

13

Наукова рада з проблеми “Фізика напівпровідників”
Національної академії наук України

Міністерство освіти і науки України

Українське фізичне товариство

Інститут фізики напівпровідників НАН України

Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова

**1-а Українська
наукова конференція
з фізики напівпровідників
УНКФН-1
(з міжнародною участю)**

Україна, Одеса, 10–14 вересня 2002 р.

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Том 2. СТЕНДОВІ ДОПОВІДІ

Одеса
“Астропринт”
2002

Энергетические потоки в лазерных гетероструктурах и проблемы теплоотвода.

Мержвинский П.А., Осинский В.И., Николаенко Ю.Е., Жук С.К.

НИИ Микроприборов, НТУУ «КПИ» г. Киев

Полупроводниковые лазеры находят все более широкое применение в волоконно-оптических линиях связи, в метрологических системах, для накачки твердотельных лазеров и т.д. Типичный кристалл полупроводникового лазера имеет размеры $\sim 300 \times 300$ мкм с расположенной внутри гетероструктурой и активным слоем в виде полоски порядка $0,15 \times 10 \times 300$ мкм. Конструкция кристалла довольно сложна и состоит из последовательно расположенных слоев, которые несут наряду с функциональными и технологические нагрузки. Температурный режим гетероструктуры существенно влияет на основные рабочие характеристики лазера и в значительной степени определяет возможности технологической и функциональной интеграции элементов.

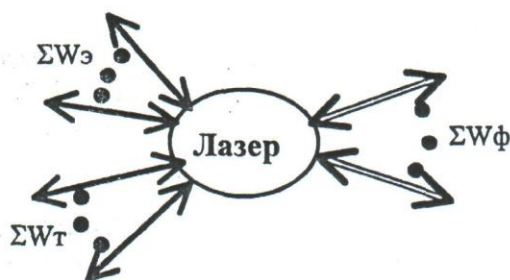
Расчет температурных режимов компонент лазера или температурных полей производится на основании моделей электрического, оптического и теплового потоков энергий. Элементами таких моделей могут быть:

- *Источники и приемники*, характеризующиеся геометрией и мощностью либо плотностью выделяемой или принимаемой энергии;
- *Проводники* энергии, характеризующиеся геометрией и соответственно электрическим, тепловым сопротивлениями или затуханием оптического поля.

Локальные *электрические* источники тепла в лазере образуются при прохождении электрического тока через элементы лазера в результате резистивного нагрева цепи и безизлучательной рекомбинации в активной области. Мощность тепловыделения на кондуктивных электрических элементах может быть определена из эквивалентной электрической схемы лазера.

Локальные *оптические* источники тепловыделения образуются при поглощении фотонов слоями гетероструктуры и элементами конструкции лазера. Мощность тепловыделения на элементах конструкции может быть определена теоретически или экспериментально из оптической схемы лазера и оптических нагрузок.

Локальными *приемниками тепловой энергии* являются элементы лазера либо окружающей среды: охлаждающий радиатор, микрохолодильник (активный приемник энергии) и др.

