

К ВОПРОСУ О ЧАСТОТЕ САМОПОДДЕРЖИВАЮЩИХСЯ ПУЛЬСАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ В ИНЖЕКЦИОННЫХ ГЕТЕРОЛАЗЕРАХ

А.П. Богатов, П.Г. Елисеев, О.А. Кобилджанов, В.Р. Мадгазин, А.В. Хайдаров

Обнаружена линейная зависимость частоты пульсаций излучения от тока накачки полоскового инжекционного гетеролазера при полной глубине пульсаций во всем рабочем диапазоне лазерной генерации.

Исследование режима пульсаций в инжекционных лазерах проводилось многими авторами (см., напр., /1-3/). Сообщалось о режимах пульсаций интенсивности с изменением их глубины от 0 до 100% в разных участках рабочих характеристик лазеров при существенно нелинейной /1,3/ или кусочно-линейной /2/ зависимости частоты пульсаций f_p от тока накачки I в каждом случае, причем чаще всего она имела вид $f_p \propto \sqrt{I - I_t}$, где I_t — пороговый ток лазера.

Теоретические модели пульсирующего режима первоначально базировались в основном на процессах типа насыщения поглощения в активной среде инжекционного лазера /3/. В дальнейшем обнаружилось /4/, что явления деформации поперечного распределения поля в активной области лазера типа самофокусировки дают более сильный вклад в процессы флуктуаций в гетеролазерах без бокового оптического ограничения, допуская появление глубоких незатухающих пульсаций интенсивности их излучения /5/.

Целью данного исследования являлось определение зависимости f_p от I для образца лазера, демонстрирующего пульсации полной глубины во всем рабочем диапазоне. В качестве такого лазера был использован полосковый AlGaAs гетеролазер с шириной контакта ~ 10 мкм, толщиной активной области $\sim 0,1$ мкм и длиной ~ 220 мкм. Излучение лазерного диода фокусировалось на фотоприемник ЛФД-2, сигнал которого подавался на высокочастотный селективный микровольтметр DMS-4 и регистрировался на самописце. Оптический спектр контролировался спектрометром ДФС-24 с разрешением $0,3 \text{ \AA}$.

На рис. 1 показана ватт-амперная характеристика (ВтАХ) лазера при комнатной температуре. Пороговый ток $I_t = 160$ мА. Хорошо видно монотонное падение дифференциальной эффективности с ростом накачки, причем оно не было связано с тепловым перегревом диода. При помещении того же лазера во внешний селективный резонатор вследствие стабилизации поперечного распределения поля в активной области пульсации были полностью подавлены с уменьшением I_t на 10%, а ВтАХ стала линейной вплоть до 10 мВт.

На рис. 2 показаны оптические спектры лазера, соответствующие точкам А, В и С на ВтАХ рис. 1. Вследствие чирпинга в спектрах наблюдалось постоянное сильное уширение ($\sim 1,7 \text{ \AA}$) лазерных мод при межмодовом расстоянии $\sim 3,6 \text{ \AA}$, что позволяет оценить глубину относительных колебаний показателя преломления активной среды $\delta n/n$ на уровне $(2-3) \cdot 10^{-4}$.

Спектр фототока излучения лазера состоял из набора гармоник с равномерно спадающей амплитудой, причем оптическая мощность пульсаций на основной частоте составляла 0,5 от когерентной мощности лазера во всем диапазоне токов накачки, а соответствующая полуширина оставалась почти на постоянном уровне 4-5 МГц при увеличении f_p . Эти данные говорят о почти 100%-ной общей глубине пульсаций при их существенно негармонической форме, причем хаотичность пульсаций уменьшалась с ростом частоты.

Основной результат работы — зависимость f_p от I — представлен на рис. 3. Можно видеть, что эта зависимость с большой точностью оказывается линейной при изменении f_p почти на порядок. Аппроксимация графика дает при $f_p = 0$ значение $I = 159$ мА, что близко к I_t по ВтАХ рис. 1. Отличие исследованного нами случая пульсаций от описанных ранее заключается в постоянной глубине пульсаций при их максимальном размахе, что, по-видимому, исключило влияние других побочных эффектов (например, взаимосвязи глубины и частоты пульсаций), следствием чего и являлась линейная зависимость f_p от I . По нашему мнению зависимость типа $f_p \propto \sqrt{I - I_t}$, справедливая для слабых флуктуаций амплитуды, неадекватна при описании глубоких пульсаций.

