

DOI: 10.34854/ISPAF.51.2024.1.1.179

## ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТОГО РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ПЛЁНОК, ОСАЖДАЕМЫХ ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Обрезков О.И., Мартыненко Ю.В., Нагель М.Ю., Шутьев О.Л., Шевчук С.Л.,  
Мисников В.Е., Рукина Ю.И., Кочетов С.Н.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия  
[mifst04nmy@mail.ru](mailto:mifst04nmy@mail.ru)*

Развитый рельеф осаждаемых плёнок в термоядерных установках является отрицательным фактором, поскольку способствует адсорбции и накоплению изотопов водорода на деталях, обращённых к плазме, а также является источником образующейся пыли и загрязнения плазмы [1]. В то же время для многих приложений развитый рельеф необходим для функциональных свойств таких устройств как суперконденсаторы, катализаторы, а также электроды кардиостимуляторов, для которых нужна большая удельная ёмкость их контакта с тканью миокарда [2]. Свойства плёнок сильно зависят от режимов, при которых они осаждаются. В данной работе изучались плёнки нитрида титана, осаждаемые на титановую подложку при магнетронном распылении титана в присутствии реактивного газа азота. Исследовано влияние параметров процесса осаждения плёнок, таких как энергия осаждаемых ионов, температура подложки, на которую осаждаются продукты распыления, давление в камере в процессе осаждения плёнок на их свойства. Скорость осаждения плёнок составляла ~900 нм/час. Для всех режимов исследована структура, их удельная площадь поверхности и измерена толщина плёнок. Показано, что наиболее развитая структура плёнок образуется при минимальной энергии осаждаемых ионов, которая варьировалась с помощью отрицательного потенциала подложки относительно плазмы. Однако плёнка с наиболее развитой структурой, полученная при нулевом смещении, имела очень плохую адгезию. При температуре подложки 300°C плёнки получались плотные и гладкие, а при температуре подложки 170°C наблюдалась столбчатая структура с толщиной столбов менее 100 нм. Покрытия, полученные при меньшем давлении в камере, характеризовались большей ёмкостью двойного электрического слоя у катода с исследуемым покрытием при испытаниях в электрохимической ячейке. При сравнении покрытий, полученных при разных температурах подложки во время осаждения, установлено, что более плотные покрытия осаждаются при большей температуре подложки, что соответствует диаграмме Торнтонна [3]. При увеличении толщины плёнок за счёт развития сферических структур более крупного масштаба происходит образование фракталоподобных структур и дальнейшее увеличение удельной площади поверхности. Структура и удельная ёмкость плёнок исследовались с помощью испытаний покрытий электродов в электрохимической ячейке, а также растровой электронной и атомно-силовой микроскопии.

### Литература

- [1]. Крауз В.И., Мартыненко Ю.В., Свечников Н.Ю., Смирнов В.П., Станкевич В.Г., Химченко Л.Н., Наноструктуры в установках управляемого термоядерного синтеза // УФН, 2010, т. 180, с. 1055.
- [2]. Шальдах М. Электрокардиотерапия. СПб: «Северо-Запад», 1992, 256 с.
- [3]. Thornton J. A. // Ann. Rev. Mater. Sci., 1977. V.7. P. 239.