

# **НАНОФИЗИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА**

## **XXIX СИМПОЗИУМ**

*10 – 14 марта 2025 года, Нижний Новгород*

### **Тезисы докладов**

Нижний Новгород  
2025

**НАНОФИЗИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА. XXIX симпозиум (Нижний Новгород, 10–14 марта 2025 г.): Тезисы докладов.** — Нижний Новгород, 2025.

**Организаторы**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Отделение физических наук РАН  
Научный совет РАН по физике полупроводников  
Научный совет РАН по физике конденсированных сред  
Институт физики микроструктур РАН  
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского  
Благотворительный фонд «От сердца к сердцу»

**Программный комитет**

А. В. Акимов, к.ф.-м.н.	РКЦ, ФИАН им. П. Н. Лебедева РАН, Москва
А. Ю. Аладышкин, д.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород
В. В. Бельков, д.ф.-м.н.	ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург
И. С. Бурмистров, д.ф.-м.н.	ИТФ им. Л. Д. Ландау РАН, Черногловка
В. А. Бушуев, д.ф.-м.н.	МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва
В. А. Быков, д.т.н.	NT-MDT Spectrum Instruments, Москва
В. А. Волков, д.ф.-м.н.	ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, Москва
В. И. Гавриленко, д.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород
<u>С. В. Гапонов</u> , академик РАН	ИФМ РАН, Нижний Новгород
А. Б. Грановский, д.ф.-м.н.	МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва
К. Н. Ельцов, д.ф.-м.н.	ИОФ им. А. М. Прохорова РАН, Москва
С. В. Зайцев-Зотов, д.ф.-м.н.	ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, Москва
С. В. Иванов, д.ф.-м.н.	ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург
Е. Л. Ивченко, академик РАН	ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург
В. В. Кведер, академик РАН	ИФТТ РАН, Черногловка
З. Ф. Красильник, чл.-корр. РАН	ИФМ РАН, Нижний Новгород ( <i>председатель</i> )
И. В. Кукушкин, академик РАН	ИФТТ РАН, Черногловка
В. Д. Кулаковский, чл.корр. РАН	ИФТТ РАН, Черногловка
А. В. Латышев, академик РАН	ИФП им. А. В. Ржанова СО РАН, Новосибирск
А. С. Мельников, д.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород
М. А. Мильяев, д.ф.-м.н.	ИФМ им. М. Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург
В. Л. Миронов, д.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород
С. В. Морозов, д.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород
С. А. Никитов, академик РАН	ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, Москва
А. В. Новиков, д.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород
Д. В. Рощупкин, д.ф.-м.н.	ИПТМ РАН, Черногловка
В. В. Рязанов, д.ф.-м.н.	ИФТТ РАН, Черногловка
А. В. Садовников, к.ф.-м.н.	СГУ им. Н. Г. Чернышевского, Саратов
М. В. Сапожников, д.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород
А. А. Саранин, чл.-корр. РАН	ИАПУ ДВО РАН, Владивосток
Д. А. Татарский, к.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород ( <i>учёный секретарь</i> )
Ю. А. Филимонов, д.ф.-м.н.	Саратовский филиал ИРЭ РАН, Саратов
А. А. Фраерман, д.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород
Д. Р. Хохлов, чл.-корр. РАН	МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва
А. В. Чаплик, академик РАН	ИФП им. А. В. Ржанова СО РАН, Новосибирск
Н. И. Чхало, д.ф.-м.н.	ИФМ РАН, Нижний Новгород
Т. В. Шубина, д.ф.-м.н.	ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург

**Организационный комитет**

А. В. Новиков	ИФМ РАН, Нижний Новгород ( <i>председатель</i> )
Т. Е. Бахтина	ИФМ РАН, Нижний Новгород
М. В. Зорина	ИФМ РАН, Нижний Новгород
А. В. Иконников	МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва
Д. А. Камелин	ИФМ РАН, Нижний Новгород
Р. С. Малофеев	ИФМ РАН, Нижний Новгород
М. С. Михайленко	ИФМ РАН, Нижний Новгород
С. В. Морозов	ИФМ РАН, Нижний Новгород
Е. Н. Садова	ИФМ РАН, Нижний Новгород
С. С. Уставщиков	ИФМ РАН, Нижний Новгород

# Квантовые корреляции фотонных амплитуд в одномерной квантовой электродинамике

Я. С. Гринберг\*, О. А. Чуйкин, А. Г. Моисеев, А. А. Штыгашев

Новосибирский государственный технический университет, пр. К. Маркса, 20, Новосибирск, 630073  
\*yakovgreenberg@yahoo.com

