

РЕКОМБИНАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ
В МОНОКРИСТАЛЛАХ $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ М.А.ДЖАФАРОВ*, Е.М.КЕРИМОВА*, А.Б.МАГЕРРАМОВ**,
П.Г.ИСМАЙЛОВА**, С.С.АБДИНБЕКОВ**

* Бакинский Государственный Университет

** Институт Физики НАН Азербайджана

Исследованы монокристаллы $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$. Измерялись темновая и термостимулированная проводимости, а также спектральное распределение, люксамперная и температурная зависимости фототока.

ВВЕДЕНИЕ

Монокристаллы полупроводниковых соединений типа A^3B^6 и твердых растворов на их основе являются перспективными материалами для создания различных функциональных элементов микро-, нано- и оптоэлектроники [1,2]. В частности, монокристаллы $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ уже нашли применение в качестве высококачественных материалов для изготовления малоинерционных фотоприемников ближнего ИК диапазона спектра. Кроме того, исследование влияния непрерывного замещения состава твердых растворов на их фотоэлектрические свойства может дать ценную информацию о природе и спектре энергетических уровней, локализованных в запрещенной зоне изучаемого полупроводника, а также о механизмах рекомбинационных процессов в них [3].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В представленной работе, с целью выявления особенностей и выяснения механизма зависимости рекомбинационных свойств монокристаллов $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ от состава, изучались основные характеристики темновой и фото-, а также, термостимулированной проводимости (ТСП) в них при различных значениях x .

Изучаемые монокристаллы $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ с составом $x=0\div 0.4$ были получены методом Бриджмена-Стокбаргера и оказались довольно высокоомными и фоточувствительными (при 77 К удельное темновое сопротивление составляла $\sim 10^6\div 10^7$ Ом.см).

Токовые контакты созданы путем припаивания металлического индия в открытом воздухе и являлись омическими при всех рассмотренных нами условиях, что проверялось специально на характеристикографе.

Часть монокристаллов подвергнута термической обработке (ТО) на открытом воздухе при $500^{\circ}C$ в течение 5-20 мин., измерения спектра фотопрово-

димости проводились при помощи монохроматора типа МДР-12. ТСП измерялась в области 77-400К. Скорость нагрева при этом составляла 0,05-0,2 град/с. Чувствительность используемой измерительной установки по току была не хуже 10^{-11} А, а возбуждение неравновесной проводимости осуществлялось интегральным светом, выделенным из излучения специальной лампы накаливания металлическими или стеклянными фильтрами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис.1. приведены характерные кривые спектральной характеристики ФП монокристаллов $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$. Оказалось, что обнаружение при 300К собственной и примесной фотопроводимости делают этот спектр достаточно широкополосным (рис.1, кр.1). С увеличением содержания Yb в составе монокристаллов длинноволновая граница фотопроводимости смещается в сторону относительно низких энергий (в сторону более длинных волн) (рис.1, кр.2,3). Предполагается, что изменение положения максимума спектра фотопроводимости с x в $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ обусловлено изменением их ширины запрещенной зоны, которая составляет 1,8-1,95 эВ, в зависимости от состава. А обнаруженная при этом примесная фотопроводимость, примыкающей к собственной фотопроводимости, связана с наличием в запрещенной зоне изучаемых образцов г-центров чувствительности. Оба предположения хорошо согласуется с литературными данными [4]. При относительно низких температурах в спектре фотопроводимости преобладает максимум (рис.2, кр.2), связанный с собственной фотопроводимостью. При более низких температурах в области проявления максимума наблюдается термическая активация фотопроводимости. При этом с ростом интенсивности света кратность активации уменьшается, а экстремум зависимости $J_{\phi}(T)$ смещается в сторону более высоких температур (рис.3). Примесный максимум не разрешается по причине суперпозиции кривых спектральной зависимости фотопроводимости, обусловленной примесными уровнями и спектральной зависимостью фотопроводимости, создаваемой очувствляющими центрами валентной зоны.

