

# Лаборатория физики и химии поверхности

## Основные результаты, полученные в лаборатории ФХП в 2017 году

1. Согласно полученным магнитополяриметрическим измерениям и данным магнитно-силовой микроскопии (МСМ) у сжатых частиц пермаллоя наблюдается снижение значения внешнего магнитного поля, необходимого для однородного намагничивания частицы в направлении оси легкого намагничивания. В то же время в направлении оси трудного намагничивания, расположенной в плоскости частицы, наблюдается существенное увеличение напряженности внешнего магнитного поля, необходимого для однородного намагничивания частицы. Это позволяет использовать комбинированное воздействие магнитного поля и механического напряжения для перемагничивания частиц, используемых при записи информации.
2. Путем сравнения экспериментальных и модельных МСМ изображений микрочастиц пермаллоя размером 25x25 и 7x7 мкм<sup>2</sup>, подвергнутых механическим напряжениям, продемонстрирована возможность визуализировать на поверхности плоских образцов области локализации упругих напряжений. Это позволяет использовать такие частицы в качестве магнитоупругих микросенсоров для детектирования механических напряжений с относительно высоким пространственным разрешением (рис. 1).
3. Методом МСМ наблюдалось перемагничивание нанопроволок Fe и Ni, полученных путем матричного синтеза в порах трековой мембраны полиэтилентерефталата. Эксперименты показали, что между сформированными нанопроволоками имеется магнитостатическое взаимодействие из-за их близкого расположения друг к другу. Использование приложенного во время получения МСМ изображения внешнего магнитного поля позволяет детектировать магнитные нанопроволоки, которые находятся в толщине полимерной матрицы. Результаты моделирования МСМ изображений хорошо согласуются с экспериментальными данными.

## Исследования поддержаны грантами

- РФФИ 15-02-02728 «Изучение влияния упругих напряжений на термоассистируемый процесс перемагничивания ферромагнитных частиц», (рук. Бухараев А.А.)
- РФФИ 17-08-00915 «Использование магнитоупругого эффекта для детектирования механических напряжений с высоким пространственным разрешением», (рук. Нургазизов Н.И.)
- «Синтез перспективных нанокомпозитных материалов на основе кремния, широкозонных полупроводников, углеродных нанотрубных слоев и металлических наночастиц и исследование их физико-химических свойств», выполняемому по Программе РАН IV.2.4. «Физика новых материалов и структур».

## Преподавательская деятельность

- Проф. Бухараев А. А. — спецкурс «Спектроскопические и зондовые методы исследования наноструктур» для студентов 4-го курса Института физики КФУ.
- Проф. Бухараев А.А. — спецкурс «Современные методы синтеза и исследования наноструктур» для магистрантов Института физики КФУ.
- Проф. Бухараев А.А. — спецкурс «Введение в нанотехнологии» для студентов 3 курса Института физики КФУ
- Н.С. Бизяев Д. А. — лабораторный спец. практикум «Исследование поверхности твердых тел с помощью АСМ» для студентов и магистрантов КФУ.

