

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТБРАКОВКИ ПОТЕНЦИАЛЬНО НЕНАДЕЖНЫХ ГЕТЕРОЛАЗЕРОВ

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

*Рассмотрены условия проведения эффективной отбраковки инжекционных гетеролазеров с помощью статистических оценок. Приведены графические зависимости эффективности отбраковки для 95%-ного и 50%-ного ресурса.*

Для обеспечения практических задач применения оптоэлектроники в различных видах вычислительной техники, в системах связи и т.д. особое внимание уделяется достижению требуемой продолжительности надежной работы гетеролазеров, что обеспечивается, в частности, отбраковкой потенциально ненадежных образцов. Такая процедура необходима по той причине, что изготовленные по одной и той же технологии гетеролазеры могут существенно отличаться друг от друга по ресурсным показателям. Путем отбора малонадежных образцов можно увеличить практическую долговечность партии однотипных лазеров. При этом оказывается возможным выбирать из массива приборов образцы с повышенным ресурсом, что в ряде случаев является более экономически целесообразным решением по сравнению с созданием новой дорогостоящей технологии изготовления гетеролазеров.

Одним из возможных путей достижения эффективной отбраковки является использование статистического анализа изменения параметров гетеролазеров в процессе их наработки /1/. С помощью такого анализа можно определить условия правильного проведения отбраковочных мероприятий, используя для этой цели временные особенности средней интенсивности отказов  $\bar{\lambda}$ :

$$\bar{\lambda}t = \Phi^*(z_0) \exp \{-\sigma_0 z_0\}, \quad z_0 = \sigma_0^{-1} \ln(\bar{t}t^{-1}),$$

где  $\Phi^*(z_0)$  — нормальная функция распределения,  $\sigma_0^2$  — дисперсия распределения отказов гетеролазеров в масштабе  $\ln t$ ,  $\bar{t}$  — среднегеометрическое значение наработок,  $t$  — время.

На рис. 1 приведено семейство кривых, характеризующих изменение средней интенсивности отказов для различных значений  $\sigma_0$ . С течением времени по мере накопления отказов средняя интенсивность отказов монотонно возрастает до определенной величины, а затем ее производная меняет знак. Эта особенность  $\bar{\lambda}$  дает возможность определять минимальное время отбраковки посредством электротренировки: время испытаний (количество отказов) должно быть таким, чтобы после данной процедуры  $\partial \bar{\lambda} / \partial z_0 < 0$ . В противном случае средняя интенсивность отказов после электротренировки увеличивается, а эффективность отбраковки  $\eta = t_\gamma t_\gamma^{-1}$  ( $t_\gamma$ ,  $t_\gamma$  — гамма процентный ресурс до и после отбраковки) станет меньше единицы.

Расчет величины  $\eta$  производился с помощью выражений, полученных ранее в работе /1/:

$$\begin{aligned} t_\gamma &= 0,5 (t_1 + t_2 - 2t_T), \quad t_{\gamma_0} = 0,5 (t_1^0 + t_2^0), \quad h\sigma_0^{-1} = z_0, \\ \Phi^*(h_1\sigma_0^{-1}) &= 1 - 10^{-2} \gamma [1 - \Phi^*(h_T\sigma_0^{-1})], \quad h_1 = \ln(t_1\bar{t}^{-1}), \\ \Phi^*(h_1^0\sigma_0^{-1}) &= 1 - 10^{-2} \gamma, \quad h_1^0 = \ln(t_1^0\bar{t}^{-1}), \quad h_T = \ln(t_T\bar{t}^{-1}), \\ \Phi^*(h_2\sigma_0^{-1}) &= 1 - 10^{-2} \gamma [1 - \Phi^*(h_T\sigma_0^{-1})] + N^{-1}, \quad h_2 = \ln(t_2\bar{t}^{-1}), \\ \Phi^*(h_2^0\sigma_0^{-1}) &= 1 - 10^{-2} (\gamma - n), \quad n = 10^2 N^{-1}, \quad h_2^0 = \ln(t_2^0\bar{t}^{-1}), \end{aligned}$$

где  $t_T$  — время электротренировки,  $N$  — число гетеролазеров в партии до отбраковки.

