

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.382.323

Санковский  
Максим Владимирович

Влияние импульсного излучения оптического диапазона на электрические  
характеристики МОП транзисторов в КНИ структурах

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-41 80 03 «Нанотехнологии и наноматериалы (в  
электронике)»

---

Научный руководитель

Бондаренко Виталий Парфирович

к.т.н., доцент

---

Минск 2017

## **ВВЕДЕНИЕ**

Физическая невозможность испытаний интегральных микросхем (ИМС) военного и двойного назначения на устойчивость к воздействию ядерного взрыва напрямую привела к необходимости разработки теоретических и практических методов его имитации. В частности, и к имитации импульсного ионизирующего излучения (ИИИ).

Актуальность работы определяется необходимостью разработки низкобюджетных экспериментальных методов исследования влияния ИИИ на элементы ИМС военного и двойного назначения.

Имитация воздействия ИИИ на ИМС в данный момент осуществляется с помощью источников гамма-излучения и импульсным лазерным излучением (ЛИ). Однако в первом случае необходимы повышенные меры безопасности, а во втором – значительные материальные вложения.

Поэтому требуется поиск иных, дешёвых и безопасных, методов имитации влияния ИИИ на ИМС. В таком случае требуется исследование воздействия иных видов импульсных излучений на ИМС, например, излучения оптического диапазона, что и ставит целью настоящая работа.

В настоящей работе проведено исследование влияние импульсного излучения оптического диапазона на электрические характеристики МОП транзисторов в КНИ структурах.

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы магистерской диссертации.** Актуальность работы определяется необходимостью разработки экономически выгодных экспериментальных методов исследования влияния импульсного ионизирующего излучения (ИИИ) на характеристики элементов ИМС военного и двойного назначения.

**Цель и задачи исследования.** Исследование воздействия импульсного излучения оптического диапазона на элементы ИМС и сравнении этого воздействия с воздействием импульсного ионизирующего излучения.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Анализ современного состояния исследований по влиянию импульсного ионизирующего излучения на электрические элементы элементной базы КМОП ИМС.
2. Анализ воздействия импульсного излучения оптического диапазона на электрические элементы элементной базы КМОП ИМС.
3. Оценка возможности применения оптического излучения для имитации влияния ИИИ на электрические параметры элементов КМОП ИМС в КНИ структурах.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются элементы КМОП ИМС в структурах КНИ. Предметом исследования является влияние оптического диапазона на ИМС.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.** На защиту выносятся следующие основные результаты:

- Из основных электрических характеристик интегрального диода наибольшей чувствительностью к импульсному излучению оптического диапазона обладает ток утечки обратносмещённого диода.
- Из основных электрических характеристик интегрально транзистора наибольшей чувствительностью к импульсному излучению оптического диапазона обладают допороговые характеристики и ток утечки сток-исток.
- На чувствительность интегральных диодов и МОП транзисторов к свету оказывает влияние конструкция металлизированной разводки.

**Личный вклад соискателя.** Все основные результаты и выводы получены соискателем самостоятельно. Аналитическое исследование современного состояния исследований по влиянию импульсного ионизирующего излучения на электрические элементы элементной базы КМОП ИМС. Во время работы над диссертацией соискателем было экспериментально исследовано влияние импульсного излучения оптического диапазона на электрические характеристики на интегральные диоды и транзисторы КМОП в КНИ структурах. Разработка методики экспериментального исследования

проводилась совместно с научным руководителем кандидатом технических наук Бондаренко В.П.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трёх глав, заключения и списка использованных источников, включающего 35 наименований. Общий объем диссертации составляет 69 страниц.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы поиска низкобюджетных методов практической имитации импульсного ионизирующего излучения.

В **первой главе** приводится аналитическое исследование воздействия импульсного ионизирующего излучения и его имитации. Самый современный метод его экспериментальной имитации на данный с использованием импульсного лазерного излучения, однако его организация весьма дорогостояща. Поэтому и предлагается использовать импульсное излучения оптического диапазона.

Во **второй главе** рассмотрены конструкции исследуемых элементов ИС в структурах КНИ, параметры источника оптического излучения, составные части измерительного стенда.

