Синхротронное излучение как инструмент конструирования новых материалов

Сотрудники СПбПУ приняли участие в научной конференции по рассеянию синхротронного излучения (СИ) «Использование синхротронного излучения для исследования катализаторов и функциональных материалов» (Synchrotron Radiation Techniques for Catalysts and Functional Materials). В этом году конференция проводилась на базе Томского политехнического университета.

Ключевая цель конференции — консолидировать научное сообщество пользователей синхротронного излучения. Организаторы решили проинформировать ученых, использующих СИ, о возможностях существующих станций и ярких результатах, полученных на установках класса «Мегасайенс». Также на конференции детально рассказали о реализации проекта Центра коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» (проект «СКИФ»).

От имени СПбПУ с докладом выступил и. о. директора ФизМеха СПбПУ Алексей Филимонов. Его работа «Старение релаксоров и рентгеновская фотонная корреляционная спектроскопия» (XPCS study of relaxors aging) посвящена исследованиям, проводимым совместно с коллегами из ФТИ им. А. Ф. Иоффе в НОЦ

«Физика нанокомпозитных материалов электронный техники» СПбПУ (С.Б. Вахрушев и А.Ф. Вакуленко).

Рассматриваемые в работе объекты — релаксоры — представляют собой одну из наиболее интересных групп неупорядоченных соединений, имеющих огромное практическое значение. В частности, сегодня почти все пьезо — и сегнетокерамики изготавливаются из смешанных перовскитоподобных материалов, в которых наблюдаются два типа мезоскопического ближнего порядка: композиционный, связанный с самоорганизованным химическим упорядочением, и структурный, связанный с ионными смещениями и возникающий, в частности, при фазовых переходах в таких материалах.

Учёные исследовали структурную релаксацию в сегнетоэлектрике — релаксоре $PbMg_{1/3}Nb_{2/3}O_3$ (PMN). Микроскопический механизм подобных превращений в релаксорах и природа низкотемпературного состояния остается не до конца понятыми, несмотря на почти 70-летнюю историю исследований. В наиболее интересной области температур, характерные времена релаксации достигают значений от миллисекунд до тысяч секунд, что недоступно для классических методов изучения процессов структурной перестройки. Рентгеновская фотонная корреляционная спектроскопия (XPCS) представляется наиболее подходящим способом выполнить исследование медленной релаксации в таких функциональных материалах.

Ранее авторы показали, что параметры диффузного рассеяния СИ хорошо связаны с параметрами диэлектрической релаксации. Основываясь на этой предварительной информации, при различных температурах образца были получены двумерные картины диффузного рассеяния СИ в зеркальной (брегговской) и незеркальной (диффузной) геометрии. На основании этих данных предложена модель эволюции исследуемой системы от набора слабо взаимодействующих полярных нанообластей в стеклоподобное, затем в нанодоменное, а потом и в микро — и макродоменное состояние.

Для более глубокого понимания процессов структурной перестройки авторы использовали относительно новый, но очень быстро набирающий популярность метод рентгеновской фотонной корреляционной спектроскопии (XPCS). В результате, была прослежена температурная эволюция как одновременных, так и двувременных корреляционных функций. Серии двумерных паттернов рассеяния были проанализированы для извлечения корреляционной функции интенсивность — время.

В результате исследования установлено, что диэлектрическая релаксация в классическом релаксоре PMN связана с релаксационной структурной динамикой. Результаты XPCS измерений позволяют четко выявить температуру перехода в нанодоменное состояние.

Участники конференции поделились опытом в использовании методов СИ в самых разных областях — катализе, материаловедении, биотехнологиях, радиационной экологии, энергетике. Часть докладов посвятили возможностям проведения исследований в Курчатовском центре синхротронного излучения — пока единственном специализированным источником СИ на постсоветском пространстве. Особое внимание на конференции уделили перспективам строительства второго специализированного источника СИ — ЦКП «СКИФ». Это будет передовой российский и международный центр синхротронных исследований, который быстрыми темпами возводят в наукограде Кольцово.