

Расчет спектров усиленной люминесценции в лазерных диодах с полосковой геометрией контакта

Г.И. Рябцев¹, А.С. Смаль²

¹Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси

пр. Ф. Скорины 68, Минск 220072, Беларусь

Тел.: 375-17-2840398, факс: 375-17-2840879, e-mail: ryabtsev@dragon.bas-net.by

²Брестский государственный технический университет

ул. Московская 267, Брест 24017, Беларусь

Спектральное распределение плотности потока (интенсивности) спонтанного излучения $u_n(h\nu)$, усиливаемого и захватываемого в резонаторе лазерного диода (ЛД) можно рассчитать, используя выражение [1]

$$u_n(h\nu) = W_n(h\nu)/v_g V[k_n(h\nu) - k_{yc}(h\nu)], \quad (1)$$

где $W_n(h\nu)$ - спектральная мощность люминесценции, v_g - групповая скорость света, $k_n(h\nu)$ - коэффициент потерь усиленной люминесценции (УЛ), $k_{yc}(h\nu)$ - коэффициент усиления ЛД. Одна из проблем, связанных с определением $u_n(h\nu)$ по формуле (1), заключается в задании коэффициента потерь усиленной люминесценции - значения $W_n(h\nu)$ и $k_{yc}(h\nu)$ достаточно просто находятся по методике, разработанной в [2]. Известные в литературе значения $k_n(h\nu)$ [1, 3] получены лишь для отдельных типов резонаторов (ЛД с широким контактом, ЛД с четырьмя матированными гранями) при допущениях, требующих дополнительной проверки.

Величину $u_n(h\nu)$ можно также рассчитать путем решения системы уравнений переноса (бегущей волны) излучения [4, 5], когда коэффициент $k_n(h\nu)$ заменяется соответствующими граничными условиями. Такой подход позволяет находить значения $u_n(h\nu)$ в резонаторах самой различной конфигурации. К сожалению, при его реализации приходится привлекать достаточно сложные вычислительные процедуры. В настоящей работе: а) предлагается способ определения $k_n(h\nu)$, основывающийся на предварительном расчете плотности потока усиленной люминесценции (УЛ) в рамках системы уравнений переноса излучения и последующем приравнивании $u_n(h\nu)$ правой части соотношения (1);

и б) анализируется возможность применения полученных значений $k_n(h\nu)$ для расчета спектров плотности потока УЛ в резонаторах ЛД с полосковым контактом.

Решения уравнений переноса излучения находились численным методом для лазерных диодов с полосковым контактом шириной 10 мкм и объемными активными слоями на основе соединений GaAs, ZnSe и GaN. Все расчеты производились с помощью пакета компьютерной алгебры "Mathematica 4" аналогично [5]. При последующих вычислениях $k_n(h\nu)$ из соотношения (1) значения коэффициентов внутренних оптических потерь выбирались равными 630 для GaAs и 3500 м^{-1} для ZnSe и GaN. Длины резонаторов и коэффициентов отражения зеркальных граней резонатора Фабри-Перо r варьировались в широких пределах. Примеры рассчитанных спектральных распределений $k_n(h\nu)$ представлены на рис. 1. Полученные величины $k_n(h\nu)$ могут быть использованы в качестве табличных параметров при нахождении плотностей потоков (интенсивностей) УЛ в ЛД с полосковым контактом.

