

**Сведения об официальных оппонентах**  
**по диссертации Воробьевой Екатерины Андреевны**  
*«Анизотропия тепловых и электрофизических свойств углеродных нанотрубок и полимерных композитов с их включением»*

**1. Ф.И.О.: Борисов Анатолий Михайлович**

**Ученая степень:** доктор физико-математических наук

**Ученое звание:** профессор

**Научная(ые) специальность(и):** 01.04.08 – Физика плазмы, 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

**Должность:** профессор кафедры «Технологии производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов»

**Место работы:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

**Адрес места работы:** 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

**Тел.:**

**E-mail:**

Список основных научных публикаций по специальности 01.04.15 - «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика» за последние 5 лет:

1. Andrianova N.N., Borisov A.M., Kazakov V.A., Makunin A.V., Mashkova E.S., Ovchinnikov M.A. Modification of the nanoglobular structure of glassy carbon by heat treatment and ion irradiation// Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2019. – № 5, том 13. – С. 802-808. DOI: 10.1134/S1027451019050033.

2. Andrianova N.N., Anikin V.A., Borisov A.M., Gorina V.A., Makunin A.V., Mashkova E.S., Ovchinnikov M.A., Cheblakova E.G., Sleptsov V.V. Modifying the carbon fiber surface by helium ions bombardment// Journal of Physics: Conference Series, 2019. – Том 1313. – С. 012001. DOI: 10.1088/1742-6596/1313/1/012001.

3. Andrianova N.N., Borisov A.M., Makunin A.V., Mashkova E.S., Ovchinnikov M.A. Surface nanostructure evolution in carbon fiber under ion-induced corrugation// Journal of Physics: Conference Series, 2019. – Том 1396, № 1. – С. 012003. DOI: 10.1088/1742-6596/1396/1/012003.

4. Borisov A.M., Gorina V.A., Mashkova E.S., Ovchinnikov M.A., Cheblakova E.G., Chernenko D.N., Chernenko N.M. Sorption properties of PAN-based carbon fiber corrugated by ion irradiation// Materials Today: Proceedings, 2018. – Том 5. – С. 26058-26061. DOI: 10.1016/j.matpr.2018.08.029.

5. Andrianova N.N., Anikin V.A., Borisov A.M., Kazakov V.A., Mashkova E.S., Ovchinnikov M.A., Savushkina S.V. Structural and morphological changes of carbon fiber surfaces, produced via sputtering by noble gas ions// Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2018. – Том 82, № 2. – С. 122-126. DOI: 10.3103/S106287381802003X.

6. Andrianova N.N., Borisov A.M., Makunin A.V., Mashkova E.S., Ovchinnikov M.A., Umarov F.F. Surface corrugation of carbon fiber via high-fluence nitrogen ion irradiation// Journal of Physics: Conference Series, 2018. – Том 1121. – С. 012002. DOI: 10.1088/1742-6596/1121/1/012002.

7. Андрианова Н.Н., Аникин В.А., Борисов А.М., Казаков В.А., Машкова Е.С., Овчинников М.А., Савушкина С.В. Изменение структуры и морфологии поверхности углеродного волокна при распылении ионами инертных газов// Известия РАН, серия физическая, 2018. – Том 82, № 2. – С. 140-145. DOI: 10.7868/S0367676518020023.

8. Andrianova N.N., Borisov A.M., Kazakov V.A., Mashkova E.S., Ovchinnikov M.A., Savushkina S.V., Chernenko N.M. Modification of polyacrylonitrile carbon fibers by highfluence ion irradiation// Journal of Physics: Conference Series, 2017. – Том 941. – С. 012028. DOI: 10.1088/1742-6596/941/1/012028.

9. Anikin V.A., Andrianova N.N., Borisov A.M., Mashkova E.S., Ovchinnikov M.A., Savushkina S.V., Chernenko D.N., Chernenko N.M. Physical and mechanical properties of high-modulus carbon fiber crimped by ion irradiation// Journal of Physics: Conference Series, 2017. – 941. – С. 012029. DOI: 10.1088/1742-6596/941/1/012029.

10. Аникин В.А., Борисов А.М., Макунин А.В., Машкова Е.С., Овчинников М.А. Морфологические изменения поверхности полиакрилонитрильного углеродного волокна при наноглубинном ионно-лучевом модифицировании// Приборы, 2017. – № 12. – С. 46-49.

