

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель научного совета ОНИТ
РАН «Фундаментальные проблемы
элементной базы информационно-
вычислительных и управляющих
систем и материалов для ее
создания»,

академик РАН



Г.Я. Красников

« 24 »

июня

2019 г.

ПРОТОКОЛ

научного семинара по теме

«Фундаментальные проблемы энергонезависимой резистивной памяти для
нейроморфных систем»

научного совета ОНИТ РАН «Фундаментальные проблемы элементной базы
информационно-вычислительных и управляющих систем
и материалов для ее создания» (далее — «Научный совет»)

МЕСТО И ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ: ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, г. Москва,
ул. Моховая, 11, корп. 7, 3-й этаж, конференц-зал; 19.06.2019 г. с 11:00 до 16:10.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВОВАЛИ:

председатель Научного совета, академик РАН Г.Я. Красников, заместитель
председателя Научного совета, член-корреспондент РАН В.Ф. Лукичёв.

УЧАСТВОВАЛИ:

члены Научного совета:

1. Красников Геннадий Яковлевич,
академик РАН руководитель приоритетного
технологического направления по
электронным технологиям, генеральный
директор АО «НИИМЭ», академик-
секретарь ОНИТ РАН
2. Лукичёв Владимир Федорович,
член-корреспондент РАН директор ФТИАН им. К.А. Валиева
РАН, заместитель председателя
Научного совета

- | | |
|--|---|
| 3. Тельминов Олег Александрович,
кандидат технических наук | ученый секретарь Научного совета |
| 4. Асеев Александр Леонидович,
академик РАН | главный научный сотрудник ИФП СО
РАН |
| 5. Бугаев Александр Степанович,
академик РАН | заведующий кафедрой МФТИ |
| 6. Воротилов Константин Анатольевич,
доктор технических наук | директор НОЦ «Технологический
центр» РТУ МИРЭА, профессор РТУ
МИРЭА |
| 7. Горбацевич Александр Алексеевич,
член-корреспондент РАН | заведующий лабораторией ФИАН,
заведующий кафедрой квантовой
физики и наноэлектроники НИУ МИЭТ |
| 8. Горнев Евгений Сергеевич,
доктор технических наук | заместитель руководителя
приоритетного технологического
направления АО «НИИМЭ» |
| 9. Зломанов Владимир Павлович,
доктор химических наук | профессор кафедры неорганической
химии МГУ им. М.В. Ломоносова |
| 10. Кобелева Светлана Петровна,
кандидат физико-математических
наук | доцент кафедры полупроводниковой
электроники и физики полупроводников
НИТУ «МИСиС» |
| 11. Крыжановский Борис Владимирович,
член-корреспондент РАН | руководитель Центра оптико-нейронных
технологий ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН |
| 12. Левченко Александр Алексеевич,
доктор физико-математических наук | директор ИФТТ РАН |
| 13. Мальцев Петр Павлович,
доктор технических наук | научный руководитель ИСВЧПЭ РАН |
| 14. Никитов Сергей Аполлонович,
член-корреспондент РАН | директор ИРЭ им. В.А. Котельникова
РАН |
| 15. Пустовойт Владислав Иванович,
академик РАН | научный руководитель НТЦ УП РАН |
| 16. Руденко Константин Васильевич,
доктор физико-математических наук | заместитель директора по научной
работе ФТИАН им. К.А. Валиева РАН |
| <i>От Акционерного общества «Научно-исследовательский институт молекулярной
электроники», г. Москва, г. Зеленоград</i> | |
| 17. Шелепин Николай Алексеевич,
доктор технических наук | первый заместитель генерального
директора |
| 18. Матюшкин Игорь Валерьевич,
кандидат физико-математических
наук | старший научный сотрудник отдела
функциональной электроники |
| 19. Орлов Олег Михайлович,
кандидат технических наук | начальник лаборатории отдела
функциональной электроники |
| 20. Теплов Георгий Сергеевич,
кандидат физико-математических
наук | старший научный сотрудник отдела
функциональной электроники |
| 21. Колдаев Игорь Михайлович,
кандидат физико-математических
наук | ведущий специалист аппарата
генерального директора |

