

Влияние механических напряжений на диэлектрическую проницаемость и температуру перехода в полярное состояние в сегнетоэлектрических сверхрешетках $\text{BaTiO}_3/\text{BaZrO}_3$

Б.М. Даринский¹, А.С. Сидоркин¹, А.С. Сигов²

¹Воронежский государственный университет, 394018 Воронеж, Россия
e-mail: sidorkin@phys.vsu.ru

²Российский технологический университет (МИРЭА), 119454 Москва, Россия

В настоящее время сегнетоэлектрические материалы широко используются в микроэлектронике, микромеханике, вычислительной технике и др. Широкие возможности для управления их свойствами в практически важных направлениях предоставляют новые специально создаваемые материалы, к которым относятся композитные структуры и сегнетоэлектрические сверхрешетки. Характеристики указанных структур могут существенно меняться в результате сильного взаимного влияния отдельных составляющих их компонент. В основе природы влияния слоев многослойного материала друг на друга лежит возможность варьирования его свойств путем изменения действующих в таких структурах дальнедействующих упругих или электрических полей, а также короткодействующих химических взаимодействий контактирующих составляющих в таких структурах. Настоящая работа посвящена оценке влияния механических напряжений несоответствия элементарных ячеек слоев на величину изменения диэлектрической проницаемости и температуру перехода в полярное состояние в сегнетоэлектрических сверхрешетках титаната бария/цирконата бария по сравнению с характеристиками родительских компонент в однородном состоянии.

Экспериментальные исследования температурной зависимости диэлектрической проницаемости сверхрешеток титаната бария / цирконата бария показывают наличие в них максимума, соответствующего сегнетоэлектрическому фазовому переходу, при температурах $\sim 393^\circ\text{C}$, существенно превышающих температуру перехода для объемных (120°C) и пленочных образцов титаната бария. Т.е., в данном материале наличие существенное превышение температуры перехода в сегнетоэлектрическое состояние по сравнению с титанатом бария. Величина диэлектрической проницаемости для исследуемой сверхрешетки достигает в максимуме значений порядка 11 тысяч единиц.

Согласно проведенным исследованиям ключевым фактором, определяющим указанные свойства рассматриваемых сверхрешеток, являются меняющие структуру отдельных слоев сверхрешетки механические деформации, возникающие в них из-за разницы размеров элементарных ячеек, составляющих решетку кристаллических слоев. Указанные упругие деформации в сегнетоэлектрической сверхрешетке $\text{BaTiO}_3/\text{BaZrO}_3$ приводят к стабилизации продольного (вдоль поверхности контактирующих слоев решетки) направления вектора спонтанной поляризации в слоях титаната бария. Указанное направление поляризации обеспечивает вклад поперечной компоненты тензора диэлектрической проницаемости титаната бария в эффективную проницаемость сверхрешетки в направлении нормали к ее слоям, которая, значительно превосходит продольную (вдоль направления поляризации) составляющую диэлектрического отклика свободного титаната бария. Одновременно с этим напряжения несоответствия слоев решетки вызывают возникновение сегнетоэлектрического фазового перехода в слоях цирконата бария в сверхрешетке с появлением спонтанной поляризации и увеличением диэлектрической проницаемости данного слоя в направлении нормали к плоскости слоев решетки. Вместе с диэлектрическим откликом механические деформации, возникающие в слоях сегнетоэлектрической сверхрешетки $\text{BaTiO}_3/\text{BaZrO}_3$ из-за разницы размеров элементарных ячеек составляющих их кристаллических слоев, существенно (на несколько сотен градусов) продляют в область высоких температур интервал существования в них полярного состояния.