Влияние энергии ионов на процесс плазмохимического синтеза графена

Е.Г. Шустин, Н.В. Исаев, И.М. Котелянский, В.А. Лузанов, Е.Н. Миргородская, М.П. Темирязева

Институт радиотехники и электроники РАН им. В.А. Котельникова, Фрязинский филиал, г. Фрязино, Россия

Доклад посвящен разработке технологии плазмохимического синтеза графена, пригодного для использования в наноэлектронике, и исследованию факторов, влияющих на структуру синтезируемых пленок.

Основные методы получения графена в настоящее время – механическое или химическое отщепление чешуек графена с поверхности высокоориентированного пиролитического графита (ВОПГ) и CVD осаждение графита на металлические подложки-катализаторы. Наиболее актуальной проблемой является получение структурно совершенного графена для наноэлектроники. Основные усилия исследователей в настоящее время концентрируются на поиске способов осаждения монокристаллического графита на подложках, способных играть роль катализаторов эпитаксиального роста. Высокие температуры, требуемые для синтеза графена CVD методом, создают основные проблемы для получения структурно совершенного графена. Поэтому все большее внимание привлекает возможность синтеза графена в плазмохимических процессах (PECVD). Показано, что использование плазмы для синтеза графена позволяет существенно снизить температуру процесса до 500 – 600°С, однако во всех работах, опубликованных до сих пор, был получен только поликристаллический графен с большой плотностью дефектов.

В работах по синтезу графена методом PECVD явно или неявно предполагается, что роль плазмы сводится только к разложению углеводородов. Воздействие плазмы на растущую пленку графена считается отрицательным эффектом, поэтому это воздействие стараются минимизировать (remote plasma enhanced process). При этом энергетические спектры ионов и их влияние на структуру синтезируемых пленок практически не изучались.

В этой работе мы исследуем влияние низкоэнергичных ионов из плазмы, воздействующих на осаждаемую пленку, на ее структуру. Синтез проводился в реакторе на базе пучково-плазменного разряда [1]. В качестве подложек использовались пластины атомно-гладкого сапфира с осажденными пленками никеля толщиной 200 – 500 нм. Была обеспечена возможность поддержания температуры подложки в диапазоне до 900°С. Для управления потенциалом плазмы, а следовательно, энергией эмитируемых ей ионов использовался специальный электрод, контактирующий с плазмой.

Показано, что структура синтезируемой пленки весьма чувствительна к энергии бомбардирующих ионов: поликристаллический графен образовывался в диапазоне энергий *Eion*= 10 – 25 эВ. При энергии *Eio*n < 10 эВ напылялась аморфная углеродная пленка; при *Eion*> 25 эВ наблюдалась конкуренция процессов напыления алмазоподобной пленки (DLC) и ионного травления, при этом преобладающий процесс определялся температурой подложки и скоростью распыления углеродной мишени. В настоящее время в наших экспериментах получены пленки графита, не уступающие по структурным характеристикам опубликованным результатам по PECVD синтезу графена.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант №14-08-00143)

Литература

1. Н.В. Исаев, И.Л. Клыков, В.В. Песков, Е.Г. Шустин, В.А. Курнаев., И.В. Визгалов ПТЭ 2014 №1 с. 124–127.