- | | |
|--|--|
| 22. Ислайкин Андрей Михайлович,
кандидат химических наук | начальник отдела разработки
технологических процессов |
| 23. Смирнов Алексей Александрович,
кандидат физико-математических
наук | начальник лаборатории отдела
разработки технологических процессов |
| 24. Дианов Алексей Максимович | директор по корпоративным
коммуникациям |
| 25. Робенкова Светлана Валерьевна | главный специалист по связям с
общественностью |
| 26. Резванов Аскар Анварович | аспирант, научный сотрудник, инженер-
технолог отдела разработки
технологических процессов |
| 27. Литаврин Михаил Владимирович | аспирант, научный сотрудник |
| 28. Баринов Алексей Владимирович | инженер-технолог отдела разработки
технологических процессов |
| 29. Перетятько Алексей Игоревич | ведущий инженер-технолог отдела
разработки технологических процессов |
| 30. Шангина Наталия Михайловна | ведущий специалист |

*От Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Воронежский государственный технический университет»,
г. Воронеж*

- | | |
|--|---|
| 31. Ситников Александр Викторович,
доктор физико-математических наук | профессор кафедры физики твердого
тела |
| 32. Копытин Михаил Николаевич,
кандидат физико-математических
наук | заведующий лабораторией «Криогенная
лаборатория» |

От Закрытого акционерного общества «МНИТИ», г. Москва

- | | |
|---|---------------------------------|
| 33. Зубарев Юрий Борисович,
член-корреспондент РАН | советник генерального директора |
|---|---------------------------------|

*От Института проблем лазерных и информационных технологий — филиала
Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-
исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии
наук», г. Шатура Московской обл.*

- | | |
|--|---|
| 34. Новодворский Олег Алексеевич,
доктор физико-математических наук | заведующий лабораторией
Наноструктур и тонких пленок |
|--|---|

*От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской
академии наук, г. Черноголовка Московской обл.*

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 35. Ковешников Сергей Викторович,
кандидат физико-математических
наук | заместитель директора по инновациям |
| 36. Андреева Александра Викторовна,
доктор физико-математических наук | ведущий научный сотрудник |

37. Сироткин Вадим Владимирович,
кандидат физико-математических
наук ведущий научный сотрудник

От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, г. Москва

38. Кошелец Валерий Павлович,
доктор физико-математических наук главный научный сотрудник,
39. Анциперов Вячеслав Евгеньевич,
кандидат физико-математических заведующий лабораторией
наук ведущий научный сотрудник
40. Овсянников Геннадий
Александрович заведующий лабораторией

*От Федерального государственного автономного научного учреждения
Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники имени В.Г.
Мокерова Российской академии наук, г. Москва*

41. Алёшин Андрей Николаевич,
доктор физико-математических наук главный научный сотрудник
42. Редькин Сергей Викторович,
кандидат технических наук ведущий научный сотрудник
43. Щаврук Николай Васильевич,
кандидат технических наук старший научный сотрудник
44. Рубан Олег Альбертович младший научный сотрудник

*От Федерального государственное бюджетное учреждение науки Институт
физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской
академии наук, г. Новосибирск*

45. Тарков Михаил Сергеевич,
кандидат технических наук старший научный сотрудник

*От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
физики твердого тела Российской академии наук, г. Черноголовка Московской обл.*

46. Божко Сергей Иванович,
кандидат физико-математических старший научный сотрудник
наук
47. Орлова Надежда Николаевна,
кандидат физико-математических старший научный сотрудник
наук

*От Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва*

48. Жалнин Владимир Петрович,
кандидат технических наук доцент
49. Кондаков Никита Андреевич инженер НУК ИУ

*От Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.
Ломоносова, г. Москва*

50. Мацукатова Анна Никосовна
51. Швецов Борис Сергеевич

студент
студент

*От Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Московский физико-технический институт
(государственный университет)», г. Москва*

