

**Применение метода полного электронного выхода для измерения сечений поглощения  
в области NEXAFS C1s - порога ионизации**

Петрова О.В.<sup>1</sup>, Некипелов С.В.<sup>1,2</sup>, Шомысов Н.Н., Мингалева А.Е., Сивков В.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФМИ, Коми НЦ УрО РАН, 167904, ул. Коммунистическая 24, Сыктывкар, Россия

<sup>2</sup>Сыктывкарский государственный университет, Октябрьский пр. 55, Сыктывкар, Россия

e-mail: [svn@dm.komisc.ru](mailto:svn@dm.komisc.ru)

Ультрамягкая рентгеновская спектроскопия с использованием синхротронного излучения (СИ) получила широкое применение как метод неразрушающей диагностики и изучения атомного и химического состава, структуры и электронного строения наноструктурированных материалов. Исследования доминирующей в области порога ионизации внутренних оболочек атомов резонансной структуры в виде интенсивных полос поглощения с высокой силой осциллятора (СО), которая содержит уникальную информацию об атомном и химическом составе вещества, длине и углах атомных связей, а так же энергии, составу и симметрии свободных состояний представляет большой интерес. Спектральные зависимости сечений поглощения (СП) в области ближней тонкой структуры рентгеновских спектров поглощения (NEXAFS) и определяемые из них распределения СО рентгеновских переходов являются фундаментальными параметрами, характеризующими процесс взаимодействия рентгеновского кванта с веществом. К настоящему времени задача абсолютных измерений СП успешно решена лишь для метода прямого фотопоглощения, который неприемлем для изучения наноструктурированных систем, поскольку требует приготовления тонкопленочных образцов на полупрозрачных для УМР-излучения подложках. Альтернативным является применение метода полного электронного выхода (ТЕУ) для изучения наноструктур, для которого характерно отсутствие «эффекта толщины», но требует решения проблемы фоновых искажений и привязки СП к абсолютной шкале. В работе дается обоснование применимости метода ТЕУ для изучения распределения сил осцилляторов в области NEXAFS C1s – края поглощения нанообразующих карбоновых материалов. Проводится сравнительный анализ данных, полученных методами ТЕУ и прямого фотопоглощения на примере фуллерита C<sub>60</sub>, для которого возможно изготовить образцы в виде тонких слоев, осажденных методом термического вакуумного испарения на свободные пленки титана. Обсуждаются методика и результаты измерений спектральных зависимостей СП и распределения СО в области NEXAFS C1s-спектров поглощения в фуллерите C<sub>60</sub>, многостенных карбоновых нанотрубках (MWCNT) и высокоориентированном пиролиитическом графите (HOPG), которые проводились с использованием излучения Русско-Немецкого канала выхода и монохроматизации СИ на BESSY-II. Применение СИ с высокой степенью линейной поляризации позволило провести измерения спектральных зависимостей СП пиролиитического графита для разных углов падения СИ на поверхность HOPG. В работе предлагается подход, позволяющий из спектральных зависимостей СП в области NEXAFS C1s – края поглощения HOPG получить распределение СО отдельно для переходов на состояния  $\pi^*$  и  $\sigma^*$  симметрии. Спектральные зависимости СП для HOPG изучались в интервале углов падения  $\theta = 0^\circ - 70^\circ$  относительно поверхности образца.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минэкономики РК. Гранта РФФИ № 16-43-110350 р-а, №16-42-110610 р-а, №16-32-00441 и Билатеральной программы Русско-Немецкого канала на BESSY-II.