

## АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

*Бондаренко А.С., Кондратьева В.А.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Мадвейко С.И – канд.техн.наук, доцент, заведующий кафедры ЭТТ*

**Аннотация.** Проведен анализ влияния СВЧ-энергии на ключевые характеристики полупроводниковых материалов. В частности, влияние частоты и мощности излучения на изменение сопротивления.

**Ключевые слова.** СВЧ-излучение, полупроводник.

**Введение.** Широкое применение СВЧ-излучения в микропроцессорной технике, в том числе для нагрева материалов, предполагает исследование изменения параметров и структуры материалов под воздействие СВЧ-волн. Полупроводники подвергаются подобного рода воздействию в связи большим количеством процессов, которым способствует нагрев образца кремния и др. СВЧ-излучение эффективно модифицирует свойства полупроводниковых структур, однако механизмы такого воздействия не изучены до конца.

**Основная часть.** При поглощении электромагнитной энергии в веществе возникают объемные источники энергии, обусловленные как токами проводимости, так и поляризационными процессами [1].

Известно, что СВЧ-облучение является эффективным методом модификации свойств полупроводниковых материалов и структур [2]. Механизмы такого воздействия до конца не изучены. Известно, что они являются структурно чувствительными, поэтому структурно совершенные полупроводниковые кристаллы интересны для исследования с данной точки зрения.

В работе [3] проводились исследования на установке, в которой источником СВЧ-поля служил генератор сигналов высокочастотный типа Г4-127, позволяющий плавно изменять частоту излучения от 11,95 ГГц до 16,5 ГГц с максимальной выходной мощностью 8 мВт. На конце волноводного тракта была размещена измерительная термисторная головка типа МБ-28А, представляющая собой оконечную нагрузку, которая обеспечивала измерение мощности СВЧ-излучения в волноводном тракте. В волноводе имелось малое отверстие, в которое параллельно узкой стенке вводился зонд с исследуемым кристаллом. Этот кристалл подсоединялся к измерительному прибору, обеспечивающему непрерывное измерение сопротивления кристалла и э.д.с., возникающей на контактах к кристаллу при воздействии на него СВЧ-поля [3].

На рисунке 1 [3] приведена зависимость изменения сопротивления  $\Delta R$  кристалла твердого раствора *Si-Ge* от мощности СВЧ-излучения на различных фиксированных частотах. Между полученными зависимостями  $\Delta R$  от частоты и величины э.д.с., возникшей на контактах кристалла при уровне мощности 5 мВт, от частоты существует четкая корреляция. Наиболее сильная зависимость изменения сопротивления от мощности наблюдается при тех частотах, на которых находятся пики. Наиболее выраженные пики изменения  $R/R_{\max}$  соответствуют частотам 15,5-16,5 ГГц [3]. Исследования кристаллов под более мощным излучением показали на низких уровнях мощности аналогичную зависимость, а на более высоких приводило к локальным разогревам кристаллов.

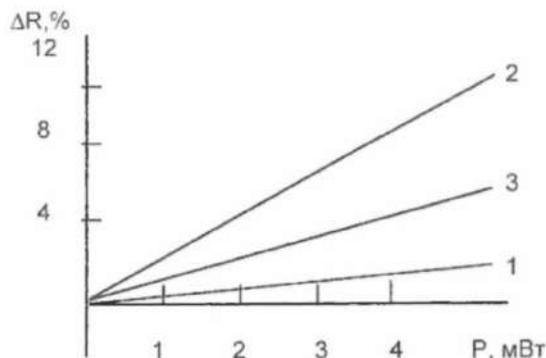


Рисунок 1 – Зависимость изменения сопротивления  $\Delta R$  от мощности СВЧ-поля для кристалла твердого раствора Si-Ge при частоте излучения: 1 - 14,8 ГГц, 2 - 16,3 ГГц, 3 - 16,5 ГГц [3]

Для максимальной выходной мощности напряженность в кристалле достигает 400 В/м, что вполне достаточно для генерации горячих носителей. Определенный интерес с точки зрения чувствительности к СВЧ-мощности вызывают кристаллы кремния, обладающие не только высокими значениями температурного коэффициента сопротивления, но и высокими значениями коэффициентов термо-э.д.с. в диапазоне 20...200 °С.

**Выводы.** Анализ данных показывает, что полупроводники могут характеризоваться неравномерным нагревом в сильных СВЧ-полях, а также фактом наличия горячих носителей, которые могут генерироваться лишь в областях с высоким сопротивлением. СВЧ-нагрев полупроводниковых материалов является более качественным, чем тепловой или ИК-нагрев в силу большей равномерности распределения энергии.

#### Список использованных источников

1. Mishra, R.R. *Microwave-material interaction phenomena: Heating mechanisms, challenges and opportunities in material processing* / R.R. Mishra, A.K. Sharma // *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. – 2016. – Vol. 81. – P. 78– 97.
2. Миленин В.В. *Н Взаимод. излучений с тв. телом: Тез.докл. 2-й междунар. конф.* - Мн., 1997-С.118.
3. Байцар Р.И. *Влияние СВЧ-облучения на структуру и свойства полупроводниковых кристаллов* / Р.И.Байцар, Г.Н.Бортник, С.С.Варшава, И.В.Курило.

UDC 621.3.049.77

## ANALYSIS O THE INTERACTION OF MICROWAVE RADIATION WITH SEMICONDUCTOR MATERIALS

*Bondarenko A.S., Kondratieva V.A.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Madveika S.I. – PhD, associate professor, head of the department of ETT*

**Annotation.** Analysis of the effect of microwave energy on the characteristics of semiconductor materials were analysed. In particular, influence of frequency and power of radiation on change of resistance.

**Keywords:** microwave radiation, semiconductor.