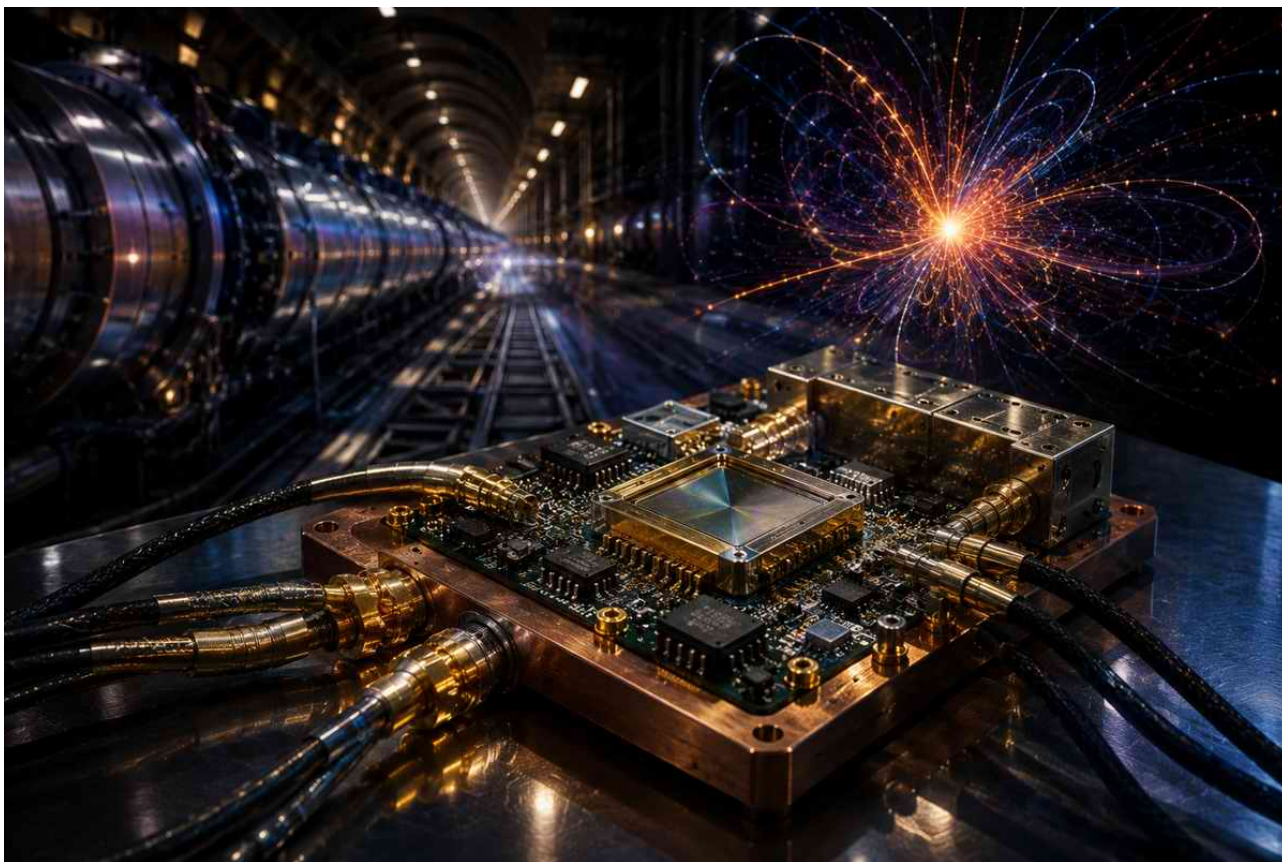


Алмазный детектор будущего: учёные научились измерять частицы с пикосекундной точностью



Дата публикации: 19.06.2026

Международная группа физиков представила одну из самых совершенных систем диагностики частиц, созданных на сегодняшний день. Новый алмазный детектор способен регистрировать электронные импульсы длительностью всего несколько пикосекунд и открывает путь к работе с ускорителями нового поколения, которые будут создавать беспрецедентно интенсивные потоки заряженных частиц. Разработка может существенно повлиять на развитие фундаментальной физики, материаловедения, химии, биологии и перспективных энергетических технологий.

Проект стал результатом многолетнего сотрудничества специалистов из Калифорнийского университета в Санта-Крузе, Калифорнийского университета в Дэвисе, а также нескольких национальных лабораторий США. Исследование опубликовано в журнале *Physical Review Accelerators and Beams* и уже привлекло внимание научного сообщества как важный шаг в развитии систем диагностики для современных ускорительных комплексов.

