



# МОНИТОРИНГ

ЦНТИБ ОАО «РЖД»

**КВАНТОВЫЕ СЕТИ**

**№3/МАРТ 2024**

## СОДЕРЖАНИЕ

IBM представила самый передовой квантовый компьютер .....	3
Google готова заплатить 5 млн долларов за лучший способ применения квантового компьютера .....	3
NVIDIA запускает Quantum Cloud – облачный симулятор квантового компьютера .....	3
Apple защитит сообщения в iMessage от квантового взлома.....	4
Квантовый интернет теперь доступен без криогенного охлаждения .....	5
Rolls-Royce внедрит квантовые вычисления в атомную энергетику .....	7
Британские ученые измерили притяжение половины песчинки.....	7
Взлет квантовых компьютеров: новые достижения и перспективы .....	8
Глава IBM уверен, квантовым компьютерам найдут коммерческое применение уже через несколько лет.....	10
Квант не терпит изменений.....	12
Ученые ИПФ РАН реализовали квантовую память в кристалле ортосиликата иттрия.....	16
В СПбГУ объяснили особенности свечения ненапряженных квантовых точек.....	18
Увеличение мощности суперкомпьютеров РФ в 10 раз поначалу потребует 2-3 млрд руб.....	20
Устройство для работы «квантовых» нейросетей создали в России .....	20
Ученые из ВШЭ и МИСИС разработали математическую модель квантовых батарей.....	22
До конца года в России построят ещё 1400 км квантовой сети .....	22
В МФТИ заявили о создании компактного маршрутизатора сигналов для квантовых компьютеров .....	24
«Лавинный заряд». В России создали устройства для отражения квантовых атак.....	24
В России представили новый квантово-устойчивый механизм – Кодиеум .....	28
Бауманка запускает первое в России производство сверхпроводниковых квантовых процессоров .....	28
Квантовые процессоры: производство на базе Бауманки .....	29

## **IBM представила самый передовой квантовый компьютер**

Корпорация IBM представила новейший 133-кубитный квантовый процессор Heron и первый модульный квантовый компьютер IBM Quantum System Two на его базе. Основное преимущество модульных квантовых компьютеров заключается в том, что их можно постоянно модифицировать, добавляя процессоры, серверы и проч.

Главный квантовый архитектор IBM Маттиас Стеффен отметил: «Heron – наш самый производительный квантовый процессор на сегодня, он обеспечивает пятикратное снижение ошибок по сравнению с флагманским устройством Eagle. Этот путь мы прошли за четыре года. Heron разработан модульным и масштабируемым».

Вдобавок IBM анонсировала Condor – первый в мире квантовый процессор на 1121 кубите. Само по себе увеличение количества кубитов значительно не скажется на мощности процессора – требуются изменения архитектуры, чтобы в числе прочего сократить частоту ошибок. Тем не менее плотность кубитов у Condor будет на 50% выше по сравнению с предшественниками.

*Источник: atomic-energy.ru, 20.03.2024*

## **Google готова заплатить 5 млн долларов за лучший способ применения квантового компьютера**

«Соревнование» будет длиться три года. Победитель, который разработает проект, решающий существующую проблему, получит денежный приз. Это, к примеру, может быть создание электролита для батарей с улучшенной емкостью, пишет New Scientist.

Главное условие – разработчик должен показать, как именно будет применен алгоритм, и указать точные характеристики квантовых вычислений.

Призовой фонд составляет 5 млн долларов. Эта сумма будет распределена между победителями, призерами и полуфиналистами.

*Источник: rg.ru, 05.03.2024*

## **NVIDIA запускает Quantum Cloud – облачный симулятор квантового компьютера**

На ежегодной конференции GTC NVIDIA Corp представила платформу для симуляции квантовых вычислений, ориентированную на исследователей и разработчиков – NVIDIA Quantum Cloud.

По заявлению компании, NVIDIA Quantum Cloud предоставляет передовые технологии квантовых вычислений, которые расширят границы исследований в таких областях, как химия, биология и материаловедение. Платформа основана на существующей квантовой вычислительной платформе NVIDIA CUDA-Q, которая, как сообщается, используется почти тремя четвертями организаций, развернувших так называемые «квантовые процессоры» или QPU. NVIDIA Quantum Cloud упрощает для клиентов создание и тестирование новых квантовых приложений и алгоритмов, развернутых в облачной инфраструктуре.

Ключевые особенности Quantum Cloud включают мощные возможности и интеграцию стороннего программного обеспечения, которые могут стимулировать научные исследования. Одним из таких инструментов является генеративный квантовый собственный решатель, который определяет энергию основного состояния молекулы гораздо быстрее, чем предыдущие методы. Он был разработан в сотрудничестве с Университетом Торонто и использует большие языковые модели (LLM).

Интеграция CUDA-Q с технологическим стартапом Classiq позволяет квантовым исследователям создавать сложные квантовые программы, глубоко анализировать и выполнять квантовые схемы. Ещё одна ключевая интеграция с QC Ware Promethium позволяет решать сложные задачи квантовой химии, такие как молекулярное моделирование.

Новый сервис NVIDIA уже заинтересовал более 160 партнеров в экосистеме квантовых вычислений. Известные поставщики облачных услуг, такие как Google Cloud, Microsoft Azure и Oracle Cloud Infrastructure, входят в число тех, кто интегрирует Quantum Cloud в свои предложения. Интерес также проявили многие ведущие квантовые компании, в том числе IonQ, IQM Quantum Computers, OQC, ORCA Computing, qBraid и Quantinuum.

*Источник: [mobidevices.com](https://mobidevices.com), 20.03.2024*

### **Apple защитит сообщения в iMessage от квантового взлома**

Американская технологическая корпорация Apple обновила свой сервис сообщений iMessage для защиты от будущих технологий взлома шифрования с помощью квантовых компьютеров. Об этом сообщается в официальном блоге компании.

Хотя полнофункциональных квантовых вычислительных систем пока не существует, предполагается, что они смогут возникнуть в ближайшие годы. Квантовые технологии позволят подбирать ключи к самым сильным из существующих шифров, на взлом которых с помощью обычных суперкомпьютеров потребовались бы сотни тысяч или даже миллионы лет.

Apple уточнили, что перешли новый протокол защиты, известный как PQ3. Он использует дублирующую серию технических мер безопасности, а также противодействует перехвату и сохранению конфиденциальных данных. Этот сценарий атаки известен как «собери сейчас, расшифруй потом» и рассчитан на появление методов, которые смогут преодолеть криптографическую защиту.

«Мы не просто заменили существующий алгоритм новым, мы перестроили криптографический протокол iMessage с нуля. Он полностью заменит существующий протокол во всех поддерживаемых диалогах в текущем году», – говорится в сообщении в блоге Apple, опубликованном 20 февраля 2024 года.

Производитель iPhone также заявил, что его алгоритмы шифрования остаются самыми современными и что пока нет доказательств успешных атак на них.

Ранее американская технологическая компания IBM предупредила, что квантовые компьютеры смогут преодолеть любую существующую защиту цифровых данных.

*Источник: gazeta.ru, 26.02.2024*

### **Квантовый интернет теперь доступен без криогенного охлаждения**

Ученые приблизили человечество к созданию квантового интернета – взаимосвязанной сети квантовых компьютеров. Впервые в истории была построена сеть «квантовой памяти», работающей при комнатной температуре.

В ходе экспериментов специалисты хранили и извлекали два фотонных кубита – кубиты, созданные из фотонов (частиц света), на квантовом уровне. Такой прорыв имеет важное значение, поскольку квантовая память является основополагающей технологией, которая предшествует созданию квантового интернета – следующего поколения Всемирной паутины.

