

# Моделирование характеристик полупроводникового лазера с двойным ограничением, немонотонных из-за дискретности электронных состояний в квантовой яме

Козил З.,

Матюхин С.И.,

Ромашин С.Н.,

Мармалюк А.А.\*

Орловский Государственный Технический Университет,  
\*ФГУП НИИ «Полюс»

При участии студентов:  
Нугзаровой Е., Русских М., Магомедова Г.Р., Малый Д.О.



# Применение

В устройствах чтения и записи компакт-дисков (CD, DVD)

В телекоммуникации

В системах прецизионного измерения перемещений

В спектроскопии высокого разрешения

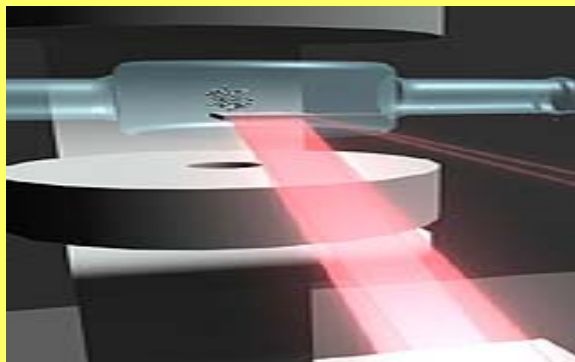
Для накачки твердотельных лазеров (Nd:YAG)

Обработка материалов (резка, микросварка)

В медицине

В военной технике

# LEDs, Lasers, Transistor Lasers



- Рынок лазерных диодов стоит уже более \$ 10 млрд.

- Сверхбыстрые транзисторные лазеры могут повысить скорость модуляции света от 20 ГГц до более чем 100 ГГц.

- Возможно повышение точности плазменного травления

- Транзисторный лазер может выводить так электрические как и оптические сигналы одновременно возможно 100 миллиардов бит в секунду



# Цель работы

## Оптимизация конструкции

**лазера AlGaAs с двойной гетероструктурой,  
раздельным ограничением (ДГС РО)  
и квантоворазмерной активной областью**

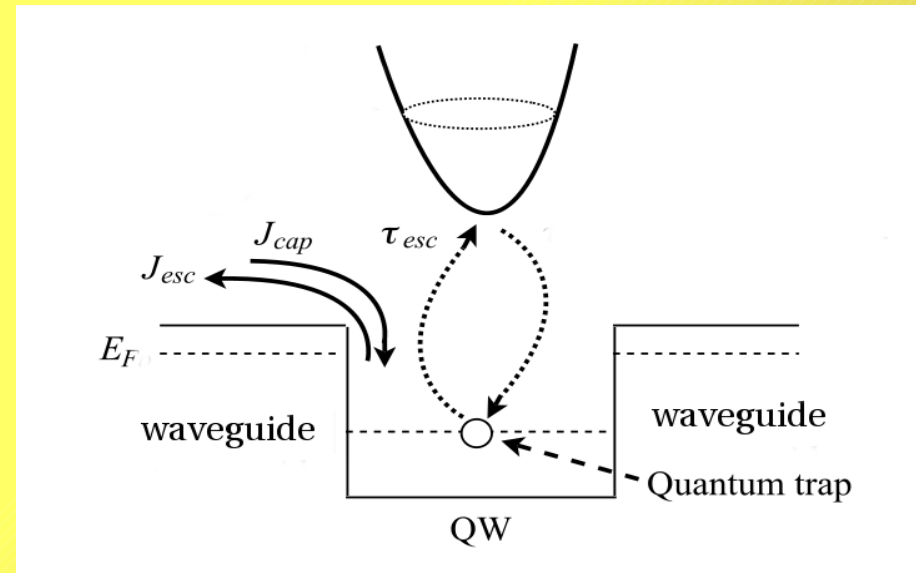
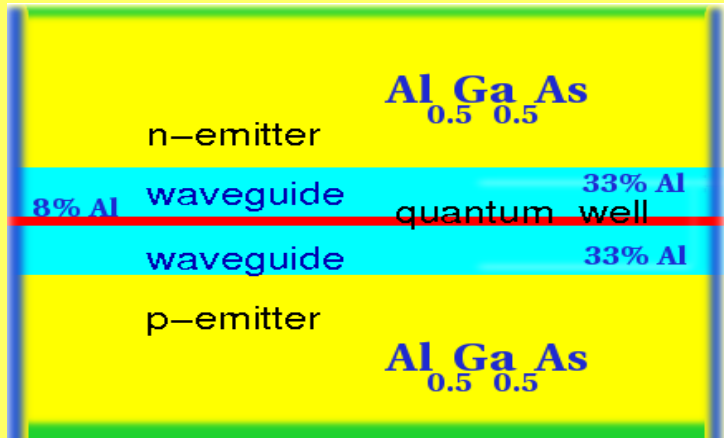
- Исследование зависимости пороговой плотности тока, спектральных характеристик и эффективности лазерной генерации от уровня легирования.
- Зависимости от ширины волноводной области и ширины квантовой ямы.
- Характеристики лазера с градиентом состава Al.
- Зависимости характеристик SCH-лазера от температуры.
- Исследование влияния самонагрева на характеристики.

