

ЭЛЕКТРО - И ФОТОПРОВОДИМОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ Tl(InS₂)_{1-x}(FeSe₂)_x ВБЛИЗИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Э.М. КЕРИМОВА¹, А.А. ИСАЕВА¹, А.З. АБАСОВА¹, С.М. БИДЗИНОВА²,
Л.А. ИСМАИЛЗАДЕ², А.Б. МАГЕРРАМОВ¹

¹Институт физики Национальной академии наук Азербайджана,
Азербайджан, AZ 1143 Баку, пр. Г. Джавида, 131

²Национальная Академия Авиации

ekerimova@physics.ab.az

В твердых растворах Tl(InS₂)_{1-x}(FeSe₂)_x изучена температурная зависимость электропроводности и спектральное распределение фотопроводимости. Из спектров фототока определена ширина запрещенной зоны и ее зависимость от температуры. Характерные аномалии на кривой E_g(T) при 124, 148, 180 и 198К коррелируют с аномалиями кривой σ(T).

Ключевые слова: твердые растворы Tl(InS₂)_{1-x}(FeSe₂)_x, проводимость, спектры фототока, ширина запрещенной зоны, фазовые переходы.

PACS: 82.35

Тройные аналоги TlSe типа A^{III}B^{III}X₂ в основном кристаллизуются в трех структурных типах - TlSe, MoS₂, TlGaSe₂ [1-3].

Для TlInS₂ установлена низкотемпературная моноклинная модификация типа TlGaSe₂ и высокотемпературная гексагональная фаза со структурой типа MoS₂. Основу структуры TlInS₂ (монокл.) [4] подобно TlGaSe₂ должны составлять тетраэдрические конструкции In₄S₁₀, при сочленении которых образуются продольные призматические «каналы», заполненные атомами Tl. Из-за большего размера атомов In по сравнению с атомами Ga в тетраэдрах создаются некоторые напряжения, за счет чего структура становится менее прочной и оказывается диморфной. Как известно, для TlGaSe₂ не установлена полиморфная модификация. Основная структурная единица образована чисто тетраэдрическими атомами Ga, нет напряжений и структура стабильна, но, как указано в [5], из-за сдвига пакетов образуются всевозможные политипы вплоть до несоизмерных фаз [6].

Для получения моноклинной фазы TlInS₂ и исследования электрических и фотоэлектрических свойств твердых растворов Tl(InS₂)_{1-x}(FeSe₂)_x методом Бриджмена-Стокбаргера выращивались их монокристаллы. В результате рентгенографического анализа было установлено, что выращенные монокристаллы имеют моноклинную структуру типа TlGaSe₂.

На рис. 1а, б приведены рентгенограммы качания вокруг осей а и b кристалла. Рассчитанные параметры решетки составляют: a=10,926, b=10,923, c=15,09Å, β=100°, z=16, пр. гр C₂>(C_s⁴) [7]. С целью установления количества входящих в замещенном виде атомов Fe и Se в структуру на микроанализаторе Camebaх проводился анализ всех исследуемых составов; предел обнаружения был не хуже 10⁻³.

Монокристаллы Tl(InS₂)_{1-x}(FeSe₂)_x ниже 220К претерпевают несколько последовательных фазовых переходов от параэлектрической к сегнетоэлектрической фазе. Электрические и фотоэлектрические свойства кристаллов TlInS₂ вблизи

фазовых переходов изучены недостаточно [8], а фотоэлектрические свойства твердых растворов на их основе очень мало изучены. В [9] приведены результаты исследования зависимости электропроводности и диэлектрической проницаемости кристаллов Tl(InS₂)_{1-x}(FeSe₂)_x от состава и температуры. Установлено, что с увеличением x значения диэлектрической проницаемости уменьшаются, а электропроводности - увеличиваются. Обнаружено, что в кристаллах Tl(InS₂)_{1-x}(FeSe₂)_x имеет место характерная для TlInS₂ последовательность фазовых переходов, проявляющаяся в виде аномалий на температурных зависимостях σ = f(T) и ε = f(T). Показано, что с ростом значений x температуры фазовых переходов уменьшаются, а температурная область существования несоизмерной фазы несколько увеличивается.

В [10] показано что при x=0 на температурных зависимостях намагниченности поведение намагниченности образца указывает на суперпарамагнитное состояние с глобальным гистерезисом в сильных магнитных полях.

