В.И. Гавриленко¹, Р.А. Хабибуллин²

¹ *Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород, 603087, Академическая, 7*

² *Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники имени В.Г. Мокерова РАН, Москва, 117105, Нагорный проезд, 7, стр.5*

тел.: +7 (831) 417-9462, факс: +7 (831) 417-9474, эл. почта: gavr@ipmras.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-17

Как известно, идея создания источника излучения, основанного на последовательном испускании фотонов электроном в структуре множественных квантовых ям, получившего впоследствии название квантового каскадного лазера (ККЛ), была высказана в СССР еще в 1971 г. [1], однако потребовалось более 20 лет для реализации первого ККЛ, работающего в среднем ИК диапазоне [2]. Первый ККЛ ТГц диапазона был представлен в 2002 г. в совместной работе нескольких европейских групп [3]. Различные российские группы благодаря сотрудничеству с зарубежными коллегами участвовали в исследовании ТГц ККЛ и развивали методики их практических приложений. Первый полностью российский ТГц ККЛ был продемонстрирован лишь в 2017 г. в совместной работе научных коллективов из Санкт-Петербурга, Москвы и Н.Новгорода [4]. В докладе буден сделан обзор прогресса в конструировании, выращивании, постростовых технологиях и исследованиях ТГц ККЛ, проводимых консорциумом российских организаций в сотрудничестве с коллегами из Белорусского госуниверситета. Разработана модель расчета вольт-амперных и мощностных характеристик ККЛ ТГц диапазона, учитывающая эффекты дефазировки на процессы переноса носителей заряда [5]. Применительно к установке молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ) Riber 21 отработана технология роста структур с квантовыми ямами GaAs/AlGaAs для ТГц ККЛ с учетом изменения температур источников галлия и алюминия в процессе длительного (~10 час.) роста образцов с толщинами активных областей около 10 нм. Высокое кристаллическое качество структур подтверждено методами рентгеноструктурного анализа и просвечивающей электронной микроскопии [6]. Исследованы спектры модовых потерь в ТГц ККЛ с волноводами типа металл-металл на основе Au, Cu и Ag. Показано, что использование волновода на основе Ag позволяет снизить потери на 2-4 см⁻¹ по сравнению с традиционно используемым волноводом на основе Au [7,8]. Оптимизирован дизайн ККЛ с 3 квантовыми ямами GaAs/Al_{0.15}Ga_{0.85}As в каскаде с депопуляцией нижнего лазерного уровня за счет резонансного испускания оптических фононов с расчетной рабочей температурой свыше 200 К. Выращена и спрессована структура такого ККЛ, продемонстрировавшая генерацию на частоте 3.4 ТГц с максимальной рабочей температурой (в импульсном режиме) свыше 130 К [6]. Разработан дизайн активной области ТГц ККЛ (3 ТГц) с двумя квантовыми ямами GaAs/Al_{0.4}Ga_{0.6}As в каскаде с Z-образным профилем потенциала с максимальной расчетной рабочей температурой 300 К.

Литература

- [1] Р.Ф. Казаринов, Р.А. Сурис. // ФТП. 1971. Т.5, вып.4. С.797-800.
- [2] J. Faist et al. // Science. 1994. V.264. P.553-556.
- [3] R. Koehler et al. // Nature. 2002. V.417. P.156-159.
- [4] А.В. Иконников и др. // Письма в ЖТФ. 2017. Т.43, вып.7. С.86-94.
- [5] Д.В.Ушаков и др. // Квантовая электроника. 2019. Т.49, вып.10. С.913-918.
- [6] I.S. Vasilevskii et al. The 4th Int. Conf. Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection, and Applications ("TERA 2020"). August 24–26, 2020 Tomsk, Russia. Abstracts, p.31.
- [7] R. Khabibullin et al. // Proc. SPIE. 2019. V.11022. P.1102204-(1-8).
- [8] R. Khabibullin et al. // Proc. SPIE. 2019. V.11066. P.1106613-(1-6).