

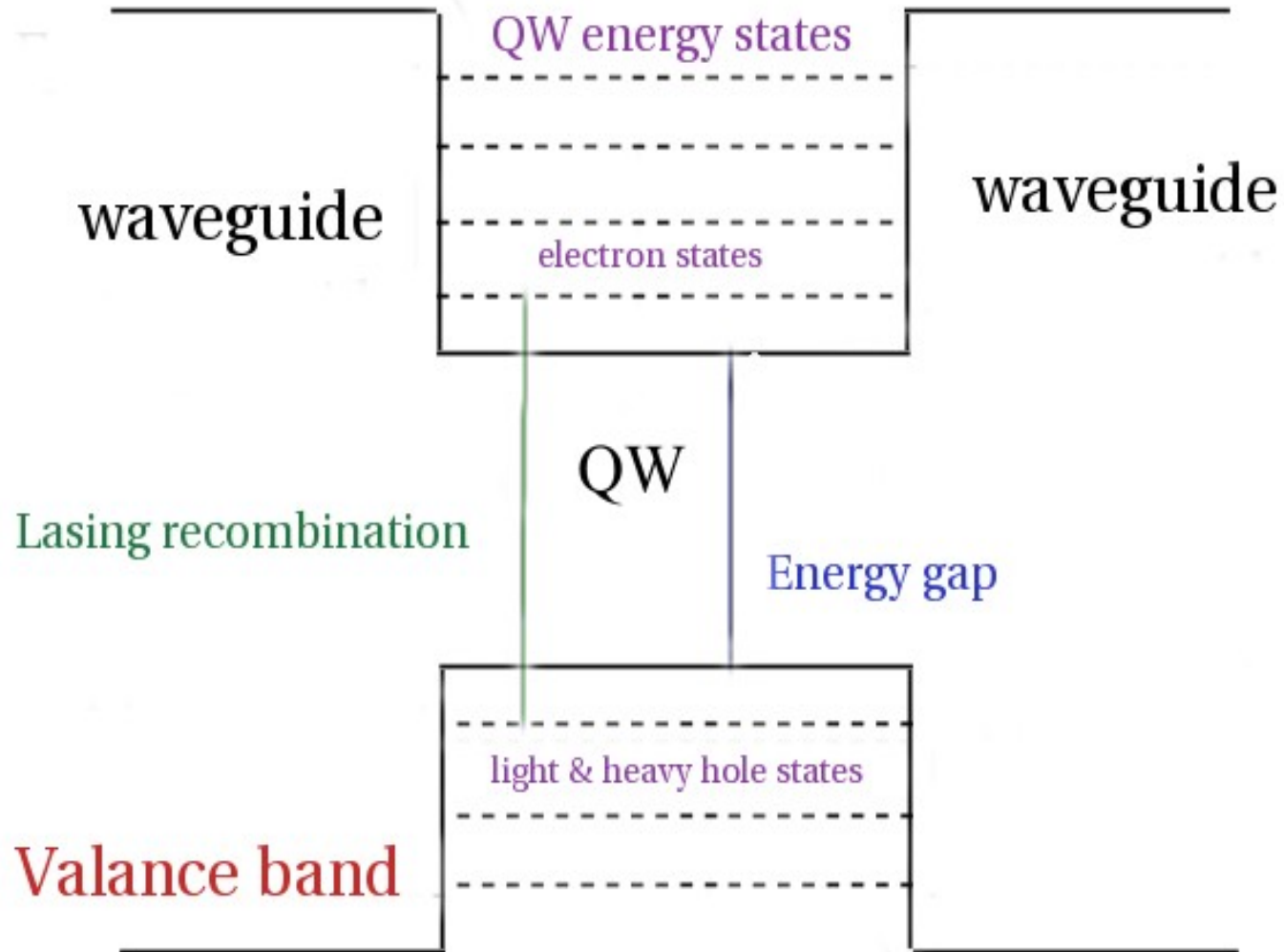
**РОЛЬ ВРЕМЕНИ РАССЕЯНИЯ
НОСИТЕЛЕЙ НА КВАНТОВОЙ ЯМЕ
ДГС ЛАЗЕРОВ В ФОРМИРОВАНИИ
РАЗРЫВОВ НА ОПТИКО-
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИКАХ**