# Используемые средства

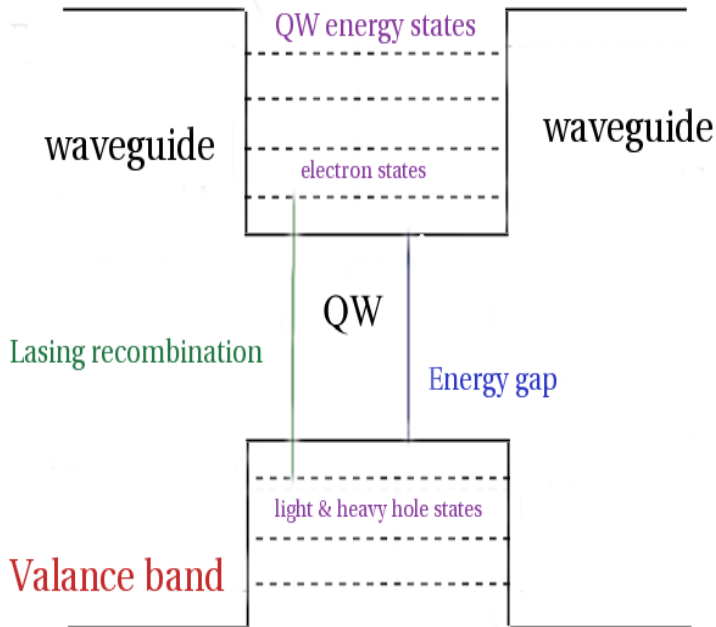
- **Synopsys Sentaurus TCAD** ПО (МКЭ) на **Linux**
- **Perl** СПО (скриптовый язык, полезный для работы с текстом)
- **TCL** СПО (скриптовый язык, полезный для работы с данными в формате TDR)
- **Gnuplot** СПО (рисунки и несложные вычисления)
- **NEdit, gEdit, grep, LaTeX, etc.**

- **Примеры (click on the link):**  
<http://www.ostu.ru/units/ltd/zbigniew/synopsys.php>

