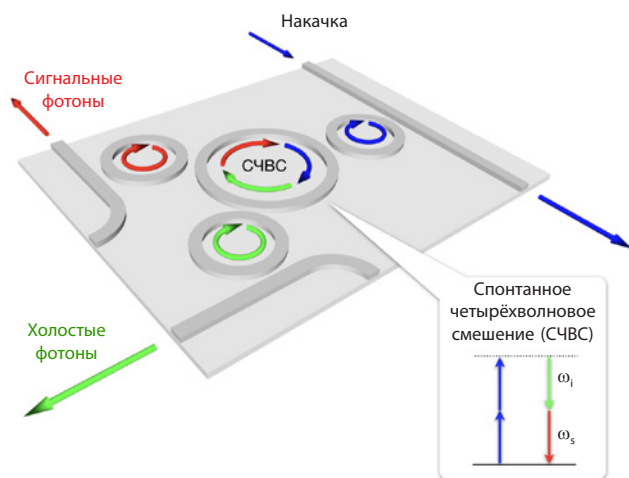


Важнейшие результаты фундаментальных исследований, рекомендованные Учёным советом КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН в отчётный доклад РАН за 2018 год

1.

Оптимальная схема генерации чистых однофотонных состояний в системе связанных кольцевых микрорезонаторов

Аннотация. Развита теория спонтанного четырёхволнового смешения в системе кольцевых микрорезонаторов, один из которых используется для генерации коррелированных пар фотонов, а остальные – для селективного по частоте ввода/вывода излучения. Определены оптимальные параметры системы, позволяющие генерировать пары фотонов без спектральной корреляции, что соответствует приготовлению чистых однофотонных состояний (спектрально ограниченных однофотонных импульсов). Результаты работы открывают возможность создания качественных интегральных однофотонных источников с оповещением, необходимых для реализации оптических квантовых вычислений.



Руководитель: А. А. Калачёв (КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН)
Исполнители: И. Н. Чуприна (КФУ), Н. С. Перминов (КФТИ ФИЦ КазНЦ), Д. Ю. Таранкова (КНИТУ-КАИ)
Публикации:

Chuprina I.N., Perminov N.S., Tarankova D.Yu., Kalachev A.A.:
 Generating pure single-photon states via spontaneous four-wave mixing in a system of coupled microresonators. *Laser Physics Letters* **15**, 105104 (2018)

Направление ПФНИ РАН: II. Физические науки, направление 10.

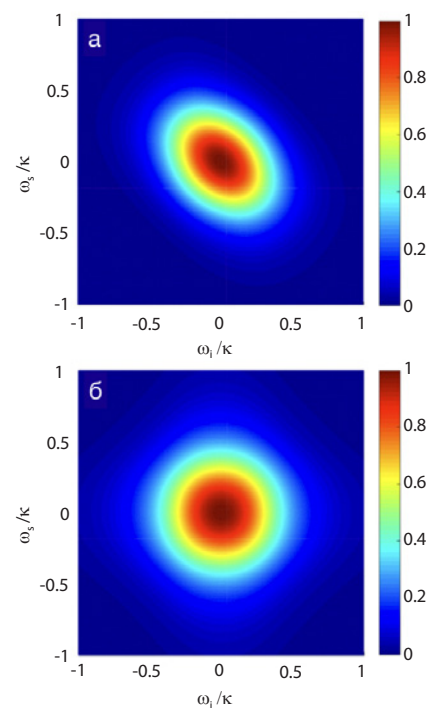


Схема интегрального однофотонного источника (слева) и двухфотонные спектральные амплитуды (справа), соответствующие ненулевой (а) и нулевой (б) частотной корреляции между фотонами (ω_1 (ω_3) – частота сигнального (холостого) фотона, κ – спектральная ширина линии резонатора). Последнее достигается при оптимальном соотношении параметров однофотонного источника.

2.

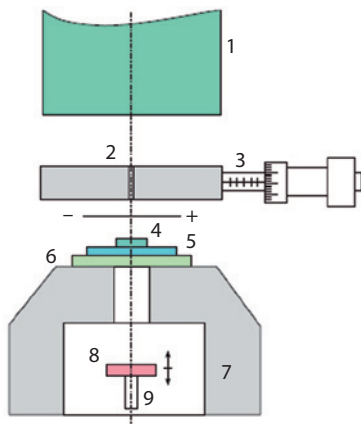
Мёссбауэровский метод измерения субангстремных смещений тонких плёнок

Рис. 1. Схема конструкции узла смещений. 1 – детектор, 2 – диафрагма в свинцовой пластине, 3 – микрометрический узел, 4 – образец, 5 – пьезопреобразователь, 6 – держатель из оргстекла, 7 – свинцовый коллиматор, 8 – мессбауэровский источник, 9 – шток мессбауэровского модулятора.

