



XVI Международная конференция памяти академика Эдуарда Степановича Горкунова МЕХАНИКА, РЕСУРС И ДИАГНОСТИКА материалов и конструкций



ВЫБОР МЕТОДОВ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СТАНЦИЙ ПРОЕКТНОГО ИСТОЧНИКА «СКИФ»



А.К. Насырова^а, К.Д. Егошин^а, О.М. Кутькин^а

^а Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

ВВЕДЕНИЕ

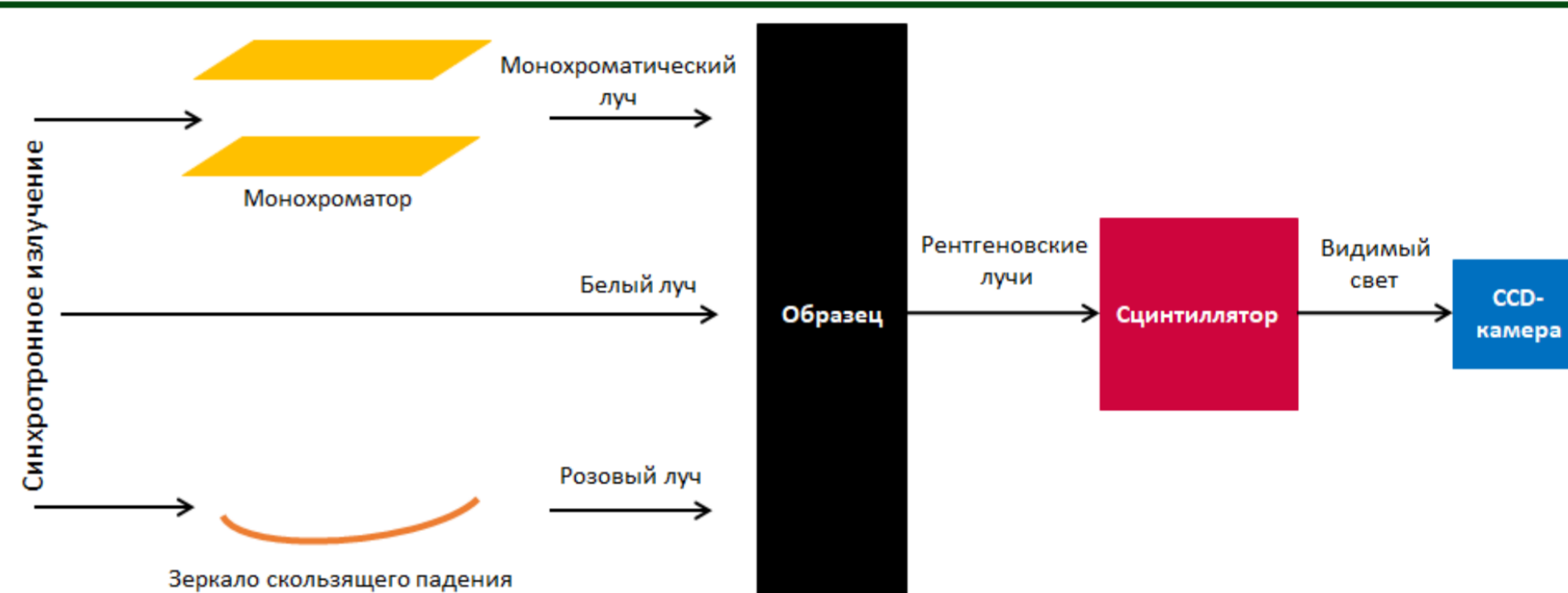
В настоящее время в России реализуется несколько уникальных проектов класса Megascience в виде научно-исследовательских комплексов, предназначенных для проведения высокотехнологичных, крупномасштабных исследований в интересах различных отраслей науки и техники. Одним из них является строящийся в Новосибирске источник синхротронного излучения СКИФ (Сибирский кольцевой источник фотонов), ориентированный на решение актуальных задач в области физики, химии, материаловедения и других наук. Новосибирский государственный технический университет координирует разработку исследовательских станций в области материаловедения. В связи с этим, важное значение имеет вопрос о выборе методов исследований, которые будут доступны пользователям станций данной направленности. Для ответа на него был проведен анализ используемых в настоящее время методов изучения материалов, основанных на синхротронном излучении.

