

**ЗАВИСИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЁНОК УГЛЕРОДА ОТ ПАРАМЕТРОВ
ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ**

А. В. Лазарев, Д. А. Зайцев

Научный руководитель: Зав. каф. ЭФ, Ю. Н. Юрьев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: Alefantiy@gmail.com

**DEPENDENCE OF MECHANICAL PROPERTIES OF DIAMOND-LIKE COATINGS ON
PARAMETERS OF POWER SOURCE**

A. V. Lazarev, D. A. Zaitcev

Scientific Supervisor: Head of the Department of Experimental Physics, Y. N. Yurjev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: Alefantiy@gmail.com

***Abstract.** The necessity of research and obtaining properties of the anti-friction coatings depending on deposition parameters for the production of thin films with desired properties for various applications in science and technology.*

Введение. Благодаря уникальной комбинации механических, теплофизических, электрических, оптических и химических свойств тонкие плёнки углерода стали востребованным во многих отраслях промышленности.

Одной из форм, в которой могут быть получены углеродные покрытия, является так называемый алмазоподобный углерод. Он обладает высокими физическими, химическими и механическими характеристиками, и, как и кристаллы алмаза, применяется в качестве защитных и упрочняющих покрытий [1].

Другой аллотропной формой углерода является графит, который применяется в оптических приборах и устройствах, работающих при высоких температурах, в машиностроении [2-4]. Он же обладает очень низким коэффициентом трения, что обусловило высокий интерес к нему в качестве антифрикционного покрытия, например, в парах трения-качения или искусственных суставах.

Сегодня тонкие углеродные плёнки могут быть получены различными методами. Так основным методом получения твердых плёнок является импульсно-дуговое испарение. Однако его существенным недостатком является наличие капельной фракции, затрудняющей применение таких покрытий, например, в биомедицине.

Методы плазмохимического осаждения получают бескапельные покрытия с высокими характеристиками, но наличие горючих газов (ацетилен, метан) и высокая температура существенно сужают области применения данного способа.

Весьма перспективным в той связи выглядит использование плазмы магнетронного разряда. Распыляя углеродную мишень в среде аргона, можно получать плёнки с высокими характеристиками, без капельной фракции, с невысоким температурным воздействием на мишень. Однако свойства

магнетронных покрытий очень сильно зависит от параметров осаждения: рабочего давления, мощности разряда и т.д.

В связи с этим, целью работы является оценка влияния параметров осаждения плёнок углерода на их физические характеристики.

Материал и методика исследований. Для осаждения углеродных плёнок был использован дисковый магнетрон с диаметром мишени 90 мм. Мишень толщиной 8 мм была выполнена из графита марки МПГ-6. Остаточный вакуум составлял не менее, чем $8 \cdot 10^{-3}$ Па, рабочее давление изменялось в диапазоне $1 - 2,5 \cdot 10^{-1}$ Па. Толщина покрытий составляла 1 мкм. Питание магнетрона производилось от источника напряжения постоянного тока (DC), а также импульсами с частотой 1 (MF1) и 100 (MF100) кГц. Физические характеристики покрытий: твердость, модуль упругости и коэффициент трения были исследованы на приборах: нанотвердомере Nano Hardness Tester NHT-S-AX-000X, высокотемпературном трибометре PC-Operated High Temperature Tribometer THT-S-AX0000.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлена зависимость коэффициента трения от рабочего давления для различной частоты импульсов напряжения.

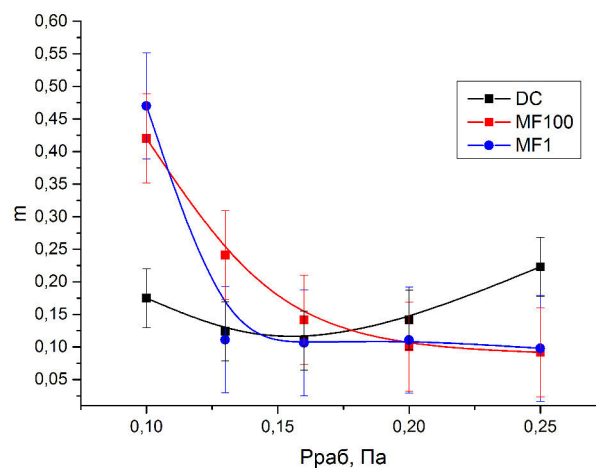


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от рабочего давления в камере

Видно, что с увеличением рабочего давления происходит снижение коэффициента трения. Это может быть связано с тем, что в плёнках увеличивается количество графитовых связей, а также происходит изменение структуры покрытий.