11. Andrianova N.N., Borisov A.M., Mashkova E.S., Shulga V.I. Influence of surface corrugation on the sputtering of carbon materials under high-fluence ion bombardment// Journal of Surface Investigation. X-ray,

Synchrotron and Neutron Techniques, 2016. – Том 10, № 2. – С. 412-416. DOI: 10.1134/S1027451016020233.

12. Andrianova N.N., Beilina N.Yu, Borisov A.M., Vostrikov V.G., Mashkova E.S., Petrov D.V., Tkachenko N.V., Chernenko D.N., Chernenko N.M. Investigation of the structure of carbon-ceramic composite using of electron microscopy and nuclear backscattering spectrometry// Inorganic Materials: Applied Research, 2015. – Том 6, № 3. – С. 255-258. DOI: 10.1134/S2075113315030028.

## **2. Ф.И.О.: Образцова Елена Дмитриевна**

**Ученая степень:** кандидат физико-математических наук

**Ученое звание:** доцент

**Научная(ые) специальность(и):** 01.04.05 – Оптика

**Должность:** заведующий лабораторией спектроскопии наноматериалов отдела светоиндуцированных поверхностных явлений Центра естественно-научных исследований ИОФ РАН

**Место работы:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН)

**Адрес места работы:** 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38, корпус 5

**Тел.:**

**E-mail:**

Список основных научных публикаций по специальности 01.04.15 - «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика» за последние 5 лет:

1. Kalachikova P.M., Goldt A.E., Khabushev E.M., Eremin T.V., Ustinovich K.B., Grebenko A., Parenago O.O., Zatsepin T.S., Pokrovskiy O.I., Obraztsova E.D., Nasibulin A.G. Direct injection of SWCNTs into liquid after supercritical nitrogen treatment// Carbon, 2019. – Том 152. – С. 66-69. DOI: 10.1016/j.carbon.2019.06.003.

2. Tonkikh A.A., Tsebro V.I., Obraztsova E.A., Rybkovskiy D.V., Orekhov A.S., Kondrashov I.I., Kauppinen E.I., Chuvilin A.L., Obraztsova E.D. Films of filled single-wall carbon nanotubes as a new material for high-performance air-sustainable transparent conductive electrodes operating in a wide spectral range// Nanoscale, 2019. – Том 11. – С. 6755-6765. DOI: 10.1039/C8NR10238D.

3. Bayev V., Fedotova J., Humennik U., Vorobyova S., Konakow A., Fedotov A., Svito I., Rybin M., Obraztsova E. Modification of Electric Transport Properties of CVD Graphene by Electrochemical Deposition of Cobalt Nanoparticles// International Journal of Nanoscience, 2019. – Том 18, № 03n04. – С. 1940041. DOI: 10.1142/s0219581x19400416.

4. Tambasov I.A., Voronin A.S., Evsevskaya N.P., Volochaev M.N., Fadeev Y.V., Simunin M.M., Aleksandrovsy A.S., Smolyarova T.E., Abelian S.R., Tambasova E.V., Gornakov M.O., Eremina V.A., Kuznetsov Y.M., Dorokhin M.V., Obraztsova E.D. Thermoelectric properties of low-cost transparent single wall carbon nanotube thin films obtained by vacuum filtration// Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures, 2019. – Том 114. – С. 113619-1 – 113619-10. DOI: 10.1016/j.physe.2019.113619.

5. Podyacheva O.Yu., Suboch A.N., Bokova-Sirosh S.N., Romanenko A.I., Kibis L.S., Obraztsova E.D., Kuznetsov V.L. Analysis of Defect-Free Graphene Blocks in Nitrogen-Doped Bamboo-Like Carbon Nanotubes// Physica Status Solidi (B): Basic Research, 2018. – Том 255. – С. 1700253-1-1700253-6. DOI: 10.1002/pssb.201700253.

6. Kazakova M.A., Kuznetsov V.L., Bokova-Sirosh S.N., Krasnikov D.V., Golubtsov G.V., Romanenko A.I., Prosvirin I.P., Ishchenko A.V., Orekhov A.S., Chuvilin A.L., Obraztsova E.D. Fe–Mo and Co–Mo Catalysts with Varying Composition for Multi-Walled Carbon Nanotube Growth// Physica Status Solidi (b), 2018. – Том 255. – С. 1700260-1-1700260-12. DOI: 10.1002/pssb.201700260.

