

Исследовательская группа из России и Германии, в которую вошли ученые ИФП СО РАН, обнаружила новые особенности протекания фототока в топологических изоляторах

Топологические изоляторы — соединения, проводящие электрический ток только по своей поверхности. При этом, даже если нарушить ее целостность, это не повлияет на протекание тока. В новой работе ученые установили, что несимметричная фотопроводимость (фототок) возникает на границе топологический изолятор — прямозонный полупроводник. Ранее считалось, что несимметричная фотопроводимость может возникать на краю топологического изолятора, независимо от состава следующего слоя, например, на границе топологический изолятор — вакуум. Новые данные важны для понимания физики топологических изоляторов — одной из самых горячих тем современной науки.

Результаты работы сотрудников Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Физического института имени П. Н. Лебедева РАН, Института физики полупроводников имени А. В. Ржанова СО РАН, Регенсбургского университета (Германия) [опубликованы](#) в журнале Scientific Reports. Исследование [поддержано](#) грантом Российского научного фонда. Работа продолжает [предыдущие исследования](#), проведенные этой группой коллабораторов.

Ученые обнаружили новый эффект, облучая лазером многослойную полупроводниковую наноструктуру — твердый раствор теллурида кадмия ртути. Топологический изолятор в наноструктуре — это тонкая пленка, с определенным содержанием кадмия и теллура. Несимметричная фотопроводимость возникала на границе между двумя слоями твердого раствора. Фотопроводимость (фототок) — изменение проводящих свойств полупроводника под действием электромагнитного излучения. Терагерцовая фотопроводимость возникает при «освещении» полупроводникового материала лазером терагерцового диапазона (Т-лучи лежат между радиоволнами и микроволнами).

Наноструктуру вырастили специалисты Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Общая толщина «активных» слоев, где наблюдалась несимметричная фотопроводимость, — меньше 6 микрон (микрон — одна миллионная часть метра). Для синтеза подобных структур, где состав варьируется на уровне отдельных атомов, необходима высокая квалификация исследователей.

*«Наш вклад в работу — выращивание таких гетероструктур с изменением состава и созданием слоев теллурида кадмия ртути переменного состава, при переходе от прямозонного электронного спектра к инверсному и далее, опять к прямозонному, в едином технологическом процессе», — объясняет ведущий научный сотрудник ИФП СО РАН кандидат физико-математических наук **Сергей Алексеевич Дворецкий**. — Именно в этих образцах наблюдалась терагерцовая фотопроводимость за счет краевой проводимости (не объемной или поверхностной)».*

Полупроводник с прямозонным электронным спектром, упрощенно говоря, — это привычный, хорошо изученный материал, удобный для создания фотодиодов, фоторезисторов. А полупроводник с инверсным («перевернутым») электронным спектром — топологический изолятор, на его поверхности возникают топологические электронные состояния, не зависящие от дефектов последней.

«Наиболее вероятный кандидат для появления несимметричной фотопроводимости — интерфейс между начальным слоем прямозонного теллурида кадмия ртути и инверсным. К тому же, что необычно для таких систем, фототоки являются хиральными, то есть проходят вокруг образца вдоль его края, и меняют направление на противоположное, при изменении знака напряжения или смещении магнитного поля. Тем не менее, удовлетворительного объяснения этим наблюдениям пока нет», — отмечает Сергей Дворецкий.

«О практическом использовании топологических изоляторов на сегодняшний день говорить преждевременно. Но наличие в них особых электронных состояний делает их привлекательными для использования в электронике, ведь это свойство позволяет материалу эффективно проводить электрический ток. Кроме того, такие состояния очень устойчивы к различным повреждениям: например, если испортить поверхность полупроводника, они никуда не исчезнут. Однако, чтобы использовать ценные свойства топологических изоляторов на практике, необходимо еще много серьезных исследований», — цитирует [пресс-служба Российского научного фонда](#) **руководителя гранта РНФ Дмитрия Рэмовича Хохлова**, члена-корреспондента РАН, профессора, доктора физико-математических наук, руководителя лаборатории физики полупроводников физического факультета МГУ.

Иллюстрации:

1. Так выглядит полупроводниковая гетероструктура, выращенная на основе твердого раствора Cd-Hg-Te. *Фото Виктора Яковлева*
2. Схема слоев полупроводниковой наноструктуры (μm - микрон). *Предоставлена Сергеем Дворецким*

Пресс-служба ИФП СО РАН