

пературным и частотным изменениям, кроме того, качественная картина мультистабильности существенно зависит от энергии фононов, принимающих участие в непрямом вертикальном фотопереходе.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Miller D. A. B. // *Laser Focus*. 1983. V. 19. N 7. P. 61—76.
- [2] Крехивский О. В., Ницович Б. М. // *УФЖ*. 1987. Т. 32. № 9. С. 1322—1324.
- [3] Henneberger F. // *Phys. St. Sol. B*. 1986. V. 137. N 1. P. 371—432.
- [4] Яремко А. М. // *Квант. электр.* 1985. № 28. С. 49—56.
- [5] Ницович Б. М., Пестряков Г. М., Фаленчук В. Д. // *ФТТ*. 1985. Т. 27. № 10. С. 2916—2919.
- [6] Elliot R. // *Phys. Rev.* 1957. V. 108. N 6. P. 1384—1392.
- [7] Бродия М. С., Блонский И. В. *Экситонные процессы в слоистых полупроводниках*. Киев: Наукова думка, 1986. 295 с.

Институт физики АН УССР
Киев

Поступило в Редакцию
12 июля 1988 г.
В окончательной редакции
2 декабря 1988 г.

УДК 537.226.4

Физика твердого тела, том 31, в. 3, 1989

Solid State Physics, vol. 31, № 3, 1989

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ НАТРИЙ-ВИСМУТОВОГО ТИТАНАТА

*В. П. Авраменко, Т. В. Крузина, А. Ю. Кудзин,
Г. Х. Соколянский, А. С. Юдин*

Среди известных классов сегнетоэлектрических кристаллов наиболее важным в практическом отношении является класс соединений со структурой типа перовскита, который значительно расширился после открытия сегнето- и антисегнетоэлектрических материалов сложного состава, обладающих размытыми фазовыми переходами. Сосуществование высоко- и низкотемпературной фаз в широком интервале температур приводит к новым физическим явлениям, не наблюдающимся в простых перовскитах. Типичным представителем сегнетоэлектриков сложного состава является натрий-висмутовый титанат $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ (НВТ). Существование трех фазовых переходов и точки оптической изотропности в НВТ делает его интересным объектом для экспериментальных и теоретических исследований. Вместе с тем к началу настоящих исследований электрические свойства НВТ практически не были изучены. За исключением двух-трех статей [1], в литературе отсутствуют данные об электропроводности натрий-висмутового титаната. Поэтому целью настоящей работы является исследование температурной зависимости проводимости в широком диапазоне температур и полей, а также получение информации о фотопроводимости данного соединения.

При комнатной температуре удельная темновая проводимость σ_0 , измеренная в слабом постоянном поле (≤ 240 В/см) на предварительно прогретых образцах, составляет величину порядка 10^{-13} Ом $^{-1}$ ·см $^{-1}$ и с увеличением температуры возрастает экспоненциально. В области фазовых переходов (200 и 312 °С) имеют место изломы в зависимости $\lg \sigma = f(1/T)$ с энергиями активации на соответствующих участках 0.8, 1.3 и 1.92 эВ (рис. 1, I), что меньше ширины запрещенной зоны и свидетельствует о примесном характере проводимости в исследуемом температурном интервале. Анизотропия проводимости слабая. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) при температурах < 50 °С в полях $\leq 1.2 \cdot 10^3$ В/см омические.

В интервале от 50 до 300 °С после линейной наблюдается сублинейная зависимость $\mathcal{J}(U)$, за которой следуют участки квадратичной и степенной с показателями степени > 3 , характерные для токов, ограниченных пространственным зарядом (ТОПЗ). В соответствии с этим полевая зависимость имеет три участка: не зависящий от поля, спадающий и возрастающий с полем. Температурная зависимость проводимости, снятая в поле $\sim 3 \cdot 10^3$ В/см, соответствующем третьему участку $\sigma(E)$, приведена на рис. 1. Состояние с повышенной (стимулированной полем) проводимостью $\sigma_{ст}$ при комнатной температуре сохраняется в течение длительного времени. Образец в исходное состояние возвращается прогревом до температуры ≥ 500 °С. Степень стимуляции $n_{ст} = \sigma_{ст}/\sigma_0$ в зависимости от величины прикладываемого в процессе нагрева—охлаждения поля и инжекционной способности электродов может достигать шести и более порядков.

