

# Одновременная генерация $TE_1$ и $TE_2$ мод с разными длинами волн в полупроводниковом лазере с туннельным переходом

В.Я. Алешкин<sup>1</sup>, Т.С. Бабушкина<sup>2</sup>, А.А. Бирюков<sup>2</sup>, А.А. Дубинов<sup>1</sup>, Б.Н.  
Звонков<sup>2</sup>,

М.Н. Колесников<sup>2</sup>, С.М. Некоркин<sup>2</sup>

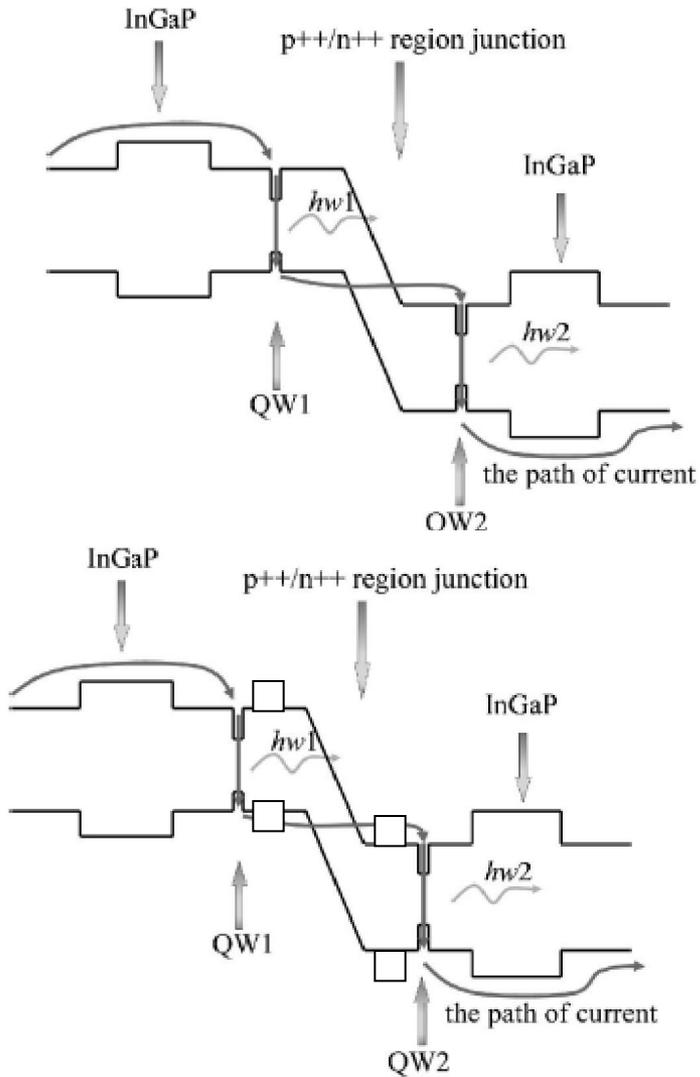
<sup>1</sup>Институт физики микроструктур РАН,

<sup>2</sup>Научно-исследовательский физико-технический институт  
Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского,