Рентгеновская компьютерная томография

Синхротронная рентгеновская компьютерная томография является неразрушающим методом трехмерной визуализации с высоким пространственным разрешением от 1 мм до нескольких десятков нанометров. Синхротронная томография основана на просвечивании исследуемого образца пучком синхротронного излучения, поглощении некоторого количества излучения образцом и регистрации распределения потока излучения после поглощения. За счет снижения интенсивности пучка или фазового сдвига лучей после прохождения через образец, имеющий неоднородный химический, фазовый состав или распределение плотностей, формируется теневая картина. При наборе таких картин, полученных при повороте образца относительно пучка, и последующей математической обработке получается 3D-модель.

С помощью синхротронной томографии возможно проведение in-situ исследований для изучения изменения структуры или фазового состава при деформации, кристаллизации, коррозии и других процессов.

Существуют различные методы томографии, из которых наиболее часто используются абсорбционная контрастная томография и фазово-контрастная томография для исследования конструкционных материалов.



Реализуемые схемы томографического канала

Синхротронная компьютерная ламинография

Ламинография является одним из методов неразрушающего контроля материалов. Целью компьютерной ламинографии (КЛ) является исследование образцов, которые не могут быть изучены методом компьютерной томографии (КТ). Такими образцами являются вытянутые в сторону объекты (ламинаты), размеры которых препятствуют проходу излучения до детектора, или объекты, размеры которых не позволяют поместить их в установку для проведения измерений. Метод синхротронной КЛ для ESRF ID19 был создан L. Helfen и др. в 2005 году. Они реализовали установку для сбора данных, совместимую со стационарным синхротронным источником. Синхротронная КЛ сочетает в себе принципы ламинографии с преимуществами синхротронной визуализации благодаря использованию монохроматического излучения и высокому пространственному разрешению, вплоть до масштаба 1 мкм. Этот метод применяется для неразрушающего контроля плоских, вытянутых объектов на источниках синхротронного излучения (ESRF, ANKA, Spring-8). В КЛ поворотная ось отклонена на угол θ . Эта особенность позволяет излучению достигать детектор через расстояние меньшее, чем в томографии для одинаковых образцов. Синхротронная КЛ применялась в работах, посвященных исследованию механизма образования пустот при микролитье полимеров, механизма образования трещин при упругом деформировании сплавов, 3D-визуализация процесса сжатия порошковых материалов.

