Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Д. М. Гуреев, К вопросу о безызлучательной рекомбинации в лазерных диодах $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2008, выпуск 1(), 178–179

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu597>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 3.95.254.165

26 апреля 2023 г., 18:23:26

Физика твёрдого тела

УДК 537.311.322; 621.315.592

Д. М. Гуреев

К ВОПРОСУ О БЕЗЫЗЛУЧАТЕЛЬНОЙ РЕКОМБИНАЦИИ В ЛАЗЕРНЫХ ДИОДАХ $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$

На основе анализа экспериментальных температурных зависимостей «сопротивления в нуле» для лазерных диодов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ выявлены каналы безызлучательной рекомбинации в интервале температур 77–250 К.

К настоящему времени продемонстрированы широкие возможности использования инжекционных лазеров на основе твёрдых растворов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ в спектроскопии высокого разрешения, в области контроля загрязнения атмосферы, в оптической связи. При этом актуальной остаётся задача повышения квантового выхода излучения инжекционных лазеров и соответственно определения доминирующего канала безызлучательной рекомбинации, ограничивающего внутренний квантовый выход излучения.

Одним из возможных каналов безызлучательной рекомбинации является оже-рекомбинация. В применении к узкозонным полупроводникам типа $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$, к которым относятся твёрдые растворы $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$, развитая в работе [1] теория межзонной оже-рекомбинации предсказывает, что при одностороннем взаимодействии носителей заряда оже-рекомбинация при низких температурах не играет существенной роли, но может явиться доминирующим каналом безызлучательной рекомбинации при высоких температурах. Вероятность оже-рекомбинации при низких температурах возрастает при рассмотрении модели междолинного взаимодействия носителей заряда с анизотропными эффективными массами [2]. Тем не менее, анализ экспериментальных данных [3] показал, что в твёрдых растворах $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ доминирующим каналом безызлучательной рекомбинации при низких (≤ 77 К) температурах вероятнее всего является захват носителей заряда на локальные уровни нестехиометрических дефектов.

Зависимость $R_0(T)$; результаты расчёта по формулам (1) — 1; (2) — 2

В данной работе проведён анализ экспериментальных температурных зависимостей «сопротивления в нуле» R_0 для лазерных диодов $\text{Pb}_{0.955}\text{Sn}_{0.045}\text{Se}$ в интервале температур 77–250 К с целью определения температурных зависимостей времени жизни носителей заряда при малых токах инжекции и выявления доминирующего канала безызлучательной рекомбинации, ограничивающего внутренний квантовый выход излучения в рассматриваемых лазерных диодах.

Характерный вид экспериментальных зависимостей приведен на рисунке.

Из анализа выражения для вольт-амперных характеристик [4] следует, что для случая примесной проводимости

$$R_0 = \text{const} \cdot \frac{\tau}{n} T, \quad (1)$$

где τ — время жизни носителей заряда, n — их концентрация, задаваемая нестехиометрическими дефектами. В при-

менении к экспериментальным данным, приведенным на рисунке, выражение (1) соответствует интервалу температур 77–150 К. Видно, что в этом интервале температурная зависимость τ определяется температурной зависимостью n , т.е. важную роль в ограничении времени жизни носителей заряда играют уровни нестехиометрических дефектов.

При температурах выше 150 К в области собственной проводимости имеем

$$R_0 = \text{const} \cdot \frac{\tau}{\sqrt{T}} \exp\left(\frac{E_{g0}}{2kT}\right), \quad (2)$$

где E_{g0} — ширина запрещённой зоны при 0 К, k — постоянная Больцмана. Выражение (2) хорошо описывает экспериментальную зависимость в интервале температур 150–250 К при условии, что τ слабо зависит от температуры в данном температурном интервале. Последнее характерно для времени жизни носителей заряда относительно оже-рекомбинации в $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ при высоких температурах [1, 2]. Из этого можно сделать вывод, что весьма вероятным каналом безызлучательной рекомбинации в $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ при температурах выше 150 К является оже-рекомбинация.

Таким образом, повышение внутреннего квантового выхода излучения в лазерных диодах $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$, особенно при низких температурах, в значительной степени определяется технологией получения твёрдых растворов. При высоких температурах важную роль играет оже-рекомбинация.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барышев, Н. С. Рекомбинационные процессы в монокристаллах группы сернистого свинца [Текст] / Н. С. Барышев, К. Я. Штивельман // Физика и техника полупроводников. — 1967. — Т. 1. — С. 172–177.
2. Emtage, P. R. Auger recombination and junction resistance in lead-tin telluride [Text] / P. R. Emtage // J. Appl. Phys. — 1976. — Vol. 47. — P. 2565–2568.
3. Гуреев, Д. М. Излучательная рекомбинация в эпитаксиальных слоях $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ ($0 \leq x \leq 0,4$) [Текст] / Д. М. Гуреев, О. И. Даварашвили, И. И. Засавицкий, Б. Н. Мацонашвили, А. П. Шотов // Физика и техника полупроводников. — 1979. — Т. 13. — С. 1752–1755.
4. Пикус, Е. Г. Основы теории полупроводниковых приборов [Текст] / Е. Г. Пикус. — М.: Наука, 1965. — 448 с.

Самарский государственный технический университет, г. Самара
aes@soniir.samara.ru

Поступила 29.12.2007

D. M. Gureev

TO QUESTION OF NONRADIATED RECOMBINATION IN $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ LASER DIODES

The nonradiated recombination canals in the 77–250 K temperature interval for the $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ laser diodes were determined on the basis of analysis of the experimental temperature dependencies of “the resistance in zero”.

Samara State Technical University, Samara, Russia
aes@soniir.samara.ru

Received 29.12.2007