

### **Научный консультант:**

#### **Домашевская Эвелина Павловна**

доктор физико-математических наук, профессор, кафедра физики твердого тела и наноструктур, физический факультет, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», заведующий кафедрой.

Адрес организации: 394006, г. Воронеж, Университетская пл. 1

Телефон: + 7 (473) 220-83-63

e-mail: ftt@phys.vsu.ru

### **Первый оппонент**

#### **Павлов Дмитрий Алексеевич,**

доктор физико-математических наук, профессор, кафедра физики полупроводников, электроники и наноэлектроники, физический факультет, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского", заведующий кафедрой.

Адрес организации: 603950, Россия, г. Н.Новгород, проспект Гагарина, 23

Телефон: +7 (831) 462-33-06

E-mail: pavlov@unn.ru

### **Список основных публикаций официального оппонента д.ф.-м.н. проф. Павлова Дмитрия Алексеевича за последние 5 лет (2016-2020):**

1. Field- and irradiation-induced phenomena in memristive nanomaterials. Mikhaylov A.N., Gryaznov E.G., Belov A.I., Korolev D.S., Sharapov A.N., Guseinov D.V., Tetelbaum D.I., Tikhov S.V., Malekhonova N.V., Bobrov A.I., Pavlov D.A. et al //Physica Status Solidi (C) Current Topics in Solid State Physics. 2016. Т. 13. № 10-12. С. 870-881.

2. Monolithically integrated InGaAs/GaAs/AlGaAs quantum well laser grown by MOCVD on exact Ge/Si(001) substrate. Aleshkin V.Y., Dubinov A.A., Krasilnik Z.F., Kudryavtsev K.E., Nekorkin S.M., Novikov A.V., Skorokhodov E.V., Shaleev M.V., Yablonskiy A.N., Yunin P.A., Yurasov D.V., Pavlov D.A. et al //Applied Physics Letters. 2016. T. 109. № 6. С. 061111.
3. High-temperature intrinsic ferromagnetism in the (In,Fe)Sb semiconductor/ Kudrin A.V., Danilov Y.A., Lesnikov V.P., Dorokhin M.V., Vikhrova O.V., Pavlov D.A. et al//Journal of Applied Physics. 2017. T. 122. № 18. С. 183901.
4. GaAs/Ge/Si epitaxial substrates: development and characteristics/Buzynin Y., Drozdov M., Yunin P., Shengurov V., Zvonkov B., Denisov S., Baidus N., Pavlov D., Buzynin A.//AIP Advances. 2017. T. 7. № 1. С. 015304.
5. Yttria-stabilized zirconia cross-point memristive devices for neuromorphic applications. Emelyanov A.V., Nikiruy K.E., Demin V.A., Rylkov V.V., Belov A.I., Korolev D.S., Gryaznov E.G., Pavlov D.A. et al//Microelectronic Engineering. 2019. T. 215. P. 110988.
6. Комплексное применение спектроскопии комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции для диагностики многослойных гетероструктур/Планкина С.М., Вихрова О.В., Звонков Б.Н., Зубков С.Ю., Крюков Р.Н., Нежданов А.В., Павлов Д.А., Пашенькин И.Ю., Сушков А.А.// Физика и техника полупроводников. 2019. Т. 53. № 9. С. 1233-1236.
7. Исследования поперечного среза и фотолюминесценции слоя GaAs, выращенного на подложке Si/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /Сушков А.А., Павлов Д.А., Шенгуров В.Г., Денисов С.А., Чалков В.Ю., Байдусь Н.В., Рыков А.В., Крюков Р.Н.//Физика и техника полупроводников. 2019. Т. 53. № 9. С. 1271-1274.
8. The nature of transport and ferromagnetic properties of the GaAs structures with the Mn  $\delta$ -doped layer/Kudrin A.V., Vikhrova O.V., Danilov Y.A., Dorokhin M.V., Kalentyeva I.L., Konakov A.A., Vasiliev V.K., Pavlov D.A., Usov Y.V., Zvonkov B.N.//Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2019. Т. 478. С. 84-90.
9. Влияние примеси бора на излучательные свойства дислокационных структур в кремнии, сформированных путем имплантации ионов Si<sup>+</sup>/

Терещенко А.Н., Королев Д.С., Михайлов А.Н., Белов А.И., Никольская А.А., Павлов Д.А., Тетельбаум Д.И., Штейнман Э.А.//Физика и техника полупроводников. 2018. Т. 52. № 7. С. 702-707.

