

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ковалева Дмитрия Юрьевича «Динамическая рентгенография материалобразующих процессов горения», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Применение методов динамической рентгенографии к исследованию *in situ* процессов синтеза, химических реакций или быстрых фазовых превращений в твердых телах, имеет большие перспективы. Развитие указанных методов в ИСМАН напрямую связано с именем основателя Института академика А.Г. Мержанова, предложившего энергосберегающий метод получения новых материалов – самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Тогда же была поставлена задача создания методов исследований процессов СВС *in situ*. Успехи дифракционных методов на этом пути обычно связывают с источниками синхротронного излучения (СИ) и современными координатными детекторами для регистрации рентгеновских квантов с разрешением по времени вплоть до пикосекундных диапазонов. Однако, как справедливо отмечается в автореферате, есть много задач, для решения которых не требуются субмиллисекундные времена экспозиции и мощные источники излучения. Это задачи по исследованию реакций в конденсированных средах, термической диссоциации, синтеза материалов при спекании, кристаллизации из жидкого или аморфного состояния, взаимодействия поверхностных слоев с газовой средой. Временной масштаб таких процессов лежит в диапазоне 10^{-2} - 10^2 секунд. Для их исследования *in situ* методами рентгенографии достаточно мощности рентгеновской трубки при наличии оптимальной схемы дифракции и быстродействующего координатного детектора для регистрации дифрагированного излучения.

Автором диссертационной работы Д.Ю. Ковалевым решена сложная, многокомпонентная задача, что следует квалифицировать как крупное научное достижение. Работа имела целью обеспечить аппаратно и методически исследование процессов СВС методами динамической рентгенографии *in situ* в лабораторных условиях и доказать эффективность этих методов для наблюдения и анализа фазовых превращений в различных материалах. Уникальный аппаратный комплекс был создан на платформе серийного порошкового дифрактометра ДРОН, оснащенного рентгеновской трубкой и быстродействующим линейным детектором отечественного производства. Для исследования процессов горения при высоких температурах и в различных газовых средах были сконструированы и изготовлены реакционные камеры, монтируемые на оси гониометра.

Фазовые превращения в процессах горения изучены Д.Ю. Ковалевым на нескольких группах веществ. По каждой группе получены новые результаты, важные в фундаментальном аспекте и для практических применений. Найденные закономерности помогают осуществлять целенаправленный синтез материалов. Здесь хотелось бы отметить исследования фазовых превращений при горении порошков переходных металлов Ti, Zr, Hf (глава 3) и установленные методом динамической рентгенографии закономерности взаимодействия порошков с газами в процессе горения, важные для получения мелкодисперсных порошков. В четвертой главе приведены результаты *in situ* дифракционных исследований фазовых превращений, проходящих при СВС в

конденсированных средах. Выявлены механизмы взаимодействий при синтезе тугоплавких соединений - карбидов, нитридов, боридов, силицидов, оксидов металлов, интерметаллидов и композиционных материалов на их основе. Предметом пятой главы были процессы горения жидких растворов и энергетических систем с образованием наноразмерных частиц металлов и оксидов, изученные дифракционными методами. В последней, шестой главе изучены закономерности кристаллизации аморфных сплавов $Fe_{84}B_{16}$ и $TiCu$.

Автору принадлежит постановка цели и задач исследования, выбор схемы экспериментов и методов решения задач. Он участвовал в разработке и создании уникальной научной установки. Им лично проведены все эксперименты, интерпретация и обобщение полученных данных. Автореферат хорошо составлен и написан хорошим языком, не считая мелких опечаток. Стиль изложения отличается краткостью, ясностью и вниманием к деталям, что свидетельствует о глубине понимания и свободе владения материалом. Одно замечание касается литературного обзора (глава 1). Хотелось бы видеть в автореферате, пусть в кратком изложении, но конкретные сведения о ведущих научных группах и о наиболее интересных мировых результатах последних лет в данной области науки.

Судя по автореферату, представленная к защите диссертационная работа является целостным, законченным научным исследованием, а ее результаты заслуживают самой высокой оценки. По актуальности, важности, новизне полученных результатов, уровню и количеству публикаций диссертационная работа соответствует коду специальности 01.04.17 и требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842. Соискатель Ковалев Дмитрий Юрьевич безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Ведущий научный сотрудник
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН,
119333, Москва, Ленинский проспект, 59
доктор физико-математических наук
E-mail: bolotina@ns.crys.ras.ru
Тел. +7(499)135-31-10; +7(905)767-19-01
17.03.2021 г.

Болотина Надежда Борисовна

Подпись Болотиной Н.Б. удостоверяю
Ученый секретарь ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН

