

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ С ВЫВОДОМ ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ПОДЛОЖКУ

А. А. Маковский, М. С. Головчак, Е. В. Кудласевич

ВВЕДЕНИЕ

Полупроводниковые лазеры нашли широкое применение в различных областях науки и техники. Последнее время были достигнуты значительные успехи в создании мощных полупроводниковых лазеров. В основе концепции мощных полупроводниковых лазеров лежит лазерная двойная гетеро структура раздельного ограничения (ДСГ РО). Применение квантоворазмерных слоев в качестве активной области лазерной ДГС РО позволило снизить пороговые токи до 40 А/см^2 , а их несимметричное расположение позволило увеличить толщину волновода до 1,5–2 мкм при сохранении генерации на основной поперечной моде [1].

Использование нелегированного расширенного волновода, позволило значительно увеличить размеры кристалла (до 5 мм) [1]. В результате мощности генерации в непрерывном режиме были достигнуты порядка 27 Вт, а в импульсном значении пиковой мощности составило 145 Вт [2]. Однако высокие значения плотности мощности и значительный температурный перегрев не позволяют использовать такие лазеры длительное время, поэтому настоятельной потребности стала увеличение срока использования и дальнейшее повышение мощности излучения, получаемого от одного лазерного диода. Была реализована структура полупроводникового лазера с вытеканием оптического излучения на подложку. Распространяясь в подложке она занимает значительно большую площадь с которой излучение выходит из кристалла, что позволяет уменьшить плотности мощности [3]. Отличительной особенностью от таких лазеров – являлось малая толщина ограничительного слоя, не позволяющего удерживать оптическое излучение в волноводе.

Целью данной работы являлось исследование ватт-амперных и спектральных характеристик в зависимости от амплитуды и длительности импульса накачки, а так же оценка перегрева активной области лазера.

СТРУКТУРА ГЕТЕРОЛАЗЕРОВ

Лазерные структуры представляли собой квантово-размерные гетеро структуры раздельного ограничения с асимметричным положением активной области в сверх широком волноводе (2150 нм). Количество

квантовых ям равнялось 6, длина резонатора составила 0,8 и 0,9 мм. Напыление на торцы кристалла не наносилось. Лазеры с широким волноводом и увеличенным объёмом активной среды, содержащей шесть квантовых ям. Оптимизация такой структуры с целью вытекания значительной части излучения в подложку позволила получить сверхузкую диаграмму направленности в плоскости, перпендикулярной p - n -переходу. Выход излучения у лазерных диодов новой конструкции с вытеканием излучения в подложку составил более 90% в узком угловом интервале (около 1–2 град.). Экспериментальные исследования энергетических параметров полупроводниковых лазеров с выходной апертурой 360 мкм показали возможность получения импульсной энергии излучения 280 мкДж в режиме накачки импульсом тока с амплитудой 88 А и длительностью 5 мкс [4].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

На рисунке 1 представлена блок-схема экспериментальной установки. Блок питания(4) полупроводникового лазера(1), позволял изменять длительность, частоту и амплитуду накачки лазера. Излучение, прошедшее через объектив (7), регистрировалось фотодиодом (11), сигнал с которого поступал на плату цифрового осциллографа Bordo 221 (12) совмещенного с компьютером (10). Особенностью данной экспериментальной установки являлось наличие температурного датчика (2), расположенного на теплоотводе вблизи полупроводникового лазера (1), и элемента Пельтье (4) к обратной стороне, которого крепилась пластина, охлаждаемая проточной водой, это обеспечивало более плавную регулировку температуры.

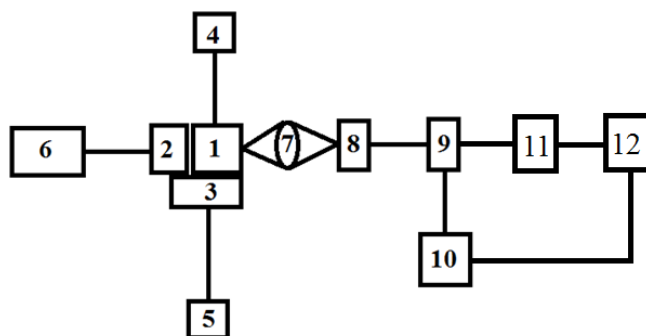


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки, где
 1 – полупроводниковый лазер, 2 – температурный датчик, 3 – элемент Пельтье,
 4 – источник питания полупроводникового лазера,
 5 – источник питания элемента Пельтье, 6 – цифровой вольтметр, 7 – объектив, 8 – ослабитель,
 9 – спектрометр S-100, 10 – компьютер, 11 – фотодиод, 12 – цифровой осциллограф

Особенность лазеров с вытекающей модой в том, что в перпендикулярной волноводу плоскости излучение выходит под углом 10 градусов,

причём значение ширины поля на половине интенсивности 2 градуса. В плоскости параллельной значению ширины поля на половине интенсивности 5 градусов, причём в лучших образцах [3].

