

2. Беляев, Г.Я. Практические работы по размерному анализу техпроцессов / Г. Я. Беляев. – Минск: БНТУ, 2005.

УДК 621.793.74

Федосенко Т.Н., Коледа М.А.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ИОННО-ЛУЧЕВОГО СИНТЕЗА АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПЛЕНОК

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет
им. Ф. Скорины», г. Гомель, Беларусь*

Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Федосенко Н. Н.

В работе рассмотрены особенности ионно-лучевого синтеза алмазоподобных плёнок с помощью низкоэнергетических и высокоэнергетических источников. Отличительными особенностями метода являются промышленно-приемлимые скорости осаждения, хорошая адгезия, высокое светопропускание в видимом и инфракрасном диапазонах спектра.

Алмазоподобные покрытия на основе углеродных пленок нашли широкое применение в качестве защитных и упрочняющих покрытий механических деталей различного назначения. Актуальной задачей на сегодняшний день является разработка новых технологий для получения алмазоподобных пленок. Эти пленки обладают уникальными свойствами, такими как чрезвычайно высокая твердость, износостойкость, высокая теплопроводность, а также они имеют большое удельное сопротивление. Кроме того, алмазные пленки со специально введенными примесями могут использоваться в качестве полупроводниковых материалов. Усовершенствование известных, а также разработка новых технологий для получения тонкопленочных элементов различного функционального назначения позволила бы расширить сферы их использования. В последние годы, из-за уникальности свойств алмаза: большой ширины запрещенной зоны, высокой подвижности носителей заряда, большой теплопроводности, а также высокой химической, термической и радиационной стойкости, намечается тенденция применения алмазоподобных пленок в оптике и микроэлектронике.

Расширение областей применения алмазоподобных пленок стимулирует разработку новых методов и устройств для получения этих пленок. Одним из таких методов является высокоэффективный технологический метод ионно-лучевого синтеза. Данный метод формирования алмазоподобных пленок позволяет формировать алмазоподобные пленки на подложках площадью до 100 см² с толщиной до 1 мкм, и отличается тем, что нанесение

алмазоподобной пленки производится на охлаждаемые до комнатной температуры подложки, с помощью низкоэнергетического ионно-лучевого источника с энергией ионов до 200 эВ, а очистка поверхности подложек осуществляется ионами аргона с помощью высокоэнергетического ионно-лучевого источника, с энергией ионов до 2 кэВ.

Известно несколько методов ионно-лучевого синтеза, позволяющих формировать углеродные пленки с алмазоподобными свойствами. Однако, существуют факторы, сдерживающие прогресс в использовании алмазоподобных плёнок: высокие внутренние напряжения, противодействующие силам сцепления с подложкой (слабая адгезия), что ограничивает области используемых материалов подложек и не позволяет применять алмазоподобные плёнки в качестве защитных и просветляющих покрытий для оптических элементов; сложный и неоднородный состав пленок, что определяется наличием атомов углерода, находящихся в различных химических состояниях, а также присутствием в некоторых случаях химически связанного водорода.

Адгезия – важный параметр пленочных систем. Она характеризует прежде всего их механическую прочность и термическую стойкость, а также тепловую и электрический контакты, поверхностное натяжение, смачивание в жидкой фазе и т.п. В реальности адгезия пленки к подложке неодинакова по всей площади контактирования, причем локальные значения адгезии носят случайный характер и меняются от нуля до величины максимально возможной для данной пары материалов пленка-подложка. Это обусловлено наличием дефектов поверхности подложек, островковых загрязнений и т.д.

Для получения хорошей адгезии синтезируемых пленок к различным подложкам было внесено изменение в традиционную схему ионно-лучевого синтеза алмазоподобных плёнок. Для очистки поверхности подложек был применен высокоэнергетичный ионный источник. Схема модернизированной вакуумной установки для ионно-лучевого синтеза углеродных пленок представлена на рисунке 1.

Вакуумная камера 1, откачивается до остаточного давления $2\text{-}4 \cdot 10^{-3}$ Па. Далее производится очистка поверхности подложек 3 ионами аргона с помощью высокоэнергетического ионного источника 7 в течение 5 мин. Параметры разряда ионного источника составляют: $U_a=2$ кВ, $I_a=40$ мА. Рабочий вакуум поддерживался в пределах $1\text{-}3 \cdot 10^{-2}$ Па. Аргон в ионный источник 7 подается через натекатель 6. После выключения высокоэнергетического ионного источника 7 через натекатель 5 и низкоэнергетический ионный источник 4 подается углеродсодержащий газ (бутан, пропан, метан или их смесь с аргон). Низкоэнергетический ионный источник позволяет формировать пучок ионов с энергией (20 - 200) эВ, имеющий угол разлета ионов (140-160)°. Параметры разряда ионного источника составляют: $U_a=110\text{-}150$ В, $I_a=2\text{-}4$ А. Для обеспечения

Максимальной адгезии пленки к подложке, выключение высокоэнергетического ионного источника производилось постепенно. В течение 1-3 минут производилось осаждение алмазоподобной плёнки из низкоэнергетического источника 4 при работающем высокоэнергетическом ионном источнике 7 с параметрами разряда $U_a=2$ кВ, $I_a=20$ мА. Подложки 3, поддерживаемые при комнатной температуре с помощью устройства, охлаждаемого водой 2, располагаются на расстоянии ~30 см от ионного источника 4.

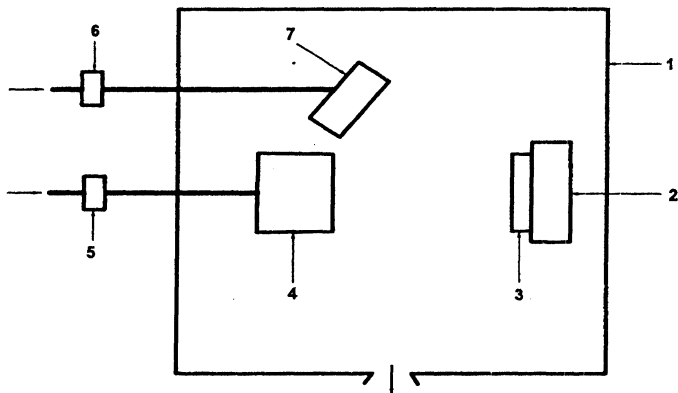


Рисунок 1 – Схема вакуумной установки для ионно-лучевого синтеза алмазоподобных пленок: 1 – вакуумная камера; 2 – устройство для охлаждения водой; 3 – подложка; 4 - низкоэнергетичный ионно-лучевой источник; 5, 6 – регуляторы расхода газа; 7 – высокоэнергетичный ионно-лучевой источник.

Покрытия, полученные описанным способом, отличаются высокой равномерностью (неравномерность составляет не более 5% на площади до 100 см^2), светопропусканием в видимой и инфракрасной областях спектра до 80% при толщине $d \sim 300$ нм. Скорость осаждения покрытий описанным методом достигала ~ 20 нм/мин.

Представленный усовершенствованный метод ионно-лучевого синтеза алмазоподобных пленок позволяет получить алмазоподобные покрытия оптического назначения со светопропусканием 50-70% при толщине 1 мкм в инфракрасной области, и 70-80 % при толщине 300 нм в видимой области спектра, а также с приемлемыми для промышленного использования скоростями нанесения ~ 20 нм/мин. Метод позволяет формировать алмазоподобные плёнки на различных подложках площадью до 100 см^2 .