З. КОЗИЛ*, Е.А. БУДУЛЕВА**

*Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс,
Орел

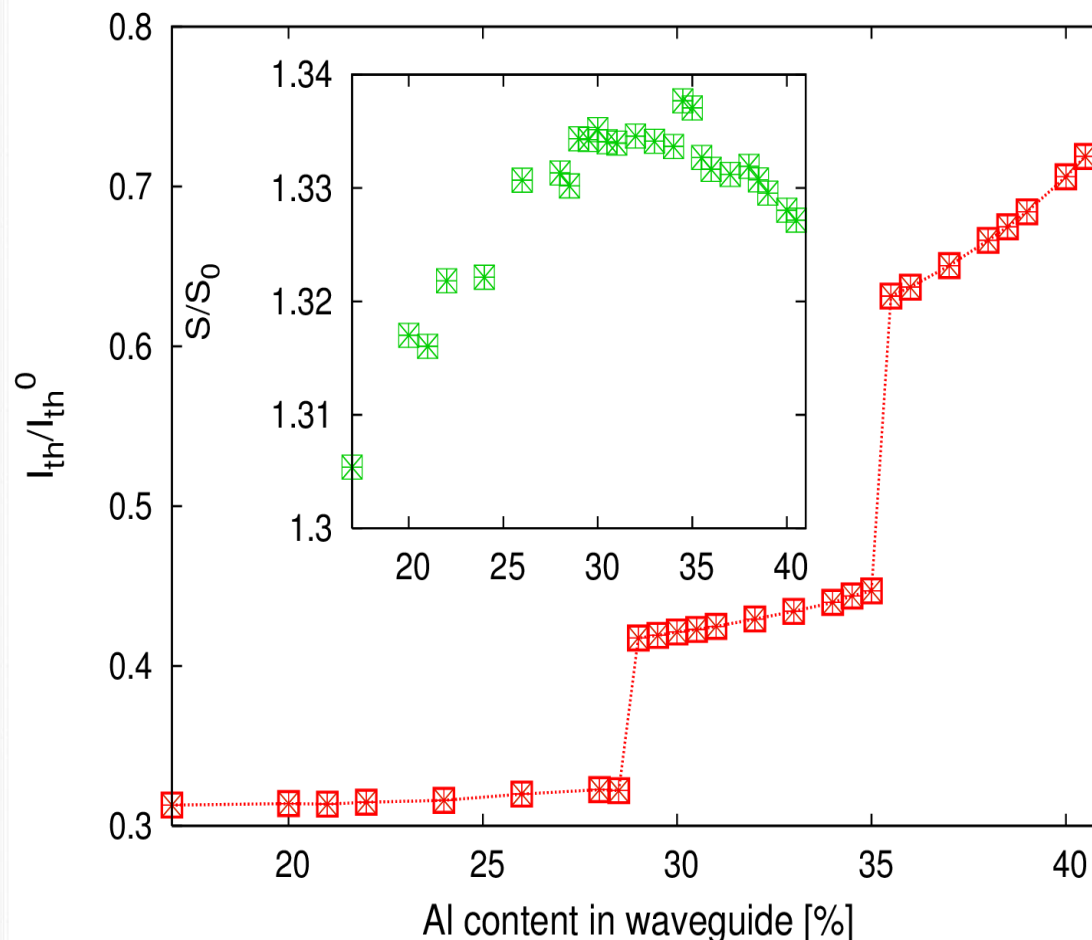
**Орловский Государственный университет, Орел

Conduction band



ЦЕЛИ РАБОТЫ

- Установить имеет ли влияние время рассеяния носителей на квантовой яме (КЯ) на разрывы в оптико-электрических характеристиках ДГС лазеров;
- На что конкретно оказывает влияние рассеяние носителей на квантовой яме;



- Понять механизмы этого влияния;
- Узнать как изменяются характеристики лазера и амплитуда разрывов при изменении времени рассеяния.

Используемые средства

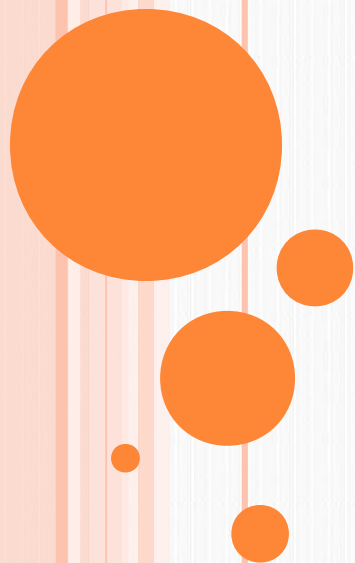
- **Synopsys Sentaurus TCAD** ПО (МКЭ) на **Linux CentOS**
- **Nextnano** ПО (Stefan Birner, <http://www.nextnano.de>)
- **Gnuplot, Perl, Tcl, Python** СПО (рисунки и несложные вычисления)

