

АНИЗОТРОПНАЯ ЭМИССИЯ ЭКЗОЭЛЕКТРОНОВ В ТИТАНАТЕ БАРИЯ В ОБЛАСТИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Г.И. Розенман, Е.И. Бойкова, М.А. Севостьянов,
Ю.Я. Тожашпольский

В монокристаллах титаната бария обнаружено анизотропное излучение экзоэлектронов, эмиттируемых в температурных интервалах, соответствующих трем известным в этом соединении сегнетоэлектрическим фазовым переходам.

В сегнетоэлектрических кристаллах окрестность точки Кюри характеризуется аномальным развитием электронных процессов, определяющих особенности поведения фотоэлектрических свойств [1, 2]. Можно ожидать, что резкое изменение микроскопических параметров в области фазового превращения окажет существенное влияние и на экзоэмиссионную активность сегнетоэлектрика. Параметры эмиссионного тока чувствительны к физическому состоянию поверхности твердого тела, в том числе и к развитию фазовых превращений [3 — 5], исследование которых в поверхностных слоях другими методами затруднительно. Кроме того, изучение электронной эмиссии в сегнетоэлектриках интересно тем, что эмиттируемые в вакуум электроны могут сохранять направление скорости, полученное ими при движении к поверхности в поле спонтанной индукции.

Исследовались моно- и полидоменные монокристаллы титаната бария, выращенные по методу Ремейки. Регистрация электронов производилась вторично-электронным умножителем ВЭУ-1А в вакууме 10^{-6} т.р. Световое возбуждение осуществлялось ртутно-кварцевой лампой. Опыты проводились в режиме линейно-изменяющейся температуры. Методика измерения эмиссионных свойств описана в [6].

На рис. 1 приведена зависимость экзоэлектронной эмиссии I монодоменного кристалла для плоскости (001), когда вектор P_s перпендикулярен к поверхности образца и направлен в сторону окна детектора. Результаты представлены в трех температурных областях (a, b, c), захватывающих известные для $BaTiO_3$ точки фазовых переходов. Видно что в указанных интервалах наблюдается аномальный ход эмиссионного тока как при повышении, так и при понижении температуры. Максимумы при нагреве зарегистрированы при $T_1 = 118^\circ C$, $T_2 = -5^\circ C$, $T_3 = -65^\circ C$; а при охлаждении при $T'_1 = 112^\circ C$, $T'_2 = -8^\circ C$, $T'_3 = -75^\circ C$ и соответствуют температурам фазовых превращений в этом кристалле. Кривые эмиссионного тока обнаруживают температурный гистерезис, характерный для фазовых превращений первого рода, имеющих место в $BaTiO_3$ [7]. В областях между фазовыми переходами наблюдается плавное изменение экзоэмиссии. Однако, между двумя верхними переходами (рис. 1, b) скорость спада эмиссионного тока значительно выше, чем в других температурных интервалах.

Известно, что в титанате бария в процессе фазовых превращений происходит скачкообразное изменение ширины запрещенной зоны [8, 9]. Однако, существование ливня экзоэлектронов в области переходов как при охлаждении, так и при нагреве исключает возможность излучения электронов по этой причине. В полупроводниках эмиссия электронов при световой стимуляции может происходить путем прямых и непрямых междузонных переходов. Вдали от точки фазового равновесия прямые переходы с участием фотона и электрона предпочтительнее. В процессе фазового превращения резко возрастает вероятность непрямых переходов с участием трех частиц. Роль третьей частицы могут играть квазичастицы, рождающиеся при фазовом переходе.

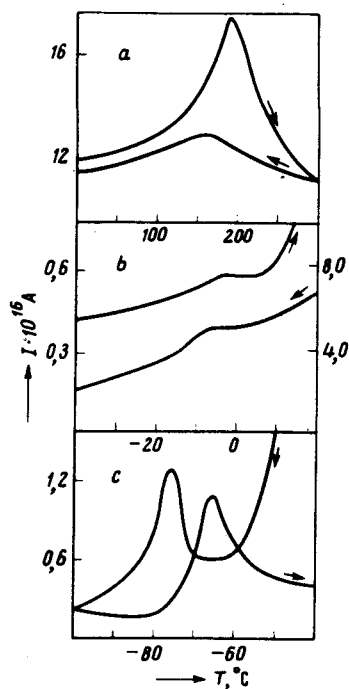


Рис. 1. Температурная зависимость экзоэлектронной эмиссии I монодоменного монокристалла титаната бария (рис 1, *b* — шкала I при охлаждении справа)