52. Зенкевич Андрей Владимирович,
кандидат физико-математических
наук

ведущий научный сотрудник, зав.
лабораторией функциональных
материалов и устройств для
nanoэлектроники
ведущий научный сотрудник

53. Маркеев Андрей Михайлович,
кандидат физико-математических
наук

старший научный сотрудник
лаборатории терагерцовой спироники

54. Морозова Мария Александровна,
кандидат физико-математических
наук

55. Жевненко Дмитрий Алексеевич

студент базовой кафедры «Микро- и
nanoэлектроника» МФТИ, младший
научный сотрудник АО «НИИМЭ»
младший научный сотрудник МФТИ
студент базовой кафедры «Микро- и
nanoэлектроника» МФТИ, научный
сотрудник АО «НИИМЭ»
студент ФФКЭ МФТИ, инженер
лаборатории МССП ФТИАН им. К.А.
Валиева РАН
аспирант, младший научный сотрудник
МФТИ

56. Кузьмичев Дмитрий Сергеевич
57. Шарапов Андрей Анатольевич

58. Мещанинов Федор Павлович

59. Жук Максим Юрьевич

*От Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники», г. Москва, г. Зеленоград*

60. Белов Алексей Николаевич,
доктор технических наук

ведущий инженер кафедры
Интегральной электроники и
микросистем

61. Павлова Лидия Михайловна,
доктор химических наук

профессор Института перспективных
материалов и технологий

62. Строганов Антон Александрович,
кандидат технических наук

ведущий инженер лаборатории ЗМНТ

*От Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный
исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва*

63. Рыльков Владимир Васильевич,
доктор физико-математических наук

ведущий научный сотрудник

64. Демин Вячеслав Александрович,
кандидат физико-математических
наук
65. Емельянов Андрей Вячеславович,
кандидат физико-математических
наук
66. Миннеканов Антон Анурович,
кандидат физико-математических
наук
67. Никирий Кристина Эрнестовна
68. Черноглазов Константин Юрьевич
69. Суражевский Игорь Алексеевич
- директор-координатор по направлению
природоподобные технологии
- руководитель ресурсного центра
электрофизических методов
- научный сотрудник
- лаборант-исследователь
- инженер-исследователь
- аспирант

*От Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», г.
Москва*

70. Певцов Евгений Филиппович,
кандидат технических наук
- директор «Центра проектирования
интегральных схем, устройств
nanoэлектроники и микросистем» РТУ
МИРЭА, доцент кафедры
nanoэлектроники РТУ МИРЭА

*От Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-
Петербург*

71. Андреева Наталья Владимировна,
кандидат физико-математических
наук
- старший научный сотрудник

*От Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр
научно-исследовательский институт системных исследований Российской
академии наук», г. Москва*

72. Карандашев Яков Михайлович,
кандидат физико-математических
наук
- старший научный сотрудник

73. Фирсов Анатолий Александрович,
кандидат физико-математических
наук
- ведущий научный сотрудник

74. Сергеев Александр Петрович ФГУ
ФНЦ НИИСИ РАН
- заведующий сектором

*От Фрязинского филиала Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
Российской академии наук, г. Фрязино Московской обл.*

75. Чучева Галина Викторовна,
профессор РАН
- заместитель директора по научной
работе
76. Веденеев Александр Сергеевич,
доктор физико-математических наук
- ведущий научный сотрудник

77. Гольдман Евгений Иосифович,
кандидат физико-математических
наук ведущий научный сотрудник

78. Киселев Дмитрий Александрович,
кандидат физико-математических
наук старший научный сотрудник

*От Федерального государственного учреждения «Федеральный
исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии
наук», г. Москва*

79. Абгарян Каринэ Карленовна,
доктор физико-математических наук заведующий отделом

*От Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-
исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии
наук», г. Шатура Московской обл.*

