

06:07

## Зеленая люминесценция диффузионных слоев селенида цинка

© В.П. Махний, М.М. Слетов, И.В. Ткаченко

Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича,  
58001 Черновцы, Украина  
e-mail: oe-dpt@chnu.cv.ua

(Поступило в Редакцию 29 сентября 2003 г.)

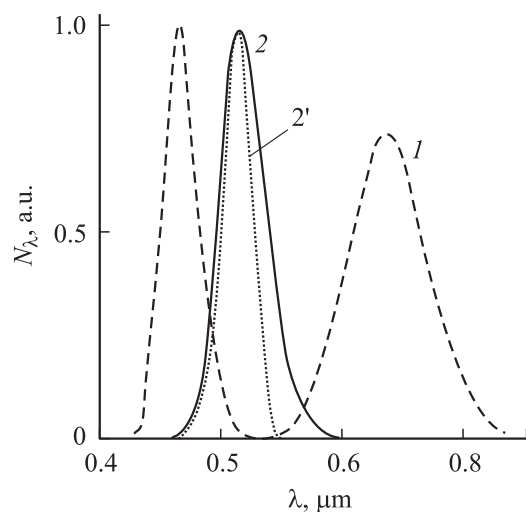
Отжигом монокристаллических подложек селенида цинка в парах теллура и цинка получены диффузионные слои с доминирующей зеленой полосой излучения при комнатных температурах.

Известно, что любое цветовое ощущение можно воспроизвести надлежащей комбинацией трех монохроматических цветов, в большинстве случаев красного, зеленого и синего [1]. Прямая структура зон и величина  $E_g \approx 2.7$  eV при 300 K позволяют в принципе получать эффективную люминесценцию в любой области видимого спектрального диапазона. Вместе с тем анализ научно-технической литературы показывает, что к настоящему времени получены образцы, излучающие преимущественно в красно-оранжевой и сине-голубой областях [2–7]. Исключением являются кристаллы ZnSe(Al), люминесценция которых представлена широкой желто-зеленой полосой [2]. В образцах, содержащих медь и кислород [5], кадмий [6] или щелочные металлы [7], сравнительно слабая зеленая полоса присутствует вместе с красной и голубой. В данной работе сообщается о наблюдении достаточно эффективной зеленой люминесценции в диффузионных слоях селенида цинка и результатах исследований основных характеристик этого излучения.

Исходными подложками служили пластинки, выращенные из монокристалла селенида цинка, который был выращен методом Бриджмена из расплава стехиометрического состава. В области комнатных температур они обладали слабой электронной проводимостью ( $\sigma_m \approx 10^{-12} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) и фотолюминесценцией (ФЛ), спектр которой представлен на рисунке. Красная полоса ( $\lambda_m \approx 0.64 \mu\text{m}$ ) обусловлена рекомбинацией на донорно-акцепторных парах (ДАП), которые состоят из отрицательных двухзарядных вакансий цинка  $V_{\text{Zn}}''$  и положительных однозарядных вакансий селена  $V_{\text{Se}}^{\bullet}$  [2,8]. Синяя полоса с  $\lambda_m \approx 0.48 \mu\text{m}$  формируется за счет переходов с участием уровней междоузельного селена Se и его вакансий [2,8]. Диффузионный слой создавался последовательным отжигом базовых подложек в насыщенных парах Te и Zn. Процесс проводился в откачанной до  $10^{-4}$  Torr и запаянной кварцевой ампуле, в противоположных концах которой находились навеска и образец. В результате указанных операций на подложке образуется поверхностный слой с более высокой электронной проводимостью ( $\sigma_n \approx 10^{-2} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) и совершенно иным спектром излучения (см. рисунок).

