

## ФОРМИРОВАНИЕ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ СОСТАВНОЙ МИШЕНИ

Шевчик Е.В. Потылкин А.Н.

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

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

**Аннотация.** Исследовано влияние технологических режимов на оптические и гидрофобные свойства фторуглеродных покрытий, полученных ионно-лучевым распылением составной мишени из политетрафторэтилена и графита.

**Ключевые слова:** фторуглеродные покрытия, оптические характеристики, составная мишень, ионно-лучевое распыление, гидрофобные покрытия

**Введение.** Фторуглеродные тонкие пленки в настоящее время применяются в качестве изолирующих покрытий в электронике, оптических покрытий с низким коэффициентом преломления, гидрофобных, антифрикционных, защитных, антимикробных и химически стойких покрытий [1]. Для получения покрытий широко используется распыление полимерных мишеней из политетрафторэтилена [2]. Однако процесс распыления носит нестационарный характер, что не позволяет воспроизводимо получать покрытия с заданными характеристиками [3]. В работе [4] авторы предложили использовать композиционную мишень из углеродных нанотрубок и политетрафторэтилена для формирования фторуглеродных пленок. Мишень обладала удельным поверхностным сопротивлением меньше 100 Ом/□, что позволило осуществить стабильный процесс распыления.

В данной работе предложено использовать составную мишень из графита и политетрафторэтилена.

**Основная часть.** Формирование фторуглеродных покрытий осуществляли путём ионно-лучевого распыления составной мишени «политетрафторэтилен/50 % графит». Нанесение покрытий осуществляли на подложки из кремния и стекла К8. В процессе нанесения варьировались состав рабочей газовой среды, ускоряющее напряжение на аноде  $U_a$  и температура подложек  $T_{\text{п}}$ . Исследовано влияние состава температуры подложки на оптическое пропускание покрытий. На рисунке 1 приведены спектральные зависимости пропускания пленок, полученных при  $T_{\text{п}}=413$  и 583 К. Наблюдалось существенное снижение пропускания в диапазоне 300–600 нм. Ухудшение оптических характеристик также можно объяснить десорбцией фтора и выгоранием углерода из покрытия.

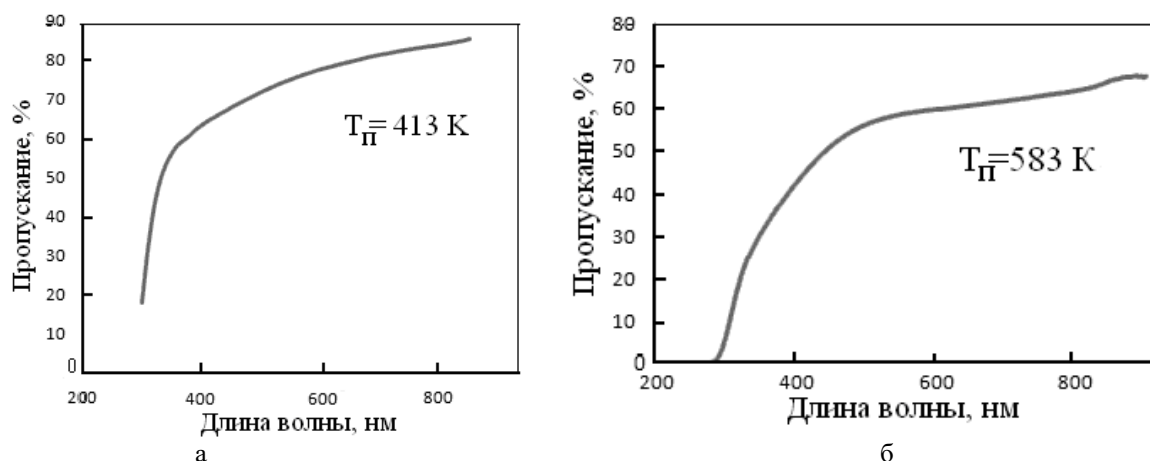


Рисунок 1 – Спектральные зависимости пропускания покрытий, полученных при  $T_{\text{п}}=413$  К и  $T_{\text{п}}=583$  К

На рисунке 2, а представлен ИК спектр пропускания покрытия, полученного при частичном давлении хладона  $2,0 \cdot 10^{-2}$  Па и температуре подложки 343 К. На спектре имелись три характерные полосы поглощения  $\text{SiO}_2$  и кремниевой подложки. Области поглощения на 739, 1200  $\text{cm}^{-1}$  соответствовали связям C–F. Большая область поглощения, наблюдаемая в диапазоне 1300 – 1800  $\text{cm}^{-1}$ , возникает из-за колебаний нескольких групп связей (C–O, C–F).

