

Е. Г. КУРБАКО

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРЯМЫМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ИОННЫХ ПУЧКОВ

Исследовано влияние мощности первичного разряда  $P$  и потенциала диафрагмы  $U_d$  на характеристики фторуглеродных покрытий, синтезированных прямым осаждением из ионных пучков. Установлено, что увеличение  $P$  и  $U_d$  способствовало росту оптического пропускания, износостойкости, угла смачивания, а также улучшению электрофизических характеристик покрытий.

Фторуглеродные тонкие пленки применяются в качестве изолирующих, оптических, гидрофобных, защитных, антимикробных и химически стойких покрытий. Для синтеза фторуглеродных покрытий используются плазменные разряды в углерод- и фторсодержащих газах. Применяются ВЧ плазмохимическое осаждение, индуктивно-связанная плазма, импульсная плазма высокой плотности, которые требуют сложных блоков питания и согласующих устройств [1]. Новый метод нанесения тонких пленок посредством генерации потока из пучкового фокуса является перспективным, т.к. позволяет управлять плотностью и энергией ионного пучка, применять дешевые блоки питания [2]. В данной работе будут исследовано влияние технологических режимов на характеристики фторуглеродных покрытий.

Формирование фторуглеродных покрытий проводили на модернизированной установке вакуумного напыления ВУ-1А, оснащенной ионным источником на базе ускорителя с анодным слоем. Остаточный вакуум не превышал значений  $(2-3) \cdot 10^{-3}$  Па. Рабочее давление составляло  $(5-6) \cdot 10^{-2}$  Па. Покрытия наносились на подложки из стекла и кремния. Исследовано влияние мощности первичного плазменного разряда на характеристики фторуглеродных тонкопленочных слоев. Соотношение  $CH:CF$  в рабочем газе составляло  $\sim 3:1$ . Напряжение на диафрагме отсутствовало. Температура подложки не превышала 323–333 К. На рисунке 1а приведен спектр пропускания покрытий, которые имели светло-коричневую окраску и высокое пропускание в инфракрасном диапазоне спектра. Пропускание зависело от мощности разряда первичного пучка. На рисунке 1б приведена зависимость величины пропускания на  $\lambda = 555$  нм от мощности. Установлено, что увеличение мощности способствовало росту пропускания, что можно связать с десорбцией примесей из пленки при повышении плотности ионного пучка.

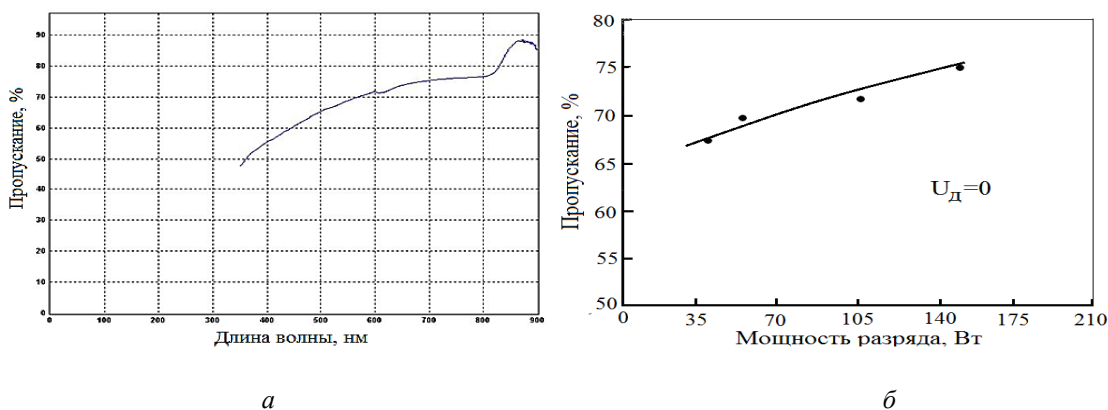


Рисунок 1 – Спектр пропускания (а) и зависимость пропускания на фторуглеродных покрытиях на  $\lambda = 555$  нм от мощности первичного пучка (б)

Для измерения электрофизических параметров применяли МДП структуры. Измерения проводили на частоте 1 МГц. Установлено, что значение диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  снизилось с 8,7 до 2,2 при увеличении мощности разряда с 90 до 200 Вт. Также наблюдалось снижение тангенса диэлектрических потерь  $\tan \delta$  до 0,02 и рост удельного объемного сопротивления  $\rho_v$  до  $3,1 \cdot 10^5$  Ом·м. Это можно связать формированием более плотной структуры покрытия и десорбции примесей.

Установлено, что износостойкость покрытий возрастала при увеличении мощности до 90–100 Вт, дальнейший рост мощности привел к росту коэффициента трения (рис. 2а).

Угол смачивания  $\theta$  поверхности фторуглеродного покрытия дистиллированной водой увеличивался до  $102^\circ$  при повышении мощности до 80–90 Вт (рис. 2б). При более высоких мощностях происходило некоторое снижение угла, что можно объяснить увеличением поверхностной энергии из-за роста числа ненасыщенных связей атомов углерода и фтора.

