

ванных реактивным ИЛР мишени из графита. Увеличение парциального давления хладона, наличие положительного потенциала на мишени способствовало снижению n , а повышение температуры подложки – росту n .

Таким образом, проведенные исследования позволили определить основные оптические характеристики фторуглеродных покрытий, полученных ионно-лучевым распылением мишеней с разным составом.

Литература

1. Телеш, Е. В. Ионно-лучевое распыление мишени из политетрафторэтилена / Е. В. Телеш, В. А. Точный // Приборостроение – 2021: материалы 14-й Междун. научно-технической конференции (Минск, 18–20 но-

ября 2021 г.) / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2021 – С. 355–356.

2. 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.

3. Телеш, Е. В. Формирование фторуглеродных покрытий реактивным ионно-лучевым распылением мишени из графита / Е. В. Телеш, А. Н. Потылкин // Актуальные проблемы физики, электроники и энергетики [Электронный ресурс]: электронный сборник статей I международной научно-практической конференции, Новополоцк, 27–28 окт. 2022 г. / Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк, 2023. – С. 157–161.

УДК 621.793.18

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАБОЧЕГО ГАЗА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРЯМЫМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ИОННЫХ ПУЧКОВ

Телеш Е. В., Шевчик Е. В., Курбако Е. Г., Перепечко Е. Ю.

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

Аннотация. Исследовано влияние парциального давления хладона-218 на свойства фторуглеродных покрытий, полученных прямым осаждением из ионных пучков. В результате проведенных исследований определен оптимальный диапазон давления хладона-218 ($7,98 \cdot 10^{-2}$ – $1,06 \cdot 10^{-1}$) для формирования покрытий с оптической прозрачностью до 83 %, углом смачивания до 75 градусов и шириной запрещенной зоны около 2,8 эВ.

Ключевые слова: фторуглеродные покрытия, прямое осаждение, электрофизические характеристики, ширина запрещенной зоны, оптическое пропускание, угол смачивания.

INFLUENCE OF WORKING GAS COMPOSITION ON THE CHARACTERISTICS OF FLUOROCARBON COATINGS OBTAINED BY DIRECT DEPOSITION FROM ION BEAMS

Telesh E., Shevchik E., Kurbako E., Perepechko E.

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

Abstract. The influence of the partial pressure of freon-218 on the properties of fluorocarbon coatings obtained by direct deposition from ion beams has been studied. As a result of the research, the optimal pressure range of freon-218 ($7,98 \cdot 10^{-2}$ – $1,06 \cdot 10^{-1}$) was determined for the formation of coatings with optical transparency of up to 83 %, a contact angle of up to 75 degrees and a band gap of about 2,8 eV.

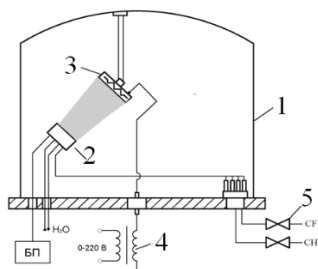
Key words: fluorocarbon coatings, direct deposition, electrophysical characteristics, band gap, optical transmission, contact angle.

*Адрес для переписки: Телеш Е. В., ул. П. Бровки, 6, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: etelesh@bsuir.by*

Тонкопленочные фторуглеродные слои применяются в приборостроении в качестве low-k диэлектриков, оптических, гидрофобных, защитных покрытий [1]. Для синтеза фторуглеродных покрытий обычно используются плазменные разряды в углерод- и фторсодержащих газах с применением методов ВЧ плазмохимического осаждения, индуктивно-связанной плазмы, импульсной плазмы высокой плотности [2]. На характеристики покрытий определяющее влияние оказывают состав рабочего газа, мощность плазменного разряда, величина отрицательного смещения на подложке, температура подложки и т. п.

Методы, основанные на нанесении тонкопленочных покрытий из ионных пучков, позволяют изменять свойства пленок посредством регулирования энергии ионов, плотности ионного потока и его состава [3]. В данной работе будет исследовано влияние парциального давления хладона-218 (C_3F_8) в рабочем газе на характеристики фторуглеродных покрытий.

Формирование фторуглеродных покрытий проводили на модернизированной установке вакуумного напыления ВУ-1А, оснащенной ионным источником на основе торцевого холлового ускорителя (ГХУ) (рисунк 1).



