

Заключение диссертационного совета МГУ.013.7
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от 16 февраля 2023 г., № 1

О присуждении Завидовскому Илье Алексеевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние параметров импульсно-плазменного осаждения углеродных покрытий на их структуру, электрофизические и антибактериальные свойства» по специальности 1.3.5. Физическая электроника принята к защите диссертационным советом 15 декабря 2022 г., протокол № 8П.

Соискатель Завидовский Илья Алексеевич, 1995 года рождения, в 2018 году окончил физический факультет Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, в 2022 году окончил аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Соискатель работает инженером 2 категории кафедры физической электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре физической электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Стрелецкий Олег Андреевич, старший научный сотрудник кафедры физической электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Трахтенберг Леонид Израйлевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории функциональных нанокompозитов ФИЦ ХФ им. Н.Н. Семенова РАН

Чеченин Николай Гаврилович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом физики атомного ядра, НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына МГУ

Елецкий Александр Валентинович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры Общей физики и ядерного синтеза НИУ «МЭИ»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 32 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 22 работы, из них 12 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ.

Список публикаций по теме диссертации в журналах, индексируемых Scopus, WoS, RSCI:

1. Streletskiy O.A., **Zavidovskiy I.A.**, Nischak O.Yu, Pavlikov A.V. Multiphonon replicas in Raman spectra and conductivity properties of carbon films with different concentrations of sp¹-bonds // *Thin Solid Films*. 2019. Vol. 671. P. 31–35. (IF_{Scopus} = 2.10.) (вклад соискателя – 0.2 п.л. из 0.6 п.л.)

печатного листа.

2. **Завидовский И.А.**, Стрелецкий О.А., Нищак О.Ю., Хайдаров А.А. Влияние энергии ионной стимуляции на удельное электросопротивление углеродных пленок, полученных методом импульсно-плазменного осаждения в атмосфере азота // *Физика твердого тела*. 2019. Том 61, № 11. С. 2244.

[**Zavidovskii I.A.**, Streletskii O.A., Nishchak O.Yu, Khaidarov A.A. The Effect of the Ion Assistance Energy on the Electrical Resistivity of Carbon Films Prepared by Pulsed Plasma Deposition in a Nitrogen Atmosphere // *Phys. Solid State*. 2019. Vol. 61, № 11. P. 2228–2232.] (IF_{Scopus} = 0.96.) (вклад соискателя – 0.4 п.л. из 0.6 п.л.)

3. **Завидовский И.А.**, Стрелецкий О.А., Нищак О.Ю., Хайдаров А.А., Павликов А.В. Удельное электросопротивление тонких углеродных пленок с различной долей sp-связей // *Журнал технической физики*. 2020. Том 90, № 1. С. 149.

[**Zavidovskii I.A.**, Streletskii O.A., Nishchak O.Yu, Khaidarov A.A., Pavlikov A.V. Resistivity of thin carbon films with different sp-bonds fractions // *Tech. Phys.* 2020. Vol. 65, № 1. P. 139–144.] (IF_{Scopus} = 0.73) (вклад соискателя – 0.5 п.л. из 0.7 п.л.)

4. **Завидовский И.А.**, Стрелецкий О.А., Нищак О.Ю., Савченко Н.Ф., Дворяк С.В., Павликов А.В. Структурные свойства углеродных пленок, полученных методом ионно-стимулированного импульсно-плазменного осаждения в атмосфере азота // *Журнал технической физики*. 2020. Том 90, № 3. С. 489.

[**Zavidovskii I.A.**, Streletskii O.A., Nishchak O.Yu, Savchenko N.F., Dvoryak S.V., Pavlikov A.V. Structural properties of carbon films fabricated by ion-assisted pulsed-plasma deposition // *Tech. Phys.* 2020. Vol. 65, № 3. P. 468–472.] (IF_{Scopus} = 0.73.) (вклад соискателя – 0.4 п.л. из 0.6 п.л.)

5. Streletskiy O.A., **Zavidovskiy I.A.**, Nischak O.Yu, Dvoryak S.V. Electrical conductivity and structural properties of a-C:N films deposited by ion-assisted pulse-arc sputtering // *Thin Solid Films*. 2020. Vol. 701. P. 137948 (IF_{Scopus} = 2.10.) (вклад соискателя – 0.3 п.л. из 0.7 п.л.)