# ОСНОВЫ ФИЗИКИ

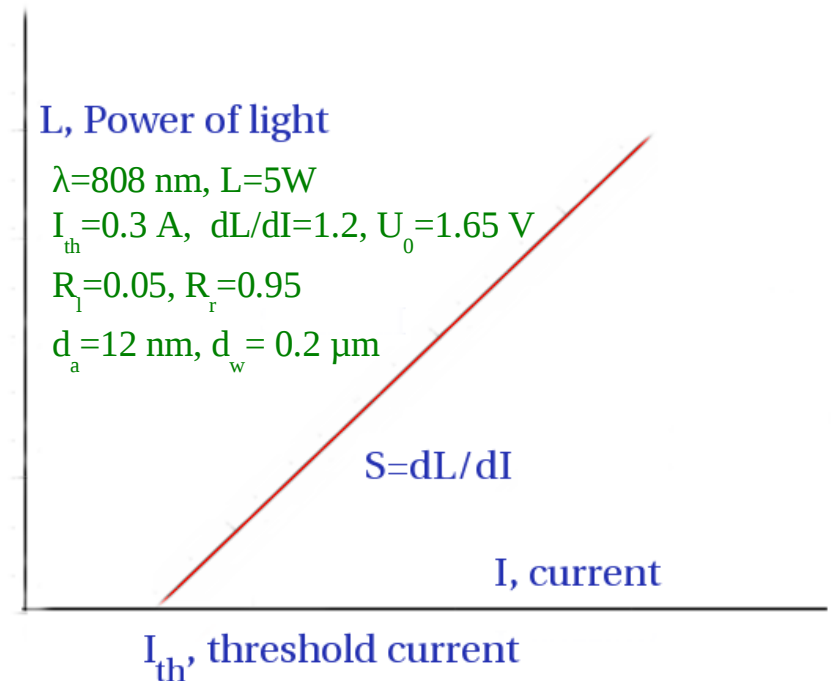


## Conduction band



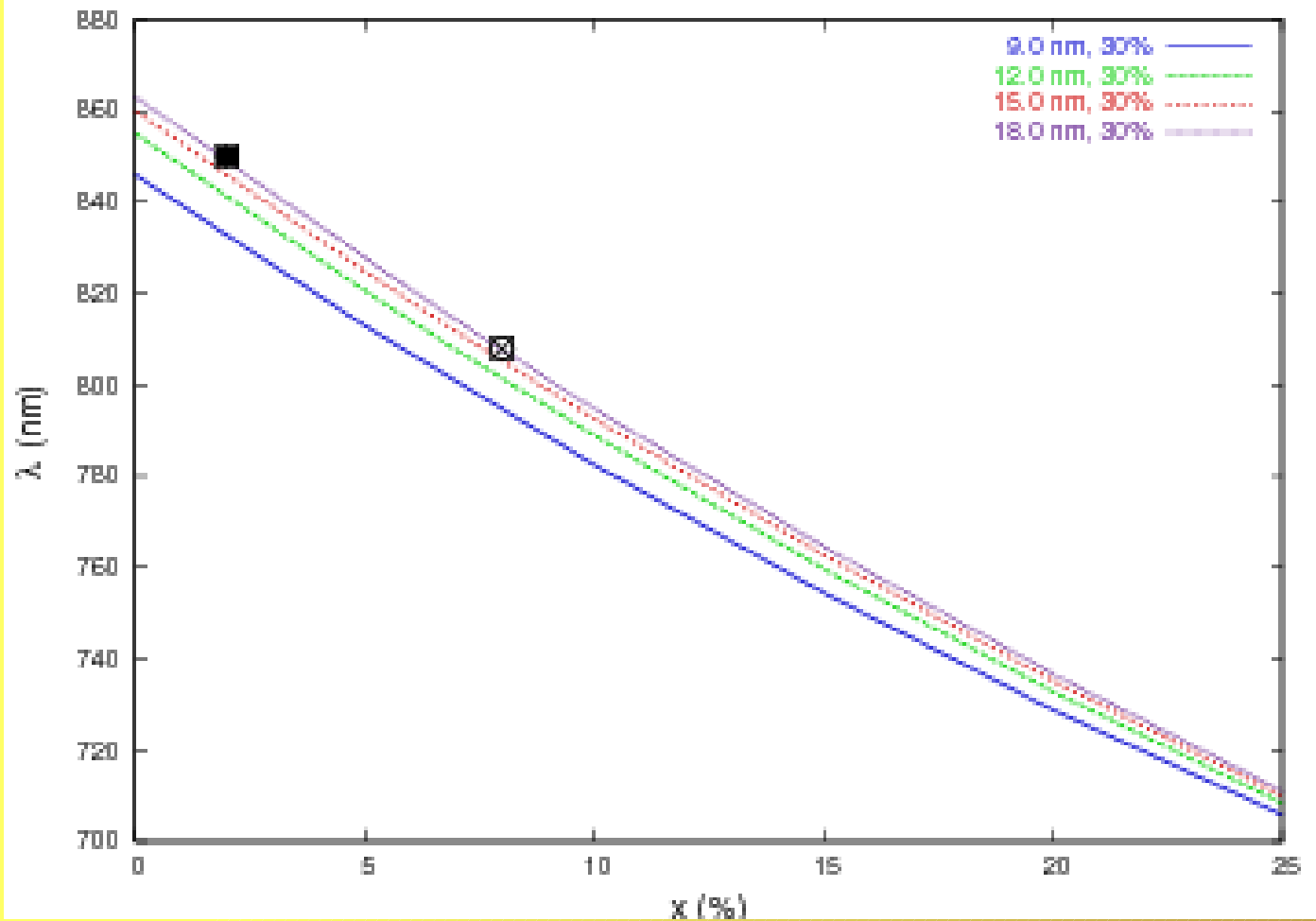
## L, Power of light

$\lambda=808 \text{ nm}$ ,  $L=5 \text{ W}$   
 $I_{th}=0.3 \text{ A}$ ,  $dL/dI=1.2$ ,  $U_0=1.65 \text{ V}$   
 $R_l=0.05$ ,  $R_r=0.95$   
 $d_a=12 \text{ nm}$ ,  $d_w=0.2 \mu\text{m}$