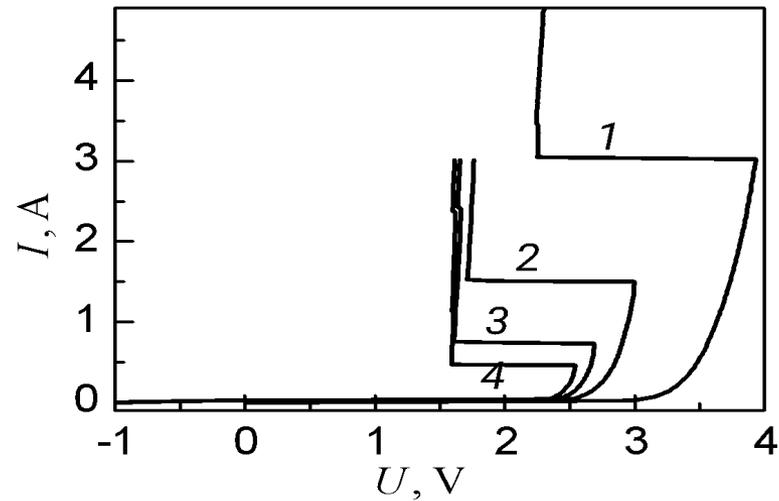
# Мотивация

1. Генерация разностной частоты в резонаторе лазера
  - 1.1. Одновременная генерация двух мод разных порядков на разных частотах (TE) для выполнения условия фазового синхронизма.
  - 1.2. Одночиповая конструкция чтобы избежать операцию совмещения волноводов.
  - 1.3. Малые потери для разностной частоты
2. Один из путей реализации— каскадный межзонный лазер

