

Д.В.Ушаков, В.К.Кононенко, И.С.Манах  
Белгосуниверситет, Минск

Легированные сверхрешетки относятся к новому классу элементов квантовой электроники. Оптические и электрические параметры таких полупроводниковых сверхрешеток, или, как их называют,  $n-i-p-i$ -кристаллов, изменяются при возбуждении в широких пределах и могут варьироваться путем подбора толщин и степени легирования слоев кристалла. Дополнительные возможности возникают при использовании  $\delta$ -легирования и введении квантовых ям в слои структуры. В данной работе исследуются излучательные характеристики  $n-i-p-i$ -структур с учетом взаимодействия уровней энергии в потенциальных ямах.

Проведен подробный анализ профиля электростатического потенциала  $n-i-p-i$ -кристалла, дающий полную картину поведения зонной диаграммы структуры с изменением уровня легирования и накачки и позволяющий подобрать требуемые параметры сверхрешетки. Определен характер изменения интегралов перекрытия волновых функций для оптических переходов между уровнями подзон электронов и дырок при различных накачках и уровнях легирования. При этом найдены также интегралы перекрытия волновых функций для уровней энергии, лежащих в непараболических частях потенциального рельефа.

Рассчитаны спектры усиления и люминесценции, исследована их трансформация с накачкой и рассмотрено влияние спектрального уширения, обусловленного внутривозонной релаксацией носителей тока, на ширину и форму спектров. Показано, что коэффициент усиления легированных сверхрешеток может достигать  $10^3 \text{ см}^{-1}$  при комнатной температуре. В условиях сильного легирования структур проведен анализ спектров усиления и люминесценции в модели без правила отбора по волновому вектору электрона.

Расчеты проведены для структур на основе GaAs. Концентрации доноров и акцепторов варьировались от  $10^{18}$  до  $2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ , толщины легированных слоев  $n$ - и  $p$ -типа изменялись в пределах 5–40 нм, ширина областей полупроводника с собственной проводимостью не превышала 20 нм. Полученные данные находятся в хорошем соответствии с известными экспериментальными результатами.