

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДЕГРАДАЦИЮ ГЕТЕРОЛАЗЕРОВ

Р.И. Андреева, П.Г. Елисеев, А.А. Кочетков

Получены расчетные и экспериментальные оценки влияния мощности лазерного излучения на скорость деградации.

Направленность экспериментальных исследований в области надежности инжекционных гетеролазеров определяется уровнем их развития и особенностями практического применения. До недавнего времени основное внимание уделялось изучению влияния тока накачки, температуры, объема отбраковочных испытаний и т.д. на скорость деградации. Проведение детального анализа зависимости ресурса непрерывных гетеролазеров от мощности излучения не являлось актуальной задачей. Необходимость таких исследований появилась в связи с созданием гетеролазеров, работающих в режиме непрерывной генерации при мощности излучения 10 – 40 мВт и более. Для гетеролазеров данного класса важной практической задачей является оценка ресурсных возможностей при различных уровнях выходной мощности излучения, в том числе и при повышенных температурах.

Рассматриваем случай параметрической деградации, когда плотность мощности излучения оказывает влияние на изменение параметров лазера. Режим испытаний был принят следующий: гетеролазеры работали при одинаковой токовой инжекции, а распределение значений мощности лазерного излучения характеризовалось малой дисперсией. Оценка изменения мощности излучения P за время ресурсных испытаний при таких условиях производилась с помощью выражения [1, 2]:

$$\bar{P} = \bar{P}_0 - c (\ln t - \ln \tau) = \bar{P}_0 - c [\ln t - \ln (\tau_{01} \tau_{02} \tau_3 \exp (E_a/kT))],$$

где \bar{P}_0 – средняя по образцам мощность лазерного излучения в начальный момент испытаний; t – время испытаний; E_a – энергия активации процесса деградации; k – постоянная Больцмана; T – температура активной области гетеролазера; $c = \text{const}$ для случая, когда дисперсия распределения мощности лазерного излучения не меняется в зависимости от времени t ; τ_{01} – время, соответствующее началу деградации гетеролазеров, когда оно не зависит от температуры испытаний, тока накачки и мощности лазерного излучения; $\tau_{02} = \exp(-aI_p)$, где $a = \text{const}$, I_p – ток накачки [2]; τ_3 – величина, определяющая влияние мощности излучения на деградацию гетеролазеров.

На опыте изменение скорости деградации гетеролазеров происходит, начиная с некоторого значения мощности P_{00} . Это подтверждается результатом работы [3], где показано, что существуют режимы, при которых величина плотности мощности излучения не оказывает существенного влияния на ресурс непрерывных гетеролазеров и $\tau_3 = \text{const}$. Если для режима испытаний при постоянной мощности излучения и малой дисперсии значений P принять представление величины $\tau_3 = \tau_{03}$ в виде $\exp[-\beta(\bar{P}_0 - P_{00})]$ при $P_0 > P_{00}$, то при постоянном токе накачки и одинаковой для всех гетеролазеров (с различными значениями \bar{P}_0) продолжительности испытаний изменение мощности лазерного излучения (малые значения $\Delta P/P_0$) определяется выражением:

$$\overline{\Delta P} = \bar{P}_0 - \bar{P} \approx \text{const} + c\beta (\bar{P}_0 - P_{00}),$$

где $P_0 > P_{00}$, а величина $\beta > 0$ определяется типом исследуемого гетеролазера и не зависит от величины плотности мощности лазерного излучения.