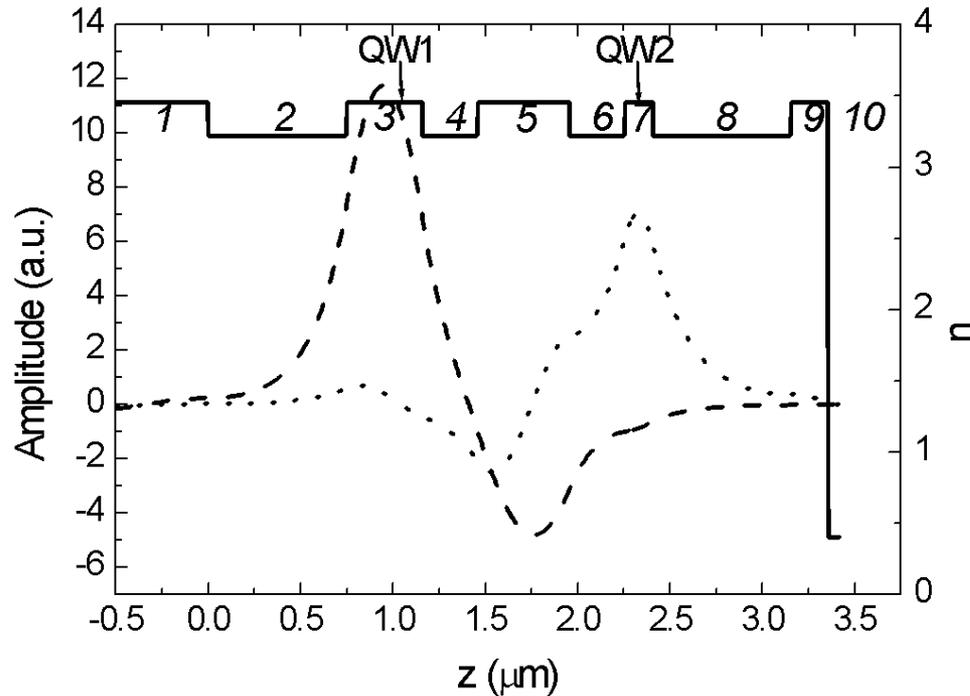
# Трудности реализации



Токовая неустойчивость  
тиристорного типа

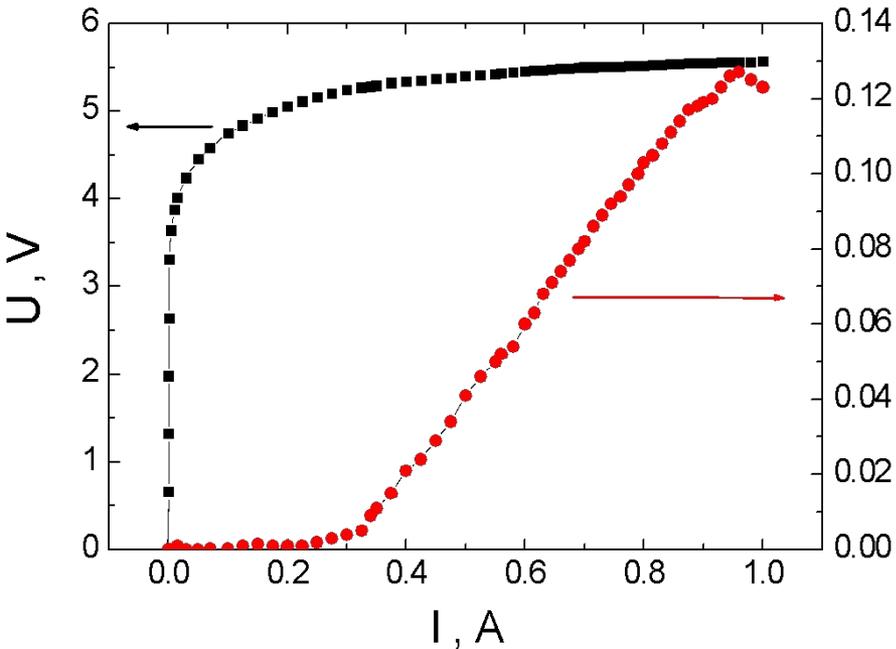


# Конструкция волновода и структура мод

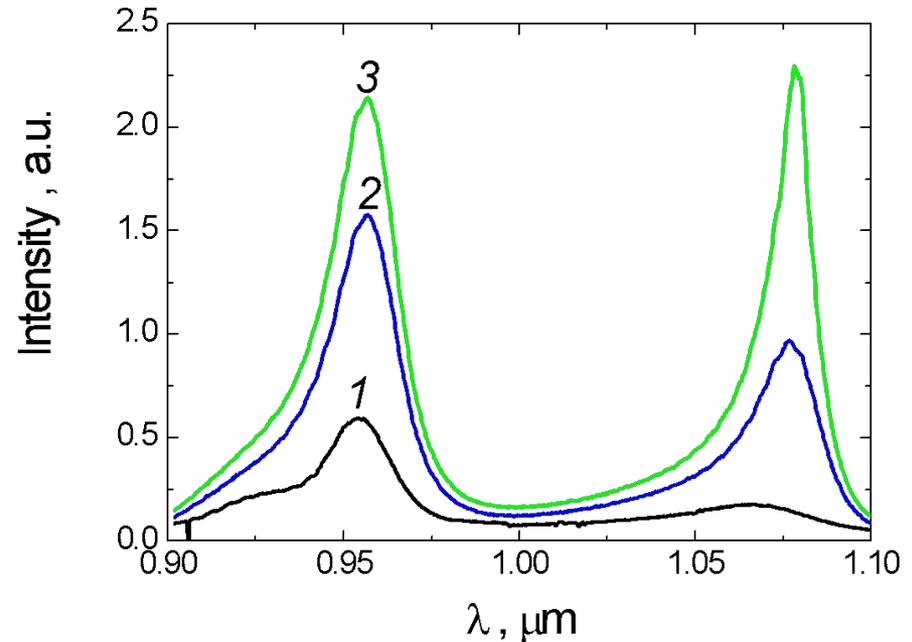


1	$n$ -GaAs	подложка – 150 мкм	$10^{17} \text{ cm}^{-3}$
2	$n^+$ -InGaP	750 нм	$10^{18} \text{ cm}^{-3}$
3	$i$ -GaAs	300 нм	-
4	InGaAs ( $\lambda \sim 1.086$ мкм)	КЯ №1, 10 нм	-
5	$i$ -GaAs	100 нм	-
6	$p$ -InGaP	300 нм	$10^{17} \text{ cm}^{-3}$
7	$p$ -GaAs	200 нм	$10^{17} \text{ cm}^{-3}$
8	$p^{++}$ -GaAs	40 нм	$10^{19} \text{ cm}^{-3}$