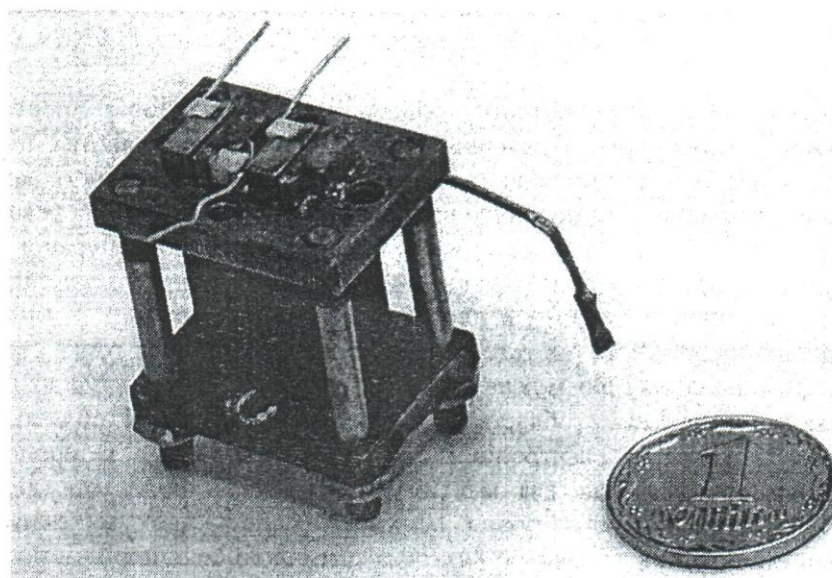


Для применения методов электрических цепей модели представляются в виде электрических, оптических либо тепловых схем, отражающих распределение соответствующих потоков энергии.

Очевидно, что в стационарном режиме работы лазера сумма мощностей всех внешних электрических, тепловых и оптических источников и приемников энергии равна нулю: $\Sigma W_{\text{э}} + \Sigma W_{\text{ф}} + \Sigma W_{\text{т}} = 0$.

Суммарное тепловое сопротивление конкретной конструкции лазера при задании предельно допустимой температуры лазерной структуры приводит к ограничению теплового потока от лазерной структуры и максимальной мощности, генерируемой лазерным диодом. Естественным вариантом решения проблемы увеличения генерируемой мощности представляется увеличение площади лазера либо числа лазерных структур (матрицы лазеров). Однако увеличение габаритов усложняет фокусировку излучения лазера. Другим решением является интенсификация теплоотвода, например, применение микроохладителей на основе эффекта Пельтье, которое при неизменном тепловом сопротивлении лазерной структуры позволяет увеличить тепловой поток и соответственно генерируемую мощность.

Перспективными, по нашему мнению, могут быть методы охлаждения лазерных кристаллов, основанные на применении тепловых труб (ТТ). Нами разработаны макетные образцы таких конструкций, одна из которых показана на фото. Материал корпуса ТТ и капиллярной структуры – медь. Теплоноситель – этиловый спирт.



В докладе приводятся основные теплопередающие характеристики ТТ и распределения температурных полей лазера.

Отводимую тепловую нагрузку можно определить в результате расчета. Исходными данными для расчета являются: допустимая температура поверхности ТТ в испарительной зоне, температура окружающей среды, условия теплоотвода от зоны конденсации ТТ, параметры капиллярной структуры, геометрические размеры испарительной транспортной и конденсационной зон ТТ, теплофизические параметры теплоносителя.

Методики разработки гетероструктуры и конструкции лазера основаны на САПР электрического и теплового проектирования. Моделирование тепловых процессов осуществляется методами теплоэлектрической аналогии, в которых процессы переноса тепловой энергии в конструкции заменяются процессами переноса электрической энергии. При этом разность температур ΔT заменяется потенциалом U , тепловой поток – током I , тепловое сопротивление $R = \Delta T / P$ [$^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$] заменяется электрическим сопротивлением $R = U / I$, [Ом] и др. Далее процессы в этой схеме исследуются методами теории электрических цепей.

При создании микролазерных устройств применительно к проблеме температурной стабилизации можно выделить следующие уровни решений:

1. Атомно-молекулярный уровень, на котором учитывается взаимодействие электронов с фононами кристаллической решетки. Он определяет квантовый выход излучения и поглощение энергии атомами решетки. Этот уровень определяет, как образуется источник тепловыделения;

2. Схемный уровень, на котором учитывается влияние источников тепловыделения на элементы схемы;

3. Приборный уровень, на котором методы отвода теплоты от лазерной структуры выбираются исходя из учета взаимодействия электрических, тепловых и оптических потоков энергии;

4. Архитектонный уровень термостабилизации характеристик лазеров, на котором обеспечивается необходимый температурный режим в заданных условиях окружающей среды.

Современные лазеры для передачи сверхскоростных информационных потоков характеризуются интеграцией оптических и электрических элементов и, таким образом, усложнением оптической схемы передачи оптических сигналов, что требует интеграции и соответствующих САПР.