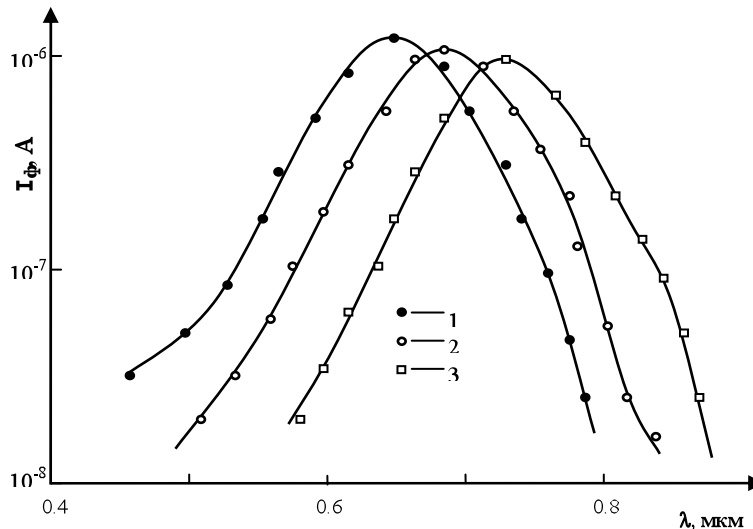


Рис.1. Спектральные распределения фотопроводимости монокристаллов $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$.
x: 1-0; 2-0,2; 3- 0,4 T = 77 К

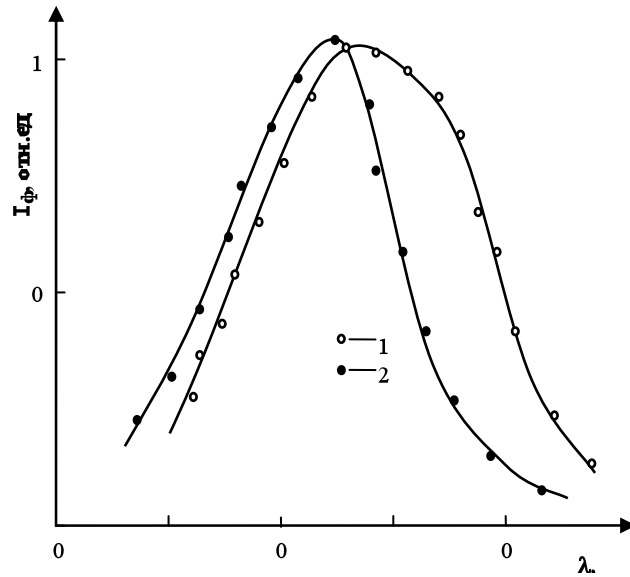


Рис.2. Спектральные распределения фотопроводимости монокристаллов $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ ($x=0,2$) при 300 (1) и 77 К (2).

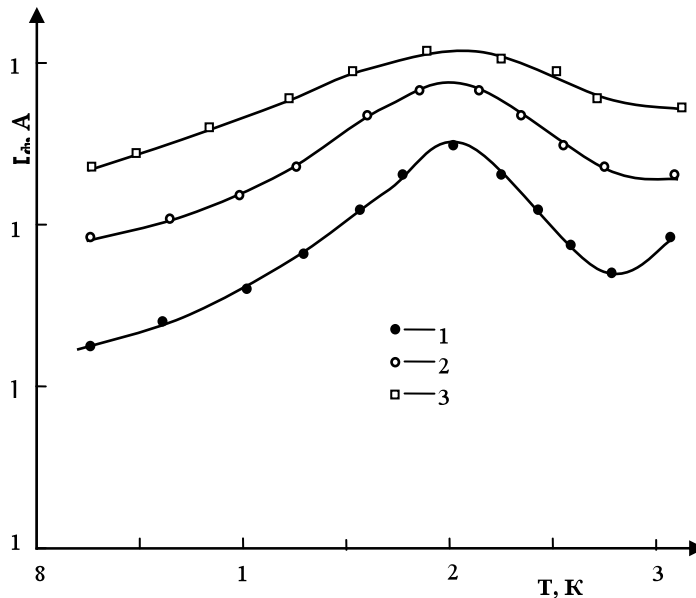


Рис.3. Температурная зависимость фототока монокристаллов $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ ($x=0,2$) при различных уровнях освещения. Ф, ЛК: 1 – 100, 2 – 200, 3 – 400. $T = 77$ К.

