

WGM полупроводниковые лазеры инфракрасного диапазона

А. Ю. Кислякова

СПбГПУ, Санкт-Петербург, Россия

На протяжении последних десятков лет активно проводятся исследования полупроводниковых лазеров среднего инфракрасного диапазона. Актуальность исследования данного диапазона (2–8 μm) обусловлена тем, что в этих пределах находятся характеристические линии поглощения значительного числа газов, в т.ч. таких как метан и углекислый газ и т.д.

Создание WGM лазеров с кольцевым резонатором является одним из новых подходов к решению проблемы исследования рассматриваемого диапазона. Целью данной работы является изучение процессов, характерных для данного типа лазеров. Для иллюстрации особенностей поставленной задачи в работе получено двумерное решение волнового уравнения, показывающее, что напряженность электрического поля приближенно описывается уравнением:

$$E_z = f(z)J_m(rn\frac{\omega_m N}{c})e^{im\phi}, \quad (1)$$

где r — расстояние вдоль радиуса, n — показатель преломления,

$$\omega_m N = \frac{x_m^N c}{nR},$$

где x_m^N — N -й корень уравнения $J_m(x) = 0$, а $J_m(x)$ — функция Бесселя.

Особенностью мод дискового резонатора с большими номерами m является то, что поле в них сосредоточено вблизи стенки. Соответствующие моды названы WGM-модами (whispering gallery mode), так называемыми «модами шепчущей галереи». Аналогичный эффект с акустическими волнами был открыт Джорджем Релеем в 1887 г. Было установлено [1], [2], что добротность микродисков может достигать 10^{11} , данный эффект обусловлен тем, что волна как бы прижата к диаметру микродиска и распространяется по кругу под углом полного внутреннего отражения. Это позволяет получить прибор, генерирующий даже тогда, когда усиление в активной области невелико. Другой особенностью данных лазерных диодов является то, что в отличие от обычных лазеров с резонатором Фабри-Перо они продолжают работать вплоть до температуры 125 К. Было показано [3], [4] что пороговый ток кольцевого лазера диаметром 400 мкм значительно меньше порогового тока традиционного

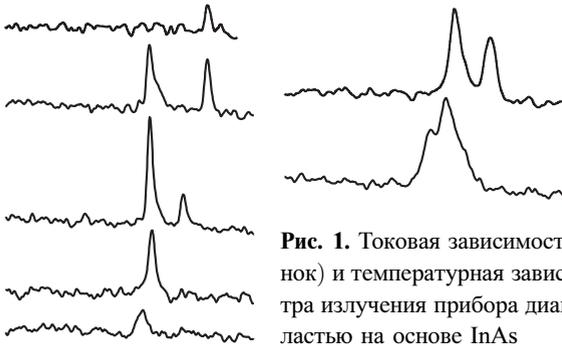


Рис. 1. Токсовая зависимость положения мод (левый рисунок) и температурная зависимость (правый рисунок) спектра излучения прибора диаметром $400\ \mu\text{m}$ с активной областью на основе InAs

полоскового лазера, что подтверждает тезис о высокой добротности дискового резонатора.

В данной работе продемонстрирована работа WGM лазеров на основе InAs, излучающих на длинах волн рассматриваемого диапазона при температурах от 80 до 125 К. На рис. 1 показана токовая и температурная зависимости положения мод спектра излучения прибора диаметром $400\ \mu\text{m}$ с активной областью на основе InAs. При этом лазер работает в квазиодномодовом режиме вплоть до 2-х кратного превышения значения порогового тока.

Полученные результаты показывают, что WGM-лазеры являются перспективными приборами для ИК спектроскопии.

Литература

- [1] A. M. Monakhov, A. Krier and V. V. Sherstnev. *Semicond. Sci. Tech.*, **19**, Issue 3, 480–484, (2004).
- [2] V. V. Sherstnev, A. Krier, A. M. Monakhov and G. Hill. *Electronic Lett.* **39**, 916–917, (2003).
- [3] V. V. Sherstnev, A. M. Monahov, A. Krier and G. Hill. *Appl. Phys. Lett.* **77**, 3908–3910, (2000).
- [4] A. Krier, D. A. Wright, V. V. Sherstnev and A. M. Monakhov. *Sixth International Conf. Mid-infrared Optoelectronics Materials and Devices*, St Petersburg, Russia, June 28–July 2, 2004, Book of Abstracts, p. 72.