10. Нарращивание слоя Ge на структуру Si/SiO<sub>2</sub>/Si(100) методом "горячей проволоки"/Сушков А.А., Павлов Д.А., Денисов С.А., Чалков В.Ю., Крюков Р.Н., Питиримова Е.А.//Физика и техника полупроводников. 2020. Т. 54. № 10 (10987). С. 1129-1133.

## **Второй оппонент**

### **Аверин Игорь Александрович**

доктор технических наук, профессор, факультет информационных технологий и электроники, кафедра nano- и микроэлектроники, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», заведующий кафедрой.

Адрес организации: Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40

Телефон: 8 (986) 942-40-95

E-mail: nano-micro@mail.ru

## **Список основных публикаций официального оппонента д.т.н. проф. Аверина Игоря Александровича за последние 5 лет (2016-2020):**

1. Аверин И.А., Головяшкин А.Н., Головяшкин А.А., Игошина С.Е., Карманов А.А., Пронин И.А., Якушова Н.Д. Физические основы полупроводниковых газовых сенсоров / Монография, Пенза: Из-во ПГУ, 2015. – 190 с.
2. Nanolithographic Self-Assembly of Colloidal Nanoparticles/ Moshnikov V.A., Maksimov A.I., Aleksandrova O.A., Pronin I.A., Karmanov A.A., Terukov E.I., Yakushova N.D., Averin I.A., Bobkov A.A., Permyakov N.V. // Technical Physics Letters. – 2016. – V.42. – №9. – PP. 967 – 969

3. Simulation of the Sensor Response of Vacuummeters with Sensitive Elements Based on Multicomponent Oxide Nanomaterials with the Fractal Structure/ Averin I.A., Igoshina S.E., Karmanov A.A., Pronin I.A., Moshnikov V.A., Terukov E.I. // *Technical Physics*. – 2017. – V. 62. – № 5. – PP. 799–806.
4. Investigation of the electrical and ethanol-vapour sensing properties of the junctions based on ZnO nanostructured thin film doped with copper/ Dimitrov D.Tz., Nikolaev N.K., Papazova K.I., Krasteva L.K., Pronin I.A., Averin I.A., Bojinova A.S., Georgieva A.Ts., Yakushova N.D., Peshkova T.V., Karmanov A.A., Kaneva N.V., Moshnikov V.A. // *Applied Surface Science*. – 2017. – V.392. – PP. 95 – 108
5. Investigation of gas-sensitive properties of thin-film thermovoltaic sensor elements based on zinc oxide/ Pronin I.A., Yakushova N.D., Averin I.A., Karmanov A.A., Moshnikov V.A., Dimitrov D.Tz. // *Coatings* 2019.- 9.- 693. doi:10.3390/coatings9110693
6. Spectroscopic investigation of the evolution of fractal nanoobjects in film-forming sols of orthosilicic acid/ Averin I.A., Igoshina S.E., Karmanov A.A., Pronin I. A., Moshnikov V.A., Terukov E.I // *Technical Physics*, 2018. – Vol. 63. – No. 11. – P. 1687–1695
7. Определение фрактальной размерности на основе анализа изображений атомно-силовой микроскопии металлооксидных нанокомпозитов/ Мараева Е.В., Мошников В.А., Аверин И.А., Якушова Н.Д., Аверин И.А., // *Нано- и микросистемная техника*, 2018. – Т. 20. – № 8. – С.451-455.
8. Формирование литографических рисунков ограниченными микрочастицами оксида цинка на кремниевой подложке/ Бобков А.А., Пронин И.А., Мошников В.А., Якушова Н.Д., Карманов А.А., Аверин И.А., Сомов П.А., Теруков Е.И. // *Письма в журнал технической физики*, 2018. – Т. 44. № 15. - С. 87-92.
9. Управление фрактальностью и размером серебряных кластеров при одностадийном синтезе гетероструктур Ag-ZnO/ Якушова Н.Д., Аверин И.А., Пронин И.А., Карманов А.А., Алимова Е.А., Мошников В.А.,

Теруков Е.И.//Письма в Журнал технической физики. 2020.- Т. 46.- № 17 (173).- С. 30-32.

10. Исследование влияния времени отжига наноструктурированных пленок оксида цинка на их структуру и фотокаталитические свойства

/Крупкин Е.И., Аверин И.А., Алимова Е.А., Карманов А.А., Пронин И.А., Якушова Н.Д. //Нано- и микросистемная техника. 2020. Т. 22. № 5. С. 255-263.

11. Sol-gel technology adaptation of nanostructured zinc oxide for flexible electronics/ Averin I.A., Pronin I.A., Yakushova N.D., Karmanov A.A., Igoshina S.E., Moshnikov V.A., Terukov E.I., Alimova E.A.// Technical Physics. 2019. Т. 64. № 12. С. 1821-1826.