80. Храмова Ольга Дмитриевна,
кандидат химических наук старший научный сотрудник

81. Степина Нина Дмитриевна,
кандидат химических наук старший научный сотрудник

*От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-
технологический институт имени К.А. Валиева Российской академии наук, г.
Москва*

82. Мяконьких Андрей Валерьевич,
кандидат физико-математических
наук старший научный сотрудник

83. Рогожин Александр Евгеньевич,
кандидат физико-математических
наук старший научный сотрудник

ПОВЕСТКА ДНЯ:

1. Доклады по теме научного семинара и их обсуждение

(академик РАН В.И. Пустовойт, член-корр. РАН Б.В. Крыжановский,
член-корр. РАН В.Ф. Лукичев, д.ф.-м.н. А.Н. Алёшин, д.т.н. А.Н. Белов,
д.ф.-м.н. О.А. Новодворский, д.т.н. К.А. Воротилов, д.т.н. Е.С. Горнев,
д.ф.-м.н. К.В. Руденко, д.т.н. Н.А. Шелепин, к.ф.-м.н. А.В. Зенкевич,
к.ф.-м.н. С.В. Ковешников, к.ф.-м.н. М.А. Морозова, к.ф.-м.н. А.М. Маркеев,
к.ф.-м.н. И.В. Матюшкин, к.ф.-м.н. В.А. Демин, к.т.н. О.М. Орлов,
к.т.н. С.В. Редькин, к.т.н. М.С. Тарков, Д.А. Жевненко, Д.С. Кузьмичев)

1. Отделением нанотехнологий и информационных технологий (далее — «ОНИТ») РАН, Советом и научно-производственным Консорциумом «Перспективные материалы и элементная база информационных и вычислительных систем» организован и проведен научный семинар по теме

- «Фундаментальные проблемы элементной базы информационно-вычислительных и управляющих систем и материалов для ее создания».
2. В работе научного семинара приняли участие 83 представителя из 25 ведущих профильных организаций и предприятий: АО «НИИМЭ», Воронежского государственного технического университета, ЗАО «МНИТИ», ИПЛИТ РАН – филиала ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, ИПТМ РАН, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, ИСВЧПЭ РАН, ИФП СО РАН, ИФТТ РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ им. М.В. Ломоносова, МФТИ, НИТУ «МИСиС», НИУ МИЭТ, НИЦ «Курчатовский институт», НОЦ «Технологический центр» РТУ МИРЭА, НТЦ УП РАН, РТУ МИРЭА, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, ФИАН, ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, ФИЦ ИУ РАН, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, ФТИАН им. К.А. Валиева РАН.
 3. Во вступительном слове при открытии научного семинара академик РАН, председатель Научного совета, руководитель приоритетного технологического направления по электронным технологиям, генеральный директор АО «НИИМЭ», академик-секретарь ОНИТ РАН Г.Я. Красников, член-корреспондент РАН В.Ф. Лукичев, заместитель председателя Научного совета; директор ФТИАН им. К.А. Валиева РАН и член-корреспондент РАН С.А. Никитов, член Научного совета; директор ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН подчеркнули важную роль поиска и реализации путей совершенствования энергонезависимой резистивной памяти при создании элементной базы для нейроморфных систем.
 4. В ходе проведения научного семинара доложены 9 докладов, в обсуждении которых приняло участие 17 человек:
 - 4.1. д.т.н. Алексей Николаевич Белов, д.х.н. Лидия Михайловна Павлова, к.т.н. Антон Александрович Строганов (НИУ МИЭТ). Установление физико-химических механизмов резистивного переключения в полупроводниковых слоях для создания на их основе искусственных синаптических структур.
 - 4.2. к.ф.-м.н. Андрей Михайлович Маркеев, Константин Викторович Егоров, Дмитрий Сергеевич Кузьмичев, Юрий Юрьевич Лебединский, Максим Юрьевич Жук, Дмитрий Владимирович Негров, к.ф.-м.н. Андрей Владимирович Зенкевич (МФТИ), академик РАН Геннадий Яковлевич Красников, д.т.н. Евгений Сергеевич Горнев, к.т.н. Олег Михайлович Орлов (АО «НИИМЭ»). Различные подходы к созданию оксидной резистивной памяти: филаментарные и нефиламентарные механизмы переключения.
 - 4.3. к.ф.-м.н. Сергей Викторович Ковешников (ИПТМ РАН). Необходимость, возможности и перспективы развития энергонезависимой резистивной памяти: глубокое погружение.
 - 4.4. д.ф.-м.н. Андрей Николаевич Алёшин (ИСВЧПЭ РАН). Влияние температурного воздействия на механизмы формирования токопроводящих каналов в мемристорных структурах.

