

ДИАГНОСТИКА ПЛЕНОК АЛМАЗОПОДОБНОГО УГЛЕРОДА МЕТОДОМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

С.П. Агеев¹⁾, Н.И. Горбачук¹⁾, Я.И. Дидковский¹⁾, М.Р. Последович¹⁾, В.Е. Обухов²⁾, Е.П. Шпак²⁾,
¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220050, Минск, Беларусь

²⁾НИЦ «Плазмотег» ФТИ НАН Беларуси, ул. Купревича, 1/3, 220141, Минск, Беларусь

Методом комбинационного рассеяния света были исследованы пленки алмазоподобного углерода, полученные разложением паров бензола в низкотемпературной плазме и модифицированные затем облучением низкоэнергетическими ионами аргона. Установлено, что облучение ионами аргона приводит к формированию электропроводящего слоя с поверхностным сопротивлением от нескольких кОм/□ до нескольких десятков МОм/□. Показано, что переход приповерхностных слоев в электропроводящее состояние происходит благодаря росту кластеров sp^2 -гибридизованного углерода, что было обнаружено по спектрам комбинационного рассеяния.

Введение

Современные способы получения пленок алмазоподобного углерода — выращивание ионными и электронными пучками, осаждение паров углерода, осаждение из плазмы и термическая обработка.

Исследовались пленки алмазоподобного углерода, полученные разложением паров бензола в низкотемпературной плазме и модифицированные затем облучением низкоэнергетическими пучками ионов аргона.

Монокристаллы алмаза и поликристаллические алмазные пленки, в основном, используются в качестве подложек-теплоотводов и для создания различных сенсоров [1]. Достаточно широко используются резистивные структуры на основе композиционных материалов, в состав которых входит алмазоподобный углерод [2]. Альтернативным методом формирования электропроводящих структур на основе пленок алмазоподобного углерода (АПУ) является ионная имплантация [3].

Метод комбинационного рассеяния света (КРС) традиционно используется для исследования углеродных наноматериалов и позволяет отследить процессы, происходящие с кластерами sp^2 -гибридизованного углерода.

Целью работы было исследование влияния низкоэнергетических пучков ионов на структуру пленок АПУ.

Методика эксперимента

Покрывают АПУ наносились на ненагреваемые полированные алюминиевые пластины. Нанесение покрытий осуществлялось разложением паров жидкого углеводорода (бензола) в низкотемпературной плазме. Рабочие значения давления паров P бензола в камере вакуумной установки составляли от 0,3 Па до 6 Па, а значения ускоряющего напряжения U_s , подаваемого на подложкодержатели, — от 2,5 до 4 кВ. Перед нанесением пленок алмазоподобного углерода на подложках формировался адгезионный подслой. Подслой наносился разложением паров гексаметилдисилазана $[(CH_3)_3Si]_2NH$ (ГМДС) в плазме газового разряда. Толщина адгезионного подслоя составляла 0,01–0,1 мкм. Толщина пленок алмазоподобного углерода — 0,5–3 мкм.

Модифицирование поверхности пленки про-

водилось ионной бомбардировкой атомами аргона в диапазоне энергий 3–5 кэВ.

Регистрация спектров комбинационного рассеяния света выполнялась на спектрометре с микроскопом, разработанным в Белорусском государственном университете. Спектрометр предусматривает возможность фокусирования возбуждающего излучения и позволяет исследовать области с линейными размерами порядка 1 мкм. Спектры комбинационного рассеяния регистрировались при возбуждении излучением твердотельного лазера LCS-DTL-317 с накачкой лазерными диодами и генерацией второй гармоники, работающего в непрерывном режиме, ($\lambda = 532$ нм). Мощность лазерного излучения примерно 50 мВт. Регистрация спектров осуществлялась методом счета фотонов, напряжение на ФЭУ составляло 1500 В, время накопления сигнала 1100 мс.

Результаты и обсуждение

Не модифицированные ионами аргона пленки алмазоподобного углерода имели удельное сопротивление $\geq 10^8$ Ом·см. Облучение пленок низкоэнергетическими ионами аргона приводило к формированию на их поверхности проводящего слоя толщиной не более 0,1 мкм и поверхностным сопротивлением от нескольких кОм/□ до нескольких десятков МОм/□. Величина поверхностного сопротивления зависела от флюенса (времени) облучения и плотности тока ионов.

На рис. 1 показаны КР-спектры исходной пленки АПУ (1) и модифицированной ионами аргона (2) пленки с удельным сопротивлением ≈ 30 кОм/□. Спектры получены сглаживанием без устранения фонового сигнала. Отчетливо видно присутствие D и G полос на спектрах как исходной, так и модифицированной пленок. Влияние адгезионного подслоя на спектрах комбинационного рассеяния света пленок АПУ не проявляется. Для контроля нами проводилась регистрация спектров КРС адгезионного подслоя. Пример спектра представлен на рис. 2. Видно, что он существенно отличается от спектров, показанных на рис. 1. Доминирует полоса с максимумом в окрестности 1381 см^{-1} , отсутствующая в спектрах пленок АПУ.

Модификация пленок приводит к заметному смещению положения максимумов соответствующих полос. Например, на спектрах немоди-

фицированных пленок максимум полосы *D* расположен в окрестности 1343 см^{-1} , на спектрах модифицированных пленок при 1335 см^{-1} . Максимум полосы *G* немодифицированных пленок наблюдается при 1586 см^{-1} , а для пленок, подвергнутых облучению ионами аргона, полоса в спектре КРС распадается на две составляющие с максимумами при 1496 см^{-1} и 1585 см^{-1} .

