

Спинтроника

Содержание курса:

- 1. Основы спинтроники:** спин электрона, матрицы Паули, спиновый ток, эффект переноса спина, спин зависимое рассеяние, гигантское и туннельное магнитосопротивление, двухканальная модель, теория Жульера.
- 2. Магнитные материалы:** ферромагнетики, антиферромагнетики, слабые ферримагнетики, магнитные кластеры, магнитный туннельный контакт, синтетический антиферромагнетики, магнитные гетероструктуры.
- 3. Микромагнитный подход:** уравнение Ландау-Лифшица-Гильберта (ЛЛГ), эффективное поле, типы взаимодействий в ферромагнетике, микромагнитное моделирование, переход между микроскопическим и макроскопическим описанием динамики магнитного момента.
- 4. Перенос магнитного момента:** эффект переноса спина, спиновый вращающий момент, два типа вращающих моментов и их учёт в уравнениях ЛЛГ, теория Слоузуского, спиновая накачка, управляемая напряжением магнитная анизотропия (VCMA).
- 5. Спин-орбитальное взаимодействие в спинтронике:** гамильтониан Рашбы, эффект Рашбы-Эдельштейна, спиновый эффект Холла, обратный спиновый эффект Холла, спиновый эффект Зеебека, вращающие моменты спин-орбитальной природы, спин-орбитроника и спин-калоритроника.
- 6. Устройства на МТЖ:** магнитная память с произвольным доступом (MRAM), модель Стонера-Вольфарта, метод Савченко, термостимулированная MRAM, MRAM с управлением током (STT-MRAM), спин-трансферный наноосциллятор (СТНО), спиновый диод, Микроэлектромеханические системы (Magnetic MEMS).
- 7. Доменные границы (ДГ) в спинтронике:** типы доменных границ, динамика ДГ в одноосном ферромагнетике, стационарное движение и предел Уокера, решение Уокера, методы возбуждения ДГ, практическое применение ДГ (трековая память, магнитная логика, мемристор).
- 8. Динамические и топологические магнитные солитоны:** магнитные вихри и антивихри, скирмионы и антискирмионы, топологический заряд, уравнение Тилиа, вихревой СТНО, скирмионный и топологический эффекты Холла, скирмионы в антиферромагнетиках.
- 9. Квантовые материалы:** топологические изоляторы, двумерные и квазидвумерные материалы, квантовый эффект Холла.
- 10. Основы теории квантовых вычислений.** Возможные спинтронные реализации квантовых вычислений. Кубиты, квантовые точки. Проблема декогерентности, квантовая коррекция ошибок.
- 11. Экспериментальные методики изучения магнетизма.** Магнитометрия, детектирование магнитного порядка, магнитные возбуждения, наблюдение магнитных доменов, исследования с временным разрешением.
- 12. Проектирование и производство магнитных структур:** рост, травление, магнетронное распыление, литография. Магнитные устройства.
- 13. Основы схемотехники и конструирования спинтронных устройств :** магнитная память с произвольным доступом (MRAM), термостимулированная MRAM, MRAM с управлением током (STT-MRAM), спин-трансферный наноосциллятор (СТНО), спиновый диод, микроэлектромеханические системы (Magnetic MEMS). Цифровая логика управления для спинтронных устройств.
- 14. Нейроморфные вычисления на базе спинтронных устройств:** мемристоры, бинарные нейронные сети, стохастические нейронные сети.