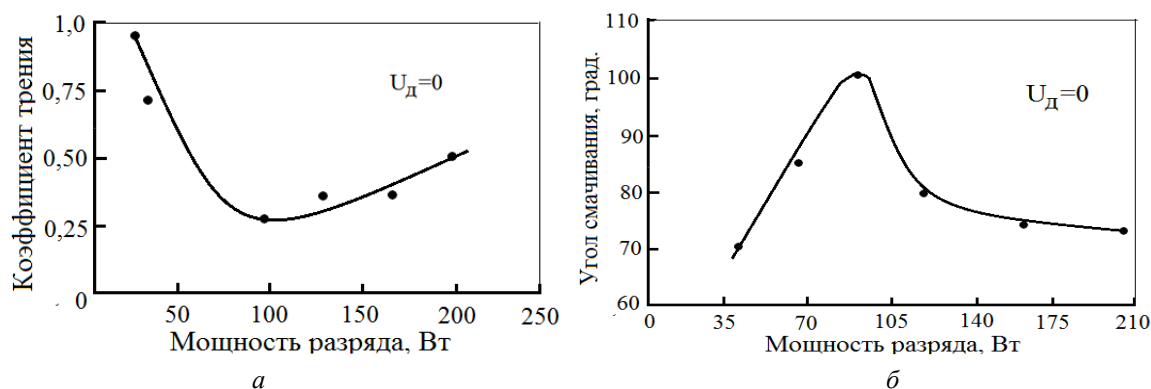


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента трения (а) и угла смачивания (б) от мощности разряда

Установлено, что увеличение  $U_d$  и, соответственно, энергии ионов в пучке привело к увеличению пропускания, что связано с формированием более плотной структуры пленки из-за высокой энергии ионов.

Установлено, что увеличение  $U_d$  и способствовало снижению  $\epsilon$  и  $\text{tg}\delta$ , росту  $\rho_v$ , что связано с формированием более плотной структуры пленки из-за высокой энергии ионов. Угол смачивания увеличивался при повышении напряжения с 50 до 100 В, затем практически не изменялся (рис. 3а). Рост угла смачивания можно связать с уплотнением фторуглеродной пленки. Такие же причины вызывали увеличение и износостойкости (рис. 3б).

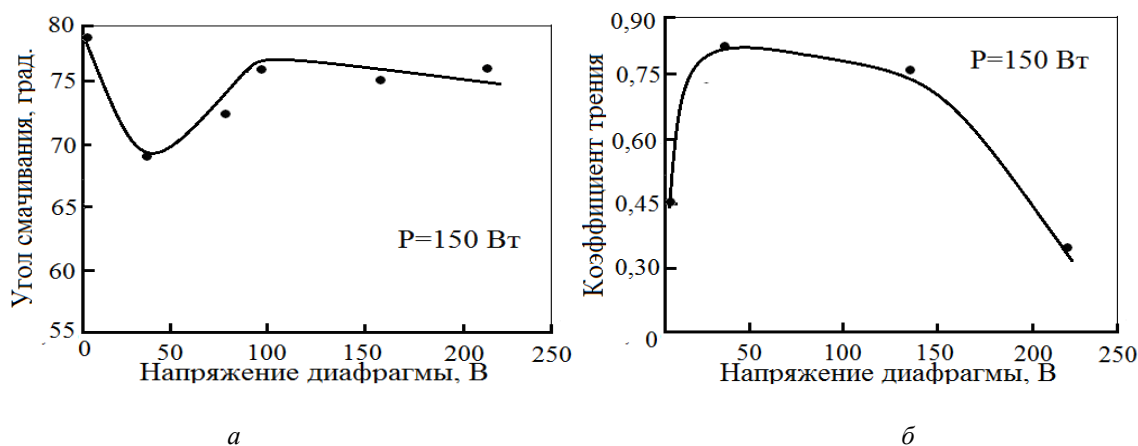


Рисунок 3 – Зависимость угла смачивания (а) и коэффициента трения (б) от напряжения на диафрагме

Измерение адгезии методом насечек показало, что при росте мощности разряда и  $U_d$  она составляла 4В – 5В по шкале ASTM, что также связано с повышением плотности покрытия из-за высокой энергии конденсирующихся ионов.

#### Список литературы

1. Characterization of fluorocarbon thin films deposited by ICP and PP / J. Lee [et al.] // Journal of Surface Analysis. – 2011. – Vol. 17, No. 3. – P. 269–273.
2. Телеш, Е. В. Формирование оптических покрытий прямым осаждением из ионных пучков / Е. В. Телеш, Н. К. Касинский // Контенант. – 2014. – Т. 1, № 2. – С. 27–30.

The influence of primary discharge power  $P$  and aperture potential  $U_d$  on the characteristics of fluorocarbon coatings synthesized by direct ion beam deposition was studied. It was found that increasing  $P$  and  $U_d$  contributed to increased optical transmittance, wear resistance, and contact angle, as well as improved the electrophysical properties of the coatings.

Курбако Егор Григорьевич, студент 4 курса Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь, kurbakoe@list.ru.

Научный руководитель – Телеш Евгений Владимирович, старший преподаватель кафедры электронной техники и технологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь, eteleh@bsuir.by.