## Научно-организационная работа

**Бухараев А.А.:**

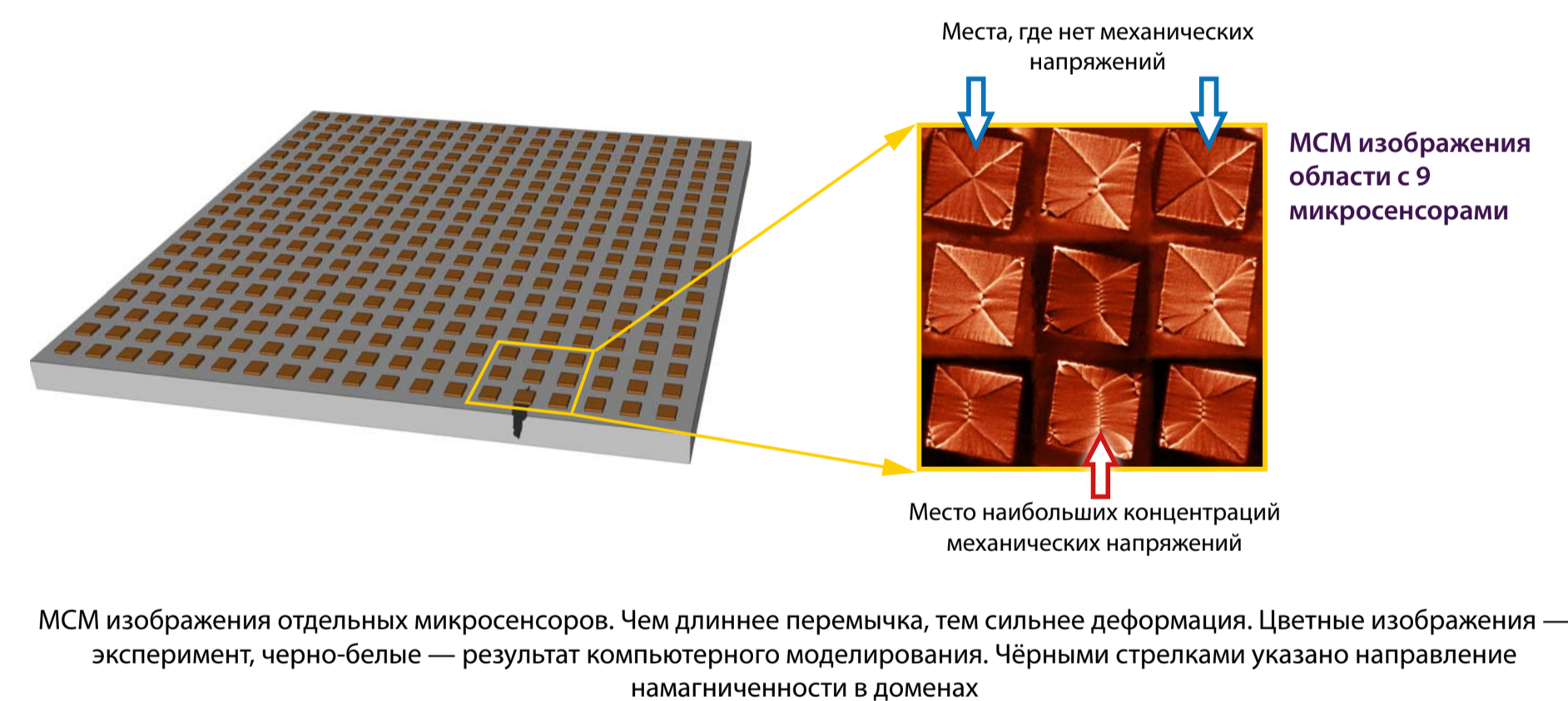
- Участие в качестве эксперта по присуждению «Молодежной премии им.Е.К.Завойского» и в конкурсе молодежных научных грантов АН РТ.
- Член Ученого совета КФТИ КазНЦ РАН.
- Зам. председателя диссертационного совета Д 002.191.01 КФТИ КазНЦ РАН по присуждению ученых степеней доктора и кандидата физико-математических наук.
- Член диссертационного совета Д 212.081.07 КФУ по присуждению ученых степеней доктора и кандидата физико-математических наук
- Член Программного комитета International Conference Scanning Probe Microscopy (Ekaterinburg, August 28-30, 2017)
- Член редколлегии журнала «Микроэлектроника»

**Зиганшина С.А.:** Член локального организационного комитета конференции «Modern Development of Magnetic Resonance» и секретарь локального организационного комитета XXI Всероссийской конференции по физике сегнетоэлектриков (ВКС – XXI)

