

время нарастания фотосигнала в приближении полного обеднения с учетом  $RC$  — постоянной при толщине базы 100 мкм и напряжении смещения 120 В будет находиться в пределах 8—13 нс в зависимости от величины подвижности, которая в свою очередь может изменяться от 250 до 400 см<sup>2</sup>/В·с.

Исследованные ФД сохраняли работоспособность при температурах до +85 °С. Кроме того (что имеет первостепенное значение при абсолютных измерениях), ФД не требуют герметизации, что с учетом вышесказанного дает им значительные преимущества перед германиевыми ФД.

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам НПО ВНИИОФИ В. Е. Стыцину и А. И. Глазову за содействие в метрологических измерениях, а также З. М. Грушке и Т. Г. Недашковой за помощь при изготовлении экспериментальных образцов ФД.

### Список литературы

- [1] Christensen O. // J. Appl. Phys. 1976. Vol. 47. N 2. P. 689—695.
- [2] Zalewski E. F., Duda C. R. // Appl. Opt. 1983. Vol. 22. N 18. P. 2867—2873.
- [3] Квочка В. И., Манассон В. А., Мкртчян А. К\*, Баранюк В. Б. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. Вып. 21. С. 1339—1341.
- [4] Грушка Г. Г., Грушка З. М., Гавалешко Н. П. // УФЖ. 1985. Т. 30. Вып. 2. С. 304—307.
- [5] Бакуменко В. Л., Бонаков А. К., Грушка Г. Г. // Электронная техника. Науч. техн. сб. 1983. № 2 (175). С. 75.
- [6] Аняньина Д. Б., Бакуменко В. Л., Курбатов Л. Н., Чижко В. Ф. // ФТП. 1976. Т. 10. Вып. 12. С. 2373—2375.

Черновицкий государственный университет

Поступило в Редакцию  
23 ноября 1989 г.

05, 06

Журнал технической физики, т. 60, в. 10, 1990

© 1990 г.

## СТИМУЛЯЦИЯ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ОСЦИЛЛЯЦИИ ТОКА В $Ag_3In_5Se_9$ ИК ИЗЛУЧЕНИЕМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

А. Г. Гусейнов, В. И. Тагиров, М. Б. Джафаров

В работе приводятся результаты исследования полевой зависимости захвата носителей тока глубокими примесными уровнями в монокристаллах сложного трехэлементного полупроводникового соединения  $Ag_3In_5Se_9$ .

В настоящее время низкочастотная осцилляция тока, обусловленная влиянием электрического поля на эффект захвата носителей тока глубокими рекомбинационными центрами, обнаружена в легированном  $n$ -Ge, GaAs, CdS и в некоторых твердых растворах на основе этих соединений [1–5]. Подобное явление впервые обнаружено и изучено нами в монокристаллах трехэлементного полупроводникового соединения.

Однородные монокристаллы соединения  $n$ - $Ag_3In_5Se_9$  выращены методом направленной кристаллизации при постоянном градиенте температуры расплава. Удельное сопротивление монокристаллических образцов при 300 К составляет  $4 \cdot 10^5$  Ом·м при напряженности электрического поля 0.06 В/м. В качестве омического контакта использован сплав In—Sn—Pb. Ширина запрещенной зоны монокристаллического  $Ag_3In_5Se_9$  при комнатной температуре равна 1.22 эВ. Исследованные образцы обладают высокой фоточувствительностью в области длин волн 600—1300 нм и имеют заметную анизотропию электрической и фотоэлектрической проводимостей относительно кристаллографических осей. Степень анизотропности сильно увеличивается при уменьшении температуры ниже 230 К. Установлено, что при таких температурах в вольт-амперной характеристике кристалла в направлении, перпендикулярном кристаллической оси  $c$ , наблюдаются сублинейность и насыщение тока. При напряженностях электрического поля выше 4 В/м и облучении ИК излучением в образце  $Ag_3In_5Se_9$  возникает осцилляция тока, причем частота и амплитуда колебаний зависят от температуры, напряженности поля, интенсивности и длины волны излучения. Колебания тока наблюдаются в области температуры 77—230 К. С понижением температуры пороговое значение напряженности смещается в сторону больших полей, а частота колебания увеличивается.

Осцилляция тока стимулируется ИК излучением с длинами волны 1120—1200 и 1560—1750 нм. Излучение из первого интервала стимулирует три вида колебаний. Как видно из рис. 1, два из них имеют одинаковые частоты — 10 Гц, а третий — 110 Гц.

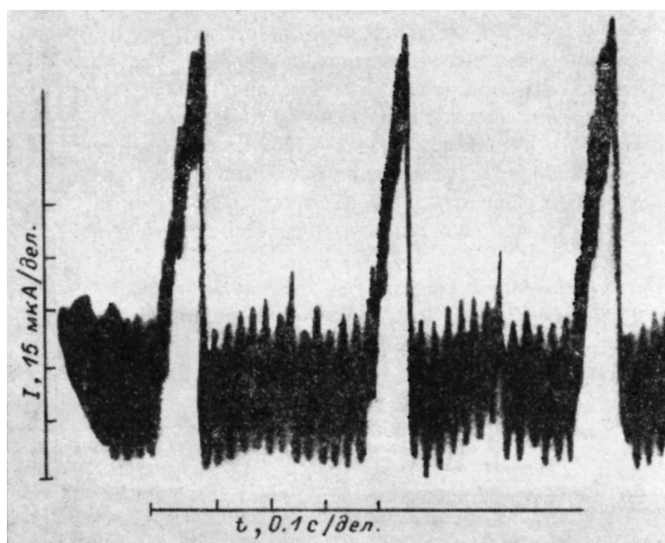


Рис. 1. Осциллограмма тока в  $Ag_3In_5Se_9$ , возбуждением ИК излучением с  $\lambda=1.145$  нм при 210 К.

