

ДИАГНОСТИКА КРУПНОМАСШТАБНЫХ СЛОЕВ ГРАФЕНА С ПОМОЩЬЮ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

С.В. Лобанов^{1,2}, Б.П. Горшунов^{1,2,3}, К. Черветти³, Л. Богани³, М. Дрессель³,
Е.С. Жукова^{1,2,3}

¹*Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия*

²*Московский физико-технический институт (ГУ), Долгопрудный, Россия*

³*1-й физический институт, Университет Штутгарта, Штутгарт, Германия*

ggle.org@gmail.com

Графен, моноатомный слой атомов углерода, расположенных в гексагональной решетке, является экстраординарным материалом, в котором много своеобразных свойств, таких как высокая подвижность носителей заряда, электрически перестраиваемый оптический отклик и другие. Эти свойства делают графен чрезмерно привлекательным для разнообразных применений в диапазоне от нанооптоэлектроники до биосенсоров и спинтроники. Большинство экспериментов, которые показали большой потенциал графена, были проведены на микронных образцах, но возможные применения, вероятно, требуют крупномасштабных слоев графена, которые могут быть перенесены на подходящую подложку. Как следствие, много усилий было потрачено на изготовление и исследование крупномасштабного графена, чьи свойства могут отличаться от чистого микронного графена. В этом контексте, CVD метод становится одним из наиболее перспективных методов производства.

Цель настоящей работы состояла в исследовании крупномасштабных – с площадью порядка квадратного сантиметра – образцов графена и в характеристизации свойств таких образцов в интервале терагерцовых частот.

Было продемонстрировано CVD выращивание однослойного графена, используя пленки из переходных материалов Cu и Ni в качестве катализаторов. Графен может быть перенесен на изолирующие подложки для производства устройств. При сравнении с графеном, полученным отшелушиванием, можно заметить существенные структурные различия. Дополнительным вопросом является наличие металлических остатков и их влияние на производительность конечных устройств.

Терагерцовые и субтерагерцовые электродинамические характеристики графена изучались на уникальном спектроскопическом оборудовании – на спектрометре [1], использующем в качестве источников излучения лампы обратной волны. Спектрометр был разработан в Отделе субмиллиметровой спектроскопии ИОФ РАН, в котором выполнялась настоящая работа. Измерения абсолютного значения кондактанса слоев графена проводились на частотах от 300 ГГц до 1000 ГГц и в интервале температур от 5 К до 300 К. Терагерцовые измерения были дополнены измерениями в дальней инфракрасной области, которые выполнялись на Фурье-спектрометре,

что позволило определить температурную зависимость частоты рассеяния носителей заряда в графене.

Нами была разработана и реализована квазиоптическая схема, позволяющая измерять спектры терагерцового кондактанса крупномасштабных образцов графена в условиях его р- и/или n-легирования путём приложения внешнего напряжения смещения. Проведены количественные измерения кондактанса однослойного графена в терагерцовой (частоты от 10 см^{-1} до 35 см^{-1}) и в инфракрасной (частоты до 500 см^{-1}) областях спектра. Установлено, что кондактанс исследованных образцов графена в области терагерцовых частот практически не изменяется во всей температурной области, в то время как в инфракрасной области наблюдаются его значительные температурные изменения. Определена температурная зависимость частоты рассеяния носителей тока в исследованных образцах графена. Показано, что частота рассеяния уменьшается при охлаждении, от 250 см^{-1} при 150 К до 85 см^{-1} при 50 К , что говорит о вкладе фононов в процессы рассеяния носителей тока.

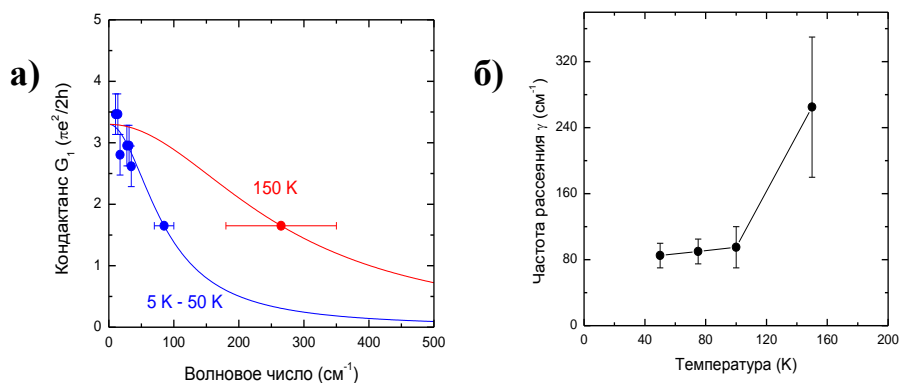


Рис. 1. Частотная зависимость терагерцового и инфракрасного кондактанса графена при разных температурах, сплошные линии – обработка по формулам в рамках модели проводимости Друде (а). Температурная зависимость частоты рассеяния носителей заряда в графене на сапфировой подложке, полученная при обработке терагерцового и дальнего инфракрасного спектров кондактанса (б)

С применением разработанной схемы проведены измерения зависимости терагерцового кондактанса однослойного графена от напряжения смещения. В зависимостях наблюдаются минимумы, отвечающие прохождению уровня Ферми через точку Дирака.

Работа выполнена при поддержке Программы РАН «Сильно коррелированные электроны в твердых телах и структурах» и Федеральной Целевой Программы «Кадры».

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшунов Б.П., Волков А.А., Спектор И.Е. //Физика твердого тела. 2008. Т. 50. №11. С. 1921-1932.