**Чукланов А.П.:** Член локального организационного комитета ВКС – XXI

## Исследования, выполненные совместно с сотрудниками Казанского федерального университета

1. Обнаружено, что специфические сорбционные свойства  $\alpha$ -лейцил- $\beta$ -лейцина обусловлены изменением его кристаллической упаковки от канального типа в слоистый. Высокая сорбционная способность  $\alpha$ -лейцил- $\beta$ -лейцина по отношению к дихлорометану является результатом самоорганизации дипептида путем образования нановолокнистых или паутино-подобных структур (рис. 2).
2. Многие фармацевтические вещества имеют низкую растворимость, которая ограничивает их поглощение и распределение в необходимые места для желаемого действия, не вызывая неблагоприятного воздействия на здоровые клетки или ткани. Магнитоактивные твердые дисперсии могут найти применение при производстве капсулированных систем доставки лекарств с улучшенными параметрами растворимости. Исследовано распределение суперпарамагнитных наночастиц в твердой дисперсии полиэтиленгликоля и фенацетина с использованием АСМ и МСМ.
3. Впервые с помощью АСМ визуализирована твердофазная химическая реакция. Изучалась реакция циклизации дипептида  $\alpha$ -лейцил- $\beta$ -лейцина в твердом состоянии при нагревании. Изменение морфологии тонкой пленки дипептида и образование наноструктур после нагревания было визуализировано с использованием атомно-силовой микроскопии. Этот метод также использовался для демонстрации различий в самоорганизации линейных и циклических дипептидов. Химическая структура продукта реакции характеризовалась ЯМР-спектроскопией, спектроскопией FTIR и анализом ГХ-МС.



МСМ изображения отдельных микросенсоров. Чем длиннее перемычка, тем сильнее деформация. Цветные изображения — эксперимент, черно-белые — результат компьютерного моделирования. Чёрными стрелками указано направление намагниченности в доменах

