

Нанокристаллиты Ag_2S в каналах пористого стекла как модельный объект для изучения фазового превращения полупроводник-суперионик

Ильинский¹ А.В., Кастро² Р.А., Попова² И.О., Сидоров³ А.И., Шадрин¹ Е.Б.

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН

² РГПУ им. А.И. Герцена

³ Университет ИТМО

e-mail: timof-ira@yandex.ru

Введение

При организации научно-исследовательской деятельности студентов-физиков требуется тщательный отбор объектов и методов исследования. Этому критерию отвечает изучение материалов с фазовым переходом (ФП) полупроводник-суперионик, которое в настоящее время переживает второе рождение в связи с интересом к суперионикам со стороны как фундаментальной, так и прикладной науки. В связи с этим нанокристаллиты сульфида серебра в каналах пористого стекла (ПС) оказываются удобными модельными объектами для исследования студентами механизма ФП. В данной работе рассмотрена возможность организации учебной исследовательской деятельности, в ходе которой обучающиеся осваивают основы работы на диэлектрическом спектрометре «Novocontrol Concept 81» и методы измерения диэлектрических спектров применительно к материалам с ФП. При этом студенты участвуют в моделировании всех основных этапов исследования от постановки эксперимента до интерпретации полученных результатов.

Методология, методы и методики

Исследования суперионика Ag_2S выполнены методом диэлектрической спектроскопии (импедансной спектроскопии). Данный метод предназначен для изучения параметров частотных зависимостей тангенса угла диэлектрических потерь и особенностей распределения диэлектрических релаксаторов материала по временам их релаксации (особенностей функции Гавриляка-Негами (ГН)).

Результаты

Показано, что частотные зависимости $\text{tg}\delta(f)$ и Коул-Коул-диаграммы $\epsilon''(\epsilon')$ образцов ПС с Ag_2S в порах обладали следующими особенностями. С ростом температуры в интервале 0 – 160°C максимум $\text{tg}\delta(f)$ монотонно смещался в сторону высоких частот в интервале 0.5 - 300 Hz, при этом его величина монотонно увеличивалась от 0.35 до 0.6. При высоких температурах (160-200°C) смещение прекращалось. Однако в области температур 110-250°C в диапазоне низких частот f (0.1-1 Hz) проявлялось крыло второго максимума $\text{tg}\delta(f)$, частотное положение которого выходило за границу измерения спектрометра. На базе данных результатов при математическом моделировании и интерпретации результатов студентами предлагается эквивалентная электрическая схема измерительной ячейки с необходимостью выполнения расчета ее параметров символическим методом.

Заключение

Таким образом, в результате выполнения указанного исследования студенты, во-первых, изучают комплексный механизм совершения ФП, при котором имеют место три типа фазовых превращений:

- в предкритической температурной области совершается протяженный по температуре корреляционный электронный переход Мотта;
- в предкритической температурной области одновременно с этим совершается протяженный по температуре ионный ФП типа «порядок-беспорядок» в окта-подрешетке Ag_2S ;
- при достижении критической температуры T_c совершается структурный суперионный ФП из α -фазы в β -фазу.

И во-вторых, студенты приобретают исследовательские навыки, необходимые для их дальнейшей профессиональной деятельности.