7. He M., Yang T., Shang D., Xin B., Chernov A.I., Obraztsova E.D., Sainio J., Wei N., Cui H., Jiang H., Kauppinen E.I. High Temperature Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes with a Narrow Chirality Distribution by Tip-Growth Mode// Chemical Engineering Journal, 2018. – Том 341. – С. 344-350. DOI: 10.1016/j.cej.2018.02.051.

8. Rybin M.G., Kondrashov I.I., Pozharov A.S., Nguen V.C., Phan N.M., Obraztsova E.D. In Situ Control of CVD Synthesis of Graphene Film on Nickel Foil// Physica Status Solidi (b), 2018. – Том 255. – С. 1700414-1-1700414-5. DOI: 10.1002/pssb.201700414.

9. Krasnikov D.V., Bokova-Sirosh S.N., Tsog-Ochir T., Romanenko A.I., Obraztsova E.D., Volodin V.A., Kuznetsov V.L. Influence of the Growth Temperature on the Defective Structure of the Multi-Walled Carbon Nanotubes// Physica Status Solidi (b), 2018. – Том 255. – С. 1700255-1-1700255-6. DOI: 10.1002/pssb.201700255.

10. Maoshuai H., Fedotov P.V., Chernov A., Obraztsova E.D., Jiang H., Na W., Cui H., Sainio J., Zhang W., Jin H., Karppinen M., Esko K.I., Loiseau A. Chiral-selective growth of single-walled carbon nanotubes on Fe-based catalysts using CO as carbon source// Carbon, 2016. – Том 108. – С. 521-528. DOI: 10.1016/j.carbon.2016.07.048.
11. Kondrashov I.I., Sokolov I.V., Rusakov P.S., Rybin M.G., Barmin A.A., Rizakhanov R.N., Obraztsova E.D. Electrical properties of gas sensors based on graphene and single-wall carbon nanotubes// Journal of Nanophotonics, 2016. – Том 10, № 1. – С. 012522-1-012522-6. DOI: 10.1117/1.JNP.10.012522.
12. Chernov A.I., Fedotov P.V., Krylov A.S., Vtyurin A.N., Obraztsova E.D. Heat- induced transformations in coronene -single-wall carbon nanotube systems// Journal of Nanophotonics, 2016. – Том 10. – С. 012504-1-012504-7. DOI: 10.1117/1.JNP.10.012504.
13. Bokova-Sirosh S.N., Kuznetsov V.L., Romanenko A.I., Kazakova M.A., Krasnikov D.V., Tkachev E.N., Yuzyuk Yu I., Obraztsova E.D. Investigation of defectiveness of multi-walled carbon nanotubes produced with Fe-Co catalysts of different composition// Journal of Nanophotonics, 2016. – Том 10, № 1. – С. 012526 -1-012526 -10. DOI: 10.1117/1.JNP.10.012526.
14. Chernov A.I., Predein A.Y., Danilyuk A.F., Kuznetsov V.L., Larina T.V., Obraztsova E. D. Optical properties of silica aerogels with embedded multiwalled carbon nanotubes// Physica Status Solidi (B): Basic Research, 2016. – Том 253. – С. 2440-2445. DOI: 10.1002/pssb.201600326.
15. Tsebro V.I., Tonkikh A.A., Rybkovskiy D.V., Obraztsova E.A., Kauppinen E.I., Obraztsova E.D. Phonon contribution to electrical resistance of acceptor-doped single-wall carbon nanotubes assembled into transparent films// Physical Review B, 2016. – Том 94, № 24. – С. 245438-1-245438-10. DOI: 10.1103/PhysRevB.94.245438.