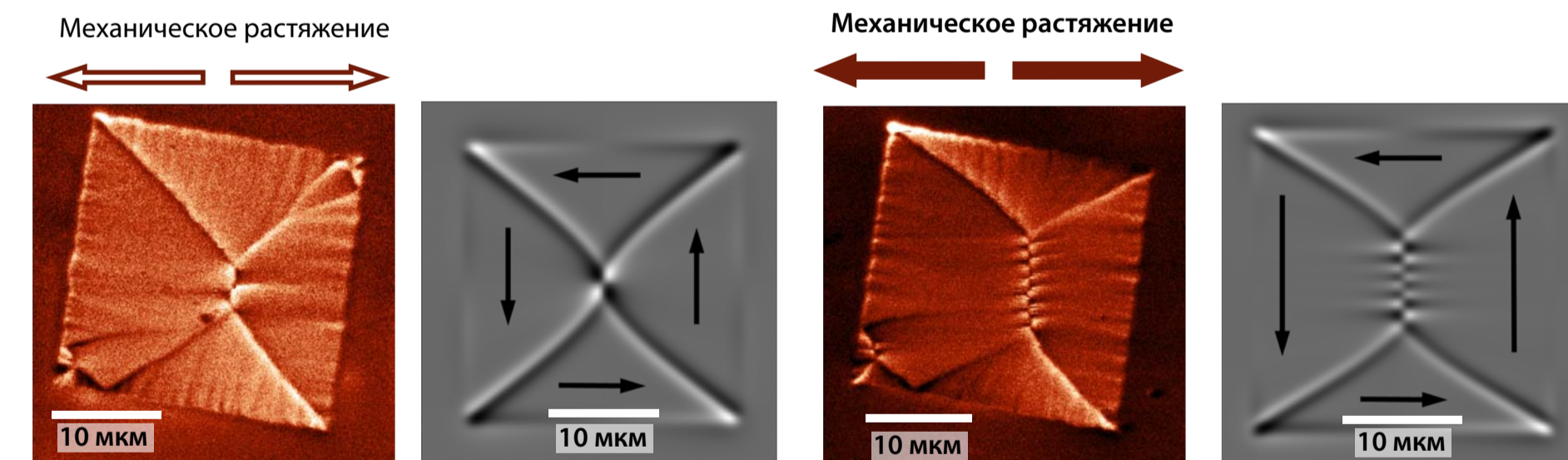


Рис. 1. Магнитные микросенсоры для визуализации скрытых дефектов

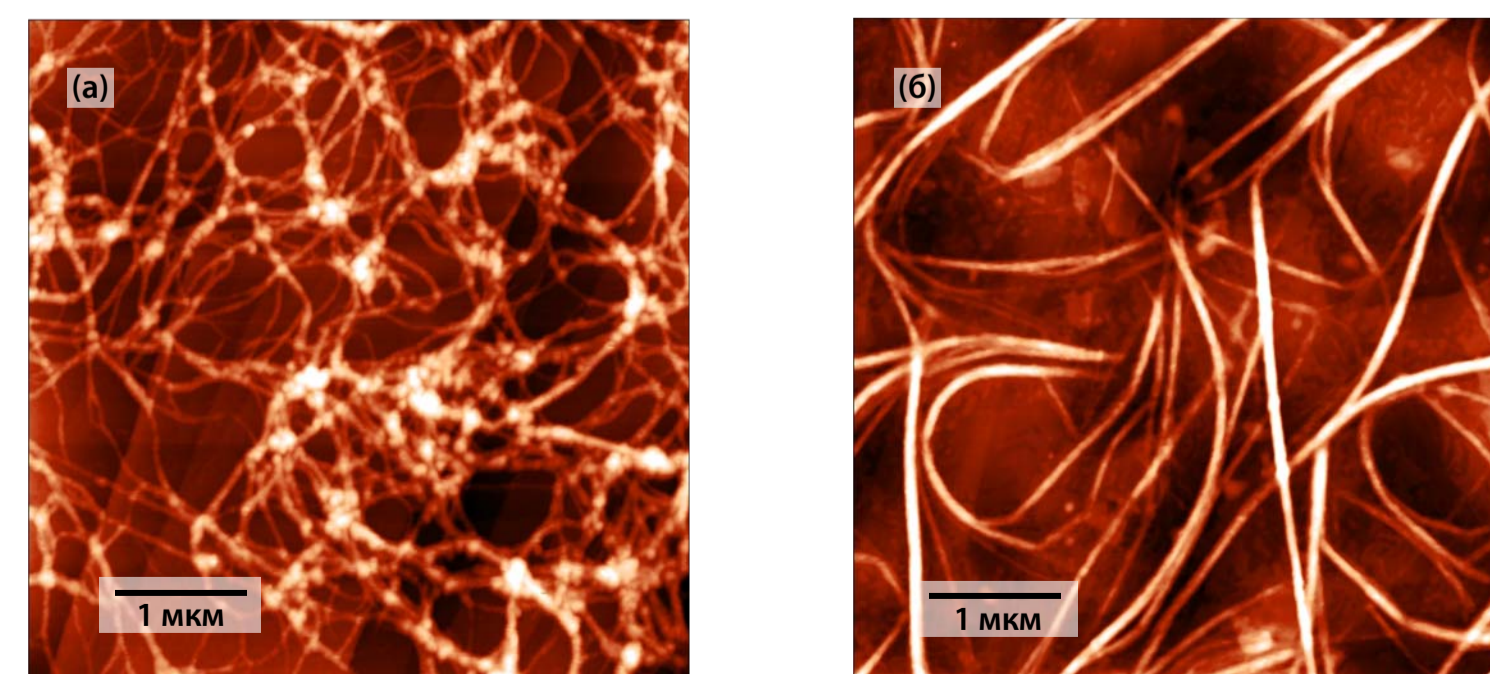


Рис. 2. АСМ-изображения паутиноподобных (а) и нановолокнистых (б) структур, полученных в результате процесса самоорганизации дипептида

## Сотрудники

- главн. научн. сотр., зав. лаб., д.ф.-м.н., проф., Бухараев А. А.
- с.н.с., к.ф.-м.н. Нургазизов Н. И.
- с.н.с., к.х.н. Зиганшина С. А.
- н.с., к.ф.-м.н. Чукланов А. П.
- н.с., к.ф.-м.н. Бизяев Д. А.
- м.н.с., Ханипов Т. Ф.

