

ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Том XXXII, выпуск 2

Февраль 1980 г.

УДК 535.36

*В. П. Рвачев, С. М. Вертячих,
А. Н. Годлевская, Н. Н. Титова*

**ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАССЕЯНИЯ
СЛАБОМУТНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ
ИНТЕГРАЛЬНОГО ФОТОМЕТРА**

Свет рассеивает большинство физических тел, вплоть до дистиллированной воды. Типовые приборы для измерения коэффициентов отражения (ρ), пропускания (τ) и поглощения (α) используют методы, не позволяющие учесть весь свет, рассеиваемый объектом. Даже выпускаемые промышленностью приборы с фотометрическим шаром (например, спектрофотометр СФ-10), предназначенные для учета рассеянного света, используют сферу Тэйлора, в которой исследуемый образец вписывается в ее внутреннюю поверхность. При этом, во-первых, нельзя учесть свет, рассеиваемый в пределах полного телесного угла 4π (что особенно важно при измерениях пропускания); во-вторых, невозможно учесть существенное влияние индикаторы рассеяния исследуемого образца на измеряемую облученность внутренней поверхности сферы [1]. Наконец, при измерениях на фотометрическом шаре оптических коэффициентов (ρ , τ , α) светорассеивающих объектов последние рассчитываются из выражений, которые выводятся для лучистых потоков, тогда как непосредственно измеряемой величиной является облученность. Замена же лучистых потоков облученностями физически правомерна только при полной (количественной и качественной) неизменности всех поверхностей, действующих в ходе измерений, внутри фотометрического шара. Данное условие выполняется только в шаровых фотометрах конструкции, описанной в [1—4], и не выполняется в фотометрах, работающих по схеме Тэйлора.

Фотометрическая теория интегрального фотометра [2, 5] показала, что учесть весь свет, рассеиваемый исследуемым образцом, возможно только при его расположении в центре сферы и расположении входной и измерительной щелей, определяемом этой же теорией.

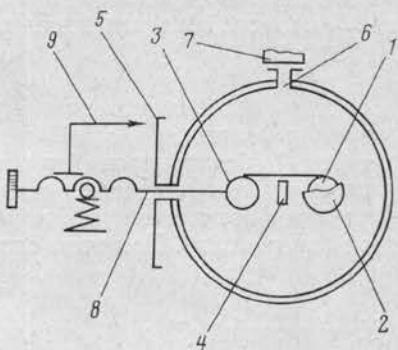
Все описанные экспериментальные методики использования интегрального фотометра [3, 6—12] были предназначены лишь для измерений коэффициентов отражения и пропускания (а через них и коэффициента поглощения). Здесь мы излагаем экспериментальную методику измерения коэффициента рассеяния с помощью интегрального фотометра, который, как известно, обеспечивает высокую точность измерений, а следовательно, позволяет измерять коэффициенты рассеяния даже таких слабо рассеивающих объектов, как подложки из высококачественного оптического стекла и нанесенные на них зеркала для оптических резонаторов ОКГ.

Экспериментальная установка для измерения коэффициента рассеяния не отличается от обычных установок, используемых при работе на интегральном фотометре [4, 7, 8, 10, 12].

Конструкция интегрального фотометра схематически показана на рисунке. Держатель образцов состоит из двух скрепленных между собой колец-кассет 1 и 3. Кассета 1, закрываемая сзади светонепроницаемым колпачком 2 (зачерненным изнутри и выбеленным баритовой краской снаружи), служит для измерений коэффициента пропускания. Для достижения наиболее точных результатов следует использовать один и тот же образец, переставляя его из кассеты в кассету.

Внутренняя поверхность фотометрической сферы равномерно покрывается диффузно рассеивающим слоем оксида магния (толщиной ~ 2 мм), который наносят на поверхность, предварительно загрунтованную суспензией Ba SO_4 в ацетоне. Слой MgO получают путем сжигания стружек чистого металлического магния.

Конструкция интегрального фотометра (схематическое вертикальное сечение по центру сферы): 1 и 3—кольца-касsetы для крепления исследуемых образцов; 2—светонепроницаемый колпачок; 4—входная щель сферы; 5—шкала для отсчета углов поворота кассет (градусная); 6—щель светоприемника; 7—светоприемник (ФЭУ); 8—держатель образцов, имеющий три фиксированных положения; 9—стрелка-указатель поворота держателя образцов



Держатель образцов 8 имеет три фиксированных положения: два крайних из них обеспечивают расположение каждой из кассет точно против входной щели 4, а при среднем положении измерительный световой пучок, пройдя между кассетами, попадает на стенку сферы, покрытие которой служит поверхностью сравнения. Кассеты с образцами можно располагать под произвольным углом (измеряемым по шкале 5) к падающему (измерительному) пучку; это позволяет исследовать также угловые зависимости измеряемых оптических коэффициентов. Приемник 7 (ФЭУ) закрепляется перед щелью 6, расположенной под углом 90° к входной щели 4 и в плоскости расположения кассет. Фотометрический расчет [1, 5] показал, что при таком расположении щелей во всех точках пересечения плоскости расположения образца с поверхностью сферы облученность не зависит от индикаторы образца, а следовательно, вид последней не влияет на результаты измерений.

