

Трансформация фаз углеродных материалов под действием высоких давлений

Тихомирова Г.В.¹, Петросян Т.К.¹, Волкова Я.Ю.¹, Тебеньков А.В.¹, Соколовский Д.Н.¹

galina.tikhomirova@urfu.ru

¹ Уральский федеральный университет. им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

Исследованы явления переноса в углеродных материалах (фуллеренах C_{60} (в разных фазах), C_{70} в гцк фазе, одностенных и двустенных углеродных нанотрубках (ОУНТ и ДУНТ), в графене и графите) при давлениях до 50 ГПа. Изучена кинетика релаксации этих материалов при изменении давления. Измерения проводились в камере высокого давления с алмазными наковальнями из синтетических алмазов «карбонадо».

В процессе обработки давлением и температурой фуллерен C_{60} испытывает последовательность фазовых превращений. Эти фазы сильно отличаются как по величине сопротивления (от сотен Ом до сотен МОм), так и по его температурной зависимости. Идентифицированы особенности, соответствующие известным из литературы фазовым превращениям фуллерена. Предложена схема последовательности фазовых превращений фуллерена под действием высоких давлений. Определено время релаксации сопротивления всех фаз фуллерита после изменения давления: оно составляет более двух часов.

Образец фуллерена C_{70} проходит через ряд фазовых преобразований, обусловленных ориентационным переходом, процессами аморфизации, и необратимым разрушением структуры. Преобразования структуры C_{70} , происходящие при давлениях порядка 50 ГПа, являются необратимыми.

Исследуемые образцы однослойных углеродных нанотрубок были получены методом химического парофазного осаждения CVD и очищены методом HiPCO (High pressure CO). Диаметр ОУНТ был оценен при помощи просвечивающего электронного микроскопа и составил 0,8 - 1,2 нм. Обнаружена сильная зависимость сопротивления жгутов ОУНТ от давления. Обнаружена сложная зависимость сопротивления жгутов двустенных углеродных нанотрубок (ДУНТ) от давления, которая связывается с процессами деформации их углеродной структуры. Из-за большого диаметра внешней трубки, и, соответственно, большего количества дефектов, двустенная структура разрушается при гораздо меньших давлениях, чем одностенная. Тем не менее, полного разрушения нанотрубок не происходит вплоть до 30 ГПа.

Исследованы проводимость, магнетосопротивление и термоэдс графита и графена в зависимости от давления при комнатной температуре, а также кинетика их релаксации. Наблюдавшиеся особенности связываются с фазовыми переходами в графите при этих давлениях. Исследовалась возможность возникновения новых фаз углерода из графита при длительной (сутки) выдержке под давлением. Обнаружены особенности сопротивления, термоэдс и времен релаксации сопротивления в области 27-35 ГПа, по-видимому, связанные с зародышами новой фазы, сохраняющимися после снятия нагрузки.