В отличие от классической вычислительной памяти, кодирующей данные в бинарных состояниях 1 или 0, квантовая память хранит данные в виде квантового бита (кубита), который может находиться также в суперпозиции 1 и 0. При наблюдении суперпозиция разрушается, и кубит становится таким же

полезным, как и обычный бит. Ожидается, что квантовые компьютеры с миллионами кубитов будут в разы мощнее существующих самых быстрых суперкомпьютеров. Это связано с тем, что кубиты, запутанные между собой (внутренне связанные через пространство и время), могут выполнять гораздо больше вычислений одновременно.

Квантовый интернет – это инфраструктура интернета, которая опирается на законы квантовой механики для передачи данных между квантовыми компьютерами. Однако для функционирования квантовой сети необходима квантовая память. По словам авторов работы, достижение того, чтобы массивы квантовой памяти работали вместе на квантовом уровне и при комнатной температуре, является ключевым шагом для создания квантового интернета на любом уровне. До сих пор подобное не демонстрировалось.

Для работы квантовых сетей, построенных в последние годы, их необходимо охлаждать до абсолютного нуля, что ограничивает их пользу. Поэтому ученые разработали метод, который позволяет хранить 2 отдельных фотона и, что наиболее важно, успешно извлекать их квантовую сигнатуру. Специалисты добились такого эффекта при комнатной температуре, сохраняя фотоны в газообразном рубидии. Также был достигнут важный результат в виде интерференции извлеченных фотонов, демонстрирующей квантовую идентичность фотонов – эффект Хонга-Оу-Манделя, который является характерным квантовым признаком.

Помимо повышенной скорости, квантовая связь обладает врожденной безопасностью, так как любые попытки перехватить и прочесть информацию, передаваемую по квантовой сети, приравниваются к наблюдению, что приведет к разрушению суперпозиции кубитов. Исследования в области квантовых вычислений активно продолжаются, и ведется настоящая гонка за разработку технологий, которые помогут построить квантовый интернет. Следующим шагом станет разработка метода обнаружения готовности квантового сигнала к извлечению без уничтожения его свойств через прямое наблюдение, что откроет путь для квантовых повторителей, способных увеличивать дальность квантового сигнала и стать ключевым элементом масштабного квантового интернета.

В 2022 году ученые пришли к выводу, что квантовая сеть может телепортировать информацию между независимыми узлами с помощью квантовой запутанности. Специалисты построили простую сеть из нескольких алмазных кубитов, объединенных в три узла с именами Алиса, Боб и Чарли. Специалисты смогли передать информацию между двумя крайними узлами, не проходя через промежуточный узел, что стало основой для квантового интернета.

*Подробнее: securitylab.ru, 27.02.2024*

## **Rolls-Royce внедрит квантовые вычисления в атомную энергетику**

Программа QТАР, основанная при содействии правительства Великобритании, предоставляет доступ к квантовым вычислениям и экспертам.

Rolls-Royce планирует использовать квантовые вычисления для того, чтобы научиться управлять атомными электростанциями дистанционно и максимально безопасно. В рамках программы Quantum Technology Access Programme (QТАР) компания намерена создать небольшие автономные ядерные реакторы, которые могли бы эффективно работать в отдаленных районах на Земле, а также в шахтерских колониях на Луне и Марсе.

В рамках программы Rolls-Royce использовала данные, полученные во время аварии на АЭС «Фукусима», чтобы изучить возможность применения модели квантового машинного обучения для быстрого выявления потенциально опасных ситуаций. Это позволило бы обеспечить безопасную работу реактора и его остановку в случае необходимости при минимальном участии человека.

Программа QТАР, основанная при содействии правительства Великобритании, предоставляет доступ к квантовым вычислениям и экспертам. Цель – помочь компаниям опробовать новые варианты использования технологии, чтобы продемонстрировать потенциал квантовых вычислений для преобразования важнейших отраслей экономики.

– Команда Rolls-Royce стремится разработать революционные новые технологии и исследовать варианты энергоэффективного применения ядерной энергии на Земле и в космосе. Квантовые вычисления будут способствовать достижению этих целей. Важно, чтобы мы разработали понимание того, как и когда мы сможем внедрить эту технологию, – говорит помощник главного инженера Rolls-Royce Джонатан Адамс.

*Источник: eenergy.media, 27.02.2024*

## **Британские ученые измерили притяжение половины песчинки**

Ученые впервые измерили гравитационное притяжение частицы, которая в половину меньше песчинки. Это измерение стало самым точным в своем роде. Его назвали «прорывом в квантовую область».

Гравитация – одна из четырех фундаментальных сил Вселенной наряду с электромагнетизмом и слабым и сильным ядерным взаимодействием. Мы

постоянно испытываем ее на себе, но при этом не слишком хорошо понимаем. Это единственная сила, которую нельзя объяснить с помощью стандартной модели физики элементарных частиц.

Ученые считают, что совершить прорыв в исследованиях помогли бы наблюдения за гравитационным взаимодействием между атомами и частицами. Но эти крошечные взаимодействия «стираются» огромной силой притяжения Земли.

«Это все равно, что пытаться записать звук шагов жука под работающим на холостом ходу реактивным двигателем», – пояснили эксперты.

Авторы нового исследования из Университета Саутгемптона (Великобритания) разработали новый метод, способный нейтрализовать притяжение Земли. Они предложили поднять магнитную частицу в сверхпроводящую ловушку, которая изолировала бы ее от внешнего электромагнетизма, тепла и вибрации. Затем мимо частицы прокатили груз весом 2,4 кг.

В ходе этого эксперимента команде удалось измерить слабое гравитационное притяжение всего в 30 аттоньютонов (aN), действующее на частицу. Вес частицы составил всего 0,43 миллиграмма.

«В течение столетия ученые безуспешно пытались понять, как гравитация и квантовая механика работают вместе. Теперь мы успешно измерили гравитационные сигналы с наименьшей из когда-либо зарегистрированных масс, и это означает, что мы на шаг приблизились к окончательному пониманию того, как эти силы работают в тандеме», – отметили авторы научной работы.

В дальнейшем ученые намерены уменьшать масштаб источника, пока им не удастся достигнуть квантового мира, сообщает Science Advances.

Ранее ученые подтвердили гипотезу Эйнштейна о гравитационных лазерах. Исследование было основано на аксионах.

*Источник: mir24.tv, 27.02.2024*

## **Взлет квантовых компьютеров: новые достижения и перспективы**

*Какие технологические прорывы ждут нас в мире квантовых вычислений*

В последние годы квантовые компьютеры стали предметом интенсивного научного исследования и разработок, и 2023 год стал поворотным моментом в этой области. Специалисты из разных стран добились значительных прорывов, разрешив некоторые из наиболее острых проблем, стоящих на пути к реализации практически полезных квантовых компьютеров.



Один из таких важных шагов сделали австралийские инженеры, которым удалось найти способ уменьшить количество компонентов в кремниевых квантовых компьютерах. Это открытие открывает новые горизонты для разработки более компактных и эффективных квантовых систем.

Также важное достижение было продемонстрировано командой ученых из Англии, которым удалось впервые показать возможность переноса квантовых битов между микрочипами квантовых компьютеров без нарушения их квантовой природы. Этот процесс был осуществлен с рекордной скоростью и точностью, что открывает новые перспективы для создания более мощных и быстрых квантовых вычислительных систем.

Эти и другие технологические прорывы в области квантовых вычислений свидетельствуют о том, что мы находимся на пороге новой эры в информационных технологиях. Квантовые компьютеры обещают революционизировать множество областей, включая криптографию, медицину, финансы и многие другие, и их появление может привести к скачку в научном и технологическом развитии человечества.