В составе с x=0,005 на кривых M=f(T) при T=115К наблюдается аномалия в виде скачка, обусловленная, вероятно, формированием скошенной магнитной структуры. Магнитные поля свыше 1Тл разрушают такое упорядочение и ведут к формированию модулированной структуры с глобальным гистерезисом магнитных свойств.

В данной работе получена информация о температурной зависимости σ_T(T) (рис.2), ширине запрещенной зоны из спектрального распределения собственной фотопроводимости (рис.3), и величины максимальной спектральной фоточувствительности σ_c^{max}/σ_T для изученных образцов.

Влияние FeSe₂ особенно сильно сказывается на температурной зависимости ширины запрещенной зоны (рис.4).

В проведенных нами экспериментах E_g определялась из кривых спектрального распределения фотопроводимости.

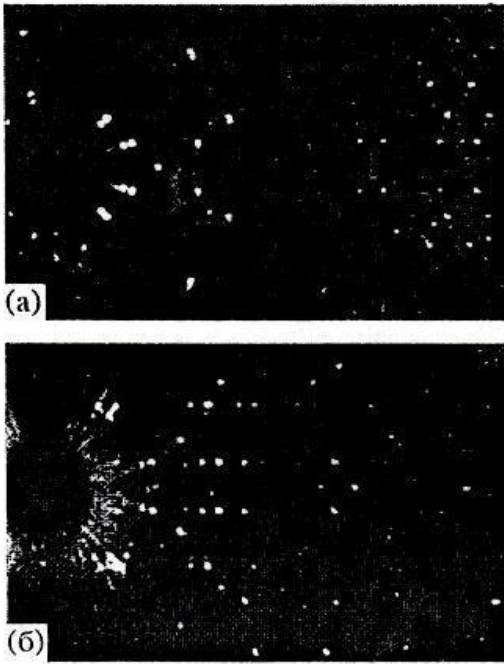


Рис.1. Рентгенограммы качания вокруг осей а(а) и b(б) монокристаллов $Tl(InS_2)_{0,985}(FeSe_2)_{0,015}$

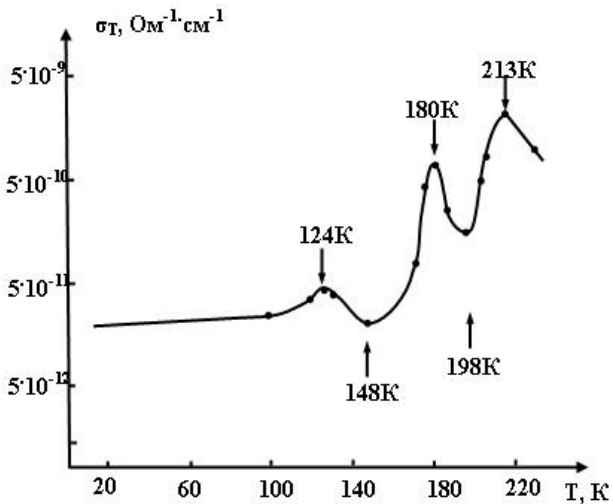


Рис.2. Температурная зависимость темновой электропроводности σ_T монокристаллов $Tl(InS_2)_{1-x}(FeSe_2)_x$ при $x=0,005$

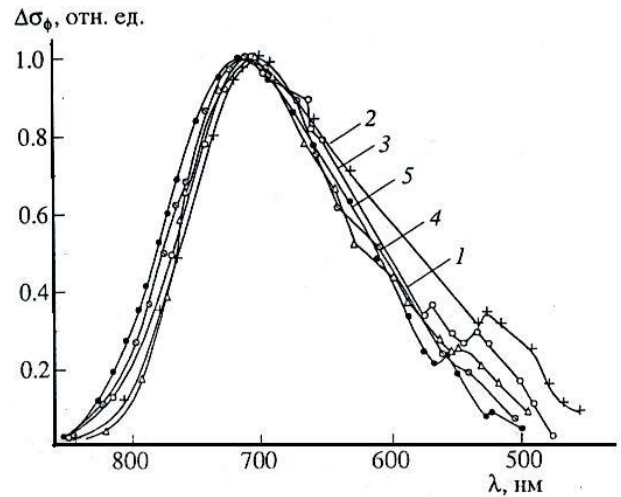


Рис.3. Спектральные зависимости фотопроводимости монокристаллов $Tl(InS_2)_{0,995}(FeSe_2)_{0,005}$ при температурах 50 (1), 150 (2), 175 (3), 200 (4), 250К (5)

