

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕДРЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОИСТЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ $TlGaS(Se)_2$

Н.З. ГАСАНОВ, Э.М.КЕРИМОВА

*Институт Физики им. академика Г.М. Абдуллаева
Национальной Академии Наук Азербайджана
пр. Г. Джавида 33, Баку, Az1143*

$TlGa_{1-x}Dy_xSe_2$, $TlGa_{1-x}Yb_xSe_2$ və $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ yeni yarımkeçirici birləşmələrinin sintez texnologiyası işlənmişdir. Onların elektrofiziki və optik xassələri tədqiq edilmişdir. Təyin edilmişdir ki, Ga atomlarını Dy atomları ilə 1% əvəz etdikdə $TlGaSe_2$ monokristallarının qadağan olunmuş zonası hiss olunacaq dərəcədə artır. $TlGaS_2$ -də analoji olaraq $Ga \rightarrow Yb$ əvəzləməsi etdikdə isə əksinə olaraq udulma sərhədi uzun dalğalı oblasta tərəf sürüşür.

Разработана технология синтеза новых полупроводниковых соединений $TlGa_{1-x}Dy_xSe_2$, $TlGa_{1-x}Yb_xSe_2$ и $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$. Исследованы их электрофизические и оптические свойства. Установлено, что замещение 1% атомов Ga атомами Dy заметно увеличивает ширину запрещенной зоны монокристалла $TlGaSe_2$, а для $TlGaS_2$, наоборот, аналогичное замещение $Ga \rightarrow Yb$ приводит к сдвигу края поглощения в длинноволновую область.

The technology of the synthesis of new semiconductor compounds $TlGa_{1-x}Dy_xSe_2$, $TlGa_{1-x}Yb_xSe_2$ and $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ is developed. Their electrophysical and optical properties are investigated. It is determined that substitution of Ga atoms with Dy by 1% noticeably increases the width of the forbidden gap of $TlGaSe_2$ single crystal, and for $TlGaS_2$, on the contrary, similar substitution $Ga \rightarrow Yb$ leads to the shift of the absorption edge to the long-wave region.

Модифицированным методом Бриджмена-Стокбаргера были выращены из расплава монокристаллы слоистых полупроводниковых соединений $TlGaSe_2$, в которых атомы Ga замещаются редкоземельными элементами Dy и Yb в количестве 0,1-1%. Изучена растворимость Dy в монокристаллах $TlGaSe_2$. Анализ несовершенств в кристаллах $TlGaSe_2 <Dy>$ методами рентгеноспектрального микроанализа и просвечивающей электронной микроскопии позволил сделать вывод о том, что в кристаллах $TlGaSe_2$ имеются линейные дефекты, вдоль которых происходит сегрегация примеси.

В широком диапазоне температур (300÷900K) исследованы электрофизические свойства тройных соединений $TlYbSe_2$ и $TlDySe_2$. Выявлено, что доминирующим механизмом рассеяния носителей тока в них является рассеяние на акустических колебаниях решетки. Определены эффективные массы, плотности состояний носителей, отношения подвижностей, температурные коэффициенты ширины запрещенной зоны. Из исследований явлений переноса тепла при температурах 77÷650K в указанных монокристаллах установлено, что основным механизмом рассеяния фононов являются трехфононные процессы.

Образцы для снятия спектров оптического поглощения изучаемых кристаллов скалывались от монокристаллического слитка и имели форму тонких пластинок с толщиной от 20 до 100мкм. Свет направлялся на образцы параллельно кристаллографической оси C, т.е. перпендикулярно слоям. Исследования спектров оптического пропускания проводились при помощи установки на основе КСВУ-6М и криостата «УТРЕКС» с автоматической стабилизацией температуры в интервале 77÷300K (точность стабилизации составляла $\pm 0,01K$), двойной монохроматор МДР-6 позволял достичь разрешения 2Å.

Как показал проведенный нами анализ, в структуре края поглощения монокристаллов $TlGaSe_2$ и твердых

растворов $TlGa_{1-x}Dy_xSe_2$ при $x=0,01$ наблюдаются следующие различия:

а) при низких температурах в $TlGa_{0,99}Dy_{0,01}Se_2$ не удастся обнаружить полосу поглощения, связанную с образованием экситона вблизи прямого края;

б) температурный коэффициент ширины запрещенной зоны dE_g/dT в интервале температур 80-120K для $TlGaSe_2$ составляет $-3 \cdot 10^{-4}$ эВ/К, а для $TlGa_{0,99}Dy_{0,01}Se_2 \approx -7 \cdot 10^{-4}$ эВ/К, т.е. отличается более чем в 2 раза (рис. 1);

в) величина коэффициента поглощения в $TlGa_{1-x}Dy_xSe_2$ заметно выше, чем в $TlGaSe_2$.