Проблема, которую пришлось решать инженерам и физикам, связана с быстрым развитием ускорительных технологий. Современные установки способны генерировать всё более короткие и плотные импульсы заряженных частиц. Если ещё недавно частота повторения составляла около 120 импульсов в секунду, то новые ускорители выходят на уровень одного миллиона импульсов в секунду, а в перспективе могут приблизиться к миллиарду импульсов за тот же промежуток времени.

Для научных экспериментов недостаточно просто создать такой пучок частиц. Необходимо постоянно контролировать его характеристики: интенсивность, стабильность, форму, энергию и пространственное распределение. Без точной диагностики невозможно управлять ускорителем и корректно интерпретировать результаты экспериментов. Именно здесь возникает серьёзная техническая проблема: традиционные детекторы начинают испытывать ограничения при работе на экстремально высоких скоростях.

Чтобы преодолеть этот барьер, исследователи фактически заново спроектировали всю систему регистрации сигналов. Они использовали синтетические алмазы высокой чистоты, специально разработанные интегральные микросхемы, компактные каналы передачи данных и современные методы микроэлектронной сборки. Итогом стала чрезвычайно компактная и высокопроизводительная система, способная фиксировать процессы, происходящие за триллионные доли секунды.

Выбор алмаза в качестве основы датчика не случаен. Алмаз обладает уникальным набором физических свойств. Он отличается высокой радиационной стойкостью, превосходной теплопроводностью, устойчивостью к повреждениям и способностью быстро передавать электрические сигналы. Благодаря этим качествам алмазные сенсоры считаются одним из наиболее перспективных направлений для детекторов будущего.

Первые полномасштабные испытания системы прошли на ускорительном комплексе Linac Coherent Light Source II в Национальной ускорительной лаборатории SLAC. Во время эксперимента детектор подвергался воздействию электронных импульсов длительностью около одной пикосекунды. Для понимания масштаба стоит отметить, что одна пикосекунда составляет одну триллионную долю секунды.

В ходе испытаний система обработала тысячи импульсов при различных режимах работы ускорителя. Детектор стабильно регистрировал сигналы длительностью около одной восьмой наносекунды, сохраняя высокую точность измерений в широком диапазоне интенсивностей. Особенно впечатляющим оказалось совпадение экспериментальных данных с предварительными

теоретическими расчётами. Это подтвердило правильность выбранной архитектуры устройства и надёжность используемых моделей.

Подобные технологии играют ключевую роль в развитии современных исследовательских центров. Ускорители частиц давно используются не только в физике элементарных частиц. Они помогают изучать структуру материалов, наблюдать химические реакции в режиме реального времени, исследовать белки и другие биомолекулы, создавать новые материалы для электроники и энергетики. Чем быстрее и точнее становятся системы диагностики, тем больше информации могут получить учёные о процессах, происходящих на атомном и молекулярном уровнях.

Особую ценность новая технология представляет для рентгеновских лазеров на свободных электронах. Эти установки позволяют буквально наблюдать движение атомов и изменение химических связей в веществах. Однако эффективность подобных экспериментов напрямую зависит от способности измерять параметры пучка с максимальной точностью. Новый алмазный детектор значительно расширяет такие возможности.

Разработка имеет перспективы и за пределами ускорительной физики. Исследователи рассматривают применение системы в высокоэнергетической физике, управлении мощными лазерными комплексами, диагностике плазмы и будущих термоядерных реакторах. В каждом из этих направлений требуется регистрация чрезвычайно быстрых процессов, происходящих в крайне короткие промежутки времени.

Работа над технологией продолжается. Уже создаётся второе поколение системы, которое получит новую специализированную микросхему считывания, разработанную специально для алмазного сенсора. Ожидается, что она позволит ещё больше увеличить скорость отклика и чувствительность устройства. Испытания обновлённой версии запланированы на ближайшее время.

Появление таких детекторов отражает одну из главных тенденций современной науки: стремление наблюдать процессы на всё более коротких временных масштабах. Многие фундаментальные явления природы разворачиваются за наносекунды, пикосекунды и даже фемтосекунды. Чем точнее исследователи способны измерять эти процессы, тем глубже становится понимание устройства материи, энергии и взаимодействий, лежащих в основе окружающего мира. Новый алмазный детектор представляет собой важный шаг на этом пути и может стать одним из ключевых инструментов науки следующего десятилетия.

Ссылка: «Первые результаты работы системы обнаружения ионизирующих частиц с высокой частотой кадров в диапазоне нескольких ГГц, предназначенной для диагностических приложений ускорителей» DOI: [10.1103/m79w-ft8t](https://doi.org/10.1103/m79w-ft8t).