

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПОЛОС МЕТОДОМ АЛЕНЦЕВА-ФОКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА К ИССЛЕДОВАНИЮ ФЛ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ ZnSe:Yb

Мария СИБОВА, факультет физики и инженерии

At temperatures ranging from 77 to 300 K were studied the photoluminescence spectra of undoped ZnSe crystals and doped with ytterbium (Yb) and chromium (Cr). Developed and realized computer software for decomposition of complex spectral bands throw Alentsev-Fok method. Shown, that maximum in 1940 nm is caused by transitions within the chromium ion, whereas maxims in 454 u 458 nm are caused by transitions of electrons from the conduction band to a deep chromium acceptor level.

Селенид цинка является перспективным широкозонным полупроводником группы АІВVI, находящим широкое применение для изготовления голубых светодиодов, оптических стекол с низким коэффициентом поглощения, оптических элементов для инфракрасной (ИК) оптики и др. [1]. Ряд технологий требуют легирования селенида цинка редкоземельными элементами и переходными металлами, в частности иттербием и хромом соответственно, а разложение сложных спектральных полос фотолуминесценции (ФЛ) позволяет исследовать особенности их излучательных свойств и выявить картину энергетического спектра собственных и примесных дефектов.

В настоящее время часто возникает необходимость разложения комплексных полос ФЛ при исследовании люминесцентных свойств кристаллов. Метод Аленцева-Фока находит широкое применение для данного процесса, так как он не требует никаких начальных данных об исходных спектрах [2]. По причине того, что часто приходится прибегать к разложению комплексных полос ФЛ, было решено разработать программное обеспечение (ПО) на основе вышеупомянутого метода, которое позволит существенно облегчить анализ комплексных полос люминесценции.

Разработанное ПО реализовано в виде Web-страницы, которая обладает большим количеством возможностей, необходимыми операциями для реализации декомпозиции сложных полос ФЛ, отличается высокой скоростью работы и не требует дополнительных знаний информатики для работы с ним.

Исследуемые образцы селенида цинка были получены методом физического переноса пара и легированы иттербием в процессе роста. ФЛ возбуждалась модулированным излучением лазера с длиной волны 532нм и мощностью ~ 160 Вт. Для исследования спектров ФЛ использовался решёточный монохроматор МДР-23.

На рис. 1 (а) представлены спектры краевой ФЛ нелегированных кристаллов ZnSe при комнатной и азотной температурах. Видно, что с понижением температуры максимум полосы сместился в область больших энергий. На основе полученных экспериментальных данных был рассчитан температурный коэффициент ширины запрещенной зоны, равный $6,7 \cdot 10^{-4}$ эВ/К, что хорошо согласуется с литературными данными [3].

На рис. 1 (б) изображены спектры краевой ФЛ кристаллов ZnSe:Yb и ZnSe:Cr приведенные к единице. Данные спектры обладают простой куполообразной формой, что говорит об отсутствии дополнительных оптических центров. С понижением температуры до 77 К форма спектров изменилась (рис. 1(в)), что позволяет предположить наличие, как минимум, одного оптического центра излучения. Результаты разложения данных полос приведены на рис. 2 (а,б).

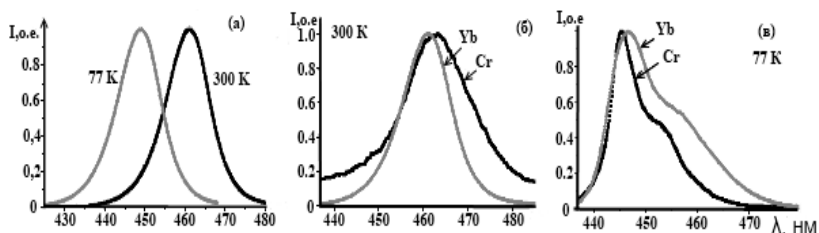


Рис. 1 (а) Спектры краевой ФЛ нелегированных кристаллов ZnSe при 77 и 300 К

(б) Спектры краевой ФЛ кристаллов ZnSe:Yb и ZnSe:Cr при 300 К

(в) Спектры краевой ФЛ кристаллов ZnSe:Yb и ZnSe:Cr при 77 К

Разработанное ПО позволило выделить две полосы для образцов, легированных иттербием и хромом. Более интенсивные полосы ассоциируются с зона-зонными переходами, происходящими в кристаллах селенида цинка. Менее интенсивную полосу

образца, легированного Cr, следует отнести к примесному излучению хрома. Аналогичная полоса наблюдается и в спектрах кристалла ZnSe:Yb, что позволяет говорить о том, что иттербий является активатором для хрома.