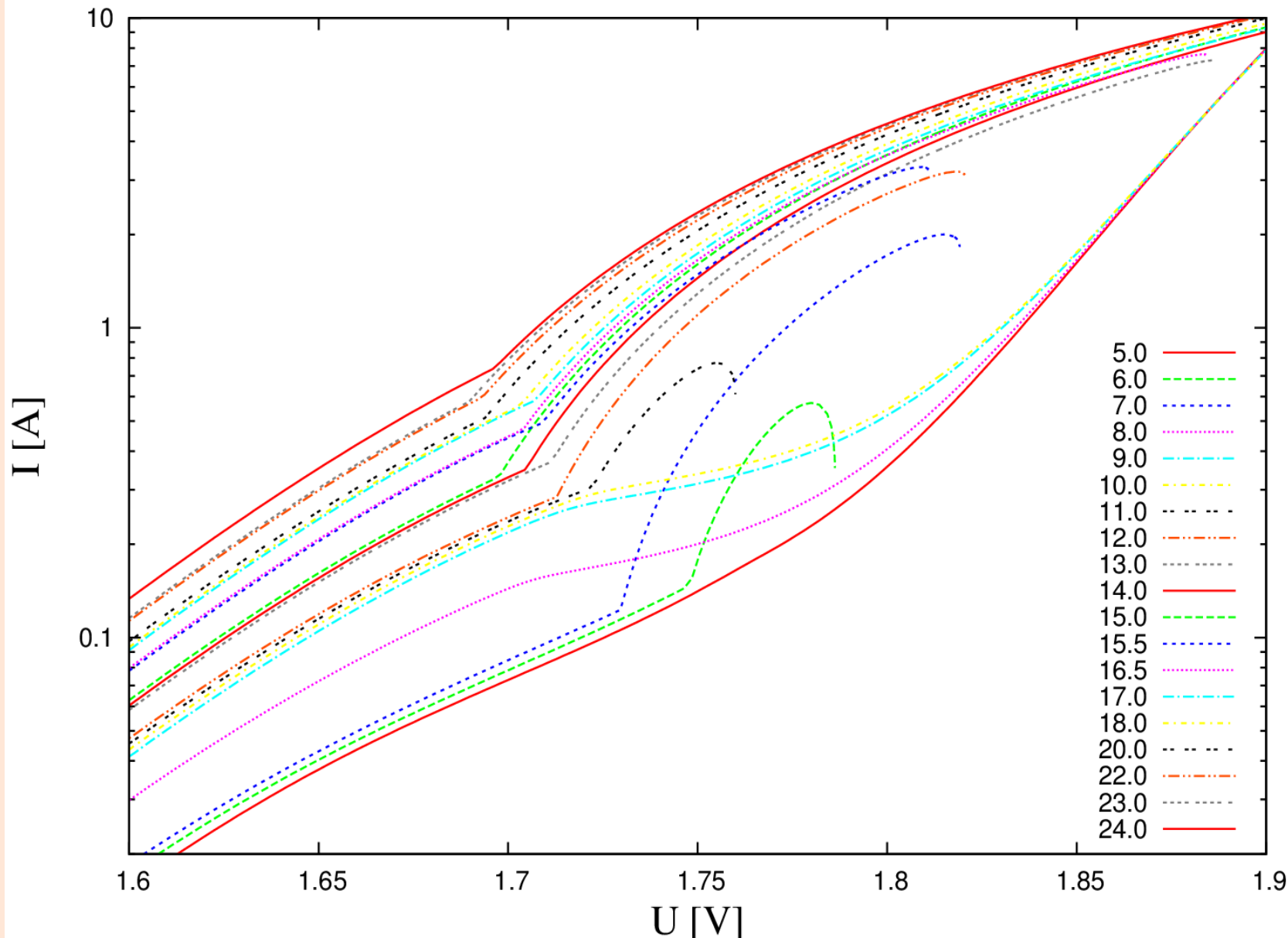


МЫ РАССМАТРИВАЛИ:

- Модель полупроводникового ДГС РО лазера;
- Дрейфово-диффузионную модель;
- Изменение ширины КЯ;

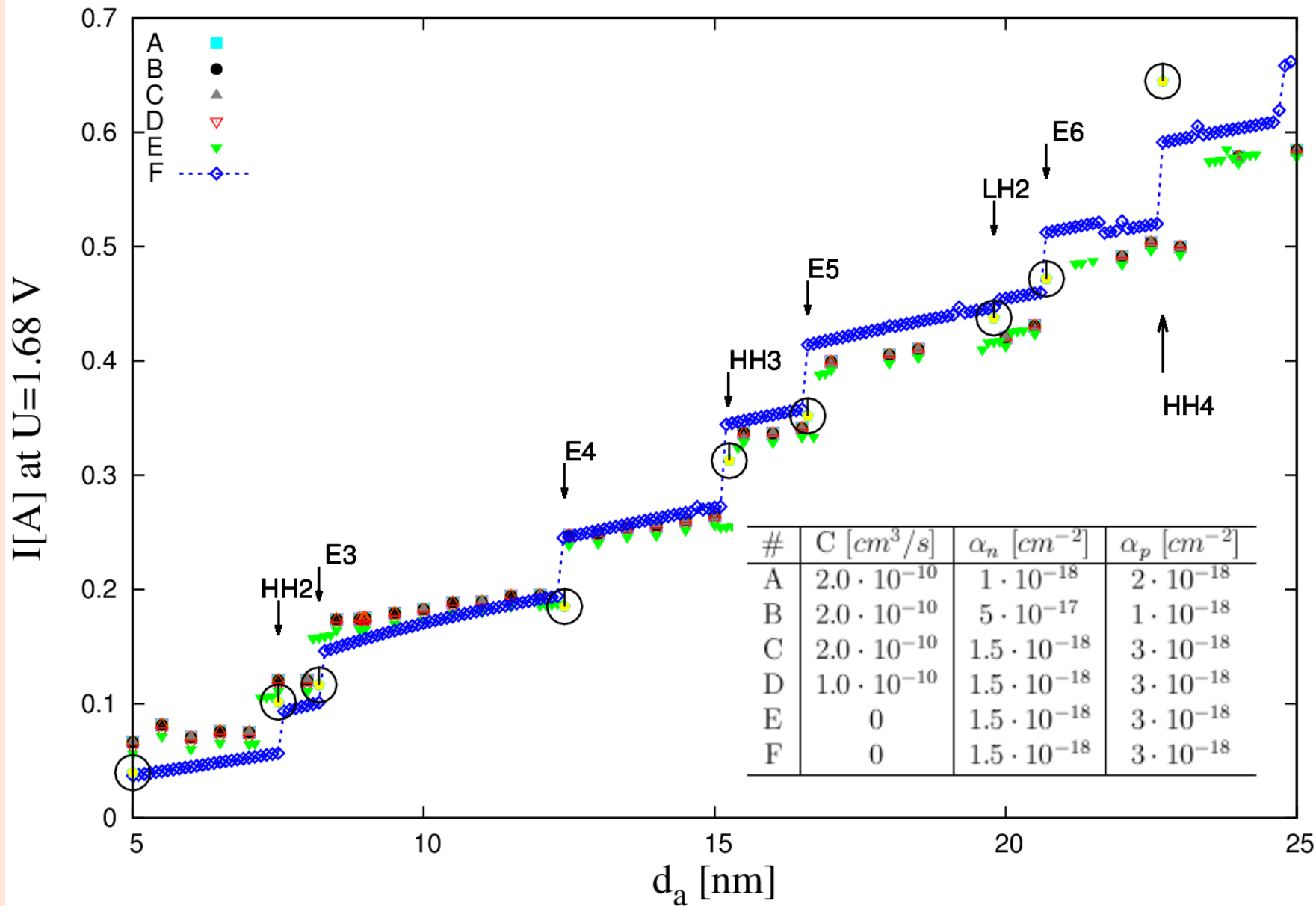
ЧТО НАМ УЖЕ ИЗВЕСТНО:



