

Фононные дисперсионные кривые в тонких эпитаксиальных пленках: исследование тонкопленочных релаксоров методом неупругого рассеяния синхротронного излучения

Р. Г. Бурковский¹, С. Б. Вахрушев^{1,2}, А. В. Филимонов¹

¹Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 552-95-16, эл. почта: roman.burkovsky@gmail.com

²ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 292-79-21, эл. почта: s.vakhrushev@mail.ioffe.ru

Динамика решетки кристаллических соединений является ключевым элементом для понимания многих их практически важных свойств. В частности, сложно переоценить значимость исследований фононных дисперсионных кривых в соединениях со структурными фазовыми переходами, сверхпроводниках, полупроводниковых материалах. Долгое время единственным методом изучения фононных дисперсионных кривых было неупругое рассеяние нейтронов. Однако, сегодня область интересов науки и техники уходит в область наномасштабных устройств, где нейтронная спектроскопия перестает быть эффективной в силу радикального уменьшения рассеивающих объемов. К счастью, в последние 15 лет получила развитие техника неупругого рассеяния рентгеновского излучения (НРПИ), которая, с одной стороны, позволяет проводить эксперименты с существенно меньшими объемами, но с другой, к сожалению, является крайне сложно реализуемой и по ряду параметров, таких как энергетическое разрешение, существенно уступает нейтронной спектроскопии. Сейчас в мире существует только три синхротронных источника рентгеновского излучения, оборудованных приборами для изучения фононов – это Advanced Photon Source (США), European Synchrotron Radiation Facility (Франция) и SPring-8 (Япония). Установка на японском синхротроне является самой современной из перечисленных и позволяет достичь разрешения в 1 мэВ, что является сопоставимым с разрешением трехосных спектрометров на тепловых нейтронах.

В данной работе методика НРПИ была применена для проведения первого исследования фононных дисперсионных кривых в эпитаксиальных пленках субмикронной толщины. Объектом исследования являлись 120 нм пленки модельного сегнетоэлектрика релаксора магнониобата свинца ($\text{PbMg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}\text{O}_3$, PMN), выращенные на подложке MgO методом лазерного распыления в университете Вазеда (Токио, Япония). Измерения проводились с использованием линии BL35XU (SPring-8). Помимо развития принципиально нового экспериментального направления целью работы также являлось изучение влияния геометрических ограниче-

ний и эпитаксиального растяжения на формирование полярных нанобластей в пленках релаксоров. По результатам исследований можно заключить, что по сравнению с массивными релаксорами в эпитаксиальных пленках наблюдается существенно более стабильные по отношению к нагреву локальные структурные неоднородности, выражающиеся в наличии температурно-зависимого центрального пика на спектрах НРРИ. Также обнаружено существенное снижение частоты поперечных акустических фононов в пленках по сравнению с массивом. Показано, что в пленках наблюдается понижение частоты и увеличение константы затухания для поперечного оптического фонона, который, согласно современным представлениям, играет роль мягкой моды для локального фазового перехода, реализующегося при образовании полярных нанобластей при низких температурах [1].

В работе показана работоспособность метода НРРИ для исследования тонкопленочных образцов, что является первым шагом к развитию нового экспериментального направления — исследования фононных дисперсионных кривых в наномасштабных функциональных материалах и системах пониженной размерности.

Литература

1. R. Burkovsky et al. 12-th European Meeting on Ferroelectricity, Bordeaux, France, (2011).