Напряженность поля  $E=0.6$  В/м.

В работе [6] сообщалось о наблюдении акустоэлектрического эффекта в монокристаллах  $Ag_3In_5Se_9$ . Исходя из этого, можно предполагать, что третий вид колебания обусловлен этим эффектом, а первый и второй — влиянием электрического поля и ИК излучения на параметры уровня прилипания в кристалле.

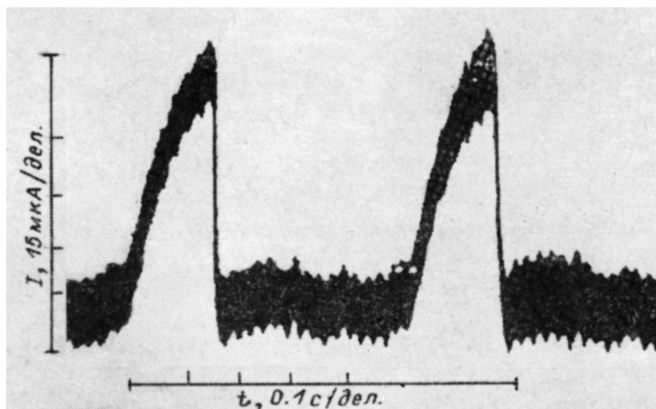


Рис. 2. Осциллограмма тока в  $Ag_3In_5Se_9$ , возбужденном ИК излучением с  $\lambda=1660$  нм при 205 К.

Напряженность поля 0.690 В/м.

Осциллограмма колебаний тока, стимулированных излучением из второго интервала, представлена на рис. 2. Здесь когерентность третьего вида колебания нарушена, а второй вид колебания очень слабо выражается.

Исследование термостимулированного тока (ТСТ) в  $Ag_3In_5Se_9$  показало, что в кристалле имеется уровень прилипания с глубиной залегания 0.12 эВ. Эффект захвата носителей при предварительных возбуждениях при низких температурах возникает при приложении электрического поля выше 0.4 В/м. Однако температура  $T_m$ , соответствующая пику ТСТ, увели-

живается с повышением напряженности поля в интервале 0.4—3.8 В/м, а выше 3.8 В/м, наоборот, при повышении напряженности  $T_m$  смещается в сторону низких температур. Обнаруженные уровни прилипания являются отталкивающими и медленными. Вероятность захвата электрона этим уровнем  $\beta(E, \varepsilon)$ , являющаяся функцией напряженности электрического поля и параметров электромагнитных волн, возбуждающих кристалл, может сильно изменяться за счет флуктуации поля, вызванной акустическими доменами. Этот эффект является причиной возникновения низкочастотного колебания тока в  $Ag_3In_5Se_9$ . Частота колебания первого вида прямо пропорциональна интенсивности облучения и изменяется в интервале 0.1—200 Гц. Зависимость частоты колебания от длины волны ИК излучения носит сложный характер. Излучение с длиной волны 1120—1200 нм стимулирует колебания, у которых частота монотонно уменьшается с увеличением длины волны, однако в интервале 1560—1750 нм частота колебаний сперва экспоненциально увеличивается с увеличением длины волны от 1560 до 1650 нм, а затем монотонно уменьшается с увеличением длины волны от 1650 до 1750 нм.

Из измерений ясно, что в монокристалле  $Ag_3In_5Se_9$  существуют три глубоких уровня с глубинами залегания 0.12, 0.73 и 1.09 эВ от дна зоны проводимости. Низкочастотная осцилляция в  $Ag_3In_5Se_9$  связана с полевой зависимостью вероятности захвата электрона уровнем, находящимся на глубине 0.12 эВ.

### Список литературы

- [1] Tokitani Y. // Jap. J. Appl. Phys. 1969. Vol. 8. N 1. P. 76—81.
- [2] Tokitani Y. // Jap. J. Appl. Phys. 1970. Vol. 9. N 1. P. 95—100.
- [3] Бонч-Бруевич В. Л., Звягин И. П., Миронов А. Г. Доменная электрическая неустойчивость в полупроводниках. М.: Наука, 1972. 414 с.
- [4] Ридли Б. К., Мишияну Ф. С. Физические свойства сложных полупроводников. Кишинев: Штиинца, 1973. 210 с.
- [5] Ozaki H., Mikoshiba N. // Jap. J. Appl. Phys. 1968. Vol. 7. N 11. P. 1305—1309.
- [6] Тагиров В. И., Гахраманов Н. Ф., Гусейнов А. Г., Алиев Ф. М. // ФТП. 1983. Т. 17. Вып. 3. С. 524—527.

Азербайджанский государственный  
университет им. С. М. Кирова  
Баку

Поступило в Редакцию  
9 февраля 1989 г.  
В окончательной редакции  
15 января 1990 г.