



МОНИТОРИНГ

ЦНТИБ ОАО «РЖД»

КВАНТОВЫЕ СЕТИ

№1/ЯНВАРЬ 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Прогноз развития квантовых технологий в 2025 году	3
В России появится спутниковая система квантовой связи к 2030 году	6
В России создали новый способ получения подложек для квантовых компьютеров.....	7
ТПУ, ТГУ и ТУСУР первыми войдут в единую квантовую сеть в 2025 году.....	9
Квантовые корреляции определили магнитные свойства полуметаллов.....	10
Физики СПбГУ втрое увеличили эффективность излучения света из многокомпонентной наноструктуры.....	12
Российские учёные нашли новый способ создания квантовых компьютеров.....	13
Технологии защиты беспилотников на базе квантового шифрования	14
Солитонные молекулы помогут получать запутанные состояния в квантовых компьютерах	15
Квантовые прогулки помогли совершить прорыв в вычислениях.....	18
Китайские физики превратили квантовые точки в быстрый оптический аналог нейронов.....	18
Квантовую телепортацию впервые совершили по обычному интернет-кабелю.....	19
Rigetti Computing открыла облачный доступ к одному из мощнейших квантовых компьютеров в мире.....	20
Китай запустил суперсеть для ИИ со скоростью квантового компьютера	21
Квантовый «телеграф»: Ученые зафиксировали передачу состояний между удаленными кубитами.....	22
Квантовые компьютеры наконец-то получили автономную систему коррекции ошибок..	25
Физики впервые измерили квантовую геометрию электронов	28
Лаборатория Великобритании создает квантовые часы для повышения эффективности разведки.....	29

Прогноз развития квантовых технологий в 2025 году

Сайт Enter Quantum провел опрос ведущих компаний, развивающих квантовые компьютерные технологии, с целью выяснить перспективы развития отрасли на 2025-й год. ITBestsellers приводит мнения некоторых ведущих компаний в этой области.

Эксперты предсказывают, что 2025 г. станет переломным – от масштабируемой коррекции ошибок до прорывов в разработке алгоритмов, что позволит вывести квантовые технологии из исследовательских лабораторий и внедрить их в реальном мире. Квантовая область готовится решать проблемы, которые раньше считались непреодолимыми. Какие тенденции, вехи и инновации будут определять ландшафт квантовых вычислений в 2025 г.?

В компании IQM Quantum Computers ожидают, что «...прогресс в области квантовой коррекции ошибок станет поворотным моментом: масштабируемые коды для коррекции ошибок позволят снизить накладные расходы для отказоустойчивых квантовых вычислений, а первые логические кубиты превзойдут физические кубиты по уровню ошибок. В дополнение к этим достижениям инновации в аппаратном обеспечении улучшат время когерентности и связность кубитов, укрепляя основу для надежных квантовых систем». При этом разработка алгоритмов будет занимать центральное место: новые алгоритмы будут созданы в областях финансов, логистики и химии. Открытия, сделанные с помощью ИИ, позволят оптимизировать разработку квантовых алгоритмов, а усовершенствованные алгоритмы выйдут за рамки хорошо известных подходов Variational Quantum Eigensolver (VQE) и Quantum Approximate Optimisation Algorithm (QAOA) и откроют новые возможности в материаловедении и химии.

«Квантовая экосистема будет развиваться по мере слияния или расширения сотрудничества компаний, занимающихся разработкой ИИ и квантовых технологий, что будет способствовать ускорению коммерциализации и внедрения. Появятся квантовые платформы, обеспечивающие бесшовную интеграцию классических, ИИ- и квантовых ресурсов», – полагают в IQM Quantum Computers, Эти достижения приблизят квантовые вычисления к практическому применению и изменят отрасли, зависящие от вычислительной мощности. Конвергенция квантовых вычислений и ИИ позволит решить ранее неразрешимые проблемы, способствуя наступлению новой эры инноваций.

Руководство компании D-Wave полагает, что «...Квантовая оптимизация станет ключевым сценарием использования квантовых вычислений, превратившись в оперативную необходимость для предприятий, ищущих новые стратегии для поддержания конкурентоспособности. Предприятия,

использующие [специальный метод минимизации] «quantum annealing» для решения сложных задач оптимизации, могут рассчитывать обогнать конкурентов, которые продолжают использовать устаревшие традиционные решения. Кроме того, рост внедрения этого подхода приведет в 2025 г. к появлению беспрецедентного количества реальных приложений, что ознаменует переход в области квантовых вычислений от шумихи к коммерческой реальности». По словам дирекции компании, «...мы увидим всплеск интереса и инвестиций в локальные системы квантовых вычислений в средах высокопроизводительных вычислений (HPC) по всему миру, поскольку исследователи, академические институты и предприятия стремятся укрепить национальную безопасность и усилить конкурентные преимущества. Благодаря объединению «quantum annealing» и HPC мы станем свидетелями поразительного прогресса в использовании гибридных квантовых технологий для подпитки новых открытий и получения ранее недостижимых результатов в бизнесе».

С развитием квантового оборудования, обеспечивающего новые уровни производительности систем, ведущие мировые исследователи будут все чаще использовать квантовые технологии для достижения революционных научных прорывов и новых открытий, недоступных для классических компьютеров. Такие области, как ИИ/МО, промышленная оптимизация и моделирование материалов, получают огромную выгоду от постоянного прогресса в разработке продуктов и все более высокой производительности квантовых систем – отмечают в D-Wave.

По мнению экспертов компании, «...индустрия наконец-то положит конец академическим дебатам между подходами на основе квантовых гейтов («gate-model») и «quantum annealing», признав, что обе технологии будут необходимы для различных вычислительных нужд. «Quantum annealing» сохранит свое преимущество при решении оптимизационных задач, в то время как системы с квантовыми гейтами смогут преуспевать в своих собственных специализированных областях, когда станут достаточно зрелыми для использования в производстве. Системы «gate-model» еще 7-15 лет не смогут справляться с производственными нагрузками, и только системы «quantum annealing» будут способны в 2025 г. управлять приложениями производственного уровня, что делает их единственным жизнеспособным направлением для коммерческих приложений.

В компании Oxford Ionics утверждают, что от достижений Google в области квантовой коррекции ошибок до мировых рекордов Oxford Ionics в производительности кубитов – 2024-й стал годом, отмеченным «...невероятными вехами в индустрии квантовых вычислений. Теперь мы можем с уверенностью ответить «да» на такие фундаментальные вопросы,

как «Можем ли мы построить мощные и точные квантовые компьютеры в масштабе» и «Можем ли мы исправлять ошибки в квантовых системах?».

Этот поворотный момент отражает быстро растущий интерес рынка. Всего за несколько часов после анонса своего нового квантового чипа Willow компания Google увеличила свою рыночную стоимость более чем на 100 млрд. долл. Инвесторы и организации просыпаются, осознавая беспрецедентную вычислительную мощность, которую обеспечат квантовые компьютеры. Компании уже задумываются над тем, как квантовые вычисления могут повлиять на их бизнес, что нужно предпринять, чтобы подготовиться к ним, и как использовать этот новый критически важный инструмент в вычислительном арсенале, чтобы получить конкурентное преимущество.

«Квантовые вычисления смогут добиться значительных успехов в смягчении и исправлении ошибок, существенно увеличив количество вычислительных кубитов. Наибольшие преимущества получают такие области, как квантовое машинное обучение, квантовая оптимизация, квантовые химия и биология», – полагают в SAS.

Кроме того, квантовые вычисления продвинулись в своем гибридном развитии: квантовые процессоры (QPU) будут и дальше интегрироваться с CPU, GPU и LPU. QPU будут использоваться для решения специализированных классов задач или формулировок. Такая гибридизация вдохновит на новые подходы к алгоритмам, что приведет к разработке превосходных классических алгоритмов, вдохновленных квантами. В целом инвестиции в квантовые компьютеры обещают прорыв, который происходит раз в столетие, и приведут к беспрецедентным решениям и открытиям в науке и физике, сродни влиянию электричества.

«В 2025 г. мы увидим достижения в области квантовой коррекции ошибок. Четыре крупных игрока возглавляют разработку логических кубитов, а аппаратный подход Microsoft набирает обороты, – утверждают в компании evolutionQ. – Квантовая коррекция ошибок представляет собой поворотный прорыв, выходящий за рамки теоретических концепций и переходящий в практическую реализацию. Гонка за разработку стабильных и масштабируемых логических кубитов усиливается, а значительные инвестиции со стороны технологических гигантов сигнализируют о начале трансформационного периода в квантовых вычислениях».