Коэффициент рассеяния

$$\sigma = \frac{\Phi_\sigma}{\Phi_0}, \quad (1)$$

где Φ_0 — постоянный (измерительный) лучистый поток, падающий на образец, а Φ_σ — лучистый поток, рассеянный образцом. Для определения значения Φ_σ в кассете 1 (рисунок) устанавливается исследуемый образец и строго по нормали на его поверхность направляется измерительный лучистый поток Φ_0 (через щель 4). При таком облучении образца поток, зеркально отраженный от него, выходит из сферы (через ту же щель 4) наружу и не участвует в образовании измеряемого сигнала; облученность внутренней поверхности сферы создается лишь лучистым потоком, рассеянным исследуемым образцом и внутренней (зачерненной) поверхностью защитного колпачка 2. Величина сигнала,

регистрируемого измерительным прибором в цепи ФЭУ, определяется выражением

$$N_1 = a(\sigma + \tau^2 \rho_c) \Phi_0, \quad (2)$$

где $\sigma \Phi_0$ — лучистый поток, рассеянный образцом; $\tau^2 \rho_c \Phi_0$ — лучистый поток, прошедший через образец и рассеянный зачерненной поверхностью колпачка; ρ_c — коэффициент диффузного отражения сажи, покрывающей внутреннюю поверхность колпачка; τ и σ — коэффициенты пропускания и рассеяния образца соответственно; N_1 — отсчет по измерительному прибору в цепи ФЭУ; a — коэффициент пропорциональности, постоянный во всех измерениях.

Располагая держатель образцов 8 в среднем положении и облучая поверхность сферы постоянным (измерительным) пучком, получаем отсчет N_2 , пропорциональный измерительному потоку Φ_0 :

$$N_2 = a\Phi_0. \quad (3)$$

Для определения значения σ из уравнений (1) — (3) необходимо еще измерить значения τ и ρ_c . Для этого, переставив исследуемый образец в кассету 3 (без колпачка) и установив держатель снова в положение, при котором облучается кассета 1, направим измерительный пучок на внутреннюю (зачерненную) поверхность колпачка строго по нормали к этой поверхности. При этом отсчет N_3 имеет значение

$$N_3 = a\rho_c\Phi_0. \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) определим коэффициент отражения сажи

$$\rho_c = \frac{N_3}{N_2}. \quad (5)$$

Для определения коэффициента пропускания τ образца устанавливаем против входной щели 4 кассету 3 (с образцом в ней) и снимаем четвертое показание измерительного прибора в цепи ФЭУ — N_4 ; это показание представляет собой приближенное значение лучистого потока, пропущенного образцом:

$$N_4 = a\tau\Phi_0. \quad (6)$$

Более точно это измерение производится по методике, описанной в работах [1, 2, 5]. Таким образом, из уравнений (3) и (6) получаем искомое значение коэффициента пропускания

$$\tau = \frac{N_4}{N_2}. \quad (7)$$

Наконец, используя уравнения (1), (2), (3), (5) и (7), определяем искомый коэффициент рассеяния σ образца:

$$\sigma = \frac{N_1}{N_2} - \tau^2 \rho_c. \quad (8)$$

Для образцов, у которых коэффициент пропускания достаточно мал, вторым членом в правой части выражения (8) можно пренебречь и тогда

$$\sigma = \frac{N_1}{N_2}. \quad (9)$$

Предлагаемая здесь методика может быть использована для определения коэффициентов рассеяния любых, в том числе и жидких, ма-

териалов. В последнем случае необходимо использование специальных кювет, для которых предварительно определяется коэффициент рассеяния.

Описанная методика обеспечивает точность определения коэффициента рассеяния σ не ниже 1—2% (как это показано в работе [4, с. 81, 127]).

Методика апробирована на реальных резонаторах ОКГ, выпускаемых промышленностью.

Summary

An experimental procedure of determining the diffusion factors for low-scattering objects is described which is based on the theory of a spherical photometer. The procedure provides the accuracy of measurements within 1% and has been tested on optical glasses and laser resonators.

Литература

1. Рвачев В. П., Сахновский М. Ю.—Опт. и спектр., 1965, 18, с. 486.
2. Сахновский М. Ю.—Опт. и спектр., 1965, 18, с. 179.
3. Рвачев В. П.—В кн.: Оптические измерения. Под ред. А. А. Шишловского. Киев, Техника, 1967, § 21—23.
4. Рвачев В. П. Методы оптики светорассеивающих сред в физике и биологии.—Мн., Изд-во БГУ, 1978.
5. Гуминецкий С. Г., Рвачев В. П.—ЖПС, 1966, 5, с. 73.
6. Розенберг Г. В., Сахновский М. Ю., Гуминецкий С. Г.—Опт. и спектр., 1967, 23, с. 797.
7. Рвачев В. П., Сахновский М. Ю.—ЖПС, 1966, 4, с. 568.
8. Гуминецкий С. Г., Рвачев В. П.—ЖПС, 1966, 5, с. 74.
9. Рвачев В. П., Гуминецкий С. Г., Сахновский М. Ю.—Биофизика, 1965, 10, с. 658.
10. Рвачев В. П., Гуминецкий С. Г.—УФЖ, 1965, 10, с. 87.
11. Ковалский Л. В., Сахновский М. Ю.—ЖПС, 1968, 8, с. 629.
12. Рвачев В. П., Гуминецкий С. Г., Сахновский М. Ю., Смолинский Е. С., Тихоненко Г. И., Добров Е. Н.—ЖПС, 1968, 8, с. 844.

Поступило в редакцию 09.02.78,
после доработки — 12.10.79.