

УДК 621.793.18

ФОРМИРОВАНИЕ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ЗАЩИТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Телеш Е.В., Шевчик Е.В., Потылкин А.Н.

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

Аннотация. Исследовано влияние технологических режимов на свойства фторуглеродных защитных оптических покрытий, полученных ионно-лучевым распылением составной мишени из политетрафторэтилена и графита. В результате проведенных исследований определены оптимальные условия для формирования покрытий с оптической прозрачностью до 96 %, микротвердостью до 484 НК, низким коэффициентом трения, углом смачивания до 107 градусов и высокой адгезией к стеклу.

Ключевые слова: фторуглеродные покрытия, защитные оптические покрытия, составная мишень, ионно-лучевое распыление.

FORMATION OF FLUOROCARBON PROTECTIVE OPTICAL COATINGS

Telesh E.V., Shevchik E.V., Potylkin A.N.

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

Abstract. The influence of technological regimes on the properties of fluorocarbon protective optical coatings obtained by ion-beam sputtering of a composite target of polytetrafluoroethylene and graphite has been studied. As a result of the research, optimal conditions were determined for the formation of coatings with optical transparency up to 96 %, micro-hardness up to 484 НК, low coefficient of friction, contact angle up to 107 degrees and high adhesion to glass.

Key words: fluorocarbon coatings, protective optical coatings, composite target, ion-beam sputtering, protective optical coatings.

Адрес для переписки: Телеш Е.В., ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: eteles@mail.ru

Одним из наиболее перспективных материалов, обладающим уникальным комплексом физико-химических свойств, являются фторуглероды. К их основным достоинствам относятся высокие диэлектрические характеристики, химическая инертность, низкий коэффициент трения, гидрофобность [1].

Загрязнение поверхности защитного стекла или колпака, расположенных перед объективом камеры наблюдения, со временем может существенно ухудшить качество изображения. Защита от загрязнения и воды актуальна для любых других оптически прозрачных поверхностей, в том числе не имеющих прямого отношения к видеонаблюдению. Поэтому весьма перспективно применение фторуглеродных пленок в качестве оптических защитных покрытий. Такие покрытия должны быть прозрачны в видимом диапазоне, иметь большой угол смачивания, обладать приемлемыми твердостью износостойкостью и адгезией к стеклу.

Для получения покрытий широко используется распыление полимерных мишеней из политетрафторэтилена. Однако процесс распыления носит нестационарный характер, что не позволяет воспроизводимо получать покрытия с заданными характеристиками [2]. Поэтому было предложено использовать распыление составной мишени из графита и политетрафторэтилена [3].

Для компенсации положительного заряда на мишени 2 применялся термокатод 3 из вольфрама

(рисунок 1). Ток через термокатод составлял 14 А. Ионный источник 1 представлял собой ускоритель с анодным слоем. В качестве подложки 4 использовалось оптическое стекло К8.

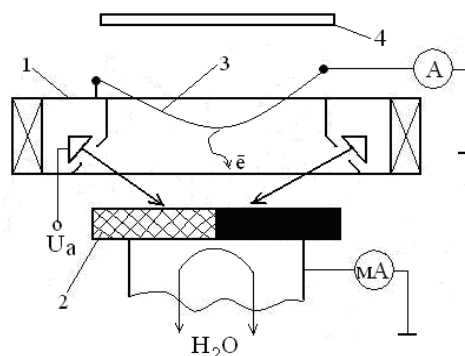


Рисунок 1 – Схема ионно-лучевого распыления составной мишени

Задачей данных исследований было исследование влияния технологических факторов на характеристики фторуглеродных защитных оптических покрытий. В процессе нанесения варьировались состав рабочей газовой среды, ускоряющее напряжение на аноде U_a и температура подложек T_n . В качестве рабочих газов применялись аргон и хладон-218 (C_3F_8).

Измерение пропускания покрытий осуществлялось в диапазоне 350–900 нм с помощью спектрофотометра PROSCAN. Установлено, что

покрытия обладали высокой прозрачностью (свыше 95 %) в видимом и ближнем ИК диапазоне длин волн (рисунок 2).