Благодаря последним достижениям в области квантовых компьютеров, становится все более реалистичной перспектива создания мощных систем, способных решать сложнейшие задачи, которые сегодня неподъемны для классических компьютеров. Это включает в себя задачи оптимизации, моделирование сложных химических процессов, разработку новых материалов и лекарств, а также решение задач искусственного интеллекта.

Однако, несмотря на впечатляющие успехи, перед квантовыми компьютерами все еще стоят значительные технические и технологические вызовы. Проблемы с долговременной стабильностью и точностью квантовых вычислений, а также необходимость разработки более эффективных способов управления квантовыми системами, требуют дальнейших исследований и инноваций.

Более того, существует потребность в разработке новых методов программирования и алгоритмов, оптимизированных специально для квантовых вычислений. Это позволит полностью раскрыть потенциал квантовых компьютеров и решать задачи, которые сегодня кажутся невозможными.

Несмотря на эти вызовы, перспективы квантовых компьютеров остаются весьма обнадеживающими. Последние достижения в этой области свидетельствуют о том, что мы находимся на верном пути к созданию мощных квантовых вычислительных систем, которые изменят наше представление о возможностях компьютерной техники и приведут к новым открытиям и инновациям в мире науки и технологий.

*Источник: web-deposit.com, 27.02.2024*

## **Глава IBM уверен, квантовым компьютерам найдут коммерческое применение уже через несколько лет**

В простейшем случае, квантовый объем пропорционален произведению числа кубитов на число квантовых операций, которые можно выполнить с относительно малым количеством ошибок. Поэтому достижение высокой точности выполнения квантовых логических операций отдельными кубитами играет не менее важную роль, чем увеличение их количества в квантовом процессоре», — рассказала старший научный сотрудник лаборатории криоэлектронных систем и соучредитель дизайн-центра квантового проектирования НИТУ МИСИС Наталия Малеева. Это включает в себя и увеличение количества кубитов, и повышение точности выполнения операций с ними, а также, соединение процессоров квантовыми каналами связи для построения масштабируемых систем. Такой способ связи сейчас считается наиболее перспективным, поскольку позволяют регулировать взаимодействие между кубитами и предотвращает утечку квантового состояния из вычислительного пространства», — отмечает одна из главных архитекторов квантового процессора Елена Егорова, научный сотрудник РКЦ, инженер НИТУ МИСИС. Хочешь всегда знать и никогда не пропускать лучшие новости о развитии России?

Дело дошло до того, что астрофизики доказали возможность квантовой связи с обитателями других звездных систем.

Хотя в минувшем году квантовые компьютеры не демонстрировали своего превосходства над классическими так наглядно, как в прошлом и позапрошлом, постепенно эта технология становилась все более надежной и практичной. Этот показатель для вентиля в полупроводнике соответствует лучшим результатам среди конкурирующих технологий. Он отражает способность квантового бита выполнять операции без ошибок и является ключевой характеристикой в разработке эффективного квантового компьютера.

Интересного результата добились российские ученые. Они предложили оптимальную схему для реализации одной из ключевых операций, используемой практически во всех квантовых алгоритмах – гейта Тоффоли. Однако вместо кубитов физики применили разновидность многоуровневых квантовых систем кудитов – кутриты. В отличие от кубитов, кутриты могут находиться в 3 состояниях одновременно, что позволяет повысить производительность вычислений и качество квантовых операций. Новый

подход, предложенный специалистами из Австралии и Германии, сделает квантовые компьютеры дешевле и надежнее.

Он повторяет методы создания традиционных вычислительных устройств и позволяет точно управлять процессом создания квантовым чипов, задавать квантовую логику между большими массивами отдельных атомов, сохраняя высокую точность на протяжении всего процесса.

Логическими кубитами называют квантовые биты, соединенные посредством квантовой запутанности. Они уменьшают количество ошибок в квантовых компьютерах, сохраняя одни и те же данные в разных местах. Это позволяет разнообразить точки сбоя при выполнении расчетов и снизить количество ошибок в квантовых вычислениях, уточняет источник.

Новинка QuEra Computing получит 256 физических и 10 логических кубитов. По словам разработчиков, это будет «первая машина с квантовой коррекцией ошибок». Ее запуск ожидается в конце 2024 года. Суперкомпьютер станет платформой, на базе которой программисты будут тестировать систему кодов для еще более мощных разработок.

Дорожная карта QuEra в области квантовых вычислений с коррекцией ошибок.

Транспортная компания, осуществляющая доставку в десятки и сотни городов, сможет узнать оптимальный маршрут, чтобы сэкономить на расходах на топливо. Станет возможно путем сложных расчетов сбалансировать риски инвестиционных портфелей и предсказывать возможную волатильность.

Снижение выбросов углерода в атмосферу с помощью открытия новых материалов. Нефтедобывающие компании моделируют месторождения и способы эффективной добычи. Способность квантовых компьютеров точно моделировать молекулярные реакции, вплоть до субатомного уровня, имеет огромное значение для всего, от открытия лекарств до создания нового поколения легких и долговечных аккумуляторных батарей.

Большинство химиков, которые занимались традиционными лабораторными исследованиями, понимают, что часы, месяцы и даже годы могут быть потрачены на то, чтобы попытаться понять, как химические процессы происходят внутри колбы, и научиться контролировать их. Квантовые вычисления обещают ускорить все это. Некоторые задачи невозможно эффективно выполнить даже на самых мощных современных суперкомпьютерах.

КК помогут открыть и синтезировать новые вещества. Которые заменят малоэффективные или вредные вещества используемые сейчас. Это может изменить все, начиная от состава пластиковых пакетов до скорости зарядки электромобилей.

С появлением сложных вычислений, появилась возможность моделировать взаимодействие сложных белковых молекул. Одна из главных проблем в поиске лекарств, это поиск веществ нейтрализующих вредоносные белки в нашем организме, так называемых ингибиторов. Для поиска нужных веществ, необходимо смоделировать вредоносный белок и смоделировать взаимодействие его с другими молекулами разных веществ.

Для выявления полезных комбинаций необходимо создать сотни миллионов комбинаций взаимодействия. Сложные молекулы белков усложняют поиск лекарств. Но с появлением мощных квантовых компьютеров, человечество сможет найти все возможные ингибиторы вредоносных белков.

Это может привести к открытию лекарств от ныне неизлечимых болезней. И сделать более эффективным лечение любых заболеваний. Используя КК будет сокращено время разработки лекарственных средств, многие лекарства разрабатывают в течении 5-10 лет.

Использование технологий КК можно сократить время до 1-2 лет. Применение КК в фармакологии выведет нас на новый уровень в борьбе с заболеваниями.

*Источник: fromagedl.ru, 11.03.2024*

### **Квант не терпит изменений**

Правительство назначило ОАО РЖД ответственным за развитие квантовых коммуникаций в России в 2019 году. Сейчас компания продолжает формирование магистральной квантовой сети, протяженность которой достигла почти 3 тыс. км. По итогам 2023 года ею уже объединены Санкт-Петербург, Москва, Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Казань, Воронеж и другие города России. В 2024 году завершится создание промежуточных узлов, приемников и источников одиночных фотонов, специализированных фильтров и других элементов. «Эксперт» постарался разобраться, зачем нужна квантовая связь, как она работает, где может применяться и как далеко этой технологии до массового внедрения.

Объем мирового рынка квантовых коммуникаций в 2023 году составил 690 млн долл., согласно оценке аналитической компании Market Digest Hyperion Research. Аналитики полагают, что среднегодовые темпы роста составят 20,2% до 2030 года.

Через 10-15 лет квантовая связь станет таким же обязательным элементом цифровой инфраструктуры, как защита от вредоносных программ, установленная на каждом компьютере, уверены в РЖД. Основными

потребителями квантово-защищенной передачи информации станут государственные и финансовые организации, владельцы объектов критической информационной инфраструктуры в области энергетики и ТЭЖа, транспорта, здравоохранения, связи, оборонной промышленности.

