

# ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН И НАНОТРУБОК МЕТОДОМ СВЕРХБЫСТРОГО НАГРЕВА ПАРОВ ЭТАНОЛА

Редьки» А. Н., Маляревич Л. В.

Институт проблем технологии микроэлектроники и  
особочистых материалов Российской академии наук,  
г. Черноголовка, Россия, arcadii@ipmt-hpm. ac. ru

Известно, что температура проведения процесса, а также скорость нагрева исходных реагентов и охлаждения продуктов играют существенную роль при пиролитическом синтезе углеродных нанотрубок [1]. Предложен метод получения углеродных наноматериалов путем сверхбыстрого нагрева паров органических соединений до высокой температуры. Для реализации данной методики изготовлена экспериментальная установка. Нагрев реагента осуществлялся с помощью резистивного графитового нагревателя, помещенного внутри реакционной зоны. Для достижения максимально высокой скорости нагрева принудительно охлаждаемый источник реагента располагался в непосредственной близости от нагревателя. В качестве исходного реагента использовался этанол, а также смеси этанола с водой, глицерином и ферроценом. Продукты синтеза исследовались методами дифференциально-термического анализа, рентгенофазового анализа, растровой и просвечивающей электронной микроскопии.

Усыновлено, что при температуре нагревателя 1500...2000°C и температуре подложки 600...1000°C продуктами синтеза являются углеродные нановолокна и нанотрубки. Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии, нановолокна имели толщину 30... 150 нм и длину до 100 мкм. В ряде случаев наблюдался вторичный рост нановолокон и образование структур типа «гириянда». Синтезированные нанотрубки имели структуру типа «бамбук» и «рыбья кость». Толщина

нанотрубок находилась в пределах 20...50нм при длине в десятки микрон. Оценочное значение скорости роста нановолокон и нанотрубок составляет 1...3 мкм/мин. При добавлении катализатора (паров ферроцена) в реакционную смесь наблюдалось некоторое изменение структуры депозита. В частности, на концах углеродных нановолокон появились частицы металлического железа соответствующего диаметра.

Исследовано также осаждение нанотрубок на подложки с нанесенным катализатором. В качестве катализатора использовались пленки железа никеля, кобальта и золота различной толщины, осажденные на кремниевую подложку методом термического испарения в вакууме и затем отожженные на воздухе при температуре 500°С. Все перечисленные металлы проявляли каталитическую активность при синтезе углеродных наноматериалов. В определенных условиях наблюдалось селективное осаждение углеродных нанотрубок (волокон) на участках подложки, покрытых катализатором, тогда как на чистой поверхности кремния осаждения углерода не происходило. В целом, проведенные исследования показали перспективность предложенной методики синтеза углеродных наноматериалов.

### **Литература**

1. Раков Э. Г. Методы получения углеродных нанотрубок // Успехи химии. 2000. Т. 69. № 1. С. 41-59.