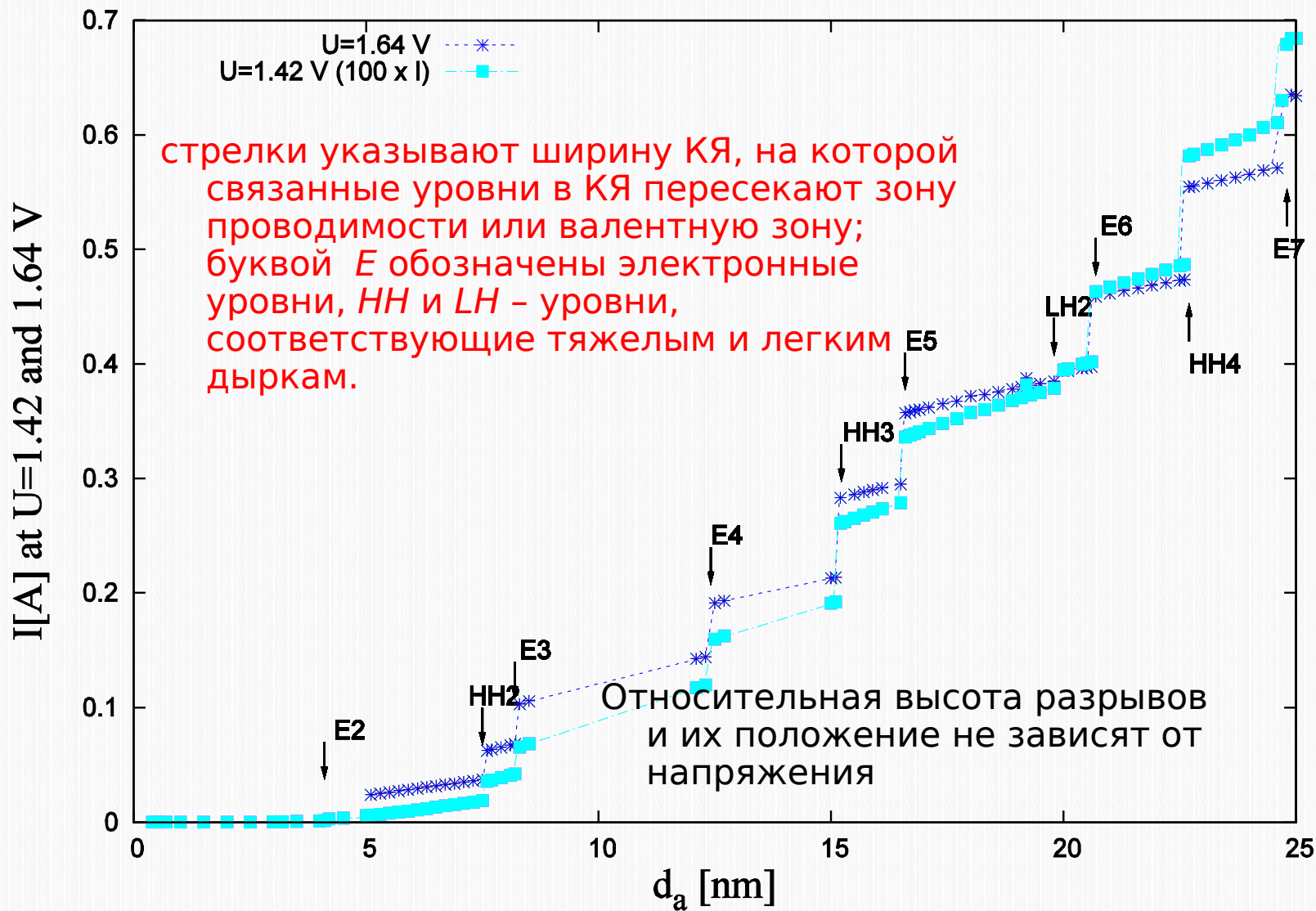


ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДГС ЛАЗЕРОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ШИРИНЫ КЯ

ИЗ РИСУНКА ВИДНО - КРИВЫЕ СГРУППИРОВАНЫ В НЕСКОЛЬКО НАБОРОВ, ТАК ЧТО ОНИ ПРАКТИЧЕСКИ СОВПАДАЮТ ДРУГ С ДРУГОМ, ВНУТРИ КАЖДОЙ ГРУППЫ

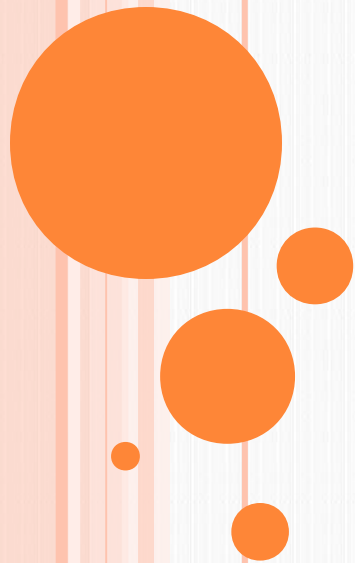


ТОК КАК ФУНКЦИЯ ШИРИНЫ КЯ