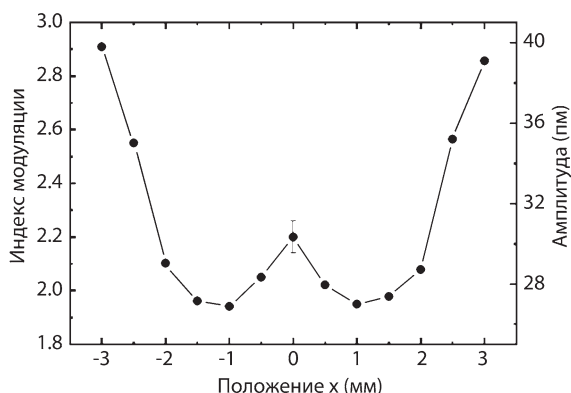


Рис. 2. Зависимость значения индекса модуляции $m_c = 2\pi r_c/\lambda$ от положения отверстия свинцовой маски, которая перемещалась вдоль поверхности нержавеющей фольги. Значение $x = 0$ соответствует её центру. На правой оси указаны соответствующие значения смещений в пикометрах.

Аннотация. Приведены первые результаты измерений распределения амплитуды колебаний тонкой пластины вдоль её поверхности с помощью методов мёссбауэровской спектроскопии. Для измерений использовалось гамма-излучение Co-57 с длиной волны 86 пм (0.86 ангстрем). Фольга нержавеющей стали толщиной 25 мкм была использована в качестве исследуемого образца. Колебания возбуждались с помощью полимерного пьезопреобразователя (рис. 1). При умеренных значениях подаваемого напряжения измеренная амплитуда колебаний не превышала 50 пм. Точность измерений распределения амплитуды

колебаний фольги вдоль её поверхности составила 3–6 пм (рис. 2). Этот метод предлагается использовать для создания стандартов механических смещений, которые могут быть использованы для калибровки туннельных микроскопов.

Исполнители: Шахмуратов Р.Н. (КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН), Вагизов Ф.Г. (КФУ)

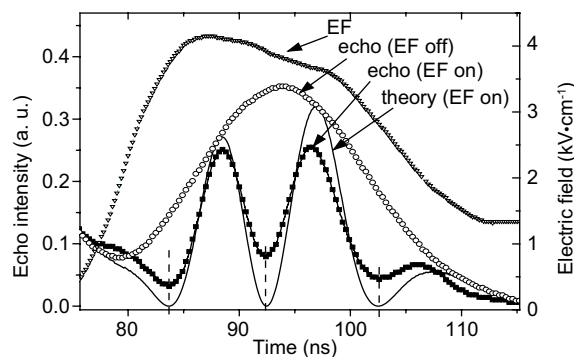
Публикации:

Шахмуратов Р.Н., Вагизов Ф.Г.: Мёссбауэровский метод измерения субангстремных смещений тонких плёнок.

Письма в ЖЭТФ **108**, вып. 11, 785–789 (2018)

Направление ПФНИ РАН: II. Физические науки, направление 08.

3.

Прецизионное измерение сдвигов оптических частот во внешнем поле по биениям света во время излучения импульса фотонного эха

Аннотация. Предложен, протестирован и применён новый спектроскопический метод прецизионного измерения расщеплений оптических линий в магнитном или электрическом полях. Этот метод заключается в том, что приложение импульса слабого магнитного или электрического поля во время излучения фотонного эха вызывает расщепление частот оптических переходов активных ионов, что приводит к биению излучаемого ими света. Как следствие, временная форма импульса фотонного эха изменяется: модулируется. Частота модуляции равна расщеплению оптической линии в поле магнитного (электрического) импульса, если импульс прямоугольный. Если импульс внешнего поля отличается от прямоугольного, то значение спектроскопических параметров ионов определяется площадью внешнего импульса между двумя ближайшими минимумами сигнала эха. Таким способом была впервые измерена скорость изменения псевдо-Штарковского расщепления с ростом электрического поля линии ${}^4\text{I}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{F}_{9/2}$ иона Er^{3+} в Y_2SiO_5 , измерены магнитные моменты оптически активных ионов в основном и возбуждённом состояниях с точностью, сравнимой с ЭПР. Впервые измерен магнитный момент иона Er^{3+} в LuLiF_4 в возбуж-

дённом состоянии ${}^4F_{9/2}$. На рисунке приведены формы эха до (off) и после (on) действия электрического импульса (EF) в $\text{Er}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$.

Исполнители: Лисин В.Н., Шегеда А.М., Самарцев В.В.

