

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
 УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

МИКРОВОЛНОВОЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Выполнил студент гр. з-359-б
 Я.И. Барткевич

Руководитель

Руководитель отдела ООО «Ай Ти Гарант» Л.Н. Черненко

					ЭПДР			
					411181.001			
Изм.	Лист	№	Подп.	Дата	МИКРОВОЛНОВОЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	Лист	Лист	Лист
Разр.	Ф.И.О.	Имя	Имя	Имя		т.	т ₁	0612
Пров.	Л.Н. Черненко					ТУСУР, ФЭТ, каф. ЭП, гр. з-359-б		
Реце.								
Нв.	Л.Н.							
Канв.	С.Микоев							
рд.	Шандаро							

Введение

Одним из основных требований к методам промышленного контроля параметров полупроводников является возможность осуществления измерений без разрушения исследуемых пластин. Такие методы могут быть включены в технологический процесс изготовления полупроводникового материала на любом из его этапов.

Целью работы является изучение работы коаксиального измерительного преобразователя (КИП) удельного сопротивления, создание модели КИП, развитие метода описания преобразователя данной конструкции с учетом измеряемой полупроводниковой структуры, проведение измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов.

Изм.	Лист	№	Подп	Дата

документ ись

ЭПДР 411181.001

Лист

2

Тема работы формулируется как исследование неразрушающего метода измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов, обладающего высокой локальностью измерения в широком диапазоне рабочих частот.

Основные задачи работы

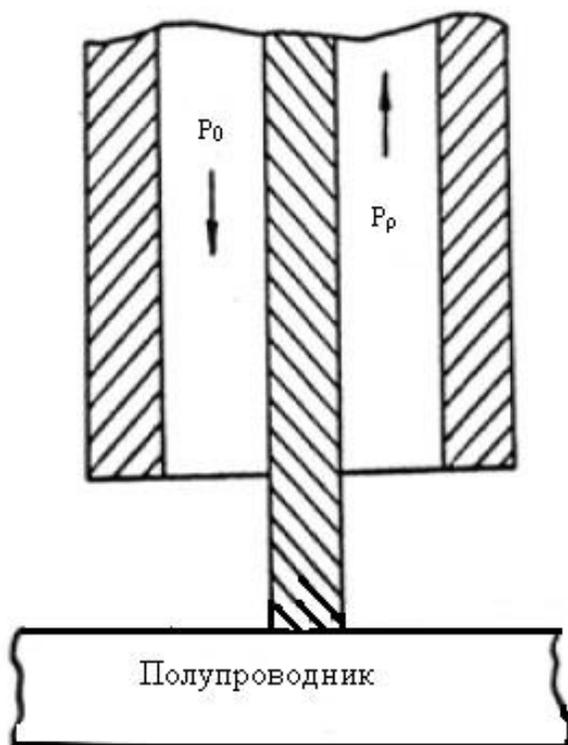
- Изучение методов измерения электрофизических параметров полупроводников;
- Исследование коаксиального измерительного преобразователя (КИП) с выступающим центральным проводником.

Изм.	Лист	№	Подп	Дата

документ ись

ЭПДР 411181.001

КИП с выступающим центральным проводником



КИП с выступающим центральным проводником, сохраняющий в качестве функции преобразования зависимость от удельного сопротивления коэффициента отражения преобразователя по мощности. В этом случае мощность, отраженная от контролируемой пластины, может в значительной степени перекрываться мощностью, отраженной от обрыва коаксиала.

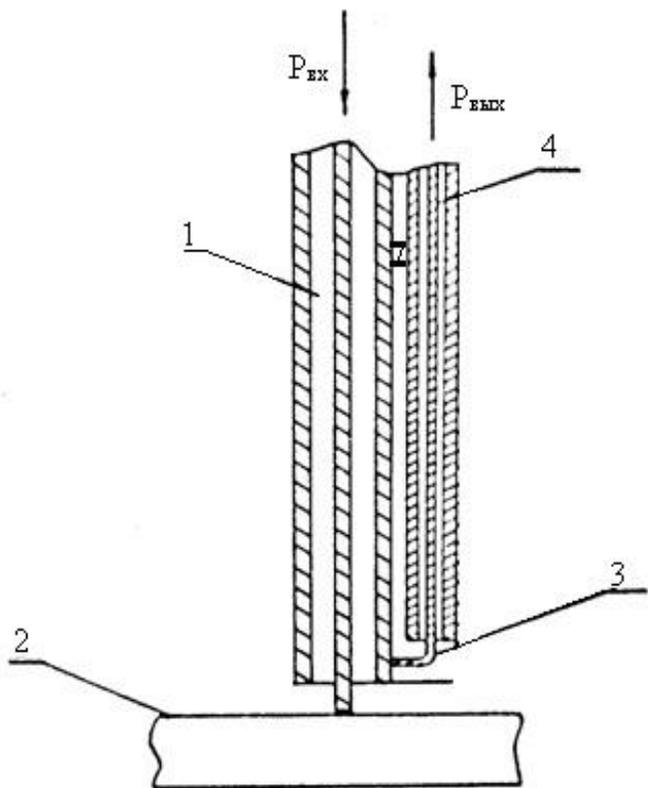
Рисунок 1 – КИП с выступающим центральным проводником

