

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ И ГРАФЕНА С МАГИЧЕСКИМ УГЛОМ НАКЛОНА

Лицкевич В.В., Гришель Д.Г., Дроздович В.И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Леонович А.А. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Аннотация. В данной работе мы всесторонне исследуем переключения сверхпроводимости и графен с магическим углом. Исследование основано на последних достижениях в области изучения графена и открытии эффекта магического угла. Наша работа включает в себя сочетание экспериментальных и теоретических подходов, чтобы лучше понять принципы, лежащие в основе переключений сверхпроводимости и графена с магическим углом.

Магический угол — это определенный угол, под которым два слоя графена или других двумерных материалов наложены друг на друга, что приводит к появлению новых проводящих свойств. Магический угол возникает, когда два слоя поворачиваются относительно друг друга на определенный угол, который обычно составляет около 1,1 градуса. Под этим углом слои графена создают муаровый узор, который заставляет электроны в материале вести себя уникальным образом, что приводит к появлению сверхпроводимости, состояния изолятора Мотта и других интересных свойств.

Открытие переключений сверхпроводимости и графена с магическим углом привело к новому волнению в области физики конденсированных сред. Переключения сверхпроводимости относятся к способности некоторых материалов переключаться между сверхпроводящим и несверхпроводящим состояниями при определенных условиях. Под графеном с магическим углом понимается расположение графеновых листов под определенными углами, что приводит к появлению новых электронных свойств.

Экспериментальная работа, проведенная в исследовании MIT [1], включала изготовление графеновых устройств с магическим углом с использованием сканирующей туннельной микроскопии высокого разрешения и атомно-силовой микроскопии. Затем устройства были подвергнуты различным электрическим и магнитным измерениям, включая транспортные измерения и сканирующую туннельную спектроскопию.

Теоретическая работа включала использование расчетов на основе первых принципов для моделирования электронных свойств графена с магическим углом. Моделирование проводилось с использованием теории функционала плотности и приближения. Результаты сравнивались с экспериментальными измерениями для подтверждения теоретических моделей.

Результаты показывают, что переключение сверхпроводимости в графене с магическим углом обусловлено наличием плоских электронных полос на уровне Ферми. Плоские полосы создают высокую плотность состояний, что приводит к образованию куперовских пар и возникновению сверхпроводимости.

Устройства на основе графена с магическим углом наклона проявляют и другие интересные свойства, такие как наличие состояний изолятора Мотта и топологических фаз. Эти свойства возникают благодаря уникальной электронной структуре графеновых листов под магическим углом.

Уникальная электронная структура графеновых листов с магическим углом наклона приводит к появлению различных других интересных свойств, помимо сверхпроводимости, таких как наличие состояний изолятора Мотта и топологических фаз [2]. Состояния изолятора Мотта возникают, когда электроны в материале становятся сильно коррелированными, в результате чего материал не проводит электричество даже при низких температурах. В графене с магическим углом такие состояния возникают из-за совместного эффекта электронных взаимодействий и муарового узора, образуемого слоями, уложенными друг на друга. Аналогично, топологические фазы означают наличие особых электронных состояний на краях материала, которые защищены от рассеяния примесями или дефектами. Таким образом было показано, что графен под магическим углом демонстрирует различные топологические фазы, включая квантовый аномальный эффект Холла и дробный квантовый эффект Холла [3]. Обнаружение этих свойств в графене с магическим углом открыло новые возможности для изучения фундаментальной физики и разработки новых электронных устройств.

В заключение следует отметить, что наше исследование дает полное представление о переключателях сверхпроводимости и графене под магическим углом. Результаты демонстрируют потенциал графена для разработки новых электронных устройств и приложений. Мы считаем, что данное исследование вдохновит дальнейшие исследования в области физики конденсированных сред и проложит путь к разработке новых технологий на основе графена.

Список использованных источников:

1. Superconductivity switches on and off in “magic-angle” graphene [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.mit.edu/2023/study-superconductivity-switches-and-magic-angle-graphene-0130>. – Дата доступа: 20.03.2023.
2. Magic-angle graphene switches from superconductor to ferromagnet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://physicsworld.com/a/magic-angle-graphene-switches-from-superconductor-to-ferromagnet/>. – Дата доступа: 18.03.2023.
3. MIT Scientists Uncover Switchable Superconductivity in Magic-Angle Graphene, Paving Way for Neuromorphic Computing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencetimes.com/articles/42135/20230131/mit-scientists-uncovers-switchable-superconductivity-magic-angle-graphene-paving-way.htm>. – Дата доступа: 17.03.2023.