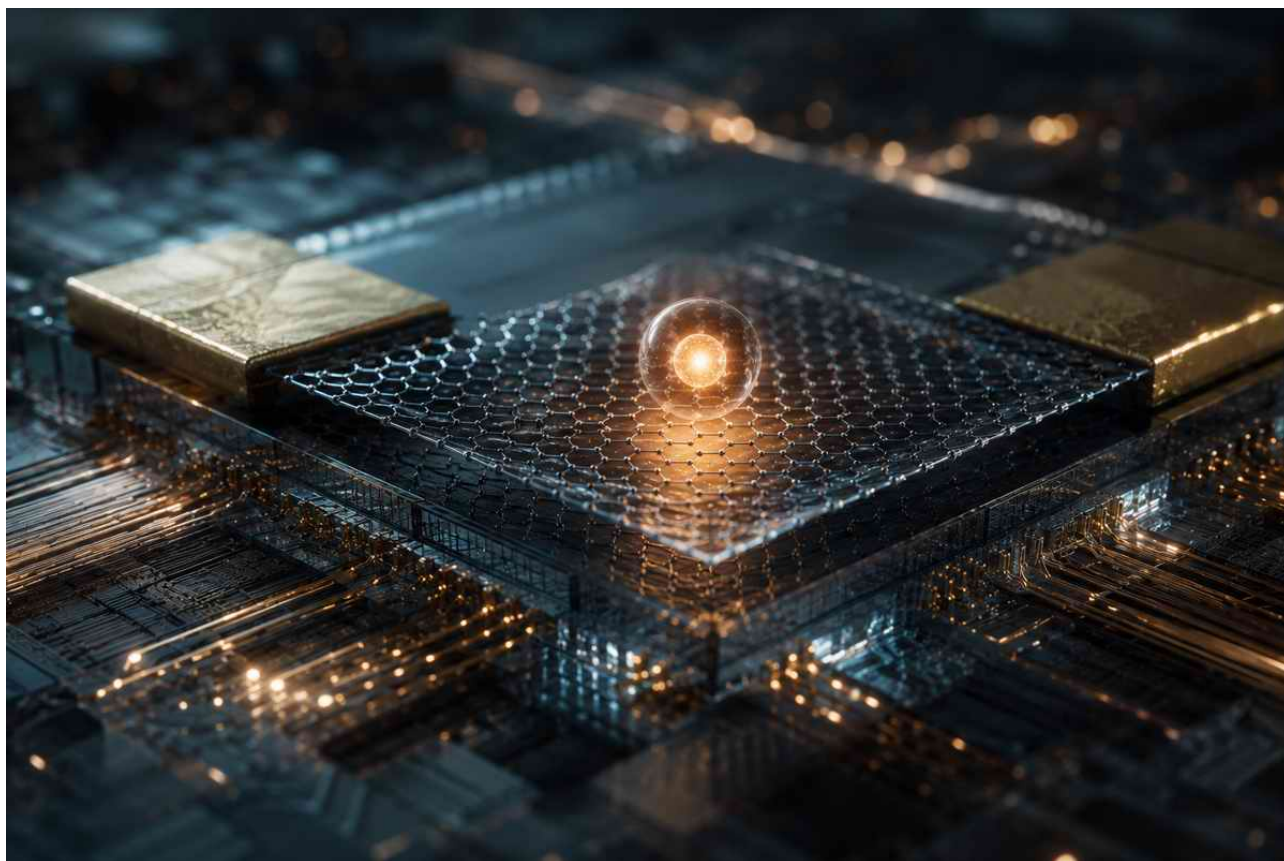


Ученые создали память, в которой один электрон хранит один бит информации: это может изменить будущее компьютеров



Дата публикации: 30.07.2026

Современные компьютеры становятся все быстрее и компактнее, однако развитие микроэлектроники постепенно приближается к фундаментальным физическим ограничениям. Одной из главных проблем остается хранение информации. Несмотря на огромный прогресс в производстве микросхем, для записи одного бита памяти современные устройства по-прежнему используют большое количество электронов. Теперь ученые сделали важный шаг к технологии, которая долгое время считалась практически недостижимой: они создали запоминающее устройство, способное хранить один бит информации с помощью всего одного электрона.

Работа опубликована в журнале Science и уже привлекла внимание специалистов в области наноэлектроники и квантовых технологий. Если разработку удастся довести до промышленного применения, она может привести к появлению нового поколения сверхкомпактных, энергоэффективных и высокопроизводительных электронных устройств.

