

Рис. 2. Осциллограммы электрических аналогов распределения освещенности в плоскости фотокатода диссектора:  
 а — светодиода; б — элементов СДМ; масштаб по вертикали 0,05 В/дел., по горизонтали — 10 мкс/дел.

электрических аналогов распределения освещенности от светодиода и излучающих переходов в плоскости фотокатода диссектора приведены на рис. 2. Яркость светодиода, рассчитанная по формуле (1) при  $\beta_0 = 25$  м/с;  $K_0 = 67,47$  лм/Вт;  $S_0 = 10^{-6}$  м<sup>2</sup>;  $\Phi_{\text{max}} = 86,4$  мА/Вт;  $\omega_0 = 10^{-1}$  ср, совпадает с имеющимся значением с точностью до 1–2 нт.

Яркость  $V$  одного из переходов матрицы (наибольшее значение ампер-секундной площади на рис. 2, б), определенная по описываемому методу при  $B_0 = 43$  нт;  $\beta = 50$  м/с;  $K = 85,64$  лм/Вт;  $S = 14 \cdot 10^{-10}$  м<sup>2</sup>;  $\omega = 2 \cdot 10^{-1}$  ср, составляет  $1,75 \cdot 10^4$  нт. Коэффициенты  $K$  и  $K_0$  вычисляются по методике, предложенной в работе [2]. Яркость того же излучающего перехода, рассчитанная с учетом светового к. п. д., составляющего приблизительно 1%, равна  $1,25 \cdot 10^4$  нт. Сравнение этих значений показывает, что они достаточно хорошо совпадают. Погрешность данного метода в основном определяется точностью вычисления ампер-секундной площади электрического аналога.

В заключение необходимо отметить, что применение установки позволяет автоматизировать процесс измерения нескольких излучающих объектов, расположенных по направлению сканирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Д. Баглай, А. М. Искольдский, М. И. Кудряшов, Ю. Е. Нестерихин. Электронно-оптический регистратор «Спектр» как элемент системы автоматизации спектральных исследований.— «Автометрия», 1971, № 6, с. 24–41.
2. Н. А. Соболева, А. Е. Меламид. Фотозлектронные приборы. М., «Высшая школа», 1974. 91 с.
3. Э. С. Гудз, И. Е. Марончук, Ю. Е. Марончук, А. П. Шерстяков, Н. А. Якушева. Электролюминесцентный экран матричного типа, излучающий в видимой области спектра.— «Электронная техника», 1972, сер. вып. 4 (68), с. 120–122.

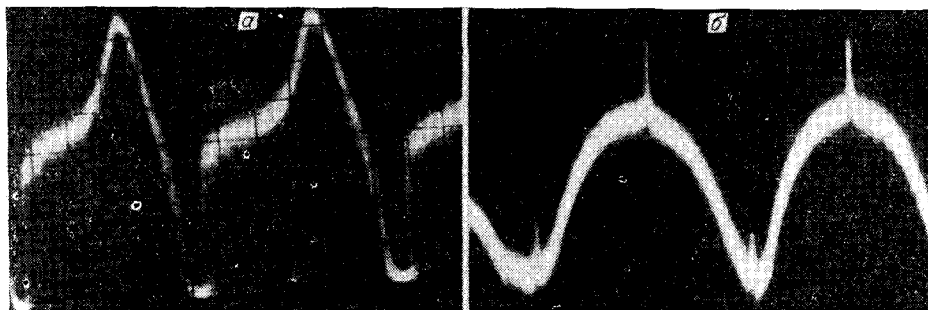
Поступило в редакцию 15 сентября 1975 г.;  
 окончательный вариант — 27 ноября 1975 г.

УДК 535 : 853 : 621.37

Л. Г. ВАСИЛЬЕВА, Ю. Д. КОЛОМНИКОВ, Д. А. СОЛОМАХА  
 (Новосибирск)

#### ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ОКГ С НЕОНОВОЙ ЯЧЕЙКОЙ ПОГЛОЩЕНИЯ

Согласно ГОСТу 8.101-73 в качестве рабочих эталонов длин волн для спектроскопии рекомендуется использовать длины волн генерации ОКГ со стабилизацией частоты по резонансам мощности, получаемым с помощью насыщенного поглощения ввиду высокой воспроизводимости частоты [1]. С помощью таких эталонных ОКГ в соответ-



ствии с поверочной схемой может производиться аттестация длин волн других ОКГ. Такая аттестация необходима, например, для ОКГ в устройствах измерения длин и перемещений [2], при многочисленных в недалеком будущем применениях лазерной спектроскопии (инициирование фотохимических реакций, разделение изотопов [3]), в схемах аттестации спектрофотометров и привязки шкал.