При рассмотрении миграции возбужденного светом электрона к поверхности можно предположить, что электрон, движущийся во внутреннем поле сегнетоэлектрика будет иметь импульс, совпадающий по направлению с вектором спонтанной поляризации и сохранит полученное направление скорости при эмиссии в вакуум. Наиболее эффективной будет регистрация детектором тех электронов, которые имеют направление скорости нормальное к поверхности, т. е. благоприятным является счет электронов, эмиттированных из *C*-доменов. Тогда переход монодоменного сегнетоэлектрика в неполярную фазу должен сопровождаться большим эмиссионным током, чем при образовании полидоменного сегнетоэлектрического состояния из парафазы, т. е. $I(T_1) > I(T_1')$, что и наблюдается на опыте (рис. 1, *a*).

Известно [10], что для $BaTiO_3$ в области тетрагонально-ромбического перехода вначале происходит поворот вектора P_s на 90° в плоскость (001) — а-доменизация, а затем уже вектор P_s изменяет свое

направление на 45° . Причем на этом втором этапе он разворачивается в плоскости (001) таким образом, что будет отсутствовать положительная проекция P_s и составляющая скорости эмиттированных электронов на направление детектора. По-видимому, именно этими причинами можно объяснить значительное уменьшение эмиссионного тока при охлаждении в области второго перехода и низкое значение тока эмиссии в максимумах в этой области фазового превращения.

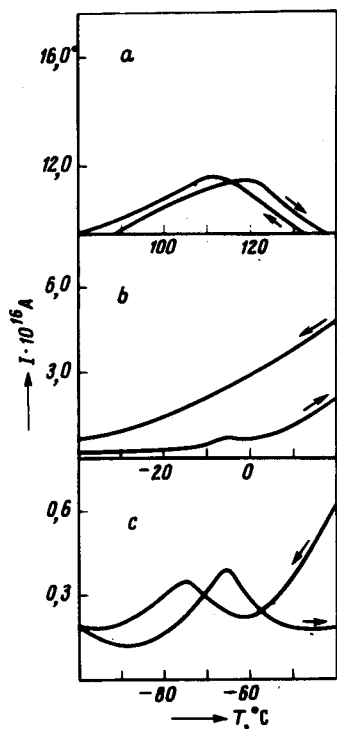


Рис. 2. Температурная зависимость экзоэлектронной эмиссии I полидоменного монокристалла титаната бария

Выдвинутое предположение об угловой анизотропии вылета экзоэлектронов подтверждается также сравнением эмиссионных данных для моно- (рис. 1) и полидоменных образцов (рис. 2). В случае полидоменного состояния величина эмиссионного тока для всех максимумов значительно ниже; в области высокотемпературного перехода $I(T_1) \approx I(T_1')$; максимум при $T \approx T_2'$ не выявляется. Это обусловлено падением концентрации C -доменов для полидоменного кристалла.

Уральский лесотехнический институт

Научно-исследовательский
физико-химический институт
им. П.Я.Карпова

Поступила в редакцию
11 января 1978 г.

Литература

- [1] В.Н.Носов, В.М.Фридкин. ФТТ, 8, 148, 1966.
[2] Т.Р.Волк, А.А.Греков, Н.А.Косоногов, А.И.Родин. В.М.Фридкин. Кристаллография, 16, 241, 1971.

- [3] В.С.Кортов, Р.И.Минц. ФТТ, 9, 1820, 1967.
- [4] В.В.Кедавичус, А.В.Юодваршис, Р.П.Беляцкас. ФТТ, 11, 3615, 1969.
- [5] Р.И.Минц, И.И.Мильман, В.И.Крюк. УФН, 119, 749, 1976.
- [6] "Техника и методика измерения экзоэлектронной и акустической эмиссии". Тр. УПИ им. С.М.Кирова, №215, 1973 г. Свердловск.
- [7] Г.С.Жданов. Физика твердого тела., 1962, М., изд. МГУ.
- [8] К.А.Верховская, В.М.Фридкин. ФТТ, 8, 3129, 1966.
- [9] T. Horie, K. Kawabe, S. Sawada. J. Phys. Soc. Japan, 9, 823, 1954.
- [10] Е.В.Синяков. Сб. "Титанат бария", М., изд. Наука, 1973.
-