

# Сравнение разных способов переноса графена и мультиграфена, выращенных методом химического газофазного осаждения, на изолирующую подложку SiO<sub>2</sub>/Si

© И.В. Антонова<sup>†</sup>, С.В. Голод<sup>+</sup>, Р.А. Соотс<sup>+</sup>, А.И. Комонов<sup>+</sup>, В.А. Селезнев<sup>+</sup>,  
М.А. Сергеев<sup>+</sup>, В.А. Володин<sup>+</sup>, В.Я. Принц<sup>+</sup>

<sup>†</sup> Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, 630090 Новосибирск, Россия

<sup>+</sup> Новосибирский государственный университет, 630090 Новосибирск, Россия

(Получена 12 сентября 2013 г. Принята к печати 27 сентября 2013 г.)

Целью работы было сравнение результатов переноса слоев графена и мультиграфена толщиной до 5 нм, выращенных методом химического газофазного осаждения при пониженном давлении (CVD), на подложку SiO<sub>2</sub>/Si с использованием четырех различных полимерных пленок. Выбранные способы переноса основывались на наиболее перспективных литературных вариантах: использование полиметил метакрилата, полидиметилсилоксана, термоскотча и поликарбоната. Показано, что наиболее перспективным способом переноса (минимальное сопротивление и максимальная подвижность носителей) является использование тонких пленок поликарбоната с растворением их в хлороформе. В этом случае стабильно получались следующие результаты: сопротивление графена и мультиграфена составляло 250–900 Ом/□, а подвижность носителей 900–2500 см<sup>2</sup>/В·с.

## 1. Введение

С момента открытия графен как материал толщиной в один атом привлекает большое внимание благодаря надеждам на новые физические явления, появлению новых функциональных возможностей и новых конструктивных решений при создании приборов на его основе. Исследования графена в значительной мере оправдали эти надежды (см., например, [1]). Однако при переходе к реальному применению графена неожиданно оказалось, что во многих случаях приборные структуры на основе мультиграфена толщиной несколько нанометров имеют даже более интересные свойства, чем собственно графен [2–4]. Поэтому представляет интерес получение не только графена, но и слоев мультиграфена толщиной несколько нанометров. Применение метода CVD (химического газофазного осаждения) для получения графена и мультиграфена на медных подложках в настоящее время позволяет выращивать как обычные поликристаллические пленки [5,6], так и отдельные крупные домены графена размером до 5 мм [7] или крупные домены, встроенные в поликристаллическую матрицу [8]. Дальнейшее использование графена требует его переноса с металлической подложки на диэлектрическую. Нужно отметить, что именно способ переноса в значительной мере определяет параметры полученных слоев. В настоящее время предложено несколько разных способов переноса, которые со временем совершенствуются для получения в результате химически более чистого графена [9–12]. В данной работе были найдены режимы CVD применительно к росту поликристаллического графена и мультиграфена на медных подложках и проведено сравнение способов переноса выращенных

пленок на диэлектрическую подложку SiO<sub>2</sub>/Si с толщиной SiO<sub>2</sub> 300 нм, обеспечивающих наиболее высокую подвижность носителей. Проведено сравнение таких способов переноса как использование полиметил метакрилата (ПММА), полидиметилсилоксана (ПДМС), термоскотча (скотч, адгезия которого меняется при нагреве) и поликарбоната (поли(бифенол-А карбонат)). Показано, что наиболее перспективный способ переноса (минимальное сопротивление и максимальная подвижность носителей) основан на использовании тонких пленок поликарбоната. В этом случае были получены пленки с удельным листовым сопротивлением 600–950 Ом/□ и подвижностью носителей 1000–2500 см<sup>2</sup>/В·с. Предложена схема, позволяющая переносить относительно большие площади графена или мультиграфена на подложки SiO<sub>2</sub>/Si, которая включает в себя такие технологические шаги, как электрохимическое отделение пленки поликарбоната с графеном от медной подложки, прижим пленки к новой подложке с использованием оборудования штамповой литографии и последующее растворение поликарбоната в хлороформе.

## 2. Экспериментальные методы, использованные в работе

В качестве подложек для роста использовалась медная фольга фирмы Alfa Aesar толщиной 25 мкм, чистотой 99.999%. Перед процессом роста фольга проходила химическую обработку в 5%-м растворе HCl:H<sub>2</sub>O для снятия окисла и предварительный отжиг при температуре 1000–1050°C в течение 20–40 мин в атмосфере Ar + H<sub>2</sub>. Содержание H<sub>2</sub> в газовой смеси составляло 10%. Этот отжиг заметно уменьшал поверхностный рельеф медной фольги и приводил к формированию доменов (монокристаллических блоков) в медной фольге.

<sup>†</sup> E-mail: antonova@isp.nsc.ru