По мере увеличения количества логических кубитов будет происходить переоценка возможностей квантовых вычислений, выходящих за рамки взлома кодов. Квантовые вычисления – это уже не только взлом шифров. Исследователи изучают сложные вычислительные проблемы в таких областях, как поиск лекарств, моделирование климата и передовое материаловедение, что говорит о более широком и преобразующем потенциале технологии.

По прогнозам компании Quantum Brilliance, в 2025 г. алмазная технология станет все более заметной частью общего разговора в отрасли, поскольку все больше компаний осознают потенциал использования квантовых систем на основе алмазов в дата-центрах и периферийных приложениях. Главное преимущество алмазной технологии заключается в том, что она позволяет проводить квантовые вычисления при комнатной температуре, без необходимости использования больших мейнфреймов. Она также устраняет необходимость в абсолютном нуле температуры и сложных лазерных системах. Таким образом, алмазная технология позволяет создавать более компактные, портативные квантовые устройства, которые можно использовать в самых разных местах и условиях, что в конечном итоге приближает нас к масштабированию квантовых устройств.

По мнению экспертов компании, после того, как Кибернетическое агентство Германии заключило с Quantum Brilliance контракт на создание первого в мире мобильного квантового компьютера, планы по созданию таких устройств начнут появляться у большего числа агентств. Также можно ожидать значительных успехов в гибридных и параллельных квантовых вычислениях.

Кроме того, алмазные квантовые датчики будут запущены в производство для удовлетворения потребностей масштабируемых рынков в оборонной, аэрокосмической, автомобильной, горнодобывающей промышленности и здравоохранении. Конкретные сценарии использования будут включать в себя позиционирование и навигацию без GPS, геофизические исследования и исследования инфраструктуры, а также медицинскую визуализацию. Это вызовет спрос на алмазные квантовые материалы, компоненты и возможности производства интегрированных устройств, а также на новые инструменты проектирования устройств для повышения производительности и технологичности.

Источник: tssonline.ru, 15.01.2025

В России появится спутниковая система квантовой связи к 2030 году

Ученые Центра квантовых технологий на базе МГУ разрабатывают спутниковую систему квантовой связи. В будущем технология позволит обеспечить защищенной связью отдаленные регионы. Об этом рассказали «Известиям» в пресс-службе НТИ 22 января.

«Сейчас у нас есть отработанная технология в области квантовых коммуникаций на основе оптоволоконных и атмосферных каналов. Это университетские и межуниверситетские квантовые сети, которые обеспечивают

защиту абонентов от утечки данных. Связь между удаленными пользователями обеспечивается благодаря магистральным квантовым сетям. Шаги в сторону соединения этих сетей через космос с помощью спутников являются естественным продолжением развития данной технологии», – рассказал научный руководитель Центра квантовых технологий Сергей Кулик.

В рамках проекта ученые намерены создать два наземных терминала, которые будут располагаться в Москве и Кисловодске, где находится филиал Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга. Терминалы будут соединены между собой через низкоорбитальный спутник в формате кубсат на 16 юнитов, оснащенный специальной аппаратурой, раздающей квантовые ключи. Кроме того, специальное оборудование, расположенное на наземных терминалах и спутнике, будет осуществлять их взаимную ориентацию.

Реализация проекта запланирована на 2029 год. Сейчас идет первый этап: заключаются договоры с исполнителями, составляются частные технические задания и уточняются необходимые технические характеристики. Заказчиком проекта выступает ОАО «РЖД», а Центр квантовых технологий – одним из исполнителей от МГУ имени М.В. Ломоносова.

Источник: iz.ru, 22.01.2025

В России создали новый способ получения подложек для квантовых компьютеров

Российские ученые из ЮФУ и НИУ ВШЭ разработали новую, более простую, чем аналоги, технологию создания источников фотонов. Это ключевой элемент фотонного квантового компьютера. Длина волны излучаемого света тоже превышает показатели, демонстрируемые при применении альтернативных методов.

Ученые Передовой инженерной школы ЮФУ и НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург нашли новый способ получения подложек для роста низкоплотных квантовых точек, сообщила пресс-служба ЮФУ на сайте вуза.

Такие источники квантового света используются в системах квантовых коммуникаций (вычислений и связи), которые обеспечивают 100% защиту передаваемой информации.

«Первые эксперименты показали, что мы можем получать точки, испускающие свет на длине волны до 1080 нм при температуре жидкого гелия, в то время как альтернативные методики обеспечивают длину волны на уровне 950 нм. Мы считаем, что оптимизация предложенного подхода, а также

использование имеющихся в эпитаксиальной технологии инструментов, позволят в дальнейшем сдвинуть диапазон излучения таких квантовых точек, как минимум, в О-диапазон», – сказал ведущий научный сотрудник дивизиона «Электроника» Передовой инженерной школы ЮФУ, руководитель молодежной лаборатории Максим Солодовник.

Работа исследователей ведется в молодежной лаборатории, созданной в рамках национального проекта «Наука и университеты» и поддержанной федеральным проектом «Передовые инженерные школы».

Отличие метода от существующих альтернатив

Источники одиночных и запутанных фотонов являются ключевым элементом систем квантовых коммуникаций и квантовых вычислений с использованием фотонов.

Существующими методами довольно сложно, по словам ученых, сделать так, чтобы источник мог излучать свет по одному фотону или по паре фотонов – обычно их в 100-1000 раз больше. Для этого нужно, чтобы в его активной области была только одна квантовая точка. Но еще сложнее получить такую точку, которая излучала бы в телекоммуникационных диапазонах О (~1,3 мкм) и С (~1,5 мкм), совместимых с современной оптоволоконной технологией и фотонными интегральными схемами на основе кремния.

Одним из перспективных способов получения таких структур является предварительное структурирование эпитаксиальной поверхности путем создания на ней углублений, в которых происходит зарождение и рост квантовых точек. Российские ученые предложили более простой подход к решению задачи.

«Нашим исследовательским коллективом предложен новый и относительно простой метод получения таких структурированных подложек. В основу работы легла идея о том, что если удаление оксидной пленки на поверхности GaAs определяется взаимодействием ее компонентов с атомами галлия, высвобождающимся в ходе термического разложения (фактически – травления) материала подложки (GaAs), то, модулируя интенсивность этих процессов, можно управлять параметрами результирующей морфологии, в том числе образующихся углублений», – рассказал Солодовник.

Изменяя температуру подложки, давление паров мышьяка, а также толщину оксидной пленки, можно регулировать размер и форму создаваемых углублений, а также шероховатость поверхности, говорится в описании технологии. Такая структурированная поверхность позволяет получать квантовые точки в режимах, при которых на «обычной» поверхности они не образуются.

А поскольку материал стремится заполнить сформированные ямки, то и размер таких точек, с которым связана длина волны излучаемого света, может быть больше, чем в альтернативных методиках.

Источник: cnews.ru, 23.01.2025

ТШУ, ТГУ и ТУСУР первыми войдут в единую квантовую сеть в 2025 году

Три томских университета в 2025 году станут частью единой междууниверситетской квантовой сети для тестирования аппаратуры и протоколов взаимодействия, рассказал журналистам ректор Томского университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) Виктор Рулевский.

Ранее сообщалось, что ТУСУР и московская компания «ИнфоТеКС» планировали создать квантовую сеть Большого университета Томска. Она обеспечит безопасный документооборот и поможет создать базу для подготовки кадров в области информационной и кибербезопасности. В апреле 2024 года участники Томского консорциума научно-образовательных и научных организаций подписали соглашение о создании квантовой сети.

«В прошлом году мы запустили проект, который называется «Единая междууниверситетская квантовая сеть Большого университета Томска». В этом году три университета: Томский государственный, Томский политехнический и ТУСУР должны объединиться в единую квантовую сеть с точки зрения организации отраслевого полигона для тестирования и исследования протокола взаимодействия и аппаратуры на базе квантовых технологий», – сказал Рулевский.