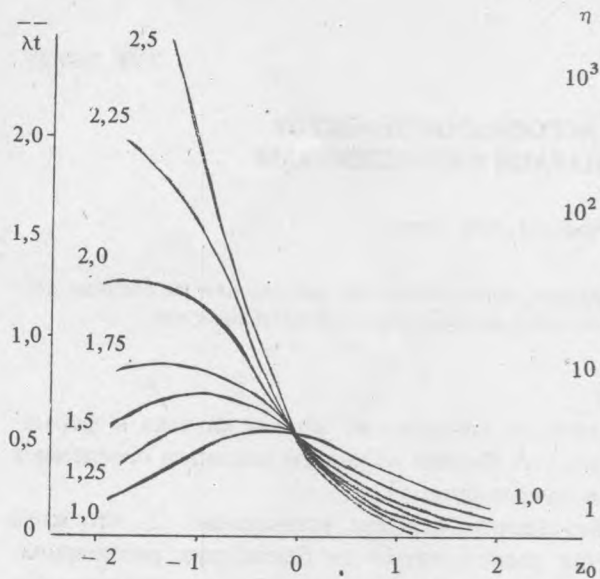


Рис. 1. Зависимость нормированной средней интенсивности отказов  $\lambda \cdot t$  от продолжительности работы (числа отказов) гетеролазеров при различных  $\sigma_0$ .

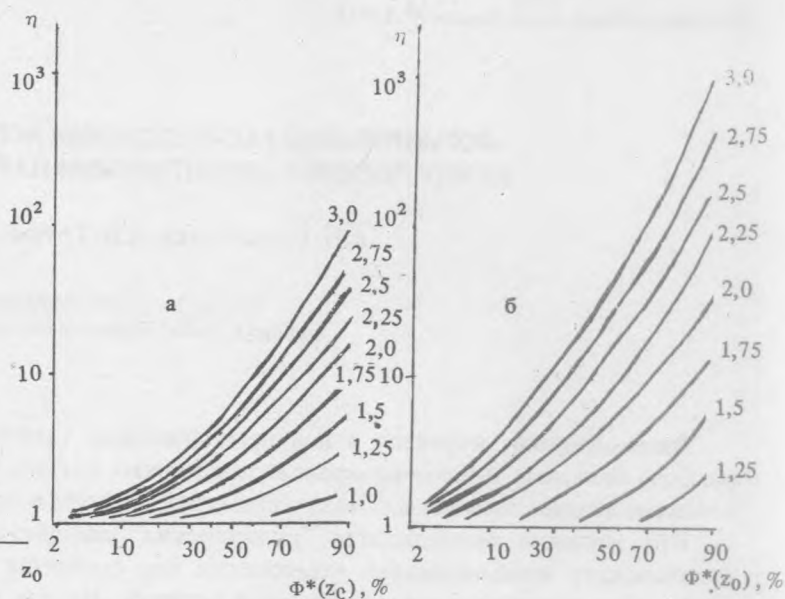


Рис. 2. Зависимость эффективности  $\eta$  от продолжительности отбраковки при различных  $\sigma_0$  для  $\gamma = 50\%$  (а) и  $95\%$  (б).

На рис. 2. приведены зависимости эффективности тренировки гетеролазеров для  $\gamma = 50\%$  и  $95\%$ . Расчеты приведены только для  $N = 100$ , так как этих данных вполне достаточно для практической работы благодаря тому, что в интервале реальных значений  $N$  от 25 до 150 величина  $\eta$  изменяется незначительно. Подтверждение вышеизложенного условия проведения отбраковки следует из приведенных на рис. 1 и 2 зависимостей, из которых видно, что значения эффективности  $\eta$  устанавливаются больше единицы, когда за счет "отсева" гетеролазеров с малым ресурсом величина  $\lambda$  начинает убывать (рис. 1). Именно выполнение этого условия обеспечивает правильное проведение процедуры отбраковки, исключая тем самым так называемый период приработки изделий. Отбраковку наиболее целесообразно проводить при повышенной температуре  $\sim 70-90^\circ\text{C}$ , что позволяет более оперативно формировать партию образцов с повышенным ресурсом. При этом важно отметить, что величина  $\sigma_0$  с достаточной степенью точности не меняет своего значения в интервале температур  $25-90^\circ\text{C}$ . В качестве критерия отказа удобно выбрать  $\sim 10-20\%$ -ное снижение мощности лазерного излучения, а в режиме регулируемой инжекции  $\sim 5-10\%$ -ное увеличение тока накачки. Однако в зависимости от типа гетеролазера допустимое изменение параметров может варьироваться в определенных пределах, определяемых функциональным назначением лазера.

Полученные статистические оценки эффективности отбраковки позволяют производить достаточно точный расчет повышения ресурсных показателей гетеролазеров с учетом заданной величины  $\gamma$  и при любых значениях  $\sigma_0$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Елисеев П. Г., Кочетков А. А. Квантовая электроника, 10, 2118 (1983).

Поступила в редакцию 13 апреля 1990 г.