СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК, ОСАЖДАЕМЫХ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ электронноМ облучениИ

Белова Н.Е., Коршунов С.Н., Лебедев А.М., Мартыненко Ю.В., Свечников Н.Ю., Скорлупкин И.Д.

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, [Korshunov\_SN@nrcki.ru](mailto:Korshunov_SN@nrcki.ru)

В настоящее время большое внимание уделяется синтезу и изучению тонких пленок углерода различных структурных модификаций (алмаза, алмазоподобного углерода, карбина), а также имеющих различное соотношение углеродных связей с sp, sp2 и sp3-гибридизацией. Интерес к таким пленкам объясняется неординарным сочетанием таких их физико-химических свойств, как химическая инертность, большая ширина запрещенной зоны, низкий коэффициент трения, биосовместимость и другие. Значительные успехи в выращивании и поиске оптимальных режимов формирования углеродных пленок заданных структурных модификаций достигнуты вакуумными ростовыми процессами, основанными на распылении графита ионным пучком и воздействии на структуру углеродного конденсата либо ионным, либо мощным электронным пучком [1]. В нашей работе [2] показано, что при одновременном облучении никеля ионами C+ (30 кэВ) и электронами (до 5 кэВ) на поверхности образца растет углеродная пленка толщиной до 30 нм, состоящая, в основном, из аморфного алмаза с sp3-гибридизацией связей.

В данной работе исследуемые углеродные пленки толщиной до 180 нм на никелевых подложках были получены ионным распылением графита с одновременным электронным и последующим ионным облучением. В экспериментах были использованы следующие параметры электронных и ионных пучков: ионы Ar+ (Е = 30 кэВ, f = 3 × 1022 м–2, j = 3 A/м2), ионы C+ (Е = 40 кэВ, f = 5∙1022 м–2, j = 2 A/м2), электроны (Е = 1 – 4 кэВ, f = (1,5 – 4) ×   
1023 м–2, j = 5 – 16 A/м2). Температура подложек в процессе осаждения варьировалась от 2000С до 10000С. Для исследования углеродных пленок применялись методы профилометрии, Оже-анализа, электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), а также определялась микротвердость пленок.

Установлено, что сопутствующее электронное и последующее ионное облучение приводит к образованию в пленках связей с sp и sp3-гибридизацией в различной пропорции, причем ионное облучение в большей степени стимулирует образование связей *с* sp-гибридизацией, а сопутствующее электронное облучение увеличивает долю связей с sp3-гибридизацией. Наибольшая доля связей с sp3-гибридизацией (~75%) обнаружена в пленке, осажденной на никелевую подложку при температуре 2000С. Электронное и ионное облучение увеличивает микротвердость пленки, которая достигает величины 12 ГПа. Предложена модель кинетики образования аллотропных форм углерода в осаждаемой пленке, основанная на конкуренции образования и развала углеродных связей с разным типом гибридизации. Электронное и ионное облучения влияют на вероятности образования и развала углеродных связей в осаждаемой плёнке. Модель качественно объясняет наблюдаемые соотношения углеродных фаз в осаждаемой пленке.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 16-08-01144а.

Литература

1. Семенов А.П., Белянин А.Ф., Семенова И.А., Пащенко П.В., Барнаков Ю.А., Тонкие пленки углерода. II. Строение и свойства, ЖТФ, 2004, 75(5), 101.
2. Мартыненко Ю.В., Коршунов С.Н., Белова Н.Е., Скорлупкин И.Д., Выделение алмазоподобной пленки на поверхность никеля при ионной имплантации углерода с одновременным облучением электронами, Письма в ЖЭТФ, 2013, 97(10), 675.