9	$n^{++}$ -GaAs	55 нм	$5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
10	$n$ -GaAs	200 нм	$10^{17} \text{ cm}^{-3}$
11	$n$ -InGaP	300 нм	$10^{17} \text{ cm}^{-3}$
12	$i$ -GaAs	70 нм	-
13	InGaAs ( $\lambda \sim 0.96$ мкм)	КЯ №2, 10 нм	-
14	$i$ -GaAs	70 нм	-
15	$p^+$ -InGaP	750 нм	$2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
16	$p^{++}$ -GaAs	200 нм	$10^{19} \text{ cm}^{-3}$
17	Au	металл	-

# ВАХ и спектры излучения

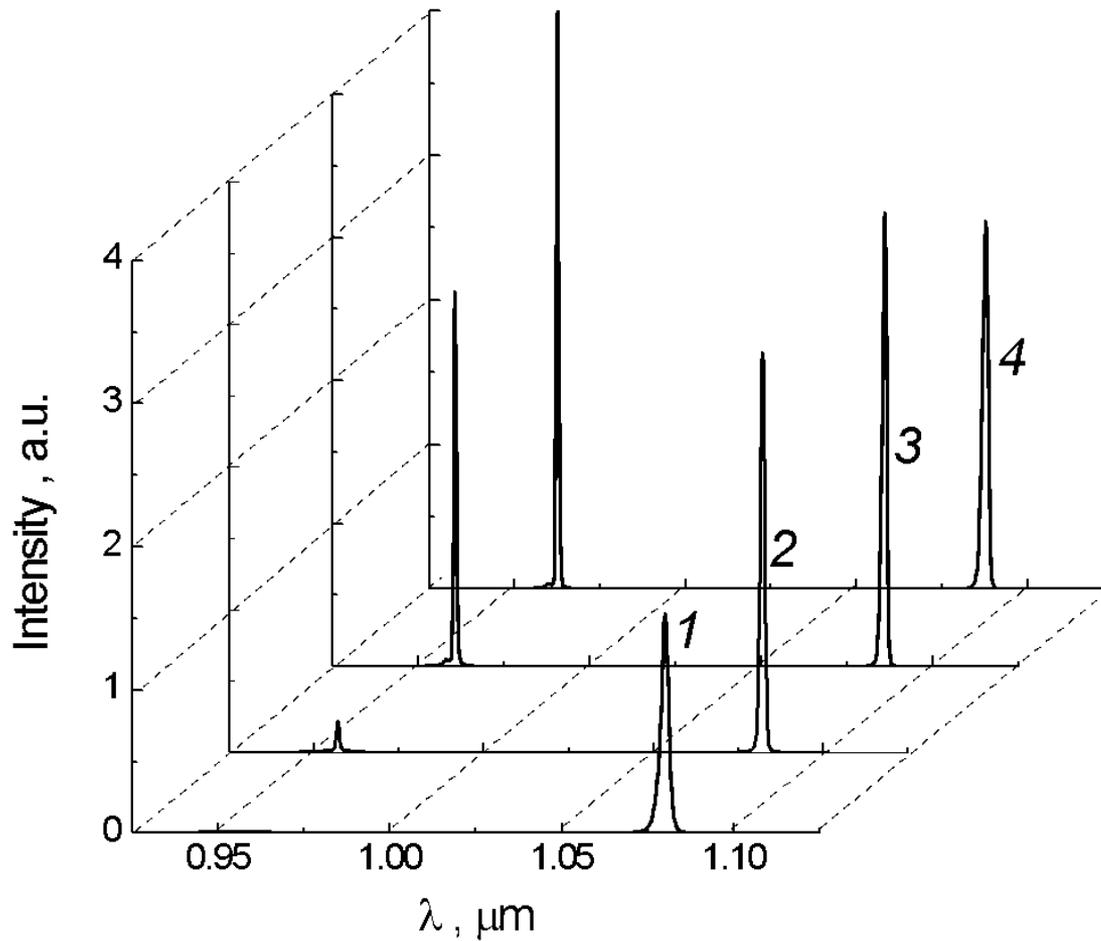


Типичные вольт- и ватт-амперные характеристики межзонного каскадного лазера при постоянной токовом возбуждении и комнатной температуре.



