаний от напряжения для всех типов структур. Из графиков, представленных в работе, видно, что все зависимости характеризуются уменьшением частоты колебаний при увеличении напряжения питания.

Также в работе приведены графики зависимости амплитуд колебаний от прикладываемого напряжения для всех типов структур. Амплитуда колебаний возрастает с ростом прикладываемого напряжения во всех трёх случаях.

Еще одним критерием для сравнения параметров колебаний тока для структур с различными типами контактов, представленным в работе, является форма генерируемых колебаний. На рисунках в работе приведены осциллограммы генерируемых колебаний тока.

Общей чертой формы колебаний во всех типах структур является крутой участок нарастания тока. Различия же заключаются в участке спада. Если у колебания тока в структурах первого типа участок спада можно охарактеризовать уменьшением скорости падения по мере приближения к задней части колебания, то у колебания тока в структурах третьего типа картина обратная: участок спада характеризуется возрастающей скоростью падения тока. У колебаний в структурах второго типа, участок спада тока имеет ещё более сложную форму. Общим для всех трех типов структур является значительная несимметричность колебаний. Участки роста и спада тока на осциллограммах предположительно характеризуют время формирования и рассасывания объемного заряда, участвующего в процессе возникновения колебаний тока в высокоомном GaAs.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе анализа данных проведенного экспериментального исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. Характер роста тока во всех типах структур определяется имеющимися потенциальными барьерами на границах n-слой - подложка или сформированных контактах металл-полупроводник.
2. Значения средней пороговой напряженности электрического поля, при которой в образце начинают регистрироваться колебания тока, в 2-3 раза выше у структур, в конфигурацию которых входят барьерные контакты металл-полупроводник, что связано с дополнительным падением напряжения на них.
3. Тип контакта к образцу не влияет на поведение зависимостей частоты и амплитуды генерируемых колебаний тока от прикладываемого напряжения питания. Все типы структур характеризуются возрастающей зависимостью амплитуды колебаний и убывающей зависимостью частоты.
4. Комбинации различных типов контактов к образцу влияют на форму генерируемых колебаний тока.