

ОПТИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ РЕАКТИВНЫМ ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ МИШЕНИ ИЗ ГРАФИТА

Потьлкин А.Н.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Телеш Е.В. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Исследовано влияние технологических режимов на оптические и механические характеристики фторуглеродных покрытий, полученных реактивным ионно-лучевым распылением мишени из графита.

Ключевые слова: фторуглеродное покрытие, реактивное ионно-лучевое распыление, графит.

Введение. Фторуглеродные тонкие пленки широко применяются в качестве оптических покрытий с низким коэффициентом преломления, гидрофобных, антифрикционных, биосовместимых, защитных, химически стойких покрытий [1,2]. Также эти пленки являются одним из перспективных материалов для межслойных диэлектриков из-за низкой диэлектрической проницаемости [3]. Для нанесения фторуглеродных покрытий широко используется распыление мишени из политетрафторэтилена. Однако процесс распыления носит нестационарный характер, что не позволяет воспроизводимо получать покрытия с заданными характеристиками [4].

Метод реактивного ионно-лучевого синтеза тонких пленок с использованием пучков ионов химически активных газов, который используется в данной работе, представляется одним из перспективных методов нанесения функциональных слоев. Реактивное распыление является гибким методом, т.к. при изменении парциального давления активного газа можно получать пленки с различной стехиометрией и, следовательно, с широким диапазоном электрических свойств.

Основная часть. Формирование фторуглеродных тонкопленочных слоев осуществляли путём ионно-лучевого распыления мишени из уплотненного графита АВР ТУ-48-20-86-76 на установке вакуумного напыления УРМ 3.279.017. Остаточный вакуум составлял $2,3 \cdot 10^{-3}$ Па. Плёнки формировались на подложках из кремния и оптического стекла. Температура подложек составляла 373 и 423 К. При нанесении на холодную подложку происходило отслоение покрытия из-за механических напряжений. Ускоряющее напряжение составляло 3 кВ. В процессе нанесения варьировались состав рабочей газовой среды и напряжение на мишени U_m .

Исследование оптических характеристик (коэффициенты пропускания и пропускания) покрытий осуществлялось в диапазоне 300 – 900 нм с помощью спектрофотометра М-121 PROSCAN. На рисунке 1 приведены спектральные зависимости пропускания и поглощения фторуглеродных покрытий, полученных при парциальном давлении хладона $5,0 \cdot 10^{-2}$ Па и температуре подложки 423 К. Установлено, что покрытия обладали пропусканием ~ 93 % в видимом и ближнем ИК диапазоне длин волн. Исследовано влияние состава рабочего газа на пропускание фторуглеродных покрытий.

На рисунке 2, а представлена зависимость пропускания фторуглеродных покрытий от парциального давления хладона при $\lambda=555$ нм. Установлено, что при увеличении давления хладона происходит рост пропускания с 59 до 95 %, что свидетельствует об образовании химических связей углерода с фтором. При распылении без добавки хладона покрытия имели низкий уровень пропускания и светло-коричневую окраску.

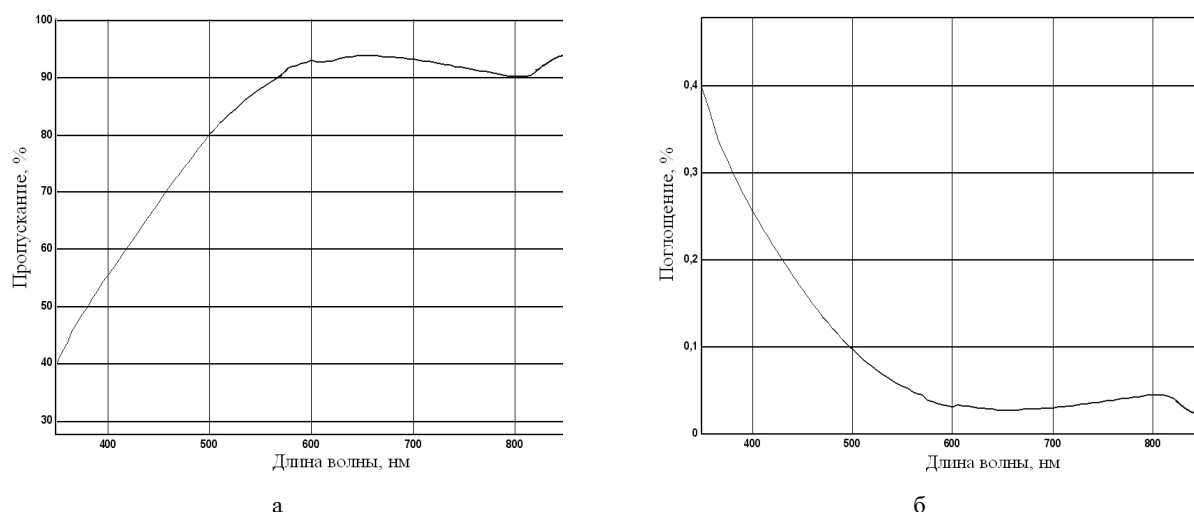


Рисунок 1 – Спектральные зависимости пропускания (а) и поглощения (б) фторуглеродных покрытий

Рост напряжения на мишени привел к некоторому увеличению пропускания, что можно объяснить стимулированием химического взаимодействия за счет возникновения вторичного плазменного разряда (рис. 2, б). При распылении в атмосфере только хладона был получен коэффициент преломления $n=1,4$, что близко к коэффициенту преломления политетрафторэтилена (1,38).

