

ЖИДКИЙ УГЛЕРОД ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ПОВЫШЕННОМ ДАВЛЕНИИ ^{*)}

^{1,2}Савватимский А.И., ²Онуфриев С.В.

¹Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия,
savvatimskiy.alexamder@gmail.com

²Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия,
s-onufriev@yandex.ru

Наиболее полно история исследования физических свойств графита и жидкого углерода, начиная с 1911 и вплоть до 2015 года, изложена в книге [1]. Тройная точка углерода при давлении 120 бар получила экспериментальное подтверждение. Нагрев графита током за короткое время (микросекунды) имеет ряд преимуществ перед стационарным нагревом. Впервые (1986 год) при быстром нагреве током было измерено относительное расширение графита (около 70%) при плавлении (давление ~200 бар). Впоследствии этот результат был подтвержден при лазерном нагреве. Детали исследований изложены в обзорах [1, 2].

Электросопротивление пиролитического графита плотностью 2,26 г/см³, отнесенное к исходным размерам, при плавлении ($T = 4900$ К) растет от 450 до 630 мкОм·см. Температура фиксировалась с поверхности графита, через слой стекла. Заметим, что в случае расплавления тонкого слоя стекла оптическое пропускание не изменяется (в этом его положительное отличие от сапфира Al_2O_3). С дальнейшим ростом температуры электросопротивление углерода слабо растет, достигая 900 мкОм·см при 8000 К. При этом на кривой электросопротивления нет признаков кипения. Предполагается, что точка кипения жидкого углерода находится выше 8000 К. Отсутствие кипения при 8000 К может быть объяснено также повышенным давлением в ячейке, при окончании импульсного нагрева.

Для жидкого углерода при температурах 5000 – 7000 К была измерена теплоемкость C_V (~2 Дж/(г·К), которая оказалась вдвое меньшей, чем C_p (~4 Дж/(г·К), измеренная ранее также импульсной методикой. Измерения C_V выполнено при быстром нагреве пластинки графита, зажатой в двух толстостенных пластинах стекла ТФ-5. При этом электросопротивление жидкого углерода – константа, подобно ртути нагреваемой в ограниченном объеме.

При быстром нагреве графита в сапфировых толстостенных капиллярах [3] получены давления, выше 50 кбар (оценка); температуры – порядка $25 \cdot 10^3$ К (оценка). Утверждение [4] о переходе металл–неметалл при плавлении графита – противоречит всем известным экспериментам. Последующая публикация [5] представила линию плавления графита, не совпадающую со всеми экспериментами, в частности с данными Ф. Банди (США) и М. Тогайя (Япония). Наконец, в печати [6] появилось заявление А. Рахеля [5] о том, что «впервые исследованы свойства жидкого углерода», что совершенно не соответствует известной исторической картине исследования углерода, рассмотренной в [1, 2].

Работа выполнена при поддержке Российский научный фонда, грант № 19-79-30086-П, (руководители Г.А. Месяц и В.С. Лебедев, ФИАН, Москва).

Литература

- [1]. Savvatimskiy A.I. Carbon at High Temperatures. Springer, 2015. Vol. 134. 246 p.
- [2]. Савватимский А.И., Онуфриев С.В., УФН., 2020. Т. 190. № 10. С. 1085–1108.
- [3]. Savvatimskiy A.I., Carbon, 2009, V.47, P. 2322–2328.
- [4]. Kondratyev, Korobenko and Rakhel, J. Phys.: Condens. Matter 2016, **28**, 265501.
- [5]. Kondratyev A.M. and Rakhel A. D., PHYSICAL REVIEW LETTERS 2019, 122, 175702.
- [6]. <https://indicator.ru/chemistry-and-materials/svoystva-zhidkogo-ugleroda-14-05-2019.htm>

^{*)} DOI – тезисы на английском