

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

**Измерение S-параметров транзисторов и построение модели, с целью  
использования данной модели при разработке усилителей СВЧ-  
мощности.**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 202 группы  
направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»  
факультета нано- и биомедицинских технологий

Зорина Ивана Юрьевича

Научный руководитель (руководитель)

Доцент на кафедре физики

полупроводников СГУ, \_\_\_\_\_ С.А.Сергеев  
должность, место работы, уч. степень, уч. звание подпись, дата инициалы, фамилия

Консультант

начальник отдела 119

АО НПП Алмаз \_\_\_\_\_ А.Г.Балаболин  
должность, место работы, уч. степень, уч. звание подпись, дата инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

Заведующий кафедрой физики полупроводников СГУ,

д.ф.-м.н., профессор \_\_\_\_\_ А.И. Михайлов  
должность, место работы, уч. степень, уч. звание подпись, дата инициалы, фамилия

Саратов, 2016 год

## Введение

**Актуальность темы.** Одним из перспективных направлений развития современной СВЧ электроники является внедрение САПР в процесс разработки микроэлектронных устройств. СВЧ технологии входят в такие сферы применения как :

1. телекоммуникационные системы миллиметрового диапазона;
2. беспроводные системы передачи данных внутри суперкомпьютеров;
3. системы сверхвысокоскоростной ближней связи (диапазоны порядка 320 ГГц);
4. системы СВЧ-связи между компонентами на печатной плате;
5. СВЧ-передача энергии на расстоянии;
6. СВЧ-сенсоры и технологии, СВЧ RFID-технологии;
7. радарные технологии – от самых масштабных до массовых, пользовательских радаров (видимо, уже в ближайшем будущем – основной инструмент навигации в автономных беспилотных наземных и летательных системах);
8. СВЧ-зрение и пассивная СВЧ-локация;
9. микроволновая наноскопия (наноразмерная микроскопия), аналитические ТГц-инструменты;
10. биомедицинские приложения СВЧ;
11. СВЧ-биосенсоры.

} **Целью** магистерской работы являлось измерение S-параметров транзисторов с целью использования полученных данных при разработке микрополосковых усилителей СВЧ-мощности.

Для достижения цели исследования были сформулированы и решены следующие **задачи**:

1. Изучение возможности использования S-параметров при проектировании усилителей СВЧ-мощности.
2. Измерение S-параметров транзисторов
3. Разработка оснастки под данную топологию кристаллов
4. Создание модели транзистора, пригодной для использования при проектировании усилителя СВЧ-мощности

5. Разработка усилителя СВЧ-мощности для диапазона частот 8-18 ГГц в программе ADS

#### **Научная новизна работы**

Была изучена возможность использования S-параметров при проектировании усилителей СВЧ-мощности. Была выработана технология измерения данных параметров, которая в будущем будет дорабатываться и использоваться при разработке СВЧ приборов.

#### **Научно-практическая значимость**

Измерение S-параметров транзисторов позволило использовать модель отечественных транзисторов 3П96, производства Пульсар, при разработке усилителей СВЧ-мощности. Был разработан усилитель для диапазона частот 8-18 ГГц, обладающий приемлемыми характеристиками.

## Основные положения выносимые на защиту

Разработанный прототип фотоуправляемого генератора токовых колебаний на основе полуизолирующего арсенида галлия обладает широким спектром функциональных возможностей: линейная зависимость частоты токовых колебаний от освещенности, срыв генерации при высоких уровнях засветки, позиционная чувствительность к оптическому воздействию, множественная генерация токовых колебаний в многоэлементной структуре параллельного типа, чувствительность параметров колебаний к воздействию магнитного поля, что открывает перспективы создания нового функционального прибора с возможностью бесконтактного управления и преобразования оптического сигнала в двоичный код.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения, теоретической и практической частей, заключения и списка используемой литературы. Общий объем работы составляет 65 страниц, включая 25 рисунков.