Отличие коэффициентов трения от частоты следования импульсов между образцами заметно при низком рабочем давлении в камере 0,1 Па. Плёнки, полученные с помощью импульсных источников питания, имеют более высокий коэффициент трения. Затем по мере увеличения давления разница в коэффициентах трения становится минимальной. Скорее всего, это следствие более высокой энергии частиц, обеспечиваемой импульсными блоками питания, что приводит к изменению структуры покрытия. По мере увеличения давления разница в энергиях импульсного источника и источника постоянного тока нивелируется.

На рисунках 2 и 3 показаны зависимости модуля упругости и твердости углеродных плёнок от рабочего давления для различных типов питания.

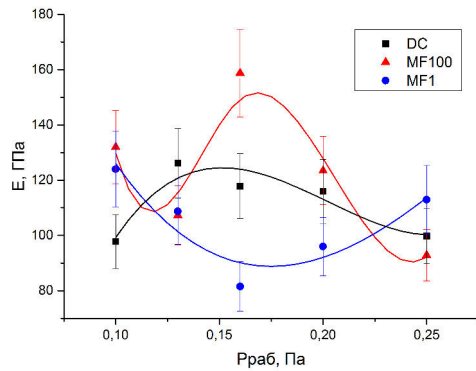


Рис. 2. Зависимость модуля упругости от рабочего давления в камере

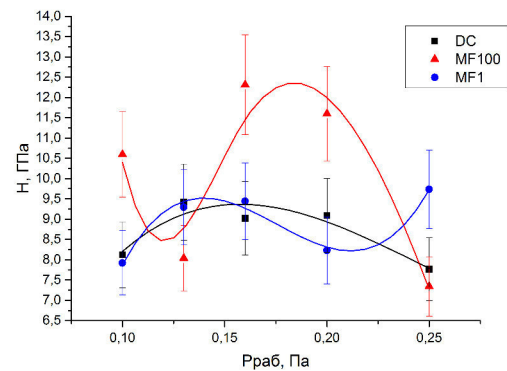


Рис. 3. Зависимость твердости от рабочего давления в камере

В целом необходимо отметить, что полученные покрытия являются достаточно мягкими, что, в общем-то, характерно для магнетронных плёнок. Наиболее твердые покрытия для всех типов источников питания были получены в диапазоне давлений 0,12 – 0,2 Па. При этом использование источника питания с частотой 100 кГц приводит к значительному повышению твердости относительно низкочастотных блоков питания. Это может быть связано с тем, что более высокоэнергетические частицы, полученные с помощью такого источника, обеспечивают более плотную структуру покрытий. Эти же покрытия имеют более высокий модуль упругости.

Вывод. Были получены покрытия при различных режимах работы источника питания. Из экспериментальных данных видно, что параметры осаждения тонких пленок, а именно рабочее давление в камере и частоты питающего напряжения, оказывают существенное влияние на свойства углеродных плёнок. Покрытия с наибольшей твердостью и модулем упругости были получены в диапазоне давлений 0,12-0,2 Па, они же обладали минимальным коэффициентом трения около 0,1. Использование источника питания с частотой импульсов 100 кГц позволяет получать более твердые покрытия относительно постоянного тока и частоты 1 кГц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов В. С. Свойства алмазов и алмазных пленок// УФН. 1995. Т.165.№9. С.1102-1103.
2. Уббелоде А. Р. Графит и его кристаллические состояния/ Уббелоде А.Р., Льюис Ф.А.// М.:Мир. 1965. 281с.
3. Фиалков А. С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе/ Фиалков А.С. // М.: Аспект Пресс. 1997. 718с.
4. Нагорный В. Г. Свойства конструкционных материалов на основе углерода/В. Г. Нагорный, А. С. Котосонов, В. С. Островский, Дымов Б. К., Лутков А.И., Ануфриев Ю. П., Барабанов В. Н., Белогорский В. Д., Кутейников А. Ф., Виргильев Ю. С., Соккер Г. А.// Под ред. В. П. Соседова /Справочник - М.: Металлургия. 1975. 336с.