### **Третий оппонент**

#### **Калинин Юрий Егорович**

доктор физико-математических наук, профессор, факультет радиотехники и электроники, кафедра физики твердого тела, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», профессор.

Адрес организации: Россия, 394006, Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84

Телефон: 8 (473) 246-66-47

E-mail: kalinin48@mail.ru

#### **Список основных публикаций официального оппонента д.ф.-м.н. проф. Калинина Юрия Егоровича за последние 5 лет (2016-2020):**

1. Transport and magnetic phenomena in ZnO-C thin-film heterostructures

Volochaev M.N., Granovsky A.B., Zhilova O.V., Kalinin Y.E., Makagonov V.A., Pankov S.Y., Sitnikov A.V., Foshin V., Rylkov V.V., Sumets M.P., Fadeev E., Lahderanta E.//Superlattices and Microstructures. 2020. -Т. 140.- С. 106449.

2. Электрические свойства тонких пленок In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/C /Бабкина И.В., Волочаев М.Н., Жилова О.В., Калинин Ю.Е., Макагонов В.А., Панков С.Ю., Ситников А.В.//Неорганические материалы. 2020.- Т. 56.- № 4. С. 393-401.

3. The structure and electrical properties of (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>)<sub>25</sub> thin films/  
Pankov S.Yu., Kalinin Yu.E., Makagonov V.A., Zhilova O.V., Chetverikova A.P., Kashirin M.A., Foshin V.A.//Advanced Materials and Technologies. 2020.- № 117.-  
С. 43-48.
4. Magneto-optical properties of nanocomposites ferromagnetic-carbon/Ganshina E.,  
Garshin V., Perova N., Zykov G., Aleshnikov A., Kalinin Y., Sitnikov A.//Journal of  
Magnetism and Magnetic Materials. 2019. Т. 470. С. 135-138.
5. Structure and electrophysical properties of thin-film SnO<sub>2</sub>-In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
heterostructures/Zhilova O.V., Pankov S.Yu., Sitnikov A.V., Kalinin Yu.E.,  
Volochev M.N., Makagonov V.A.//Journal of Materials Science: Materials in  
Electronics. 2019. Т. 30. № 13. С. 11859-11867.
6. Твердофазные превращения в многослойных пленках  
(Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>)<sub>34</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>66</sub>-ZnO (SnO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/ Калинин Ю.Е., Ситников А.В.,  
Бабкина И.В., Каширин М.А., Макагонов В.А., Жилова О.В.//Известия  
Российской академии наук. Серия физическая. 2019. Т. 83. № 9. С. 1223-1228.
7. Структура и электрические свойства тонких пленок (ZnO/SiO<sub>2</sub>) /  
Волочаев М.Н., Калинин Ю.Е., Каширин М.А., Макагонов В.А., Панков С.Ю.,  
Бассараб В.В.//Физика и техника полупроводников. 2019. Т. 53. № 11. С. 1505-  
1511.
8. Магнитная анизотропия многослойных гетероструктур  
[(Co<sub>41</sub>Fe<sub>39</sub>B<sub>20</sub>)<sub>x</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>100-x</sub>/Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>]<sub>47</sub> /Безверхний А.И., Таланцев А.Д.,  
Калинин Ю.Е., Ситников А.В., Никитенко В.А., Коплак О.В., Дмитриев О.С.,  
Моргунов Р.Б.//Физика твердого тела. 2019. Т. 61. № 2. С. 266-272.
9. Optical and electrical properties of thin-film hetero-structures of the IN<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZnO  
system /Zhilova O.V., Pankov S., Sitnikov A.V., Kalinin Yu.E., Kashirin M.A.,  
Makagonov V.A.//Materials Research Express.- 2019.- Т. 6.- № 8.- С. 086330.
10. Влияние термообработки на электрические свойства тонких пленок In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  
легированных иттрием /Калинин Ю.Е., Жилова О.В., Бабкина И.В., Ситников  
А.В., Макагонов В.А., Ремизова О.И. //Неорганические материалы.- 2018.- Т. 54.  
№ 9. -С. 936-942.

11. Динамическая магнитная проницаемость гетерогенных наносистем на основе композитов  $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x (\text{SiO}_2)_{100-x}$  / Грановский А.Б., Калинин Ю.Е., Каширин М.А., Колмаков Д.В., Рыльков В.В., Ситников А.В., Вызулин С.А., Ганьшина Е.А., Талденков А.Н. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. -2017.- Т. 152.- № 2. -С. 363-371.

