

Савватимский А.И. Плавление графита и свойства жидкого углерода 2013 г.

Предисловие

В монографии подробно рассмотрены экспериментальные исследования свойств углерода, нагреваемого до высоких температур, как стационарными методами, так и импульсными (начиная от долей секунды вплоть до наносекунд). Представлены ключевые исследования по углероду, начиная с 1911 года.

Детально рассмотрены работы классика углеродной тематики Фрэнсиса Банди (миллисекундный нагрев) при высоких давлениях; стационарные исследования НИИГРАФИТА; работы нескольких коллективов ОИВТ РАН при нагреве током и лазером. Рассмотрены параметры тройной точки углерода, в том числе необходимость применения давления не менее 100 бар для плавления графита. Установлено значение температуры плавления углерода 4800-4900 К. Металличность расплавленного графита высокой исходной плотности в настоящее время не вызывает сомнений.

Показано соответствие результатов автора (полученных совместно с В.Н. Коробенко) для области плавления углерода (при микросекундном нагреве графита током в сапфировых капиллярах) как с результатами работ Фрэнсиса Банди, так и Тогайя (Япония), полученными при миллисекундном нагреве током при высоких статических давлениях (14-94 кбар). В последнем случае речь идет о снижении электросопротивления жидкого углерода в точке плавления (при введенной энергии ~ 21 кДж/г) при одновременном росте давления до 50 кбар, а также о повышении электросопротивления жидкого углерода для давлений свыше 50 кбар.

Кроме теплоемкости при постоянном давлении (C_p) измерена теплоемкость жидкого углерода при постоянном объеме (C_v) при нагреве графита в ограниченном объеме (сапфировые трубки). Знание (C_v) позволило оценить температуру жидкого углерода значительно выше точки плавления. Применение сапфировых капиллярных трубок при быстром (микросекунды) нагреве током позволило достигнуть температур жидкого углерода 20 000 К (по крайней мере). При этом обнаружен переход для жидкого углерода типа металл-неметалл гораздо выше точки плавления (при вводе энергии около 35 кДж/г), аналогичный обнаруженному Тогайя в точке плавления. Электросопротивление жидкого углерода (значительно выше точки плавления) стремительно растет с вводом энергии при давлении выше 50 кбар.

Обсуждаются методические вопросы импульсного нагрева, в частности роль пинчевого давления в получении жидкого состояния углерода. Приведены схемы импульсных установок и их инструментальное обеспечение. Исследована роль внешней среды (воздух, вода, капиллярные трубки) для получения высокого компрессионного давления.

Подробно рассмотрены опубликованные результаты лаборатории электровзрывных процессов с 1972 года (начало графитовых исследований) под руководством С.В. Лебедева. Показано последовательное развитие импульсного нагрева в ОИВТ РАН применительно к графиту.

В Приложении 1 представлены установки для исследования высокотемпературных свойств углерода; в Приложении 2 - фотографии научных сотрудников, а также фотографии примечательных событий последних лет в мире углерода и в мире теплофизики, в том числе всемирные конференции по углероду (Carbon-2009 во Франции, Carbon-2011 в Китае, Carbon-2012 в Польше).