

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

РОЛЬ ИНЖЕКЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ  
В ФОРМИРОВАНИИ ЭЛЕКТРЕТНОГО СОСТОЯНИЯ  
В КРИСТАЛЛАХ  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$

Т. В. Панченко, Г. В. Снежной

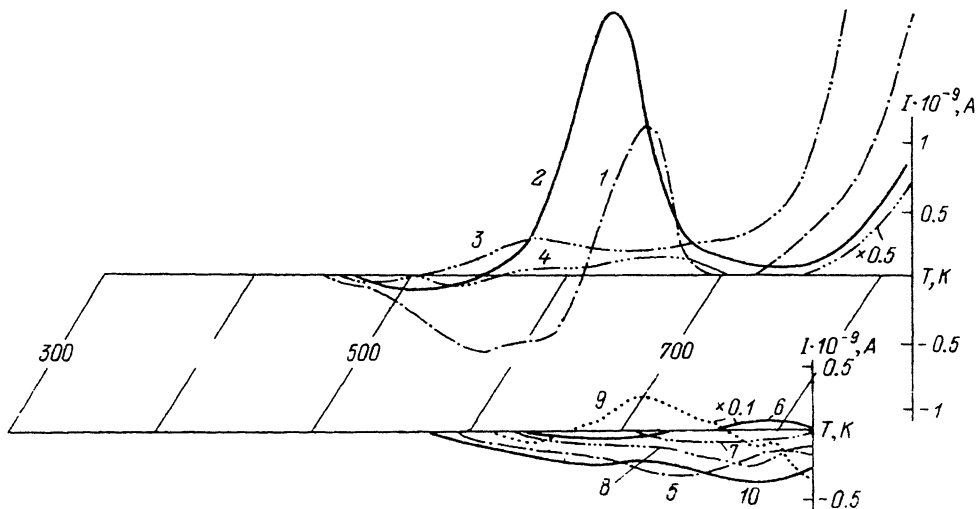
УДК 537.311.322  
© 1992

Формирование пространственно-неоднородного объемного заряда и электретьного состояния в структурах металл—кристалл  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  (BSO)—металл может быть обусловлено перераспределением поля в приэлектродной высокоомной области с барьером Шоттки на контактах металл—BSO при сохранении электронейтральности [1]. В то же время наблюдались поляризационные эффекты в кристаллах BSO, обусловленные частичной инжекцией электронов из катода [2]. В [3, 4] показано, что инжекционный ток существенно влияет на динамику распределения электрического поля, определяет амплитуду осцилляций фототока и эффекты стратификации объемного заряда. Нами в [5] наблюдались инверсии знака тока термостимулированной деполяризации (ТСД) и нарушение электронейтральности при формировании электретьного состояния в зависимости от условий поляризации. Поскольку инверсия знака тока ТСД может быть обусловлена не только инжекционным зарядом, но и другими причинами (переполаризацией во внутреннем поле электрета и различной подвижностью компонент отрицательного и положительного объемного заряда и др. [6]), в данной работе роль инжекции в формировании электретьного состояния исследована методами токов ТСД более детально.

Эксперименты выполнялись на трех типах структур: металл—BSO—металл (М—BSO—М), металл—диэлектрик—BSO—диэлектрик—металл (М—Д—BSO—Д—М) и металл—диэлектрик—BSO—металл (М—Д—BSO—М). В качестве металлического электрода использовалась Pt, нанесенная испарением в вакууме, а в качестве диэлектрика — пластинки слюды. Образцы кристаллов BSO, выращенных методом Чохральского, приготавливались в виде полированных плоскопараллельных пластин толщиной  $d = 0.1 \div 0.5$  мм. Электроды наносились на большие плоскости (001). Для приведения к одному начальному состоянию по степени заполнения ловушек запрещенной зоны образцы прогревались до 900 К, затем медленно охлаждались и освещались красным светом.