1 – вакуумная камера; 2 – ТХУ;
3 – подложкодержатель с подогревом;
4 – трансформатор питания нагревателя;
5 – газовые натекатели

Рисунок 1 – Схема нанесения покрытий прямым осаждением из ионных пучков

Остаточный вакуум не превышал значений $(4-5) \cdot 10^{-3}$ Па. Рабочее давление составляло $2,6 \cdot 10^{-1}$ Па. Ток разряда составлял 2 А, напряжение на аноде – 78–80 В. Покрытия наносились на подложки из кремния и стекла К8. Температура подложек составляла 430–450 К.

Измерение оптического пропускания покрытий, нанесенных на подложки из стекла, осуществлялось в диапазоне 380–1080 нм. На рисунке 2 приведена зависимость пропускания покрытий на $\lambda = 555$ нм, полученных при различных парциальных давлениях хладона. Установлено, что увеличение парциального давления хладона практически не влияло на величину пропускания которое составляло 81–83 %. Следует отметить высокую прозрачность покрытий даже при низком содержании хладона в рабочем газе и относительно невысокой температуре подложки, что связано с высокой степенью химического взаимодействия между углеродом и фтором.

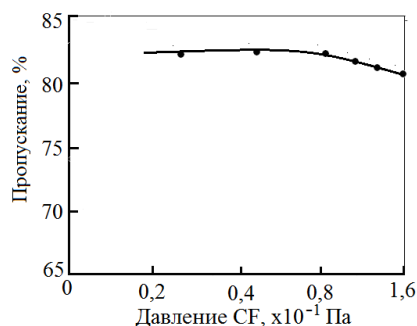


Рисунок 2 – Зависимость оптического пропускания покрытий на $\lambda = 555$ нм, полученных при различных парциальных давлениях хладона

На рисунке 3 приведена зависимость ширины запрещенной зоны E_g от парциального давления хладона. E_g увеличилась с 2,36 до 2,8 эВ при давлении последнего $1 \cdot 10^{-1}$ Па, что также свидетельствует о стимулировании химического взаимодействия между углеродом и фтором.

Для измерения электрофизических параметров применяли МДП структуры. Установлено, что значение диэлектрической проницаемости ϵ и

тангенса диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ неоднозначно зависело от давления фторсодержащего газа (таблица 1). Также наблюдалось увеличение удельного объемного сопротивления ρ_v до давления хладона $7,98 \cdot 10^{-2}$. Дальнейший рост содержания хладона в рабочем газе привел к резкому снижению ρ_v .

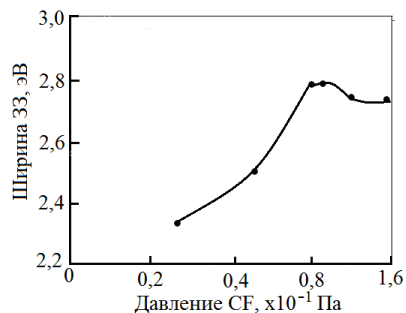


Рисунок 3 – Зависимость ширины запрещенной зоны покрытий, полученных при различных парциальных давлениях хладона

Таблица 1 – Результаты измерений электрофизических характеристик фторуглеродных покрытий

Номер образца	Давление CF, Па	ϵ	$\text{tg}\delta$	ρ_v , Ом·м
1	$2,66 \cdot 10^{-2}$	2,6	0,22	$3,0 \cdot 10^4$
2	$5,32 \cdot 10^{-2}$	3,3	0,18	$2,9 \cdot 10^4$
3	$7,98 \cdot 10^{-2}$	1,76	0,14	$6,7 \cdot 10^4$
4	$1,06 \cdot 10^{-1}$	4,5	0,14	$3,3 \cdot 10^4$
5	$1,33 \cdot 10^{-1}$	3,2	0,25	$2,0 \cdot 10^4$
6	$1,59 \cdot 10^{-1}$	2,8	0,52	$1,2 \cdot 10^4$

Угол смачивания θ поверхности фторуглеродного покрытия дистиллированной водой измерялся с применением гониометра ЛК-1. Зависимость θ от парциального давления хладона носила сложный характер (рисунок 4). Максимальный угол смачивания 75° наблюдался при давлении хладона $1,33 \cdot 10^{-1}$ Па.

