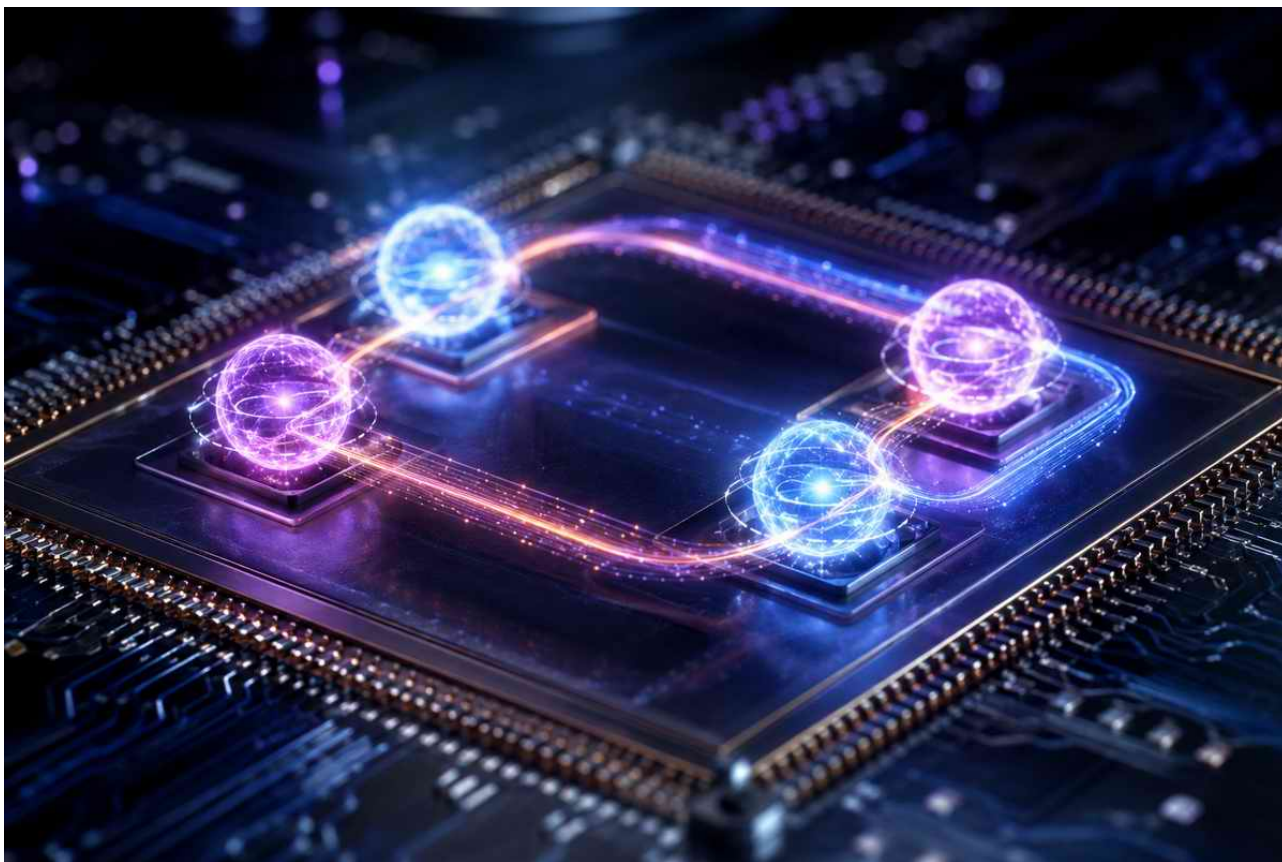


## Подвижные кубиты на кремниевом чипе могут изменить будущее квантовых компьютеров



Дата публикации: 08.05.2026

Квантовые компьютеры уже много лет считаются одной из самых перспективных технологий XXI века. Исследователи предполагают, что в будущем такие системы смогут решать задачи, недоступные даже самым мощным суперкомпьютерам современности. Среди наиболее ожидаемых направлений применения называются разработка новых лекарств, моделирование сложных молекул, создание сверхэффективных аккумуляторов, криптография, искусственный интеллект и материаловедение.

Однако между экспериментальными лабораторными установками и полноценными повседневными квантовыми компьютерами по-прежнему остается огромная технологическая дистанция. Одной из главных проблем считается ограниченная возможность взаимодействия кубитов — квантовых аналогов обычных компьютерных битов.

В классических компьютерах информация передается с помощью электрических сигналов между транзисторами. В квантовых системах роль

носителей информации выполняют кубиты, которые способны одновременно находиться в нескольких состояниях благодаря эффекту квантовой суперпозиции. Именно это свойство делает квантовые вычисления потенциально невероятно мощными.

