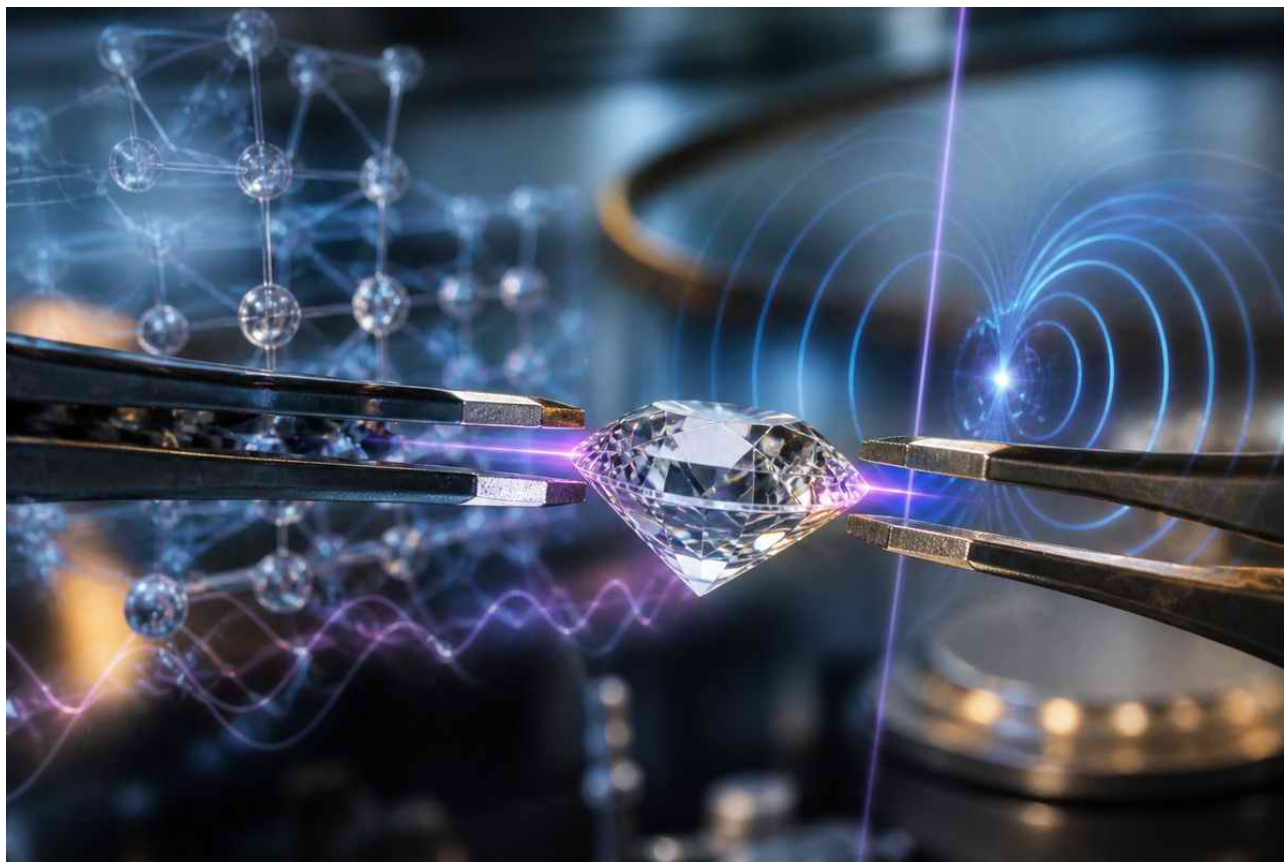


Растягивающиеся алмазы помогут создать сверхточные квантовые датчики будущего



Дата публикации: 04.05.2026

Алмаз давно считается не только драгоценным камнем, но и одним из самых перспективных материалов для квантовых технологий. Новое исследование международной группы ученых показало, что квантовые свойства алмазов можно точно контролировать с помощью механического растяжения и сжатия кристаллической решетки. По мнению исследователей, эта технология способна открыть путь к созданию нового поколения сверхчувствительных квантовых датчиков.

Работа была проведена специалистами Singapore University of Technology and Design совместно с учеными из Yangzhou University. Исследование посвящено изучению так называемых цветовых центров — микроскопических дефектов в структуре алмаза, которые обладают уникальными квантовыми свойствами.

