СТРУКТУРНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ОСАЖДАЕМЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК СОПУТСТВУЮЩИМ ИОННЫМ облучениЕМ

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

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия, Korshunov\_SN@nrcki.ru

Покрытия являются эффективным методом создания новых материалов с заданными эксплуатационными свойствами. Среди методов нанесения покрытий широко используется осаждение материала покрытия с сопутствующей ионной обработкой. Ионное облучение позволяет существенно улучшить свойства покрытий, и в частности, создать более плотное покрытие. Эти процессы обусловлены в основном упругими столкновениями в покрытии при ионном облучении [1]. В настоящее время значительный интерес представляют покрытия в виде тонких пленок углерода различных структурных модификаций, а также имеющих различное соотношение углеродных связей с sp, sp2 и sp3-гибридизацией. Высокое содержание атомов углерода с sp3-связями позволяет достичь уникальных характеристик покрытия: высокую твердость, износостойкость, химическую инертность, биосовместимость и т.п. Значительные успехи в выращивании углеродных пленок достигнуты вакуумными процессами, основанными на распылении графита ионным пучком при ионном и электронном воздействии. В нашей работе [2] показано, что сопутствующее электронное облучение приводит к образованию в углеродных пленках связей с sp и sp3-гибридизацией, причем в большей степени стимулирует образование sp3-связей.

В данной работе исследуемые углеродные пленки толщиной до 400 нм на никелевых подложках были получены ионным распылением графита с одновременным и последующим облучением ионами C+ на ускорителе ИЛУ с сепарацией ионов по массам. В экспериментах использованы следующие параметры пучка ионов C+: Е = (10-40) кэВ, f = (5-8)∙1022 м-2, j = (0,5-2,5) A/м2). Температура подложек в процессе осаждения варьировалась в пределах от 2000С до 6000С. Для исследования углеродных пленок применялись методы профилометрии, Оже-анализа, электронной микроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), а также определялась микротвердость пленок.

Установлено, что осаждение углеродных пленок в сочетании, как с одновременным, так и последующим ионным воздействием приводит к образованию в пленках связей с sp и sp3-гибридизацией в различной пропорции. Следующее за осаждением пленки ионное облучение стимулирует образование в ней связей с sp-гибридизацией, а сопутствующее ионное облучение способствует росту связей с sp3-гибридизацией. Наибольшие доли связей с sp3-гибридизацией (больше 55%) обнаружены в осажденных пленках с сопутствующим облучением ионами C+ с энергией 10 кэВ. Максимальные значения микротвердости в осажденных углеродных пленках достигают величины 8,5 ГПа. В соответствии с предложенной моделью кинетики образования аллотропных форм углерода в осаждаемой пленке, основанной на конкуренции образования и развала углеродных связей с разным типом гибридизации, сопутствующее и последующее ионное облучение должно приводить к увеличению концентрации алмазной, карбиновой фазы и уменьшению фазы графита.

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

Литература.

1. Martynenko Yu.V., Carter G., Stress evolution in ion assisted thin metal film deposition, Radiation affects and Defects in Solids, 1994, 132, 103.
2. Коршунов С.Н., Мартыненко Ю.В., Белова Н.Е., Скорлупкин И.Д., Влияние сопутствующего электронного облучения на структуру осаждаемых углеродных пленок, Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2017, 8, 23.