В настоящей работе исследовалась задача рассеяния однофотонного импульса на возбужденном двухуровневом атоме (кубите), взаимодействующего с континуумом полевых мод одномерного волновода [1]. Показано, что фотонные амплитуды выражаются через недиагональные матричные элементы оператора положительно частотного электрического поля, учитывающего взаимодействие с кубитом. Рассмотрение проводилось в рамках гамильтониана Джейнса – Камингса, сохраняющего число возбуждений системы кубит + поле. Для начального состояния  $|e, 1\rangle$ , при котором в волноводе имеется один фотон и возбужденный кубит, получены выражения для корреляционных функций первого и второго порядка

$$G^{(1)}(x, t) = \left| \langle e, 0 | E^+(x_1, t_1) | e, 1 \rangle \right|^2 + \left| \langle g, 1 | E^+(x, t) | e, 1 \rangle \right|^2, \quad (1)$$

$$G^{(2)}(x_1, t_1; x_2, t_2) = \left| \langle g, 0 | E^+(x_2, t_2) | g, 1 \rangle \langle g, 1 | E^+(x_1, t_1) | e, 1 \rangle + \langle g, 0 | E^+(x_2, t_2) | e, 0 \rangle \langle e, 0 | E^+(x_1, t_1) | e, 1 \rangle \right|^2. \quad (2)$$

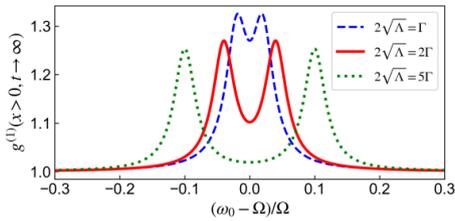


Рис. 1. Частотный спектр излучения кубита в области  $x > 0$

временных точках не коммутируют, вследствие чего измерения двух детекторов являются коррелированными. Эта корреляция проявляется в наличии интерференционного члена в (2). Причем измерения первого детектора влияют на измерения второго детектора, поскольку при измерении первым детектором из системы убирается одно возбуждение и второй детектор измеряет поле в системе с одним возбуждением. При эволюции начального состояния  $|e, 1\rangle$  образуется два фотона: один спонтанно излученный фотон и другой фотон, являющийся результатом рассеяния начального фотона на кубите. Эти два фотона могут попасть на детекторы двумя разными путями (см. рис. 3). Одна возможность – это когда первый детектор регистрирует спонтанно излученный фотон ( $sp$ ), а второй детектор – рассеянный фотон ( $sc$ ). Этому процессу соответствует фотонная амплитуда, описываемая первым слагаемым

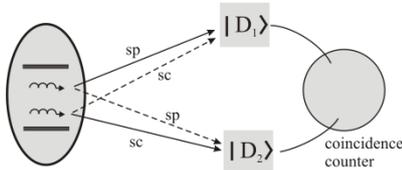


Рис. 2. Схема интерференции между двумя путями

справа в (2). Вторая возможность – когда первый детектор регистрирует рассеянный фотон ( $sc$ ), а второй детектор – спонтанно излученный фотон ( $sp$ ). Этому процессу соответствует фотонная амплитуда, описываемая вторым слагаемым в правой части (2). Интерференционный член как раз и описывает интерференцию амплитуд между этими двумя путями. На рис. 3 показана зависимость коррелятора второго порядка от величины задержки  $\Delta T$  между моментами измерения первым и вторым детектором при различных положениях детекторов относительно начала координат, где расположен кубит. Красным цветом показан вклад интерференционного члена. Синяя штриховая – это вклад в коррелятор без учета интерференции, черная сплошная – это полный результат с учетом интерференционного члена. Из рис. 3 следует, что интерференция может быть как конструктивная (рис. 3, a), так и деструктивная (рис. 3, b). Рассмотренный здесь интерференционный эффект аналогичен эффекту Hanbury Brown and Twiss при детектировании двух неразличимых фотонов двумя детекторами.

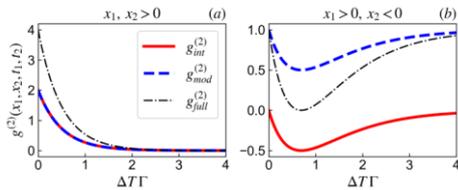


Рис. 3. Вклад интерференционного члена

Работа поддержана Минобрнауки России по проекту FSUN-2023-0006.