### **3. Ф.И.О.: Булярский Сергей Викторович**

**Ученая степень:** доктор физико-математических наук

**Ученое звание:** профессор

**Научная(ые) специальность(и):** 01.04.10 Физика полупроводников и диэлектриков

**Должность:** главный научный сотрудник отдела разработок и исследований микро- и наносистем

**Место работы:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук

**Адрес места работы:** 115487, г. Москва, Нагатинская ул., 16а, стр. 11

**Тел.:**

**E-mail:**

Список основных научных публикаций по специальности 01.04.15 - «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика» за последние 5 лет:

1. Сауров А.Н., Булярский С.В., Кондратьев П.К., Скворцов А.А., Павлов А.А., Милованов Р.А., Кищок Е.П. Конструкция и технология изготовления тестовых кристаллов с композитными проводниками на основе углеродных нанотрубок и металлов// Нано- и микросистемная техника, 2016. – Т. 18. № 10. – С. 628-635.
2. Богданова Д.А., Булярский С.В. Регулярная хемосорбция водорода на ахиральных одностенных углеродных нанотрубках// Физика твердого тела, 2016. – Т. 58. № 7. – С. 1360-1363. DOI: 10.1134/S1063783416070076.
3. Громов Д.Г., Булярский С.В., Дубков С.В., Павлов А.А., Скорик С.Н., Трифонов А.Ю., Шулятьев А.С., Шаман Ю.П., Кищок Е.П., Дудин А.А., Сиротина А.П., Гаврилов С.А. Встраиваемый в технологию процесс CVD-роста УНТ с использованием каталитических тонких пленок Ст–Ме–N–O// Микроэлектроника, 2017. – Т. 46. № 2. – С. 83-90. DOI: 10.7868/S054412691702003X.
4. Булярский С.В., Лакалин А.В., Павлов А.А., Дудин А.А., Кищок Е.П., Еганова Е.М., Сиротина А.П., Шаманаев А.А. Модель ограничения скорости роста углеродных нанотрубок на тонкопленочных катализаторах// Письма в Журнал технической физики, 2017. – Т. 43. № 8. – С. 1-9. DOI: 10.1134/S1063785017040198.
5. Сауров А.Н., Булярский С.В. Легирование углеродных нанотрубок// Микроэлектроника, 2017. – Т. 46. № 1. – С. 3-13. DOI: 10.7868/S0544126917010100.
6. Bulyarskiy S.V., Lakalin A.V., Pavlov A.A., Bogdanova D.A., Kitsyuk E.P., Ryazanov R.M., Shamanaev A.A., Shaman Y.P. Decreasing work function of carbon nanotubes hydrogenated in hydrogen plasma// Technical Physics Letters, 2018. – Т. 44. № 5. – С. 432-434. DOI: 10.1134/S1063785018050164.
7. Булярский С.В., Зенова Е.В., Лакалин А.В., Молоденский М.С., Павлов А.А., Тагаченков А.М., Терентьев А.В. Влияние буферного слоя на формирование катализатора на основе тонкой пленки никеля для синтеза углеродных нанотрубок// Журнал технической физики, 2018. – Т. 88. № 12. – С. 1873-1879. DOI: 10.21883/JTF.2018.12.46791.50-18.

8. Булярский С.В. Кинетика и термодинамика пиролиза ацетилена при синтезе углеродных нанотрубок// Нано- и микросистемная техника, 2019. – Т. 21. № 8. – С. 451-457. DOI: 10.17587/nmst.21.451-457.
9. Mierczynski P., Maniecki T.P., Dubkov S.V., Gromov D.G., Bulyarskii S.V., Pavlov A.A., Gavrilov S.A., Skorik S.N., Kitsyuk E.P., Trifonov A.Y., Mierczynska A. Growth of carbon nanotube arrays on various CuXMeY alloy films by chemical vapour deposition method// Journal of Materials Science and Technology, 2018. – Т. 34. № 3. – С. 472-480. DOI: 10.1016/j.jmst.2017.01.030.
10. Афанасьев С.А., Золотовский И.О., Кадочкин А.С., Моисеев С.Г., Светухин В.В., Павлов А.А., Булярский С.В. Массивы углеродных нанотрубок в поле непрерывного лазерного излучения// Микроэлектроника, 2020. – Т. 49. № 1. – С. 18-26. DOI: 10.31857/S0544126920010020.
11. Булярский С.В., Кицюк Е.П., Лакалин А.В., Павлов А.А., Рязанов Р.М. Растворимость углерода в никелевом катализаторе при росте углеродных нанотрубок// Микроэлектроника, 2020. – Т. 49. № 1. – С. 27-32. DOI: 10.31857/S0544126920010056.

Ученый секретарь диссертационного совета МГУ.01.05,  
кандидат физико-математических наук

Н.А. Власова

Ученый секретарь Ученого Совета НИИЯФ МГУ  
кандидат физико-математических наук



Е.А. Сигаева