За пять лет в компании разработали технические решения для магистральной инфраструктуры квантовых коммуникаций, обеспечивающих защищенную передачу данных в корпоративных сетях: архитектурные решения, оборудование, программное обеспечение, система доверенных узлов, система мониторинга, рассказали в пресс-службе компании.

В перспективе телеком-операторы смогут предоставлять защищенные услуги по передаче информации по квантово-защищенным каналам коммуникации клиентам, находящимся в разных регионах страны. В 2024 году к квантовой сети будут присоединены Сочи, Екатеринбург и Челябинск, следует из материалов на стенде РЖД, представленном на ВЭФ-2023.

### *Как это работает*

Квантовая связь имеет важное значение для криптографии, объяснил кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Центра квантовых технологий физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова Станислав Страупе. Наиболее устойчивой к взлому является защита секретности ключа законами квантовой механики, а не математическими алгоритмами, как в протоколах с открытым ключом.

Последние используются в повседневной жизни, например для защищенных банковских транзакций или кодировки сообщений в мессенджерах. Когда появится мощный квантовый компьютер – ожидается, что это произойдет в ближайшие семь-десять лет, информация, защищенная с помощью современных средств криптографии, может быть расшифрована, объяснил руководитель группы квантовых информационных технологий Российского квантового центра Алексей Федоров.

В квантовых коммуникациях информация передается закодированной в квантовых состояниях фотонов. Квантовые частицы могут быть любыми, но удобнее всего использовать кванты света – фотоны, объясняет ведущий научный сотрудник ИТМО Алексей Сантьев. В идеальных условиях передаются одиночные фотоны, но на практике добиться такого разделения сложно, но все равно передаются очень слабые световые импульсы. При этом каждый фотонный импульс кодируется независимо от остальных. Для передачи подходят волоконно-оптические линии связи.

Квантовая связь позволяет надежно защитить чувствительную информацию, потому что перехватить фотон, скопировать или удалить его и остаться незамеченным нельзя: вмешательство злоумышленника обязательно

будет обнаружено. Добиться этого позволяют так называемые протоколы квантового распределения ключей (КРК).

### *Квантовые скрепы*

Сейчас в России создаются квантовые сети, основанные на принципе доверенных промежуточных узлов: на смежных сегментах сети расположены отдельные системы, формирующие не связанные между собой квантовые ключи, объясняет Алексей Сантьев. Впоследствии эти ключи применяются для защищенной передачи других ключей, называемых квантово-защищенными, между не связанными между собой напрямую узлами квантовой сети.

Такой подход используется для преодоления максимальной дальности квантового канала в одной системе КРК, которая составляет порядка 100 км. Принцип доверенных промежуточных узлов позволяет строить квантовые сети любой дальности и произвольной топологии.

Первой такой сетью стал пилотный участок магистральной квантовой сети между Москвой и Санкт-Петербургом протяженностью около 800 км. В рамках проекта, реализуемого РЖД, были заложены основные архитектурные решения и принципы, позволяющие создавать магистральные квантовые сети. В составе оборудования были использованы пригодные для магистральной инфраструктуры системы КРК производства компании «СМАРТС-Кванттелеком» и шифраторы компании «Амикон».

Кроме того, сотрудники ИТМО решили другую важную задачу: организовали систему управления и мониторинга инфраструктуры квантовых сетей. Впоследствии с опорой на эти же подходы РЖД реализовала сегмент квантовых сетей между Москвой и Нижним Новгородом, работоспособность которого была продемонстрирована президенту России Владимиру Путину в рамках форума будущих технологий «Вычисления и связь. Квантовый мир» в июле 2023 года. Сейчас в рамках «дорожной карты» планируется запуск новых сегментов квантовых сетей.

Коммерческие решения для квантовой связи уже есть и вполне доступны, некоторые из них уже сертифицированы регулятором, так что могут реально использоваться для защиты данных.

Для дальнейшего развития технологии необходимо преодолеть целый ряд сложностей, полагает Алексей Сантьев. Первый блок вопросов связан с увеличением импортонезависимости систем КРК. В ИТМО уже реализовали проект Минпромторга России по созданию образца системы КРК на основе отечественной компонентной базы.

Второй блок связан с развитием нормативной основы применения квантовых сетей для обеспечения защищенной передачи данных в случаях, когда в соответствии с законодательством РФ должны использоваться

сертифицированные средства криптографической защиты информации. В прошлом году правительство утвердило концепцию регулирования отрасли квантовых коммуникаций до 2030 года, также технология квантовых коммуникаций получила упоминание в утвержденной правительством стратегии развития отрасли связи до 2035 года. По мнению Алексея Сантьева, это были первые шаги в закреплении правового статуса квантовой связи.

В начале февраля этого года Росстандарт утвердил два стандарта в области квантовых коммуникаций, разработанных РЖД совместно с Техническим комитетом 194 «Кибер-физические системы», Сколтехом (входит в группу ВЭБ.РФ), а также ИТМО. Они вступили в силу и будут действовать до 2027 года.

Документы устанавливают требования к архитектуре и интерфейсам подключения типового программно-аппаратного комплекса распределения ключей, выработанных сетью КРК. В РЖД отметили, что новые стандарты позволят внедрять квантовые технологии в банковском секторе, сфере телекоммуникационных технологий и транспорта, промышленном интернете вещей, в потребительских «умных» системах. Кроме того, они обеспечат доступность квантовых ключей и квантовой защиты информации для решения большого перечня практических задач, стоящих перед национальной экономикой.

«В ближайшие два года, в том числе благодаря совместной с участниками экосистемы квантовых коммуникаций работе по формированию нормативной базы и утверждению стандартов, мы сможем прийти к созданию сервиса оператора связи, клиентских мультивендорных сетей и элементов квантового интернета», – рассказал заместитель генерального директора – главный инженер ОАО РЖД Анатолий Храмцов.

Коммерческие решения для квантовой связи уже есть и вполне доступны, некоторые из них уже сертифицированы регулятором, так что могут реально использоваться для защиты данных, добавил Станислав Страупе. Вопрос внедрения, на его взгляд, находится скорее в плоскости экономической целесообразности. Пока что технология достаточно дорогая, особенно детекторы одиночных фотонов. Кроме того, лавинные фотодиоды (преобразуют свет в электросигнал), которые используют в большинстве систем, не производятся массово в России, что тоже не способствует снижению стоимости решений. И это еще вопрос, будут ли конечные потребители продукции считать целесообразным внедрение таких систем в своей практике, полагает эксперт.

## **Ученые ИПФ РАН реализовали квантовую память в кристалле ортосиликата иттрия**

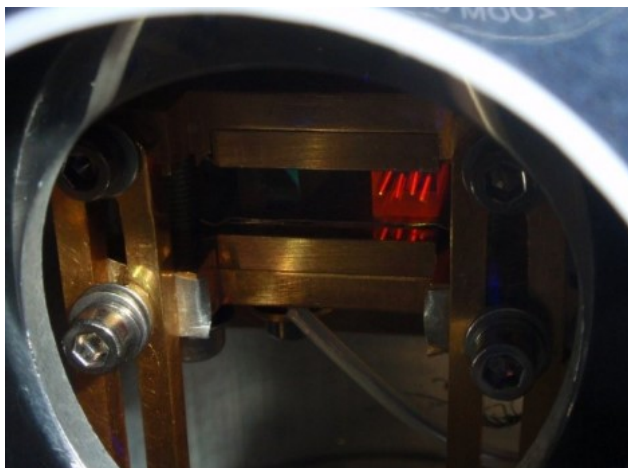
В ИПФ РАН была реализована квантовая память для записи поляризационных и временных кубитовых состояний света в кристалле ортосиликата иттрия, допированного ионами европия (Eu:YSO).

