

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

УДК 621.382

ДАО
День Ха

ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ
НА ОСНОВЕ МДП-СТРУКТУР

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Научный руководитель
Стемпичкий Виктор Романович,
канд. техн. наук, доц.

« ____ » _____ 2015 г.

Минск, 2015

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сенсорной технике самое широкое применение нашли датчики магнитного поля, используемые для измерения индукции магнитного поля и бесконтактного определения механических и электрических воздействий (реле, датчики положения, измерители тока и мощности, предохранители и т. п.). В ряд важнейших вопросов, решаемых в рамках указанных научных направлений, входит задача разработки, усовершенствования конструктивных параметров и использования широкой номенклатуры сенсорных устройств, а также задача разработки соответствующих методов моделирования, реализованных в программных средствах, является важной и актуальной.

Одним из наиболее распространенных типов магниточувствительных элементов являются датчики Холла. Принцип их действия основан на эффекте Холла – возникновении поперечной разности потенциалов при протекании тока по проводнику, находящемуся в поперечном магнитном поле. Относительная простота изготовления и конструкции датчика Холла поставили его на первое место по сравнению с другими преобразователями магнитного поля. Основными материалами, которые используются при изготовлении магниточувствительной области датчика, являются кремний (Si), арсенид галлия (GaAs) и индий-сурьма (InSb).

Решение указанных задач возможно с применением современных средств приборно-технологического проектирования технологических процессов и приборных структур микроэлектроники. При этом важно, а в некоторых случаях необходимо обеспечить возможность моделирования не только технологии изготовления и электрических характеристик сенсора, но и исследовать эффекты, возникающие в процессе его эксплуатации при воздействии внешних условий (магнитного поля, температуры и т. д.).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами, темами

Работа выполнялась в рамках обеспечения решения задач Государственных программ научных исследований (ГПНИ):

– ГПНИ «Электроника и фотоника», задание 1.1.16: «Разработка методов, алгоритмов и специального программного обеспечения для экстракции и идентификации Spice-параметров наноразмерных полупроводниковых приборов», сроки выполнения 2014 – 2015 гг., номер госрегистрации 20143445.

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка практических рекомендаций по конструированию и оптимизации характеристик сенсорных устройств на основе МДП-структур с использованием результатов приборно-технологического проектирования в программном комплексе компании Silvaco.

Для достижения этой цели в работе решались следующие задачи:

1. Провести анализ современного состояния исследований по созданию сенсорных устройств на основе МДП-структур и предложить перспективные конструкции таких элементов;
2. Разработать методику и провести моделирование технологического процесса изготовления сенсорных устройств на основе МДП-структур для конструктивных различных параметров;
3. Разработать методику и провести моделирование электрических и других характеристик двух- и трехмерного представления сенсорных устройств на основе МДП-структур для различных условий функционирования;
4. Разработать и провести моделирование сенсорных устройств на основе МДП-структур вместе со схемой обработки сигналов;
5. Выработать рекомендации по оптимизации и практическому использованию созданных методов и структур в реальном цикле проектирования и изготовления интегрированных сенсорных устройств.

Положения, выносимые на защиту

1. Реализация активной области полевого датчика Холла с применением узкозонных полупроводниковых материалов группы $A^{III}-B^V$, обладающих высокой подвижностью носителей заряда, в частности – антимонида

индия (InSb), обеспечивает увеличение в 6 раз чувствительности по сравнению со структурами, активная область которых сформирована на основе кремния, германия или арсенида галлия, при значении магнитной индукции 0,6 Тл.

2. Конструкция полевого датчика Холла на основе антимонида индия, обладающего низкой нелинейностью в зависимости напряжения Холла от температуры, обеспечивает возможность функционирования указанной группы приборов при температурах до $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (70 К).

Апробация результатов диссертации

Результаты исследований, представленные в диссертации, докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях: XXIII международной научной практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния» (ФКС – XXIII), Республиканской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Интеллектуальные и сенсорные системы» (БНТУ), 51-научной конференции аспирантов магистрантов и студентов (БГУИР), Белорусско-Российской научной-технической конференции «Технические средства защиты информации» (БГУИР), а также опубликованы в виде соответствующих тезисов и материалов конференций.

Опубликование результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано и подготовлено к опубликованию 5 работ. Из них 4 статьи в сборниках материалов научных конференций, 1 тезис доклада.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из титульного листа, содержания, перечня условных обозначений терминов, введения, трех глав, заключения и списка использованных источников из 39 наименований, а также списка публикаций автора из 5 наименований. Объем диссертационной работы составляет 90 страниц, в том числе 12 таблиц – в объеме 6 страниц и 45 рисунков – в объеме 20 страниц.

КРАТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** проведен анализ перспективных направлений развития полупроводниковых сенсоров и различных конструкций датчиков на основе эффекта Холла. В том числе проанализированы основные параметры по технологиям, по материалам и по другим требованиям при изготовлении датчика Холла.

Во **второй главе** представлена конструкция полевого датчика Холла на основе КНИ-структур и его основные параметры. Разработана методика для моделирования технологического процесса изготовления полевого датчика Холла, а также методика для моделирования электрических и других характеристик полевого датчика Холла при воздействии магнитного поля.

В **третьей главе** описаны результаты моделирования полевого датчика Холла и результаты моделирования схемотехнического решения магнитоуправленной ИМС. Выработаны рекомендации по оптимизации и практическому использованию созданных методов и структур в реальном цикле проектирования и изготовления интегрированных сенсорных устройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследованы конструктивные решения магниточувствительных сенсорных устройств – полевых датчиков Холла, изготавливаемых по стандартной кремниевой технологии и на основе структур «кремний-на-изоляторе».
2. Разработана и апробирована методика приборно-технологического моделирования полевых датчиков Холла. Выполнено двух- и трехмерное моделирование характеристик полевого датчика Холла, в том числе включая схему обработки поступающих сигналов.
3. Проведена оптимизация параметров чувствительности и температурной стабильности ПДХ, в том числе с использованием новых перспективных материалов.
4. Выработаны рекомендации по использованию разработанных методов в реальном цикле проектирования и изготовления интегрированных сенсорных устройств.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

[1-А] Дао Динь Ха. Оптимизация конструктивно-технологических параметров полевого датчика Холла/ Динь Ха Дао // Физика конденсированного состояния : материалы XXIII международная научная практическая конференция аспирантов, магистрантов и студентов / гл. ред. В. Г. Барсуков. – Гродно : ГрГУ, 2015. – С. 108–110.

[2-А] Дао Динь Ха. Оптимизация параметров чувствительности полевого датчика Холла / Динь Ха Дао // Сборник материалов 51-ой научной конференции аспирантов магистрантов и студентов. – Минск, БГУИР, 2015.

[3-А] Дао Динь Ха. Особенности технологического и приборного моделирования полевого датчика Холла / Динь Ха Дао , В. Р. Стемпицкий // Сборник материалов научно-технической школы-конференции БНТУ «Интеллектуальные и сенсорные системы». – Минск, БНТУ, 2015 (принято к опубликованию).

[4-А] Дао Динь Ха. Параметры полевого датчика Холла при различных режимах включения / Динь Ха Дао , В. Р. Стемпицкий // Технические средства защиты информации: материалы Белорусско-Российской науч.-техн. конф. – Минск, БГУИР, 2015.

[5-А] Dao Dinh Ha. Optimization of structural and technological parameters of the field effect Hall sensor / Dao Dinh Ha, Lovshenko I., Stempitsky V.// Advanced Technologies for Communications (ATC), Ho Chi Minh city, Vietnam (принято к опубликованию).