ПРИМЕР ТОГО, ЧТО ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЫСОТА РАЗРЫВОВ И ИХ ПОЛОЖЕНИЕ НЕ ЗАВИСЯТ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ ДАЖЕ ЕСЛИ ЗНАЧЕНИЯ ТОКА ИЗМЕНЯЮТСЯ В 100 РАЗ.

**ЧТО МЫ ВЫЯСНИЛИ
СЕЙЧАС:**



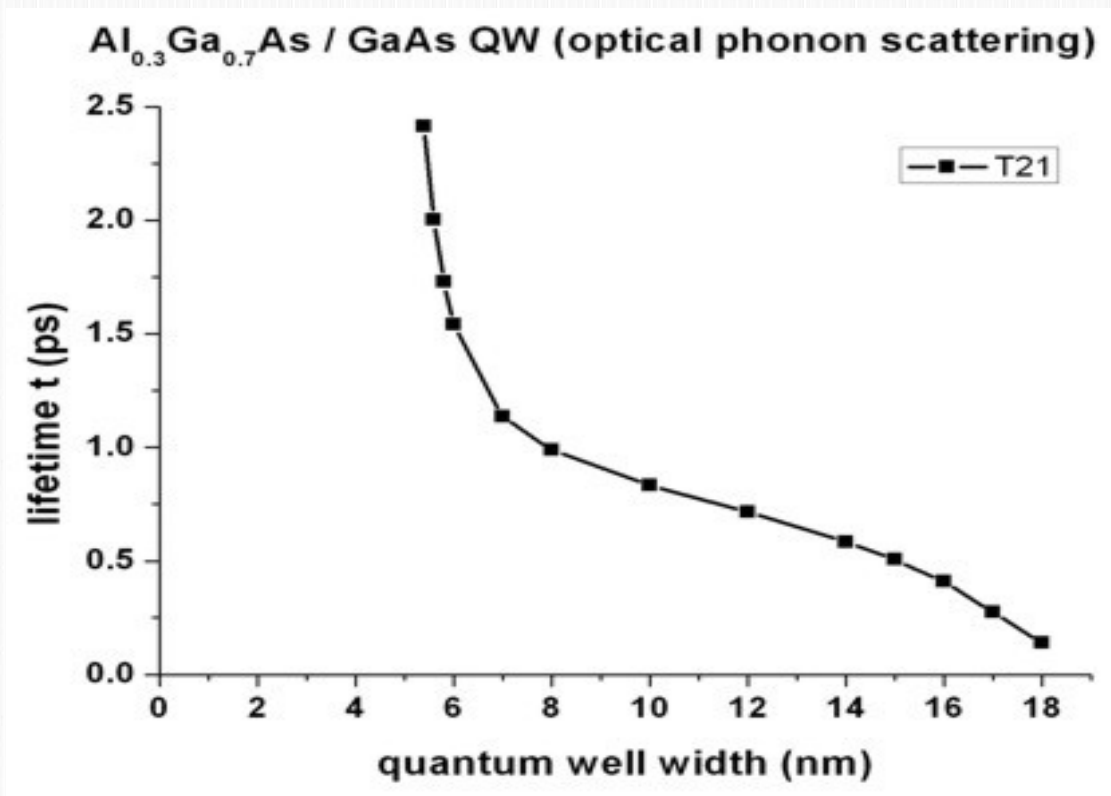


Иллюстрация расчетов Бирнера

Время рассеяния носителей на КЯ в лазере зависит от ширины КЯ.

