

УДК 621.315.02

DOI: 10.17223/00213411/62/10/19

*В.Н. ДАВЫДОВ, О.Ф. ЗАДОРЖНЫЙ***ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА
СВЕТОДИОДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ ***

Установлено, что модель межзонной излучательной рекомбинации в полупроводнике при биполярной инжекции носителей заряда, в которой скорость рекомбинации описывается произведением полных концентраций носителей заряда, не учитывает физически существующий при легировании разбаланс концентраций рекомбинирующих частиц. Для вычисления числа актов рекомбинации электронно-дырочных пар с учетом различия концентраций рекомбинирующих частиц предложено использовать вычисление обратной суммы обратных величин концентраций с применением функций участия. Показано, что при таком описании числа актов рекомбинации рост концентрации легирующей примеси уменьшает число актов, но оставляет неизменным время излучательной рекомбинации при любом уровне инжекции.

Ключевые слова: эмиссия излучения, скорость излучательной рекомбинации, функции участия.

Введение

При разработке светоизлучающих приборов на основе полупроводниковых гетероструктур большое внимание уделяется влиянию примесей, находящихся в активной области прибора, на люминесценцию полупроводника [1, 2]. В ряде литературных источниках, например [3–6], проводится расчетное обоснование легирования полупроводника как способа уменьшения времени излучательной рекомбинации и, следовательно, повышения внутренней квантовой эффективности излучения света [2]. В соответствии с этим результатом изготовление светоизлучающей области полупроводникового источника света должно производиться из высоколегированного материала, что обеспечит высокое значение интенсивности генерируемого света. Однако на практике при создании, например, источников света на основе гетероструктур с множественными квантовыми ямами (КЯ) используют нелегированный слой полупроводника [1]. При этом добиваются значения коэффициента полезного действия светодиодного источника более 50 %, а все работы по его повышению не рассматривают легирование вещества КЯ в качестве способа увеличения интенсивности излучения при заданном уровне инжекции.

Такая ситуация с исследованием влияния легирования отрицательно сказывается на развитии светоизлучающих элементов оптоэлектроники. По мнению авторов, она усугубляется тем, что в настоящее время прямых экспериментальных доказательств положительного влияния легирования на люминесцентные свойства полупроводников [2–10] недостаточно. Так, в [2] приведена зависимость времени жизни носителей заряда от уровня легирования GaAs, построенная по результатам экспериментальных исследований различных авторов. Она показывает практически постоянное значение времени жизни носителей заряда при изменении концентрации в диапазоне $10^{16} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Спад вблизи концентрации 10^{19} см^{-3} с большой долей вероятности может быть объяснен увеличением скорости безызлучательной рекомбинации через образуемые при легировании структурные дефекты. Область низких концентраций фактически не исследована, за исключением концентрации немногим более 10^{14} см^{-3} . Высокая скорость безызлучательных переходов в области p – n -перехода диффузионных источников света названа в числе основных причин низкой эффективности источников этого типа [2].

Из этого следует, что вопрос о роли легирования в формировании люминесцентных свойств светоизлучающих полупроводниковых приборов важен как для развития теории излучения твердых тел, так и для совершенствования методологии конструирования твердотельных источников света.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.», Уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57717X0266.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>