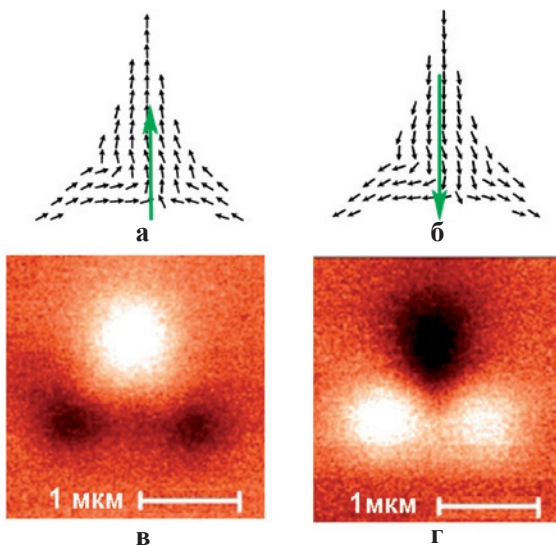
Публикации:

Лисин В.Н., Шегеда А.М., Самарцев В.В.: Биения света во время фотонного эха: наблюдение и применение. Изв. РАН, Сер. физ. **82**, № 12, 1723–1726 (2018)
Направление ПФНИ РАН: II. Физические науки, направление 08.

Наиболее значимые результаты КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН, полученные в рамках государственного задания

1.

Управление квазиоднородными магнитными состояниями в частицах с конфигурационной анизотропией формы



Структура намагниченности в треугольных частицах до (а) и после (б) переключения внешним магнитным полем и соответствующие им магнитно-силовые изображения (в) и (г).

Аннотация. Получены упорядоченные структуры из субмикронных частиц пермаллоя (Pу) с конфигурационной анизотропией формы. При помощи магнитно-силового микроскопа (МСМ) изучались процессы перемагничивания трёх типов треугольных частиц, которые отличались различной степенью прогиба боковых сторон. Проведённые исследования показали, что прогиб сторон треугольника приводит к появлению в частицах стабильных при комнатной температуре квазиоднородных состояний намагниченности (рис. 1). Показано, что переключать намагниченность частицы из одного состояния в другое можно внешним магнитным полем, что делает такие частицы перспективными для создания на их основе

магнитных ячеек памяти, которые могут хранить не один, а несколько бит информации.

Руководитель: Бухараев А.А.

Исполнители: Бизяев Д.А., Чукланов А.П., Нургазизов Н.И., Ханипов Т.Ф.

Публикации:

1. Bizyaev D.A., Bukharaev A.A., Chirkov V.V., Chuklanov A.P., Khanipov T.A., Nurgazizov N.I.: Investigation by MOKE and MFM of the domain structure transformation under mechanical deformations in permalloy microparticles. J. Phys.: Conf. Ser. **1068**, 012004 (1–5) (2018)
2. Bizyaev D.A., Bukharaev A.A., Chuklanov A.P., Nurgazizov N.I.: Magnetization reversal of permalloy microparticles with the configuration anisotropy by magnetic-force microscopy. Phys. Solid State **60**, no. 11, 2194–2199 (2018)
3. Бухараев А.А., Звездин А.К., Пятаков А.П., Фетисов Ю.К.: Стрейнтроника – новое направление микро-, наноэлектроники и науки о материалах. УФН **188**, № 12, 1288–1330 (2018)

Направление ПФНИ РАН: II. Физические науки, направление 08.

2.

Развитие последовательной теории эффекта насыщения спектров магнитного резонанса с учётом спектральной диффузии

Впервые развита последовательная теория насыщения спектров ЭПР парамагнитных частиц со спином 1/2 с учётом спектральной диффузии, вызванной спиновым обменом и химическим обменом. Получена форма спектра ЭПР для произвольного распределения резонансных частот спинов.

Проведён детальный анализ эффекта насыщения для двух модельных систем: системы с двумя частотами и системы с гауссовым распределением частот. Впервые теоретически показано, что в условиях насыщения спектров СВЧ поле не только уширяет, но также изменяет частоту резонансов коллективного движения спинов.

Также теория предсказывает, что в насыщающих СВЧ полях явление обменного сужения спектров наступает при более высокой скорости спектральной диффузии по сравнению с ситуацией, когда спектр наблюдается в условиях линейного отклика. Для изученных модельных систем найдено условие обменного сужения спектров в условиях эффекта насыщения.

Предложены алгоритмы для определения времени спин-решёточной релаксации из анализа спектров ЭПР в условиях насыщения спектров при наличии спектральной диффузии.