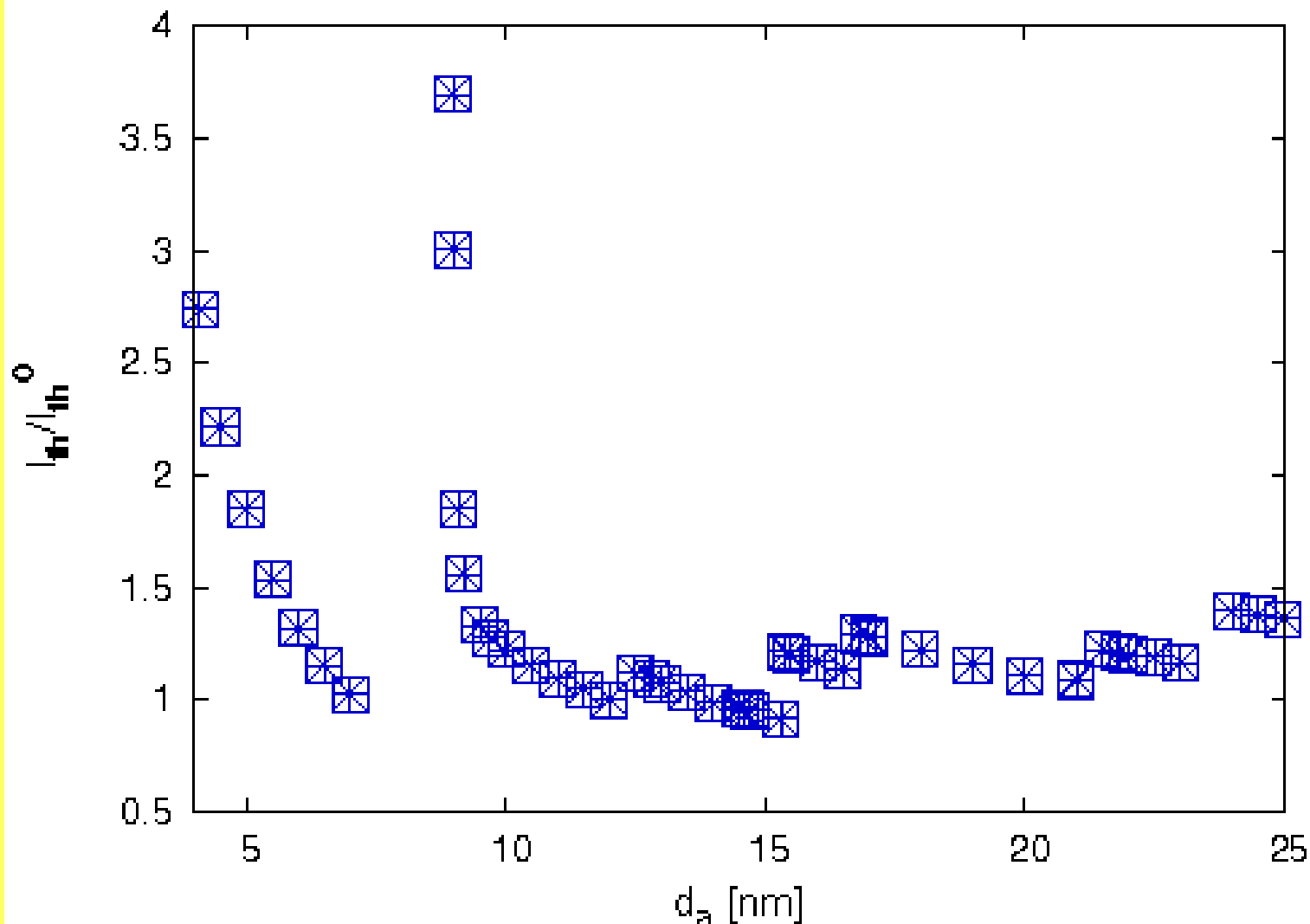
A green-tinted image of a fern frond, showing the central vein and the branching structure of the leaf. A bright green spot is visible at the top center of the frond. The text "Примеры результатов" is overlaid in yellow at the bottom.