В процессе экспериментов было обнаружено, что при частотах повторения импульсов токи накачки $f \geq 1$ кГц, лазер не успевал остывать между импульсами и температура теплоотвода повышалась на 3–5 °С. Поэтому нами была выбрана f 200 Гц, при которой при длительностях 1–5 мкс и амплитуде тока накачки до 30 А разогрев теплоотвода был невелик 0,5 °С.

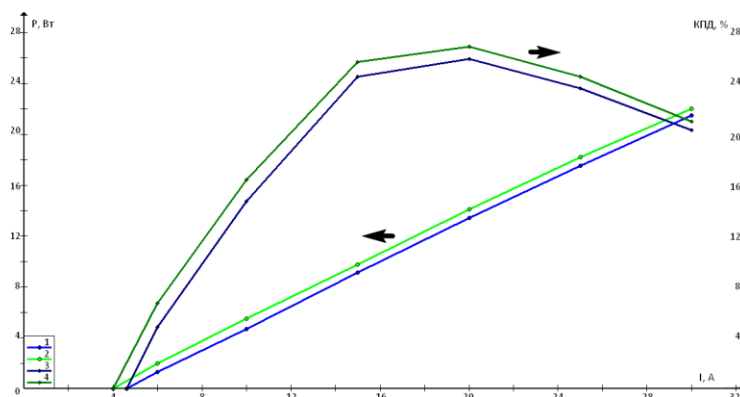


Рис. 2. Ватт-амперные характеристики (1,2) и зависимости КПД от тока накачки (3,4) при длительности импульса накачки 1 мкс (1, 3) и 5 мкс (2, 4).

На рисунке 2 представлена ватт-амперная характеристика лазера с вытекающей модой, и КПД при длительностях (1 мкс и 5 мкс) и зависимости от тока накачки. Из рисунка видно, что увеличение длительности приводит к увеличению порогового тока и уменьшению мощности генерации, что объясняется разогревом активной области полупроводникового лазера. КПД достигает максимума (29%) при 20 А. Вид зависимости является типичным, т.е. нарастание КПД от порога генерации, плавный выход в максимум и падающий участок зависимости при увеличении тока накачки, и наблюдается для других типов полупроводниковых лазеров. Ввиду высоких пороговых токов достижение максимального значения КПД происходит при больших токах (20А), а увеличение длительности приводит к падению КПД (1-2%).

Измерение спектральных характеристик проводилось с помощью спектрометра S-100. Ширина спектра генерации изменялась от тока и длительности, минимальное значение при 2 мкс и 10 А составило 4,5 нм, а максимальное при 3 мкс и 40 А составило 6 нм. Смещение максимума от длительности и тока изображены на рисунке 3. Смещение в длинноволновую область происходит из-за увеличения температуры в пределах импульса накачки. Следует учесть, что лазеры данного типа имеют КПД значительно уступающие лазерам без вытекающей моды. Поэтому значительная часть энергии накачки идет на разогрев лазера. Полученные

зависимости были линейные. Однако прямые на обоих рисунках не являлись параллельными это говорит о том что полного остывания лазера между импульсами не происходит. В результате происходит слабый температурный нагрев.

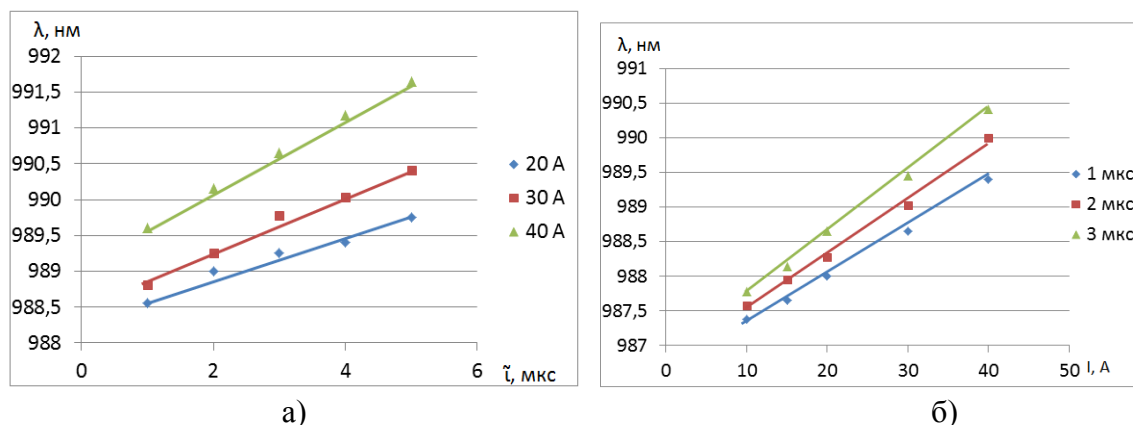


Рис. 3. Зависимости смещения максимума спектра от длительности (а) и амплитуды (б)

