

РАЗРАБОТКА ДВУХСЕКЦИОННОГО КВАНТОВО-КАСКАДНОГО ЛАЗЕРА
ДЛЯ ЗАДАЧ ТЕРАГЕРЦОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

**А.К. Долгов¹, Р.Р. Галиев^{1,2}, С.С. Пушкарев^{1,2}, А.А. Афоненко³, Д.В. Ушаков³,
О.Ю. Волков⁴, В.В. Павловский⁴, И.Н. Дюжиков⁴, *Р.А. Хабибуллин^{1,2}*

¹Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники имени В.Г. Мокерова РАН,
117105, Москва, Нагорный проезд, 7, стр.5, e-mail: khabibullin@isvch.ru

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, 194021, Санкт-Петербург, Россия

³Белорусский государственный университет, 220030, Минск, пр. Независимости, 4

⁴Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
125009, Москва, ул. Моховая, 11

DEVELOPMENT OF A TWO-SECTION QUANTUM-CASCADE LASER
FOR PROBLEMS OF TERAHERTZ SPECTROSCOPY

**A.K. Dolgov¹, R.R. Galiev^{1,2}, S.S. Pushkarev^{1,2}, A.A. Afonenko³, D.V. Ushakov³,
O.Yu. Volkov⁴, V.V. Pavlovsky⁴, I.N. Dyuzhikov⁴, *R.A. Khabibullin^{1,2}*

¹V.G. Mokerov Institute of ultra-high frequency semiconductor electronics of RAS
Russia, Moscow, Nagornij proezd 7, 117105, e-mail: khabibullin@isvch.ru

²Ioffe Institute, St. Petersburg, Russia, 194021

³Belarusian State University, Belarus, 220030, Minsk, Nezavisimosti prospect, 4, 4220030.

⁴Institute of Radio Engineering and Electronics. V.A. Kotelnikova RAS,
125009, Moscow, st. Mokhovaya, 11

This paper presents studies of a two-section THz quantum-cascade laser (QCL) consisting of 4 tunnel-coupled quantum wells (QWs) GaAs/Al_{0.15}Ga_{0.85}As with a resonant-phonon depopulation scheme. The QCL is based on a double metal waveguide with a total length of 2 mm, in which an air gap 3 μm wide is formed by plasma-chemical etching. This makes it possible to form two optically coupled sections, an active section with a length $L_1 = 1.8$ mm and a passive section with a length L_2 from 200 to 300 μm (see Fig. 1). Based on the study of the emission spectra of a two-section laser, it was found that the laser, when the temperature/current changes at certain operating points, changes from one emission mode to multimode emission. For further analysis of the behavior of the laser, a map of operating modes was built (see Fig. 2).

Для задач в области высокоразрешающей спектроскопии, необходимы источники излучения способные работать в терагерцовом диапазоне в режиме одномодовой генерации. Такими устройствами стали квантово-каскадные лазеры с различными дизайнами активного модуля. В работе представлены исследования двухсекционного ТГц квантово-каскадного лазера (ККЛ) состоящего из четырех туннельно-связанных квантовых ям (КЯ) GaAs/Al_{0.15}Ga_{0.85}As с резонансно-фононной схемой нижнего уровня для задач высокоразрешающей спектроскопии. В основе ККЛ лежит

двойной металлический волновод с общей длиной 2 мм, в котором с помощью плазмохимического травления формируется воздушный зазор шириной 3 мкм. Данная процедура позволяет сформировать две оптически связанные секции, активную секцию с длиной $L_1 = 1,8$ мм и пассивную секцию с длиной L_2 от 200 до 300 мкм (см. рис. 1). На основе исследования спектров излучения двухсекционного лазера, обнаружено, что лазер при изменении температуры/тока перестраивается между режимами «одномодовая» – «многомодовая» генерация. Для анализа поведения лазера построена карта режимов работы двухсекционного ККЛ (см. рис. 2). Обнаруженный эффект наблюдается в диапазоне температур от 50 до 66 К. Мы полагаем, что переход «одномод»–«многомод» связан с изменением уширения лоренцевского контура усиления при изменении температуры/тока.

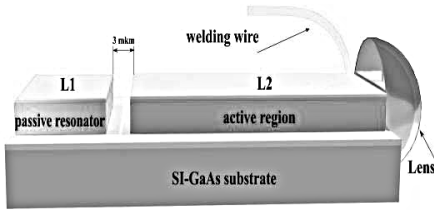


Рис. 1. Модель исследуемого двухсекционного ККЛ

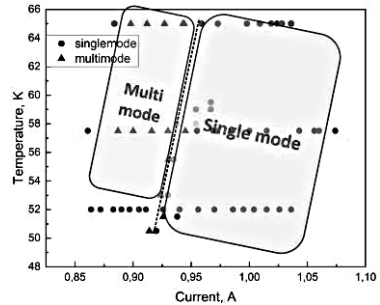


Рис. 2. Карта режимов генерации двухсекционного ККЛ в координатах ток-температура

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках Государственного задания (Соглашение 075-03-2023-526 от 18.01.2023) и при содействии Фонда поддержки образования и науки имени члена-корреспондента РАН профессора В.Г. Мокерова.