Квантовые коммуникации являются одной из наиболее актуальных областей квантовых технологий. Они открывают путь к развитию множества потенциальных практических приложений, в том числе к созданию безопасного квантового интернета. Однако принципиальной проблемой на этом пути становится малая дальность квантовых коммуникационных сетей, которая ограничивается затуханием света в оптоволокне. Для решения проблемы затухания используются промежуточные пункты – узлы, включающие т.н. квантовые повторители, ключевым элементом которых является квантовая память, позволяющая сохранить и впоследствии извлечь свет с сохранением его квантового состояния. Преимуществом квантовых повторителей является то, что даже при наличии у злоумышленника доступа к узлу он не сможет перехватить пересылаемую информацию, что делает квантовые повторители абсолютно защищенными.

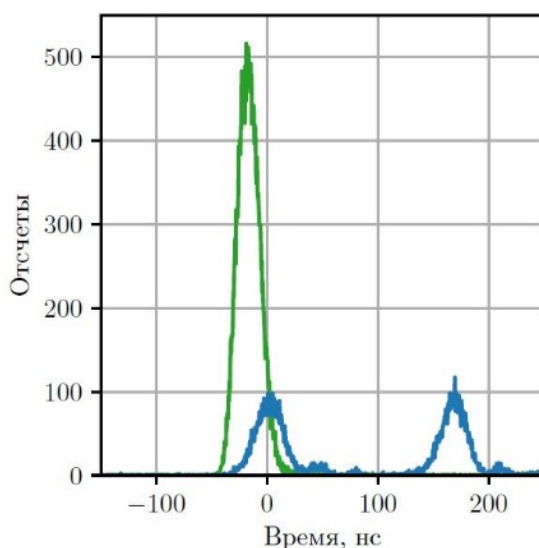
Для реализации квантовой памяти сотрудниками отдела нелинейной электродинамики ИПФ РАН был выбран кристалл ортосиликата иттрия (Eu:YSO). Благодаря своим когерентным свойствам он является одной из наиболее перспективных сред для хранения квантовой информации. Однако материал кристалла обладает способностью проявлять различные свойства поглощения в зависимости от поляризации падающего излучения (это свойство материала называется анизотропией), что представлялось проблемой, поскольку использование фотонов разных поляризаций является одним из наиболее привлекательных методов кодирования квантового состояния.

Для устранения недостатка исследователями была предложена оригинальная схема с четырехкратным проходом излучения через образец с промежуточным поворотом поляризации, позволившая избавиться от анизотропии (рис. 1). В данной схеме была реализована память (рис. 2) на основе атомной частотной гребенки с максимальной эффективностью 26% и рабочей полосой порядка 10 МГц. Проведенные томографические измерения, анализирующие квантовую память как процесс, трансформирующий произвольное входное поляризационное состояние в выходное, показали, что точность воспроизведения квантовых состояний составляет более 80%, что достаточно для квантовых приложений.





*Рис. 1. Фотография криостата с кристаллом  $\text{Eu:YSO}$ , в котором реализована квантовая память. Видны четыре прохода лазерного излучения через кристалл*



*Рис. 2. Сигнал эха на выходе квантовой памяти (синяя линия, второй импульс). Зеленым показан записываемый импульс*

Был также исследован потенциал реализованной памяти для хранения так называемых кубитов с временным кодированием – кубитов, где для кодирования состояний 0 и 1 используется время прихода фотона. Был проведен эксперимент, где в память направлялись пары импульсов с контролируемой разностью фаз. Параметры квантовой памяти подбирались таким образом, чтобы было возможно совместить извлеченные из памяти импульсы по времени и наблюдать их интерференцию. Полученная видность (мера контрастности) интерференционной картины более 90% (рис. 3) подтверждает высокую точность сохранения разности фаз между записываемыми импульсами.

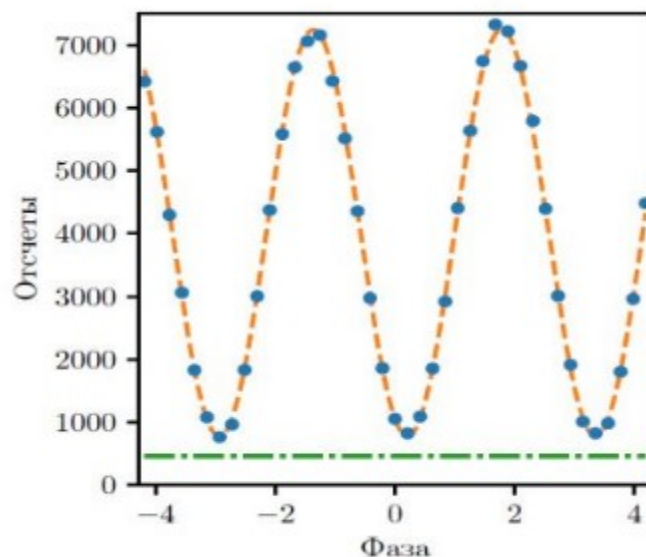


Рис. 3. Интерференция двух эхо-сигналов от двух записываемых импульсов при варьировании разности фаз между ними

Работа была выполнена в рамках проекта «Разработка системы квантового распределения ключа с квантовым повторителем на основе оптической памяти», финансируемого ОАО «РЖД» в соответствии с «дорожной картой» развития высокотехнологичной области «Квантовые коммуникации».

Источник: [luckyea77.livejournal.com](https://luckyea77.livejournal.com), 03.03.2024

### **В СПбГУ объяснили особенности свечения ненапряженных квантовых точек**

Физики Санкт-Петербургского государственного университета исследовали оптические свойства квантовых точек, за открытие которых выпускнику Университета Алексею Екимову в 2023 была присуждена Нобелевская премия. Ученые изучали полупроводниковые квантовые точки, выращенные в СПбГУ методом молекулярно-пучковой эпитаксии. Особенность таких точек – отсутствие механических напряжений, что делает их перспективными для применения в новых оптоэлектронных устройствах. Исследователям СПбГУ удалось выделить излучение одиночных точек и объяснить особенности его спектрального состава.

Результаты исследования опубликованы в журнале *Physical Review B*. Квантовые точки на основе арсенида галлия используются в устройствах оптоэлектроники – фотодетекторах, лазерах и элементах оптических компьютеров. Одной из проблем таких точек являются механические

напряжения, появляющиеся из-за различия кристаллических решеток используемых материалов. В своей работе сотрудники Лаборатории кристаллофотоники СПбГУ использовали новый подход для роста квантовых точек.

С помощью капельной эпитаксии на поверхности подложки из арсенида галлия создавались наноотверстия, которые в дальнейшем заполнялись материалом точки. Такие образцы были изготовлены на установке молекулярно-пучковой эпитаксии в Ресурсном центре «Нанопотоника» Научного парка СПбГУ. Полученные слои квантовых точек имеют минимальные механические напряжения, поскольку используется пара материалов с близкими кристаллическими решетками – GaAs и AlGaAs. Отсутствие напряжений позволяет создать на основе таких квантовых точек устройства оптической логики, использующие для обработки информации долгоживущих спинов ядер.

Физики Санкт-Петербургского университета провели подробное исследование оптических свойств квантовых точек GaAs/AlGaAs методами спектроскопии микрофотолюминесценции и отражения. Как рассказала лаборант-исследователь Лаборатории кристаллофотоники СПбГУ Екатерина Дерибина, под действием света в квантовых точках рождаются квазичастицы – экситоны, представляющие собой «искусственные атомы» из электронов и дырок в полупроводнике. При рекомбинации экситонов квантовая точка испускает свет – люминесцирует.

