

Диэлектрическая спектроскопия тонких пленок сильнокоррелированной двуокиси ванадия

Кастро Р.А.¹, Ильинский А.В.², Пашкевич М.Э.³, Климов В.А.², Шадрин Е.Б.².

¹РГПУ им. А.И. Герцена

²ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН

³Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

e-mail: ilinskiy@mail.ioffe.ru

Введение

Диэлектрическая спектроскопия (ДС) и оптическая спектроскопия (ОС) представляют собой частные случаи общего спектроскопического метода исследования материалов. Однако ДС, в отличие от ОС, остается малоизвестной как учащимся школ, так и студентам высших учебных заведений. В новейшее время ДС получила бурное развитие в связи с разработкой и созданием промышленных диэлектрических спектрометров, обладающих высокой чувствительностью и оснащенных скоростными компьютерами с новейшим программным обеспечением. ДС не является столь же исторически богатой и всесторонне изученной, как ОС, но, возможно, поэтому ДС таит для исследователя новые неожиданно проявляющиеся возможности. ДС потому и является востребованной и бурно развивающейся отраслью науки, что новизна, наряду с актуальностью и достоверностью, представляет собой важнейшую характеристику научной работы.

Методология

ДС представляет собой процесс получения информации об изменении параметров электрического отклика материала при изменении частоты приложенного к нему электрического напряжения. Типичной характеристикой электрического отклика в ДС является тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$. Дело в том, что для идеального диэлектрика, помещенного между обкладками конденсатора, ток смещения опережает по фазе приложенное к конденсатору переменное напряжение на угол $\psi = \pi/2$. Для неидеального диэлектрика этот угол меньше угла $\psi = \pi/2$ на величину δ , так что $\delta + \psi = \pi/2$. Отсюда следует, что чем угол δ меньше, тем меньше потери на джоулево тепло подводимой к диэлектрику энергии, то есть тем более определенно выражены его диэлектрические свойства. Типичным примером диэлектрического спектра является функция частотной зависимости модуля $\operatorname{tg}\delta(f)$.

Результаты

Цель настоящего доклада состоит в демонстрации студентам ВУЗов возможности получения методами ДС новой информации о глубинных свойствах материалов на конкретном примере. А именно, возможности выявления ранее неизвестных деталей механизма фазового перехода изолятор-металл в тонких пленках VO_2 . Выбор пленок этого окисла обусловлен наличием в них при $T=340\text{K}$ комплексного мотт-пайерлсовского фазового перехода изолятор-металл, имеющего интересную и весьма нетривиальную природу. Выявление деталей механизма этого перехода представляет, как подтвердила практика, несомненный интерес как с прикладной, так и с фундаментальной точек зрения.

Заключение

В докладе показано, что методами ДС удалось впервые наблюдать тонкие детали размерных зависимостей параметров фазовых превращений и экспериментально разделить вклады «крупных» и «мелких» зерен в фазовый переход, показав, что эти вклады реально разнесены по величинам критических температур и характеристикам петель термического гистерезиса. Оказалось, что метод ДС имеет то преимущество перед другими методами, что позволяет отдельно идентифицировать электрофизические параметры различных совокупностей нанокристаллитов пленки VO_2 , перемешанных на поверхности подложки в случайном порядке.