

СРАВНЕНИЕ ДЕТЕКТИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ Si и GaAs ДИОДОВ ШОТТКИ

Варлашов И. Б.¹, Шнитников А. С.¹, Гудкова Н. Б.²
 Московский энергетический институт (технический университет),
 кафедра полупроводниковой электроники
 ул. Красноказарменная, 14, г. Москва, 111250, Россия
 тел.: 095-3627596, e-mail: ShnitnikovAS@mpei.ru
 ФГУП НПП «Исток»
 г. Фрязино, 141120, Россия
 тел.: 095-4658618, e-mail: delo11@yandex.ru

Аннотация — Проведен сравнительный анализ характеристик Si и GaAs детекторных диодов СВЧ диапазона.

I. Введение

Помимо традиционного использования диодов с барьером Шоттки (ДБШ) в детекторах приемников, они широко применяются в защитных устройствах СВЧ диапазона. В частности, в «квазиактивных» защитных устройствах ток, вырабатываемый детектором, служит для управления импедансом более мощного диода с рпн-структурой. Кроме этого, ДБШ используются также в качестве «подчищающего» элемента на выходе многокаскадных защитных устройств; иногда диод может совмещать обе названные функции. [1]. Во всех случаях эффективность работы диода определяется его детектирующей способностью, которая может изменяться в широких пределах в зависимости от рабочей частоты, уровня входной мощности и параметров диодной структуры.

Как известно, в диапазоне ММВ лучшими параметрами обладают обычно детекторы из GaAs. Однако в диапазоне СМВ, особенно при невысокой входной мощности, нередко выявляются преимущества ДБШ на основе Si. Прояснение ситуации в конкретных случаях возможно путем моделирования с привлечением моделей диодных структур достаточно высокого уровня, что позволяет существенно сократить время и затраты на эксперименты.

Целью настоящей работы является анализ характеристик детекторных Si и GaAs диодов Шоттки в СВЧ диапазоне с использованием техники физикотопологического моделирования.

II. Методика анализа

Для анализа характеристик приборов использована система ISE TCAD, обеспечивающая, в частности, расчет статических и динамических характеристик структур заданной конструкции в 2-мерном приближении на основе фундаментальной системы уравнений полупроводника. Время счета охватывало достаточное число периодов СВЧ колебаний для достижения стационарного состояния с требуемой точностью, число расчетных точек на период составляло не менее 50. Предполагалось, что диод включен в линию с характеристическим сопротивлением 50 Ом, а по постоянному току обеспечен режим короткого замыкания.

Значения импеданса на рабочей частоте (а при необходимости и на ее гармониках) и постоянной составляющей тока I_d определялись с помощью вспомогательной программы фурье-анализа.

В качестве объектов анализа взяты Si и GaAs ДБШ, специально изготовленные на предприятии ФГУП НПП «Исток», с n - n^+ -структурой, и барьером

Шоттки на основе Ti, имеющие одинаковую площадь активной области $5.03 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2$.

Толщины слоев d и уровни легирования N приведены в табл. 1.

Табл. 1.

Table 1.

	Si		GaAs	
	n	n^+	n	n^+
$d, \mu\text{m}$	0.19	20	0.18	5
N, cm^{-3}	$1.6 \cdot 10^{17}$	$6.5 \cdot 10^{19}$	$7.5 \cdot 10^{16}$	$1.3 \cdot 10^{18}$

III. Результаты анализа

Рассчитанные ВАХ диодов сопоставлялись с экспериментальными данными. Из их наилучшего согласования были определены следующие параметры контактов Шоттки, используемые в последующих расчетах: высота потенциального барьера ϕ_b , скорость поверхностной рекомбинации S и последовательное сопротивление R_s (см. табл. 2).

Табл. 2.

Table 2.

	Si	GaAs
ϕ_b, eV	0.30	0.44
$S, \text{cm/s}$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$
R_s, Ω	7.05	8.46

Полученные зависимости тока I_d от входной мощности, рассчитанные для частоты сигнала 2 ГГц, приведены на рис.1. Соответствующие кривые для токовой (ампер-ваттной) чувствительности детекторов β представлены на рис. 2.

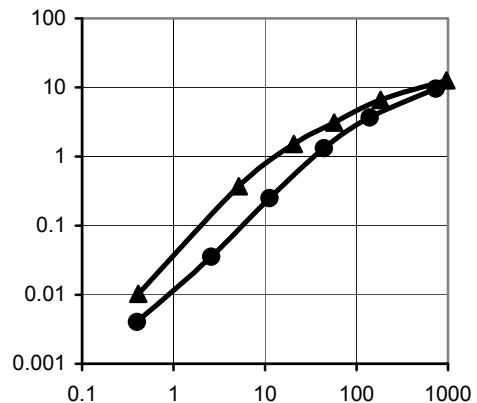


Рис. 1. Зависимости тока детектора от мощности.

