

## Пресс-релиз

31 марта 2021 г.

### Продвижение в квантовой электронике с помощью деформационной инженерии

Алмаз твердый и прозрачный, а также хороший изолятор. Графит, напротив, мягкий, темный и легко проводит электричество. Эти два, казалось бы, далеких друг от друга вещества, на самом деле, состоят из одного и того же атома, то есть углерода. Причина, по которой они имеют совершенно разные физические свойства, заключается в том, что их атомные структуры, то есть так называемые кристаллические структуры решеток, отличаются. В природе разница обусловлена разной средой и условиями роста. Итак, можем ли мы искусственно регулировать расстояние и расположение атомов, чтобы деформировать структуру решетки, чтобы изменить или даже создать новые физические свойства?

При долгосрочной поддержке Министерства науки и технологий Тайваня (MOST) исследовательская группа под руководством проф. Цзин-Хао Чжан (Prof. Ching-Hao Chang) и проф. Цзе-Мин Чэн (Prof. Tse-Ming Chen) с факультета физики Национального университета Чэн Гун (National Cheng Kung University) и из научно-исследовательского центра квантовых границ QFort (the Center for Quantum Frontiers of Research & Technology QFort) успешно разработала новые методы для достижения искусственной деформации решетки с помощью деформационной инженерии в двумерных (2D) материалах. Они используют этот метод, чтобы перевести двуслойный графен в экзотическое квантовое состояние и продемонстрировать новые свойства квантовой электроники, которые могут быть использованы в квантовых технологиях будущего. Эта исследовательская работа была опубликована в ведущем научном журнале Nature Electronics в феврале 2021 года.

В последние годы ученые и инженеры обожают создавать наноразмерные конструкции путем наложения слоев графена (или других

атомарных тонких 2D-материалов) друг на друга, подобно игре со строительными блоками LEGO.

Скручивая эти атомные блоки LEGO с образованием муарового узора - явления, которое обычно наблюдается в нашей повседневной жизни, - физики смогли смодулировать структуру решетки (или, более конкретно, создать сверхрешетку) и, следовательно, электронные свойства, превращая графен из бесщелевого полупроводника в сверхпроводник, диэлектрик или превратив его в ферромагнетик. Выглядит эта концепция просто и, конечно же, очень красиво. Вместе с тем, необходимость укладывать двумерные материалы, которые тонкие как один атомный слой, под определенным и точным углом, что на самом деле очень сложно и создает трудности для будущего промышленного применения с технологической точки зрения. Доктор Шэн-Цзин Хэ (Dr. Sheng-Chin Ho), первый автор этой работы, и проф. Цзэ-Мин Чэн (Prof. Tse-Ming Chen) пытались «мыслить иначе»: могут ли они легко и искусственно создать сверхрешетку или структуру, в которой решетка была искажена и/или разориентирована для достижения аналогичной цели или даже чего-то лучшего?

Движимые этой мотивацией, они придумали идею и конструкцию устройства для искусственного создания сверхрешетки в двухслойном графене с помощью нанотехнологий. Исследовательская группа разрабатывает новые методы травления поверхности подложек из гексагонального нитрида бора (hBN), что позволяет графену, помещенному на него, соответствовать топографии поверхности и соответствующим образом деформировать решетку. С помощью этих методов топография подложки может быть произвольно определена с помощью нанолитографии с возможностью приближения к 2.5D и 3D, тем самым открывая больше возможностей.

В дополнение к экспериментальным разработкам, проф. Цзин-Хао Чжан (Prof. Ching-Hao Chang), который также является первым автором этой статьи и получил премию Юшань для молодых ученых (Yushan Young Scholar Award), разработал теорию и выполнил расчеты с помощью коллег, чтобы заложить основу для этой исследовательской работы. Теория завершает последнюю часть головоломки, демонстрируя существование двух новых эффектов Холла при нулевых магнитных полях (или, точнее, без нарушения симметрии относительно обращения времени). В течение почти 140 лет, с момента открытия классического эффекта Холла, магнитное поле обычно считается необходимым условием для эффекта Холла или, точнее, ненулевой холловской проводимости. И эти два

эффекта Холла бросают вызов этому общему мнению. В дополнение к открытию нового направления для фундаментальных исследований квантово-геометрических и топологических явлений, их подход к зонной инженерии также будет большим подспорьем для будущего применения в двумерных материалах и квантовой электронике.

При поддержке Министерства науки и технологий Национальный университет Чэн Гун в последние годы очень активно проводит фундаментальные исследования, являясь краеугольным камнем технологических инноваций и развития Тайваня. Это дало начало созданию QFort. Помимо приверженности исследованиям и разработкам, QFort также приложил большие усилия для развития выдающихся талантов для Тайваня; например, доктор Шэн-Цзин Хэ (Dr. Sheng-Chin Ho), который привел к этому прорыву, теперь принят на работу в Гарвардский университет в качестве постдокторанта. Все это сделало исследования и разработки квантовых технологий на Тайване более конкурентоспособными и интегрированными в международную сеть.

Название статьи и ссылка: Hall effects in artificially corrugated bilayer graphene without breaking time-reversal symmetry.

<https://www.nature.com/articles/s41928-021-00537-5>

## **Media Contact:**

### Professor Tse-Ming Chen

Department of Physics, National Cheng Kung University  
+886-6-2757575 ext. 65240  
tmchen@phys.ncku.edu.tw

### Assistant Professor Ching-Hao Chang

Department of Physics, National Cheng Kung University  
+886-6-2757575 ext. 65223  
cutygo@phys.ncku.edu.tw

### Dr. Ting-Yang Kuo

Program Manager/Assistant Research Fellow,  
Department of Natural Sciences and Sustainable Development,  
Ministry of Science and Technology  
+886-2-2737-7465  
tykuo@most.gov.tw