Термоэлектретьное состояние (ТЭС) формировалось в темноте, фотоэлектретьное (ФЭС) — при освещении через полупрозрачный катод светом с длиной волны  $\lambda = 0.42$  мкм из области максимальной примесной фоточувствительности BSO. Поляризующее напряжение изменялось в пределах  $U_n = 100 \div 900$  В, температура поляризации  $T_n = 300$  К, время поляризации во всех случаях было 30 мин. Использовались кристаллодержатель с сапфировой изоляцией и охранные кольца, исключающие вклад поверхностных токов [7].

Термотоки  $I(T)$  измерялись на автоматизированной установке на базе микроЭВМ «МЕРА-660», управляющие свойства которой были реализованы на основе системы «САМАС». Ток измерялся при нагреве образцов со скоростью  $0.16 \text{ K} \cdot \text{c}^{-1}$  в диапазоне температур 300—800 К.



Токи ТСД для электретного состояния в кристаллах BSO.

Условия поляризации: Pt—BSO—Pt,  $T = 300$  К,  $E = 3$  (1, 2), 20 кВ/см (3, 4),  $\lambda = 0.42$  мкм; Pt—D—BSO—D—Pt,  $T = 300$  К,  $E = 3$  (5), 20 кВ/см (6—8),  $\lambda = 0.42$  мкм; Pt—D—BSO—Pt,  $T = 300$  К,  $E = 3$  кВ/см, блокирован катод (9), блокирован анод (10).

Условимся называть отрицательные токи ТСД ответственными за разрушение гетерозаряда, а инверсные положительные токи ТСД — за разрушение гомозаряда.

При этом величина гомо- и гетерозаряда  $Q = \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt$ , где  $t_1$  и  $t_2$  — фиксированные моменты времени.

Полученные результаты сводятся к следующему. В структурах М—BSO—М наблюдаются инверсии знака тока ТСД со значительной величиной заряда обоих знаков и результирующим гомозарядом. В структурах М—D—BSO—D—М инверсия тока ТСД, как правило, не наблюдается, хотя для некоторых образцов она имеет место с величиной гомозаряда, на 1—2 порядка меньшей, чем гетерозаряд. В структурах М—D—BSO—М наличие инверсии определялось тем, что диэлектрическая прослойка размещалась со стороны катода. Если же катодом был металлический электрод, то наблюдался гетерозаряд (см. рисунок).

В [5] показано, что характер неоднородности распределения поля в слабых поляризующих полях  $U_n < 0.2$  кВ определяется запирающим типом контакта Pt—BSO, а при увеличении  $U_n$  — величиной инжекции. Тогда полученные результаты позволяют исключить из рассмотрения механизмы инверсии токов переполаризацию во внутреннем поле электрета, которая возникает при соизмеримых скоростях релаксационного «рассасывания» и «нейтрализации» объемного заряда за счет роста проводимости с температурой. Этот механизм должен был бы реализоваться для всех типов изученных структур [6].

Полагая далее, что инверсия токов ТСД обусловлена наличием инжектированного заряда, и учитывая, что он, согласно [4], не меняет качественно ступенчатый характер прикатодного распределения поля, рассмотрим влияние условий поляризации на гомозаряд  $Q_+$  и гетерозаряд  $Q_-$ . В структурах М—BSO—М увеличением уровня инжекции можно объяснить рост гомозаряда ТЭС при увеличении  $U_n$  и большую величину гомозаряда ФЭС по сравнению с таковым для ТЭС при слабых поляризующих полях. Однако с увеличением  $U_n$  величина гомозаряда ФЭС значительно уменьшается, уменьшается и гетерозаряд (см. таблицу). В несимметричных структурах с металлическим катодом инжектирован-

