**Михайлов, Алексей Павлович.**

**Исследование и расчёт характеристик магниторезистивной памяти на основе эффекта переноса спина : диссертация ... кандидата физико-математических наук : 01.04.04 / Михайлов Алексей Павлович; [Место защиты: ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»]. - Долгопрудный, 2020. - 197 с. : ил.**

**Оглавление диссертациикандидат наук Михайлов Алексей Павлович**

**Введение**

**Глава 1. Основы магнитизма наноструктур**

**1.1 Ферромагнетизм в тонких пленках**

**1.1.1 Ферромагнетики**

**1.1.2 Магнитная анизотропия**

**1.1.3 Когерентное обращение намагниченности**

**1.2 Магнитный туннельный переход**

**1.2.1 Модель Жюлиера**

**1.3 Взаимодействия в наномагнетизме**

**1.3.1 Обменное взаимодействие РККИ**

**1.3.2 Ферро/антиферромагнитное обменное взаимодействие**

**1.4 Память в микроэлектронике**

**1.4.1 Энергозависимая память**

**1.4.2 Энергонезависимая память**

**1.4.3 Магниторезистивная память**

**Глава 2. Основы магнито-резистивной памяти**

**2.1 Хранение информации**

**2.1.1 Ключевая роль фактора температурной стабильности**

**2.1.2 Фактор температурной стабильности ячеек с различным направлением намагниченности свободного слоя**

**2.2 Считывание информации**

**2.2.1 Принципы операции считывания**

**2.2.2 Возмущения в запоминающем слое от прохождения спинового тока**

**2.3 Первое поколение MRAM**

**2.3.1 Stoner-Wohlfarth MRAM**

**2.3.2 Toggle MRAM**

**2.4 Второе поколение MRAM**

**2.4.1 Thermally Assisted MRAM**

**2.4.2 Spin-Transfer Torque MRAM**

**2.4.3 TA-STT MRAM**

**Глава 3. Моделирование ошибок работы памяти STT-MRAM**

**3.1 Программный код msmipt**

**3.1.1 Оптимизация производительности**

**3.2 Применение взвешенной регрессии для сокращения времени расчёта**

**3.2.1 Постановка задачи**

**3.2.2 Вычисление весов**

**3.2.3 Вычисление взвешенной регрессии**

**3.2.4 Заключение**

**3.3 Косвенный метод углубления расчёта ошибок**

**3.4 Моделирование стохастической динамики намагниченности**

**3.4.1 Постановка задачи**

**3.4.2 Параметры моделирования**

**3.4.3 Детерминированное переключение: моделирование при нулевой температуре**

**3.4.4 Моделирование ошибок записи/считывания**

**3.4.5 Моделирование температурной стабильности**

**3.4.6 Заключение**

**Глава 4. Экспериментальные методы получения параметров**

**композиции материалов ячеек памяти MRAM**

**4.1 Исследование зависимости характеристик композиции**

**материалов MRAM от температуры с помощью установки VSM**

**4.2 Исследование характеристик композиции материалов MRAM с помощью установки ФМР**

**4.2.1 Теоретические основы ФМР**

**4.2.2 Экспериментальное исследование ФМР**

**4.2.3 Экспериментальная установка ФМР**

**4.2.4 Техника измерений и обработка результатов**

**4.2.5 Заключение**

**Глава 5. Микромагнитное моделирование свойств MRAM**

**5.1 Моделирование, вычисление и экспериментальное определение**

**фактора температурной стабильности**

**5.1.1 Экспериментальные методы определения фактора**

**температурной стабильности ячейки памяти MRAM**

**5.2 Методы определения поля анизотропии формы ячейки памяти MRAM**

**5.2.1 Метод на основе расчёта кривой размагничивания**

**5.2.2 Метод на основе расчёта Ланжевеновской динамики и эффекте ферромагнитного резонанса**

**5.2.3 Метод на основе расчёта изменения энергетического**

**барьера под воздействием внешнего магнитного поля**

**5.3 Исследование устойчивости ячеек памяти MRAM к магнитному**

**полю произвольной направленности**

**5.3.1 Исследование влиянию внешнего магнитного поля на**

**ошибки записи ячеек памяти**

**Глава 6. Аналитическое исследование критических свойств**

**STT-MRAM на основе температурной зависимости свойств композиции материалов и размера ячеек**

**6.1 Анализ влияния температуры на основные параметры работы**

**ячеек памяти**

**6.1.1 Влияние температуры на способность ячеек памяти**

**хранить информацию**

**6.1.2 Влияние температуры на критический ток**

**6.1.3 Влияние температуры на ошибки записи и считывания**

**6.2 Влияние разброса ячеек по размерам на параметры ячеек памяти**

**Приложение А. Описание полученных по результатом исследований**

**патентов**

**А.1 Комбинированный элемент магниторезистивной памяти (варианты), способы считывания информации с элемента (варианты), способы записи информации на элемент (варианты) . .151 А.2 Сердечник катушки индуктивности (варианты)**

**А.3 Тонкоплёночный тороидальный сердечник с анизотропией**

**формы, катушка индуктивности и трансформатор, его содержащие**

**Заключение**

**Список сокращений и условных обозначений**

**Список литературы**

**Список рисунков**

**Список таблиц**