По данным вуза, в основе квантовой сети лежит технология квантового распределения ключей, которая основана на процедуре безопасной выработки и распределения симметричных ключей с использованием законов квантовой физики и специальных протоколов. Преимущества использования этой технологии заключаются в стойкости против злоумышленника с произвольными вычислительными мощностями, включая квантовый компьютер, защиту от компрометации администратора системы и другое.

«В прошлом году мы запустили проект, который называется «Единая междууниверситетская квантовая сеть Большого университета Томска». В этом году три университета: Томский государственный, Томский политехнический и ТУСУР должны объединиться в единую квантовую сеть с точки зрения организации отраслевого полигона для тестирования и исследования протокола

взаимодействия и аппаратуры на базе квантовых технологий", – сказал Рулевский.

По данным вуза, в основе квантовой сети лежит технология квантового распределения ключей, которая основана на процедуре безопасной выработки и распределения симметричных ключей с использованием законов квантовой физики и специальных протоколов. Преимущества использования этой технологии заключаются в стойкости против злоумышленника с произвольными вычислительными мощностями, включая квантовый компьютер, защиту от компрометации администратора системы и другое.

Квантовая сеть Большого университета должна объединить университеты, научно-исследовательские институты Томска и эксплуатироваться участниками в режиме учебно-научно-исследовательской сети для реализации научных и образовательных проектов.

Планируется, что это позволит осуществлять подготовку научных и инженерных кадров на реальной инфраструктуре, проводить научные исследования и прикладные работы в условиях максимально приближенным к промышленной эксплуатации, разрабатывать перспективные квантовые способы передачи информации, заниматься реализацией проектов для индустриальных партнеров по практическому применению квантовых коммуникаций и квантовых информационных технологий.

Источник: riatomsk.ru, 15.01.2025

Квантовые корреляции определили магнитные свойства полуметаллов

Российский ученый, работающий в Центре фотоники и 2D-материалов МФТИ, а также в Институте физики металлов Уральского отделения РАН, представил новое исследование, посвященное магнитным свойствам полуметаллов, в частности, диоксида хрома (CrO_2) (рис. 1).

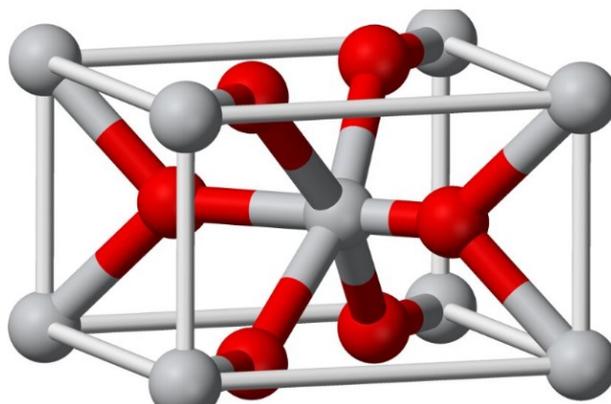


Рис. 1. Кристаллическая решетка диоксида хрома

Работа опубликована в журнале *Physical Review B* и содержит важные результаты, касающиеся обменных взаимодействий в парамагнитной фазе диоксида хрома.

Полуметаллы представляют собой материалы, в которых один из спиновых уровней Ферми находится в зоне проводимости, а другой – в энергетической щели между заполненной и пустой зонами. Это делает такие вещества носителями промежуточных свойств между металлами и неметаллами. Кроме того, полуметаллы представляют собой важный класс магнитных материалов, обладающих уникальными свойствами, которые делают их перспективными для применения в различных областях, включая электронику и магнетизм. Диоксид хрома является одним из наиболее известных полуметаллов, обладающим высоким магнитным моментом и температурой Кюри около 390 К. Однако до настоящего времени существовало множество вопросов относительно механизмов магнитного обмена и влияния корреляционных эффектов на магнитные свойства этого материала.

Целью исследования главного научного сотрудника лаборатории компьютерного дизайна материалов Центра фотоники и двумерных материалов МФТИ, а также профессора кафедры физики и технологии наноструктур МФТИ Андрея Катанина было изучение магнитных свойств диоксида хрома с использованием комбинированного подхода, который включает в себя моделирование методом теории функционала плотности и динамической теорией среднего поля. В работе удалось выяснить, насколько хорошо можно описать магнитные свойства диоксида, начиная с парамагнитной фазы, и оценить влияние обменных взаимодействий и дисперсии магнонов на эти свойства.

Метод теории функционала плотности использовался для расчета структуры и свойств рассматриваемого материала. Затем была применена динамическая теория среднего поля для учета квантовых корреляционных эффектов. Исследование подтвердило, что магнитные свойства CrO_2 можно хорошо описать, начиная с парамагнитной фазы, что указывает на тесную связь между свойствами в ферромагнитной и парамагнитной фазах.

В исследовании использовались 3-, 5-, и 11-орбитальные модели. Первые две модели учитывают только состояния хрома и низкоэнергетические возбуждения электронов, связанных с атомами кислорода, в то время как 11-орбитальная модель полностью учитывает валентные состояния кислорода и хрома. Наилучшие результаты были получены в рамках низкоэнергетической 5-орбитальной модели, которая соответствует механизму двойного обменного взаимодействия. Эта модель дает положительные дисперсии магнонов и близкую к экспериментальной оценку температуры Кюри, хотя последняя все

еще получается несколько завышенной по отношению к экспериментальным данным.

Источник: naked-science.ru, 23.01.2025

Физики СПбГУ втрое увеличили эффективность излучения света из многокомпонентной наноструктуры

Ученые Санкт-Петербургского государственного университета разработали методику увеличения фотолюминесценции – излучения света – для структуры, представляющей собой нитевидный нанокристалл с квантовой точкой и квантовой ямой внутри. Благодаря этому можно создавать лазеры, сенсоры и светодиоды, дающие больше энергии при меньшем размере (рис. 2).



Рис. 2. Физики СПбГУ втрое увеличили эффективность излучения света из многокомпонентной наноструктуры

Полупроводниковые структуры находят применение в самых разных областях науки и техники, благодаря своим уникальным свойствам, связанным с малыми размерами и квантовыми эффектами. Из них могут быть созданы устройства для оптоэлектроники, фотоники, медицины, возобновляемых источников энергии и других отраслей. Среди них можно выделить квантовые ямы, нитевидные нанокристаллы (нановискеры) или квантовые точки, за открытие которых выпускник Университета Алексей Екимов получил Нобелевскую премию в 2023 году.

Результаты исследования опубликованы в научном журнале *Physica status solidi (RRL) – Rapid Research Letters (pss RRL)*.

Ученые отмечают, что особенно интересны комбинации подобных элементов различной размерности, например квантовая точка и квантовая яма в теле нитевидного нановискера. Так, ученые СПбГУ показали, что такие структуры могут быть эффективными источниками одиночных фотонов в широком диапазоне энергий и, соответственно, являться перспективным материалом для создания приложений в области квантовых технологий. Кроме того, эти элементы обладают широким функционалом, поскольку могут быть

синтезированы на дешевых кремниевых подложках, а затем оторваны с поверхности кремния и перенесены на любую другую.

Для увеличения эффективности приложений на основе таких композиций физики Санкт-Петербургского университета нашли способ усиления интенсивности излучения из таких объектов.

«Мы смогли добиться трехкратного увеличения интегральной интенсивности фотолюминесценции (излучения света) от наноструктур комбинированной размерности на основе системы материалов InAsP/InP (индий-мышьяк-фосфор/индий-фосфор), которые излучают в ближнем инфракрасном диапазоне», – объяснил руководитель лаборатории новых полупроводниковых материалов для квантовой информатики и телекоммуникаций СПбГУ Родион Резник.

Увеличение интенсивности излучения позволяет получать больше света, затрачивая при этом значительно меньше энергии. Добиться такого результата физики Университета смогли за счет взаимодействия гибридного элемента с особой подложкой SiOx/Ag/Si (кремний-серебро-оксид кремния), на которую они были перенесены после синтеза.

Ученые провели численное моделирование, которое показало, что усиление излучения связано с взаимодействием электронно-дырочных пар в нановискерах с плазмон-поляритонами в подложке. Этот результат важен для разработки микромасштабных оптических приборов, работающих в ближнем инфракрасном диапазоне: лазеров, источников одиночных фотонов, светодиодов, сенсоров и других.