Для оценки перегрева активной области использовалась следующая методика. При увеличении амплитуды и длительности происходило смещение максимума спектра в длинноволновую область. Охлаждая теплоотвод, на котором был установлен лазер, с помощью элемента Пельтье, мы добивались смещения спектра в коротковолновую область и стабилизировали на пороге генерации. При этом фиксировалась температура теплоотвода датчиком. По разности температуры на пороге генерации и текущим значением тока накачки определялась температура перегрева активной области. Из рисунка 4 видно, что наибольший перегрев при длительности 1 мкс составил 11,5 градуса, при токе 50 А, а при длительности 3 мкс - 18 градусов.

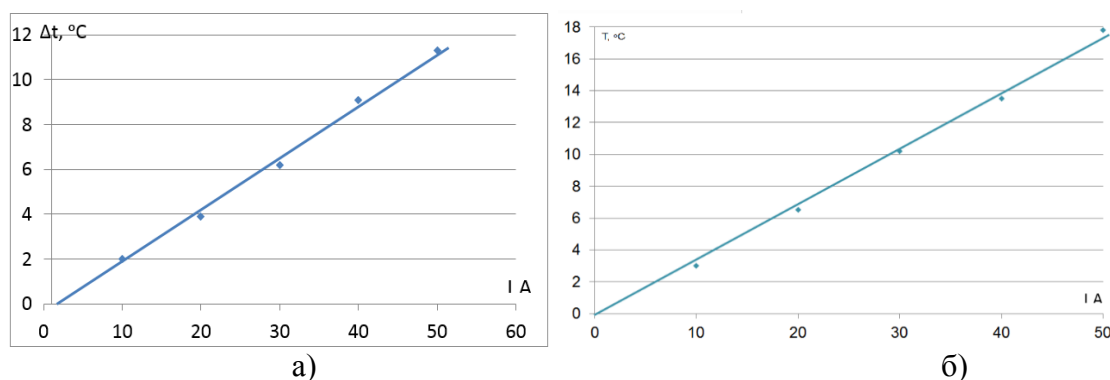


Рис. 4 . Зависимость температуры перегрева от тока накачки при длительностях: а) 1 мкс б) 3 мкс.

Эксплуатация при токе накачки порядка 140 А [4] будет приводить к перегреву 54 градусов, а при комнатной температуре 20 градусов тем-

температура эксплуатации лазера достигает 74 градусов. При таких температурах неизбежны насыщение ватт-амперных характеристик, падение мощности, а так же ускоренная деградация. Возможно, при таких амплитудах, частоту следования необходимо будет уменьшить до значения 10 Гц чтобы получить полное остывание лазерного диода в промежутках между импульсами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокие значения перегрева полученные для лазера с вытекающей модой объясняется высоким порогом генерации и низким значением КПД. И требует дальнейшего технологического совершенствования структуры.

Литература

1. *Тарасов И.С.* «Квантовая Электроника», 40, №8 (2010) С. 661–680.
2. *Слипченко С.О., Соколова З.Н., Пихтин Н.А., Борщев К.С., Винокуров Д.А., Тарасов И.С.*, ФТП, 40, №8, 2006, С. 1017–1023.
3. *Алешкин В.Я., Бабушкина Т.С.* Квантовая Электроника, 40 №10(2010) // С. 855–857.
4. *Некоркин С.М., Колесников М.Н., Дикарёва Н.В., Алёшкин В.Я., Дубинов А.А., Звонков Б.Н.* Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского, 2012, №1, С. 30–32

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПРЕДЕЛЕННОГО ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ

Д. А. Наумович

ВВЕДЕНИЕ

Распределенное хранение данных (РХД) является единственным возможным способом дистанционного хранения информации в децентрализованных одноранговых, в том числе и беспроводных самоорганизующихся (ad hoc) сетях, однако на данный момент не существует широко распространенных алгоритмов РХД, которые бы обеспечивали гибкость при работе с данными, имели высокую производительность и устойчивость к динамике ad hoc сетей. Таким образом, важной и актуальной задачей является разработка такого алгоритма с целью его применения в беспроводных самоорганизующихся сетях.