

# **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРУКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСТОЧНИКОВ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С УЛЬТРАМАЛЫМ ЭМИТТАНСОМ (26-912)**

## **Аннотация**

Решение многих жизненно важных задач, стоящих перед человечеством, в том числе поиск ответов на "большие вызовы", обозначенные в «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642), требует понимания структуры вещества на различных уровнях упорядочения, включая атомарный. Знание о структуре материи необходимо для разработки принципиально новых НБИКС-природоподобных технологий на основе междисциплинарных исследований.

Получение знаний о трехмерной структуре материи на атомарном уровне сегодня возможно благодаря ряду методов, в основе которых лежит взаимодействие вещества и электромагнитного излучения с длиной волны, сопоставимой с размером атома. Такое электромагнитное излучение может быть получено на специальных ускорителях - источниках синхротронного излучения.

Структурная диагностика с использованием синхротронного излучения - одно из наиболее активно развивающихся направлений современного материаловедения. Параметры изучаемых объектов формируют особые запросы на свойства генерируемого излучения и методологию экспериментов. Развитие аппаратуры для рентгеновских исследований позволяет всё глубже заглянуть в тайны материи, получить ответы на новые, всё более сложные вопросы структурной организации и структурной динамики твердого тела. Временное разрешение - ключ к пониманию фундаментальных процессов, лежащих в основе, образования и разрушения материалов, необходимый инструмент для исследования ультрабыстрой динамики атомов и электронов, изучения химических и биологических реакций, представляющих основу функционирования живых систем. Основная задача источников синхротронного излучения нового поколения - обеспечить возможность исследования малых (~10-100 нм) объектов, не имеющих дальнего порядка в структуре, с временным разрешением в широком диапазоне от милли- до фемтосекунд, то есть осуществить переход к 4D структурной диагностике. На сегодняшний день успешные работы в важнейших областях исследований и разработок: физике конденсированных сред, нано- и биосистем, включая гибридные системы, функциональные и биосовместимые материалы, и многие другие, возможны только с использованием синхротронного излучения, обладающего предельно высокой пространственной когерентностью, яркостью, уникальной временной структурой и др. Применение синхротронных пучков с полной пространственной когерентностью и обладающих ультравысокой (~ $10^{23}$  фот./мм<sup>2</sup>/мрад<sup>2</sup>/0,1% спектр.полосы) яркостью открывает принципиально новые возможности для исследования молекулярно-биологических и нейрофизиологических процессов в живых системах; изучения структуры белков, биологических клеток и мембран, включая их структурную динамику; разработки новых технологий синтеза и диагностики наноструктурированных, гибридных и природоподобных материалов; изучения вещества в экстремальных условиях; перехода от классических дифракционных методов исследования атомной структуры, требующих

упорядоченных кристаллических образцов достаточно больших размеров, к трехмерной визуализации атомной структуры разупорядоченных и частично упорядоченных субмикронных объектов на основе анализа картины когерентного рассеяния и многое другое.

Создание синхротронных источников со сверхмалым эмиттансом сегодня является мировым трендом и обеспечивает странам, реализующим проекты таких установок, технологическое лидерство и независимость. Задача создания и использования таких установок на территории Российской Федерации поставлена в национальном проекте Наука.

Однако для эффективной реализации этой программы необходимо решить ряд фундаментальных научных проблем. Это вопросы исследования динамики пучков электронов, обладающих сверхмалым эмиттансом, и вопросы генерации излучения в магнитных системах.

Успешная эксплуатация подобных установок требует разработки новой методологии рентгеновского эксперимента, включая развитие подходов к подготовке (фокусировке, монохроматизации) излучения, изучение принципов формирования рентгеновского изображения, анализ и интерпретацию полученных данных, а также изучение процессов взаимодействия ярких коротких рентгеновских импульсов с веществом.

## **Рубрикатор**

912.1. Фундаментальные основы создания новых элементов источников синхротронного излучения третьего и четвертого поколения, включая узлы линейных и кольцевых ускорителей, методы исследования динамики электронного пучка.

912.2. Физические модели компактных систем генерации синхротронного излучения в диапазоне энергий 5-30 кэВ для кольцевых и линейных источников.

912.3. Физические основы новых методов формирования когерентных рентгеновских пучков. Исследование возможностей использования этих пучков совместно с излучением лазерных источников.

912.4. Новые принципы структурной диагностики слабоупорядоченных биоорганических систем, макромолекул и нанокристаллов в экспериментах на синхротронных и «синхротронно-лазерных» источниках.

912.5. Модели экспериментов с временным разрешением для исследования динамики быстропротекающих процессов в функциональных материалах и химических реакций с использованием синхротронного излучения.

912.6. Использование динамических дифракционных эффектов в рассеянии когерентного синхротронного излучения для прецизионной структурной диагностики функциональных наносистем.

912.7. Исследование функциональных материалов в условиях внешних воздействий и в экстремальных условиях.

912.8. Фундаментальные проблемы визуализации внутренней структуры объектов в когерентном пучке синхротронного излучения.

912.9. Физические основы новых экспериментальных методов структурной диагностики малых образцов в условиях высокой интенсивности синхротронного излучения и высокого временного разрешения.