

8.4. Ядерно-физические методы и физические свойства наноструктур

Н.Г. Чеченин, chechenin@sinp.msu.ru

Исследованы магнитные свойства структур вида ферромагнетик(Ф)/антиферромагнетик(АФ) с альтернативным порядком осаждения Ф- и АФ-слоев. Экспериментальные образцы представляли собой структуры вида Si/Ta 30нм/Ni₂₅Fe₇₅ 7нм/Ir₄₀Mn₆₀ (Ni_xMn_{1-x}) 15нм/Ta 30нм, где $x = 40, 50$ и 60 . Для сравнения магнитных свойств также была изготовлена структура Si/Ta30нм/NiFe7нм/Ta30нм, представляющая собой свободный, то есть не связанный обменным взаимодействием с АФ Ф-слой. Магнитные свойства структур, содержащих IrMn в качестве АФ-слоя были исследованы методом вибрационной магнитометрии, в то время как структуры с NiMn АФ-слоем были исследованы методом ферромагнитного резонанса (ФМР). Структурные свойства образцов были исследованы методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Установлено, что обменное смещение в образце вида Ф/АФ (TS-структура) с IrMn АФ-слоем составило 85 Э и было ниже, чем обменное смещение в структуре с обратным порядком осаждения Ф- и АФ-слоев вида АФ/Ф (BS-структура) (121 Э). Наряду с увеличением обменного смещения, в BS-структуре наблюдалось также и увеличение коэрцитивности до 136 Э вдоль оси легкого намагничивания и 72 Э перпендикулярно ей, что значительно выше коэрцитивностей TS-структуры и свободного слоя. Усиление обменного смещения при изменении порядка осаждения Ф- и АФ-слоев связано с различной шероховатостью Ф/АФ-интерфейсов.

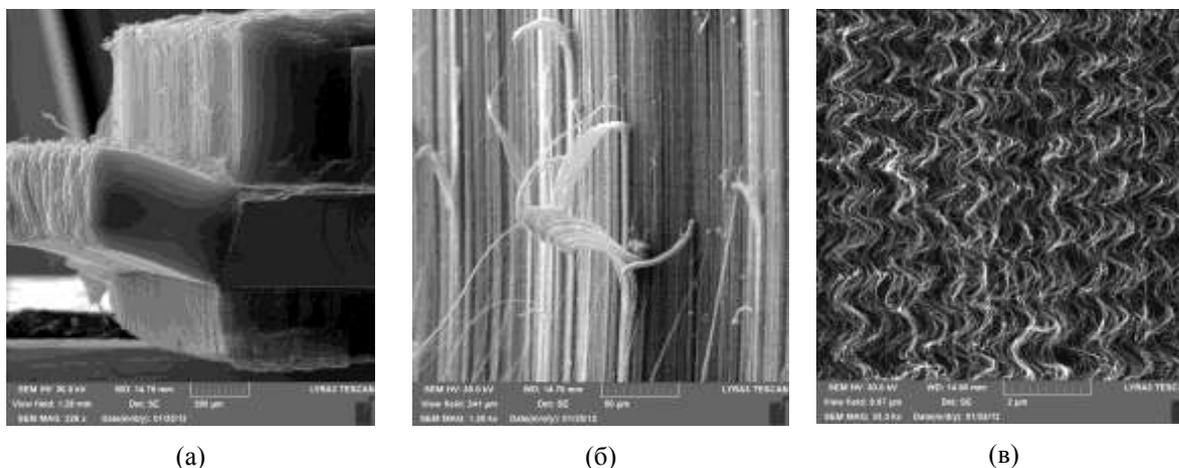


Рис. 1 – Изображения СЭМ (вид сбоку) массивов вертикально (перпендикулярно поверхности) ориентированных углеродных нанотрубок: (а) – рост ориентированных массивов УНТ на подложке из чистого кремния с естественным окислом кремния; (б) – увеличенный фрагмент вида (а); (в) – микрофотография массива УНТ после вертикально приложенного усилия.