Основным механизмом рассеяния считается рассеяние на продольных оптических (ПО) фононах.

Бирнер вычислил время жизни электронных состояний межподзонных переходов, для различных значений ширины квантовой ямы при $T = 0$.

Скорость захвата электронов из континуума в связанное состояние:

$$R = \int_{E_c}^{\infty} dE_c \int_{E_b}^{\infty} dE_b \times N_c(E_c) \times N_b(E_b) \times \mathcal{S}(E_b, E_c) \times f_c(E_c) (1 - f_b(E_b))$$

Скорость рассеяния электронов из связанного в непрерывное состояние

$$M = \int_{E_c}^{\infty} dE_c \int_{E_b}^{\infty} dE_b \times N_c(E_c) \times N_b(E_b) \times \mathcal{S}(E_b, E_c) \times f_b(E_b) (1 - f_c(E_c))$$

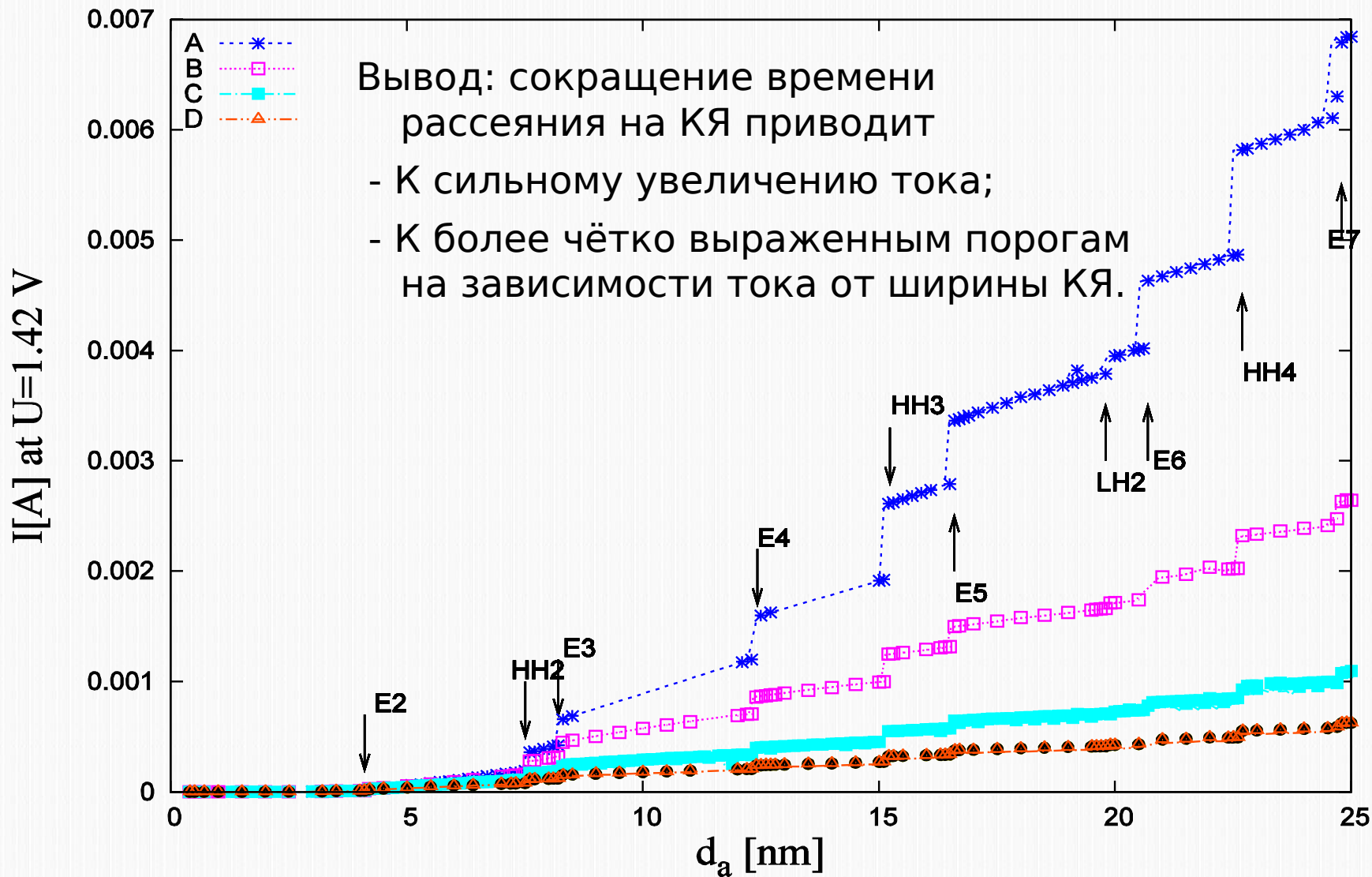
Чистая скорость захвата $C = R - M = (1 - \exp(\eta_b - \eta_c)) \times \frac{n_c}{\tau}$