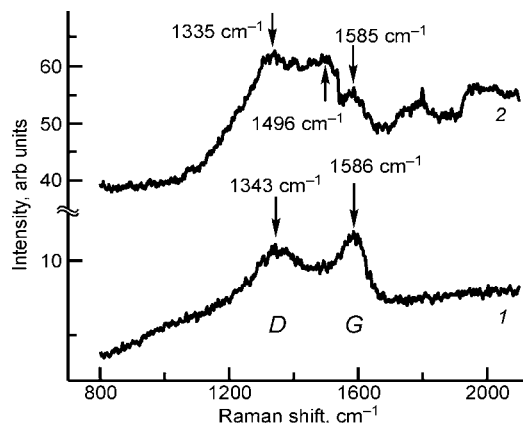


Рис. 1. Спектры КРС исходной (1) и модифицированной (2) ионами аргона пленки алмазоподобного углерода.

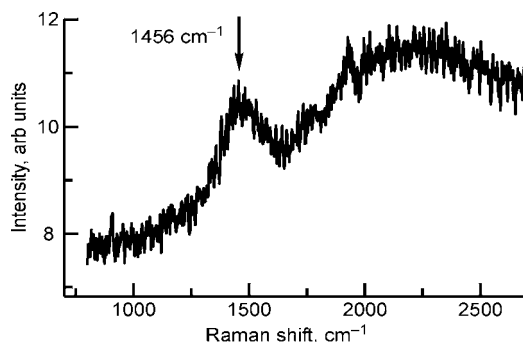


Рис. 2. Спектры КРС адгезионного подслоя, полученного разложением гексаметилдисилазана

Известно, что спектры КРС, содержащие *D* и *G* полосы, характерны для пленок наноструктурированного углерода [3]. Например, такого рода спектры наблюдались на пленках гидрогенизированного углерода, полученных методом магнетронного распыления [4]. При анализе спектров КРС данных материалов полоса *D*, расположенная вблизи 1355 см^{-1} , обычно рассматривается как признак присутствия в углеродной структуре

графитоподобных нанокластеров, или же нанокластеров углерода с доминированием sp^2 -гибридизации. В отличие от полосы *D*, полоса *G* наблюдается при любой организации sp^2 - и sp -связей углерода, включая всевозможные ароматические и алифатические соединения, в том числе и разупорядоченные. Известно [4, 5] также, что, при дроблении монокристаллов графита линия *G* смещается от 1581 см^{-1} (графит) в сторону более высоких частот.

Поэтому смещение полосы *D* к низким частотам, наблюдаемое после модификации пленок АПУ, может свидетельствовать о возрастании доли углерода с sp^2 -гибридизацией. Параллельно этому процессу может происходить образование и рост собственно графитоподобных нанокластеров [6].

Авторами работы [7] отмечался сложный характер как полосы *D*, так и *G* в спектрах КРС гидрогенизированного углерода. Полосы рассматривались как результат наложения нескольких компонент, изменение положения которых отражало процесс графитизации. Это же может быть справедливым и в случае облученных ионами пленок алмазоподобного углерода, когда развитие процесса графитизации привело к заметному на спектре 2 рис. 1 расщеплению полосы *G*.

Заключение

Установлено, что облучение ионами аргона пленок алмазоподобного углерода приводит к появлению на их поверхности электропроводящих слоев. Методом КРС показано, что увеличение электропроводности происходит вследствие роста кластеров sp^2 -гибридизованного углерода.

Список литературы

1. Вавилов В.С. // УФН.— 1997.— Т. 167, № 1.— С. 17.
2. Dorfman V., Pypkin B. // Пат. 5352493 США, МПК5 B05D 3/06 / заявл. 03.05.1991; опубл. 04.10.1994.
3. Файзерахманов И.А., Базаров В.В., Курбатова Н.В., Хайбуллин И.Б., Степанов А.Л. // ФТП.— 2003.— Т. 37. - 2.— С. 230.
4. Сморгонская Э.А., Иванов-Омский В.И. // ФТП.— 2005.— Т. 39. - 8.— С. 970.
5. Ferrari A.C., Robertson J. // Phys. Rev. B.— 2000.— V. 61, No20.— P. 14095.
6. Ferrari A.C., Robertson J. // Phys. Rev. B.— 2001.— V. 64. - 7.— P. 075414.
7. Сморгонская Э.А., Звонарева Т.К., Иванова Е.И., Новак И.И., Иванов-Омский В.И. // ФТП.— 2003.— Т. 45. - 9.— С. 1579.

DIAGNOSTICS OF DIAMOND-LIKE CARBONS FILMS BY A METHOD OF RAMAN SCATTERING

S.P. Ageev¹, N.I. Gorbachuk¹, Ya.I. Didkovskiy¹, M.R. Posledovich¹, V.E. Obukhov², E.P. Shpak²

¹

phone 209-51-12, e-mail: ageevsp@bsu.by

²

phone +375(0)17 263-38-45, e-mail: obukhov@tut.by

Diamond-like carbons films is examined by the method of Raman scattering. Diamond-like films was received by decomposition of steams of benzene in low-temperature plasma, and then modified by an irradiation with low-energy ions of argon. It is established that the irradiation with argon ions leads to formation of conducting layer with surface resistance from some tens

Ohm/cm up to some tens MOhm/cm. It is shown that conversion of surface layer in to conducting state occurs due to growth of clusters of sp^2 -hybridized carbon.