### **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

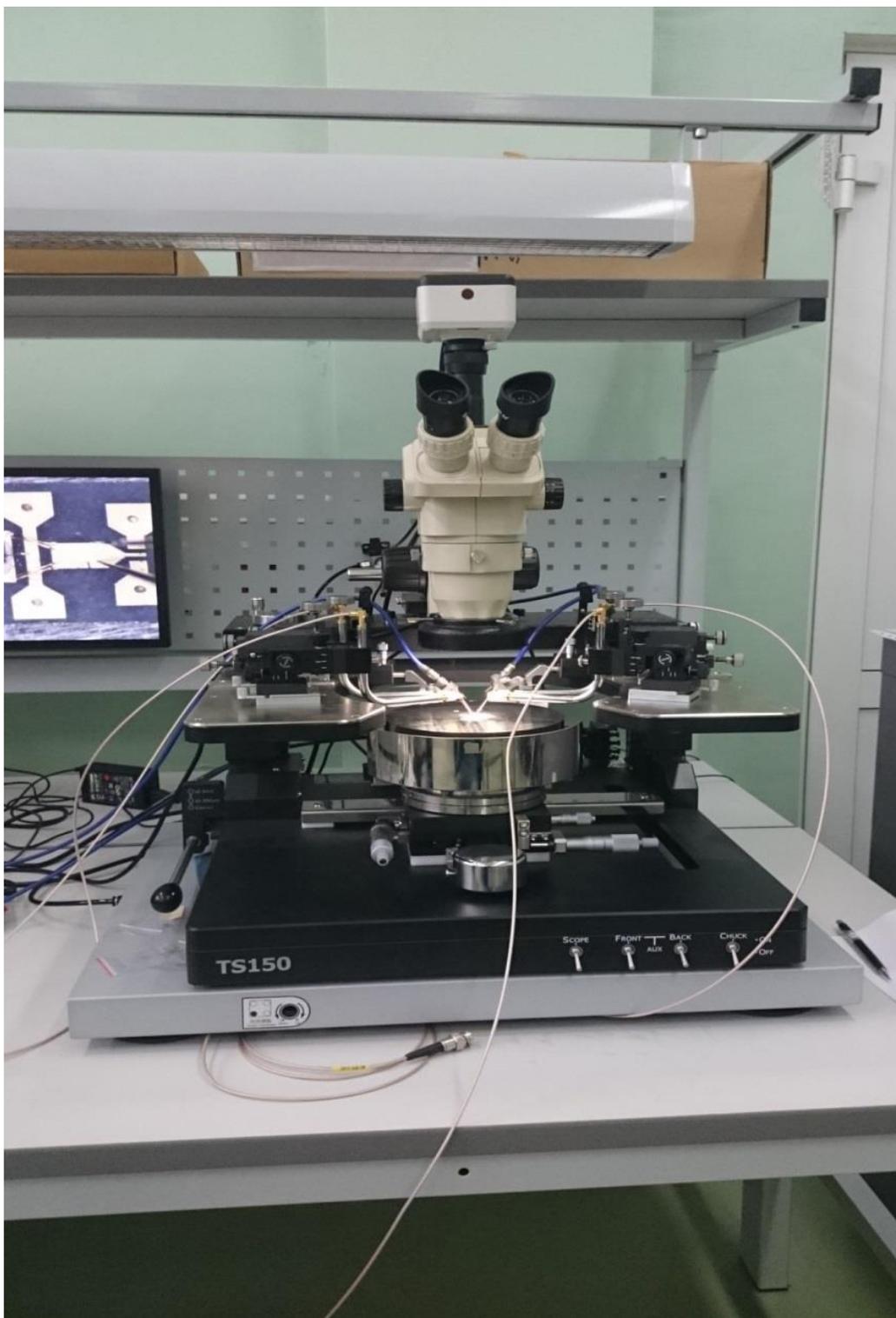
**Во введении** описаны направления развития СВЧ электроники, а также поставлены задачи.

**Теоретическая часть** содержит сравнение вакуумных электронных ламп с твердотельными аналогами.

Также проведен обзор S-параметров и САПР, используемого при разработке СВЧ\_приборов.

**Практическая часть** посвящена процессу измерения S-параметров транзисторов и разработке усилителя, при помощи полученных данных.

