

## ПОДВИЖНОСТЬ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В КРИСТАЛЛАХ $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ В СОСТОЯНИИ СТИМУЛИРОВАННОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Л. К. Бунина, А. Ю. Кудзин, Г. Х. Соколянский

В монокристаллах  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  наблюдается явление стимулированной проводимости: после прогрева и последующего охлаждения в электрическом поле образца, снабженного инжектирующими электродами, проводимость возрастает на несколько порядков [1, 2]. Поле, при котором происходит эффективная стимуляция, выбирается на участке резкого нарастания вольт-амперной характеристики. Такое состояние кристалла сохраняется при комнатной температуре в течение длительного времени. Прогрев образца с закороченными электродами до температуры 600 К возвращает его в состояние с исходной проводимостью. Повышение про-

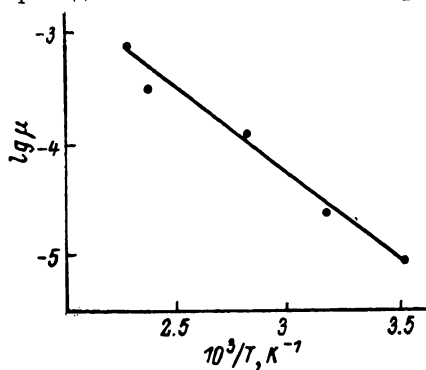


Рис. 1. Температурная зависимость подвижности носителей заряда в кристаллах  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ .

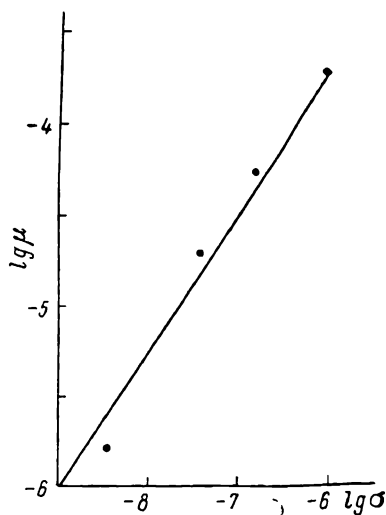


Рис. 2. Зависимость подвижности от проводимости стимулированного кристалла  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ .

димости образца не является следствием приэлектродных изменений. Показано [3], что механизм электропроводности как стимулированных, так и не стимулированных кристаллов имеет прыжковый характер.

Исследования токов, ограниченных пространственным зарядом (ТОПЗ), показывают, что в стимулированном состоянии подвижность носителей заряда значительно выше, чем в исходном. В работе проведено исследование дрейфовой подвижности в кристаллах  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  с применением время-пролетной методики. Использовались образцы в виде плоскопараллельных пластин толщиной  $d=0.2\div 0.4$  мм, вырезанные из монокристалла  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ , выращенного методом Чохральского. На полированные плоскости образца наносились индий-галлиевые электроды. Образец включался в цепь последовательно с источником напряжения. С помощью ключа к образцу прикладывалась ступенька напряжения  $U$ . Переходный ток фиксировался осциллографом С8-1 с использованием закрытого входа. Параметры измерительной цепи позволяли определять времена пролета  $T_n$  от десятков микросекунд до сотен миллисекунд. Подвижность  $\mu$  определялась по формуле  $\mu=d^2/T_n U$ . Перед измерениями образец переводился в состояние стимулированной проводимости. Прекращая нагрев при разных значениях тока, можно изменять степень стимуляции  $n_c$  ( $n_c$  — отношение проводимости в стимулированном состоянии к проводимости прогретого образца). Исследования проводились в интервале температур

293—413 К. Для того чтобы величина стимуляции сохранилась, нагрев до температуры измерения производился при том же напряжении, при котором образец стимулировался. Наблюдалось три типа переходных сигналов. В области слабых полей форма сигнала  $J(t)$  имеет вид, характерный для дисперсионного переноса, т. е. во время движения фронта импульса носителей заряда в образце происходило его сильное размытие [4]. В этом случае на кривой  $\lg J - \lg t$  появлялся излом. В более высоких полях на переходных характеристиках тока наблюдались либо четкий излом, либо хорошо выраженный максимум, что свидетельствует о гауссовском распределении носителей заряда по скоростям [4]. Во всех случаях время достижения излома (максимума) уменьшалось обратно пропорционально прикладываемой ступеньке напряжения, т. е. соответствовало времени  $T_n$ . Характер импульсов и величина поля, при котором происходит переход от дисперсионного к гауссовскому переносу, зависит от температуры и степени стимуляции  $n_c$ . При низких температурах и малых  $n_c$  эти поля более высокие. В области гауссовского переноса подвижность примерно на порядок выше, чем при дисперсионном. Подвижность экспоненциально возрастает с ростом температуры, изменяясь в области дисперсионного переноса от  $10^{-6}$  см<sup>2</sup>/В·с при 293 К до  $2 \cdot 10^{-4}$  см<sup>2</sup>/В·с при 413 К (рис. 1). Энергия активации изменяется при изменении степени стимуляции и характера переноса. Ранее [3] в прогретых образцах при исследовании ТОПЗ было получено значение  $\mu_{3\phi} = 5.1 \cdot 10^{-8}$  см<sup>2</sup>/В·с при 413 К. Наблюдается корреляция между величиной проводимости  $\sigma$  кристалла и подвижностью ( $\mu \sim \sigma^k$ ), где показатель  $k \sim 0.7$  (рис. 2).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение проводимости кристаллов  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  при стимуляции связано с увеличением подвижности зарядов. Этот факт может быть объяснен на основании модели, предложенной в [3], согласно которой в монокристаллах  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  имеется хвост плотности состояний  $N(E)$ , убывающий в глубь запрещенной зоны. В процессе стимуляции вследствие заполнения уровней инжектированными из электродов носителями заряда происходит смещение уровня протекания в область энергий с большей плотностью состояний. Если перескоки носителей осуществляются по локализованным состояниям вблизи уровня протекания, то это должно привести к увеличению подвижности. При этом (согласно данным рис. 2) происходит и увеличение концентрации носителей, участвующих в перескоках ( $n \sim \sigma^{(1-k)}$ ).

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Гуенок Е. П., Кудзин А. Ю., Соколянский Г. Х. УФЖ, 1976, т. 21, № 5, с. 866—867.  
 [2] Oberschmid R. Phys. St. Sol. (a), 1985, vol. 89, N 2, с. 657.  
 [3] Соколянский Г. Х. Автореф. канд. дис. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1982. 12 с.  
 [4] Архипов В. И., Руденко А. И., Йову М. С., Шутков С. Д. Нестационарные инжекционные токи в неупорядоченных твердых телах. Кишинев: Штиинца, 1983. 175 с.

Днепропетровский государственный университет  
 Днепропетровск

Поступило в Редакцию  
 16 июля 1987 г.