

симости коэффициентов отражения как функции количества периодов от величины случайного или систематического отклонения толщины слоев. Показано, что случайное отклонение толщины слоев на величину более 6 % приводит к катастрофическому уменьшению коэффициента отражения.

Работа выполнена в рамках проекта МНТЦ В-176.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСШИРЕННОЙ МОДЕЛИ КВАНТОВОРАЗМЕРНОГО ЛАЗЕРА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ VCSEL

И. А. Сухоиванов, П. С. Иванов, В. В. Лысак

Государственный технический университет радиоэлектроники, г. Харьков

Лазеры поверхностного излучения, обладающие рядом неоспоримых преимуществ с точки зрения практического применения в оптоволоконных системах[1], не вполне отвечают требованиям широкополосности, при определенных условиях в них трудно обеспечить одномодовый режим излучения.

Важно иметь физическое представление о поведении лазеров с вертикальным излучением, выяснить влияние структурных, материальных параметров и условий эксплуатации на свойства генерируемого излучения, и задать, таким образом, направление в конструировании лазера. Одна из главных задач при разработке конструкции лазера - нахождение компромисса при достижении минимальной величины порогового тока и максимальной квантовой эффективности. Среди причин, усложняющих моделирование таких структур, отметим следующее. Моделирование VCSEL особенно сложно из-за малого резонатора [2]. Большинство слоев имеют размер порядка длины волны. Более того, оптический луч не распространяется по большей части их объема, сильно ограничивается оксидированной областью или имплантированным слоем, зеркала являются распределенными отражателями. Распределение носителей и фотонов вдоль активной области не является однородным. Неоднородное распределение фотонов дополнительно ведет к неоднородному распределению носителей, т. к. уменьшается число носителей в области с высокой плотностью фото-

нов из-за сильной местной стимулированной рекомбинации. Это явление называется пространственным выжиганием дырок [3].

Существует ряд моделей, с разных сторон описывающих динамическое поведение VCSEL [2, 4, 5]. В работе [2] для расчета характеристик применен метод волнового распространения. Представлена пространственная модель VCSEL с оксидированным слоем, основанная на скоростном уравнении с учетом диффузии. Модель позволяет рассчитывать пороговый ток, выходную мощность, спектр сигнала. При этом температурные эффекты и влияние мод высших порядков не учитываются. Авторы работы [4] представили модель расчета пороговых свойств лазера с учетом структуры распределенного отражателя. Однако они рассматривают только основную моду и не моделируют поведение лазера выше порога. В [3] резонатор рассматривается в виде эквивалентной структуры без учета изменения показателя преломления, но, с другой стороны, проведено полное исследование температурных характеристик структуры.

Наиболее распространенным методом исследования скоростных характеристик лазеров является представление процессов переноса носителей и генерации фотонов при помощи нормированных скоростных уравнений. При этом концентрации носителей и фотонов усредняются по всей активной области, что вполне допустимо в случае рассмотрения динамики лазеров торцевого типа, в которых наблюдается близкое к равномерному распределение тока в радиальной плоскости, перпендикулярной направлению распространения тока.

В случае исследования свойств VCSEL с оксидным окном такой подход может использоваться лишь для оценки скоростных свойств устройства [5]. Но для более полного исследования влияния геометрических параметров лазерной структуры на характеристики устройства необходимо как можно полнее проводить рассмотрение процессов переноса носителей.

Таким образом, для учета данной неравномерности система скоростных уравнений [5] должна быть расширена для рассмотрения процессов диффузии носителей в области между электродом накачки и активной областью. При этом активную область необходимо дискретизировать, что в случае симметрии в угловой координате возможно при представлении квантовой ямы в виде нескольких колец [6, 7].

Согласно физическому представлению процессов диффузии носителей при фокусировке электронного потока расстояние между активной областью и квантовой ямой и оксидным окном оказывает значительное влияние на характеристики VCSEL. Поэтому в данной работе проводится исследование влияния положения оксидного окна и его размеров на радиальные распределения температуры, плотности носителей и фотонов с целью сокращения эффекта пространственного выжигания дырки. Также исследуется влияние упомянутых параметров оксидного окна на модуляционные и скоростные свойства лазерного устройства.

