

Исследование поведения тугоплавких металлов в области плавления при быстром электрическом нагреве

В.Н. Сенченко¹, Р.С. Беликов^{1,2}, В.С. Попов^{1,2}

¹Объединенный институт высоких температур РАН

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Созданная экспериментальная установка и метод позволяют исследовать с высокой точностью теплофизические свойства тугоплавких электропроводных материалов в области предплавления и в жидкой фазе. Проблема исследований свойств актуальна для высокотемпературной техники и энергетики, в первую очередь в связи с созданием ядерных реакторов нового поколения и авиационных двигателей, работающих при экстремально высоких температурах.

Суть реализованного метода заключается в быстром нагреве образца до $T_{пл}$ и выше за время от 25 мкс до 1000 мкс за счет объемного выделения тепла при прохождении по образцу электрического тока большой плотности. Таким образом, измеряя температуру поверхности образца во время эксперимента $T(t)$, ток $I(t)$ и напряжение $e(t)$ между потенциальными зондами в средней части образца, можно определить зависимость энтальпии $H_p(T)$ и теплоемкости $C_p(T)$. Используемая установка подробно рассмотрена в [1].

Для измерения температуры образца был разработан быстродействующий четырехканальный пирометр. Спектральное разделение теплового излучения от образца обеспечивает спектрометр, реализованный на сферической дифракционной решетке с оптическими фильтрами. Измерение температуры осуществляется в узком спектральном интервале около 25 нм в области длин волн 0.650 – 1.050 мкм. Узкая спектральная полоса монохроматора с дифракционной решеткой обеспечивает постоянство эффективной длины волны в широком температурном диапазоне 1300 – 7000 К. В пирометре установлена зеркальная полевая диафрагма \varnothing 0.2 мм, которая вместе с входным объективом формирует площадку визирования на поверхности исследуемого объекта \varnothing 0.3 мм. Для обеспечения долговременной стабильности измерений фотодиоды размещены внутри корпуса, температура которого поддерживается постоянной с помощью положительного термостата с точностью не хуже ± 0.1 °С. Монохроматическое излучение, падающее на фотодиоды, генерирует ток, пропорциональный интенсивности излучения. Для преобразования тока в напряжение используются быстродействующие логарифмические преобразователи. Пирометр калибровался в диапазоне 1773 – 3273 К по высокотемпературным моделям АЧТ. Относительная погрешность калибровки пирометра не превышала 0.25%.

Были проведены эксперименты на образцах из Та и Мо. Для приготовления образцов использовались фольги толщиной 0.1 - 0.05 мм и полосы толщиной 0.3 мм из высокочистого

99.9% тантала и высокочистого 99.97% молибдена. Для уменьшения методической погрешности определения истинной температуры были изготовлены образцы из фольги с U-образной формой поперечного сечения. Излучение полости при выбранной геометрии было близко к излучению серого тела.

Основной вывод из выполненного исследования заключается в том, что определение истинной температуры по измеренной яркостной температуре с привлечением стационарных данных по спектральной излучательной способности дает большую методическую погрешность и может привести к существенным погрешностям определения теплоемкости в области предплавления. Следует подчеркнуть, что глубокий научный интерес представляет изучение вклада в теплоемкость ангармонизма решетки, электронной составляющей теплоемкости и равновесных вакансий.

Разработка и применение на действующей экспериментальной установке нового микросекундного полихроматического пирометра позволяет уменьшить погрешность для расчета истинной температуры образца в области предплавления.

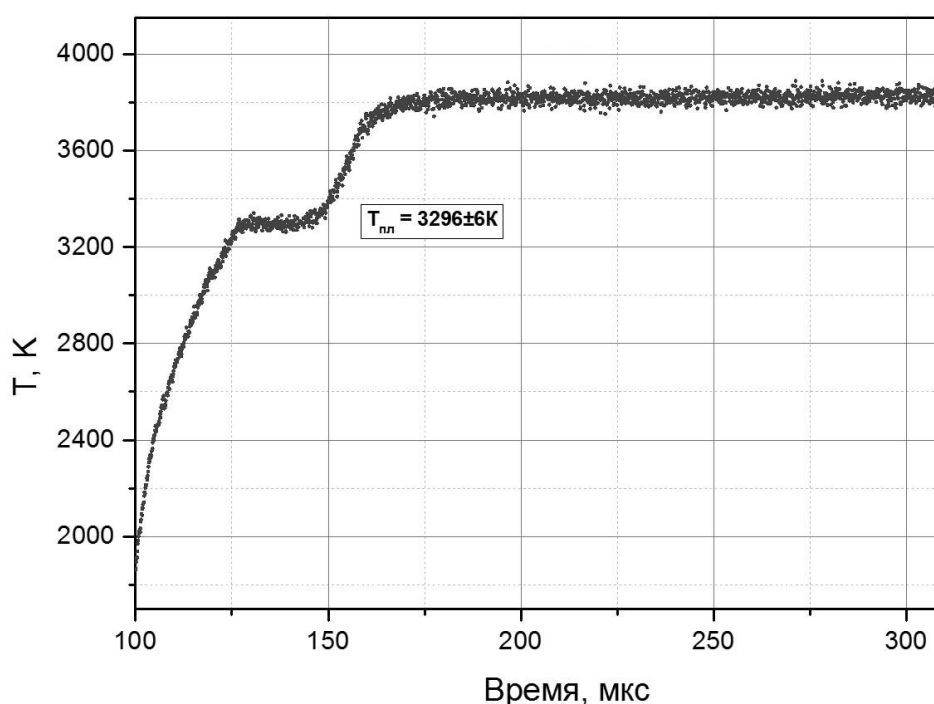


Рис. 1. Термодинамическая температура образца из тантала, измеренная в ходе эксперимента с выключением тока.

Литература

1. В.Н. Сенченко, Р.С. Беликов, Установка для экспериментального исследования теплофизических свойств проводящих тугоплавких веществ в окрестности их точки плавления методом импульсного нагрева, Известия Кабардино-Балкарского Государственного Университета, 2014, Том IV, №1, с.22-26.