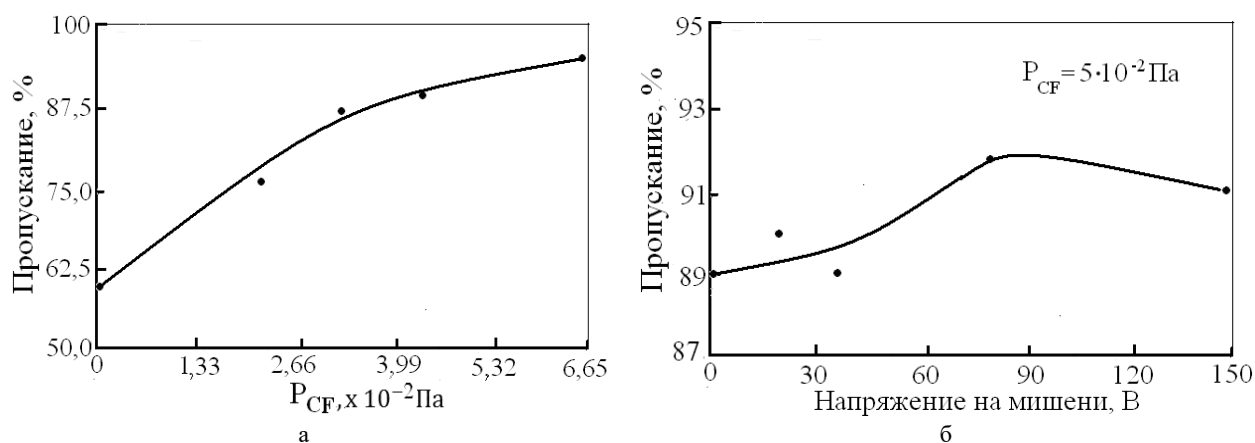


Рисунок 2 – Зависимость пропускания фторуглеродных покрытий от парциального давления хладона (а) и напряжения на мишени (б)

Микротвердость покрытий, полученных распылением в атмосфере хладона, по шкале Кнуппа находилась в пределах 450...700 НК. Наличие положительного потенциала на мишени приводило к снижению твердости. Коэффициент трения находился в пределах 0,40...0,12. На рисунке 3 приведена трибограмма фторуглеродного покрытия.

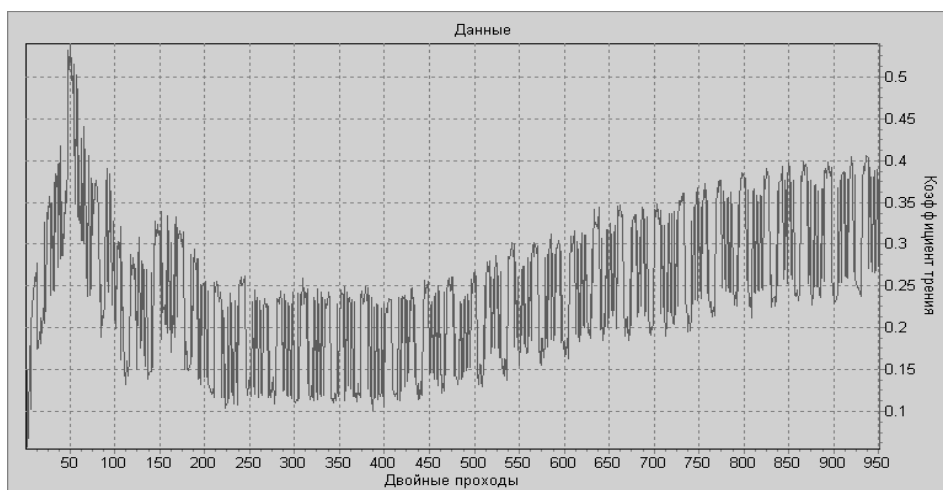


Рисунок 3 — Трибограмма фторуглеродного покрытия

Заключение. Проведенные исследования показали, что реактивное ионно-лучевое распыление мишени из графита позволяет формировать фторуглеродные покрытия с высоким оптическим пропусканием и приемлемыми механическими характеристиками.

Список литературы

1. Drabik, M. Super-hydrophobic coatings prepared by RF magnetron sputtering of PTFE/M. Drabik et al.//Plasma Processes Polym. – 2010.– Vol.7. – P. 544 – 551.
2. Телеш, Е.В. Формирование гидрофобных фторуглеродных покрытий /Е.В. Телеш, В.А. Точеный/ Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : М.Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]– Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. –516 с. : ил. – С. 163 – 165.
3. Лучников, А.П. Микроструктура и электрофизические свойства фторполимерных пленок для МЭМС и наноэлектроники / А.П. Лучников, П.А. Лучников, А.С. Сигов// Нано- и микросистемная техника. –2007. –№12(89). – С. 34 – 40.
4. Телеш, Е.В. Ионно-лучевое распыление мишени из политетрафторэтилена / Е.В. Телеш, В.А. Точеный// Приборостроение – 2021: материалы 14-й Междуна. научно-технической конференции (Минск, 18–20 ноября 2021 г.) / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2021 – С. 355 – 356.

UDC 621.793.79

OPTICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF FLUOROCARBON COATINGS PRODUCED BY REACTIVE ION-BEAM SPUTTERING OF A GRAPHITE

Potylkin A.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Telesh E.V.– senior lecturer of the Department of ETT

Annotation. The effect of technological regimes on the optical and mechanical characteristics of fluorocarbon coatings obtained by reactive ion-beam sputtering of a graphite target has been studied.

Keywords: fluorocarbon coating, reactive ion-beam sputtering, graphite