E, кВ/см	Q, Кл	Pt-BSO-Pt		Pt-D-BSO-D-Pt	
		ТЭС	ФЭС	ТЭС	ФЭС
3	$Q_-$	$-3.35 \cdot 10^{-7}$	$-3.52 \cdot 10^{-8}$	$-2.35 \cdot 10^{-7}$	$-4.83 \cdot 10^{-9}$
	$Q_+$	$7.06 \cdot 10^{-7}$	$9.55 \cdot 10^{-7}$	$7.40 \cdot 10^{-11}$	$1.23 \cdot 10^{-9}$
	$Q_\Sigma$	$3.71 \cdot 10^{-7}$	$9.19 \cdot 10^{-7}$	$-2.34 \cdot 10^{-7}$	$-3.60 \cdot 10^{-9}$
20	$Q_-$	$-1.99 \cdot 10^{-9}$	$-4.17 \cdot 10^{-9}$	$-4.82 \cdot 10^{-8}$	$-1.51 \cdot 10^{-7}$
	$Q_+$	$1.59 \cdot 10^{-6}$	$9.52 \cdot 10^{-8}$	$1.65 \cdot 10^{-9}$	$9.75 \cdot 10^{-9}$
	$Q_\Sigma$	$1.58 \cdot 10^{-6}$	$9.10 \cdot 10^{-8}$	$-4.65 \cdot 10^{-8}$	$-1.41 \cdot 10^{-7}$

ный заряд давал дополнительный рост гетерозаряда до  $Q_- \sim 10^{-6}$  Кл в связи с тем, что большая высокоомность анода по сравнению с катодом приводила к так называемому «выдуванию» этого заряда во внешнюю цепь. Незначительный гомозаряд в структурах М—Д—BSO—Д—М и М—Д—BSO—М с металлическим анодом, увеличивающийся с ростом  $U_n$ , возможно, обусловлен пробоем воздушного промежутка между диэлектрической прослойкой и кристаллом BSO. В структурах М—Д—BSO—Д—М величина гетерозаряда ФЭС росла, а для ТЭС — уменьшалась с увеличением  $U_n$  (см. таблицу). Можно заключить, что уменьшение гомозаряда ФЭС структур М—BSO—М с ростом  $U_n$  демонстрирует отсутствие однозначной связи между величиной инжектированного заряда и гомозаряда в спектрах токов ТСД. По-видимому, необходимо принимать во внимание влияние инъекции на характеристики доменов отрицательного и положительного объемных зарядов (стратификацию объемного заряда). Если при повышении уровня инъекции уменьшается подвижность доменов положительного заряда, то инверсия тока ТСД может быть сдвинута в область более высоких температур или не наблюдается [6]. Также необходимо учесть возможность существования вблизи электродов областей с «инвертированным» направлением вектора напряженности поля [8].

Список литературы

- [1] Efendiev Sh. M., Bagiev V. E., Aliev R. A., Mustafaev E. R. // Phys. St. Sol. (a). 1988. V. 109. N 1. P. 345—357.
- [2] Oberschmid R. // Phys. St. Sol. (a). 1985. V. 89. N 2. P. 657—671.
- [3] Брыксин В. В., Коровин Л. И., Марахонов В. И., Хоменко А. В. // Письма в ЖЭТФ. 1983. Т. 9. № 7. С. 385—390.
- [4] Брыксин В. В., Коровин Л. И., Кузьмин Ю. И. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 5. С. 1323—1330.
- [5] Панченко Т. В., Потапович Ю. Н., Снежной Г. В. // Изв. АН СССР. 1990. Т. 54. № 4. С. 781—786.
- [6] Гороховатский Ю. А. Основы термодеполяризационного анализа. М.: Наука, 1981. 173 с.
- [7] Камышлов В. Ф., Косцов Э. Г. // ЖЭТФ. 1983. Т. 53. № 4. С. 765—767.
- [8] Фурман А. С. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 7. С. 2083—2089.

Днепропетровский  
государственный университет

Поступило в Редакцию  
17 сентября 1990 г.