ФЛ диффузионного слоя при 300 K представлена только одной широкой ассиметричной полосой, которая характеризуется следующими свойствами: а) интенсивность излучения  $I$  линейно изменяется с уровнем

возбуждения; б) положение максимума соответствует  $\lambda_m \approx 0.52 \mu\text{m}$  и не зависит от  $L$ ; в) снижение уровня возбуждения вызывает уменьшение доли длинноволнового излучения, практически не влияя при этом на форму коротковолнового „крыла“. Указанные особенности характерны для излучательных переходов с участием локального центра при взаимодействии с фононами [9]. Последнее подтверждается измерениями спектра люминесценции в режиме  $\lambda$ -модуляции [10], на длинноволновом крыле которого наблюдаются эквидистантные перегибы с  $\hbar\omega_0 \approx 0.02$  eV, согласующиеся с энергией LO-фонона в ZnSe [2]. Наиболее вероятными центрами излучательной рекомбинации могут быть нейтральные вакансии цинка, уровни которых расположены выше потолка валентной зоны на 0.17–0.20 eV [11]. Отметим, что в спектрах  $\lambda$ -модулированного пропускания отожженных образцов в окрестности  $\lambda \approx 0.52 \mu\text{m}$  наблюдается сингулярность, которая отсутствует в аналогичных спектрах исходных подложек. Вместе с тем выяснение природы зеленой полосы излучения требует отдельного рассмотрения с привлечением экспериментальных и теоретических исследований механизмов дефектообразования в излучаемых диффузионных слоях.



Спектры люминесценции исходного (1), а также легированных Te и Zn (2, 2') образцов селенида цинка при двух уровнях возбуждения: 1, 2 —  $10^{18}$ , 2' —  $10^{16}$  ph/s.

Таким образом, приведенные результаты убедительно свидетельствуют о возможности получения слоев селенида цинка с доминирующей зеленой полосой ФЛ при 300 К. Наличие изовалентной примеси Те позволяет надеяться на высокую радиационную и температурную стойкость параметров этого излучения, которая, в частности, характерна для кристаллов ZnSe, легированных теллуром в процессе роста [12].

## Список литературы

- [1] Берг А., Дин П. Светодиоды. М.: Наука, 1979. 686 с.
- [2] Недеогло Д.Д., Симашкевич А.В. Электрические и люминесцентные свойства селенида цинка. Кишинев: Штиинца, 1984. 150 с.
- [3] Морозова Н.К., Кузнецов В.А., Рыжиков В.Д. и др. Селенид цинка. Получение и оптические свойства. М.: Наука, 1992. 172 с.
- [4] Гавриленко В.И., Грехов А.М., Корбутяк Д.В., Литовченко В.Г. Оптические свойства полупроводников. Справочник. Киев: Наукова думка, 1987. 607 с.
- [5] Морозова Н.К., Каретников И.А., Блинов В.В. и др. // ФТП. 2001. Т. 35. Вып. 1. С. 25.
- [6] Березовский М.М., Махний В.П., Слетов М.М. // ЖПС. 1995. Т. 62. № 6. С. 109.
- [7] Агельменев М.Е., Георгобиани А.Н., Илюхина З.П. и др. // Неорганические материалы. 1989. Т. 25. № 5. С. 731.
- [8] Махний В.П., Малимон И.В., Чабан Ю.Я. // Неорган. материалы. 2000. Т. 36. № 11. С. 1301.
- [9] Грибковский В.П. Теория поглощения и испускания света в полупроводниках. Минск: Наука и техника, 1975. 464 с.
- [10] Махний В.П. Принципи та методи модуляційної спектроскопії. Чернівці: Рута, 2001. 101 с.
- [11] Физика соединений  $A^2B^6$  / Под ред. А.Н. Георгобиани, М.К. Шейнкмана. М.: Наука, 1986. 320 с.
- [12] Рыжиков В.Д. Сцинтилляционные кристаллы полупроводниковых соединений  $A^2B^6$ . Получение, свойства, применение. М.: НИИТЭХМ, 1999. 150 с.