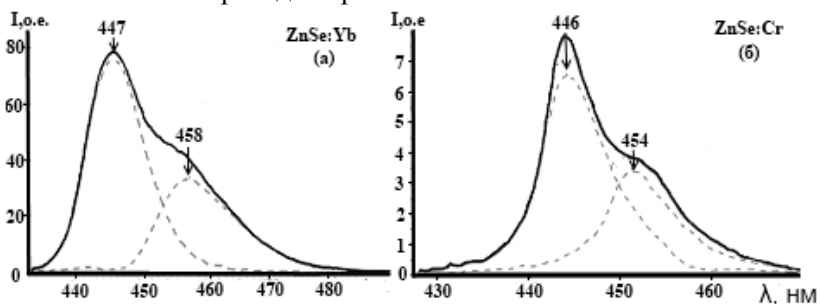


Рис. 2 Результаты разложение комплексных полос ФЛ кристаллов (а) ZnSe:Yb; (б) ZnSe:Cr

Исследования в ИК области спектра позволили проследить влияние примесей иттербия и хрома на ФЛ кристаллов ZnSe в средней ИК области спектра (рис. 3). Широкая полоса излучения легированного Yb образца в средней ИК области спектра при комнатной температуре с максимумом при 1940 нм (рис. 3(а)) приписывается внутрицентровым переходам между основным и первым возбуждённым состояниями иона Cr^{2+} [4] (5E и 5T_2 соответственно). Это позволяет сделать предположение, что иттербий является активатором для хрома, вследствие чего наблюдается данный переход.

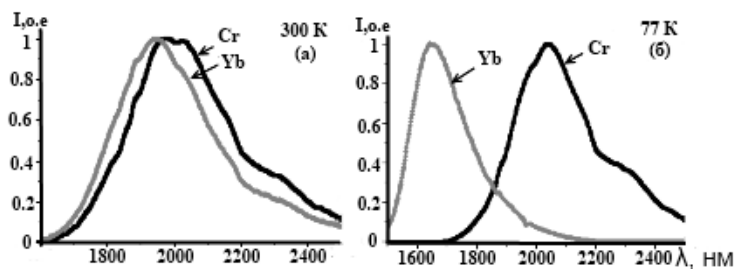


Рис. 3 Спектры ФЛ в средней ИК области кристаллов ZnSe:Yb и ZnSe:Cr (а) при 300 К; (б) при 77 К

Узкая полоса в спектре ФЛ образца, легированного Yb (рис. 3(б)) при 77 К с максимум 1650 нм в литературе ассоциируется с

внутрицентровыми переходами иона Cr^+ [3]. Другими словами, иттербий активирует фоновую примесь хрома и позволяет увидеть переход на ион Cr^+ . В общем, переходные металлы являются типичными фоновыми примесями в образцах халькогенидов цинка [3], а потому наличие хрома в образцах объяснимо.

На основе полученных экспериментальных данных можно заключить, что иттербий является активатором для селенида цинка, увеличивает интенсивность ФЛ, а также активирует внутрицентровые переходы фоновых примесей. Установлено, что температурный коэффициент расширения ширины запрещенной зоны составляет $\sim 6,7 \cdot 10^{-4}$ эВ/К, что хорошо согласуется с литературными данными [2]. Установлено, что излучение при 1950 нм соответствует внутрицентровым переходам иона Cr^{2+} , а компоненты при 454 и 458 нм – переходам из зоны проводимости на глубокий акцепторный уровень Cr^{2+} .

Литература:

1. ФОК, М.В. Разделение сложных спектров на индивидуальные полосы при помощи обобщённого метода Аленцева. В: *Труды ФИАН СССР*, 1972, с.4-24.
2. НЕДЕОГЛО, Д.Д., СИМАШКЕВИЧ, А.В. *Электрические и люминесцентные свойства селенида цинка*. Кишинёв: "Штиинца" 1984. 150 с.
3. НИЦУК, Ю.А. Энергетические состояния иона Cr^{+2} в кристаллах ZnSe . В: *ФТП*, 2013, т. 47, № 6, с.728-731.

*Рекомендовано
Д.Д. НЕДЕОГЛО, др. хаб., проф.*