Примеры результатов

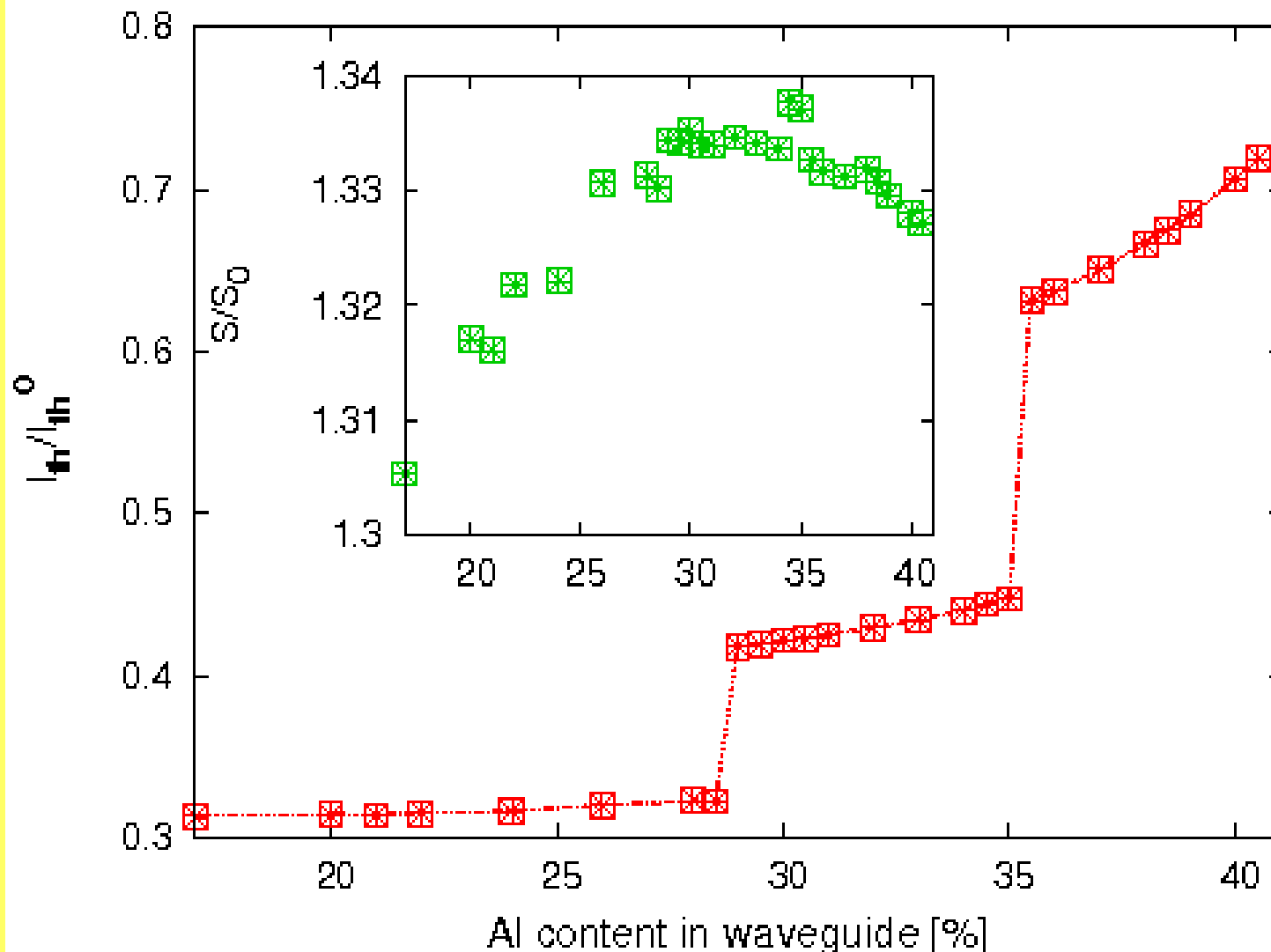


Длина волны одномодового ДГС РО лазера на основе AlGaAs  
 в зависимости от мольной концентрации  $x$  алюминия в КЯ ( $T = 300$  К)  
 Сплошная кривая –  $L = 12$  нм, пунктир –  $L = 9$  нм, штриховая кривая –  $L = 15$   
 нм. Маркерами отмечены длины волн лазеров, выпускаемых ФГУП НИИ  
 «Полюс».