Несмотря на идеальную репутацию алмаза как одного из самых прочных и чистых материалов в природе, его кристаллическая структура может содержать дефекты на атомном уровне. Некоторые из них представляют особый интерес

для физиков и инженеров, поскольку способны взаимодействовать со светом, электрическими и магнитными полями необычным образом.

Одними из наиболее перспективных считаются кремний-вакансионные центры, или SiV-центры. Они возникают, когда атом кремния занимает место между пустотами в кристаллической решетке алмаза. Такие дефекты способны излучать яркий и стабильный свет, благодаря чему их активно изучают для квантовой связи, вычислений и сверхточной сенсорики.

В новом исследовании ученые решили выяснить, как механическая деформация влияет на поведение этих квантовых дефектов. Для этого они использовали сложное компьютерное моделирование, позволяющее анализировать изменения структуры алмаза на уровне отдельных атомов.

Результаты показали, что при умеренном сжатии структура SiV-центров остается стабильной. Однако при растяжении кристалла более чем примерно на четыре процента происходит резкое изменение симметрии дефекта. Атомы внутри решетки начинают перестраиваться, формируя новое квантовое состояние.

Особенно важным оказалось то, что эти изменения напрямую отражаются на оптических свойствах материала. Цвет, интенсивность и спектральные характеристики света, испускаемого дефектом, изменялись предсказуемо и постепенно в зависимости от степени деформации.

Фактически ученые получили своеобразную квантовую «линейку», способную измерять механические изменения с экстремально высокой точностью. Анализируя характеристики излучаемого света, можно определить, насколько сильно был растянут или сжат материал.

Подобная технология особенно перспективна для создания наноразмерных сенсоров. Такие устройства могут использоваться в микроэлектронике, материаловедении, космической промышленности, биомедицине и фундаментальной физике. Квантовые датчики на основе алмазов способны регистрировать минимальные изменения давления, температуры, вибраций и магнитных полей, недоступные для обычных измерительных систем.

Исследователи также изучили магнитные свойства SiV-центров. Выяснилось, что деформация влияет не только на взаимодействие со светом, но и на электронные спиновые состояния дефектов. Это особенно важно для технологий электронного спинового резонанса и квантового зондирования.

Современная квантовая сенсорика считается одним из самых быстроразвивающихся направлений физики. В отличие от классических

датчиков, квантовые системы используют фундаментальные свойства квантовой механики — суперпозицию, спин и квантовые переходы. Благодаря этому они способны достигать невероятной чувствительности.

Алмазы уже сегодня применяются в разработке сверхточных магнитометров, биосенсоров и экспериментальных квантовых процессоров. Их главное преимущество заключается в высокой стабильности и способности сохранять квантовые свойства даже при комнатной температуре, что крайне редко встречается среди квантовых материалов.

Новое исследование показывает, что механическое управление квантовыми дефектами может стать отдельным направлением в создании адаптивных квантовых устройств. В перспективе это позволит разрабатывать сенсоры, автоматически реагирующие на изменения окружающей среды в режиме реального времени.

Специалисты считают, что сочетание квантовой физики и механики материалов открывает возможность создания принципиально новых гибридных технологий. Например, в будущем подобные системы могут использоваться для мониторинга микротрещин в авиационных конструкциях, контроля давления в экстремальных условиях, изучения свойств новых материалов и даже медицинской диагностики.

Особое значение работа имеет и для фундаментальной науки. Исследование помогает лучше понять, как квантовые состояния зависят от геометрии атомной структуры и каким образом механические воздействия способны изменять поведение электронов в твердых телах.

Ученые подчеркивают, что предсказуемость поведения SiV-центров делает их особенно перспективными для практического применения. Контролируемая реакция на деформацию позволяет создавать надежные и воспроизводимые квантовые системы, пригодные для интеграции в реальные устройства.

В ближайшие годы исследователи планируют перейти от компьютерного моделирования к экспериментальным прототипам. Если результаты подтвердятся в лабораторных условиях, растягивающиеся алмазы могут стать основой новой эпохи квантовой сенсорики.

Среди главных преимуществ технологии ученые выделяют: высокую чувствительность к механическим изменениям, стабильность квантовых состояний, возможность работы при комнатной температуре, точное управление оптическими и магнитными свойствами, перспективы миниатюризации устройств и широкие возможности применения в квантовых технологиях будущего.

Ссылка: «Влияние гидростатического сжатия и растяжения на центры кремниевых вакансий в алмазе» DOI: [10.1063/5.0300210](https://doi.org/10.1063/5.0300210).