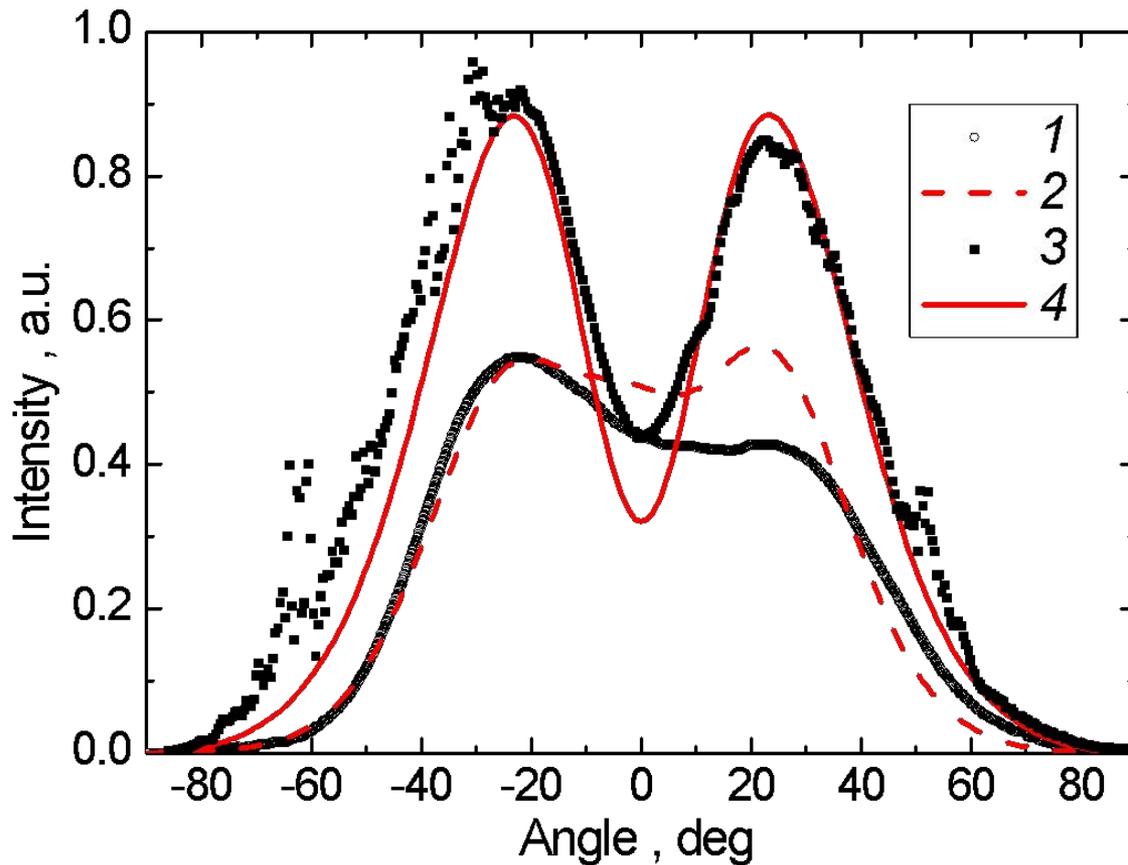
Спектральные зависимости излучения лазера при разных токах постоянной накачки до порога генерации: 1 – 5 мА; 2 – 270 мА; 3 – 290 мА.

