

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Б. Тарасов. Исследование параметров возмущающих вибраций на приборы для линейных и угловых измерений. — «Измерительная техника», 1974, № 10, с. 25—26.
2. Н. Wiele. Beeinflussung der temperaturbedingten Abweichungen an Werkzeugmaschinen durch die Betriebsbedingungen. — «Maschinenbautechnik», 1974, № 6, S. 249—255.
3. В. П. Коронкевич, В. А. Ханов. Изучение спектральных характеристик излучения гелий-неоновых лазеров, стабилизированных по провалу Лэмба. — «Автометрия», 1975, № 5, с. 73—80.
4. Ю. В. Троицкий. Осциллографическая регистрация появления внесосевых мод в газовом ОКГ. — «Приборы и техника эксперимента», 1973, № 2, с. 179—180.
5. Р. Кольер, К. Беркхарт, Л. Лин. Оптическая голография. М., «Мир», 1973, с. 200—205.
6. В. А. Ханов, В. А. Шаталов. Разработка и исследование He-Ne ОКГ для лазерных измерителей перемещений. — II Всесоюз. научно-техническая конференция «Проблемы теоретической и экспериментальной метрологии». (Тезисы). Л., ВНИИМ, 1975.
7. С. Я. Доброва, А. В. Золотов, Н. Е. Левандовская, В. П. Майоров, А. К. Мовшев, А. В. Попова, Е. И. Финкельштейн, В. И. Халимонов. Промышленный лазерный измеритель перемещений ФОР-1. — «Автометрия», 1975, № 5, с. 43—48.

Поступила в редакцию 2 декабря 1975 г.

УДК 621.375.826

Н. К. БЕРГЕР, В. В. НОВОХАТСКИЙ

(Хабаровск)

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ГАЗОВОГО ЛАЗЕРА

Коэффициент усиления активной среды — один из основных параметров оптических квантовых генераторов. Измерение коэффициента усиления производится обычно либо методом усилителя [1—3], либо методом максимальных потерь. Принцип последнего метода состоит в следующем. При стационарной генерации усиление всегда равно потерям в резонаторе. При отсутствии оптических элементов внутри резонатора насыщенный коэффициент усиления определяется потерями на зеркалах. При введении в резонатор калиброванных потерь, приводящих к срыву генерации, суммарные потери равны ненасыщенному коэффициенту усиления. Таким образом можно определить ненасыщенный коэффициент усиления, а также зависимость коэффициента усиления от мощности и параметр насыщения. В качестве калиброванного ослабителя обычно используется плоскопараллельная пластинка, ориентированная вблизи угла Брюстера [4]. Был предложен метод внесения потерь путем изменения эквивалентного коэффициента отражения в трехзеркальном резонаторе [5]. Однако метод с пластинкой трудно использовать в случае, когда лазер работает почти на пороге генерации, или в противоположном случае, когда большая мощность в резонаторе приводит к выходу из строя оптических элементов. Кроме того, метод не пригоден для лазеров с внутренними зеркалами. В последнем случае можно применять метод трехзеркального резонатора. Но здесь возникают сложности, связанные с юстировкой и согласованием третьего зеркала.

В настоящей работе предлагается метод измерения коэффициента усиления, в котором потери в резонаторе меняются при разъюстировке одного из зеркал. Удобство данного метода в том, что для измерения коэффициента усиления не нужны, практически, дополнительные приспособления. Как правило, в лазере всегда есть устройство для юстировки зеркала и диафрагма для выделения основной моды.

Расчет дифракционных потерь при разъюстировке сферических зеркал резонатора выполнен в работе [6]. Там показано, что при разъюстировке на угол δ сферического зеркала радиусом R_1 с диафрагмой радиусом A потери для основной моды можно определить по формуле

$$\sigma_d = 1 - 2e^{-\gamma_1^2 \sqrt{N_1}} \int_0^{\gamma_1^2 \sqrt{N_1}} e^{-t^2} I_0(2t\gamma_1) t dt. \quad (1)$$

Здесь $I_0(x)$ — функция Бесселя мнимого аргумента; $\gamma_1 = \Delta_1/a_1$ — отношение смещения амплитудного распределения на зеркале к ширине этого распределения,

$$\Delta_1 = [(1-g_1)/(1-g_1g_2)] R_1 \delta; a_1^2 = l/k \sqrt{g_2/[g_1(1-g_1g_2)]};$$

N_1 — эквивалентное число Френеля для первого зеркала:

$$N_1 = kA^2/l \sqrt{[g_1(1-g_1g_2)]/g_2}$$

(k — волновое число, l — длина резонатора, R_2 — радиус кривизны второго зеркала; $g_1 = l/R_1$; $g_2 = 1 - l/R_2$). При условии, что $2\gamma_1 \sqrt{N_1} \ll \ll 1$, выражение (1) можно упростить:

$$\sigma_d = e^{-N_1} (1 + \gamma_1^2 N_1). \quad (2)$$

Экспериментальная проверка теоретических расчетов была выполнена в работе [7].