Показана целесообразность применения модифицированной формы усиления [6], которая не использует принцип замены функции Лоренца в интегральной модели усиления, а также исследовано нелинейное поведение усиления для лазеров различной толщины активной области.

Применение данной модели для численного исследования показало возможность оптимизации структуры VCSEL. В настоящее время не удалось проверить источник токовой зависимости радиального распределения тока накачки в районе квантовой ямы. По нашему мнению, это происходит за счет того, что с ростом тока растет и доля носителей, которые попадают в яму, минуя фокусирующее окно (то есть по пути электрический контакт – квантовая яма). Косвенное влияние этого эффекта мы можем наблюдать на всех рисунках распределений носителей, полученных при изменении параметров оксидного окна.

В целом, на основании полученных данных можно сделать вывод, что дальнейшее сокращение радиусов квантовой ямы и оксидного окна (оценочно до 0.5-0.8 мкм), и расстояния между ними, или вставка ямы в оксидное окно позволит избавиться или сократить эффекты растекания носителей и избежать эффекта пространственного выжигания дырок.

1. Jewell J.L., Harbison J.P., Scherer A. et al // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 1991. – Vol. 27. – P. 1332-1346.
2. Bissessur H. K., Koyama F., Iga K. // IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. – 1997. – Vol. 3. – P. 344-352.
3. Valle A., Sharma J., Shore K. A. // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 1995. – Vol. 31. – P. 1423-1431.
4. Zhang J.-P., Petermann K. // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 1994. – Vol. 30. – P. 1529-1536.

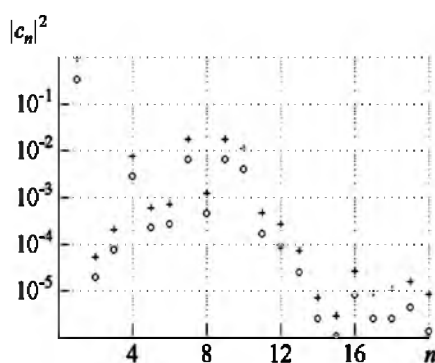
5. Yu S.F., Wong W.N., Shum P. et al // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 1996. – Vol. 32. – P. 2139-2146.
6. Sukhoivanov I. // Optical & Quantum Electronics. - 1999. - Vol. 31. - P. 997-1007.
7. Ivanov P. S., Sukhoivanov I. A // accepted to the CLEO / Europe'2000 Conference. - Nice, 2000.

АНАЛИЗ МОДОВОЙ СТРУКТУРЫ ИНЖЕКЦИОННЫХ ЛАЗЕРОВ ПОЛОСКОВОЙ ГЕОМЕТРИИ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА РАССЕЯНИЯ НА ГРАНЯХ РЕЗОНАТОРА

А. А. Афоненко, В. Н. Згирский, И. С. Манак

Белорусский государственный университет, г. Минск

Распределение электромагнитного поля в лазерной структуре, в особенности степень его локализации в активной области, главным образом определяют модуляционные характеристики полупроводниковых лазеров. Известно, что при выходе излучения из волновода в свободное пространство часть энергии отраженного излучения каждой падающей волноводной моды распределяется по другим волноводным модам, т.е. происходит рассеяние излучения. В результате собственные моды лазерной структуры в целом представляют собой суперпозиции различных волноводных мод.



Р и с. 1. Коэффициенты разложения фундаментальной моды лазерной структуры по волноводным модам. + – падающая волна, ° – отраженная волна. Толщина волноводной части 1 мкм, суммарная толщина анализируемой области 4 мкм.

В работе исследован модовый состав излучения полупроводникового лазера планарной геометрии с раздельным токовым и оптическим ограничением. Набор собственных волноводных мод получен в результате численного решения волнового уравнения при нулевых граничных условиях. При расчете электромагнитного поля лазерной структуры использован матричный метод описания распространения излучения по волноводу и рассеяния на границе раздела сред. В результате решения матричного уравнения получены собственные частоты и коэффициенты