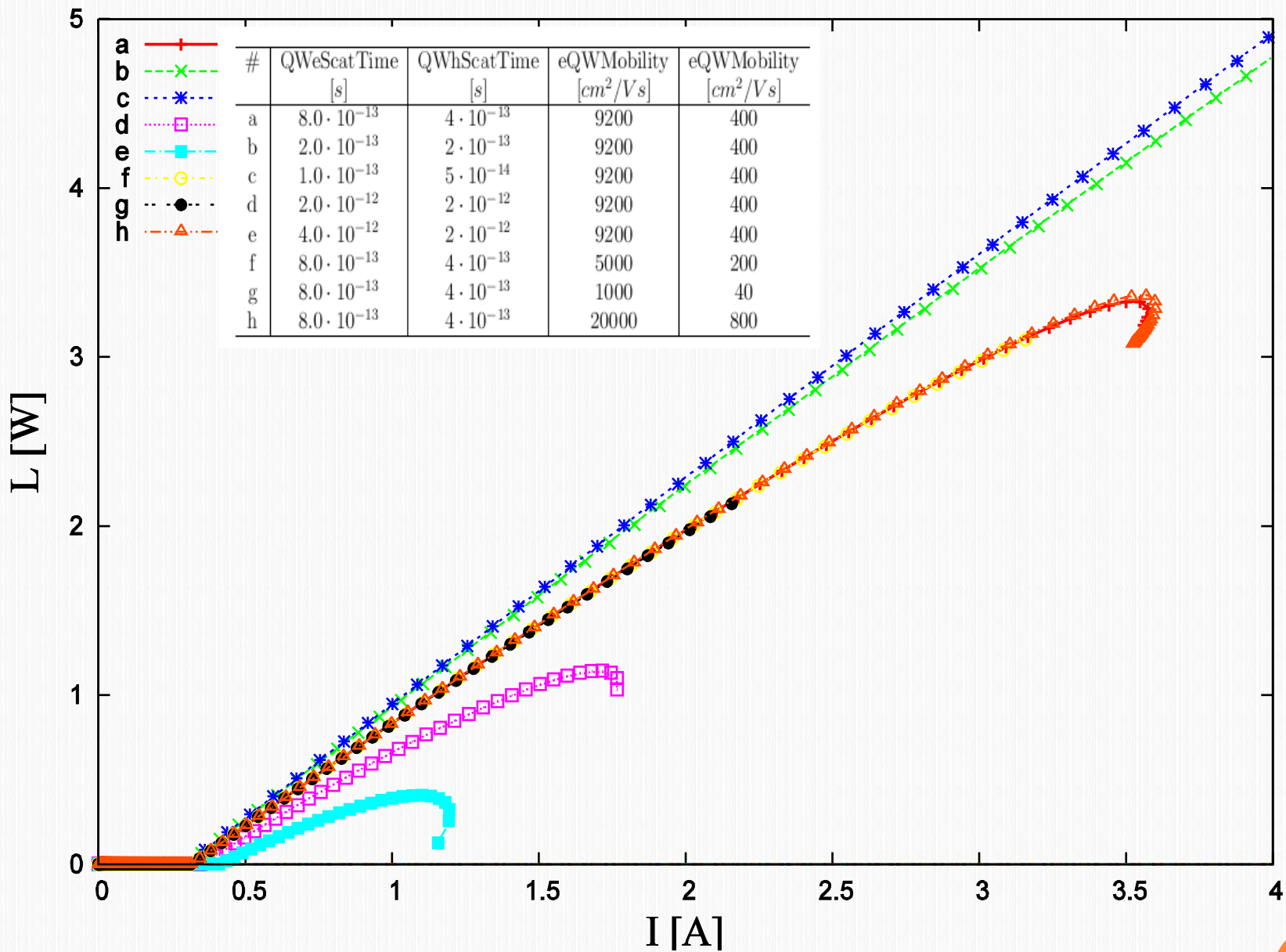
Туннельный ток

$$J : \int_{E_{min}}^{E_{max}} N(E) \times f(E) \times \mathcal{T}(E) \times dE$$

