

УВЕЛИЧЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДА КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ПО ОПТИЧЕСКОМУ КОНТРАСТУ ИЗОБРАЖЕНИЯ ТЕСТ-ОБЪЕКТА

А. П. Вештемов, С. П. Пронин

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

Целью данной работы является исследование изменения логарифма контраста в изображении тест-объекта от логарифма максимального сигнала в этом же тест-объекте.

В работах [1, 2] представлена экспериментальная установка для контроля мелкодисперсных частиц по оптическому контрасту изображения тест-объекта.

В данном случае, исходя из закона Бугера-Ламберта-Берра, интенсивность света, прошедшего через мелкодисперсную систему равна [5, 6]

$$I = I_0 \cdot e^{-\gamma \cdot d}, \quad (1)$$

где γ - показатель ослабления, d - толщина слоя мелкодисперсной системы.

В свою очередь, показатель ослабления может быть вычислен по формуле [3, 6]:

$$\gamma = C \cdot \Sigma, \quad (2)$$

где C - концентрация вещества, Σ - удельный показатель ослабления.

Удельный показатель ослабления:

$$\Sigma = \pi \cdot r^2 \cdot Q(\alpha, m), \quad (3)$$

где r - радиус частицы, Q - фактор эффективности ослабления, α - параметр Ми, m - относительный показатель преломления.

Таким образом, из формул (1), (2), (3), получим:

$$-\ln \frac{I}{I_0} = \gamma \cdot d = f(r, C). \quad (4)$$

В отличие от экспериментальной установки, представленной в работе [1], предложенная экспериментальная установка имеет источник освещения, установленный со стороны расположения видеокамеры и тест-объект, выполненный из плотного бумажного материала.

Экспериментальная установка включает основные элементы: 1 – гониометр; 2 – тест-объект; 3 – кювета, в которую заливают водную суспензию; 4 – коллимирующая линза; 5 – осветитель, 6 – видеокамера, 7 – персональный компьютер.

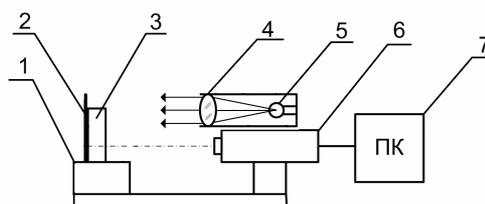


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

В предложенной экспериментальной установке свет, проходящий через мелкодисперсную среду будет испытывать двойное ослабление – при прямом прохождении кюветы до тест-объекта и в обратном направлении.

Формула (4) в данном случае примет вид:

$$-\ln \frac{I}{I_0} = 2 \cdot \gamma \cdot d. \quad (5)$$

Вводя параметры максимального значения сигнала S_{max} , минимального значения сигнала S_{min} и оптического контраста K [1], получим, что тангенс угла наклона зависимости логарифма контраста от логарифма максимального сигнала будет в 2 раза больше тангенса угла наклона в первом случае.

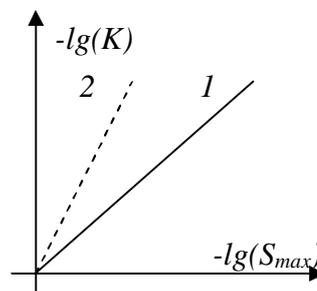


Рисунок 2 – Теоретические графики функций зависимости логарифма контраста от логарифма максимального сигнала приведенные из работ [1, 2] и рассчитанные по формуле (7)

УВЕЛИЧЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДА КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ПО ОПТИЧЕСКОМУ КОНТРАСТУ ИЗОБРАЖЕНИЯ ТЕСТ-ОБЪЕКТА

Функции 1 и 2 (рисунок 2) можно привести к линейному виду:

$$- \lg(K) = -k_1 \cdot \lg(S_{\max}), \quad (6)$$

$$- \lg(K) = -2 \cdot k_1 \cdot \lg(S_{\max}). \quad (7)$$

Поскольку чувствительность может быть определена по формуле:

$$S = \Delta f(x) / \Delta x. \quad (8)$$

То из (6) и (7) следует:

$$S_2 = 2 \cdot S_1. \quad (9)$$

Таким образом, используя представленную экспериментальную установку (рисунок 2) можно получить увеличение чувствительности в 2 раза.

Экспериментальные данные, проводимые с монодисперсным латексом, показали, что предложенная установка увеличивает чувствительность в 1,8 раза.

По закону Рэлея интенсивность рассеянного естественного света равна [5]:

$$I = 0.5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^3}{2 \cdot L \cdot \lambda^2} \cdot \frac{m^2 - 1}{m^2 + 1} \right)^2 \cdot (1 + \cos^2 \theta) \cdot I_0, \quad (10)$$

где D - диаметр частицы, λ - длина волны, m - относительный показатель преломления, L - расстояние от объекта наблюдения до приемника, θ - угол индикатрисы рассеяния.

Отклонение экспериментальных данных от теоретических можно объяснить отсутствием возможности расположения видеокамеры на одной линии с источником света, т.е. источник света и приемник сигнала будут расположены относительно друг к другу под острым углом. В этом случае, исходя из формулы (10), экспериментальные данные будут отличаться от теоретических на параметр $(1 + \cos^2 \theta)$.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что предложенная схема освещения тест-объекта увеличивает чувствительность метода контроля размеров мелкодисперсных частиц по контрасту оптического изображения тест-объекта в 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кальной Д.Г., Пронин С.П. Моделирование процесса контроля размеров и концентрации мелкодисперсных частиц по оптическому изображению тест-объекта [Текст] // Ползуновский вестник. – Барнаул, АлтГТУ, 2010, с.с. 135-139.
2. Кальной Д.Г. Пронин С.П. Метод контроля размеров частиц по изменению контраста в изображении штрихов тест-объекта // Прикладные аспекты химической технологии полимерных материалов и наносистем («Полимер-2010»): тезисы и доклады IV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 17-19 июня 2010 / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 160 с. – с. 62-64.
3. Пронин С.П., Кононова Е.С., Кальной Д.Г. Методическое и техническое обеспечение локальной системы экологического мониторинга атмосферы // Ползуновский вестник. – Барнаул, АлтГТУ, 2010, с.с. 188-192.
4. Вештемов А. П., Пронин С.П., Измерение мелкодисперсных частиц карбоната кальция по известным калибровочным графикам [Текст] // Ползуновский альманах. – Барнаул, АлтГТУ, 2010, с.с. 108-109.
5. Ландсберг Г.С. Оптика: Учеб. пособие. – 6-е изд., - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. с.с 516-529.
6. H.C. van de Hulst Light Scattering by small particles. N.Y., 1981.
7. Michael I. Mishenko, Larry D. Travis, Andrew A. Lacis Scattering, Absorption, and Emission of Light by Small Particles. N.Y., 2005.