В ходе подготовки к измерениям также появилась необходимость создания оснастки для измерения параметров транзисторов.



**Рис. 1.** Зондовая станция .

Измерения проводились на зондовой станции. К зондам станции были подключены провода питания и входы анализатора цепей. Также к столу

станции подключается помпа, которая создает давление для закрепления анализируемых образцов на столике станции.

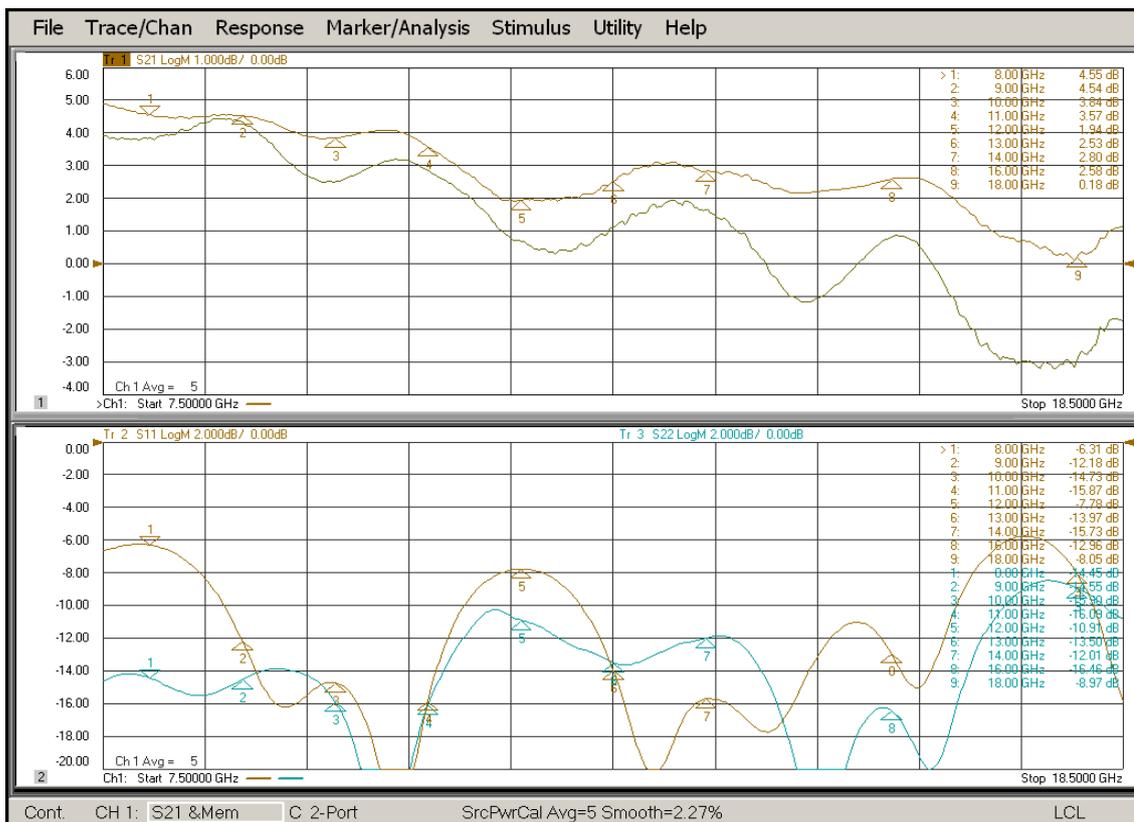
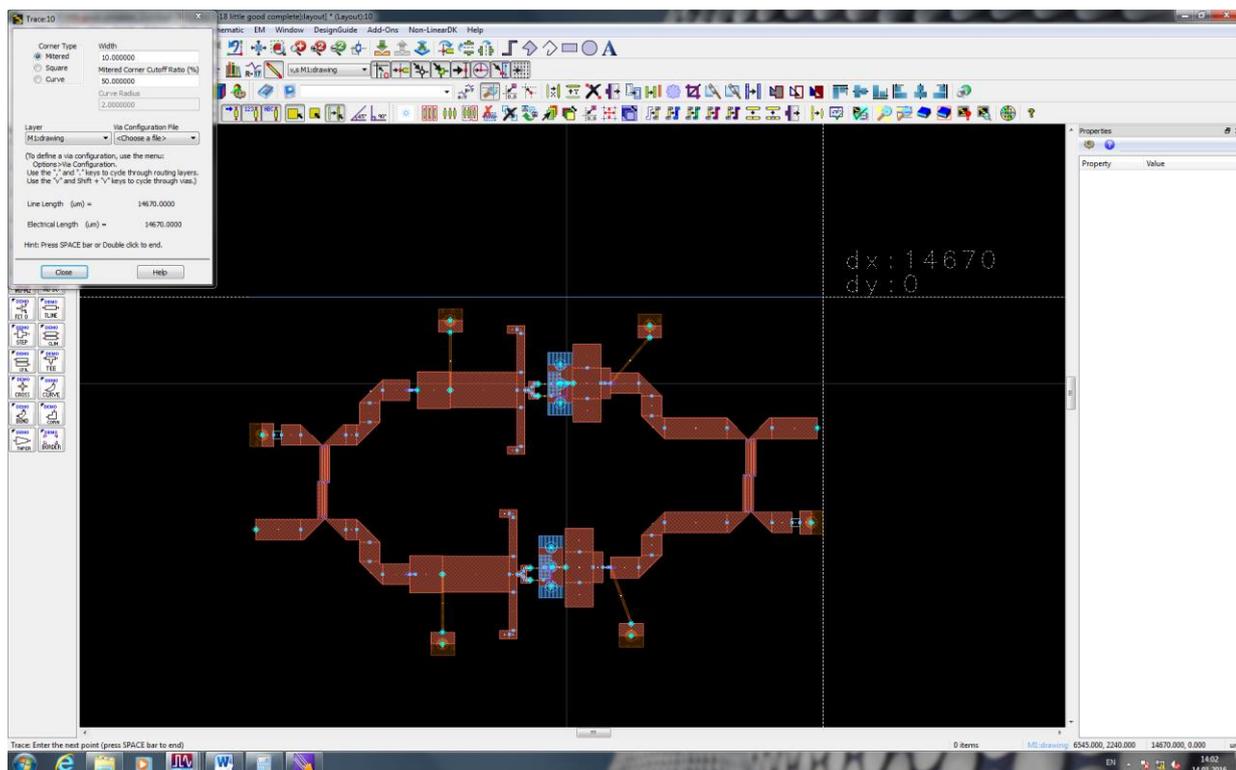


