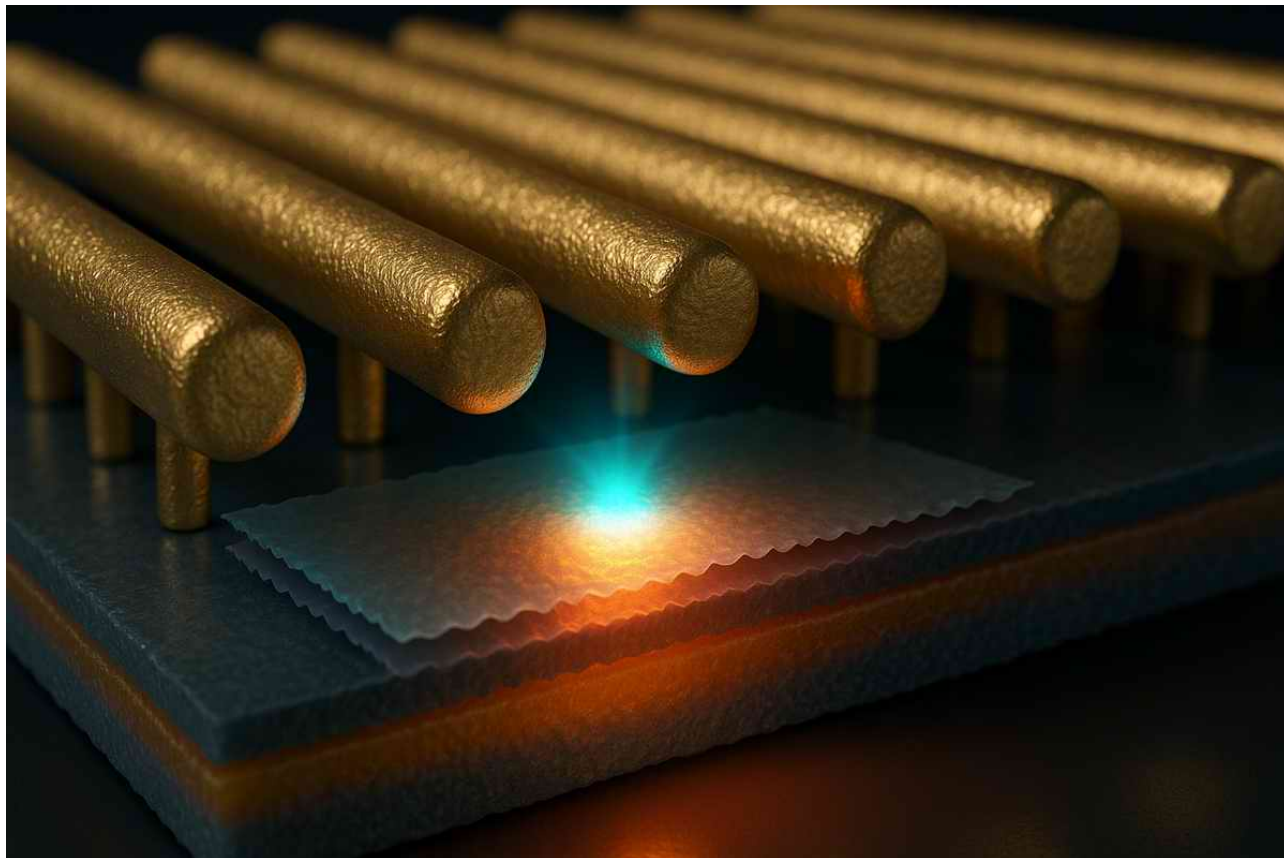


Исследователи заставили скрытые квантовые состояния излучать свет, открыв путь к новым фотонным технологиям



Дата публикации: 18.11.2025

Современная квантовая оптика уже давно стремится к управлению сложными состояниями света и материи, которые могли бы стать основой энергоэффективных и сверхбыстрых технологий. Одним из наиболее загадочных объектов в этой области были тёмные экситоны — квазичастицы, возникающие в ультратонких полупроводниковых материалах и практически не излучающие свет. На протяжении многих лет они оставались труднодоступными для экспериментов, хотя их уникальные свойства — длительное время жизни, низкая чувствительность к шуму, необычный характер взаимодействия со светом — делали их перспективными кандидатами для квантовых систем связи и нанофотонных устройств.

Прорыв, совершённый исследовательской группой Городского университета Нью-Йорка совместно с Техасским университетом в Остине, позволил впервые получить детальный доступ к этим скрытым состояниям. Учёные создали наномасштабный резонатор, объединяющий массив золотых нанотрубок с

монослоем диселенида вольфрама толщиной всего в несколько атомов. Такая гетероструктура усилила излучение тёмных экситонов примерно в 300 000 раз, что сделало их видимыми и управляемыми с высокой пространственной точностью. Благодаря этому удалось наблюдать ранее недоступные квантовые состояния и направлять их излучение в выбранные направления, что открывает возможность точной инженерии света в наномасштабе.

Система сохраняет природные свойства двумерного материала и одновременно обеспечивает рекордное усиление связи света с веществом, что выгодно отличает её от предыдущих попыток. Применение нанометровых слоёв нитрида бора в качестве изолирующих прослоек позволило устранить влияние близкого контакта с металлом и подтвердить, что наблюдаемые тёмные экситоны сохраняют собственную квантовую природу. Тем самым была разрешена давняя дискуссия о возможности плазмонов усиливать подобные состояния без их искажения.

Исследование выявило целое семейство новых спин-запрещённых тёмных экситонов, которые ранее считались лишь теоретическими предсказаниями. Эти состояния обладают богатой внутренней структурой, чувствительны к внешним полям и могут быть точно перенастроены с помощью электрических или магнитных воздействий. Такой набор управляемых степеней свободы открывает новые перспективы для создания фотонных интерфейсов, наносенсоров, внутрикристалльных оптических каналов и энергоэффективных элементов квантовой связи.

Работа демонстрирует, что управление скрытыми квантовыми состояниями становится всё более реальной технологической задачей. Переключение тёмных экситонов по требованию, их пространственное управление и возможность инженерии спектра формируют основу будущих платформ, способных обеспечивать высокую плотность интеграции, низкое энергопотребление и устойчивость к шуму. Квантовые устройства на основе двумерных материалов могут стать ключевым элементом новых коммуникационных систем, фотонных процессоров и сенсорных технологий с нанометровым разрешением.

Представленный результат — также отправная точка для следующего поколения исследований, направленных на поиск других скрытых квантовых состояний в двумерных материалах. Научное сообщество ожидает, что дальнейшее развитие подобных гетероструктур позволит исследовать широкий спектр экзотических квазичастиц и построить фундаментальные модели взаимодействия света и материи на ранее недоступных масштабах.

Ссылка: «Усиление и управление спин-запрещёнными тёмными экситонами в

плазмонной гетероструктуре на месте» DOI: [10.1038/s41566-025-01788-w](https://doi.org/10.1038/s41566-025-01788-w).