

Магия атомно-силового микроскопа: исследование скирмионов, пирозлектриков, поверхностных свойств кристаллических пленок

Подзаг: Опыт ученых Института физики полупроводников

Работа большинства специалистов Института физики полупроводников им А.В. Ржанова СО РАН связана с тонкими кристаллическими пленками — их созданием, диагностикой, постростовыми процедурами. От поверхностных свойств таких объектов зависят параметры перспективной квантовой электроники, область ее применения.

Например, ученые ИФП СО РАН исследуют свойства пирозлектриков — соединений ниобата бария-стронция, перспективных для создания инфракрасных фотоприемников, а также ферромагнетиков, на основе которых можно сделать эффективный детектор спина электронов. Выращивают соединения технологи института методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Исследование полученных материалов проводится, в том числе с помощью атомно-силового микроскопа (отечественного производства), приобретенного в ходе выполнения крупного научного проекта «Квантовые структуры для посткремниевой электроники». Проект поддержан Минобрнауки России.

О возможностях прибора для быстрой оценки качества атомно-гладких поверхностей, химического состава, исследования крошечных магнитных доменов рассказал заведующий лабораторией ИФП СО РАН доктор физико-математических наук, профессор РАН **Олег Евгеньевич Терещенко**.

«Многофункциональный атомно-силовой микроскоп позволяет выполнять более сорока разных методик измерений, работать не только с твердыми материалами, но и с мягкими, в жидкой, воздушной среде. Мы планируем использовать прибор для решения технологических и исследовательских задач.

Первый тип деятельности подразумевает быстрый постростовой контроль качества полупроводниковых структур. В ИФП СО РАН работает несколько лабораторий, которые выращивают новые полупроводниковые материалы методом молекулярно-лучевой эпитаксии. После роста важно оценить степень гладкости поверхности для внесения корректировок или, наоборот, сохранения успешных решений технологического процесса. Один из лучших способов проверки на атомном уровне — атомно-силовая микроскопия: разрешение по вертикали составляет один ангстрем, латерально (по площади образца) — до нескольких нанометров. Кроме того, микроскоп позволяет измерять контактную разность потенциалов, по которой можно определить границы разных материалов, их неоднородности, а также электрофизические характеристики.

Другие типы задач, которые можно решить, используя новый микроскоп, — научные. В частности, в лаборатории физики и технологии гетероструктур ИФП СО РАН мы ведем исследования пирозлектрических соединений. На их основе можно сделать неохлаждаемые фотоприемники в инфракрасном диапазоне. Атомно-силовой микроскоп позволяет оценить ключевые характеристики соединений: пирозлектрический и пьезоэлектрический отклик, контактную разность потенциалов, морфологию поверхности», — пояснил ученый.

Пирозлектрики — кристаллические вещества, обладающие спонтанной поляризацией, на поверхности которых возникает электрический заряд при изменении температуры. Поэтому пирозлектрики интересны для создания детекторов теплового излучения, которые могут работать во всем инфракрасном

диапазоне и даже в терагерцовом. Детекторы терагерцового излучения могут использоваться для новых систем связи (6G, 7G) для медицинских применений, неразрушающего контроля качества материалов, досмотровых систем безопасности.

У ферромагнетиков, как и у сегнетоэлектриков (пироэлектриков), есть общее свойство, связанное с образованием доменной структуры. Сегнетоэлектрики обладают собственным электрическим полем – так называемой спонтанной поляризацией, а ферромагнетики – спонтанной намагниченностью. Тонкие пленки (нано-мембраны) ферромагнетиков перспективны для создания поляризованных электронов, управления и регистрации спина электронов, а значит, и для разработки спинтронных устройств.

«Мы напыляем на диэлектрик тонкие пленки ферромагнитных материалов – чередующиеся субнанометровые слои кобальта и платины, и с помощью атомно-силового микроскопа исследуем их магнитную структуру. Смотрим, как ориентированы магнитные домены. Для наших применений нужна однородная намагниченность: параллельно или перпендикулярно поверхности — магнитные домены на всей поверхности образца ориентированы одинаково и в нужном нам направлении.»

Кроме того, в этих ферромагнетиках возникают интересные квазичастицы — скирмионы. Скирмионы, упрощенно говоря, — топологически устойчивые магнитные вихри нанометрового размера. Они интересуют ученых, как потенциальные кандидаты для создания новых типов компьютерной памяти, кубитов для квантового компьютера. Обнаружить скирмионы можно, измеряя намагниченность, опять же с помощью атомно-силового микроскопа», — добавил Олег Терещенко.

Ученый подчеркнул, что микроскоп будет функционировать в режиме коллективного пользования, участники крупного проекта, сотрудники ИФП СО РАН смогут работать на нем: *«Конечно, желающим работать с оборудованием, нужно будет пройти инструктаж, “курс молодого бойца”, так прибор будет полезен максимальному количеству специалистов».*

Многофункциональный атомно-силовой микроскоп Ntegra Prima произведен российской компанией ООО «НОВА СПб».

Пресс-служба ИФП СО РАН

Контакты: Дмитриева Надежда Валерьевна, пресс-секретарь
89133736776
pressa@isp.nsc.ru

Иллюстрации по ссылке:

<https://disk.yandex.ru/d/CbBO0oUE5Dq4Ww>

1. Атомно-силовой микроскоп, приобретенный в ходе выполнения крупного научного проекта «Квантовые структуры для посткремниевой электроники», поддержанного Минобрнауки России. автор фото Надежда Дмитриева
2. Олег Терещенко, автор фото Янина Болдырева