

Влияние облучения электронами с энергией 10 МэВ на оптические свойства монокристаллов $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$

Лобанов А.Д.^{1*}, Сулимов М.А.¹, Радзивончик Д.И.¹, Сарычев М.Н.², Иванов В.Ю.²,
Кузнецова Т.В.^{1,2}

¹Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

²УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

*E-mail: lobaleks1999@mail.ru

Благодаря своим оптическим и электронным свойствам In_2Se_3 нашёл применение в электронике, фотовольтаике [1,2]. In_2Se_3 имеет различные кристаллические структуры и фазы α , β , γ , δ и κ [3]. $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$ является полупроводником с широкой запрещенной зоной 1,3-1,4 эВ [4] и сильными поглощающими свойствами в широком диапазоне длин волн: 800 нм - 1550 нм [5]. Энергия электронов 10 МэВ, электронный флюенс 10^{17} см^{-2} .

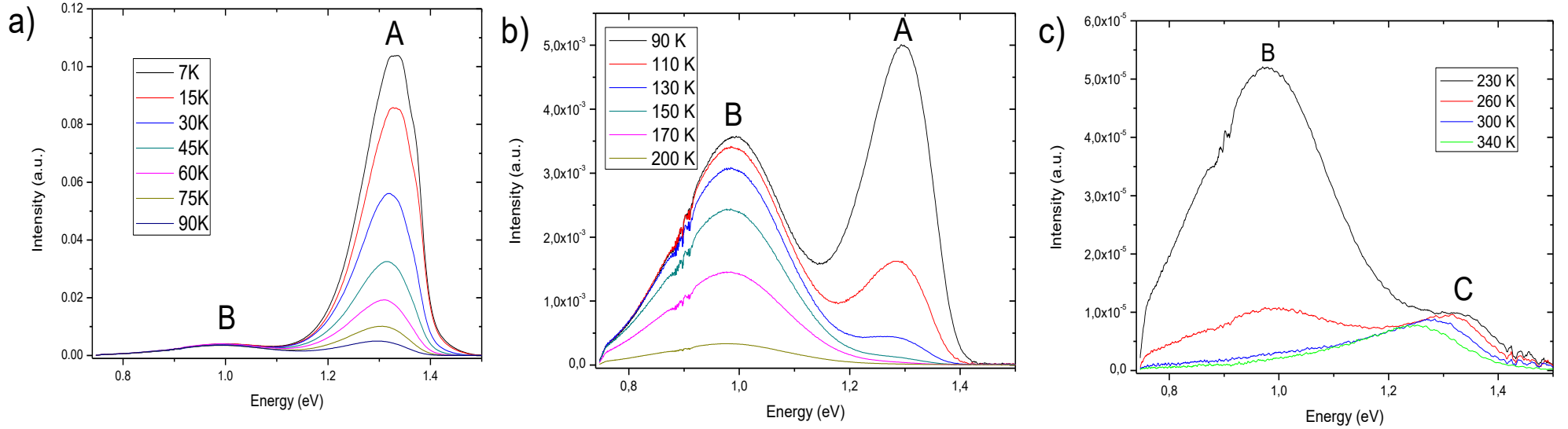


Рисунок 1. Спектры PL монокристаллов $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$ в диапазоне температур а) от 7 до 90 К; б) от 90 К до 200 К; в) от 230 К до 340 К

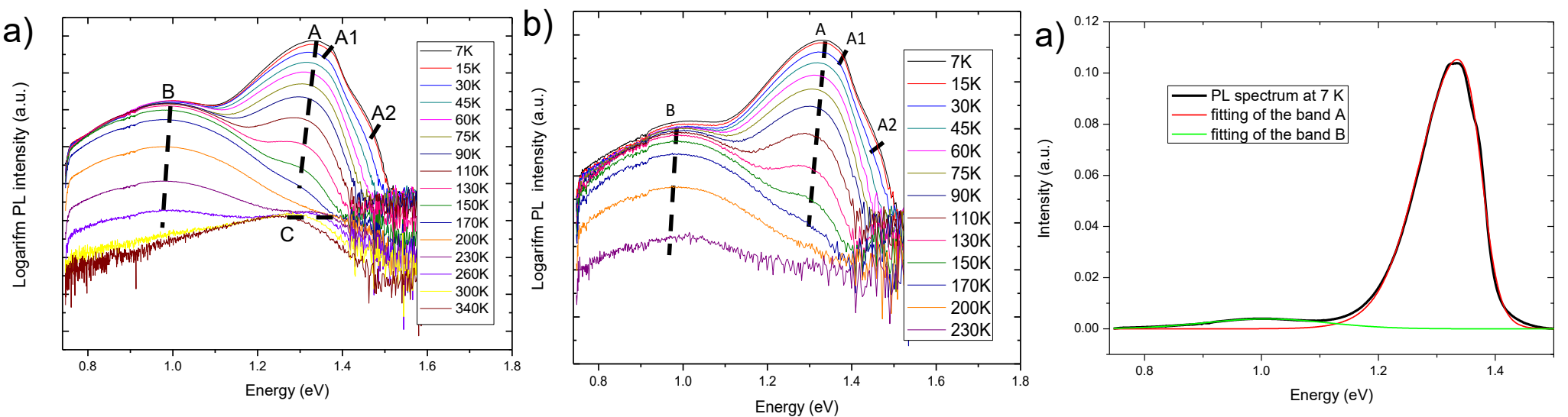
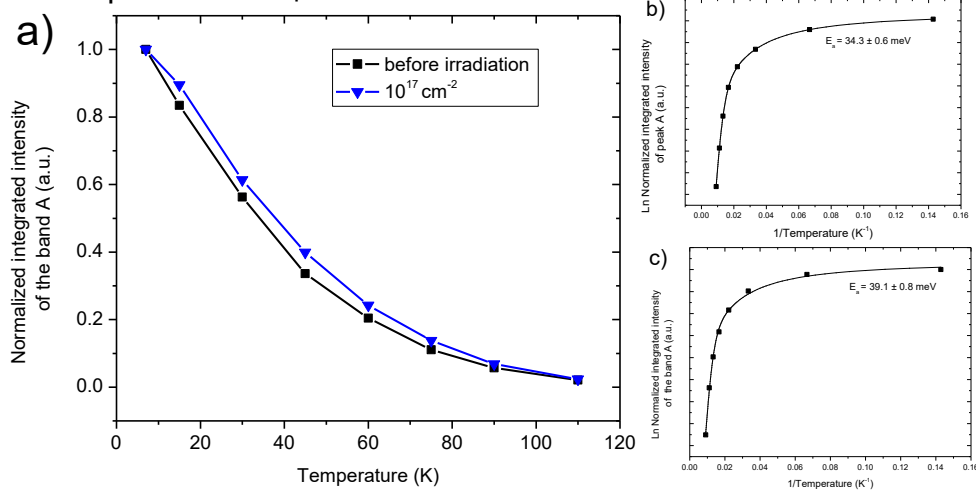