«Цвет» инфракрасного свечения квантовой точки зависит от ее формы и размера. В исследовании таких образцов другие научные группы сталкивались с наличием нескольких разных «цветов» в одном образце, однако объяснения этому явлению найдено не было. Ученые Санкт-Петербургского университета с помощью метода микроскопии смогли выделить излучение одиночных квантовых точек.

Как объяснила Екатерина Дерибина, набранная статистика по сотням квантовых точек позволила провести анализ пространственной корреляции свечения и найти ему объяснение:

«Мы анализировали распределенные по поверхности образца квантовые точки и выяснили, что различные «цвета» свечения соответствуют разным областям квантования движения экситона. Геометрия квантовой точки оказалась сложнее, чем представлялось ранее. Помимо основной центральной области, в каждой квантовой точке существуют две другие области меньшего размера, также ограничивающие движение экситона на нанометровых масштабах.

Точную геометрию «внутренностей» квантовых точек еще предстоит выяснить, но возможность контроля этой геометрии с помощью подбора

ростовых параметров удастся нам уже и сейчас», – сказала Екатерина Дерибина. Сейчас ученые СПбГУ продолжают работу по созданию точек с определенным спектром свечения, чтобы получать образцы, подходящие для исследования конкретных физических явлений.

*Источник: naked-science.ru, 06.03.2024*

### **Увеличение мощности суперкомпьютеров РФ в 10 раз поначалу потребует 2-3 млрд руб**

Увеличение мощности отечественных суперкомпьютеров не менее чем в 10 раз к 2030 году на начальном этапе потребует 2-3 миллиардов рублей, таким мнением с РИА Новости поделился руководитель департамента расследований T.Hunter, эксперт рынка НТИ SafeNet Игорь Бедеров.

28 февраля президент России Владимир Путин выступил с посланием Федеральному Собранию в Гостином дворе, где заявил, что к 2030 году совокупная мощность отечественных суперкомпьютеров должна быть увеличена не менее чем в 10 раз, «это реалистичная задача».

«Что касается количества средств – тут пока непонятно. Надо обеспечить создание собственных квантовых сетей, квантовых центров, квантовых компьютеров, которые могли бы обмениваться данными, но я думаю, что на начальном этапе эта сумма может варьироваться от двух до трех миллиардов (рублей – ред.)», – сказал Бедеров.

По словам эксперта, все зависит от того, какими именно путями будет достигнута задача. «Квантовыми технологиями у нас занимаются уже как минимум лет шесть, РЖД и ряд других компаний, например, «Ростелеком», – добавил он.

Он отметил, что увеличение мощности отечественных суперкомпьютеров кардинальным образом отразится на искусственном интеллекте и программном обеспечении. Это будут абсолютно новые возможности для обеспечения информационной безопасности. Рост мощности, по его словам, увеличит, оптимизирует и снизит стоимость функционирования существующих сервисов.

*Источник: mfd.ru, 29.02.2024*

### **Устройство для работы «квантовых» нейросетей создали в России**

Ученые из Нижнего Новгорода и Москвы предложили сверхпроводящую логическую ячейку, которая может быть как составной частью квантового компьютера, так и компонентом нейросети – искусственным нейроном.

Исследователи уверены, что в перспективе на ее основе будут проектироваться элементы для нейроморфной обработки информации в квантовых процессорах – по сути, «квантовые» нейросети.

Сотрудники Национального исследовательского Нижегородского государственного Университета имени Н. И. Лобачевского и Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова предложили модель сверхпроводящей логической ячейки, которая может быть как единицей информации в квантовом компьютере – кубитом, – так и базовым элементом нейросети – нейроном. Такой ячейкой стал интерферометр – прибор, изменяющий магнитное поле по заданному учеными закону.

«Мы настроили ячейку так, что она перестала реагировать на незначительные изменения магнитного поля, поступающего на нее. Однако, если магнитный поток на входе оказывался достаточно сильным, на выходе формировался фиксированный магнитный поток. Фактически, таким образом мы продемонстрировали режим работы квантовой ячейки (квантового нейрона), полностью аналогичной известным для классических нейронных сетей. С другой стороны, меняя параметры индуктивностей ячейки и внешнего потока, мы смогли использовать ее в качестве вспомогательного кубита, отказавшись при управлении ею от высокостабильного опорного генератора и сложных смесителей сверхвысокочастотных сигналов, которые необходимы в традиционной технике», — объяснил участник проекта Николай Кленов, профессор кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники МГУ имени М. В. Ломоносова.

Ученые выяснили, что предлагаемая ячейка будет работать при температурах от 0,03 Кельвинов до 1 Кельвина, что подтверждает возможность использовать ее на практике для создания нейросетей, работающих с квантовой информацией. Поддержание таких условий у исследователей трудностей не вызывает.

«В настоящее время системы, объединяющие квантовые вычисления и искусственный интеллект, особенно актуальны. Наша работа – это маленький шаг в сторону развития нейросоппроцессоров (базовых ячеек – нейронов), работающих с квантовой информацией. В дальнейшем мы планируем изучить передачу и обработку квантовой информации в простейшей квантовой сверхпроводниковой сети», — рассказала Марина Бастракова, руководитель проекта, заведующая лабораторией теории наноструктур Нижегородского государственного университета имени Н. И. Лобачевского.

*Источник: наука.рф, 10.03.2024*

### **Ученые из ВШЭ и МИСИС разработали математическую модель квантовых батарей**

Российские ученые из НИУ ВШЭ и НИТУ МИСИС разработали математическое описание работы квантовых батарей, способных запасать энергию с использованием частиц света и квантовых эффектов.

Это описание, сообщили в пресс-службе ВШЭ, позволяет точно вычислять емкость, мощность и время оптимального заряда батареи. Квантовые батареи могут улучшить производительность солнечных панелей и электромобилей, а также создать новые возможности для эффективной передачи энергии.

Разработанный набор уравнений основан на изучении взаимодействий между частицами света и квантовыми объектами, такими как атомы или их искусственные подобию. Ученые также выяснили, что число квантовых объектов в аккумуляторе влияет на мощность зарядки: удвоение их числа приведет к увеличению мощности зарядки почти втрое.

Исследование опубликовано в журнале *Physical Review A*. Созданный подход и результаты исследования позволят более эффективно проектировать квантовые батареи и разрабатывать методы их зарядки

*Источник: vesti.ru, 12.03.2024*

### **До конца года в России построят ещё 1400 км квантовой сети**

В сочетании с искусственным интеллектом такие устройства смогут разрабатывать новые материалы, медикаменты, военную технику, прогнозировать поведение людей, сообществ и даже целых государств. Стоит ли уточнять, сколько корпораций по всей планете сейчас активно инвестируют в квантовые исследования! Россия начала действовать в этом научном направлении в 2014 году. Представленный в Москве в июле 2023-го 16-кубитный квантовый компьютер по мировым меркам не отличается супермощностью, но, как говорится, процесс пошел: значимость прорыва нельзя недооценивать. Понимая не только важность создания квантовых компьютеров, но и потенциальную опасность, которую те могут нести для общества, наша страна сконцентрировала усилия на разработке средств защиты на случай появления супертехнологий у недружественных стран. Речь о квантовых сетях.

Скорость и безопасность Мир атомов, электронов и фотонов на неискушенный взгляд гуманитария или простого обывателя кажется странным. В нем одна и та же частица может находиться одновременно в нескольких состояниях и даже быть в разных местах в одно и то же время. Так вот, квантовая сеть использует эту особенность микромира для передачи информации. В квантовой сети вместо обычного интернет-кабеля используют специальные «трубки», по которым передаются фотоны – супербыстрые световые частицы. И каждый фотон несет информацию. Таким образом, скорость передачи данных становится запредельной, как и безопасность: если кто-то попытается «подслушать» информацию, передаваемую по квантовой сети, он нарушит квантовое состояние фотона, и специалисты это увидят. Незаметно получить доступ к передаваемым таким способом данным невозможно. В 2021 году в России появилась первая квантовая сеть, она была внедрена в главном университете страны – МГУ. Пилотный проект признали удачным и масштабировали.

