

СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ СЛОИСТЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$

Э.М. КЕРИМОВА, С.Н. МУСТАФАЕВА, Л.А. ИСМАИЛЗАДЕ, А.Ю. НАДЖАФОВ

*Институт Физики АН Азербайджана**370143, Баку, пр. Г. Джавида 33*

Синтезированы и выращены монокристаллы твердых растворов $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ ($x=0,005$ и $0,01$). Приведены результаты исследования спектров поглощения монокристаллов $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ при температурах 5 и 300 К. Определены значения энергии прямых оптических переходов монокристаллов $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$.

Изучение физических свойств соединений типа $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ (A-Tl; B-In,Ga; C-S,Se,Te) и твердых растворов на их основе имеет важное практическое значение в плане установления закономерностей свойство-состав и управления их оптическими, фотоэлектрическими и электрическими свойствами.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния атомов железа на спектры поглощения слоистых монокристаллов твердых растворов $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ ($x=0,005$ и $0,01$).

Частичное замещение атомов индия в $TlInS_2$ железом придает кристаллам магнитные свойства [1], которые могут быть полезными в плане воздействия магнитного поля на их оптические и фотоэлектрические свойства.

Согласно кристаллографическим данным $TlInS_2$ описывается пространственной группой $C_{2h}^6 - C2/c$. В элементарной ячейке содержится 16 формульных единиц $TlInS_2$, в примитивной ячейке $Z=8$ [2]. В [3] было показано, что фундаментальный край поглощения кристаллов $TlInS_2$ соответствует энергии 2,512 эВ при $T=77$ К и 2,363 эВ при $T=300$ К. В [4] приведены дифференциальные спектры поглощения монокристаллов $TlInS_2$ при модуляции длины волны света. В работе [5] представлены результаты изучения оптических свойств слоистых кристаллов $TlInS_2$ в широкой области температур 10-290 К и энергией 1,5-3,5 эВ. В спектрах поглощения монокристаллов $TlInS_2$ при 10 К были обнаружены два экситонных пика с энергиями 2,58 и 2,87 эВ. Результаты изучения оптических и фотоэлектрических свойств твердых растворов $TlInS_xSe_{2-x}$ приведены в [6]. Было установлено, что для образцов с составом $x < 0,6$ происходит резкое изменение физических параметров с изменением состава. Особенности поведения оптических мод в зависимости от состава твердых растворов системы $TlInS_2-TlGaSe_2$ изучены в работах [7,8].

Образцы составов $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ были синтезированы сплавлением исходных высокочистых (не менее 99,99) элементов (Tl, In, Fe и S) в вакуумированных до 10^{-3} Па кварцевых ампулах. Расплавы отдельных составов выдерживали при $735 \pm 10^\circ\text{C}$ с последующим охлаждением до комнатной температуры. Методом Бриджмена-Стокбаргера были выращены монокристаллы $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$. Скорость перемещения фронта кристаллизации при этом составляла 1,0 мм/ч. На установке типа "ЭММА-2.У4.1" был проведен рентгеноспектральный анализ выращенных монокристаллов, который подтвердил, что концентрация атомов железа соответствует синтезированным составам $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ ($x=0,005$ и $0,01$). По мере увеличения концен-

трации железа менялся и цвет монокристаллов. Если исходный монокристалл $TlInS_2$ имел светло-оранжевый цвет, то с увеличением содержания железа в кристаллах этот цвет менялся до темно-коричневого, что связано, по-видимому, с уменьшением ширины запрещенной зоны кристаллов.

Образцы для измерений были получены путем отщепления слоев по плоскости естественного скола от массивных монокристаллов $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$.

Спектры пропускания измерялись на установке, собранной на основе монохроматора МДР-4. В качестве источника света служила лампа накаливания с вольфрамовой нитью, а в качестве приемника использовали фотоумножитель типа ФЭУ-100.

Образцы для измерения помещались в термостатирующее криостатное устройство типа "УТРЕКС" с двойными кварцевыми окошками. Свет при этом от выхода монохроматора направлялся перпендикулярно к поверхности естественного скола исследуемого кристалла. Спектры поглощения сняты при температурах 5 и 300 К.

На рисунке показаны спектральные зависимости коэффициента поглощения в абсолютных единицах ($\alpha = \frac{1}{d} \ln \frac{I_0}{I}$, где I_0 - интенсивность падающего излучения, I - интенсивность света, прошедшего через кристалл) для монокристаллов $TlInS_2$ и $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$

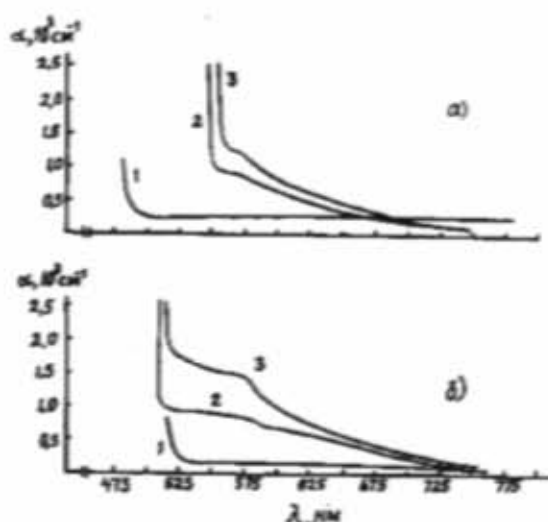


Рис. Спектры коэффициента поглощения монокристаллов $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$: 1 - $x=0$; 2 - $x=0,005$; 3 - $x=0,01$ при а) $T=5$ К б) $T=300$ К.