В соответствии с принятыми условиями испытаний при температуре + 70 °С были проведены ресурсные исследования гетеролазеров GaAlAs при различной выходной мощности, но при практически одинаковом уровне токовой инжекции. Мощность лазерного излучения в начальный момент испытаний при $T = 70$ °С устанавливалась от 4 до 25 мВт при среднем токе накачки 118 мА. Результаты испытаний при-

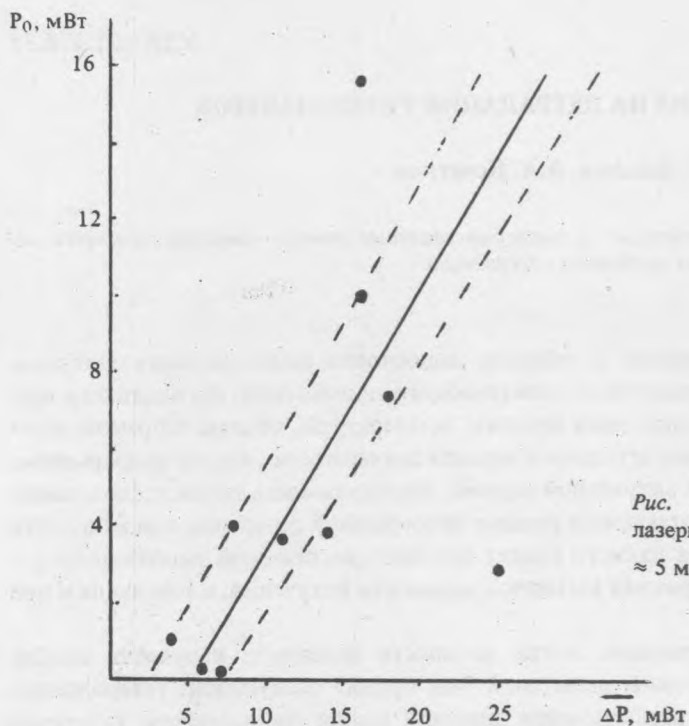


Рис. 1. Зависимость относительного изменения мощности лазерного излучения за время ресурсных испытаний ($P_{00} \approx 5$ мВт, $c\beta \approx 0,7$) от P_0 .

введены на рис. 1, из которого следует вывод о линейной зависимости $\overline{\Delta P}$ от величины $\overline{P_0}$. Следует отметить, что режим испытаний был выбран таким, что ток накачки гетеролазеров с большей мощностью излучения не превышал, а в отдельных случаях даже был меньше, чем для образцов с более низким уровнем выходной мощности лазерного излучения. Дисперсия распределения значений мощности лазерного излучения за время ресурсных испытаний не изменялась — это свидетельствует о том, что $c = \text{const}/1$, а величина β является постоянной. В связи с этим можно считать достоверными экспериментальные данные, подтверждающие правильность выбора выражения для величины τ_{02} . Используя предложенное представление τ_{03} и процедуру определения τ_3 [2], можно после некоторых преобразований получить выражение, описывающее зависимость τ_3 от времени испытаний для режима постоянного уровня инжекции:

$$\tau_3 = \tau_{03} (t/\tau_{00}) [(t - \tau_{00})(1 + \beta c)/\tau_{00} + 1]^{- (1 + \beta c)^{-1}},$$

$$\tau_{00} = \tau_{01}\tau_{02}\tau_{03} \exp(E_a/kT).$$

После снижения мощности лазерного излучения меньше P_{00} можно принять $\tau_3 = \tau_{03} = 1$, так как в этом случае величина P не будет оказывать практического влияния на скорость деградации гетеролазеров.

Исследования проводились при небольших изменениях мощности лазерного излучения в процессе наработки ($\overline{\Delta P}/P_0 \approx 0,3$), поэтому полученные экспериментальные результаты можно распространить на режим слабо меняющейся величины P . Вместе с тем, окончательный вывод может быть получен после подробных исследований различных типов гетеролазеров в большем интервале плотности мощности излучения и при различных рабочих температурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елисеев П. Г., Кочетков А. А. Квантовая электроника, **10**, 2118 (1983).
2. Елисеев П. Г., Кочетков А. А. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 6, 3 (1987).
3. Елисеев П. Г., Кочетков А. А. Надежность гетеролазеров. Итоги науки и техники. Сер. Электроника. М., ВИНТИ, 1989, т. 23, с. 53.

Поступила в редакцию 4 сентября 1990 г.