Источник: elec.ru, 15.01.2025

Российские учёные нашли новый способ создания квантовых компьютеров

Учёные из МГТУ имени Н. Э. Баумана и Института общей физики имени А. М. Прохорова разработали лазерную установку, способную генерировать до 14 ультракоротких лазерных импульсов, объединённых в солитонные молекулы. Эти молекулы представляют собой стабильные структуры, состоящие из нескольких импульсов, взаимодействующих друг с другом. При прохождении таких молекул через нелинейную среду, например, кристаллы, можно создать сжатые запутанные состояния, которые могут быть использованы в квантовых вычислениях.

Основная задача учёных заключается в том, чтобы создать большое количество таких молекул для квантовых компьютеров. В отличие от обычных

кубитов, которые теряют связь при увеличении их числа, солитонные молекулы, благодаря своей стабильности, позволяют поддерживать запутанное состояние и устойчивость к ошибкам. Как пояснил Илья Орехов, инженер МГТУ, на основе этой технологии планируется не только улучшить квантовые вычисления, но и развивать новые лазерные системы для других применений, например, в дерматологии.

В качестве источника энергии для лазера использован стандартный лазерный диод. Его излучение проходит через кольцевой волоконный резонатор, формируя устойчивые молекулы. Учёные смогли регулировать количество молекул, что открывает перспективы для масштабирования этой технологии в будущем. По словам Орехова, в рамках дальнейших исследований будет экспериментально подтверждена способность таких молекул самовычитывать шумы, что сделает их ещё более пригодными для практического применения. в квантовых вычислениях.

Источник: ferra.ru, 23.12.2024

Технологии защиты беспилотников на базе квантового шифрования

Ученые Томского госуниверситета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) приступили к созданию технологии для обеспечения комплексной защиты информационных каналов беспилотных авиационных систем (БАС). На базе Центра компетенций НТИ «Технологии доверенного взаимодействия» в 2025-2026 годах будет изготовлен экспериментальный универсальный модуль защиты БАС.

Разработка ведется в рамках федерального проекта «Перспективные технологии для БАС». Команда независимых экспертов со всей страны отбирала получателей грантов на финансовое обеспечение поддержки научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) для обеспечения технологического лидерства и глобальной конкурентоспособности российских БАС. ТУСУР стал победителем конкурса по одному из проектов.

«В этом году мы начали работы по проекту. Уже в 2025 году создадим макет универсального модуля защиты и проведем его испытания в лабораторных условиях. Создаваемая система состоит из двух важных частей. Первая – это наземная инфраструктура, которая генерирует и передает квантовые ключи. А вторая, – универсальный модуль защиты, установленный на борту БАС, в который загружены полученные через наземную инфраструктуру ключи шифрования для обеспечения защиты канала передачи данных», – рассказал директор проектного офиса Центра компетенций

национальной технологической инициативы «Технологии доверенного взаимодействия» (ЦК НТИ ТДВ) ТУСУРа Дмитрий Брагин.

«Нам важно затем перейти к изготовлению и отработке экспериментальных образцов для нескольких типов БАС, подготовке наземной инфраструктуры. В 2026 году система будет испытана в реальных условиях и передана заказчику. Сотрудникам ЦК НТИ ТДВ предстоит разработать перспективную технологию для обеспечения комплексной защиты информационных каналов БАС с использованием квантового шифрования», – сообщил заместитель директора Института системной интеграции и безопасности ТУСУРа, кандидат технических наук Антон Конев.

«Наш индустриальный партнер – компания «ИнфоТеКС», принимает активное участие в реализации проекта. Совместно мы разрабатываем основные принципы защиты информации и архитектуру средств криптографической защиты, включая компоненты квантовой и постквантовой криптографии. Кроме того, будут применены новейшие продукты компании по встраиваемой индустриальной криптозащите. В тесном партнерстве с нами также работают ученые квантового центра МГУ. Сфера применения новой технологии очень широка. Уверен, что в дальнейшем подобные модули защиты будут устанавливаться на все БАС, гарантируя безопасность любой передаваемой и получаемой с них информации от воздействия злоумышленников. Аналогов нашей технологии в открытых источниках не обнаружено», – отметил президент ТУСУРа, директор Института системной интеграции и безопасности ТУСУРа, профессор Александр Шелупанов.

По словам специалистов, технология квантового распределения ключей базируется на законах квантовой физики, что обеспечивает устойчивость систем ко взлому даже с помощью неограниченной мощности квантовых компьютеров. Любая попытка злоумышленника перехватить передаваемые квантовые ключи сразу становится известной благодаря фундаментальному аспекту квантовой механики: процесс измерения квантовой системы нарушает её состояние.

Источник: tusur.ru, 24.12.2024

Солитонные молекулы помогут получать запутанные состояния в квантовых компьютерах

Московские ученые собрали лазерную установку, которая способна генерировать до 14 связанных между собой ультракоротких лазерных импульсов. Такие связанные импульсы называют солитонными молекулами.

Если пропустить их через высоконелинейную среду, например, нелинейный кристалл, то получится сжатое запутанное состояние – особое состояние частиц, на которых может работать квантовый компьютер.

Полученные авторами импульсы отличались очень низким уровнем шумов и большой стабильностью, благодаря чему запутанные состояния, создаваемые такими импульсами, будут более устойчивыми к разрушению связей и возникновению ошибок, сообщила пресс-служба Российского научного фонда.

Квантовые компьютеры могут совершать сложные вычисления быстрее обычных за счет квантовой запутанности: они состоят из квантовых битов (кубитов), связанных между собой. Изначально кубит находится в состоянии «суперпозиции» (то есть до измерения представляет собой некое неопределенное состояние «между» значениями) и в процессе вычисления может принимать одновременно значения 0 или 1. Это позволяет быстрее находить решение сложных математических уравнений.

Однако сегодня квантовый компьютер еще не может заменить обычный для большинства задач. При увеличении числа кубитов качество их работы ухудшается. Это означает, что они теряют способность связываться между собой, в результате чего пропадает квантовый параллелизм – свойство, обеспечивающее эффективность квантовых вычислительных алгоритмов.

Такое свойство характерно не только для кубитов, но и для ультракоротких лазерных импульсов, которые могут служить альтернативой кубитам в квантовых компьютерах. Чтобы с их помощью создавать запутанное состояние, ультракороткие лазерные импульсы пропускают через высоконелинейную среду, например кристаллы. Вопрос, как создавать их в количестве, необходимом для квантовых компьютеров, остается нерешенным.

Ученые из Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана и Института общей физики имени А.М. Прохорова предложили использовать для получения сжатых запутанных состояний солитонные молекулы. Это устойчивые структуры, состоящие из нескольких ультракоротких импульсов, которые взаимодействуют друг с другом таким образом, что образуют стабильное состояние. Обычно лазерное излучение генерирует 2-3 таких молекулы, но ученые собрали лазерную установку, которая производит солитонные молекулы высокого порядка с 14 связанными импульсами. Это значит, что состояние каждого из них влияет на общее состояние группы.

В качестве источника энергии для разработанного лазера, генерирующего солитонные молекулы, авторы использовали обычный лазерный диод. Его излучение, попадая в кольцевой волоконный резонатор, формировало эти стабильные устойчивые структуры. Управляя энергией источника, ученые

смогли менять число получаемых молекул. В будущем это может позволить масштабировать число сжатых запутанных состояний для квантовых вычислений.

Несмотря на то, что лазерное излучение возникает из хаотичных импульсов излучения, полученные солитонные молекулы оказались крайне стабильны – это значит, что они дают четкий сигнал с минимальными шумами. Это говорит о том, что такая импульсная структура способна самовычитывать шумы и приходить к устойчивому стабильному состоянию.

Благодаря этому квантовый компьютер на сжатых запутанных состояниях, полученных из солитонных молекул, будет более устойчивым к разрушению связей при увеличении числа связанных молекул, чем сегодняшние квантовые компьютеры.

«Сегодня солитонные молекулы находятся на переднем крае лазерной науки и их применения крайне обширны. Например, на базе данной технологии мы в МГТУ имени Н.Э. Баумана разрабатываем новую лазерную дерматологическую систему в рамках проекта стратегического направления «Фотоника» программы «Приоритет-2030». Кроме того, в рамках проекта по квантовым вычислениям мы планируем в дальнейшем экспериментально доказать гипотезу о самовычитании шумов в таких импульсных структурах. Для этого мы соберем новый лабораторный стенд для измерения уровня фазовых шумов и сравним его величину с уровнем, измеренным для одиночных ультракоротких импульсов. Также в планах создать установку для генерации сжатых запутанных состояний и проверить их качество. Для этого полученные нами солитонные молекулы нужно будет пропустить через высоконелинейную среду, например кристалл», – рассказал участник проекта Илья Орехов, инженер лаборатории волоконных лазеров ультракоротких импульсов Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана.