толщиной $d = 20 \pm 30$ мкм при $T=5$ и 300 К. Изученный диапазон длин волн составлял 470–800 нм. Видно, что спектры поглощения монокристаллов $TlInS_2$ и $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ отличаются друг от друга. Так, если для кристалла $TlInS_2$ коэффициент поглощения вблизи полосы фундаментального поглощения имеет резко возрастающий характер, то для кристаллов $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ ($x=0,005$ и $0,01$) α начинает плавно возрастать уже в ближней ИК-области спектра; при этом участки кривой $\alpha(\lambda)$, близкие к краю поглощения со стороны длинных волн (вблизи 575 нм) характеризуются ступенькой. Другой интересной особенностью спектров оптического поглощения исследуемых соединений является то обстоятельство, что с понижением температуры от 300 до 5 К край собственного поглощения $TlInS_2$ смещается в коротковолновую область, тогда как край собственного поглощения образцов $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ смещается в длинноволновую область спектра. Ввиду отсутствия расчетов зонной структуры невозможно объяснить такое поведение. Однако, можно предположить, что аномальный температурный ход зависимости края

собственного поглощения в $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ связан с перестройкой электронных состояний, формирующих дно зоны проводимости и вершину валентной зоны.

Предполагая, что область резкого роста коэффициента поглощения ($\alpha > 7,5 \cdot 10^2 \text{ см}^{-1}$) связана с прямыми межзонными переходами, нами построена зависимость $\alpha^2 - \epsilon(\hbar\omega)$ и оценены энергии прямых оптических переходов изученных монокристаллов, которые приведены в таблице.

Таблица
Значения энергий прямых оптических переходов в кристаллах $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ $T=5$ и 300 К.

Состав монокристалла твёрдого раствора	E_{opt} , эВ	
	5 К	300 К
$TlInS_2$	2,553	2,393
$TlIn_{0,995}Fe_{0,005}S_2$	2,110	2,146
$TlIn_{0,99}Fe_{0,01}S_2$	2,032	2,064

- [1] Г.Д. Гусейнов, Г.Д. Султанов, С.Б. Кязимов, С.С. Абдинбеков. Препринт № 441 ИФАН Азерб., Баку, 1992, с. 62.
 [2] D. Müller, H. Hahn. Z.Anorg. ALL. Chem, 1978, В 438, 258.
 [3] G.D. Guseinov, E. Mooser, E.M. Kerimova, R.S. Gamidov, I.V. Alekseev, M.Z. Ismailov. Phys.Stat. Sol., 1969, 34, p. 33.
 [4] Г.Н. Абулхатыбов, С.Г. Абдуллаева, Н.М. Зейналов. ФТП, 1982, т. 16, вып. II, с.2036.

- [5] J.A. Kalomiros, A.N. Anagnostopoulos. Phys. Rev. B., 1994, v. 50, II, p.7488.
 [6] А.М. Ахмедов, А.Э. Бахышов, А.А. Лебедев, М.А. Якобсон. ФТП, 1978, т. 12, № 3, с. 520.
 [7] К.Р. Аллахвердиев, М.М. Годжаев, А.И. Наджафов, Р.М. Сардарлы. ФТТ, 1982, т. 24, № 8, с. 2533.
 [8] К.Р. Аллахвердиев, М.М. Годжаев, А.И. Наджафов, Р.М. Сардарлы. Phys.Stat.Sol.(b), 1982, 112, p. K93.

E.M. Kerimova, S.N. Mustafayeva, L.Ə. İsmayilzadə, Ə.Y. Nəcəfov

$TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ LAYVARI MONOKRİSTALLARIN UDMA SPEKTRLƏRİ

$TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ ($x=0,005$ və $0,01$) bərk məhlulları sintez olunmuş və monokristalları yetişdirilmişdir. $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ monokristalların 5 və 300 K temperaturalarda udma spektrlərinin tədqiqinin nəticələri göstərilmişdir. $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ monokristalların düz optik keçidlərin enerjisinin qiyməti təyin olunmuşdur.

E.M. Kerimova, S.N. Mustafaeva, L.A. Ismailzade, A.Yu. Nadjafov

THE ABSORPTION SPECTRA OF LAYER $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ SINGLE CRYSTALS

The synthesis conditions and growing method of $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ ($x=0,005$ and $0,01$) new mixed crystals are presented in this article. The results of investigation of absorption spectra of $TlIn_{1-x}Fe_xS_2$ single crystals at 5 and 300 K are described. The values of energies for direct optical transitions of above mentioned crystals are defined.

Дата поступления: 30.05.97

Редактор: Ф.М. Гашидзе