6. Streletskiy O.A., **Zavidovskiy I.A.**, Nischak O.Yu, Haidarov A.A. Size control of silver nanoclusters during ion-assisted pulse-plasma deposition of carbon-silver composite thin films // *Vacuum*. 2020. Vol. 175. P. 109286. (IF_{Scopus} = 3.33.) (вклад соискателя – 0.3 п.л. из 0.7 п.л.)
7. Samusenko V.D., **Zavidovskii I.A.**, Streletskii O.A., Buyanovskii I.A., Khrushchov M.M., Petrzhik M.I., Shcherbakov Yu. I. // Structure and peculiarities of boundary friction of ta-C coatings obtained by pulse-plasma deposition. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1799, P. 012027. (IF_{Scopus} = 0.55) (вклад соискателя – 0.2 п.л. из 0.6 п.л.)
8. **Zavidovskiy I.A.**, Streletskiy O.A., Nishchak O.Yu, Haidarov A.A., Pavlikov A.V. The influence of ion assistance energy on structural and optical properties of carbon-silver nanocomposites // *Thin Solid Films*. 2021. Vol. 738. P. 138966. (IF_{Scopus} = 2.10.) (вклад соискателя – 0.6 п.л. из 0.9 п.л.)
9. **Завидовский И.А.**, Нищак О.Ю., Савченко Н.Ф., Стрелецкий О.А.. Влияние низкоэнергетического ионного ассистирования на структуру и оптическое поглощение композитных покрытий a-CH:Ag // *ЖЭТФ*. 2022. Том 161. С. 803-815.
[**Zavidovskii I.A.**, Nishchak O.Yu., Savchenko N.F., Streletskii O.A.. Effect of low-energy ion assistance on the structure and optical absorption of a-CH:Ag composite coatings. *Journal of Experimental and Theoretical Physics*. 2022 Vol.134 N. 6. P. 682–692.] (IF_{Scopus} = 1.31.) (вклад соискателя – 1.2 п.л. из 1.5 п.л.)
10. **Завидовский И.А.**, Стрелецкий О.А., Нищак О.Ю. Влияние ионной стимуляции на формирование композитных углерод-серебряных покрытий, получаемых методом импульсно-плазменного осаждения // *Поверхность Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2022, N. 10, С. 52–58. <http://dx.doi.org/10.31857/S1028096022100193>.
[Zavidovskiy I.A., Streletskiy O.A, Nishchak O. Yu. Effect of Ion Assistance on the Formation of Composite Carbon–Silver Coatings Obtained by Pulsed-Plasma Deposition // *Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. 2022, Vol. 16, P. 864–869. <http://dx.doi.org/10.1134/s102745102205041x>] (IF_{Scopus} = 0.60.) (вклад соискателя – 0.4 п.л. из 0.6 п.л.)
11. Streletskiy O.A., **Zavidovskiy I.A.**, Balabanyan V.Yu., Tsiskarashvili A.V., Antibacterial properties of modified a-C and ta-C coatings: the effects of the sp²/sp³ ratio, oxidation, nitridation, and silver incorporation // *Applied Physics A*, 2022. Vol. 128, N. 929. <http://dx.doi.org/10.1007/s00339-022-06062-2>. (IF_{Scopus} = 2.82.) (вклад соискателя – 0.5 п.л. из 2 п.л.)
12. **Завидовский И.А.**, Хайдаров А.А., Стрелецкий О.А., Унимодальное и бимодальное распределение серебряных наночастиц в a-C:Ag-структурах с различным соотношением sp²/sp³-углерода, изготовленных методом низкоэнергетического ионно-ассистированного импульсно-плазменного осаждения // *Физика твердого тела*. 2022, Vol. 64, N. 12, P. 2075. <http://dx.doi.org/10.21883/ftt.2022.12.53665.459>. (вклад соискателя – 1 п.л. из 1.3 п.л.)

На диссертацию и автореферат поступило 7 дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что они являются специалистами в области физики углеродных и композитных наноструктурированных материалов и имеют публикации по указанной тематике.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи по развитию методик импульсно-плазменного напыления покрытий на основе углерода в режимах, которые позволяют эффективно управлять электрофизическими, оптическими, биомедицинскими свойствами таких покрытий, а также выявления взаимосвязи между условиями осаждения, структурой пленок и их функциональными характеристиками, имеющей значение для физики наноструктур и физической электроники.

Практическое применение полученных научных выводов возможно в рамках развития углеродной электроники и технологий создания покрытий для медицинских изделий.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1) Для углеродных покрытий, изготовленных методом импульсно-плазменного осаждения в атмосфере смеси аргона и метана, имеет место формирование в углеродной матрице включений, имеющих структуру на основе sp-гибридизованных углеродных цепочек. Возрастание относительной концентрации метана от 0 до 52% приводит к увеличению доли sp-углерода в структуре пленок. Возрастание доли sp-гибридизованного углерода ведет к увеличению удельного электросопротивления покрытий с 10^6 до 10^8 Ом·см.

2) Для углеродных покрытий, изготовленных методом импульсно-плазменного осаждения в условиях ассистирования ионами азота, встраивание азота приводит к формированию графитовых субнаноразмерных включений, что уменьшает электросопротивление пленок от 10^5 до 10 Ом·см. Электросопротивление азотированных углеродных покрытий имеет минимум при энергии ассистирования 400 эВ, что связано с влиянием конкурирующих процессов: увеличением доли sp²-гибридизованного углерода в структуре покрытий и уменьшением размера графитовых кластеров.

3) Углерод-серебряные покрытия, изготовленные при помощи метода импульсно-плазменного осаждения путем распыления графитового катода с серебряными вставками, подавляют формирование биопленок *Staphylococcus aureus*, а также уменьшают число адгезированных бактерий *Staphylococcus aureus* на 83% по сравнению с контрольными образцами.

На заседании 16 февраля 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Завидовскому И.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 22, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета,

профессор

Федянин А.А.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

доцент

Карташов И.Н.