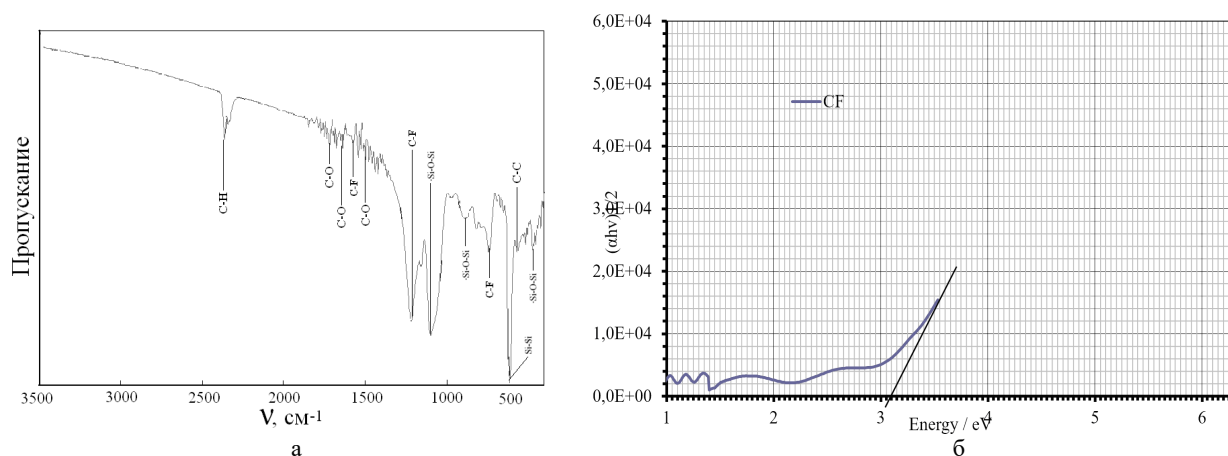


Рисунок 2 – ИК спектр пропускания фторуглеродного покрытия (а) и методика определения ширины запрещенной зоны (б)

Ширина запрещенной зоны  $E_g$  рассчитывалась путем анализа спектров пропускания (рис. 2. б). Она составила 3,10...3,25 эВ и практически не зависела от режимов формирования покрытий. Низкое значение  $E_g$  объясняется использованием подложек из обычного, а не кварцевого стекла.

Загрязнение поверхности защитного стекла или колпака, расположенных перед объективом камеры наблюдения, со временем может существенно ухудшить качество изображения. Поэтому фторуглеродные тонкопленочные покрытия широко применяются в качестве гидрофобных для защиты от загрязнения и воды. Проведено нанесение покрытий при использовании различных давлений рабочих газов, варьировании температуры подложки  $T_p$  и ускоряющего напряжения  $U_a$ . В качестве подложки применялось оптическое стекло К8. Угол смачивания дистиллированной водой измерялся с применением гониометра ЛК-1. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исследования влияния режимов нанесения на угол смачивания

№ п/п	Давление Ar, Па	Давление $\text{C}_3\text{F}_8$ , Па	$U_a$ , кВ	$I_m$ , мА	$T_p$ , К	Угол смачивания, град.
1	$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	1,0	20	343	102
2	$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	1,0	20	438	105
3	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	1,2	25	343	98
4	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	1,2	20	343	104
5	$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	1,6	27	473	107
6	$5,2 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	1,3	26	343	101
7	$5,2 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$	1,4	30	343	107

Анализ данных таблицы показывает, что, нагрев подложки способствовал увеличению угла смачивания. Таким образом, ионно-лучевое распыление составной мишени из фторопласта и графита позволило получить качественные прозрачные гидрофобные покрытия на стекле.

**Заключение.** Проведенные исследования показали перспективность применения составных мишеней для формирования фторуглеродных покрытий с высокими оптическими и гидрофобными характеристиками.

### Список литературы

1. Drabik, M. *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. 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.*
3. He, J.L. *Deposition of PTFE thin films by ion beam sputtering and a study of ion bombardment effect / J.L. He, W.Z. Li, L.D. Wang, H.D. Li // Nuclear Instrum. and Methods in Phys. Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms.* – 1998. – V.135. –Issue 1–4.– PP. 512 –516.
4. Kim, S.H. *Fluorocarbon thin films fabricated using carbon nanotube/polytetrafluoroethylene composite polymer targets via mid-frequency sputtering/ Kim S.H. et al. //Scientific Report.* – 2017. – 7. – P. 1451 – 1461.

UDC 621.793.18

## FORMATION OF FLUOROCARBON COATINGS BY ION-BEAM SPUTTERING OF A COMPOSITE TARGET

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

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

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

**Annotation.** The effect of technological regimes on the optical and hydrophobic properties of fluorocarbon coatings obtained by ion-beam sputtering of a composite target of polytetrafluoroethylene and graphite has been studied.

**Keywords:** fluorocarbon coatings, optical characteristics, composite target, ion-beam sputtering, hydrophobic coatings