### **Ведущая организация**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). Адрес организации: 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5. Тел +7 (812) 234-15-43. [depnauki@etu.ru](mailto:depnauki@etu.ru)

### **Список основных публикаций сотрудников ведущей организации за последние 5 лет (2015-2020):**

1. Влияние текстурирования поверхности пластин кремния для солнечных фотопреобразователей на их прочностные свойства/ Шпейзман В.В., Николаев В.И., Поздняков А.О и др.//Журнал технической физики. 2020. Т. 90. № 7. С. 1168-1174.

2. Исследование влияния радиации на рекомбинационные потери в гетеропереходных солнечных элементах на основе монокристаллического кремния/Панайотти И.Е., Теруков Е.И.//Письма в Журнал технической физики. 2019. Т. 45. № 5. С. 9-12.

3. Пористый кремний как наноматериал для дисперсных транспортных систем направленной лекарственной доставки ко внутреннему уху/Спивак Ю.М., Белорус А.О., Паневин А.А., Журавский С.Г., Мошников В.А. и др.//Журнал технической физики. 2018. Т. 88. № 9. С. 1394-1403.

4. Развитие модели образования материалов с иерархической структурой пор, созданных в условиях золь-гель-процессов/Кононова И.Е., Кононов П.В., Мошников В.А.// Неорганические материалы. 2018. Т. 54. № 5. С. 500-512.

5. Усиление люминесценции квантовых точек вблизи слоя наночастиц Ag/SiO<sub>2</sub> / Матюшкин Л.Б., Перцова А., Мошников В.А.//Письма в Журнал технической физики. 2018. Т. 44. № 8. С. 35-41.

6. Изучение влияния временных характеристик модулированной DC-плазмы с (SiH<sub>4</sub>-Ar-O<sub>2</sub>)-газовой фазой на рост NCl-Si в матрице A-SiO<sub>x</sub>:H (CO<sub>2</sub>=15.5 мол%)/ Ундалов Ю.К., Теруков Е.И., Трапезникова И.Н.//Физика и техника полупроводников. 2018. Т. 52. № 10. С. 1137-1144.

7. Усиление флуоресценции наноразмерных пленок ZNO:SiO<sub>2</sub> в присутствии сывороточного альбумина человека/Наговицын И.А., Чудинова Г.К., Лобанов А.В., Борулева Е.А., Мошников В.А., Налимова С.С., Кононова И.Е.//Химическая физика. 2018. Т. 37. № 8. С. 29-35.

8. Рамановская спектроскопия композиционных слоев на основе пористого кремния для электродных материалов с низкой работой выхода/ Смердов Р.С., Мустафаев А.С., Спивак Ю.М., Левицкий В.С., Мошников В.А. // Физическое образование в ВУЗах. 2018. Т. 24. № S1. С. 196с-202С.

9. Планаризация поверхности композиции "нанопористый диоксид кремния-диоксид титана методом атомно-молекулярной химической сборки/Лучинин В.В., Панов М.Ф., Романов А.А.//Журнал технической физики. 2017. Т. 87. № 5. С. 736-740.

10. Moshnikov V. A., Muratava E. N., Spivak Y. M. Alumina membranes as a mask for the structures used in hydrogen energy // International Journal of Hydrogen Energy. – 2017. – V. 42, № 34. – P. 21817-21821.

11. Особенности терагерцовых спектров наночастиц оксида железа в оболочке из диоксида кремния и наночастиц оксида и гидроксида железа/ Афонин М.В., Балбекин Н.С., Гареев Г.З., Гареев К.Г., Горшков А.Н., Королев Д.В., Лучинин В.В., Смолянская О.А.// Оптический журнал. 2017. Т. 84. № 8. С. 16-22.

12. Импеданс-спектроскопия слоев пористого кремния (por-Si)/ Севрюгина М.П., Пщелко Н.С., Спивак Ю.М., Мошников В.А., Кастро Р.А. // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2017. № 3. С. 8-12.



13. Получение нанокластеров кремния, NCl-Si, в матрице гидрированного аморфного субоксида кремния, a-SiOX:H /Ундалов Ю.К., Тербуков Е.И., Гусев О.Б., Трапезникова И.Н.//Физика и техника полупроводников. 2016. Т. 50. № 4. С. 538-548.

14. Surface functionality features of porous silicon prepared and treated in different conditions/ Spivak Yu.M., Myakin S.V., Moshnikov V.A., et al. // Journal of Nanomaterials. 2016. Vol. 2016. 2629582, 6p.

15. Фотолюминесценция коллоидных квантовых точек в кремнийсодержащих пористых слоях/ Мараева Е.В., Тарасов С.А., Михайлов И.И., Мошников В.А., Мусихин С.Ф., Селезнев Б.И., Спивак Ю.М. // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2016. № 7 (98). С. 37-40.