В изучаемых монокристаллах при 300К и более высоких температурах наблюдается термическое гашение фотопроводимости. На кривых ТСП обнаруживается пик в области $T=200-250$ К, максимум которой с увеличением содержания иттербия в растворе смещается в сторону относительно низких температур (рис.4). С увеличением длительности и интенсивности освещения величины пиков ТСТ увеличиваются, а с увеличением скорости нагрева максимумы ТСТ сдвигаются в сторону высоких температур, что свидетельствует о равновероят-

ности процессов прилипания и рекомбинации и об увеличении концентрации центров прилипания (рис. 5).

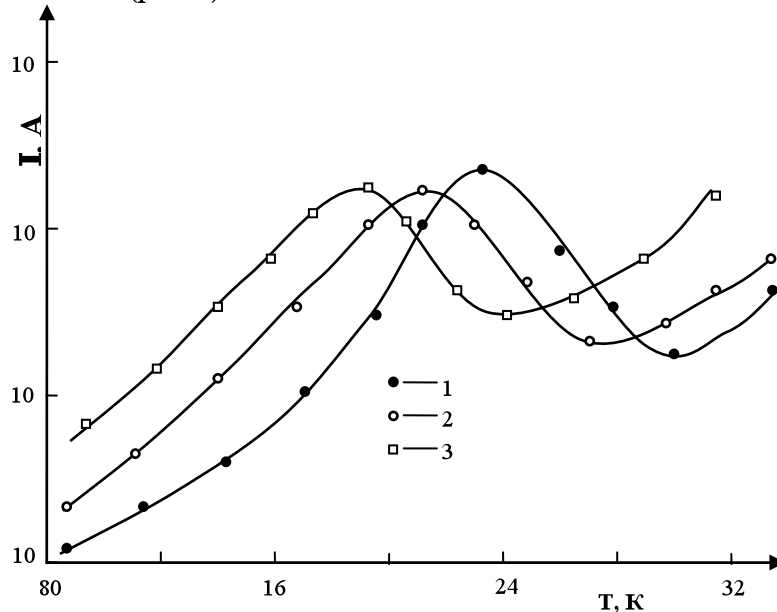


Рис.4. ТСП монокристаллов $TiGa_{1-x}Yb_xS_2$, с различным составом - x : 1 - 0; 2 - 0,2; 3 - 0,4 ; $\beta = 0,05$ град/сек, $U=30$ В.

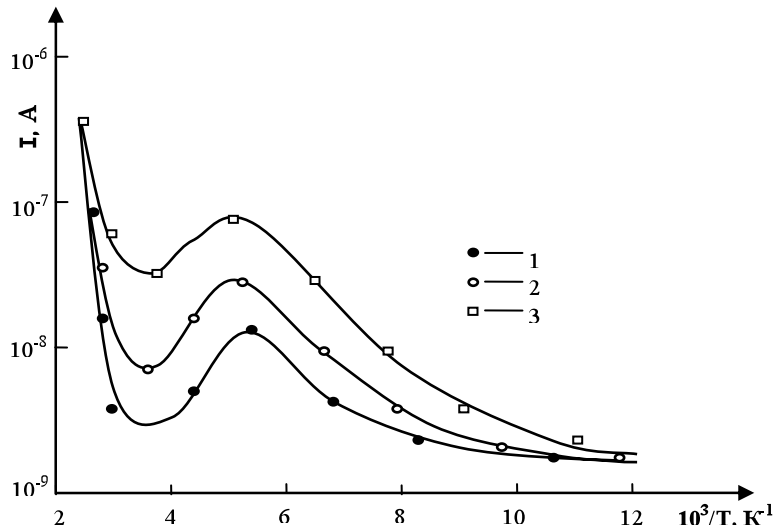


Рис.5. ТСП монокристаллов $TiGa_{1-x}Yb_xS_2$ ($x=0,2$) при различных значениях скорости нагрева и приложенного напряжения. β , град/сек: 1,2 - 0,05; 3 - 0,2 U,В: 1-30; 2,3 - 50.

С увеличением интенсивности падающего на образец света, а также длительности засветки, амплитуда пика ТСП увеличивается, а максимум его смещается в сторону относительно высоких температур. Энергетическая глубина залегания уровней прилипания (α), которая определялась по методу Бьюба, в раз-

личных монокристаллах $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ составляет 0,28-0,35 эВ в зависимости от состава [5].

