

## Запрещенная зона. Она превращает вещество в уникальный полупроводник

27.01.2024

Автор: Константин ФРУМКИН

Графен — материал, который представляет собой слой атомов углерода, образующих шестиугольную решетку. Вещество имеет множество достоинств с точки зрения нанoeлектроники, в частности, исключительную подвижность электронов при высокой прочности, эластичности и теплопроводности. Однако у материала есть серьезный недостаток, который мешает его использованию: в исходном состоянии он не является полупроводником. А между тем современные электронные приборы конструируются именно из полупроводников.

Важнейшее отличие проводников от полупроводников заключается в том, что у последних есть так называемая запрещенная зона, или «энергетическая щель», то есть диапазон значений энергии, которые не могут занимать электроны данного кристаллического вещества. «Энергетическая щель» разделяет минимальные и максимальные значения энергии электронов кристалла.

Как рассказал профессор НИЯУ МИФИ Михаил Маслов, существует несколько способов создания запрещенной зоны в графене. При этом, как правило, ученые используют один из трех подходов: химическая модификация (например, фторирование или наводороживание), механическая деформация или создание двухслойной гетероструктуры, в которой запрещенная зона открывается за счет межслоевого взаимодействия.

— Но у всех этих способов есть серьезные недостатки, — уточняет профессор НИЯУ МИФИ Константин Катин. — Химическая функционализация часто необратима. Для того, чтобы очистить графен от функциональных групп, нужны высокие температуры и агрессивные среды. Но они повреждают его структуру. Некоторые группы, зацепившиеся за дефекты, при этом все равно остаются и уменьшают подвижность электронов. Механическая деформация слишком слабо влияет на запрещенную зону.

Согласно нашим предыдущим работам, растяжение графена на 10% (это почти предел, дальше он может порваться) приводит к открытию очень узкой запрещенной зоны в пределах 0,1 эВ. Та же проблема возникает и с гетероструктурами. Неудивительно, что слабое притяжение между слоями мало

меняет электронную структуру и не может обеспечить широкую запрещенную зону.

Чтобы решить проблему создания запрещенной зоны в графене, исследователи НИЯУ МИФИ в составе международной научной группы скомбинировали два подхода: межслойное взаимодействие и деформацию. Перебрав многие пары двумерных «партнеров» графена, они установили, что лучшее решение — гетероструктура на основе графена и дителлурида молибдена — вещества, чья молекула состоит из одного атома молибдена и двух атомов теллура.

— При деформации на 8% в графене открывается щель 0,8 эВ, что позволяет ему на равных конкурировать с классическими полупроводниками. И главное достоинство графена — напряжение можно обратимо прикладывать и убирать, возвращая графен в исходное состояние, - рассказал Константин Катин. — Кроме того, деформируя гетероструктуру, можно подстраивать ширину ее запрещенной зоны под необходимое значение. Этим не может похвастаться ни один «обычный» полупроводник!

Теперь исследователи собираются проверить предположение о том, что найденная гетероструктура может оказаться хорошим фотодетектором. Результаты исследования опубликованы в научном журнале *Diamond and Related Materials*.

Источник: газета Поиск 27 января 2024 г.

<https://poisknews.ru/nanotehnologii/zapreshhennaya-zona-ona-prevrashhaet-veshhestvo-v-unikalnyj-poluprovodnik/>