Рис. 2.Полученные результаты.

На рисунке 2 представлен график полученных результатов. На нем изображены S21 и S11 параметры исследуемого образца.



**Рис.3.** Топология разработанного усилителя

На рисунке 3 изображена топология усилителя, с измеренной длиной. Как мы можем видеть, усилитель получился очень компактным, длина его составляет всего 14670 микрон (1,47 см.).

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

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В результате выполненной мною работы было проделаны следующие исследования:

1. Изучение S-параметры, а главное – возможность их использования при разработке твердотельных усилителей СВЧ-мощности.
2. Разработка методики измерения S-параметров транзисторов, с использованием имеющегося в наличии оборудования. Эта методика будет в дальнейшем совершенствоваться и использоваться при поступлении новых партий транзисторов.

3. Разработка оснастки под данный вид транзисторов, с целью использования её при измерении S-параметров транзисторов.
4. Измерение S-параметров транзисторов, для нескольких образцов. Это позволило использовать полученные данные при проектировании устройств.
5. Был самостоятельно создан файл, содержащий S-параметры транзисторов, пригодный для использования в программе ADS. Использование такого подхода (самостоятельное измерение параметров, с целью использования в САПР) к проектированию электронных устройств позволяет существенно сократить время разработки нового устройства, а также увеличить процент соответствия характеристик готовой продукции и смоделированного прибора.
6. Разработка усилителя СВЧ-мощности на диапазон частот 8-18 ГГц, обладающего вполне приемлемыми параметрами, который в дальнейшем, возможно, сможет заменить своего предшественника в комплексированном изделии.