

4.2. Взаимодействие ионов с веществом

Н. Г. Чеченин. chechenin@sinp.msu.ru

Я.А. Теплова. teplova@anna19.sinp.msu.ru

Совместно с группой исследователей из Центра изучения лазеров на свободных электронах (г. Гамбург) разработан метод получения полной временной характеристики импульсов излучения этих лазеров [1]. Метод основан на использовании временной развертки импульса с помощью единичного колебания терагерцевого поля. Полная временная характеристика, включающая определение времени прихода импульса и его временного профиля, необходима для постановки экспериментов типа "накачка-проба" для изучения протекания атомных и молекулярных процессов во времени. Метод универсален и может быть использован на любых лазерах на свободных электронах.

Предложен полуэмпирический метод описания установления среднего заряда ионов гелия, углерода и азота при прохождении через тонкие пленки углерода и целлулоида в диапазоне значений энергии ионов от 0.3 до 3 МэВ/нуклон. Проведены оценки равновесной толщины. Измерены энергетические и зарядовые распределения ионов и атомов гелия, отраженных от медной поверхности при скользящем падении при энергии 250 и 300 кэВ. Обнаружена зависимость относительного числа атомов гелия в рассеянном пучке от угла рассеяния при углах падения менее 2° и энергии рассеянных частиц меньше 150 кэВ. Показана необходимость учета кулоновского взаимодействия ионов в конечном состоянии при оценке сечения захвата электрона быстрыми ионами [2].

Разработана методика определения порогового уровня радиационных нарушений, приводящих к аморфизации углеродных материалов. Методика позволяет оценивать радиационную стойкость углеродных материалов путем анализа данных высокодозного облучения ионами с энергией порядка десятков кэВ на основе мониторинга температурных и энергетических зависимостей коэффициента γ ионно-электронной эмиссии. Проведено сравнение аналитических оценок и компьютерных расчетов уровня радиационных нарушений при ионном облучении с учетом распыления поверхности. Показана линейная зависимость стационарного уровня ν (СНА, *dpa*) первичных радиационных нарушений от энергии и пробега ионов. Получены значения критической дозы аморфизации ν_a поликристаллического графита марки МПГ-8. Для ионов Ne^+ и Ar^+ значения ν_a практически совпадают и равны $\nu_a \approx 60$ *dpa*. Для ионов N_2^+ с учетом диссоциации молекул азота $\nu_a \approx 40$ *dpa* [3].

С целью исследования явления гофрообразования углеродного ПАН-волокна исследованы кристаллическая структура и морфология углерод-углеродного композита КУП-ВМ при высоких флуенсах облучения ионами Ne^+ энергии 15 и 30 кэВ. Предполагается, что образование регулярных призматических топографических элементов (гофров) при температурах вблизи и выше температуры T_a динамического отжига радиационных нарушений, отражает высокоупорядоченную структуру оболочки волокна [4].

Методом компьютерного моделирования проведен расчет магнетронного и кластерного распыления поликристаллов. Получены новые данные об угловых распределениях распыленных частиц, уточнены теоретические модели распыления [5].

Изучена десорбция дейтерия, имплантированного в металлы (Ti, Zr, V, Ni, Pd) и химические соединения (монокристалл Al_2O_3 , манганин $\text{Cu}_{84}\text{Mn}_{14}\text{Ni}_2$), через один год после имплантации. Распределение имплантированного дейтерия и сопутствующего водорода по глубине определялось методом регистрации ядер отдачи.

Построена модель прохождения пучка через конический диэлектрический капилляр (плоский конус). Получено яркое проявление эффекта дальнего действия. Образец арсенида галлия был облучен ионами гелия с энергией 1,5 МэВ и дозой 10^{15} см⁻². Образец был установлен на пластине кремния, которая являлась свидетелем. Обнаружено, что в пластину кремния, в облученной зоне, были внедрены ионы мышьяка и галлия на глубину порядка 1 мкм с концентрацией несколько атомных процентов. Предполагается, что механизм внедрения ионов связан с действием градиентных сил.

Впервые в динамическом приближении теории дифракции проведен анализ специфики выхода характеристического рентгеновского излучения (ХРИ) из кристалла в условиях резонансного когерентного возбуждения (РКВ) ионов с учетом его взаимодействия с кристаллом. Показано, что распределение интенсивности излучения вблизи поверхности существенно изменяется в области углов брэгговского отражения. Полученные результаты демонстрируют важность учета дифракционных эффектов в процессах РКВ. Предложены конкретные примеры для измерений.

Исследованы процессы модификации КНС структур (кремний на сапфире) ионным облучением. С помощью РОР изучено формирование дефектов в кремнии при облучении ионами кремния различных энергий. Разработана методика улучшения КНС структур.

На электростатическом ускорителе AN2500 создана линия для получения микропучка с помощью конического диэлектрического капилляра.

На ускорительном комплексе HVVE-500 выполнены первые эксперименты по анализу поверхности с помощью спектроскопии рассеяния ионов средних энергий (MEIS). Установлено, что разрешение метода по глубине составляет 0,6 нм.

Работа по теме отражена в публикациях:

1. A.K. Kazansky, A.V. Grigorieva, and N.M. Kabachnik. //Phys. Rev., 2012, A 85, 053409 (12 pp)
2. Ю.А. Файнберг, Я.А. Теплова, Н.В. Новиков. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2012, №3, с.5-9.
3. N.N. Andrianova, V.S. Avilkina, A. M. Borisov, E.S. Mashkova, E.S. Parilis, // Vacuum, 2012, v. 86, p.1630-1633.
4. В.С. Авилкина, Н.Н. Андрианова, А.М. Борисов, Ю.С. Виргильев, Е.С. Машкова, // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2012, №8, с.3-7.
5. Ю.В. Мартыненко, А.В. Рогов, В.И. Шульга. // ЖТФ, 2012, том 82, №4, с.13-18.
6. N. G. Chechenin. //Journal of Nuclear Engineering & Technology, 2012, v. 2, Issue 1, p. 22-40.

В работе принимали участие: Андрианова Н.Н., Авилкина В.С., Балашова Л.Л., Бедняков А.А., Белкова Ю.А., Борисов А.М., Затекин В.В., Кабачник Н.М., Куликаускас В.С., Машкова Е.С., Новиков Н.В., Патракеев А.С., Петров Д.В., Петухов В.П., Похил Г.П., Теплова Я.А., Файнберг Ю.А., Ходырев В.А., Чеченин Н.Г., Черныш В.С., Чувильская Т.В., Чуманов В.Я., Шемухин А.А., Широкова А.А., Шульга В.И.