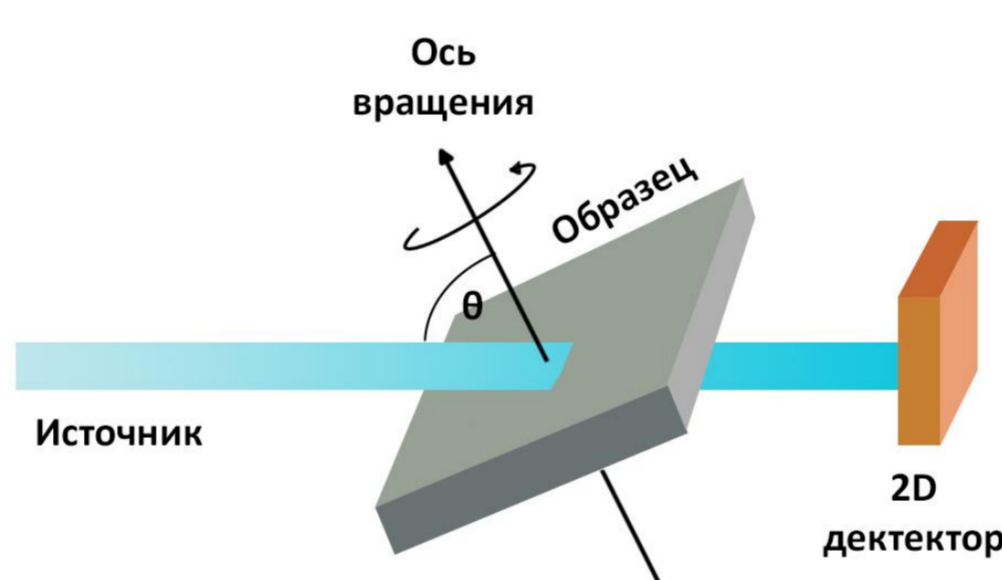


Схема установки для ламинографии

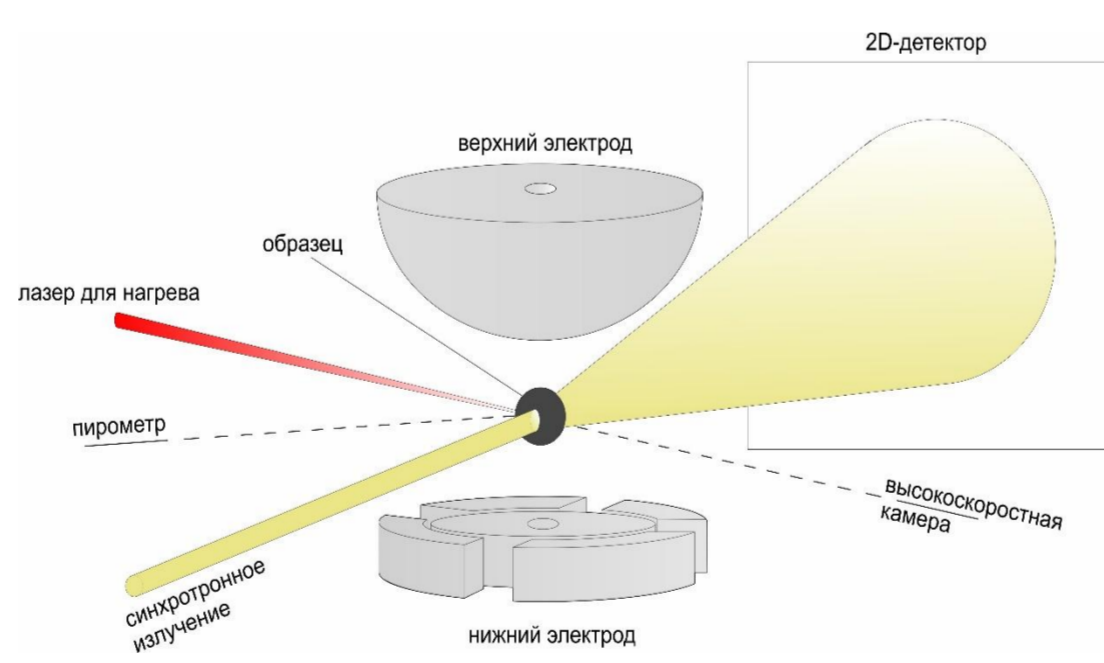


Схема установки электростатической левитации

Левитация

Метод левитации в сочетании с синхротронной рентгеновской дифракцией открывает широкие возможности наблюдения в режиме реального времени процессов плавления и кристаллизации. В течении эксперимента фиксируется большое количество дифрактограмм, по которым можно отследить изменение внутренней структуры вещества. Данным методом возможно исследование различных типов образцов – как проводников, так и диэлектриков, образцы для эксперимента имеют сферическую форму и размеры порядка нескольких миллиметров. Возможность левитации большого разнообразия веществ обеспечивается применением различных способов удержания – электростатического, электромагнитного, аэродинамического и др. Впервые синтез методов синхротронной дифракции и левитации был осуществлен L. Krishnan и др. в 1997 г. на источнике NSLS. К настоящему времени метод распространился и используется на многих источниках (Spring-8, PETRA-III, ESRF, APS).

Помимо перечисленных возможностей, метод левитации обеспечивает возможность исследования стеклообразования – так как вещество не контактирует ни с какой поверхностью это создает условия переохлаждения расплава и образования стекла. Таким способом возможно получение металлических стекол многих систем.

Выводы

С помощью синхротронного излучения возможно изучение внутренней структуры и фазового состава конструкционных материалов в микро- и нанометровом масштабе. Данные исследования позволят получить большое количество информации для понимания механизмов структурно-фазовых изменений в материале при различных быстропротекающих процессах. Выбранные методы подходят для работы на исследовательских станциях в области материаловедения