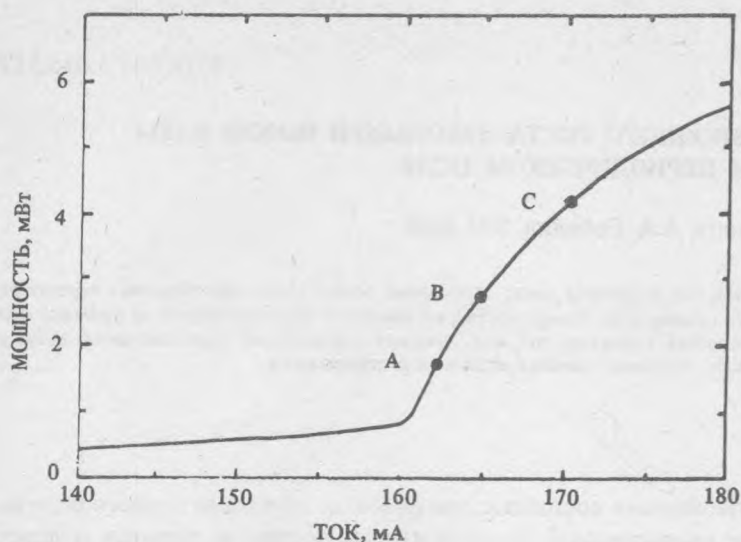


Рис. 1

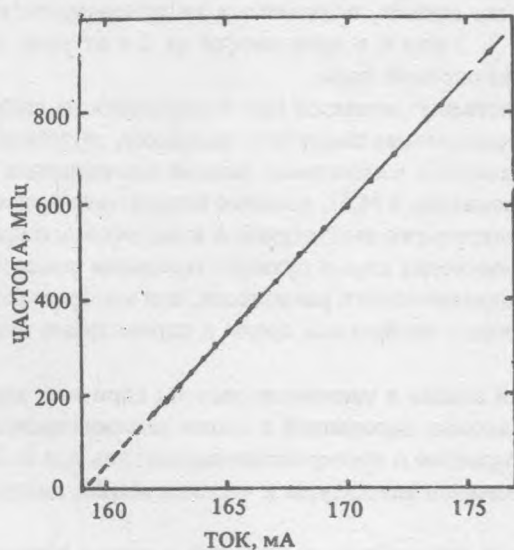


Рис. 3

Результаты данной работы позволяют сделать вывод, что при наличии сильных пульсаций излучения ($\sim 100\%$ глубины) по всему рабочему диапазону лазерной генерации частота пульсаций линейно зависит от тока накачки инжекционного гетеролазера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басов Н. Г. и др. ФТП, 1, 1570 (1967).
2. Arnold G., Petermann K. Opt. and Quant. Electron., 10, 311 (1978).
3. Van der Ziel J. P. et al. J. Appl. Phys., 50, 4620 (1979).
4. Бахерт Х.-Ю., Богатов А. П., Елисеев П. Г. Квантовая электроника, 5, 603 (1978).
5. Vuus J. IEEE J. of Quantum Electronics, QE-19, 953 (1983).

Рис. 1. Ватт-амперная характеристика лазера при работе в резонаторе, образованном собственными гранями полупроводника. Точкам А, В и С соответствуют спектры рисунка 2.

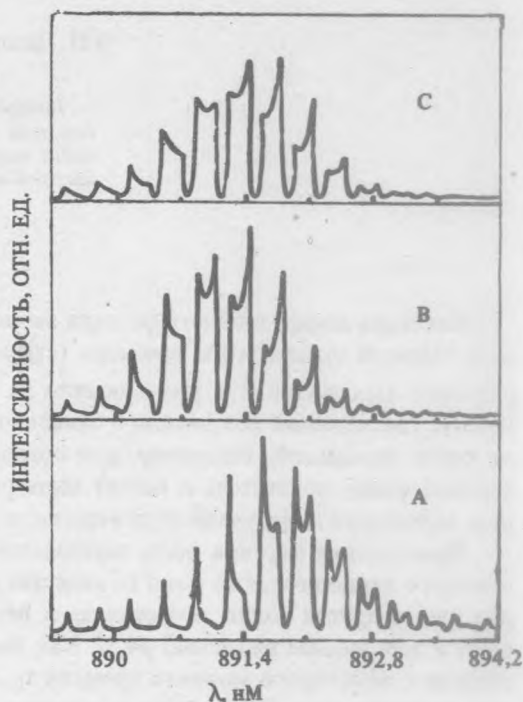


Рис. 2

Рис. 2. Оптические спектры излучения лазера, снятые при разной мощности генерации.

Рис. 3. Зависимость частоты пульсаций интенсивности излучения лазера от тока накачки.

Поступила в редакцию 31 июля 1986 г.