Результаты исследования, поддержанного грантом Российского научного фонда, опубликованы в журнале *Applied Optics*.

Источник: наука.рф, 24.12.2024

Квантовые прогулки помогли совершить прорыв в вычислениях

Исследователи из Национального института инновационных технологий Китая изучили квантовые прогулки – уникальный метод, использующий квантовые эффекты для решения сложных задач. Работа опубликована в журнале *Intelligent Computing (IntComputing)*.

Случайное блуждание – это математическая модель, описывающая поведение объекта, который движется по определенному пространству, делая шаги в случайных направлениях. Простой пример случайного блуждания – человек, который идет по улице, каждый раз на перекрестке выбирая, куда повернуть, подбрасывая монетку. Если орел – он идет направо, если решка – налево. Это понятие часто используется в теории вероятностей, статистике и физике для анализа процессов, где результат каждого шага непредсказуем.

Квантовые прогулки – это квантовый аналог случайных квантовых блужданий, которые используют принципы суперпозиции, интерференции и запутанности для выполнения вычислений, невозможных для классических систем. Этот подход уже находит применение в анализе данных, поиске информации и моделировании физических процессов.

В новой работе исследователи описали, как квантовые прогулки могут ускорить вычисления, упростить моделирование сложных систем и даже помочь решать математические задачи теории графов. Технология позволяет понять поведение сложных квантовых систем, недоступных для классических методов анализа.

Несмотря на быстрый прогресс, практическое использование квантовых прогулок в вычислениях сталкивается с рядом проблем, таких как разработка эффективных алгоритмов, масштабирование физических реализаций и внедрение квантовых прогулок с коррекцией ошибок и отказоустойчивостью. Однако по мнению ученых, эти вызовы лишь открывают перспективы для будущего развития области.

Ранее ученые объяснили парадоксальную природу отрицательного времени в квантовом мире.

Источник: gazeta.ru, 23.12.2024

Китайские физики превратили квантовые точки в быстрый оптический аналог нейронов

Китайские физики совершили прорыв в области оптических вычислений, создав уникальный оптический аналог нейрона на основе квантовых точек, способный обрабатывать информацию с поразительной скоростью 10 гигабит в

секунду. Результаты первых экспериментов с этим «световым нейроном» были обнародованы в научной публикации в журнале *Optica*, и уже сейчас специалисты видят огромный потенциал этой технологии в контексте работы систем искусственного интеллекта.

Профессор Китайского университета Гонконга Хуан Чаожань отметила, что разработанная технология открывает новые горизонты для систем ИИ, позволяя им функционировать в режиме реального времени без компромиссов на уровне вычислительной точности. «Мы надеемся, что интеграция этих оптических систем в распределенные вычисления, осуществляемые вблизи источников данных, приведет к созданию более высокоэффективных и быстрых решений в области искусственного интеллекта», – подчеркивает учёный.

Исследователи указали на то, что в настоящее время они активно работают над воссозданием свойств нейронов, используя мемристоры – элементы, обладающие эффектом памяти. Однако существующие решения часто страдают от низкой эффективности и ограничены в работоспособности только низкими температурами. Команда китайских физиков обнаружила, что, заменив мемристоры на квантовые точки, они смогут преодолеть эти барьеры.

Источник: ecopravda.ru, 19.12.2024

Квантовую телепортацию впервые совершили по обычному интернет-кабелю

Исследователи из Северо-Западного университета в США успешно продемонстрировали квантовую телепортацию по оптоволоконному кабелю, одновременно передающему обычный интернет-трафик. Технология показывает, что для квантовой связи необязательно создавать отдельную инфраструктуру.

До сих пор считалось невозможным передавать квантовую информацию по загруженным интернет-каналам. Основная проблема заключалась в том, что отдельные фотоны, несущие квантовую информацию, должны были бы конкурировать с миллионами частиц света, используемых для обычной передачи данных. Профессор Прем Кумар, руководивший исследованием, сравнивает это с попыткой провести хрупкий велосипед через тоннель, заполненный мчащимися грузовиками.

Исследователи нашли решение этой проблемы, тщательно изучив, как свет рассеивается внутри оптоволоконных кабелей. Ученые определили особую длину волны света с минимальным рассеиванием и разработали специальные фильтры для подавления шума от обычного интернет-трафика. В ходе

эксперимента они передали квантовую информацию через 30-километровый кабель, одновременно пропуская через него стандартный интернет-трафик.

Это открытие важно для будущего квантовых коммуникаций. Возможность использовать существующую инфраструктуру значительно упрощает и удешевляет развертывание квантовых сетей. Квантовая телепортация, ограниченная только скоростью света, может обеспечить практически мгновенную связь между удаленными точками.

Авторы исследования уже планируют расширить эксперименты на большие расстояния и провести испытания на реальных подземных оптических кабелях.

Источник: hightech.fm, 23.12.2024

Rigetti Computing открыла облачный доступ к одному из мощнейших квантовых компьютеров в мире

Желающие отточить навыки программирования квантовых компьютеров получили возможность работать на новейшей платформе калифорнийского стартапа Rigetti Computing. Компания открыла облачный доступ к 84-кубитной системе на новейшем процессоре Ankaa-3. Платформа Rigetti использует классические сверхпроводящие кубиты, что может сделать её новую платформу наиболее востребованной среди пользователей.

Как уверяют в Rigetti, благодаря модернизированной архитектуре точность квантовых вентиляей существенно повышена, что приводит к более достоверным результатам вычислений. В частности, в 2024 году удалось вдвое снизить частоту ошибок и достичь средней точности iSWAP-вентилей на уровне 99,0%, а также продемонстрировать среднюю точность fSim-вентилей на уровне 99,5%. Среднее время выполнения операций для элементов iSWAP составило 72 нс, а для fSim – 56 нс. Вентили fSim компания называет оптимизированными для выборки случайных схем, что делает их аналогичными квантовым чипам Google и её новейшему процессору Willow.

Компания Rigetti улучшила не только архитектуру кубитов, но также провела модернизацию всей цепочки производства квантовых процессоров: от методов нанесения металлизации на отдельные элементы, такие как сверхпроводящие джозефсоновские переходы, до организации кубитов в массивы для коррекции ошибок. Кубиты Rigetti представляют собой джозефсоновские переходы, резонаторы и радиочастотные датчики, которые в составе платформы охлаждаются до температуры чуть выше абсолютного нуля (около 10 мК). Для производства таких кубитов используется адаптированный

техпроцесс выпуска микроэлектромеханических систем (МЭМС), хорошо известный в полупроводниковой отрасли.

В 2024 году компания планирует представить следующее поколение своей квантовой модульной архитектуры. Например, ближе к лету появится 36-кубитная система, основанная на четырёх 9-кубитных чипах, соединённых вместе. Это позволит вдвое снизить частоту ошибок по сравнению с текущим уровнем. К концу 2025 года Rigetti планирует выпустить систему с более чем 100 кубитами, что также приведёт к двукратному снижению частоты ошибок по сравнению с сегодняшним днём.

Кроме того, Rigetti Computing вскоре предоставит облачный доступ к своему новейшему 84-кубитному компьютеру через сторонние платформы, такие как Amazon Braket и Microsoft Azure.

Источник: 3dnews.ru, 24.12.2024

Китай запустил суперсеть для ИИ со скоростью квантового компьютера

Китай завершил создание инновационной компьютерной сети, способной значительно ускорить развитие искусственного интеллекта и обеспечить быстрые, надежные и высокоемкие передачи данных по всей стране. Новый проект, реализованный в рамках национальной исследовательской программы «Инновации в сетевой среде Китая» (CENI), получил сравнение с «высокоскоростной железной дорогой для компьютеров».

Объявление о завершении проекта прозвучало на научной конференции в Нанкине, столице провинции Цзянсу, где находится штаб-квартира Лаборатории Цзыцзиньшань (Лаборатория Пурпурной горы) – ведущего центра, координировавшего работу.