## Студенты

- Морозова А. С. — магистрант 2 года обучения Института физики КФУ

## Статьи в журналах

1. Usmanova L.S., Ziganshin M.A., Gorbachuk V.V., Ziganshina S.A., Bizyaev D.A., Bukharaev A.A., Mukhametzyanov T.A., Gerasimov A.V. / A study of the formation of magnetically active solid dispersions of phenacetin using atomic and magnetic force microscopy // Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research. – 2017. – V.8, – P.2–7.
2. Ziganshin M.A., A.S. Safullina, Ziganshina S.A., Gerasimov A.V., Gorbachuk V.V. / Non-zeolitic properties of the dipeptide L-leucyl-L-leucine as a result of the specific nanostructures formation // Physical Chemistry Chemical Physics. – 2017, V.19, – 13788–13797.
3. Mamin R.F., Bizyaev D.A., Yusupov R.V., Bukharaev A. A. / Phase separation and locally induced states in manganites // Ferroelectrics. – 2017. – V.509, – I.1, – P.50–56 (Proceedings of Second International Workshop Modern Nanotechnology (IWMN-2016)).
4. Бухараев А.А., Бизяев Д.А., Кандрашкин Ю.Е., Мингалиева Л.В., Нургазизов Н.И., Ханипов Т.Ф. / Исследование магнитоупругого эффекта микрочастиц пермаллоя Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского 2016, Ежегодник, Издательство «ФизтехПресс» КФТИ КазНЦ РАН. – 2017, С.31–35.
5. Баталов Р.И., Нуждин В.И., Валеев В.Ф., Бизяев Д.А., Бухараев А.А., Воробьев В.В., Осин Ю.Н., Степанов А.Л. / Формирование и модификация сплава GeSi с наночастицами Ag путём ионной имплантации и лазерного отжига Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского 2016, Ежегодник, Издательство «ФизтехПресс» КФТИ КазНЦ РАН. – 2017, С.71–79.
6. Bizyaev D.A., Bukharaev A.A., Nurgazizov N.I., Khanipov T.F. / Investigation of the domain structure transformation under mechanical deformations in permalloy microparticles // Journal of Physics: Conf. Series. –2017. – V.859, – P.012005.
7. Ханипов Т.Ф., Бизяев Д.А., Бухараев А.А., Чирков В.В., Чукланов А.П., Нургазизов Н.И. / Исследование поведения оси легкого намагничивания Ru частицы при механическом напряжении методами МОКЕ и МФМ // Когерентная оптика и оптическая спектроскопия: сборник статей. – 2017. – Вып. 21. – С.65–68.
8. Ziganshin M.A., Safullina A.S., Gerasimov A.V., Ziganshina S.A., Klimovitskii A.E., Khayarov K.R., Gorbachuk V.V. / Thermally Induced Self-Assembly and Cyclization of L-Leucyl-L-Leucine in Solid State // J. Phys. Chem. B. – 2017, – V.121, – P. 8603–8610.

