

ИЗМЕРИТЕЛЬ МАЛЫХ УРОВНЕЙ МОЩНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ

Широкое использование в аналитической технике источников оптического излучения малой мощности требует соответствующего развития средств измерения их характеристик, важнейшей из которых является мощность излучения. Промышленный измеритель средней мощности и энергии лазерного излучения ИМО-2Н позволяет с погрешностью 10 % проводить измерения, начиная только с уровня 10^{-3} Вт, и обладает постоянной времени $\tau=40$ с. Неселективный измеритель малых уровней мощности оптического излучения, описанный ранее*, имеет нижний предел измерения $5 \cdot 10^{-5}$ Вт с погрешностью 9 % и постоянную времени $\tau=3$ с. В настоящей статье излагаются результаты разработки и исследования сходного, по основным характеристикам, измерителя на более современной элементной базе, снабженного цифровой индикацией, имеющего автоматическое переключение пределов измерения и возможность включения в автоматизированную систему.

В основу работы измерителя положен принцип преобразования мощности электромагнитного излучения в тепловую мощность и измерение образуемого на выходе измерительного преобразователя электрического напряжения.

Преобразование мощности электромагнитного излучения в электрическое напряжение осуществляется с помощью термисторного моста, в противоположные ветви которого включены термисторы, находящиеся в тепловом контакте с рабочим и компенсационными приемными элементами измерительной головки. Мост питается от гальванического элемента с напряжением 1,5 В. Электрическое напряжение, возникающее при разбалансировании термисторного моста, измеряется блоком ваттметра измерительным Я2М-66. Элементы пассивных ветвей термисторного моста и его питания смонтированы в малогабаритном блоке, включенном в разрыв кабеля, соединяющего измерительную головку с блоком ваттметра измерительным Я2М-66.

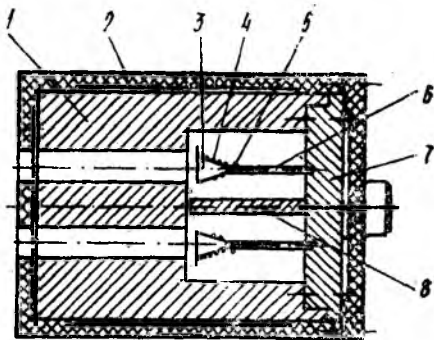
Конструкция измерительной головки приведена на рисунке. В цилиндрическом дюралевом корпусе 1 с пластмассовой теплоизолирующей оболочкой 2 размещены два идентичных приемных элемента (рабочий и компенсационный), разделенные медным экраном 8. Приемными элементами служат тонкостенные медные гальванически оксидированные конуса с диаметром основания 6 мм и высотой 10 мм; 3, припаянные к медному дну корпуса 7 через теплоотводы 6. У вершин конусов к поверхности теплоотводов приклеены термисторы типа ТШ-1 5, а на внешней поверхности кону-

* Закуренко О. Е., Кузьмичев В. М. Измеритель малых уровней мощности оптического излучения // Измер. техника. 1988. № 3. С. 33—34.

сов размещены электрические нагреватели 4, выполненные из манганинового провода диаметром 30 мкм.

Результат измерения средней мощности пучка электромагнитного излучения, попавшего в приемный элемент, рассчитывается по формуле $P_{изм} = P/\alpha k_3$, где P — показание цифрового индикатора Я2М-66, α — коэффициент оптического поглощения приемного элемента, k_3 — коэффициент эффективности преобразования.

Коэффициент оптического поглощения приемного элемента, благодаря использованию полостной модели, обладает слабой спектральной зависимостью и в диапазоне длин волн 0,4...1,1 мкм имеет среднюю величину $\alpha=0,996$. В таблице приведены результаты измерений коэффициентов отражения приемного элемента ρ методом шарового фотометра, по которым было рассчитано среднее значение коэффициента оптического поглощения.



