

СТЕНД ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ МИКРООБЪЕКТОВ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ЛАЗЕРНОМ НАГРЕВЕ

А. А. Быков, В. И. Батшев, П. В. Зинин, А. С. Мачихин

Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, г. Москва

Появление мощных лазеров сделало возможным нагрев материалов до высоких температур (6000 К) при высоких давлениях (200 ГПа) в лабораторных условиях. Это позволило открыть целый класс новых минералов – пост-перовскитов, ответственных за скачок акустических параметров на границе раздела мантия-ядро, и синтезировать новые функциональные твердые и сверхтвердые материалы BC_2N и BC_3 . Метод лазерного может быть также использован для измерений скоростей акустических волн при высоких температурах и решения других задач. Основным недостатком экспериментов с лазерным нагревом является создание значительных градиентов температуры в образце, которые необходимо учитывать при анализе результатов и всех проводимых расчетах. Известные установки для измерения пространственного распределения температуры в объекте на основе регистрации нескольких спектральных изображений образца не получили распространения. Это связано со сложностью юстировки, недостаточной стоимостью и высокой стоимостью такой многоканальной системы. В настоящей работе описан стенд для измерения спектральных характеристик и вычисления пространственного распределения температуры образцов, находящихся в алмазных наковальнях при сверхвысоких давлении и температуре, свободный от указанных недостатков.

Основу стенда составляет оригинальный программно управляемый акустооптический (АО) видеоспектрометр с произвольной спектральной адресацией (рис. 1). Он состоит из 1) специализированного оптического модуля для формирования изображения микрообъектов (примерно 100×100 мкм), наблюдаемых через алмаз, и передачи его на вход АО монохроматора; 2) АО монохроматора, реализующего широкоугольную геометрию акустооптического взаимодействия и обеспечивающего спектральную фильтрацию изображений без хроматических искажений в диапазоне 650–1100 нм с разрешением по спектру ~ 2 нм; 3) объектива; 4) видеокамеры. Стенд также включает в себя лазер мощностью 50 Вт, алмазную наковальню, станцию обработки и специализированное программное обеспечение для управления параметрами и режимами работы лазера и видеоспектрометра, регистрации и обработки спектральных изображений, расчета температуры, визуализации и сохранения данных.

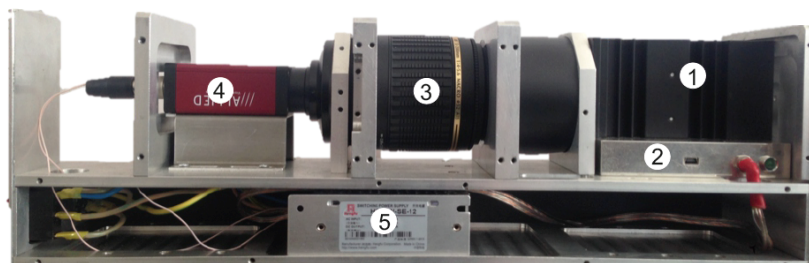


Рис. 1. Внешний вид без крышки АО видеоспектрометра для измерения пространственного распределения температуры: 1 – АО фильтр; 2 – блок управления; 3 – сопрягающий объектив; 4 – видеокамера; 5 – блок питания

Отсутствие подвижных элементов, компактность, программное управление, высокая светосила, высокое пространственное и спектральное разрешение, возможность модуляции передаточной функции выгодно отличают АО фильтры от приборов, построенных на других физических принципах.

пах. Быстрая произвольная спектральная перестройка позволяет строить на их базе спектрально адаптивные системы. Предлагаемый метод измерения распределения температуры путем АО спектральной визуализации нагреваемого образца на произвольных длинах волн в достаточно широком спектральном интервале превосходит все использовавшиеся ранее подходы по производительности и точности измерений, позволяет расширить диапазон измерения температур до 1000–6000 К и не применялся до настоящего времени для решения задач физики высоких давлений.

В дальнейшем планируется разработка методик использования комплекса для синтеза новых материалов при высоких давлениях и температурах и измерения скорости звуковых волн при высоких температурах, что имеет крайне важное значение для современных фундаментальных и прикладных геофизических исследований, синтеза новых сверхтвердых материалов и решения других задач.

Данное исследование поддержано грантом РФФИ 15-37-20646.

Список литературы

1. Otake S., Zinin P. V., Hellebrand E., Prakapenka V., Liu Y., Hong S., Burgess K., Ming L. C. Formation of the high pressure graphite and BC8 phases in a cold compression experiment by Raman scattering. *Journal of Raman Spectroscopy*. 2013. 44(11). P. 1596–1602.
2. Otake S., Zinin P. V., Ming L. C. Raman Spectroscopy of Melamine at High Pressures up to 60 GPa. *High Pressure Research*. 2013. 33(2). P. 392–398.
3. Machikhin A., Zinin P., Shurygin A., Khokhlov D. Imaging system based on a tandem acousto-optical tunable filter for in-situ measurements of the high temperature distribution // *Optics Letters*. 2016. Vol. 41, N 5. P. 901–904.