- 4.5. д.ф.-м.н. Олег Алексеевич Новодворский (ИПЛИТ РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН). Лазерный синтез мемристорных структур на основе оксидов переходных металлов V, Nb, Ta в кроссбар-геометрии и реализация основных аппаратных элементов нейроморфных систем нейристора и синаптора на их основе.
 - 4.6. к.ф.-м.н. Вячеслав Александрович Демин (НИЦ «Курчатовский институт»), д.ф.-м.н. Александр Викторович Ситников (Воронежский государственный технический университет). Многоуровневый мемристивный элемент на базе наногранулированного магнитного композита со встроенной оксидной прослойкой: механизмы переключения, роль атомарной фазы в изолирующей матрице.
 - 4.7. к.ф.-м.н. Мария Александровна Морозова (МФТИ). Физико-технологические основы энергонезависимых элементов памяти с совмещением в одном чипе многофункциональных устройств на принципах сегнетоэлектричества и спинtronики для нейроморфных систем.
 - 4.8. к.т.н. Михаил Сергеевич Тарков, д.ф.-м.н. Владимир Павлович Попов, д.ф.-м.н. Ида Евгеньевна Тысченко (ИФП СО РАН). Построение нейросетевых синапсов на основе мемристоров и FeFET-транзисторов.
 - 4.9. д.т.н. Евгений Сергеевич Горнев (АО «НИИМЭ»), Дмитрий Алексеевич Жевненко (МФТИ, АО «НИИМЭ»). Применение методов машинного обучения для создания высоконадежных мемристоров и нейроподобных систем на их основе.
5. При подведении итогов научного семинара член-корреспондент РАН В.Ф. Лукичев, заместитель председателя Научного совета; директор ФТИАН им. К.А. Валиева РАН отметил высокий научно-технический уровень доложенных результатов и выразил уверенность в усилении сотрудничества между организациями и предприятиями в области совершенствования энергонезависимой резистивной памяти для создания элементной базы нейроморфных систем.

РЕШИЛИ:

1. Доклады, прочитанные на научной сессии, отразили уровень проводимых исследований в области совершенствования транзисторных энергонезависимой резистивной памяти для создания элементной базы нейроморфных систем в нашей стране, что позволит составить объективные и научно-обоснованные планы развития российской микроэлектроники на ближайшие годы.
2. Отметить важную роль развития перспективных отечественных подходов в области совершенствования энергонезависимой резистивной памяти для создания элементной базы нейроморфных систем в развитии отечественных информационно-вычислительных и управляемых систем, а также для обеспечения технологической независимости нашей страны.

3. Рекомендовать Научному совету:
 - 3.1 создать секцию по исследованиям и созданию элементной базы нейроморфных систем, для чего учёному секретарю Тельминову О.А. подготовить предложения бюро Совета по составу данной секции;
 - 3.2 через один год заслушать доклады авторов, которые достигнут существенных результатов при выполнении доложенных и обсужденных на данном научном семинаре проектов.
4. Принять к сведению информацию о проведении I Международной конференции «Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов» с 21 по 23 октября в ФИЦ ИУ РАН. Тезисы принимаются до 21 июля 2019 г., подробности на <http://www.ccas.ru/kksitevc/conf2019/index.html>.
5. Рекомендовать предоставить материалы докладов для публикации статей в журналы «Микроэлектроника» и «Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника».

Ученый секретарь

Тельминов О.А.