Изм.	Лист	№ документа	Подп	Дата

ЭПДР 411181.001

Лист
4

Конструкция КИП с выступающим центральным проводником



В работе используется в качестве функции преобразования зависимость магнитного поля, наведенного токами, возбуждаемыми КИП в полупроводниковой пластине, от её удельного сопротивления. В технике СВЧ в качестве датчика магнитного поля обычно используется индуктивная петля.

1 – входная коаксиальная линия, 2 – исследуемая полупроводниковая пластина, 3 – индуктивная петля связи, 4 – выходная коаксиальная линия

Рисунок 2 – Конструкция КИП с выступающим центральным проводником

Изм	Лист	№ документа	Подп	Дата

ЭПДР 411181.001

Лист

5

Эквивалентная схема КИП

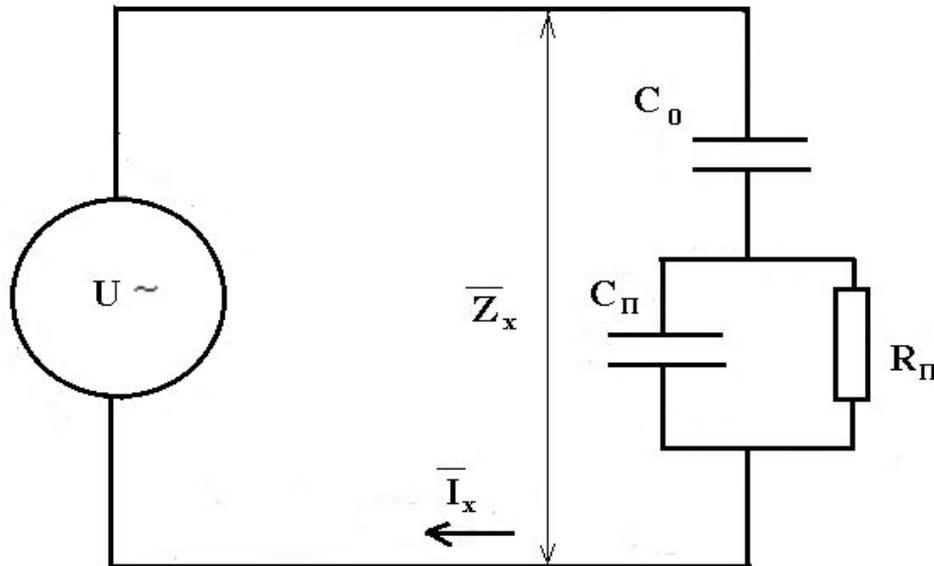


Рисунок 3 – Эквивалентная схема
КИП с пластиной полупроводника,
 C_0 – емкость воздушного зазора

Полный СВЧ - ток, возбуждаемый в исследуемой пластине входной коаксиальной линией, создает магнитное поле в области выходной коаксиальной линии, где размещается индуктивная петля связи. В режиме квадратичного детектирования выходное напряжение на сопротивлении нагрузки СВЧ детектора, подключенного к выходной коаксиальной линии КИП, пропорционально мощности наведенного тока в индуктивной петле связи.

Изд	Лист	№ документа	Подп	Дата

ись

ЭПДР 411181.001

Лист

6

Расчет выходной характеристики КИП методом эквивалентных схем

Выражение для выходного сигнала КИП можно представить в виде:

$$U_{\text{вых}} = \beta |\bar{I}_x|^2 = \alpha \frac{1}{|\bar{Z}_x|^2},$$

где α , β неизвестные коэффициенты.

Вводя обозначения

$$Q_{\text{II}} = \omega C R, \quad A = \frac{C_0 + C_{\text{II}}}{C_{\text{II}}},$$

Получим

$$U_{\text{вых}} = \gamma \frac{1 + Q_x^2}{1 + A^2 Q_x^2}, \quad \gamma = \alpha C_0^2 \omega^2. \quad (1)$$

Выражение для выходного сигнала КИП содержит два неизвестных параметра A и γ для определения которых необходимо проведение двух измерений на «эталонных» образцах. В случае измерения пластины из металла выражение (1) можно записать

$$\frac{U_{\text{вых.}}}{U_{\text{вых.мет.}}} = \frac{U_X}{U_M} = \frac{1 + Q_X^2}{1 + A^2 Q_X^2} \quad (2)$$