1. Ya.S. Greenberg, O.A. Chuikin, A.G. Moiseev, A.A. Shtygashev, e-print ArXive quant-ph 2410.17710v1 (2024).

<i>Гимазов И. И., Чареев Д. А., Васильев А. Н., Таланов Ю.И.</i> Влияние флуктуаций на микроволновой отклик в $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ вблизи нематической квантовой критической точки .....	27
<i>Нажесткин И. А., Лакунов И. С., Егоров С. В., Батов И. Е., Клишев Д. А., Голикова Т. Е., Рязанов В. В.</i> Наблюдение контролируемого 0- $\pi$ -перехода в джозефсоновской SNS-структуре при инжекции неравновесных квазичастиц.....	28
<i>Гурович Б. А., Голубев Г. Ю., Приходько К. Е., Кутузов Л.В., Комаров Д. А., Малиева Е. М., Гончаров Б. В., Гончарова Д. А., Столяров В. Л.</i> Высокочастотные переключения сверхпроводящих нанопроводов из NbN в нормальное состояние и обратно в двухслойных структурах путем локального нагрева .....	29
<i>Голубов А. А., Коккелер Т., Берджерет Ф. С., Танака Ю.</i> Статистика переноса заряда в контакте нормальный металл/сверхпроводник с необычной симметрией спаривания .....	30
<i>Гурович Б. А., Гончаров Б. В., Приходько К. Е., Кутузов Л. В., Малиева Е. М., Гончарова Д. А., Дементьева М. М., Голубев Г. Ю., Столяров В. Л.</i> Изготовление тонких сверхпроводящих пленок из NbN методом катодного распыления с использованием ячейки пеннинга в диапазоне температур подложки 20–120 °С .....	31
<i>Гордеева В. М., Бобкова И. В., Бобков А. М.</i> Ультрасильное взаимодействие ферромагнетиков через мейснеровские токи в гетероструктуре S/F/I/F/S.....	32
<i>Григорьев П. Д., Цветкова А. В., Кочев В. Д., Сеидов С. С., Родионов Я. И.</i> Конкуренция волны зарядовой плотности и сверхпроводимости.....	33
<b>Гринберг Я. С., Чуйкин О. А., Моисеев А. Г., Штыгашев А. А.</b> Квантовые корреляции фотонных амплитуд в одномерной квантовой электродинамике.....	<b>34</b>
<i>Гурьев В. В., Крылов В. Е., Иродова А. В., Кондратьев О. А., Шавкин С. В.</i> Влияние архитектуры верхних буферных слоев на токнесущую способность сверхпроводящих покрытий YBCO на подложке ABAD-YSZ.....	35
<i>Казьмин Д. Ю., Есин В. Д., Бараиш Ю. С., Тимонина А. В., Колесников Н. Н., Девятков Э. В.</i> Андреевское отражение на интерфейсе сверхпроводника и альтермагнетика .....	36
<i>Девятков Э. В.</i> Топологические полуметаллы: поверхностный транспорт и спиновые эффекты.....	37
<i>Снежко А. В., Дивин Ю. Я.</i> Генерация гармоник и детектирование электромагнитных сигналов джозефсоновскими переходами при сравнимых джозефсоновских и тепловых энергиях.....	38
<i>Дмитриевцев Ю. А., Фоминов Я. В.</i> Сверхпроводящий диодный эффект в SN-бислоях.....	39
<i>Железнякова Д. Е., Гимазов И. И., Перваков К. С., Власенко В. А., Пудалов В. М., Таланов Ю. И.</i> Электронный спиновый резонанс в кристаллах $\text{EuSn}_2\text{As}_2$ вблизи температуры магнитного упорядочения .....	40
<i>Жувагин И. В., Власенко В. А., Гиппиус А. А., Перваков К. С., Садаков А. В.</i> Фазовый переход вихревое стекло – вихревая жидкость в железосодержащем сверхпроводнике $\text{RbCa}_2\text{Fe}_4\text{As}_4\text{F}_2$ .....	41
<i>Жукова Е. С., Терентьев А., Мелентьев А. В., Некрасов Б. М., Кадыров Л. С., Шаймарданов А. С., Шишкин А. Г., Голубов А. А., Куприянов М. Ю., Горшунов Б. П., Столяров В. С.</i> Тонкие сверхпроводящие пленки как компоненты резонаторов Фабри – Перо терагерцового диапазона.....	42
<i>Федосеев А. Д., Злотников А. О.</i> Сосуществование вихревых и угловых нулевых мод в 2D-топологических сверхпроводниках второго порядка .....	43
<i>Зуев О. Б., Коваленко М., Мельников А. С.</i> Фототок в сверхпроводниках, индуцированный структурированным (закрученным) светом .....	44
<i>Ивашенцева И. В., Каурова Н. С., Воронов Б. М., Третьяков И. В.</i> Ультратонкие пленки NbN на кремнии для гетеродинного приемника ТГц-диапазона с предельной чувствительностью .....	45
<i>Таркаева Е. В., Иевлева В. А., Прищеп А. Р., Кунцевич А. Ю.</i> Изготовление рениевых пленок с высокой $T_c$ методом электронно-лучевого испарения.....	46
<i>Ильина А. Д., Кузьмичев С. А., Никитченко И. А., Морозов И. В., Шилов А. И., Рахманов Е. О., Кузьмичева Т. Е.</i> Сравнение сверхпроводящих свойств $\text{NaFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{As}$ с $x = 0,021$ и $x = 0,045$ с помощью SnS-андреевской спектроскопии.....	47
<i>Ичкитидзе Л. П., Лысенко А. Ю., Голуб Д. А., Тельшев Д. В., Селищев С. В.</i> Пленочный сверхпроводящий концентратор в комбинированном датчике магнитного поля типа «сэндвич» .....	48