Разработана методика осаждения массивов вертикально ориентированных углеродных нанотрубок (УНТ). Оптимизированы режимы осаждения для получения наиболее высокой скорости роста, плотности УНТ в массиве, минимальной концентрации аморфного углерода. На рис. 1 приведены несколько СЭМ фотографий различных увеличений экспериментального образца с выращенным массивом («лесом») ориентированных УНТ на подложке из чистого кремния. На рис. 1 (а) видно, что массивы ориентированных УНТ растут только на плоскости и боковых

сколах исходной подложки чистого кремния. Высота полученного массива ориентированных УНТ в данном эксперименте варьировалась в пределах до 1 мм. На рис. 1 (б) представлена область с фотографии рис. 1 (а) с большим увеличением. На рис. 1 (в) видна деформация УНТ после вертикально приложенного усилия на границе скола. Видно, что при деформации УНТ работают вместе в едином массиве и имеют подобную форму деформации в результате трансляции усилий по высоте УНТ.

Разработаны методики синтеза полимерных композитов с вертикально (ВОУНТ-НК) и горизонтально (ГОУНТ-НК) ориентированными УНТ. Разработаны методики синтеза электропроводящих покрытий УНТ-НК ($\sigma \approx 0.12 \text{ 1}/(\text{Ом}\cdot\text{см})$), теплопроводящих ($\lambda \approx 25 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$), с Разработаны методики и выполнено тестирование стабильности параметров разработанных УНТ-НК материалов к контрастным изменениям температуры в рабочем интервале от -193°C до 250°C . Разработана методика и выполнено исследование устойчивости УНТ-НК к ударным нагрузкам. Разработана методика и выполнено исследование электропроводящих и теплопроводящих свойств в зависимости от микроструктуры (топологических свойств, упорядоченности и ориентации УНТ-наполнителя) УНТ-НК материалов.

Изучено формирование наночастиц (НЧ) ZnO в структуре SiO₂/Si после имплантации ионами Zn ($E=100\text{кэВ}$) и последующего отжига в течение 1 часа в N₂ при $t=400$, а затем в O₂ при $t=600, 800$ и 1000°C . Методом резерфордовского обратного рассеяния (РОР) ионов He⁺ с энергией 1,5МэВ с использованием техники каналирования были получены профили распределения Zn в SiO₂. Полученные результаты указывают на формирование в приповерхностном слое SiO₂ после имплантации НЧ. В процессе отжига эти НЧ изменяют свои размеры. Методом рентгеновской дифрактометрии в скользящей геометрии установлено, что, полученные после имплантации НЧ металлического Zn при отжигах трансформируются в НЧ соединений цинка с кислородом и кремнием: ZnO, ZnSiO₃ и Zn₂SiO₄.

Разработана времяпролетная методика диагностики пучков кластерных ионов. Установлено, что в пучок присутствуют кластеры, размер которых составляет от нескольких до 3500 атомов аргона.

При проведении работ использовалось оборудование, приобретенное по Программе развития МГУ (Зондовая нанолaborатория, СЭМ TESCAN LYRA)

В работе принимали участие: (ОФАЯ) Андрианова Н. Н., Борисов А.М., Воробьева Е.А., Джунь И.О., Ермаков Ю.А., Куликаускас В.С., Макунин А.В., Машкова Е.С., Патракеев А.С., Сердюков А.А., Черных П.Н., Черныш В.С., Чеченин Н.Г., Студенты и аспиранты: Бачурин К.Е. (асп. МИРЭА РАН), Душенко С.А. (6 курс, физический ф-т МГУ), Тимофеев О.С. (асп 2 года, физический ф-т МГУ), Шемухин А. А. (асп. МИРЭА РАН), Петров Д.В.(асп. МИРЭА РАН)

Публикации:

1. Chechenin N.G., Dzhun I.O., Dushenko S.A., Konstantinova E.A., //Solid State Phenomena, 2012, Т. 190, с. 81-84
2. Dzhun I.O., Chechenin N.G., Dushenko S.A., Konstantinova E.A., // Solid State Phenomena, 2012, 190 с. 93-96