Согласно данным издания Xinhua Daily, CENI опирается на уникальную архитектуру, объединяющую возможности оптических коммуникаций и детерминированных сетей. Это сочетание обеспечивает высокую скорость передачи данных, минимальную задержку и надежность соединения.

По словам главного ученого лаборатории Лю Юньцзе, входящего в состав Китайской академии инженерии, сеть CENI способна работать без потерь пакетов, с задержкой менее 20 микросекунд даже при полной загрузке. Она охватывает 13 провинций и более 13 тысяч километров, поддерживая до 10 тысяч детерминированных сервисов одновременно.

CENI станет ключевым элементом для промышленных интернет-приложений, тренировки моделей ИИ и реализации стратегии «Данные с

востока – вычисления на западе», направленной на оптимизацию распределения вычислительных ресурсов страны.

Источник: securitylab.ru, 06.01.2025

Квантовый «телеграф»: Ученые зафиксировали передачу состояний между удаленными кубитами

А вы когда-нибудь задумывались о том, как далеко могут «общаться» друг с другом элементарные частицы? Не в теории, а на практике? Представьте себе: крошечные «магнитики», спины электронов, разделенные расстоянием, которое по меркам микромира просто огромно, начинают обмениваться информацией. Это не фантастика, а вполне реальное достижение, которое открывает новые горизонты в квантовых вычислениях.

Зачем квантовому компьютеру «дальняя связь»?

Квантовые компьютеры – это не просто более мощные калькуляторы. Это машины, которые работают по законам квантовой механики и могут решать задачи, недоступные для классических компьютеров. Главная «изюминка» квантового компьютера – это кубит, квантовый аналог бита, который может хранить не только 0 или 1, но и их суперпозицию, некое промежуточное состояние.

Но для того, чтобы квантовый компьютер был по-настоящему мощным, нужно научиться «связывать» эти кубиты, заставляя их взаимодействовать друг с другом. А вот тут и возникает проблема: большинство квантовых систем «общаются» только на очень малых расстояниях. И как создать квантовый компьютер, если кубиты не могут взаимодействовать между собой на достаточном удалении друг от друга?

Электронный «шепот» через сверхпроводящий мостик

Исследователи из Делфтского технического университета в Нидерландах, похоже, нашли решение. Они разработали метод, позволяющий двум электронным спинам общаться на расстоянии 250 микрометров – это, поверьте, целая пропасть в мире атомов. Как же им это удалось?

Всё дело в «мосте», построенном из сверхпроводящего резонатора. Это устройство выступает в роли посредника. В чём же фокус?

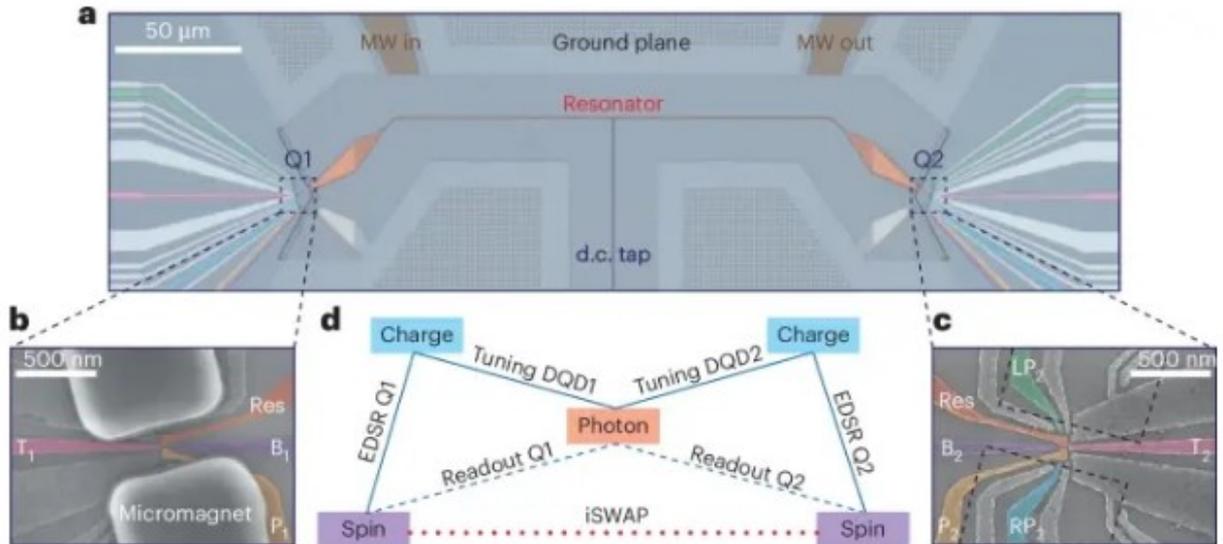


Рис. 3. а, Ложноцветное оптическое изображение устройства, используемого в данной работе, показывающее резонатор, заземленные плоскости и верное расположение затворов DQDs. Микроволновые порты входа/выхода используются для исследования передачи через резонатор, а кран постоянного тока используется для смещения общего верхнего затвора Res (на рисунках b и c) двух DQD. b. Изображение сканирующей электронной микроскопии DQD с тем же дизайном, что и измеренный DQD1, показывающее рисунок затвора и микромагниты сверху. c. Изображение сканирующей электронной микроскопии аналогичного DQD без микромагнитов, чтобы показать полную схему затвора DQD2. Пунктирные линии очерчивают микромагниты измеренного устройства. Затворы, выделенные ложным цветом на рисунках b и c, – это плунжерные затворы Res и Pi, туннельно-барьерные затворы Vi и Ti и боковые затворы RPi и LPi. d. Схема архитектуры дальнего спин-спинового взаимодействия. Синие и красные линии обозначают дисперсионную и резонансную связи, соответственно. Сплошные линии представляют прямые связи – зарядово-фотонную электродипольную связь и спин-зарядную связь, обеспечиваемую градиентами микромагнита. Эти связи используются для зондирования зарядовой восприимчивости DQD, что позволяет настроить DQD на точку вырождения и на электродипольный спиновый резонанс, соответственно. Пунктирными линиями обозначены косвенные спин-фотонные связи, позволяющие осуществлять дисперсионное считывание спина. Пунктирная линия указывает на косвенную связь второго порядка, то есть спин-спиновую связь

Представьте себе два микроскопических маятника, каждый из которых «привязан» к своей электронной частице. Теперь, если один маятник начинает колебаться, его энергия передаётся другому через этот сверхпроводящий мостик, как эхо, только гораздо точнее и в квантовом масштабе.

Квантовые «качели» во времени

Ученые использовали хитрый метод: они «возбудили» один из спинов, а другой оставили в спокойном состоянии. И вот тут началось самое интересное: спины стали «перекидываться» энергией. Когда один спин переходил в основное состояние, второй мгновенно переходил в возбужденное, и наоборот.