В настоящем сообщении обсуждаются результаты абсолютных измерений длины волны излучения  $0,63 \text{ мкм}$   $^3\text{He-}^{20}\text{Ne}$  ОКГ со стабилизацией частоты по пику насыщенного поглощения в ячейке с  $^{20}\text{Ne}$  ( $^3\text{He-}^{20}\text{Ne}/^{20}\text{Ne}$ ). Конструкция прибора описана в работе [4]. Как было показано [5, 6], такой генератор обеспечивает достижение значений нестабильности и воспроизводимости частоты генерации не ниже  $10^{-9}$ , что позволяет применять его в схемах метрологической аттестации длин волн ОКГ.

Измерение длины волны  $\lambda_x$  указанного генератора осуществлялось двумя различными методами: 1) сравнением с длиной волны  $\lambda_{3,39}$   $^3\text{He-}^{22}\text{Ne}/\text{CH}_4$  ОКГ в интерферометре Майкельсона с динамическим счетом интерференционных полос [7]; 2) сравнением с первичной эталонной длиной волны  $\lambda_s$  излучения лампы с  $^{86}\text{Kr}$  (конструкции и аттестации ВНИИМ).

Перед началом измерений осуществлялся контроль выходных контуров ОКГ с целью оптимизировать параметры пиков мощности, затем проверялась надежность работы систем автоподстройки частоты. На рисунке *а, б* представлены характерные контуры выходной мощности для измеряемого и образцового ОКГ соответственно.

Первым методом было сделано 11 серий измерений на исходной образцовой установке с динамическим счетом интерференционных полос. В каждой серии взято не менее 10 отдельных измерений, проводимых в короткий интервал времени. Между собой серии охватывали период более года, следовательно, выполнены в несколько разных физических условиях, заключающих в себе как изменения окружающей среды, так и многократные юстировки аппаратуры. Поэтому различные серии измерений обработаны как неравнозначные измерения одной величины.

Если принять значение длины волны в вакууме [8]  $\lambda_{\text{в.р.}} = 3392,23140 \text{ нм}$ , измеренное значение  $\lambda_x$  длины волны ОКГ с неоновой ячейкой лежит в интервале  $632,99149 \pm \pm 0,00004 \text{ нм}$  с достоверной вероятностью 0,95.

Абсолютное измерение  $\lambda_x$  по  $\lambda_s = 605,78021 \text{ нм}$  криптона дало возможность уточнить значение  $\lambda_x$ , полученное в предыдущих измерениях. Измерение производилось на установке для абсолютных измерений длин волн [9], утвержденной в СНИИМ в качестве исходной образцовой установки, позволяющей производить такие измерения с относительной погрешностью не хуже  $3 \cdot 10^{-8}$ . Для измерений использовался интерферометр Фабри—Перо с корпусом из плавленого кварца, паспортная толщина которого при  $20^\circ\text{C}$  равнялась  $99,99959_3 \text{ мм}$ . Уточнение целых порядков интерференции проводилось методом дробных частей по четырем известным длинам волн криптона, а абсолютные измерения — по оранжевой  $\lambda_s$  и желто-зеленой  $\lambda_{\text{ж}} = 587,25415 \text{ нм}$  линиям.

Исключение погрешностей из-за фазовых сдвигов на отражающих поверхностях производилось методом поправок к порядковому числу на фазовый сдвиг и методом двух интерферометров. Если число порядков обозначить  $p + \epsilon$  ( $p$  — целое число,  $\epsilon$  — дробная часть), то поправка на фазовый сдвиг для серебряных покрытий принималась равной  $-1 + 0,80 = -0,20$  ( $-1$  — потеря полуволны,  $+0,80$  — фазовый сдвиг) [10], а число порядков на геометрической толщине интерферометра — равным  $p + \epsilon - 0,20$ . Для достаточно близких длин волн приближенность этой поправки сказывается мало. Этим методом в первой серии (по  $\lambda_s$ ) получено среднее из пяти измерений  $\lambda_x = 632,99151_1 \text{ нм}$  со среднеквадратическим отклонением  $\pm 0,000012 \text{ нм}$ , во второй серии (по  $\lambda_{\text{ж}}$ ) — среднее из пяти измерений —  $\lambda_x = 632,99152_8 \text{ нм}$  со среднеквадратическим отклонением  $\pm 0,000017 \text{ нм}$ . Дисперсионный анализ показал, что различие между двумя сериями при 95%-ной достоверной вероятности близко к значимому. Средневзвешенное двух серий измерений дало с точностью до значащих цифр

$$\lambda_x = 632,99152 \pm 0,00002 \text{ нм},$$

где погрешность соответствует 95%-ной достоверной вероятности при десяти измерениях.