На рис. 1 приведена блок-схема установки для измерения усиления. Измерение проводилось на He-Ne лазере 1 с длиной волны излучения 0,63 мкм. Расстояние между зеркалами равно 590 мм, длина разрядного промежутка 350 мм. Для выделения основной моды в резонатор помещалась диафрагма 2 с радиусом 0,95 мм. Сферическое зеркало 3 с радиусом кривизны 2,0 м могло юстироваться с помощью микрометрических винтов, а также более точно с помощью пьезокерамического узла. Измерение угла разъюстировки с точностью до 1" производилось автоколлиматором 5 по повороту зеркала 4, жестко связанного с лазерным зеркалом 3. Относительная мощность излучения измерялась фотоэлектронным умножителем 6 и микроамперметром 7. Коэффициенты отражения зеркал были измерены и составили 99,1% для плоского зеркала и 98,8% — для сферического.

Для проверки предлагаемого метода проводилось независимое измерение коэффициента усиления известным способом калиброванных потерь, создаваемых плоскопараллельной пластинкой 8 толщиной 2,6 мм.

На рис. 2 приведен экспериментальный график зависимости относительной мощности от угла разъюстировки.

Для этих же углов рассчитаны дифракционные потери. Так как условие $2\gamma_1 \sqrt{N_1} \ll 1$ выполняется не для всех углов, то формулой (2) воспользоваться нельзя и расчеты про-

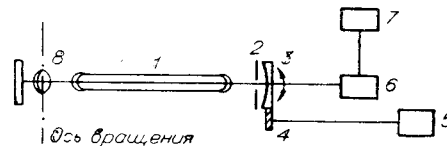


Рис. 1. Блок-схема измерительной установки:

1 — лазер, 2 — диафрагма, 3 — сферическое зеркало, 4 — контрольное зеркало, 5 — автоколлиматор, 6 — ФЭУ, 7 — микроамперметр, 8 — пластинка для введения калиброванных потерь.

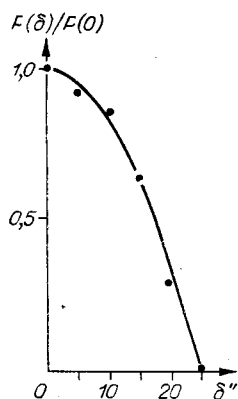


Рис. 2. Зависимость мощности излучения от угла разъюстировки (ток разряда 12 мА, $P_{\text{Ne}}:P_{\text{He}}=1:5$).

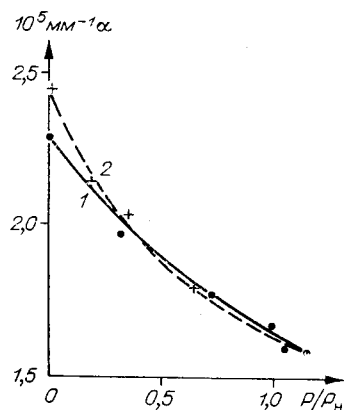


Рис. 3. Зависимость коэффициента усиления от относительной мощности (P_n — мощность насыщения). Кривые получены для лазера со смесью 1:5 при давлении 2.0 мм рт. ст.:

1 — три разъюстировке сферического зеркала (точки); 2 — методом вносимых потерь (крестики).

водились на ЭВМ по формуле (1). Усиление для каждого угла равно сумме дифракционных потерь и потерь на отражение (потерями в окнах Брюстера пренебрегаем). Рассчитанная таким образом зависимость коэффициента усиления от мощности приведена на рис. 3 (кривая 1). Для сравнения на этом же рисунке показана зависимость коэффициента усиления от мощности, измеренная с помощью плоскопараллельной пластинки (кривая 2). Как видно из сравнения кривых, оба метода дают хорошо согласующиеся результаты. Наибольшее расхождение (примерно 6%) имеет место на пороге генерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Herziger, W. Holzapfel, W. Seelig. Verstärkung einer He-Ne-Gasentladung für die Laserwellenlänge $\lambda=6328$ Å. — "Z. für Physik", 1966, Bd 189, S. 385—400.
2. И. В. Черемискин, В. С. Макеев, И. В. Соболев. Экспериментальное определение коэффициента усиления света в газовом разряде. — «Опт. и спектр.», 1966, т. 20, вып. 2, с. 342—344.
3. А. П. Скибарко, Ю. В. Причко. Измерение усиления когерентного оптического излучения в трубке со смесью He-Ne. — «Опт. и спектр.», 1966, т. 20, вып. 5, с. 908—910.
4. Ю. В. Троицкий. Об одном методе измерения потерь в оптическом резонаторе. — «Радиотехника и электроника», 1965, т. 10, вып. 5, с. 954—956.
5. В. В. Лебедева, И. В. Лебедев, А. И. Одинцов. Измерение насыщения коэффициента усиления в лазерах. — «Опт. и спектр.», 1967, т. 23, вып. 2, с. 294—297.
6. Ю. Н. Лукьянов, А. Д. Федоров. Открытый разъюстированный резонатор со сферическими зеркалами. — В кн.: Лазерные пучки. Хабаровск, РИО Хабаровского политехн. ин-та, 1975.
7. В. В. Новохатский, Ю. Е. Студеникин. Измерение параметров лазерного пучка при разъюстировке зеркал резонатора. — В кн.: Лазерные пучки. Хабаровск, РИО Хабаровского политехн. ин-та, 1975.

Поступила в редакцию 20 мая 1975 г.;
окончательный вариант — 23 октября 1975 г.