# Спектры излучения при различных токах



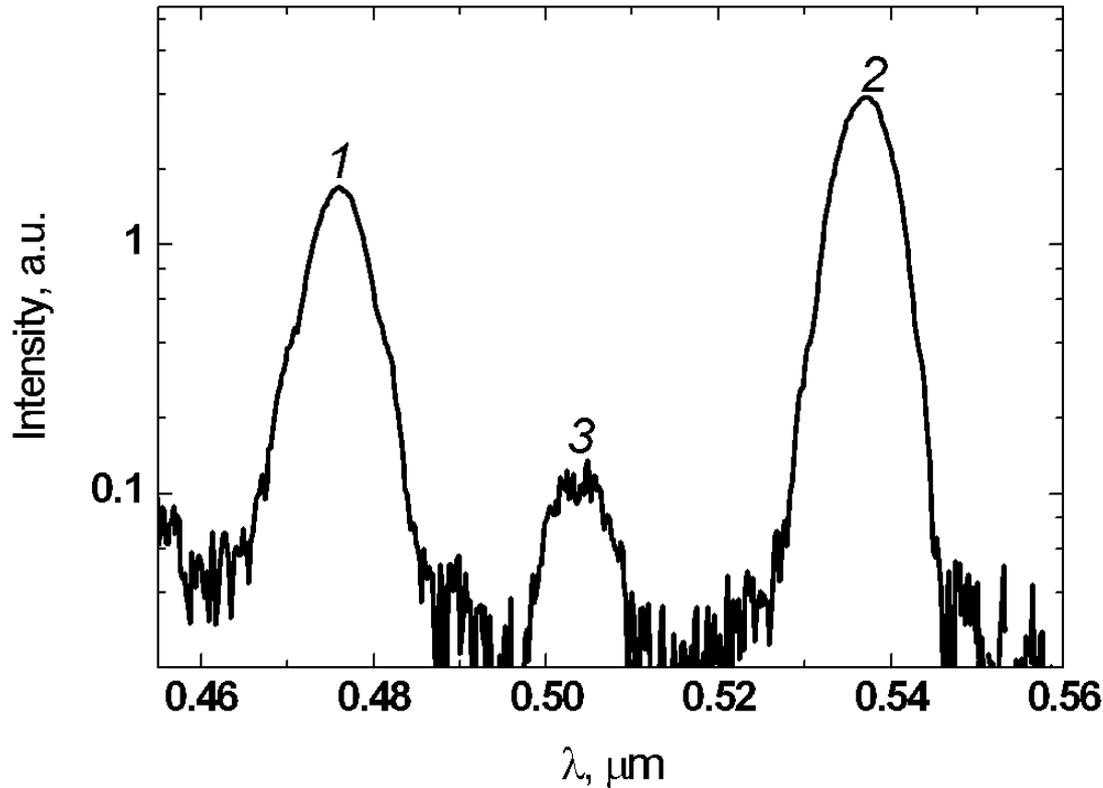
Спектры генерации  
лазера при разных  
токах накачки: 1 –  
450 мА; 2 – 630 мА;  
3 – 780 мА; 4 – 850  
мА.

# Диаграмма направленности



Зависимости интенсивности лазерного излучения от угла на длинах волн максимума спектральных полос генерации: 1 (эксперимент) и 2 (расчет) – для длины волны 0.96 мкм; 3 (эксперимент) и 4 (расчет) – для длины волны 1.086 мкм.

# Взаимодействие мод



Спектры, соответствующие генерации вторых гармоник и суммарной частоты .

Для наблюдения использовался импульсный режим. Длительность импульсов тока была 220 нс, временной интервал между импульсами составлял 0.7 миллисекунды.

# Заключение

Экспериментально показана возможность непрерывной генерации при комнатной температуре двух мод разного порядка с разными частотами в двухкаскадном межзонном лазере с общим резонатором.

Обнаружено нелинейное взаимодействие мод (генерация разностной частоты).