

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ФАКУЛЬТЕТ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ

КАФЕДРА «КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ М.Г. Киселев
«__» _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание степени магистра технических наук

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЗАЩИТНО-ПРОСВЕТЛЯЮЩИХ
ФТОРСОДЕРЖАЩИХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ
ДЛЯ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ТЕХНИКИ**

Специальность 1 – 38 80 04 «Технология приборостроения»

Магистрант

(подпись, дата) Навицкий А.Н.

Руководитель

Кандидат физ.-мат. наук, доцент

(подпись, дата) Щербакова Е.Н.

Минск 2019

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В настоящее время оптические приборы инфракрасного (ИК) диапазона играют важнейшую роль в исследовательской деятельности, а также для их применения в полевых условиях. Ежедневно ставятся задачи по улучшению возможностей и качества эксплуатации этих приборов, что зачастую приводит к сложным конструкциям и сужает область применения разработанного оборудования. Не являются исключением и оптические приборы для военных нужд, которые, в первую очередь, должны быть просты в изготовлении, долговечны в эксплуатации и способны выдерживать нагрузки на протяжении длительного воздействия.

Наиболее серьезной проблемой для оптических приборов и установленных в них линз при эксплуатации в полевых условиях (обычных или агрессивных средах) является их слабая защитная функция, которая зачастую не способна сопротивляться внешнему воздействию, что приводит к быстрому выходу из строя, как самой линзы, так и всего прибора в целом. Таким образом, способность сопротивляться внешнему воздействию является важнейшим критерием для данных приборов при этом, улучшая их оптические свойства. Одним из способов улучшения защитных свойств данных объектов является формирование на их поверхности защитного слоя алмазоподобного углеродного покрытия, который хорошо зарекомендовал себя как износостойкое, сверхтвердое покрытие способное также улучшать оптические свойства данных объектов.

Цель работы: разработка защитно-просветляющих покрытий с улучшенными оптическими и механо-трибологическими свойствами путем определения оптимальных режимов и допирования их фтором для применения в тепловизионной технике.

Задачи:

1. анализ имеющихся типов покрытия используемых в качестве просветляющего слоя, влияния покрытий на пропускную способность покрываемого материала;
2. разработка специализированного метода получения АПУ покрытий для улучшения качества защитных и просветляющих свойств путем допирования их фтором;
3. исследование оптических, механических и физико-трибологических свойств полученных покрытий;
4. анализ элементного состава покрытий при различных условиях напыления;

5. разработка базовой технологической инструкции получения защитно-просветляющих фторсодержащих алмазоподобных углеродных покрытий.

Научная значимость заключается в разработке фторсодержащих алмазоподобных углеродных покрытий обладающих пониженной поверхностной энергией и позволяющих получать требуемый показатель преломления.

Практическая значимость настоящей работы заключается в применении результатов для оптических приборов, предназначенных для инфракрасной области спектра, улучшая их защитные свойства, тем самым увеличивая срок службы.

Магистерская диссертация содержит 79 с. машинописного текста с 34 иллюстрациями, 9 таблиц, список использованной литературы в количестве 32 источников, приложение на 2 с.

Магистерская диссертация содержит разделы:

Оглавление;

Введение;

Глава 1 Оптические алмазоподобные углеродные покрытия и методы их получения;

Глава 2 Метод получения защитно-просветляющих Ф-АПУ покрытий;

Глава 3 Методики исследования защитно-просветляющих Ф-АПУ покрытий;

Глава 4 Исследование свойств Ф-АПУ покрытий;

Глава 5 Разработка базовой технологической инструкции на процесс получения защитно–просветляющих покрытий на вакуумной установке УВНИПА–1–002;

Заключение;

Список использованной литературы;

Приложения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Девятков Н. Д. Применение электроники в медицине и биологии // Электронная техника. Серия СВЧ-техника. 1993. № 1 (455). С. 67-76 ;
2. Основы тепловидения/ В. В. Коротаев [и др.] ; НИУ ИТМО – Санкт-Петербург, 2012. — 122 с.;
3. Aparna Akula. Thermal imaging and its application in defence systems / Aparna Akula, Ripul Ghosh, Н. К. Sardana/ Optics: Phenomena, Materials, Devices, and Characterization AIP Conf. Proc. 1391 – 2011 – p. 333-335;
4. FILMETRICS A KLA Company [Electronic resource] – San Diego. 2008 – Mode of access : <http://www.filmetrics.com/> – Date of access : 22.10.2018;
5. Hemant Kumar. Anti-reflective coatings: A critical, in-depth review/ Hemant Kumar , Raut V. Anand Ganesh, A. Sreekumaran Nairb /Energy & Environmental Science. Vol. 4 (10) – 2011. – p. 3779-3804;
6. Rayleigh, L. On reflection of vibrations at the confines of two media between which the transition is gradual / Proc. London Math. Soc. s1–11, 1879. – p.51-56;
7. Производство оптических компонентов и приборов для науки и промышленности [Электронный ресурс]/ Частная компания ООО «Тидекс» - Санкт-Петербург , 1994. Режим доступа: <http://www.tydexoptics.com/> - Дата доступа : 19.12.2018;
8. Crystran Ltd - World Wide Optics Source [Electronic resource]/ ed M. Middleton – Dorset BH12 4PA. 2012 – Mode of access : <https://www.crystran.co.uk/optical-materials/lead-fluoride-pbf2>. - Date of access : 13.11.2018;
9. Moses A.J. Refractive index of optical materials in the infrared region / Electronic Properties Information Center – 1970 – P. 250
10. Crystran Ltd - World Wide Optics Source [Electronic resource]/ ed M. Middleton – Dorset BH12 4PA. 2012 – Mode of access : <https://www.crystran.co.uk/optical-materials> - Date of access : 13.11.2018;
11. Optical properties of diamond-like carbon and nanocrystalline diamond film : Journal of Optoelectronics and Advanced Materials Vol. 7, 2005. / B. Mednikarov (et al.). – 2005. – P. 1407-1413;
12. Diamond-like amorphous carbon : Materials science and engineering. Vol. 37. 2002. / Robertson J. 2002 – P. 129-281;
13. History of diamond-like carbon films — From first experiments to worldwide applications : Surface and Coatings Technology. Vol. 242. 2012. / Bewilogua, K. – 2014 – P. 214-225.