λ , мкм	0,405	0,436	0,492	0,546	0,577	0,630	0,760	0,900	1,015	1,129
ρ , %	0,25	0,27	0,25	0,20	0,21	0,16	0,12	0,24	0,34	0,67

Коэффициент эффективности преобразования определялся при средней чувствительности усилителя постоянного тока Я2М-66 путем рассеяния в нагревателе 4 приемного элемента известной электрической мощности. Конструкция измерительной головки позволяет за счет изменения параметров теплоотводов 6 подобрать его величину, близкую к единице. При выполнении теплоотводов из латунной трубки с внешним диаметром 2 мм, внутренним — 1,5 мм и длиной 20 мм был получен $k_3=0,896$ и постоянная времени измерителя $\tau=10$ с. Во время эксплуатации измерителя нагреватель приемного элемента может подключаться к внутреннему калибратору переменного тока Я2М-66 и используется для корректировки чувствительности его усилителя постоянного тока.

Исследование зависимости коэффициента эффективности преобразования от уровня измеряемой мощности (нелинейности преобразования) показало, что в рабочем диапазоне измерителя $10^{-4}...10^{-2}$ Вт ее значение не превышает погрешности снятия соответствующей характеристики измерителя, составляющей 0,5 %.

Зонная характеристика преобразователя исследовалась путем сканирования по входному отверстию приемного элемента пучка излучения диаметром 2 мм. При этом неравномерность чувствительности преобразователя составила 5 %. Для ее учета в результате

измерения, коэффициент эффективности преобразования корректируется множителем 0,975.

После подстановки числовых значений величин α и k_3 , полученных для диапазона измеряемых средних мощностей $10^{-4} \dots 10^{-2}$ Вт, длин волн излучения 0,4...1,1 мкм и диаметров пучков 2...5 мм, формула измерения принимает вид $P_{\text{изм}} = P/0,87$.

При оценке границы неисключенной систематической погрешности измерителя Θ были учтены ее составляющие за счет дрейфа показаний на нижнем пределе измерения за время измерения $\Theta_1 = 4,0 \%$, погрешности определения коэффициента эффективности преобразования $\Theta_2 = 0,5 \%$, неравномерности спектральной зависимости коэффициента оптического поглощения приемного элемента $\Theta_3 = 0,3 \%$, неравномерности зонной характеристики преобразователя $\Theta_4 = 2,5 \%$ и основной погрешности блока ваттметра измерительного ЯМ-66 на нижнем пределе измерения $\Theta_5 = 0,6 \%$. Композиция перечисленных составляющих при доверительной вероятности 0,95 дает величину $\Theta = 5,3 \%$.

Среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения было оценено по данным 15 измерений одной и той же мощности оптического излучения и на нижнем пределе измерений составило $S_i = 3,6 \%$.

Таким образом, в указанных выше пределах измерений оценка доверительной границы погрешности измерителя при доверительной вероятности 0,95 составила $\Delta = 9 \%$.

Поступила в редколлегию 23.04.90

УДК 621.317

Л. С. ДИДЫК

КОРРЕКЦИЯ ЗОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ БОЛОМЕТРИЧЕСКОГО ШИРОКОАПЕРТУРНОГО ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ МОЩНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛАЗЕРОВ

В последние годы в промышленность интенсивно внедряются лазерные технологии. Эффективное решение этой задачи возможно лишь при воспроизводимости и повторяемости технологического процесса. Этому в значительной мере способствуют средства измерения и постоянного контроля одного из важнейших параметров лазерного излучения — мощности. Для такого контроля чаще всего применяются болометрические датчики в виде микропроволочных решеток [1; 2], устанавливаемые на пути распространения пучка излучения, а для их калибровки — калориметры. Такие датчики имеют высокое быстродействие и могут быть изготовлены широкоапертурными, чего требуют большие (20—80 мм) диаметры лазерных пучков. Однако им присуще «старение», что приводит к необходимости калибровки через каждые полчаса [2]. Возможны также значительные погрешности контроля при перераспределении и изменении мощности в пучке, при смещении проволок в решетке