Изм	Лист	№ документа	Подп	Дата

ЭПДР 411181.001

Лист
7

Результаты расчета функции преобразования КИП

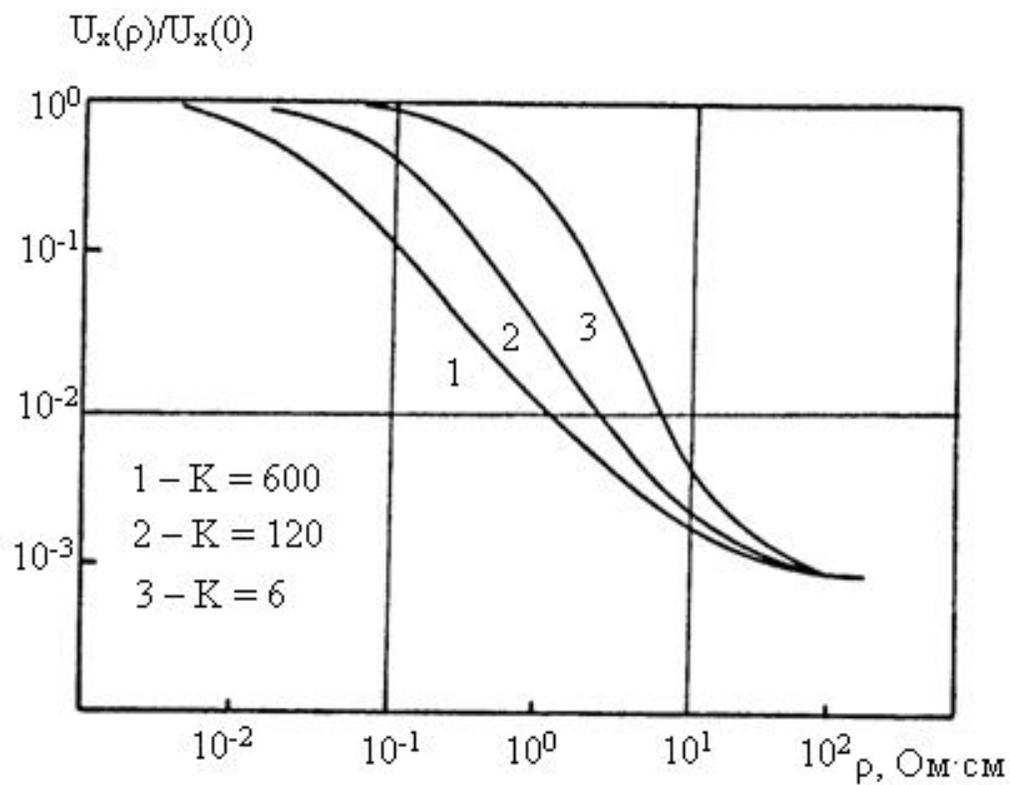


Рисунок 4 – Функция преобразования КИП для различных поправочных коэффициентов K

Изм	Лист	№ документа	Подп	Дата

ЭПДР 411181.001

Лист

8

исъ

Функция преобразования КИП

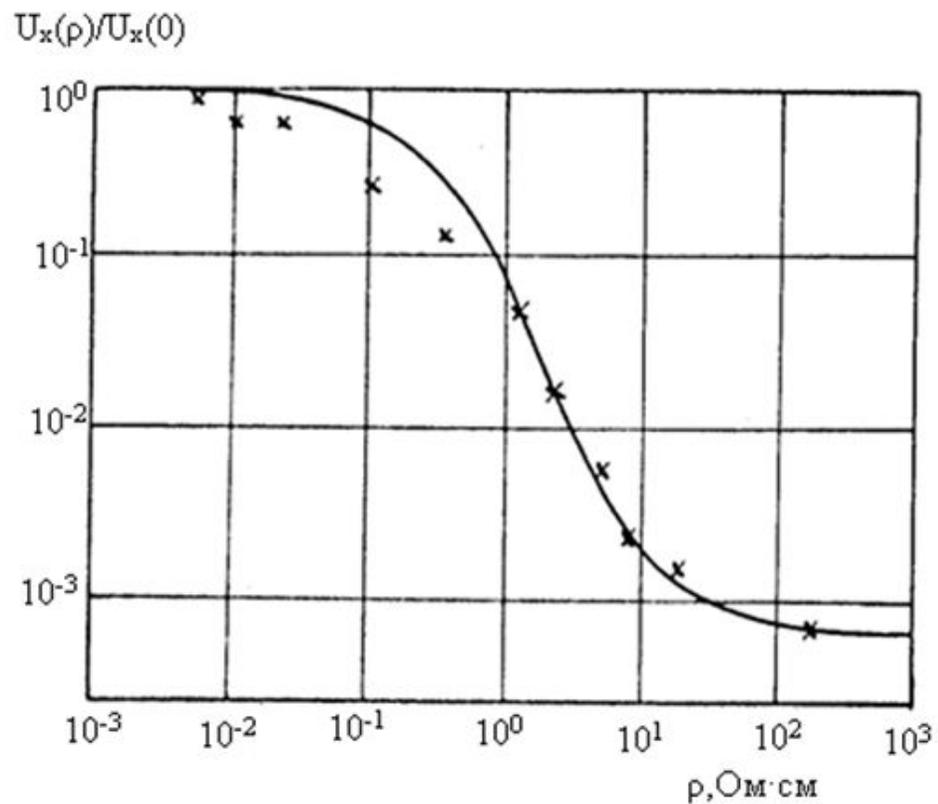
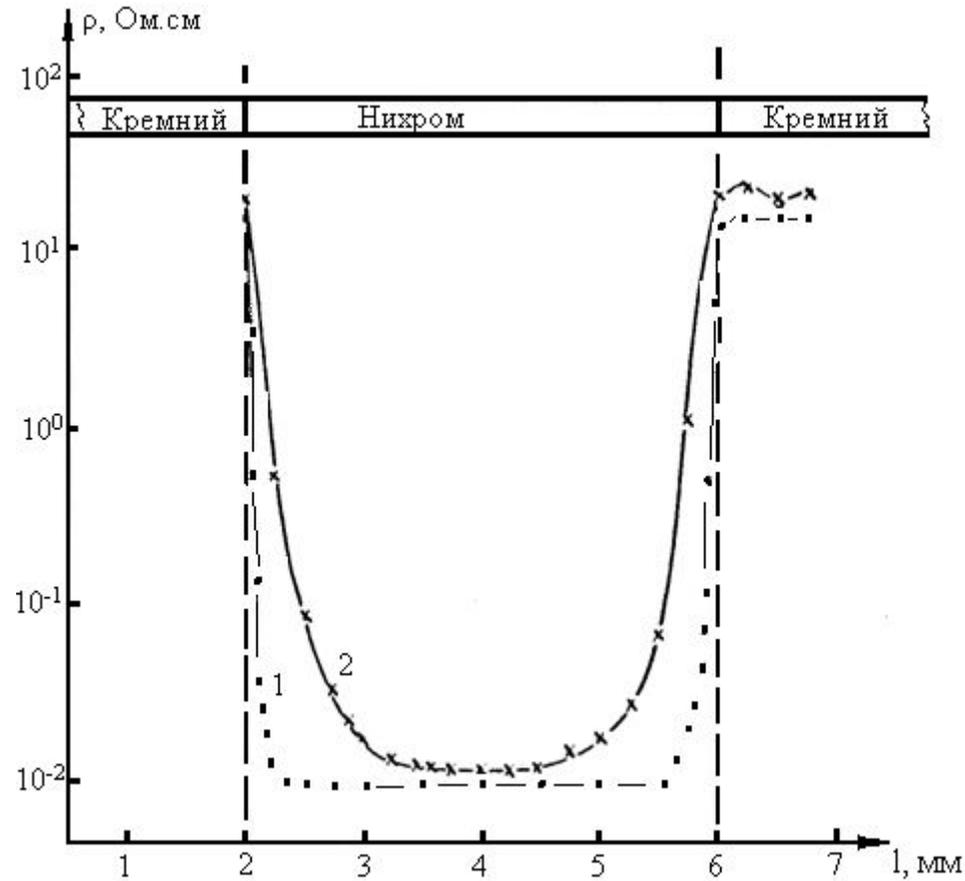


Рисунок 5 – Функция преобразования КИП с выступающим центральным проводником

Изм	Лист	№ документа	Подп	Дата
			ись	

ЭПДР 411181.001

Оценка локальности измерения ρ



1 - КИП с $R_1=0,012$ мм, 2 - КИП с $R_1=0,5$ мм

Рисунок 6 – Распределение удельного сопротивления в структуре с резким скачкообразным изменением ρ

Изм.	Лист	№	Подп	Дата
документ			ись	

ЭПДР 411181.001

Лист
10

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения дипломной работы исследована работа измерительного преобразователя (ИП) удельного сопротивления, проведен выбор функции преобразования и способа регистрации выходного сигнала, создана модель коаксиального ИП, разработана методика измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов.

В результате анализа проведенных экспериментальных исследований локальности метода измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов показано, что величина её может достигать $\sim 0,1$ мм и, тем самым, соизмерима с размерами большинства дискретных элементов приборов микроэлектроники.

Изм	Лист	№ документа	Подп	Дата

ЭПДР 411181.001

Лист
11

Спасибо за внимание !

Из	Лист	№ документа	Подп	Дата

ЭПДР 411181.001

Лист
12

исъ