Экспериментально исследован эффект насыщения спектра ЭПР растворов нитроксильного радикала ТЕМПОЛ, одного из типичных спиновых зондов, которые широко применяются в химии и биофизике. Детальный анализ полученных экспериментальных данных проведён на основе общего выражения для формы спектров ЭПР при произвольных мощностях СВЧ поля, которое было получено в нашей работе. Для изученной системы из

анализа эффекта насыщения спектра было определено время спин-решёточной релаксации. Полученное время хорошо согласуется со временем спин-решёточной релаксации для ТЕМПОЛа, полученным импульсным методом.

Руководитель: Салихов К.М.

Исполнители: Бакиров М.М., Галеев Р.Т., Хайруждинов И.Т.

Публикации:

1. Salikhov K.M.: Features of the spectrum saturation effect when the spectral diffusion operates: system with two frequencies. *Appl. Magn. Reson.* **49**, no. 11, 1417–1430 (2018)
2. Салихов К.М., Хайруждинов И.Т.: Теоретическое исследование эффекта насыщения спектра ЭПР с учётом спектральной диффузии в системе с гауссовским распределением резонансных частот спинов. *ЖЭТФ*, принята в печать.

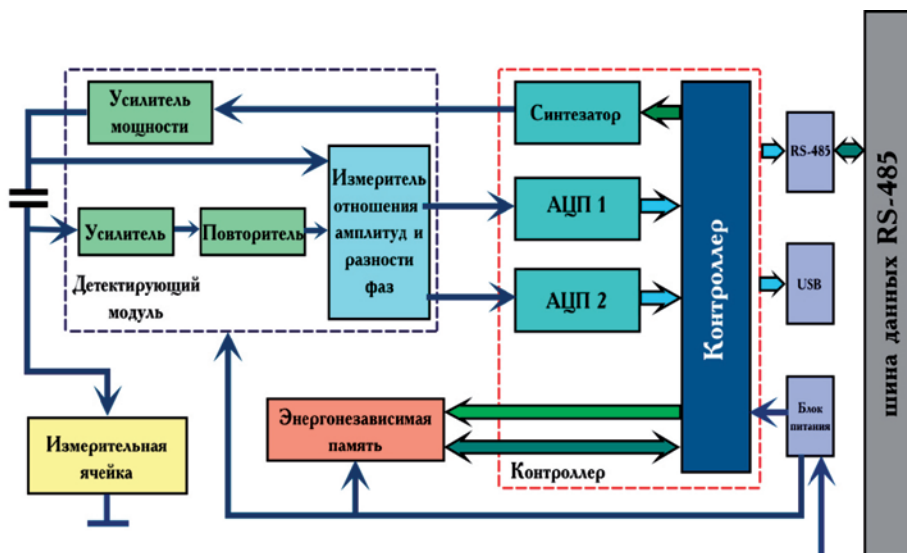
Направление ПФНИ РАН: II. Физические науки, направление 08.

Наиболее значимые результаты института, имеющие инновационный потенциал с указанием конкретных сфер возможного использования

Опытный образец скважинного прибора для измерения диэлектрических характеристик пластового флюида

Аннотация. Разработанный опытный образец скважинного прибора предназначен для измерения диэлектрических

характеристик пластового флюида. Процесс измерения заключается в измерении амплитудных и фазовых характеристик высокочастотных колебаний, проходящих через измерительную конденсаторную ячейку, заполненную исследуемым флюидом. Блок-схема прибора представлена на рисунке.



Блок-схема скважинного прибора для измерения диэлектрических характеристик пластового флюида.

Знания о свойствах углеводородов, залегающих в пластах, определяют методы воздействия на пласт при разработке месторождения, а также энергетические возможности залежей и перспективы их разработки. Поэтому точное описание пластовых флюидов имеет существенное значение при подготовке любого проекта добычи углеводородов. Эти знания важны практически на всех этапах проектирования: подсчёт запасов, проектирование скважин, интерпретация данных геофизических исследований, контроль за разработкой, транспортировка продукции, охрана окружающей среды.

Разработка опытного образца БИДФ велась в рамках Комплексного проекта “Создание комплекса технических средств и программных продуктов для эффективной раз-

работки залежей нефти в сложнопостроенных карбонатных коллекторах с использованием горизонтальных скважин и гидроразрыва пласта”, Постановление Правительства РФ № 218 о создании высокотехнологичных производств (6-я очередь, 2016–2018 гг.). Проект выполнялся совместно с ТНГ Групп и КФУ.

Исполнители: Фаттахов Я.В., Коновалов Д.А., Фахрутдинов А.Р., Шагалов В.А., Хабилов Р.Ш., Аникин А.Н.

Публикации:

Коновалов Д.А., Фаттахов Я.В., Фахрутдинов А.Р., Шагалов В.А., Хабилов Р.Ш., Аникин А.Н.: Скважинный прибор для измерения диэлектрических характеристик пластового флюида. Научное приборостроение, принята в печать.