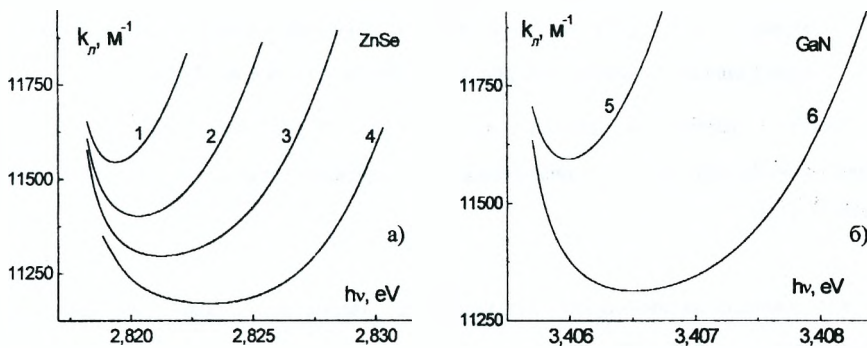


Рис. 1. Спектральные распределения для коэффициентов потерь УЛ применительно к ЛД на основе ZnSe (а) и GaN (б) при различных концентрациях носителей заряда $n \times 10^{-24}, \text{ м}^{-3}$: 3,25 (1), 3,40 (2), 3,55 (3), 3,70 (4), 6,40 (5) и 6,55 (6). Для всех лазеров $L = 800 \text{ мкм}$, $r = 0,3$.

С целью упрощения вычислений $u_n(h\nu)$ была изучена возможность замены спектрального распределения $k_n(h\nu)$ некоторой постоянной величиной. Как показали исследования, наименьшие искажения спектров $u_n(h\nu)$ наблюдаются при использовании минимального значения $k_n(h\nu)$ (рис. 2). При этом погрешность вычисления интегральной по частоте плотности потока УЛ не превышает 10-15 %. Данный результат означает, что для

приближенных оценок $u_n(h\nu)$ вполне оправдано введение не зависящего от ν параметра k_n .

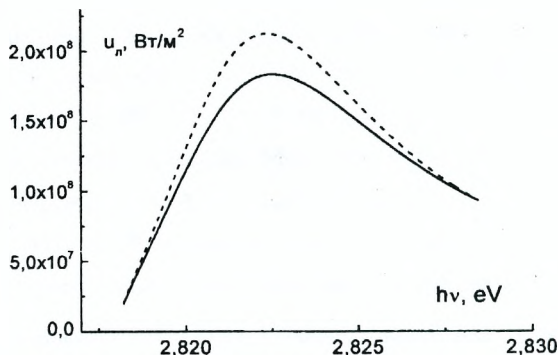


Рис. 2. Распределения $u_n(h\nu)$ для ЛД на основе ZnSe с учетом (сплошная) и без учета (штриховая кривая) зависимости коэффициента потерь УЛ от частоты. Во втором варианте за k_n принималось значение коэффициента потерь УЛ в области его спектрального минимума (см. рис. 1). $L = 800$ мкм, $r = 0,3$, $n = 3,55 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$.

Расчет параметров k_n для ЛД с различной длиной резонатора позволил установить значения коэффициентов Δ , применяемых при линейной аппроксимации коэффициента потерь УЛ [3]:

$$k_n = \Delta / \sqrt{s}, \quad (2)$$

где s – площадь активного слоя. Величина Δ зависит от материала ЛД, параметров резонатора и уровня накачки (табл. 1).

Таблица 1. Значения коэффициента Δ для ЛД с резонатором Фабри-Перо при $r = 0,3$.

Материал	GaAs	ZnSe		GaN	
$n \cdot 10^{24}, \text{ м}^{-3}$	1,41	3,40	3,70	6,40	6,55
Δ	1,56	1,81	1,83	1,81	1,84

1. Кононенко В.К., Грибковский В.П. // ФТП. 1971. Т.5, №10. С.1875-1881.
2. Грибковский В.П., Самойлокович В.А. // ЖПС. 1969. Т.11, №1. С.170-172.
3. Gribkovskii V.P., Kononenko V.K., Ryabtsev G.I., Samoilovovich V.A. // IEEE J. Quantum Electron. 1976. Vol.QE-12, No.6, P.322-326.
4. Самсон А.М. // ЖПС. 1965. Т.2, №3. С.232-242.
5. Буров Л.И., Варакса И.Н., Войтиков С.В., Крамар М.И., Рябцев А.Г., Рябцев Г.И. // Квантовая электроника. – 2002. – Т. 32, № 3. – С. 260 –263.