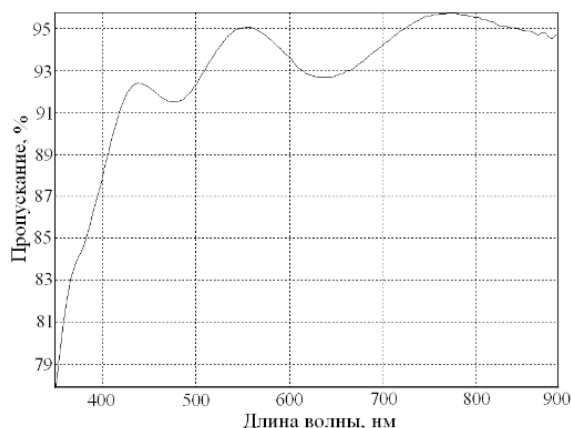


Рисунок 2 – Спектральная зависимость пропускания фторуглеродных покрытий

Установлено, что при давлении хладона более $1,33 \cdot 10^{-2}$ Па происходит снижение оптического пропускания с 96 до 92 %.

Угол смачивания покрытий дистиллированной водой измерялся с применением гониометра ЛК-1. Результаты приведены в таблице 1. Анализ данных таблицы показывает, что нагрев подложки способствовал увеличению угла смачивания.

Таблица 1. Исследования влияния режимов нанесения на угол смачивания

Давление аргона, Па	Давление хладона, Па	U_a , кВ	I_m , мА	T_p , К	Угол Смачив., град.
$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	1,0	20	343	102
$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	1,0	20	438	105
$5,0 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	1,2	25	343	98
$5,1 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	1,2	20	343	104
$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	1,6	27	373	107
$5,2 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	1,3	26	343	101
$5,2 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$	1,4	30	343	107

Важными эксплуатационными параметрами оптических покрытий являются их микротвердость и износостойкость. Микротвердость измерялась по шкале Кнуппа с использованием твердомера *VMHT* MOT фирмы *Leica*. Нагрузка составляла 10 Н. Трибологические характеристики измерялись с использованием микротвердомера МТ-4. Нагрузка в условиях сухого трения составляла 0,5 Н. На рисунке 3 приведена трибограмма фторуглеродного покрытия.

Установлено, что повышение температуры подложки повышало значения микротвердости и коэффициента трения. В таблице 2 представлены результаты измерений механических характеристик.

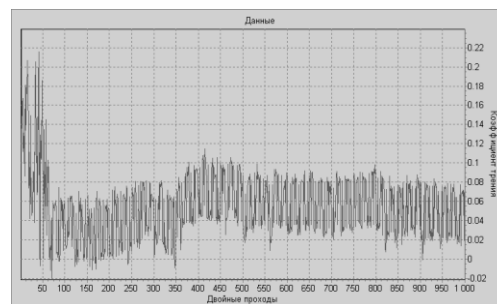


Рисунок 3 – Трибограмма фторуглеродного покрытия

Таблица 2. Исследования влияния режимов нанесения на механические характеристики покрытий

Давление аргона, Па	Давление хладона, Па	U_a , кВ	T_p , К	Микротвердость, НК	Коэффициент трения
$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	1,0	343	180	–
$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	1,0	438	278	0,10–0,36
$5,0 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	1,2	343	162	–
$5,1 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	1,2	343	146	0,14–0,26
$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	1,6	373	330	–
$5,2 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	1,3	343	313	0,10–0,22
$5,2 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$	1,4	343	484	–

Адгезия, измеренная с использованием метода насечек, составила 4–5 В по шкале *ASTM*, что свидетельствует о формировании прочных адгезионных связей между покрытием и стеклом.

Таким образом, ионно-лучевое распыление составной мишени позволило получить качественные прозрачные гидрофобные защитные оптические покрытия на стекле.

Литература

1. Super-hydrophobic coatings prepared by RF magnetron sputtering of PTFE / M. Drabik [et al.] // *Plasma Processes Polym.* – 2010. – V. 7. – P. 544–551.
2. Телеш, Е.В. Ионно-лучевое распыление мишени из политетрафторэтилена / Е.В. Телеш, В.А. Точный // *Приборостроение – 2021: материалы 14-й Междун. научно-технической конференции.* – 2021. – С. 355–356.
3. Шевчик, Е.В. Формирование фторуглеродных покрытий ионно-лучевым распылением составной мишени / Е.В. Шевчик, А.Н. Потылкин, Е.В. Телеш // *Электронные системы и технологии: сборник материалов 59-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования БГУИР.* – С. 539–541.