

## Квантовый эффект без магнитного поля: шаг к электронике без батарей



Дата публикации: 20.04.2026

Современная электроника всё больше стремится к автономности, снижению энергопотребления и отказу от традиционных источников питания. Одним из перспективных направлений в этом контексте становится использование квантовых эффектов, позволяющих напрямую извлекать энергию из окружающей среды. Новое исследование, проведённое при участии учёных из Квинслендский технологический университет и Наньянский технологический университет, демонстрирует, как необычные свойства квантовых материалов могут быть использованы для создания электроники без батарей.

В центре внимания оказался нелинейный эффект Холла — квантовое явление, отличающееся от классического эффект Холла тем, что возникает без внешнего магнитного поля. В традиционной физике эффект Холла проявляется при воздействии магнитного поля на проводник с электрическим током, вызывая появление поперечного напряжения. Однако в квантовых материалах с особой электронной структурой возможно возникновение аналогичного эффекта при подаче переменного тока, что открывает новые функциональные возможности.

Исследователи показали, что данный эффект способен преобразовывать переменные электрические сигналы, включая слабые колебания из окружающей среды, непосредственно в постоянный ток. Это принципиально важно, поскольку большинство электронных устройств требует именно постоянного тока для работы. Таким образом, отпадает необходимость в использовании диодов, выпрямителей и других компонентов, что упрощает архитектуру устройств и снижает их энергозатраты.

Особый интерес представляет роль микроскопических особенностей материала. В ходе экспериментов было установлено, что на поведение нелинейного эффекта Холла существенно влияют структурные дефекты и колебания кристаллической решётки. Эти факторы, ранее считавшиеся нежелательными, оказываются ключевыми элементами управления электрическими свойствами материала.

Влияние температуры также оказалось значимым. При низких температурах основную роль играют дефекты кристаллической структуры, которые определяют направление и величину генерируемого напряжения. По мере повышения температуры начинают доминировать колебания атомов внутри решётки, что может изменять характеристики сигнала, включая его полярность. Это открывает возможность тонкой настройки свойств материала в зависимости от условий эксплуатации.

Ключевые особенности технологии включают: преобразование переменного сигнала в постоянный без магнитного поля, использование дефектов как функционального элемента, зависимость электрических свойств от температуры, возможность работы при комнатных условиях.

Практическое значение этих результатов трудно переоценить. Возможность получать электрическую энергию из фоновых источников, таких как радиоволны, вибрации или тепловые колебания, создаёт основу для разработки автономных устройств нового поколения. Это особенно актуально для интернета вещей, медицинских сенсоров, носимой электроники и распределённых систем мониторинга.

Потенциальные области применения включают: автономные датчики без батарей, носимые устройства с самопитанием, сверхкомпактные микросхемы, элементы беспроводной связи следующего поколения, системы сбора рассеянной энергии.

Дополнительным преимуществом является возможность миниатюризации. Поскольку эффект реализуется на уровне материала, отпадает необходимость в громоздких внешних компонентах, что позволяет создавать более компактные и

быстрые устройства. Это соответствует глобальному тренду на интеграцию функций непосредственно в материалы и снижение сложности электронных систем.

С фундаментальной точки зрения исследование расширяет понимание квантовой физики твёрдого тела. Оно демонстрирует, что даже малые структурные особенности могут существенно влиять на макроскопические свойства материалов. Это открывает новые направления в разработке функциональных квантовых материалов с заданными характеристиками.

Таким образом, нелинейный эффект Холла становится не только объектом теоретических исследований, но и практическим инструментом для создания энергоэффективной электроники. Переход от концепций к реальным устройствам может стать важным шагом на пути к технологиям, способным работать без традиционных источников питания, используя энергию окружающей среды.

**Ссылка:** «Расшифровка вклада рассеяния в нелинейный эффект Холла в топологическом изоляторе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ » DOI: [10.1016/j.newton.2026.100410](https://doi.org/10.1016/j.newton.2026.100410).