Расчитанная по квадратичным участкам ВАХ, согласно формулам теории ТОПЗ, эффективная дрейфовая подвижность $\mu_{эф}$ в интервале температур от 100 до 300 °С экспоненциально возрастает от $5 \cdot 10^{-8}$ до 1×10^{-3} см²/В·с с энергией активации 1.14 эВ.

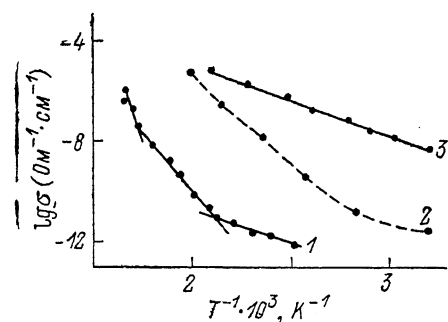


Рис. 1. Температурные зависимости проводимости кристаллов НВТ при $E \leq 1.2 \cdot 10^2$ (1) и $E = 3 \cdot 10^3$ В/см (2, 3).

2 — прямой ход, 3 — обратный.

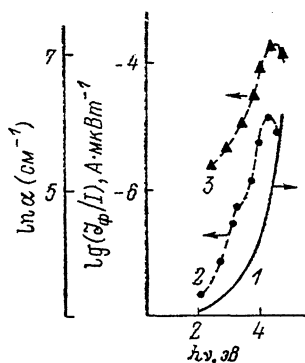


Рис. 2. Спектральные зависимости коэффициента поглощения и фототока в кристаллах НВТ.

Примесной характер проводимости, низкие значения подвижности носителей заряда и активационный характер ее температурной зависимости позволяют сделать предположение о прыжковом механизме электропроводности в исследуемых кристаллах. Фактом, подтверждающим правомочность такого вывода, может служить частотная зависимость проводимости σ_{\sim} на переменном токе [2]. Исследования проведены с помощью моста Е8-2 и куметра ВМ-311 в интервале частот от $2 \cdot 10^2$ до $5 \cdot 10^7$ Гц. При комнатной температуре на низких частотах удельная проводимость $\sigma_{\sim} = 3 \times 10^{-3}$ Ом⁻¹·см⁻¹, что более чем на три порядка выше ее значения, определенного в слабых постоянных полях, а с увеличением частоты σ_{\sim} возрастает по степенному закону $\sigma_{\sim} \sim \omega^s$ с показателем s , меняющимся от 0.6 до 2. Такой же характер имеет $\sigma(\omega)$ кристаллов НВТ в состоянии стимулированной проводимости.

На рис. 2, 1 приведен спектр поглощения кристаллов НВТ, снятый с помощью спектрофотометра SPECORD М-40. Край поглощения находится при энергиях квантов $h\nu = 3.1 \div 3$ эВ и соответствует ширине запрещенной зоны [3]. В интервале $h\nu = 3 \div 1.8$ эВ наблюдается широкое плечо поглощения. На спектре фотопроводимости (кривая 2) проявляется максимум при $h\nu = 3$ эВ, связанный, очевидно, с переходом зона—зона. Плечу поглощения соответствует широкий спектр примесной фотопроводимости. Фототок кристалла в состоянии стимулированной проводимости (кривая 3) выше, чем у предварительно прогретого (кривая 2), причем коротковолновой максимум сдвигается в область больших энергий.

Наличие плеча поглощения и примесной фотопроводимости может быть связано с присутствием в кристалле НВТ «хвостов» плотности со-

стояний в запрещенной зоне. В таком случае прыжковый характер темновой проводимости может быть объяснен перескоками локализованных носителей заряда по этим состояниям, а стимулированная проводимость — увеличением подвижности носителей при перемещении уровня Ферми в область с более высокой плотностью состояний заполнения примесных уровней инжектированными из электродов зарядами.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Емельянов С. М., Раевский И. П., Смотряков В. Г. // Физика диэлектриков и полупроводников. Волгоград, 1981. С. 118—122.
- [2] Мотт Н. Ф., Дэвис Э. А. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: Мир, 1974. С. 416.
- [3] Шкловский Б. И., Эфрос А. Л. // ФТП. 1970. Т. 4. № 2. С. 305—316.

Днепропетровский
государственный университет
Днепропетровск

Поступило в Редакцию
1 августа 1988 г.
В окончательной редакции
13 декабря 1988 г.