Такой ячейкой стал интерферометр – прибор, изменяющий магнитное поле по заданному учеными закону. Однако, если магнитный поток на входе оказывался достаточно сильным, на выходе формировался фиксированный магнитный поток. Фактически таким образом мы продемонстрировали режим работы квантовой ячейки квантового нейрона, полностью аналогичной известным для классических нейронных сетей. С другой стороны, меняя параметры индуктивностей ячейки и внешнего потока, мы смогли использовать ее в качестве вспомогательного кубита, отказавшись при управлении ею от высокостабильного опорного генератора и сложных смесителей сверхвысокочастотных сигналов, которые необходимы в традиционной технике», – объяснил участник проекта Николай Кленов, профессор кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники МГУ имени М. Ученые выяснили, что предлагаемая ячейка будет работать при температурах от 0,03 Кельвинов до 1 Кельвина, что подтверждает возможность использовать ее на практике для создания нейросетей, работающих с квантовой информацией.

Михаил Перельштейн: Физики предложили легко масштабируемый способ распределения информации по квантовым каналам связи между несколькими участниками. Ученые экспериментально реализовали разработанный протокол в Бристоле на расстоянии десятков километров.

Работа опубликована в журнале *Science Advances*. Квантовая коммуникация позволяет пользователям обмениваться информацией по абсолютно защищённому каналу связи. Дело в том, что безопасность такого способа передачи сообщений основана не на вычислительной сложности определенных алгоритмов, которые теоретически могут быть взломаны, а на

фундаментальных законах физики. Использование квантовой запутанности позволяет легко узнать, прослушивается ли канал связи.

*Источник: mir-ribolova.ru, 13.03.2024*

### **В МФТИ заявили о создании компактного маршрутизатора сигналов для квантовых компьютеров**

Российские и японские физики разработали первое скоростное компактное устройство, позволяющее управлять движением сигналов внутри сверхпроводящих квантовых компьютеров, не нагревая их и не внося помехи в их работу. Об этом сообщила пресс-служба МФТИ.

"Созданный исследователями переключатель пространственных каналов на чипе квантового процессора является первым в мире устройством, лишенным всех недостатков, которыми обладают все его известные зарубежные и российские аналоги. В их число входит низкая скорость работы, узкая практическая применимость, сложности в изготовлении и крупные размеры", - говорится в сообщении.

Это устройство было разработано группой российских и японских физиков под руководством профессора Университета науки Токио Цзя Чжаошена. Оно представляет собой набор из двух разработанных российскими учеными волноводов, в которых скорость движения волн особым образом замедляется, и цепочек из нескольких специализированных конденсаторов и сверхпроводящих магнетометров (СКВИДов), которые связывают эти каналы друг с другом.

Характером этой связи, как обнаружили исследователи, можно гибким образом управлять при помощи источников внешних магнитных полей, что позволяет перенаправлять сигналы из одного канала в другой с минимальными затратами энергии и времени, что важно при проведении расчетов на сверхпроводящих квантовых компьютерах. Другим важным плюсом этой разработки является то, что она занимает мало места на чипе и при этом работает в очень широком диапазоне частот, от 4,8 до 7,3 ГГц.

*Источник: nauka.tass.ru, 18.03.2024*

### **«Лавинный заряд». В России создали устройства для отражения квантовых атак**



В стране полным ходом прокладывают сети квантовой связи. Задача ученых – устранить все уязвимости. Чего удалось достичь, рассказал РИА Новости заведующий лабораторией нелинейных резонансных процессов и лазерной диагностики Института физики полупроводников имени А. В. Ржанова, член-корреспондент РАН Игорь Рябцев.

Обычная связь, даже зашифрованная, уже не соответствует современным требованиям безопасности. Информацию, идущую по оптоволоконным сетям, можно перехватить. Представьте себе: на одном конце линии – передатчик Алиса, на другом – приемник Боб. Алиса посылает Бобу лазерные импульсы с закодированной информацией. В каждом импульсе – миллионы, миллиарды фотонов, частиц света. Тут появляется хакер Ева, которая вставляет в оптоволоконный кабель полупрозрачное зеркало, отводит часть фотонов и получает ту же информацию. Причем незаметно.

Другое дело – квантовая система. Ключ шифрования там совершенно случаен, поскольку генерируется во время физического процесса. А носитель информации всего один: квант света (фотон). Его вполне можно отправлять по спутниковым каналам связи и оптоволоконным сетям.

«Допустим, мы посылаем импульс, в котором один фотон. Разделить его зеркалом невозможно, поэтому он уйдет либо Бобу, либо Еве. Чтобы остаться незамеченной, Еве нужно измерить состояние перехваченного фотона, создать такой же и отправить Бобу. Но это противоречит законам квантовой механики: любое измерение меняет состояние фотона. Ева вносит ошибку в систему связи и будет обнаружена», – рассказывает доктор физико-математических наук Игорь Рябцев.

#### *Как получают одиночный фотон*

Одиночный фотон обычно представляют как плоскую электромагнитную волну. Однако правильнее говорить о волновом пакете, или цуге, ограниченном во времени и пространстве, уточняет исследователь. Поэтому на лазерный луч ставят ослабитель, который поглощает большую часть фотонов, и в какой-то момент у него на выходе может появиться одиночный фотон. Ключевое слово: «может». То есть процесс абсолютно случайный.

Статистика испускания фотонов описывается распределением Пуассона. Обычно среднее число фотонов на импульс в квантовой криптографии – от 0,1 до 0,2. «Это значит, что в среднем только десять процентов импульсов содержат одиночные фотоны, остальные – преимущественно пустые», – говорит Игорь Рябцев.

Однако, по его словам, есть ненулевая вероятность испускания двух и более фотонов. И этим может воспользоваться взломщик.

«Считается, что Ева обладает любыми техническими возможностями. Значит, она может блокировать все посылки от Алисы к Бобу, содержащие один фотон, и оставлять только те, что с двумя фотонами. Тогда один она забирает себе и получает ту же информацию, что и Боб. Это называется «квантовая атака с разделением числа фотонов». Двухфотонные импульсы крайне нежелательны, вот почему ученые работают над истинными источниками одиночных фотонов», — поясняет физик.

В ИФП СО РАН такое устройство создали в середине 2000-х в группе Владимира Гайслера. Это одиночный квантовый объект – квантовая точка из арсенида индия на подложке из арсенида галлия. Гетероструктуру выращивают методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Квантовая точка излучает одиночный фотон определенной длины волны. Чтобы его выделить, ставят оксидную апертуру.

«Излучатель накачивался током и генерировал одиночные фотоны с частотой следования до одного гигагерца. Измерения проводили в Германии», — отмечает Рябцев.

Сейчас эти исследования продолжают в группе Алексея Торопова в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе РАН. Недавно ученые объявили о разработке источника одиночных фотонов для квантовых компьютеров (рис. 1).