Плотность связанных состояний

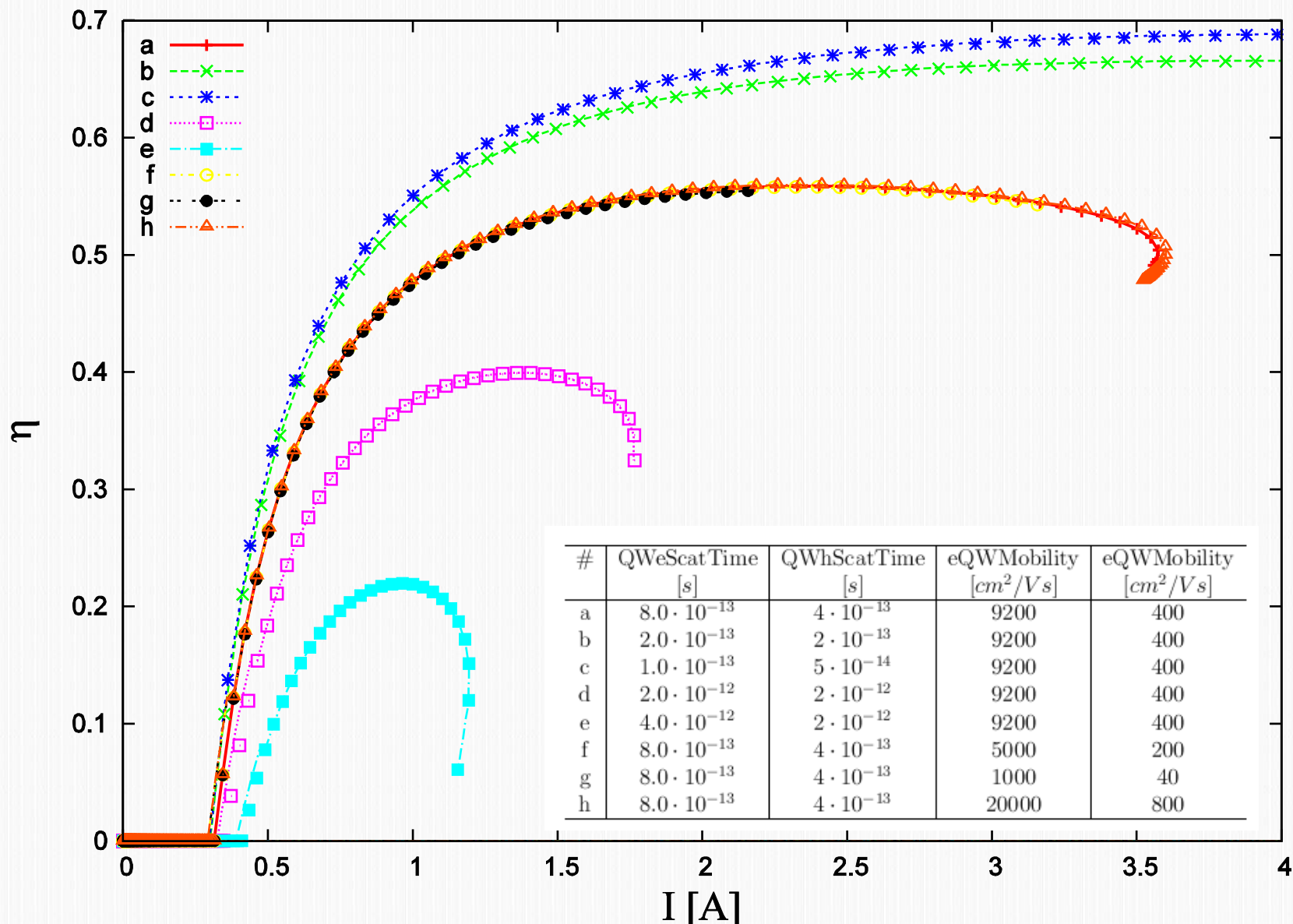
$$N_n(E) = \frac{m_n}{\pi \hbar^2}, \quad \text{for } E > E_n$$





Ватт-амперные характеристики лазера с шириной КЯ 12 нм





Оптическая эффективность полупроводникового лазера (КПД)

ИТОГИ

- Подпороговые и пороговые характеристики ДГС РО лазера зависят от числа связанных уровней КЯ и близости высших уровней в яме к уровню дна зоны проводимости или к уровню потолка валентной зоны в материале волновода;
- Наблюдаемые разрывы происходят, когда верхний связанный уровень в КЯ пересекает зону проводимости (E_{CBO}) или валентную зону (E_{VBO});
- Время рассеяния носителей на КЯ определяет амплитуду разрывов на графике зависимости порогового тока от ширины КЯ;
- Плотность тока ниже порога генерации, пороговая плотность тока и амплитуда разрывов уменьшаются с увеличением времени рассеяния носителей на квантовой яме.

Рекомендованная литература

Zbigniew Koziol, Sergey I. Matyukhin, *The Lasing Wavelength of QW Active Region of AlGaAs SCH Lasers*, Romanian Journal of Physics, Volume 57, Number 3-4, 2012, pp.711-719:

http://nanolab.gu-unpk.ru/zbigniew/published/0711_0719.pdf

Матюхин С.И., Козил З.Ж., *Зависимость характеристик полупроводникового ДГС РО лазера на основе AlGaAs от ширины квантоворазмерной активной области.*

Наноинженерия. 2012. №5. С.14-17:

<http://nanolab.gu-unpk.ru/zbigniew/published/nanoengineering.pdf>

Zbigniew Koziol, Sergey I. Matyukhin, Evgeniya A. Buduleva, *The role of quantum-well states and carrier scattering times on discontinuities in opto-electrical characteristics of SCH lasers*, arXiv:1302.0370 [cond-mat.mtrl-sci] (2013):

<http://nanolab.gu-unpk.ru/zbigniew/published/1302.0370.pdf>



**БЛАГОДАРИМ ЗА
ВНИМАНИЕ!**

