

06.2;06.3

Краевая люминесценция селенида цинка, легированного изовалентной примесью магния

© М.М. Слётов

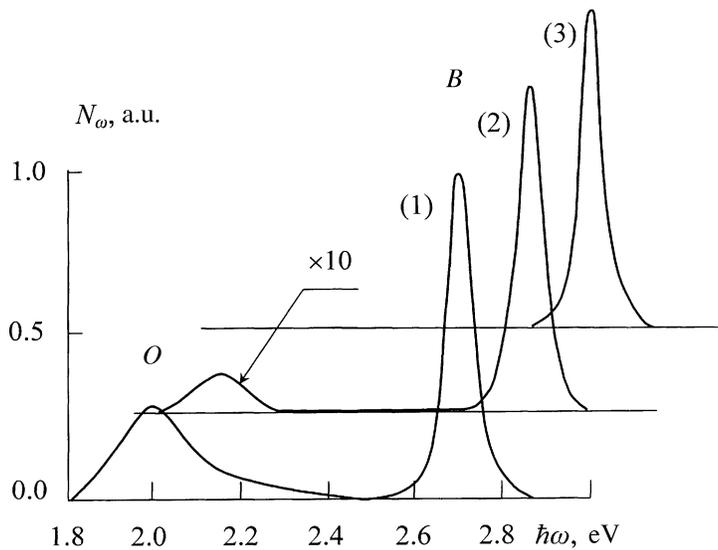
Черновицкий государственный университет

Поступило в Редакцию 27 июня 2000 г.

Описаны электрические и люминесцентные свойства кристаллов селенида цинка, легированного изовалентной примесью магния из паровой фазы. Показана возможность получения низкоомных слоев *n*-типа с доминирующей краевой полосой излучения.

Селенид цинка среди широкозонных II–VI соединений является наиболее перспективным материалом для создания сине-голубых инжекционных светодиодов [1]. Решение этой задачи требует поиска воспроизводимых технологий получения низкоомных кристаллов и слоев ZnSe *n*- и *p*-типа проводимости с преимущественной краевой люминесценцией. Вследствие эффекта самокомпенсации объемные беспримесные кристаллы стехиометрического состава имеют низкую собственно-дефектную электронную проводимость σ_n . Спектры фотолюминесценции (ФЛ) таких образцов содержат голубую *B* и оранжевую *O* полосы излучения. Последняя обусловлена донорно-акцепторными парами (ДАП), в состав которых входят отрицательные двухзарядные вакансии цинка V_{Zn}'' [2]. Уменьшение их концентрации обычно достигается путем длительного отжига (сотни часов) кристаллов ZnSe в жидком Zn, что приводит к существенному увеличению проводимости [3]. Вместе с тем эта технология не всегда позволяет полностью подавить *O*-полосу. В данной работе обсуждается одна из возможностей получения низкоомных слоев *n*-ZnSe с преимущественной краевой люминесценцией.

Идея заключается в дополнительном легировании ZnSe изовалентной примесью (ИВП), поскольку она может приводить к существенному увеличению краевого излучения. Это объясняется двумя факторами: образованием связанного экситона на ИВП, а также "залечиванием" вакансий, являющихся центрами нежелательной рекомбинации [4,5].



Спектры фотолюминесценции кристаллов ZnSe: исходного (1) и легированного Zn:Mg в соотношении 1:0 (2) и 0.5:0.5 (3), $T = 300$ К.

Связывание экситона на ИВП рассматривается как следствие различия электроотрицательностей замещающего атома χ_a и примеси $\chi_{\text{ИВП}}$ [5]. Это отличие должно быть как можно больше, поскольку при уменьшении $\Delta\chi$ возрастает вероятность образования соответствующих твердых растворов. Для того чтобы ИВП проявляла донорные свойства, связывая дырку, необходимо выполнение условия $\chi_{\text{ИВП}} < \chi_a$. Кроме того, для эффективного "залечивания" вакансий желательна близость ковалентных радиусов ИВП и атома, образовавшего вакансию. С учетом вышеизложенных критериев в качестве ИВП был выбран Mg.

Исходные кристаллы ZnSe были получены из расплава под давлением инертного газа. В области комнатных температур они имели $\sigma_n \approx 10^{-10} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, которая определялась уровнями междоузельного Zn_i с глубиной залегания $E_d \approx 0.6$ eV. Спектр ФЛ представлен двумя полосами B и O с максимумами 2.68 и 1.97 eV соответственно (см. рисунок). Легирование осуществлялось путем диффузии в закрытом объеме,

содержащем подложку ZnSe и шихту с различным содержанием Zn и Mg. Наличие в шихте Mg приводит практически к полному исчезновению *O*-полосы, в то время как отжиг только в парах Zn уменьшает ее интенсивность по отношению к *B*-полосе лишь на порядок (см. рисунок). Исследования формы, интенсивности и положения максимума *B*-полосы кристаллов ZnSe(Zn,Mg) от уровня возбуждения указывают на ее экситонную природу. Отметим, что указанные свойства этой полосы сохраняются при изменении соотношения Zn:Mg от 90:10 до 10:90. Увеличение концентрации Mg приводит к увеличению интенсивности краевого излучения, не изменяя при этом энергетического положения края фундаментального поглощения ZnSe. Последнее указывает на отсутствие образования твердых растворов $Mg_xZn_{1-x}Se$, по крайней мере с большими x . В заключение отметим, что проводимость диффузионных слоев ZnSe(Zn,Mg) возрастает до $10^{-1} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Энергия активации электрически активных доноров в области комнатных температур составляет $E_d \approx 0.02 \text{ eV}$ и коррелирует с уровнями положительной однозарядной вакансии селена [1]. Таким образом, приведенные результаты убедительно свидетельствуют о возможности получения диффузионных слоев *n*-ZnSe(Zn,Mg) с преимущественным краевым излучением.

Автор благодарит проф. В.П. Махния за ценные замечания и помощь при обсуждении результатов работы.

Список литературы

- [1] Георгобиани А.Н., Котляревский М.Б. // Изв. АН СССР. Сер физ. 1985. Т. 49. № 10. С. 1916.
- [2] Физика соединений A^2B^6 / Под ред. А.Н. Георгобиани, М.К. Шейнкмана. М.: Наука, 1986. 320 с.
- [3] Недеогло Д.Д., Симашкевич А.В. Электрические и люминесцентные свойства селенида цинка. Кишинев: Штиинца, 1984. 150 с.
- [4] Баженов В.К., Фистуль В.И. // ФТП. 1982. Т. 18. № 8. С. 1345.
- [5] Hopfild I.I., Thomas D.I., Lynch R.T. // Phys. Rev. Lett. 1966. V. 17. N 6. P. 312.