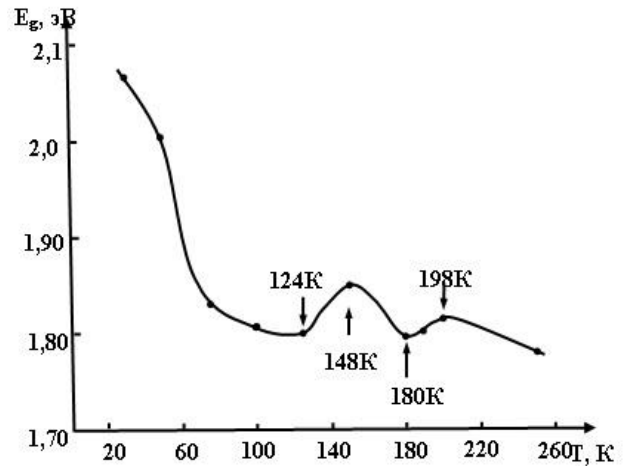


Рис.4. Температурная зависимость ширины запрещенной зоны E_g в монокристаллах $Tl(InS_2)_{1-x}(FeSe_2)_x$ ($x=0,005$)

При этом за величину E_g принималось значение энергии фотонов, соответствующее полуспаду максимума фототока на длинноволновом крае. Характерные аномалии кривой $E_g(T)$ при 124, 148, 180 и 198К коррелируют с аномалиями кривой $\sigma_T(T)$ (рис.2).

[1] А.С. Авилов, К.А. Агаев, Г.Г. Гусейнов
Определение кристаллических структур
некоторых трехкомпонентных полупроводников
с общей формулой ABX_2 // Кристаллография,
1969, Т.14, №3, С.443-446

[2] K.J. Range., G. Engert, W. Muller, A. Wiess
High Pressure Synthesis and Crystal Structures of
 $TlInS_2$ -III // J. Solid State Chem., 1975, V.14,
№3, P.181-185

[3] D. Muller, H. Hahn Zur structur des $TlGaSe_2$ // Z.
An-org. Allg. Chem. 1978, V.438, №1, P. 258-272

[4] W. Hengel, H.D. Hachheimer, C. Carlone
High pressure Raman Study of the ternary calcogenides
 $TlGaS_2$, $TlGaSe_2$, $TlInS_2$ and $TlInSe_2$ // Phys. Rev.,
1982, B.26, №6, P. 3211-3221

[5] С.Г. Абдуллаева, С.С. Абдинбеков, Г.Г.
Гусейнов О кристаллической структуре

- соединений $TlM^{III}X_2$ ($M^{III} = In, Ga$; $X = S, Se$) // Докл. АН АзССР, 1980, Т.36, №8, С.34-38
- [6] *T.J. Isaacs* Determination of the crystal Symmetry of the polymorphs of Thallium, Indium Disulphide $TlInS_2$ // *Z. Crystallogr.*, 1975, V.147, №1-2, P. 104-108
- [7] *Э.М. Керимова* Кристаллофизика низкоразмерных халькогенидов. // Баку, Елм, 2012. Kitab. 708s
- [8] *V.A. Aliev, E.F. Bagirzade, N.Z. Gasanov, G.D. Guseinov* Electric Conductivity of $TlInS_2$ and $TlGaSe_2$ Crystals in the Region of phase Transitions // *Phys. Status Solidi A*, 1987, V.102, P. K109-K112
- [9] *А.У. Шелег, В.Г. Гуртовой, С.Н. Мустафаева, Э.М. Керимова, В.В. Шевцова* Диэлектрические характеристики и фазовые переходы в твердых растворах $Tl(InS_2)_{1-x}(FeSe_2)_x$ // ФТТ, 2012, Т.54, №3, С. 567-570
- [10] *А.У. Шелег, В.А. Чумак, В.Г. Гуртовой, Л.С. Лобановский, С.Н. Мустафаева, Э.М. Керимова* Кристаллографические и магнитные характеристики твердых растворов $Tl(InS_2)_{1-x}(FeSe_2)_x$ // Известия НАН Беларуси. Сер. Физ.-мат. Наук. 2013. № 4. С. 38-42