Fig. 1. Detector current vs. input power

COMPARISON OF Si AND GaAs SCHOTTKY DETECTORS

Varlashov I. B.¹, Shnitnikov A. S.¹, Gudkova N. B.²
Moscow Power Engineering Institute
(Technical University)

14, Krasnokazarmennaya str., Moscow, 111250, Russia

e-mail: ShnitnikovAS@mpei.ru

Res. and Prod. Corp. "Istok"

Fryazino, Moscow, 141190, Russia

Ph.: 095-4658618, e-mail: delo11@yandex.ru

Abstract — Comparative investigation of Si and GaAs microwave detector diodes has been carried out.

I. Introduction

In addition to usage in receiver detectors, Schottky-barrier diodes (SBD) are often used in microwave control devices [1]. Though at mm-wave frequencies GaAs detectors are usually more sensitive than Si, their priority in the cm-wave range is not so evident. The purpose of the present work is to analyze the characteristics of Si and GaAs detectors by means of mathematical modeling.

II. Modeling Technique

The analysis is carried out using a 2-dimensional physical-topological diode model based on fundamental semiconductor equations. The diode is connected to a 50-Ω line, its constant-current component I_d is shorted. Si and GaAs Ti/n-n⁺ diodes with active region cross-section $5.03 \cdot 10^{-7}$ cm² have been manufactured. The thickness d and doping level N for each layer are given in Table 1.

III. Analysis Results

The following Schottky-barrier parameters have been found by matching the modeled I - V diode characteristics to the experimental data: barrier height ϕ_b , surface recombination rate S and series resistance R_s (see Table 2).

The calculated I_d versus P_{in} characteristics at a frequency of 2 GHz are presented in Fig.1; the corresponding curves for current sensitivity β of the analyzed SBD are given in Fig.2. According to the obtained results, the Si detector demonstrates higher sensitivity compared to the GaAs diode; In addition, maximal β value corresponds to lower input power. The observed difference may be explained by a lower barrier height for the Si diode. The determinative influence of this parameter on detector characteristics has been often pointed out in classical works [2]. As far as the input power is enhanced, the role of the ϕ_b value is reduced, and the curves approach each other. The potential GaAs advantage in quick-action is not revealed at 2 GHz.

Similar results are obtained for the frequency 8 GHz, but the priority of the Si detector appears much lower, the difference in current sensitivity values does not exceed 25%.

The obtained results agree qualitatively with preliminary experimental results for the investigated SBD.

IV. Conclusion

The use of the physical-topological modeling technique allows calculating SBD detector characteristics for various frequency and input power ranges. For frequencies lower 10 GHz, the Si detector has shown advantage in current sensitivity as compared to similar GaAs diode, particularly at lower power levels.

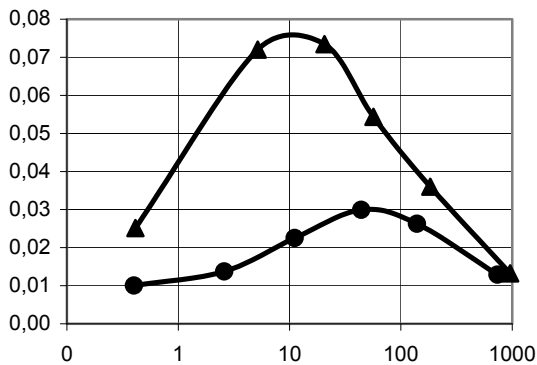


Рис. 2. Зависимости токовой чувствительности от входной мощности.

Fig. 2. Current sensitivity vs. input power

Как следует из характеристик, более высокую чувствительность на данной частоте демонстрирует Si детектор. По-видимому, это связано с более низким значением высоты потенциального барьера Шоттки по сравнению с ϕ_k для ДБШ из GaAs. Различие уровней входной мощности, при которых наблюдаются максимальные значения токовой чувствительности, может быть объяснено той же причиной. При увеличении P_{ex} влияние разницы в значениях ϕ_k ослабляется. Определяющее влияние высоты потенциального барьера на характеристики детекторных диодов неоднократно отмечалось в классических работах [2].

Потенциально более высокое быстродействие GaAs детектора не является решающим фактором на рабочей частоте 2 ГГц. Пробный расчет для тех же приборов на частоте 8 ГГц показал, что преимущество Si детектора существенно снижается, различие в значениях β не превышает 25%.

Максимальное расчетное значение развязки для каскада с ДБШ из Si и GaAs составляет соответственно 6.6 и 5.4 дБ, что также говорит о более высокой перспективности Si диода.

Полученные данные качественно подтверждают предварительными результатами испытания изготовленных приборов.

IV. Заключение

Использование техники физико-топологического моделирования позволяет определить характеристики детекторных диодов Шоттки в зависимости от входной мощности и частоты. Согласно полученным результатам, на частотах до 10 ГГц ДБШ из Si имеют более высокую токовую чувствительность, чем аналогичные приборы из GaAs.

V. Список литературы

- [1] Лебедев И. В., Шнитников А. С. Полупроводниковые диоды в СВЧ управляющих устройствах (Обзор) // Изв. вузов. Радиоэлектроника. 1987. Т. 30. № 10. С. 5—12.
- [2] Anand W., Moroney W. J. Microwave mixer and detector diodes // Proc. IEEE. 1971. Vol. 59, No. 8. P. 1182—1190.