

## **ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРА РАЗМЕЩЕНИЯ АТОМОВ ИНДИЯ В РЬ ТЕ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ДОЗЫ ВВЕДЕНОЙ В КРИСТАЛЛ ПРИМЕСИ**

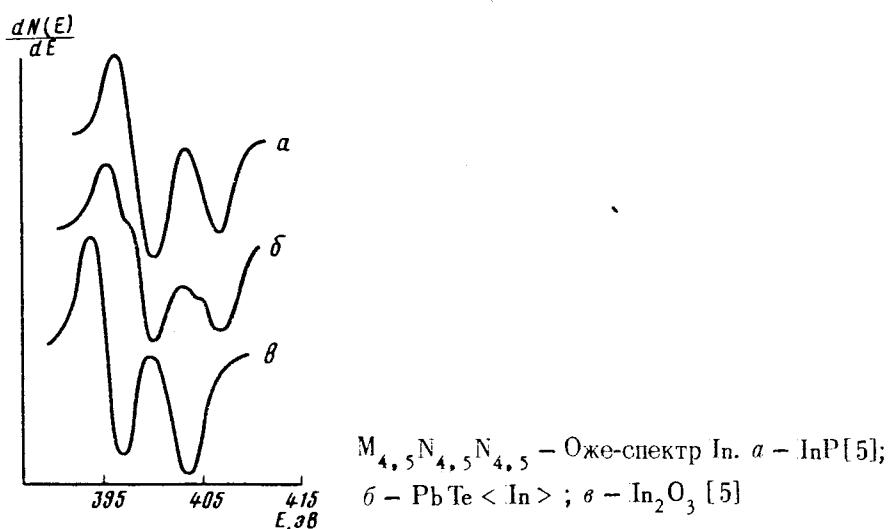
*T.A.Смородина, A.P.Цуранов*

Проведен оже-электронный анализ теллурида свинца, легированного индием при дозе индия  $> 1$  ат.%. Основная доля введенных в кристалл примесных центров находится в состоянии с преимущественно ковалентной связью, что может быть объяснено образованием тетраэдрической координации индий – теллур.

Теллурид свинца, легированный индием, относится к такому типу твердых растворов, для которых концентрация электрически активных примесных центров при достижении определенного количества растворенного вещества, введенного в кристалл, остается практически неизменной при дальнейшем его увеличении. Электрофизические свойства системы РЬ ТЕ  $< \text{In} >$  детально изучались в течение последнего десятилетия [1 — 3]. Нестандартное поведение индия в теллуриде свинца связывалось со спецификой зонной структуры такой системы, в предположе-

нии, что при введении атомов индия в кристалле происходит простое изоморфное замещение ими атомов свинца [4]. Анализируя экспериментальные данные, цитируемые в работах [1, 2], можно видеть, что предельная концентрация носителей и их подвижность зависят от технологии получения легированного материала.

Оже-электронная спектроскопия является методикой, чувствительной к изменению характера химической связи атомов в различных соединениях. Одна из причин этого заключается в изменении энергетического положения внутренних электронных уровней, приводящего к химическим сдвигам регистрируемых оже-пиков.



На рисунке представлен полученный  $M_{4,5}N_{4,5}N_{4,5}$  – оже-спектр индия в  $\text{PbTe}$ . Здесь же для сравнения приведены аналогичные спектры In в InP и  $\text{In}_2\text{O}_3$ , [5]. Фосфид индия является материалом с преимущественно ковалентным характером связи. При образовании  $\text{In}_2\text{O}_3$  энергетическое положение оже-пиков In сдвигается в сторону меньших энергий на  $\approx 3$  эВ, что соответствует возникновению связи с существенной ионной составляющей.

Оже-электронный анализ кристаллов  $\text{PbTe}$  с добавкой индия больше 1 ат.-% полученных из расплава, показал, что основная доля индия находится в состоянии с преимущественно ковалентной связью (оже-пики при энергиях  $E \approx 400, 407$  эВ). Интенсивность этих пиков возрастает при увеличении количества введенного в кристалл индия и не имеет прямой зависимости от концентрации носителей. Особенности оже-спектра при  $E \approx 398$  и  $405$  эВ связаны с электрически активным индием, находящемся в октаэдрическом анионном окружении. Их интенсивность практически не зависит от дозы введенного индия.

Для соединений, имеющих ионную составляющую связи, к которым относится теллурид свинца, важным оказывается химическое взаимодействие металлических атомов примеси с анионами решетки. При этом проявляется стремление взаимодействующих атомов к насыщению свя-

зей. В этих условиях растворение атомов примеси не приводит к их ионизации, и координация ближайшего окружения примесного центра становится отличной от координации атома индия, являющегося атомом замещения. Характерное для индия размещение в теллуриде свинца будет определяться наиболее вероятной координацией атомов теллура вокруг примесного центра. Такая связь In-Te, обладающая, согласно результатам оже-электронного анализа, существенно ковалентным характером, может быть реализована лишь при размещении индия в тетраэдрических анионных пустотах (гибридная связь  $sp^3$ ).

Следует обратить внимание, что при увеличении дозы введенного в кристалл индия подвижность носителей падает [2]. Весьма вероятной причиной дополнительного рассеяния являются упомянутые выше примесные центры индия. Индий в тетраэдрическом окружении образует молекулярный комплекс, вероятность возникновения которого будет тем больше, чем выше температура кристаллизации и концентрация примеси.

В пользу высказанного предположения свидетельствуют результаты технологических экспериментов по выращиванию слоев PbTe-In из паровой фазы с использованием паров теллура в качестве газа-транспортера при различных температурах источника материала PbTe + In. Доза введенного индия, оцененная из значений парциальных давлений PbTe и In, составляла  $\approx 10^{19} \text{ см}^{-3}$ . Как показали измерения электропроводности и ходл-эффекта, проведенные при комнатной температуре, понижение температуры источника от 920 до 870 К приводит к увеличению концентрации носителей тока от  $3,7 \cdot 10^{18}$  до  $8,1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  и одновременному повышению их подвижности от 500 до  $960 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{сек.}$

Физико-технический институт  
им. А.Ф.Иоффе  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
3 июня 1981 г.

## Литература

- [1] А.А.Аверкин, В.И.Кайданов, Р.Б.Мельник. ФТП, 5, 91, 1971.
- [2] И.А.Драбкин, Б.А.Ефимова, Г.Ф.Захарюгина, В.И.Кайданов, Р.Б.Мельник. И.В.Нельсон. ФТП, 7, 794, 1973.
- [3] В.И.Кайданов, Р.Б.Мельник, И.А.Черник. ФТП, 7, 759, 1973.
- [4] A.J.Rosenberg, R.Grierson, J.C.Walley, P.Nikolic. Trans. Met. Soc. AIME, 230, 342, 1964.
- [5] C.W.Wilmsen, R.W.Kee. J. Vac. Sci. Techn., 14, 953, 1977.