Рисунок 2. Спектры PL монокристаллов $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$ в логарифмическом масштабе а) до облучения, б) после облучения электронным флюенсом 10^{17} см^{-2} в) Подгонка (fitting) спектра PL при температуре 7 К

Кривая Аррениуса:

$$I_{PL}(T) = \frac{I_0}{1 + A_1 T^3 + A_2 T^3 \exp\left(-\frac{E_a}{k_B T}\right)}, \text{ где } E_a = 34.3 \pm 0.6 \text{ meV}$$

- энергия активации



Кривая для подгонки (fitting) полосы A:

$$I(h\nu) = A_0 \left(1 / \left(1 + \exp\left[-\frac{h\nu - E_1}{W_1}\right] \right) \right) \times \left(1 - 1 / \left(1 + \exp\left[-\frac{h\nu - E_2}{W_2}\right] \right) \right),$$

где $W_1 = \gamma = 34.2 \pm 0.9 \text{ meV}$ – средняя энергетическая глубина флуктуаций потенциальной энергии валентной зоны

Рисунок 3. Зависимости нормализованной интегральной интенсивности от температуры а) полосы A д) полосы B до и после облучения электронным флюенсом 10^{17} см^{-2} ; подгонка кривой Аррениуса температурной зависимости интенсивности полосы A б) до облучения, в) после облучения электронным флюенсом 10^{17} см^{-2} ; е) зависимости максимумов полосы B от температуры до и после облучения электронным флюенсом 10^{17} см^{-2}

A1, A2 - рекомбинации экситонов визуально наблюдаются при температурах от 7 до 30 К, А – рекомбинация хвостов (ВТ), тушится при температуре 170 К; В – рекомбинация, связанная с глубокими дефектами, в температурном диапазоне от 30 К до 60 К присутствует увеличение интенсивности, что может быть связано с диссоциацией экситонов и локализацией дырок и электронов на глубоких дефектах; С - рекомбинация свободных носителей зарядов (FB) присутствует при температурах 230 К и выше. После облучения флюенсом электронов 10^{17} см^{-2} ($E=10 \text{ МэВ}$) фотолюминесценция (PL) тушится при температурах выше 230 К и полоса С визуально не наблюдается, что может быть связано с образованием центров безызлучательной рекомбинации; энергия активации ВТ (полоса А) увеличивается от 34 мэВ до 39 мэВ; увеличивается скорость тушения, а также обнаружен синий сдвиг полоса В, что может быть связано с образованием новых глубоких дефектов и локализации на них электронов и дырок. После облучения электронами отсутствует увеличение интенсивности в температурном диапазоне от 30 К до 60 К, что связано с уменьшением вклада рекомбинации экситонов, ухудшение качества кристаллов $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$.

Литература

- H. Long, S. Liu, Q. Wen, H. Yuan, C. Y. Tang, J. Qu, Y. H. Tsang, Nanotechnology, 2019, 30, 465704.
- A. K. Saha, M. Si, P. D. Ye and S. K. Gupta, Appl. Phys. Lett., 2020, 117, 183504.
- N. Balakrishnan, E. D. Steer, E. F. Smith, Z. R. Kudrynskiy, Z. D. Kovalyuk, L. Eaves, A. Patané and P. H. Beton, 2D Mater., 2018, 5, 035026.
- P. Hou, Y. Lv, X. Zhong, and J. Wang, ACS Appl. Nano Mater., 2019, 2, 4443-4450.
- H. Long, S. Liu, Q. Wen, H. Yuan, C. Y. Tang, J. Qu, Y. H. Tsang, Nanotechnology, 2019, 30, 465704.