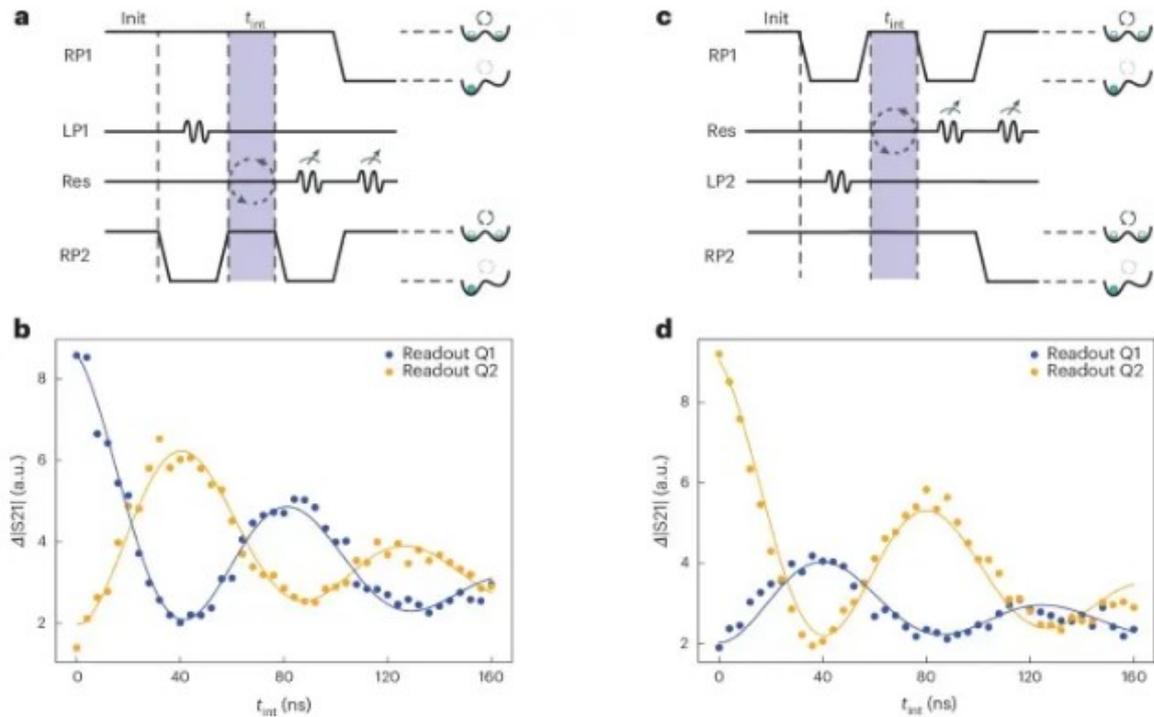


Рис. 4. *a*, Последовательность импульсов для измерения осцилляций *i*SWAP, начиная с $|10\rangle$. Оба кубита инициализируются в $|00\rangle$ путем релаксации в точке зарядового вырождения. Затем кубит 2 изолируется в левой точке на 500 нс, в течение которых к кубиту 1 прикладывается π -импульс. Через 10 нс на кубит 2 снова подается импульс, и оба спина взаимодействуют друг с другом в течение пикто. После интервала взаимодействия кубит 2 изолируется в левой точке на 1 мкс, где релаксация ожидается более медленной, в то время как кубит 1 считывается с помощью зондирующего сигнала длительностью 400 нс. Затем кубит 1 изолируется в левой точке, а кубит 2 считывается с помощью зондирующего сигнала длительностью 400 нс. *b*, Точки данных показывают измеренное (изменение) пропускание, представляющее популяцию спин-ап для каждого спина, начиная с $|10\rangle$. Каждая точка данных усреднена по 106 временам. Здесь g_s , $1(2)/2\pi \approx 21,5$ МГц и $\Delta 2s$, $1(2)/2\pi \approx 65,5$ МГц. Сплошные линии представляют собой подгонку к дисперсионной модели гамильтониана уравнения (1) (с добавлением шума; Дополнительный раздел D), из которой мы извлекаем силу взаимодействия $2J/2\pi$, равную $11,6 \pm 0,2$ МГц. *c*, Последовательность импульсов, аналогичная приведенной в *a*, но начиная с $|01\rangle$. *d*, Аналогичные данные и подгонка, как в *b*, но начиная с $|01\rangle$. Здесь мы извлекаем $2J/2\pi = 11,8 \pm 0,2$ МГц.

Что это значит для будущего?

Это открытие не просто любопытный научный факт. Оно открывает дорогу к созданию масштабируемых квантовых компьютеров. Теперь у нас есть шанс строить сложные квантовые схемы, соединяя кубиты на больших расстояниях, как «кирпичики».

Но на этом ученые не останавливаются. Следующий шаг — изучение взаимодействия спинов с реальными фотонами в резонаторе. Это откроет новые возможности для управления квантовыми системами и, возможно, приблизит нас к созданию полноценного квантового компьютера, способного решать самые сложные задачи, которые подбрасывает нам Вселенная. Так что, следим за развитием событий. Квантовый мир полон сюрпризов.

Квантовые компьютеры наконец-то получили автономную систему коррекции ошибок

Группа исследователей разработала квантовый «мини-холодильник», способный автономно охлаждать сверхпроводящие кубиты до рекордной температуры в 22 милликельвина. Новое устройство позволило сбросить температуру кубитов без необходимости контроля и достичь точности 99,97% по сравнению с 99,8% для обычных методов охлаждения. Квантовые компьютеры способны оказать значительное влияние на широкий спектр областей, от медицины и энергетики до шифрования, искусственного интеллекта и материаловедения. Огромный потенциал квантовых компьютеров кроется в квантовой суперпозиции, которая позволяет выполнять чрезвычайно сложные вычисления. В то время как обычные биты могут принимать значение 0 или 1, квантовые биты (кубиты) могут существовать в квантовой суперпозиции состояний 0 и 1. Это означает, что они могут представлять взвешенную комбинацию 0 и 1 одновременно. Это свойство позволяет им хранить и обрабатывать экспоненциально более богатую информацию. Однако практическое применение квантовых компьютеров пока ограничено из-за уязвимости кубитов к ошибкам. «Кубиты, строительные блоки квантового компьютера, чрезвычайно чувствительны к окружающей среде. Даже очень слабые электромагнитные помехи, проникающие в компьютер, могут случайным образом изменить значение кубита, что приведет к ошибкам и, следовательно, помешает квантовым вычислениям», – объясняет в пресс-релизе ведущий автор нового исследования Мохаммед Али Аамир из Технологического университета Чалмерса в Швеции.

Один из методов исправления ошибок в кубитах – охлаждение кубитов, чтобы они перешли в правильное состояние. Кубиты переходят в состояние декогеренции, когда они перегреваются и накапливают слишком много энергии. «Однако квантовые тепловые технологии остаются экспериментальной диковинкой, а не обычным практическим инструментом», – объясняют Али Аамир и его коллеги из Университета Мэриленда (США) в своем отчете, опубликованном вчера в журнале *Nature Physics*. «Основные проблемы включают в себя контроль и охлаждение квантовых тепловых машин до температур, поддерживающих квантовые явления», – говорят исследователи. Для преодоления этих проблем команда предлагает автономную систему охлаждения, которая не только требует меньше аппаратных средств, чем традиционные методы, но и более эффективно сбрасывает кубиты.

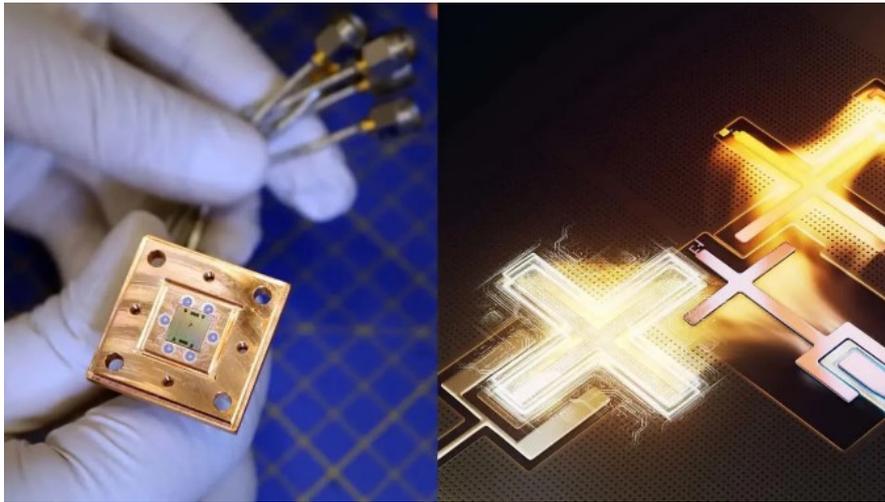


Рис. 5. Новый квантовый холодильник (квадратный чип в центре медного корпуса на изображении слева) основан на сверхпроводящих цепях. Изображение справа иллюстрирует принцип его работы: устройство, состоящее из двух кубитов — горячего и холодного, — охлаждает третий целевой кубит. Питаясь теплом от близлежащей горячей среды, квантовый холодильник автономно извлекает тепловую энергию из целевого кубита и сбрасывает ее в холодную среду. В результате целевой кубит достигает высококачественного основного состояния с минимальной ошибкой, готового к эффективным квантовым вычислениям

Система, естественным образом питающаяся от окружающей среды. Многие квантовые компьютеры основаны на сверхпроводящих электрических цепях, нулевое сопротивление которых означает оптимальную сохранность информации. Однако, чтобы защитить кубиты от ошибок, их необходимо охладить до температуры, близкой к абсолютному нулю (ноль Кельвинов или $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Такая температура позволяет перевести их в состояние с наименьшей энергией, что является необходимым условием для начала вычислений. Современные системы охлаждения, известные как разбавляющие холодильники, способны охладить кубиты примерно до 50 милликельвинов выше абсолютного нуля. Однако, согласно законам термодинамики, ни один конечный процесс не может охладить систему до абсолютного нуля. Следовательно, чем ближе система к абсолютному нулю, тем сложнее ее охладить дальше. Устройство, предложенное командой Али Аамира, может дополнить разбавляющие холодильники, автономно охлаждая сверхпроводящие кубиты. Система использует взаимодействие между различными кубитами, в частности, целевым кубитом, который нужно охладить, и двумя другими, используемыми для охлаждения. Когда целевой кубит получает слишком много энергии, накопленное им тепло автоматически отводится на два других кубита, что позволяет сбросить его. Горячая среда помещается рядом с одним из сверхпроводящих охлаждаемых кубитов и снабжает его энергией для отвода тепла.

