

# Исследование методов формирования контактных слоёв кремния для рiп-диодов СВЧ диапазона

Д.В. Пухов<sup>1</sup>, А.С. Дубкова<sup>1</sup>, Н.Б. Гудкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> АО «НПП «Исток» им. Шокина»

**Аннотация:** в данной работе предложены и апробированы способы формирования контактных слоёв кремния для рiп-диодов методами ионного легирования и эпитаксиального наращивания для улучшения рабочих характеристик.

**Ключевые слова:** кремний, ионная имплантация, газофазная эпитаксия, рiп-диод.

## 1. Введение

Твердотельные источники СВЧ излучения средней и малой мощности находят широкое применение в науке и технике благодаря высокой надёжности, долговечности, малым размерам и массам. В настоящее время, наряду с транзисторными и гибридными микросхемами, диодами Ганна и лавинно-пролётными диодами, в качестве активных элементов таких устройств также используются рiп-диоды.

На сегодняшний день формирование контактного слоя проводится методом ионного легирования. Метод ионной имплантации позволяет получать слои с высоким уровнем легирования, однако из-за необходимости получения больших концентраций атомов бора ( $\sim 10^{19}$ - $10^{20}$  см<sup>-3</sup>) в р<sup>++</sup>-слое, процесс занимает продолжительное время (порядка нескольких рабочих дней). Альтернативным методом получения легированных слоёв является эпитаксиальное наращивание. Метод газофазной эпитаксии при пониженной температуре позволяет получать тонкие высоколегированные слои менее чем за 2 часа.

## 2. Подготовка образцов и измерения

Цель работы – определение оптимальных методов формирования контактных слоёв кремния для рiп-диодов СВЧ диапазона. Для эксперимента было изготовлено несколько образцов рiп-структур, в которых активный i-слой сформирован методом эпитаксиального наращивания при пониженной температуре, а контактный р<sup>++</sup>-слой методами: 1 – ионной имплантации, 2 – эпитаксиального наращивания, 3 – комбинированным методом (эпитаксиальный рост основного р-слоя с поверхностным подлегированием).

Главным требованием к структурам для рiп-диодов является малое значение поверхностного сопротивления. В таблице 1 представлены значения поверхностного сопротивления образцов.

Таблица 1. Поверхностное сопротивление образцов

№ образца	Способ формирования контактного слоя	R <sub>s</sub> , Ом
1	Комбинированный	11
2		12
3	Эпитаксия	50
4		50
5	Ионная имплантация	17
6		20

В таблице видно, что поверхностное сопротивление структур, полученных методом эпитаксии имеют наибольшее значение. В то же время структуры, которые формировались методом ионной имплантации и комбинированным методом имеют поверхностное сопротивление в несколько раз меньше и различаются незначительно.

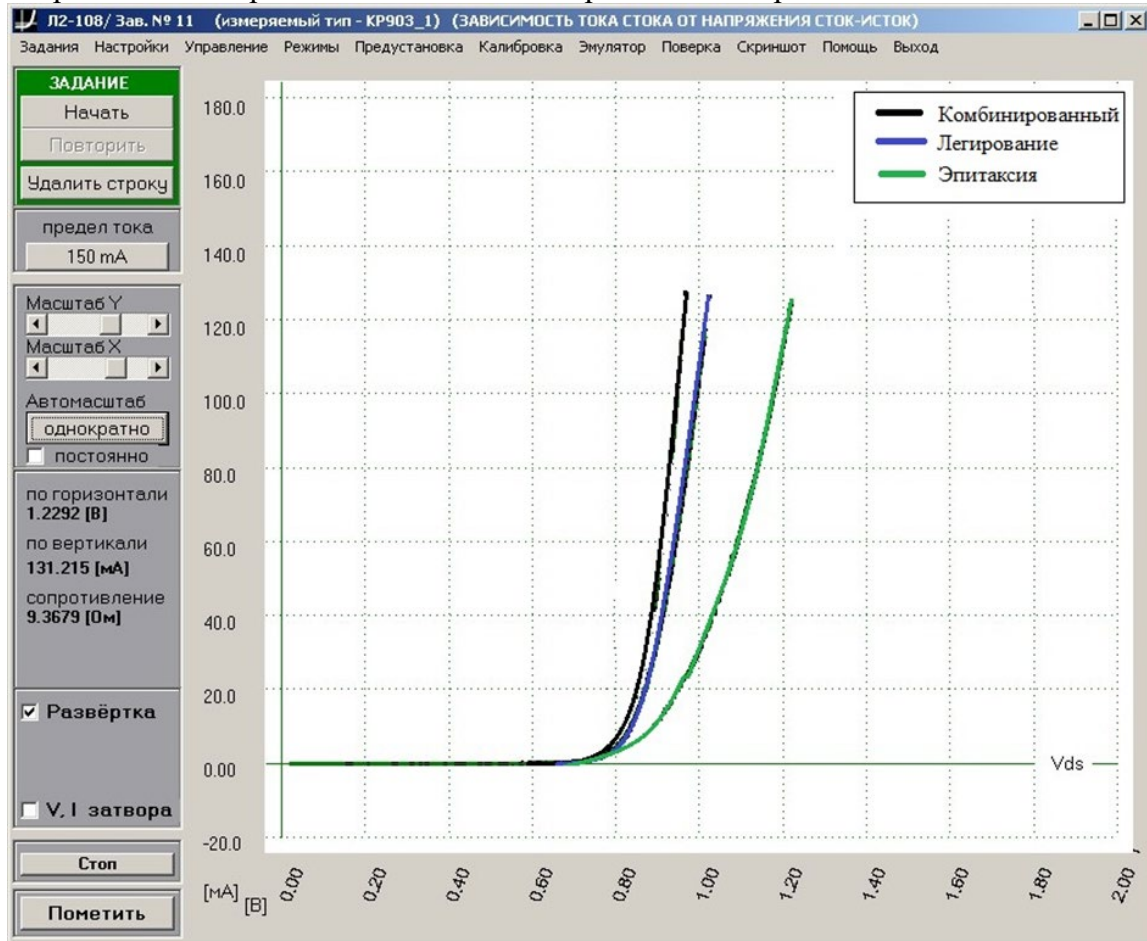


Рисунок 1. Вольтамперные характеристики p-n-диодов

На рисунке 1 представлены вольтамперные характеристики диодов. Работа p-n-диода характеризуется крутизной ВАХ и падением прямого напряжения  $U_{ds}$ . Как видно из представленных характеристик, наилучшими параметрами обладает диод, полученный на структуре, сформированной комбинированным методом.

### 3. Заключение

В работе показана возможность получения контактного  $p^{++}$ -слоя комбинированным методом, который представляет собой наращивание контактного  $p^{++}$ -слоя эпитаксией из газовой фазы при пониженном давлении и температуре с последующим подлегированием поверхности. Полученные опытным путем значения дают возможность сделать вывод о том, что данный метод является оптимальным для получения структур p-n-диодов, так как показывает лучшие рабочие характеристики и снижает время формирования контактного слоя в 4 раза.

#### Список литературы

1. Хахин Н.Б., Никулов В.В., Ефанов Н.Н. Выращивание кремниевых p-i-n структур в низкотемпературном процессе эпитаксии при пониженном давлении/ Электронная техника, сер. Электроника СВЧ, 4 (408). - 1988. – С. 67-69.
2. Мейер Дж. Ионное легирование полупроводников. – Мир, 1973.
3. Буренков А.Ф. Таблицы параметров пространственного распределения ионно-имплантированных примесей. – БГУ им. Ленина, 1980.