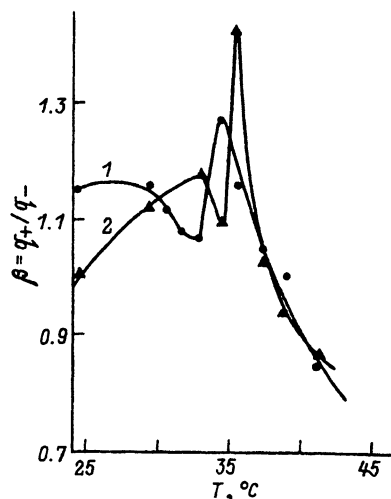


Рис. 3. Температурные зависимости меры динамической униполярности кристалла ТГС, определенной по импульсам тока переключения в области слабых (1) и сильных (2) электрических полей.



E^- различны, то удобно в качестве меры динамической униполярности взять отношение $\beta = q_+ / q_-$.

Рис. 3 показывает, что в области неустойчивости (перестройки) доменной структуры униполярность кристалла резко меняется, что согласуется с описанными выше температурными аномалиями характеристик доменной структуры кристалла ТГС с дефектами.

Результаты этих исследований показывают, что при неполной переполяризации униполярных кристаллов ТГС удается обнаружить особенности в температурном поведении параметров доменной структуры, которые в сильных электрических полях не проявляются.

Список литературы

- [1] Merz W. J. // Phys. Rev. 1954. V. 95. P. 690—702.
- [2] Струков Б. А., Минаева К. А. // ФТТ. 1965. Т. 7. № 12. С. 3579—3581.
- [3] Hilcher В. // Proc. Intern. Meeting. Prague. 1966. V. 2. P. 155—158.
- [4] Дрождин С. Н., Камышева Л. Н., Сердюк О. М., Шевченко Н. Н. // Релаксационные процессы в диэлектриках. Воронеж, 1990. С. 16—21.
- [5] Сонин А. С., Струков Б. А. Введение в сегнетоэлектричество. М., 1970. 271 с.
- [6] Барфут Дж., Тейлор Дж. Полярные диэлектрики и их применение. М.: Мир, 1981. 526 с.
- [7] Константинова В. П., Минюшкина Н. Н., Румянцев В. С., Рудяк В. М. // Кристаллография. 1975. Т. 20. № 6. С. 1296—1299.
- [8] Сердюк О. М., Камышева Л. Н., Дрождин С. Н. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 1. С. 298—300.

Воронежский государственный университет

Поступило в Редакцию
20 октября 1992 г.

УДК 537.311.33

© Физика твердого тела, том 35, № 3, 1993
Solid State Physics, vol. 35, N 3, 1993

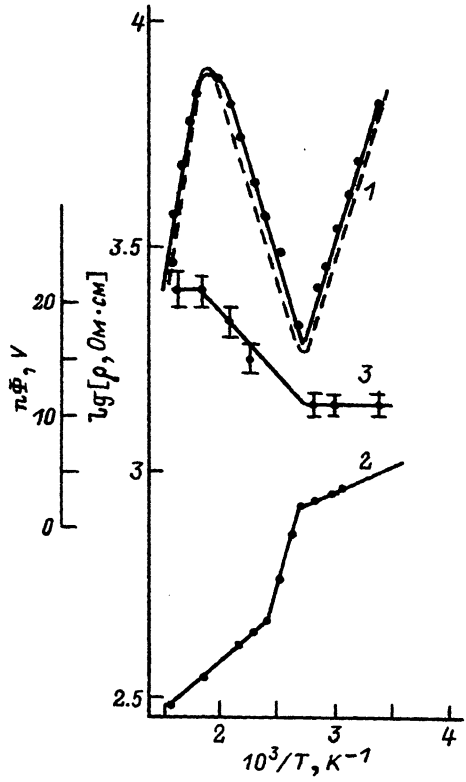
ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВЫСОТЫ МЕЖЗЕРЕННЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ БАРЬЕРОВ В ПОЗИСТОРНОЙ КЕРАМИКЕ $\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$

И. П. Раевский, М. А. Малицкая, С. А. Трусова, Л. Г. Коломин

Позисторный эффект — аномальное возрастание удельного сопротивления ρ полупроводниковой сегнетокерамики в области точки Кюри T_K — был обнаружен в BaTiO_3 более 30 лет назад и с тех пор интенсивно исследуется и применяется [1, 2]. В последние годы позисторные свойства были получены еще у нескольких сегнетоэлектриков [3]. Наиболее часто для описания эффекта используется модель Хейванга [1, 2], в основе которой лежит предположение о том, что аномалия ρ обусловлена особенностями температурной зависимости

Зависимость от температуры величин ρ (1, 2) и $n\Phi$ (3) полупроводниковой керамики $PbFe_{0.5}Nb_{0.5}O_3$.

1, 3 — медленно охлажденный образец; 2 — закаленный образец. Штриховой линией показана зависимость ρ (Т), рассчитанная с использованием значений Φ , определенных из кривой 3.



высоты Φ межзеренных потенциальных барьеров в области T_K . Прямое экспериментальное подтверждение связи аномалии ρ с изменением Φ было получено сравнительно недавно с помощью измерений термоэлектронной работы выхода позисторной керамики $BaTiO_3$ [4]. Однако количественное определение изменений Φ этим методом затруднено из-за сильного влияния на получаемые результаты выделяющегося при фазовом переходе пирозлектрического заряда, качества механической обработки поверхности, материала контактов и др. Это делает актуальными исследования температурной зависимости Φ позисторов другими методами. Кроме того, представляет интерес исследование зависимости $\Phi(T)$ в других сегнетоэлектриках.