«Энергия из горячей среды, проходящая через один из двух кубитов в квантовом холодильнике, перекачивает тепло от целевого кубита ко второму кубиту в квантовом холодильнике, который является холодным. Этот холодный

кубит термализуется в холодной среде, в которую в итоге сбрасывается тепло от целевого кубита», – объясняет Николь Юнгер Халперн из Университета Мэриленда, соавтор исследования. Система полностью автономна, поскольку после запуска она работает без какого-либо внешнего управления и питается теплом, которое возникает естественным образом из-за разницы температур между двумя термальными ваннами. Также не требуется капитальный ремонт квантового компьютера или подключение новых проводов. «Это открывает путь к более надежным, безошибочным квантовым вычислениям, которые требуют меньше аппаратной инфраструктуры», – говорит Али Аамир.

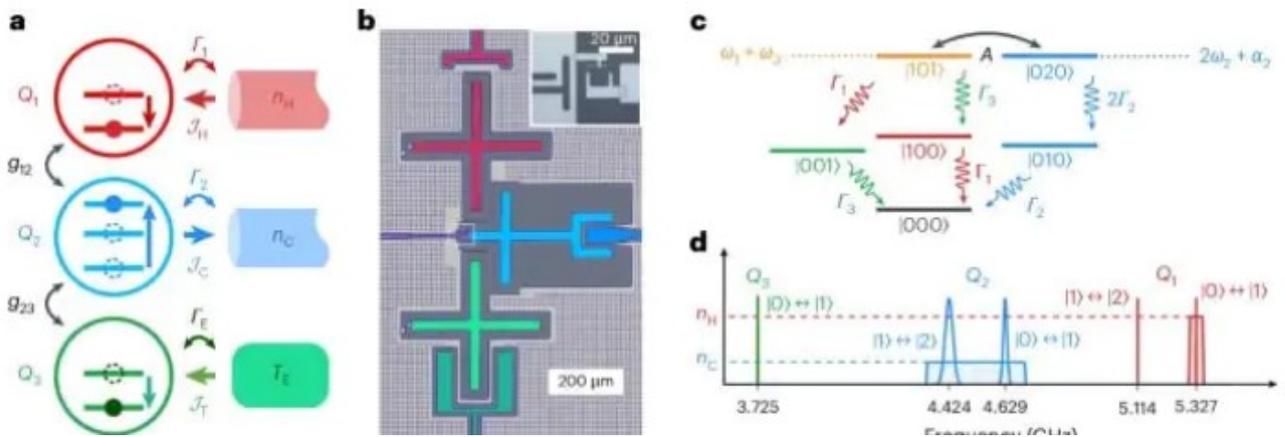


Рис. 6. Принципиальная схема и диаграмма уровней квантового поглощающего холодильника. а. Концептуальная схема с тремя кубитами. б. Ложноцветная микрофотография устройства, реализованного с помощью сверхпроводящих цепей. с. Диаграмма уровней, показывающая тензорные произведения энергии собственных состояний кубитов. d. Экспериментально наблюдаемые распределения частот переходов между кубитами

Система охледила целевой кубит до температуры 22 милликельвина и достигла точности 99,97%. Для сравнения, предыдущие методы охлаждения достигают точности от 99,8 до 99,92%. «Это может показаться небольшой разницей, но при проведении нескольких расчетов она выливается в значительное улучшение производительности квантовых компьютеров», – говорит эксперт. Эти результаты представляют собой доказательство концепции автономных квантовых тепловых технологий и открывают путь для экспериментов над многими другими смежными проектами, включая те, которые были предложены ранее, но так и не были реализованы из-за ограничений, которые теперь удалось преодолеть. К ним относятся автономные квантовые двигатели, автономные квантовые часы и квантовые компьютеры с автономными функциями, управляемыми разницей температур. В настоящее время команда изучает возможность продолжения этого эксперимента.

Источник: new-science.ru, 10.01.2025

Физики впервые измерили квантовую геометрию электронов

Ученым давно известно, как измерять энергию и ускорение электронов в кристаллических материалах, но до сих пор они могли оценить квантовую геометрию этих систем только теоретически, да и то не всегда. Недавнее исследование открывает новый путь к пониманию и управлению квантовыми свойствами материалов. Международная команда физиков разработала метод получения новой информации о квантовых материалах, которую прежде невозможно было узнать.

В мире квантовой физики электрон можно описать как точку в пространстве и как волну. В центре исследовательской работы ученых из США, Южной Кореи, Италии и Германии находится волновая функция, описывающая электрон как волну. Существует три разных типа волновых функций, от простого до сложного. Для квантового мира характерны сложные, или нетривиальные волновые функции. Однако до сих пор их геометрию описывали только теоретически. В то же время это свойство становилось все более важным по мере открытия новых и новых квантовых материалов.

Решением этой проблемы стало использование метода фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением, сообщает MIT News. Авторы недавнего исследования применили его к измерению геометрии металла кагоме, разновидности ферромагнитных квантовых материалов в физике твердого тела. Его атомная решетка напоминает традиционный японский узор «кагоме».

«Квантовая геометрия порождает множество поразительных феноменов твердых тел, которые входят далеко за рамки теории Ландау, – пишут авторы исследования, опубликованного в журнале Nature. – Мы представили общий метод измерения квантовой геометрического тензора в твердых телах – фундаментальной физической величины, которая содержит всю геометрическую информацию о состоянии волны Блоха».

Исследователи подчеркнули, что возможность измерить квантовую геометрию материалов появилась в результате тесного сотрудничества между теоретиками из Южной Кореи и экспериментаторами из США.

Для формирования полной картины устройства Вселенной физикам необходимо досконально разобраться во взаимодействиях нейтрино. В прошлом году команда ученых ЦЕРН впервые наблюдала напрямую взаимодействия мюонного и электронного нейтрино в диапазоне тераэлектронвольт (ТэВ), используя для этого детектор FASER Большого адронного коллайдера.

Источник: hightech.plus, 14.01.2025

Лаборатория Великобритании создает квантовые часы для повышения эффективности разведки

Министерство обороны Великобритании анонсировало разработку первых квантовых часов в стране. Эти устройства обещают повысить точность и эффективность военных операций.

Министерство обороны Великобритании сообщило о начале работы над квантовыми часами, которые должны стать первыми в стране. Эти часы обладают высокой точностью, теряя менее одной секунды за миллиарды лет. Это позволяет ученым проводить измерения времени с беспрецедентной точностью, что может значительно, как оказалось, улучшить разведывательные операции.

Разработка ведется в рамках Лаборатории оборонной науки и технологий. Министр оборонных закупок Мария Игл отметила, что эта технология не только укрепит военные возможности Великобритании, но и окажет положительное влияние на промышленность и создание высококвалифицированных рабочих мест. Новые часы также могут снизить зависимость от GPS, который уязвим для блокировок со стороны противников.

Хотя квантовые часы не являются новинкой на мировом уровне – Университет Колорадо разработал аналогичные устройства 15 лет назад, это первое подобное устройство, созданное в Великобритании. Ожидается, что его развертывание может произойти в течение следующих пяти лет.

Квантовые часы используют принципы квантовой механики, что позволяет им измерять время, основываясь на колебаниях энергии внутри атомов. Это может оказать влияние на различные сферы, включая спутниковую навигацию и цифровые технологии.

По словам экспертов, инвестиции в квантовые технологии растут, и в последние пять лет они составили около 20 миллиардов долларов.

Источник: overclockers.ru, 03.01.2025