Метод двух интерферометров (при толщине второго интерферометра 30 мм) дал тот же результат при несколько большей погрешности.

Для проверки воспроизводимости получаемых результатов с интервалом 1 и 6 месяцев были проведены серии измерений  $\lambda_x$  по  $\lambda_s$ , которые дали незначимые отклонения. В работе [11] опубликован результат измерений длины волны ОКГ такого же типа, с которым наш результат совпадает. Воспроизводимость значения длины волны ОКГ данного типа и данной конструкции, а также наличие средств сличения (ОКГ на  $^3\text{He}$ - $^{22}\text{Ne}/\text{CH}_4$ , интерферометр Майкельсона со счетом интерференционных полос, установка для абсолютных измерений длин волн) дают основание представить указанные ОКГ к аттестации в качестве рабочих эталонов единицы длины для спектроскопии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Р. Батарчукова, Ц. И. Глозман, Л. А. Ирикова, А. И. Карташев, Е. А. Птицина. Государственный специальный эталон длины для спектроскопии в диапазоне 0,186—30 мкм.— «Измерительная техника», 1974, № 6, с. 49.
2. В. П. Коронкевич, Г. А. Ленкова. Лазерный интерферометр для измерения длины.— «Автометрия», 1971, № 1, с. 4.
3. Всесоюзный симпозиум по физике газовых лазеров. (Тезисы докладов.) Новосибирск, «Наука», 1975.
4. В. И. Бобрик, В. Г. Гольдорт, Ю. Д. Коломников, Ю. Я. Печерский. Стабилизированные по частоте ОКГ.— «Измерительная техника», 1974, № 8, с. 67.
5. С. Н. Багаев, Ю. Д. Коломников, В. П. Чеботаев. Стабилизация и воспроизводимость частоты гелий-неонового лазера на 0,63 мкм.— «Измерительная техника», 1968, № 8, с. 27.
6. Г. М. Страховский, В. М. Татаренков, А. Н. Титов. Стабилизация частоты гелий-неонового ОКГ на 0,63 мкм с внутренней поглощающей ячейкой.— «Измерительная техника», 1970, № 12, с. 25.
7. Б. Л. Буковский, Л. А. Кончухидзе, А. К. Торопов. Установка для измерения длин волн ОКГ в инфракрасной области.— Труды СНИИМ. Вып. 9. Новосибирск, 1971, с. 36.
8. Рекомендации. Консультативного комитета по определению метра (июнь 1973 г.).— «J. Terrien Metrologia», 1974, vol. 10, № 2, p. 75.
9. Д. А. Соломаха. Систематические погрешности измерения длин волн ОКГ при помощи интерферометра Фабри — Перо.— «Измерительная техника», 1973, № 8, с. 32.
10. Г. В. Розенберг. Оптика тонкослойных покрытий, М., Физматгиз, 1958. 296 с.
11. Н. А. Калинин. Абсолютные измерения длины волны 633 нм гелий-неонового лазера с внутренней поглощающей ячейкой.— «Измерительная техника», 1968, № 12, с. 27.

Поступило в редакцию 5 февраля 1976 г.

УДК 621.375.826

Н. К. БЕРГЕР, Е. Н. БОНДАРЧУК, В. В. ДЕМБОВЕЦКИЙ  
(Хабаровск)

#### МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ЗЕРКАЛ

Для большинства исследований, связанных с применением лазеров, необходимо знать добротность резонатора, которая определяется коэффициентом отражения зеркал. У лазеров с малым усилением этот коэффициент близок к единице. Определение коэффициента отражения обычным способом, например методом спектрофотометрирования, не дает нужной точности.

Предлагаемая методика позволяет определить коэффициент отражения, близкий к единице, с точностью порядка 0,001. Суть метода заключается в следующем.

Из зеркал, коэффициент отражения которых нужно измерить, образуют интерферометр Фабри — Перо. Для плоских зеркал с одинаковым коэффициентом отражения  $r$  интенсивность излучения, прошедшего через резонатор, будет описываться формулой [1]

$$I_{\text{ВЫХ}} = I_0 \frac{\tau_2}{(1-r)^2 + 4r \sin^2 \frac{\delta}{2}}, \quad (1)$$