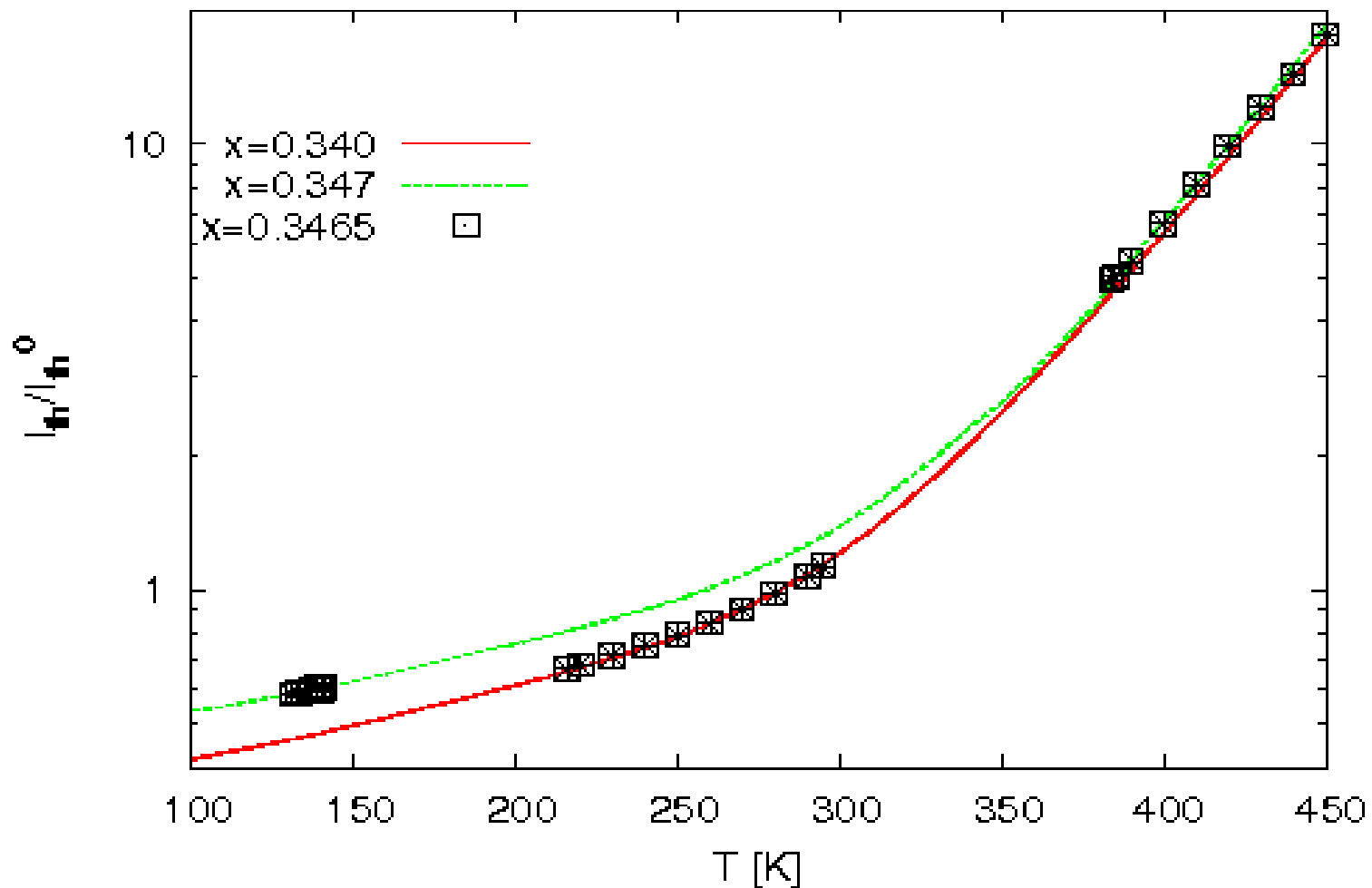




Пороговый ток ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от ширины КЯ при температуре  $T = 300$  К



Пороговый ток и наклон ВтАХ в зависимости от концентрации алюминия в области волновода при температуре  $T = 77$  К



Пороговый ток в зависимости от температуры  
для 3 значений концентрации алюминия в области волновода

# Обзор результатов

Изменение ширины активной области уменьшает  $I_{th}$  и увеличивает  $dL/dI$  примерно на 10%.

Изменение ширины волновода и внедрение градиента концентрации Al и градиента концентрации легирования уменьшает  $I_{th}$  и увеличивает  $dL/dI$  на 10%.

Оптимизация легирования активной области уменьшает  $I_{th}$  примерно на 30% и увеличивает  $dL/dI$ .

Снижение  $I_{th}$  около 50% возможно.

Увеличение  $dL/dI$  около 20% возможно.

Повышение КПД с 50% до 70% возможно.

Обнаружены также интересные физические явления для дальнейшего изучения

# Что дальше?

- Полюс – лазеры ДГС РО  
МИРЭА - VCSEL  
Протон - LED