Температурная зависимость фототока свидетельствует о том, что она связана с рекомбинационным и термическим обменом α - центров прилипания с зоной проводимости, сопровождающимся при нагревании уменьшением захваченных, и соответствующим увеличением концентрации, свободных неравновесных носителей заряда.

Оптическая перезарядка между α и Γ -центрами, обеспечивая в области низких температур ($T=80-140$ К) сильное опустошение центров fotocувствительности, резко снижает эффективность рекомбинации через них. Начинает доминировать рекомбинация дырок через другой (S) канал. В результате этого исчезает примесный фотоэффект и начинает преобладать собственная фотопроводимость. Уменьшение фототока при $T \geq 300$ К может быть объяснено уменьшением рекомбинационного потока, проходящего через Γ -центры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в исследуемых пленках $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ ($0 \leq x \leq 0,4$) электрически - активные (Γ -центры медленной рекомбинации и α - уровни прилипания) принимают непосредственное участие в процессах рекомбинации и прилипания неравновесных носителей заряда. Близость их концентраций ($N_t \approx N_r$) приводит к предельной оптической перезарядке центров – их световой декомпенсации при низких температурах. Центры fotocувствительности контролируют процессы рекомбинации в определенном интервале температур, ограниченным эффектом термического гашения (сверху) и оптической перезарядкой (снизу). Вне этого интервала fotocувствительность монокристаллов, по-видимому определяется одним и тем же быстрым S-каналом рекомбинации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берченко Н.Н. Полупроводниковые твердые растворы и их применение. М., 1982, 208 с.
2. Георгобнани А.Н. Широкозонные полупроводники A^2B^6 и перспективы их применения. УФН, 1974, № 1, с.129-135.
3. Любченко А.В., Шейнкман М.К., Лашкарев В.Е. Неравновесные процессы в фотопроводниках. Киев, 1981, 274 с.
4. Мильнс А.Г. Примеси глубокими уровнями в полупроводниках. М.: Мир, 1977, 547с.
5. Гарягдыев Г., Городецкий А.Я., Любченко А.В. и др. Рекомбинационные процессы в полупроводниках $Mg_xCd_{1-x}Se$ в условиях предельной перезарядки локальных центров // ФТП, 1986, т.11, с.1989-1194.

TlGa_{1-x}Yb_xS₂ MONOKRİSTALLARINDA REKOMBİNASİYA PROSESLƏRİ

**M.Ə.CƏFƏROV, E.M.KƏRİMOVA,
A.B.MƏHƏRRƏMOV, P.G.İSMAYİLOVA, S.S.ABDİNBEYOV**

XÜLASƏ

TlGa_{1-x}Yb_xS₂ monokristallarında rekombinasiya prosesləri tədqiq olunmuşdur. Qaranlıq və termostimulyasiya cərəyanının temperatur asılılığı, fotoçərəyanın spektral paylanması, lyüksamper xarakteristikası, temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, asta r-mərkəzlərinin və α - yapışma mərkəzlərinin konsentrasiyalarının yaxınlığına görə rekombinasiya prosesləri aşağıdan optik yenidən yüklənmə və yuxarıdan termik sönmə ilə məhdudlanan müəyyən temperatur intervalında fotohəssas mərkəzlərlə, bu intervaldan kənardə isə sürətli S-mərkəzləri ilə təyin olunur.

THE RECOMBINATION PROCESSES IN TlGa_{1-x}Yb_xS₂ SINGLE CRYSTALS

**M.A.JAFAROV, E.M.KERIMOVA,
A.B.MAGERRAMOV, P.G.ISMAYILOVA, S.S.ABDINBEYOV**

SUMMARY

Have been investigated the recombination processes in TlGa_{1-x}Yb_xS₂ single crystals and measured the dark and thermostimulated conductivity, and also spectral distribution, luksamper and temperature dependence of photocurrent. It is established, that the affinity of concentration of the slow recombination r-centers and α - sticking levels leads to that the centers of photosensitivity supervise the recombination process in the certain temperature range, limited by the effect of thermal extinguishing (above) and optical recharge (below), and outside of this interval is determined by the same fast s-recombination channel.