Но для выполнения сложных вычислений кубиты должны эффективно взаимодействовать друг с другом. И здесь возникает фундаментальная проблема: большинство существующих кубитов практически неподвижны и могут взаимодействовать только с ближайшими соседями.

Теперь международная группа ученых представила решение, которое может стать важным шагом к созданию масштабируемых квантовых процессоров. В исследовании, опубликованном в журнале *Nature*, исследователи продемонстрировали работу подвижных кубитов, способных перемещаться по кремниевому чипу.

Разработкой руководила команда под руководством ученых из Delft University of Technology. Исследователи использовали кремниевую архитектуру, совместимую с современными технологиями производства микрочипов.

В основе эксперимента лежит технология так называемого «конвейерного перемещения» электронов. Для этого на чипе создаются движущиеся электрические поля, которые буквально транспортируют отдельные электроны между различными участками устройства.

В эксперименте ученые использовали линейный массив квантовых точек — микроскопических ловушек, удерживающих одиночные электроны. Каждый электрон выполнял роль спинового кубита, а его квантовое состояние определялось направлением спина.

Два электрона были размещены на противоположных концах кремниевого устройства. Затем исследователи с помощью тщательно синхронизированных электрических импульсов начали перемещать электроны навстречу друг другу.

Когда электроны сблизились, между их квантовыми состояниями возникло взаимодействие, необходимое для выполнения двухкубитовых логических операций — одного из ключевых элементов квантовых вычислений.

После завершения операции электроны были возвращены в исходные позиции, где исследователи смогли считать информацию и подтвердить успешность квантового взаимодействия.

Главное значение эксперимента заключается в том, что впервые удалось продемонстрировать стабильные квантовые операции между движущимися

кубитами на полупроводниковом чипе.

Еще более впечатляющим оказался второй этап исследования. Ученые смогли реализовать квантовую телепортацию внутри чипа.

Несмотря на фантастическое название, квантовая телепортация не связана с перемещением объектов в пространстве, как в научной фантастике. Речь идет о передаче квантового состояния от одного кубита к другому через явление квантовой запутанности.

Для этого исследователи создали пару запутанных электронов, между которыми сохранялась квантовая связь даже после их разделения на разные части чипа. Затем третий кубит использовался для передачи информации через эту запутанную систему.

Подобные механизмы считаются критически важными для создания распределенных квантовых сетей и масштабируемых квантовых процессоров будущего.

Одной из причин повышенного интереса к этой работе стало использование кремния — основного материала современной микроэлектроники. Большинство существующих экспериментальных квантовых систем требуют экзотических материалов или крайне сложных условий работы.

Кремниевые квантовые чипы потенциально могут производиться на существующих полупроводниковых фабриках с использованием технологий, уже применяемых в индустрии микропроцессоров.

Это делает разработку особенно важной с точки зрения будущего массового производства квантовых устройств.

Тем не менее исследователи подчеркивают, что до появления полноценных бытовых квантовых компьютеров еще очень далеко. Современные квантовые системы по-прежнему сталкиваются с множеством сложнейших проблем.

Среди них: высокая чувствительность кубитов к внешним помехам, ошибки декогеренции, необходимость сверхнизких температур, сложность масштабирования и высокая стоимость оборудования.

Даже кратковременное воздействие тепла, вибрации или электромагнитных шумов способно разрушить хрупкие квантовые состояния.

Однако идея подвижных кубитов может значительно упростить архитектуру будущих квантовых процессоров. Вместо жестко фиксированных взаимодействий между соседними элементами исследователи получают возможность

динамически перемещать кубиты по чипу и организовывать гибкие вычислительные схемы.

Некоторые специалисты уже сравнивают подобные архитектуры с ранними этапами развития классических микропроцессоров, когда инженеры только начинали искать эффективные способы передачи информации внутри электронных схем.

Современная гонка квантовых технологий становится одним из ключевых направлений мировой науки и высокотехнологичной промышленности. Над созданием практических квантовых компьютеров активно работают крупнейшие университеты, исследовательские центры и технологические корпорации.

Ученые считают, что именно сочетание мобильных кубитов, кремниевых технологий и квантовой телепортации может стать основой для будущих квантовых вычислительных систем, способных однажды изменить вычислительную технику так же радикально, как это сделали первые полупроводниковые компьютеры в XX веке.

**Ссылка:** «Двухкубитная логика и телепортация с использованием подвижных спиновых кубитов в кремнии» DOI: [10.1038/s41586-026-10423-9](https://doi.org/10.1038/s41586-026-10423-9).