В интервале температур 120-300K для обоих кристаллов dE_g/dT составляет примерно $-2,1 \cdot 10^{-4}$ эВ/К. Коротковолновое смещение ширины запрещенной зоны у $TlGa_{0,99}Dy_{0,01}Se_2$ по отношению к $TlGaSe_2$ составляет около 90мэВ, к примеру, при температуре 80K для $TlGaSe_2$ $E_g=2,192$ эВ, а для $TlGa_{0,99}Dy_{0,01}Se_2 - 2,287$ эВ, т.е. замещение 1% атомов галлия атомами редкоземельного элемента диспрозия заметно увеличивает ширину запрещенной зоны монокристалла $TlGaSe_2$.

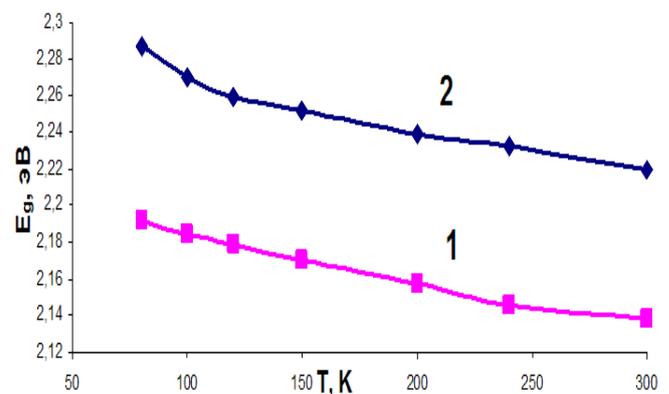


Рис. 1. Температурная зависимость ширины запрещенной зоны в $TlGaSe_2$ (1) и $TlGa_{0,99}Dy_{0,01}Se_2$ (2).

Исследован край оптического поглощения монокристаллов $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$. В кристаллах состава $TlGa_{0,995}Yb_{0,005}S_2$ обнаружен экситонный пик поглощения; изучена его температурная зависимость в интервале температур 77÷200К (см. рис.2). Температурный коэффициент сдвига максимума экситонного поглощения составил $\Delta E_{\text{экс}}/\Delta T = 1,5 \cdot 10^{-4}$ эВ/К, т.е. имеет положительный знак, как и для чистого $TlGaS_2$. Частичное замещение Ga→Yb приводило к небольшому сдвигу края поглощения в длинноволновую область.

Установлено также, что частичное (0,1 - 0,5%) замещение галлия иттербием в слоистых монокристаллах $TlGaS_2$ приводит к смещению максимума фототока в длинноволновую область, существенному расширению области спектральной чувствительности, увеличению амплитуды примесного фототока и коэффициента рентгеночувствительности в 3 раза [2], что перспективно для создания на основе монокристаллов $TlGaS_2<Yb>$ фотоприемников с расширенным в ИК область

спектральным диапазоном и чувствительных рентгендетекторов.

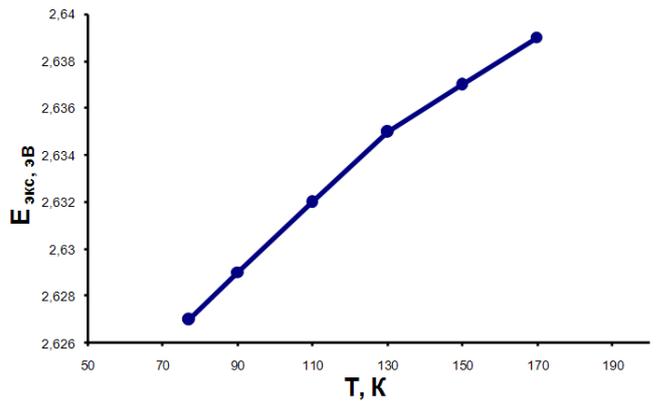


Рис 2. Температурная зависимость экситонного пика в $TlGa_{0,995}Yb_{0,005}S_2$.

[1]. E.M.Kerimova, S.N.Mustafaeva, Yu.G.Asadov, R.N.Kerimov. Synthesis, growth and properties of $TlGa_{1-x}Yb_xS_2$ crystals. Crystallography Reports, 2005, v. 50, Suppl. 1, p. S122– 123.

[2]. S.N.Mustafaeva, E.M.Kerimova, P.G.Ismailova, M.M.Asadov. Roentgenosimetric characteristics of detectors on the base of $TlGaS_2<Yb>$ single crystals. Fizika, 2004, №4.