## Труды и тезисы конференций

1. Бухараев А.А. Использование магнитоупругого эффекта в наноструктурах для хранения и обработки информации // Материалы 21 Международного симпозиума Нанофизика и нанозлектроника. Нижний Новгород, 13-16 марта 2017г. С.139-140.(приглашенный)
2. А.А. Бухараев, Д.А. Бизяев, С.А. Зиганшина, Н.И. Нургазизов, Т.Ф. Ханипов, А.П. Чукланов, В.В. Чирков / Исследование магнитоупругих свойств ферромагнитных микрочастиц методами магнитополяриметрии, МСМ и ФМР // Материалы 21 Международного симпозиума Нанофизика и нанозлектроника. Нижний Новгород, 13-16 марта 2017. С.141-142. (стендовый)
3. Bukharaev A.A., Bizyaev D.A., Chirkov V.V., Chuklanov A.P., Khanipov T.F., Nurgazizov N.I., Ziganshina S.A. / Investigation the magnetoelastic effect of permalloy structures on pvdf substrate induced by heating // Book of Abstracts Moscow International Symposium on Magnetism (MISM), 1 – 5 July 2017, Moscow. P.490-J-43 (стендовый)
4. Bizyaev D.A., Bukharaev A.A., Chuklanov A.P., Khanipov T.F., Nurgazizov N.I., Russkikh I.V., Sadchikov Yu.V. / Transformation of domain structure of permalloy microparticles under mechanical tension // Book of Abstracts Moscow International Symposium on Magnetism (MISM), 1 – 5 July 2017, Moscow. P.590-I2-3. (стендовый)
5. А.А. Бухараев, Д.А. Бизяев / Создание и исследование магнитных структур методами сканирующей зондовой микроскопии // Scanning Probe Microscopy. Abstract Book of International Conference, 28-30 August 2017, Ekaterinburg. P.9. (приглашенный)
6. Н.И. Нургазизов, Д.А. Бизяев, А.А. Бухараев, А.П. Чукланов / Исследование изменения поля анизотропии пермалловых микрочастиц при их механическом напряжении методами МСМ // Scanning Probe Microscopy. Abstract Book of International Conference, 28-30 August 2017, Ekaterinburg. P.29-30. (приглашенный)
7. А.С. Сафуллина, М.А. Зиганшина, С.А. Зиганшина, А.А. Бухараев / Изучение самоорганизации линейного и циклического дипептида лейцил-лейцин методом АСМ // Scanning Probe Microscopy Abstract Book of International Conference, 28-30 August 2017, Ekaterinburg. P.109. (стендовый)
8. Р.И. Баталов, В.И. Нуждин, В.Ф. Валеев, Д.А. Бизяев, А.А. Бухараев, В.В. Воробьев, Ю.Н. Осин, Г.Д. Ивлев, А.Л. Степанов / Структурные и оптические свойства тонкопленочного сплава GeSi с наночастицами Ag, полученного последовательно ионной имплантацией и лазерным облучением // Scanning Probe Microscopy Abstract Book of International Conference, 28-30 August 2017, Ekaterinburg. P.114. (стендовый)
9. А.С. Морозова, С.А. Зиганшина, А.А. Бухараев, М.А. Зиганшина / Самоорганизация трипептида L-глицил-L-глицил-L-глицин в пленках до и после взаимодействия с парами органических веществ по данным АСМ // Scanning Probe Microscopy Abstract Book of International Conference, 28-30 August 2017, Ekaterinburg. P.188-189. (стендовый)
10. С.А. Бедин, Д.А. Бизяев, А.А. Бухараев / Магнитно-силовая микроскопия нанопроволок железа в полимерной матрице // Scanning Probe Microscopy Abstract Book of International Conference, 28-30 August 2017, Ekaterinburg. P.254-255. (стендовый)
11. Д.А. Бизяев, А.А. Бухараев, С.А. Бедин, Загорский Д.Л., Долуденко И.М. / Магнитно-силовая микроскопия в исследовании металлических нанопроволок, полученных репликацией пор в трековой полимерной матрице // Материалы 12-й Международной Конференции «Взаимодействие излучений с твердым телом ВИТТ-2107», Минск, Беларусь, 19-22 сентября 2017. С.309-311. (стендовый)
12. D. Bizyaev, A. Bukharaev, N. Nurgazizov, T. Khanipov / Investigation of Magnetic Anisotropy Field in Stressed Permalloy Microparticles by FMR // Abstract of the International Conference "Modern Development of Magnetic Resonance", 25-29 September 2017, Kazan. P.103. (устный)
13. Морозова А.С., Зиганшина С.А., Бухараев А.А., Зиганшин М.А. / Самоорганизация трипептида L-глицил-L-глицил-L-глицин в пленках до и после взаимодействия с парами органических веществ // Международная молодежная конференция Физика.СПб 24-26 октября, С.-Петербург // Тезисы конференции Физика.СПб/2017 С.106-107. (стендовый)
14. Т.Ф.Ханипов, Д.А.Бизяев, А.А.Бухараев, В.В.Чирков, А.П.Чукланов, Н.И.Нургазизов / Исследование поведения оси легкого намагничивания Ru частицы при механическом напряжении методами МОКЕ и МФМ // XXI Международная молодежная научная школа «Когерентная оптика и оптическая спектроскопия» 17-19 октября 2017, Казань. (стендовый).
15. А.А.Бухараев / Сканирующая зондовая микроскопия магнитных микро- и наноструктур // XXI Международная молодежная научная школа «Когерентная оптика и оптическая спектроскопия» 17-19 октября 2017, Казань. (приглашенный).