В **третьей главе**, первом разделе, рассмотрены зависимости тока утечки и плотности тока утечки от интенсивности импульса света для диодов. При слабых импульсах значение токов утечки мало отличается от таковых в нормальных условиях (при дневном освещении). Увеличение интенсивности показывает ускорение увеличения токов утечки. Эта зависимость сохраняется и далее. Максимальный уровень интенсивности увеличивает значения токов утечки для всех диодов до нескольких десятков нА, а в целом для структур, на которых проводились измерения, токи утечки превышали 1 мкА. увеличение интенсивности импульса приводит к увеличению плотности тока утечки. Больше значение плотности токов утечки наблюдается у диодов с меньшей шириной, а наибольшее из полученных в данной структуре – у диодов в п-карманах. Сравнение плотности тока утечки от интенсивности освещения на каждом уровне показывает, что какими бы не были карманы и размеры диодов,

разброс значений плотности тока утечки не так велик, в сравнении с разбросом значений тока утечки при одном уровне интенсивности импульса. Импульсы излучения оптического диапазона значительно ухудшают выпрямительные свойства диодов.

Во втором разделе рассмотрены зависимости остаточного тока и плотности остаточного тока от интенсивности импульса света, а так же допороговые характеристики транзисторов при различных уровнях освещения. Они приведены для р- и n-транзисторов, однозатворных и двухзатворных, с одним уровнем металлизации и с двумя. Остаточный ток и плотность остаточного тока экспоненциально возрастают при увеличении интенсивности импульса. В допороговых характеристиках с увеличением интенсивности импульса увеличиваются начальные значения тока, уменьшая напряжение, вплоть до 0 В, при котором ток начинает течь.

Так же в третьей главе приведены основные выводы о возможности использовать импульсное излучение оптического диапазона для имитации ИИИ, влиянии на имитацию металлизации, а так же приведены рекомендации по созданию полноценной методики имитации воздействия ИИИ.

В **заключении** кратко изложены основные результаты магистерской диссертации.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе работы над магистерской диссертацией было проведено исследование влияния импульсного излучения оптического диапазона на электрические характеристики МОП транзисторов в КНИ структурах.

Задача исследования заключалась в анализе воздействия импульсного излучения оптического диапазона на электрические элементы элементной базы КМОП ИМС. и проверке возможности использовать широкодоступные приборы оптического излучения для практической имитации влияния ИИИ на электрические параметры элементов ИМС в структурах КНИ. Это особенно актуально для ИМС военного и двойного назначения, при этом имитация прибором типа лампа-вспышка не требует больших дополнительных затрат.

В ходе работы над магистерской диссертацией и обзором литературы в частности особенно много обращений было к трудам Никифорова Л.Ю., Скоробогатова П.К. и их научных сотрудников. Они достигли значительных

успехов в области имитации ИИВ импульсным лазерным излучением, что отражено в первой главе, создали ряд аппаратных и программных комплексов в рамках ЭНПО «СПЭЛС» (Москва).

Во второй главе была приведена методика проведения эксперимента; конструкция элементов, исследуемых в работе; приведены параметры источника импульсного излучения оптического диапазона; описан комплекс оборудования, использованного в эксперименте.

В третьей главе приведены измерения характеристик интегральных диодов и транзисторов, подверженных изменению под влиянием импульсного излучения оптического диапазона. В конце главы приведены выводы о возможности использования импульсного излучения оптического диапазона для имитации воздействия ИИИ на элементы ИМС в структурах КНИ, даны рекомендации по проведению дальнейших исследований в данной области.

На защиту выносятся следующие положения, полученные автором в работе:

- Из основных электрических характеристик интегрального диода наибольшей чувствительностью к импульсному излучению оптического диапазона обладает ток утечки обратносмещённого диода.
- Из основных электрических характеристик интегрально транзистора наибольшей чувствительностью к импульсному излучению оптического диапазона обладают допороговые характеристики и ток утечки сток-исток.
- На чувствительность интегральных диодов и МОП транзисторов к свету оказывает влияние конструкция металлизированной разводки.

В работе показано, что импульсным излучением оптического диапазона можно имитировать влияние ИИИ на электрические характеристики интегральных диодов и МОП транзисторов в КНИ структурах.