В качестве объекта исследований был выбран феррониобат свинца (ФНС) $PbFe_{0.5}Nb_{0.5}O_3$, у которого полупроводниковые свойства обусловлены не легированием, как в $BaTiO_3$, а частичным восстановлением при обжиге [5]. Позисторный эффект в ФНС связан с неоднородным окислением образца в ходе медленного охлаждения. При быстром охлаждении (закалке) позисторный эффект в керамике ФНС отсутствует, а в области T даже наблюдается скачкообразное уменьшение ρ (см. рисунок, кривая 2).

Для определения температурной зависимости Φ был использован классический метод изучения потенциальных барьеров в полупроводниках — исследование вольт-фарадных характеристик (ВФХ). Ранее этот метод с успехом применялся для исследований $\Phi(T)$ в системе полупроводниковый кристалл $BaTiO_3$ — омический электрод, где наблюдается позисторный эффект [6], а также для определения величины Φ в поликристаллических варисторах на основе ZnO [7]. ВФХ снимались мостовым методом с использованием синхронного детектора в динамическом режиме при частоте управляющего напряжения 0.01 Гц и частоте измерительного поля 1592 Гц. Зависимость емкости C от напряжения U записывалась с помощью двухкоординатного самописца Н306. Для исключения образования приэлектродных барьерных слоев использовались омические контакты из индий-галлиевого сплава.

На рисунке показаны зависимости от температуры величины ρ (кривая 1) и определенной путем экстраполяции линейной части зависимости $C^{-2} = f(U)$ величины $n\Phi$, где n — число барьеров в образце (кривая 3). Видно, что в соответствии с моделью Хейванга величина $n\Phi$ в области положительного температурного коэффициента сопротивления (ПТКС) возрастает с увеличением температуры, в то время как вне области ПТКС $n\Phi$ практически не изменяется с температурой. Отметим, что как выше, так и ниже области ПТКС энергия активации W проводимости закаленного образца (в котором позисторный эффект

отсутствует, т. е. барьеры на границах зерен подавлены) намного меньше (0.05 и 0.10 эВ), чем у медленного охлаждавшегося образца с ПТКС (0.17 и 0.34 эВ). На основании этого можно в первом приближении считать, что в указанных областях температур величина ρ образца с ПТКС определяется нескомпенсированными барьерами на границах зерен. Наличие в исследованных образцах позисторной керамики ФНС при $T < T_K$ нескомпенсированных барьеров подтверждается также нелинейной зависимостью тока от напряжения. Оценка величины n путем сравнения значений W и $n\Phi$ при температурах как выше, так и ниже области ПТКС дает значения 65 ± 2 . Эта величина на 15—20% меньше среднего числа межзеренных границ, определенного путем деления толщины образца на средний размер зерна (15—20 мкм).

Полученный результат согласуется с данными о том, что в позисторной и варисторной керамиках потенциальные барьеры образуются не на всех границах зерен [7]. Правомерность соотношения определенной нами величины Φ с высотой межзеренного потенциального барьера в модели Хейванга подтверждается также хорошим совпадением экспериментальной кривой $\rho(T)$ с зависимостью $\rho(T)$, рассчитанной с использованием экспериментально определенных значений Φ по формуле $\rho = \rho_0 \exp(\Phi/kT)$, соответствующей барьерной модели. Значение ρ_0 определялось из кривой 2 приравнением при $T = 300$ К экспериментального и расчетного значений ρ .

Таким образом, полученные в настоящей работе для $\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$ результаты аналогичны результатам, полученным ранее иным методом для BaTiO_3 [4], и являются еще одним прямым экспериментальным подтверждением правильности представлений, лежащих в основе барьерной модели позисторного эффекта.

Список литературы

- [1] Шефтель И. Т. Терморезисторы. М.: Наука, 1973. 416 с.
- [2] Полупроводники на основе титаната бария: Пер. с япон./Под. ред. В. М. Петрова. М.: Энергоиздат, 1982. 328 с.
- [3] Раевский И. П., Павлов А. Н., Прокопало О. И. // Изв. АН СССР. Сер. физич. 1987. Т. 51. № 12. С. 2262—2264.
- [4] Шустров Б. А., Шефтель И. Т., Ярмаркин В. К. // ДАН СССР. 1987. Т. 293. № 6. С. 1378—1383.
- [5] Ревский И. П., Малицкая М. А., Филиппенко В. П., Прокопало О. И., Павлов А. Н., Бондаренко Е. И. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 10. С. 3211—3213.
- [6] Murakami T. // Jap. J. Appl. Phys. 1966. V. 5. N 5. P. 540.
- [7] Квасков В. Б. Полупроводниковые приборы с биполярной проводимостью. М.: Энергоатомиздат, 1988. 128 с.

Научно-исследовательский институт физики
при Ростовском государственном университете

Поступило в Редакцию
2 ноября 1992 г.

ПРОВОДИМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ФАЗЫ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ ($0.26 < x < 0.38$) В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 2—300 К

Е. И. Никулин, Ю. П. Степанов

Соединение $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ наиболее полно изучено при больших содержаниях кислорода ($x \approx 1$), когда оно относится к высокотемпературным сверхпроводникам