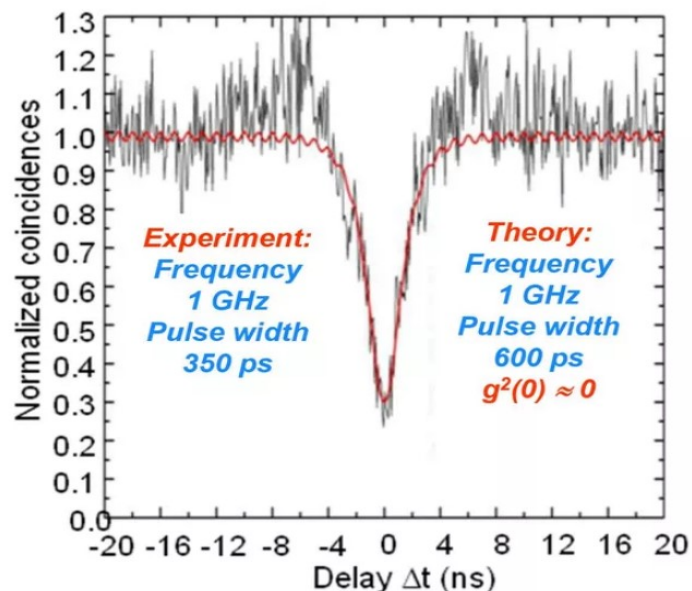


Рис. 1. Демонстрация генерации одиночного фотона в излучателе на квантовой точке: провал на графике говорит о том, что изучается только один фотон

### Ограничения и решения

Проблема излучателей на квантовых точках в том, что для их работы нужны криогенные температуры. То есть устройство нужно заключить

в гелиевый криостат. Это возможно в лабораторных условиях, но не в массовом производстве.

Другая сложность – небольшая эффективность. После сборки системы квантовой связи одиночный фотон появляется с вероятностью чуть более десяти процентов.

Наконец, помимо источника одиночного фотона, нужен еще детектор. Концепций несколько. Исторически для регистрации частицы использовали фотоэлектрические умножители – изделия хрупкие и громоздкие. Миниатюрное устройство на них не создашь.

Самый передовой на сегодняшний день детектор – на сверхпроводниковых нитях. Идея родилась в Московском педагогическом государственном университете в группе Григория Гольцмана, впоследствии основавшего компанию «Сконтел». Устройство эффективное, с низким уровнем шумов, однако, как и любой сверхпроводник, требует криогенной установки.

В ИФП СО РАН выбрали компромиссный вариант: лавинный фотодиод. «Компактное устройство с низким энергопотреблением и приемлемыми характеристиками. За основу взяли американскую конструкцию и усовершенствовали», – описывает Рябцев.

«Когда поступает один фотон, в детекторе возникает лавина зарядов, на внешней нагрузке появляется макроскопический электрический импульс», – добавляет исследователь.

Проблема все та же: детектор срабатывает не на каждый фотон. Эффективность 20 – максимум 30 процентов. «Но этого достаточно для реализации идеи квантовой криптографии», – утверждает физик.

По словам ученого, в России пока нет производства собственных лавинных фотодиодов для оптоволоконной связи с длиной излучения 1,5 микрона. Начав работу в 2015-м, физики из Новосибирска сделали такое устройство, запатентовали технологию выращивания полупроводниковой гетероструктуры и конструкции на ее основе, создали опытные образцы. Сейчас тестируют в однофотонном режиме. В целом все готово к коммерциализации.

Первую линию квантовой связи длиной 700 километров запустили в 2021-м между Москвой и Санкт-Петербургом. За проект отвечает РЖД, прокладывающая оптоволоконные сети вдоль железнодорожных путей. Следом открыли еще один участок – между Москвой и Нижним Новгородом. В этом году квантовые коммуникации охватят сразу несколько городов.

## **В России представили новый квантово-устойчивый механизм – Кодиеум**

Специалисты компании «Криптонит», входящей в «ИКС Холдинг», разработали криптографический механизм «Кодиеум», особенностью которого является устойчивость к атакам с квантовых компьютеров. «Кодиеум» позволяет безопасно передать ключ шифрования при создании защищённого соединения. Тема противодействия квантовым атакам сейчас актуальна. Например, в сентябре мессенджер Signal ввёл квантово-устойчивое шифрование PQXDH. Параллельно Google представила первую имплементацию квантово-устойчивого ключа FIDO2 с открытым исходным кодом. Он отличается использованием уникальной схемы гибридной подписи ECC/Dilithium. Более того, в Chrome 116 добавили поддержку квантово-устойчивых алгоритмов шифрования.

Наши специалисты тоже не отстают, пытаюсь заранее подготовить почву для противодействия кибератакам с использованием квантовых компьютеров. Для этого как раз и разрабатывали постквантовый механизм защиты «Кодиеум». По словам специалистов «Криптонит», нововведение поможет защитить тайну переписки в мессенджерах, а также банковские транзакции и любые другие конфиденциальные данные, передаваемые по Сети. Что касается технической части реализации, «Кодиеум» представляет собой постквантовый аналог достаточно распространённого протокола Диффи — Хеллмана. Механизм основан на математической задаче сложности декодирования случайного кода, исправляющего ошибки (ровно как «Шиповник»). В настоящее время оба механизма проходят стандартизацию.

*Источник: anti-malware.ru, 22.03.2024*

## **Бауманка запускает первое в России производство сверхпроводниковых квантовых процессоров**

В МГТУ им. Н. Э. Баумана объявили о запуске производства сверхпроводниковых квантовых процессоров на 100-мм пластинах. Это позволит удовлетворить потребности в сверхпроводниковых интегральных схемах в России.

Одной из ключевых задач была разработка наноразмерных элементов – так называемых джозефсоновских переходов. Это сложные трехслойные структуры из алюминия, туннельного оксида алюминия и снова алюминия (Al-AlOx-Al). При охлаждении до температуры ниже  $-273$  °C в этой структуре возникает кубит – базовый элемент квантовых схем. Нашим ученым удалось разработать технологию изготовления джозефсоновских переходов

с линейными размерами на уровне десятков нанометров с суб-нанометровой точностью.

Для наглядности: представим, что чип квантового процессора размером  $4 \times 10$  мм – это вся Россия. Тогда джозефсоновский переход в ней будет Москвой-рекой. Такой уровень точности обеспечивает рекордные показатели воспроизводимости электрических характеристик переходов и параметров кубитов на мировом уровне.

Для внедрения технологии в серийное производство ученые разработали и успешно применили математическую модель, которая симулирует процесс формирования сверхпроводниковых джозефсоновских переходов. Полученные результаты уже сегодня позволяют производить квантовые интегральные схемы с высокой точностью контроля частоты кубитов – и это соответствует мировым стандартам.

*Источник: obrazovanie.press, 20.03.2024*

### **Квантовые процессоры: производство на базе Бауманки**

Первое в России контрактное производство сверхпроводниковых квантовых процессоров на 100-мм пластинах откроется в кампусе МГТУ им. Н. Э. Баумана. Оно основывается на разработках, которые ведутся в МГТУ и во ВНИИА им. Н. Л. Духова ГК «Росатом» с 2016 года. Это позволит удовлетворить растущий запрос ключевых заказчиков сверхпроводниковых интегральных схем, включая ведущие российские бигтехи, технологические компании и научные лаборатории, сообщают разработчики. С учетом планов развития квантовых технологий, в частности для разработки суперкомпьютеров, в России до 2030 года ежегодный рост потребности в сверхпроводниковых интегральных схемах составит более 35%. «Суперкомпьютерные вычисления становятся сегодня абсолютным приоритетом ведущих мировых держав благодаря внедрению методов искусственного интеллекта, – отмечает Александр Андрияш, научный руководитель ВНИИА. – Поставленная цель увеличения мощности российских суперкомпьютеров в десятки раз к 2030 году может быть достигнута в том числе благодаря разработанным на базе МГТУ имени Баумана серийным технологиям производства квантовых сопроцессоров. При этом эффективность экзафлопсных машин на базе квантовых технологий может оказаться заметно выше традиционных подходов – и это при гораздо более низкой стоимости. Переходя на серию в квантах, мы формируем принципиально новые

возможности ускоренной разработки квантовых устройств технологическими компаниями и научными группами нашей страны».

*Источник: topocle.ru, 25.03.2024*