14. Amorphous Hydrogenated Carbon Films/ A. Lettington (et al.) – Proc. Eur. Mater. Res. Soc. Symp., Les Editions de Physique, Paris, 1987;
15. Doping and Alloying Effects on DLC Coatings / Tribology of Diamond-Like Carbon Films. 2008. Sánchez-López, J. C., Fernández, A. – 2008. – P. 311-338;
16. Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus, 2011, Designation: B117 – 11
17. Compilation of Diamond-Like Carbon Properties for Barriers and Hard Coatings / D. A. Outka (et al.); Sandia Report – 1994. – p. 54.
18. Diamond-like carbon — present status; Diamond and Related Materials Vol 8. 1999. Lifshitz Y. – 1999. – P. 1659–1676;
19. Properties of the diamond-like carbon film produced by the condensation of a plasma stream with an rf potential; Sov. Phys. Tech. Phys. Vol. 23. 1978. / V. E. STREL’NITSKII (et al.) – American Institute of Physics – 1978 – P. 222;
20. 60 years of DLC coatings: Historical highlights and technical review of cathodic arc processes to synthesize various DLC types, and their evolution for industrial applications. Surface & Coatings Technology Vol. 257. 2014. / Vetter J. – 2014. – P. 213–240;
21. Preparation and properties of Ag/DLC nanocomposite films fabricated by unbalanced magnetron sputtering; Applied surface science. Vol. 1. 2013. / Jianmin Chen (et al.). – 2013. – P. 165-170;
22. Catalytic CVD growth and properties of a-C:H and a-C:N : Thin Solid Films. Vol. 430. 2003. / H. Nakayama (et al.). – 203 – p. 309;
23. Н.А. Поклонский, Н.И. Горбачук, Р.Н. Грицкевич, Н.М. Чекан, Е.П. Шпак Электропроводящие нанокompозитные пленки на основе алмазоподобного углерода. // Пленки и покрытия-2009: Труды 9-ой международной конференции. 26-29 мая 2009 г., Россия, Санкт-Петербург – [под редакцией В.Г. Кузнецова] - СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2009 – 191-193 с.;
24. Dependence of the bonding structure of DLC thin films on the deposition conditions of PECVD method : Surface and Coatings Technology. Vol. 169–170. 2003. / Kim Y.T. (et al) – 2003. – P. 291-294;
25. Чекан Н. М., Акула И. П., Шпак Е. П., Навицкий А. Н. Структура и оптические свойства покрытий алмазоподобного углерода // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. Минск, Беларусь, НАН Беларуси. 2018 – Т. 63, No 3. – С. 280–289;
26. Чекан Н.М., Акулич В.В., Акула И.П. Новый комбинированный метод получения алмазоподобных пленок // Материалы II Международной научно-технической конференции "Современные методы и технологии создания и

обработки материалов", Минск, Беларусь, ФТИ НАН Беларуси; редкол.: С.А. Астапчик (отв.ред.) [и др.]. Минск. 2007. Т. 2. С. 148-158;

27. Ervin K.M., Gronert S., Barlow S.E., Gilles M.K., Harrison A.G., Bierbaum V.M., DePuy C.H., Lineberger W.C., and Ellison G.B. Bond strengths of ethylene and acetylene // J. Am. Chem. Soc. 1990. Vol. 112. P. 5750-5759;

28. Luo Yu-Ran. Comprehensive handbook of chemical bond energies / CRC Press – 2007. – P. 1685;

29. Маслов А.И., Дмитриев Г.К., Чистяков Ю.Д. Импульсный источник углеродной плазмы для технологических целей // Приборы и техника эксперимента. 1985. № 3. С. 146-149 ;

30. Microscopic structure of liquid 1-1-1-2-tetrafluoroethane (R134a) from Monte Carlo simulation : Physical Chemistry Chemical Physics. 2010. Vol. 12. / Hainam Do (et al) – 2010. – P. 13266–13272;

31. Григорович В.К. Твердость и микротвердость металлов. – М.: Наука, - 1976. – 119 с.

32. Subimplantation model for film growth from hyper-thermal species: Application to diamond // Phys. Rev. Lett. Vol. 62. 1989./ Lifshitz Y. – 1989. – P. 1290-1293.