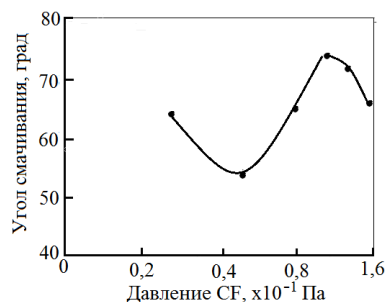


Рисунок 4 – Зависимость угла смачивания фторуглеродного покрытия от парциального давления хладона

Таким образом, проведенные исследования позволили определить оптимальное давление хладона-218 для синтеза фторуглеродных покрытий с высокой прозрачностью и хорошей гидрофобностью.

Литература

1. Лучников, А. П. Микроструктура и электрофизические свойства фторполимерных пленок для МЭМС и

нанoeлектроники / А. П. Лучников, П. А. Лучников, А. С. Сигов // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – № 12 (89). – С. 34–40.

2. Jacobsohn, L. G Film growth and relationship between microstructure and mechanical properties of a-C:H:F films deposited by PECVD / L. G Jacobsohn, D. F.

Franceschini // Diamond and Related Materials. – 2001. – № 10 (2). – P. 125–131.

3. 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.

УДК 681.7.023.72

КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАБОТКА ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ПОЛНЫМИ СФЕРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Филонова М. И., Козерук А.С., Андрушкевич И. В., Чернышенко Д. Ю.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Рассмотрена последовательность операций групповой обработки оптических деталей с полными сферическими поверхностями и приведена технологическая оснастка для реализации предлагаемых операций.

Ключевые слова: алмазонасные рабочие участки, среда под давлением, тонкий, инструмент в виде полого цилиндра.

COMPREHENSIVE PROCESSING OF OPTICAL PARTS WITH FULL SPHERICAL SURFACES

Filonova M., Kozeruk A., Andrushkevich I., Chernyshenko D.

*BeloRussian Federation National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

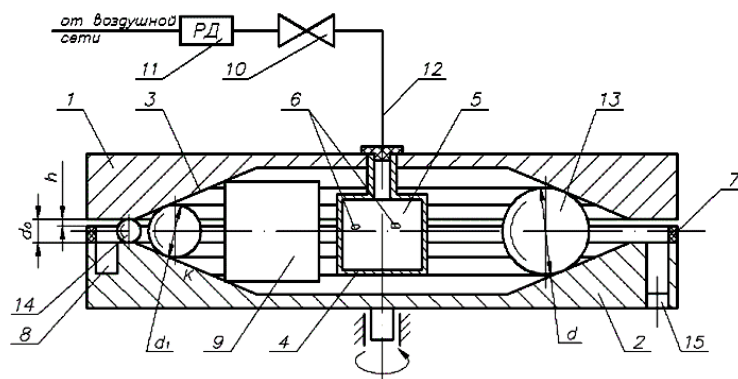
Abstract. The article considers the sequence of operations for group processing of optical parts with full spherical surfaces and provides technological equipment for the implementation of the proposed operations.

Keywords: diamond-bearing working areas, pressurized environment, thin, hollow cylinder tool.

Адрес для переписки: Филонова М. И., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: filonovami@bntu.by

Современное направление развития оптического приборостроения – его миниатюризация. Такой подход требует, помимо прочего, изготовления микролинз для объективов – двояковыпуклых, плосковыпуклых, двояковогнутых, плосковогнутых, а также положительного и отрицательного менисков. Существующие приемы обработки таких оптических деталей сводятся к поэтапному их шлифованию в три перехода абразивными суспензиями микропорошков М40, М20, М10 и полированию в два перехода суспен-

зиями окиси тория и полирита на многошпиндельных рычажных шлифовально-полировальных станках модели ШП. Технология энерго- и трудоемкая. При ее реализации необходимо выполнять крепление (блокировку) заготовок на специальном наклеечном приспособлении смолы, нагревая наклеечник, заготовку детали и смолу. Нагревание последней приводит к выбросу в атмосферу концентратов веществ фенольной группы и, следовательно, к загрязнению окружающей среды.



1 и 2 – диски с коническими алмазонасными участками 3; 9 – исходная кубическая заготовка и ее промежуточное состояние 13; 10, 11, 12 – элементы пневмосети

Рисунок 1 – Схема технологической оснастки для формирования оптических деталей с полной сферической поверхностью