На первый взгляд один электрон кажется слишком маленьким объектом, чтобы надежно хранить информацию. Однако именно к этому давно стремятся инженеры. Чем меньше электронов требуется для записи данных, тем меньше энергии расходует устройство и тем больше информации можно разместить на одном кристалле.

Теоретически принцип работы довольно прост. Добавление одного электрона должно переводить память в состояние «1», а его удаление — возвращать в состояние «0». На практике все оказывается значительно сложнее. Электрические взаимодействия внутри микроскопических структур создают так называемую паразитную емкость, которая буквально размывает сигнал отдельного электрона. В результате устройство уже не способно надежно определить, находится ли электрон в области памяти.

Подобные разработки предпринимались и раньше, однако они сталкивались с серьезными ограничениями. В некоторых экспериментах исследователям удавалось зарегистрировать одиночный электрон даже при комнатной температуре, но информация сохранялась всего несколько секунд. Для создания полноценной памяти этого явно недостаточно.

Китайские ученые предложили совершенно новый подход. Они разработали сверхтонкий транзистор на основе графена — материала, состоящего всего из одного слоя атомов углерода. Благодаря необычной конструкции удалось значительно уменьшить паразитную емкость, которая раньше мешала стабильной работе одноэлектронной памяти.

Особенность новой архитектуры заключается в использовании атомарно тонких материалов и специальных краевых контактов, позволяющих максимально изолировать область хранения информации от нежелательных электрических воздействий. Именно это стало ключом к успешной работе устройства.

Во время испытаний исследователи наблюдали четкий электрический сигнал каждый раз, когда к области памяти добавлялся или удалялся всего один электрон. Изменение порогового напряжения достигало примерно 0,5 вольта — достаточно большой величины, чтобы надежно различать состояния даже при комнатной температуре.

Не менее впечатляющими оказались результаты проверки долговременной стабильности. Экспериментально устройство сохраняло записанное состояние более 5000 секунд. Дополнительное математическое моделирование показало, что при оптимизации конструкции информация потенциально может храниться до десяти лет. Пока этот показатель остается теоретическим прогнозом,

который еще предстоит подтвердить экспериментально.

Еще одной интересной особенностью новой разработки стал необычный механизм управления квантовыми состояниями. Авторы назвали его «ножницами плотности состояний». Если упростить описание, система позволяет выборочно исключать определенные энергетические состояния, тем самым очень точно управляя поведением отдельных электронов.

Во второй экспериментальной версии устройства ученые специально продемонстрировали эффект пропуска одного из ожидаемых состояний памяти. Пока подобный режим удалось реализовать только при температуре около 10 кельвинов, то есть значительно ниже комнатной. Тем не менее сам факт успешной демонстрации показывает, что инженеры получают инструменты для управления отдельными квантовыми состояниями с беспрецедентной точностью.

Подобные исследования важны далеко не только для создания новых носителей информации. Возможность контролировать отдельные электроны открывает перспективы для развития квантовой электроники, сверхминиатюрных вычислительных устройств и новых архитектур квантовых компьютеров. В будущем такие технологии могут использоваться в системах искусственного интеллекта, мобильной электронике, дата-центрах и научных вычислениях.

Кроме того, уменьшение числа электронов, необходимых для хранения данных, позволяет существенно снизить энергопотребление памяти. Сегодня центры обработки данных расходуют огромные объемы электроэнергии, поэтому даже небольшое повышение эффективности каждого элемента памяти способно привести к значительной экономии в мировом масштабе.

Однако до появления подобных микросхем в серийной электронике еще далеко. Исследователям предстоит решить сразу несколько сложных задач. Необходимо добиться столь же стабильной работы всех эффектов при комнатной температуре, научиться объединять миллионы подобных элементов в единую микросхему и обеспечить их надежную работу в течение многих лет.

Тем не менее специалисты считают нынешнюю работу одним из наиболее важных достижений последних лет в области нанoeлектроники. Впервые удалось практически продемонстрировать, что один электрон действительно способен надежно хранить один бит информации в условиях, близких к реальной эксплуатации.

По мере развития подобных технологий вычислительные устройства могут стать значительно компактнее, быстрее и экономичнее. Возможно, именно такие разработки станут следующим крупным этапом после традиционных кремниевых

микросхем и приблизят появление принципиально новой электроники, работающей практически на фундаментальном физическом пределе.

Ссылка: «Надежная память на основе одного электрона с управлением квантовыми состояниями» [DOI: 10.1126/science.aeg6638](https://doi.org/10.1126/science.aeg6638).