

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКЛОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

О.В. Маршалов

Приведён обзор бесконтактных оптических методов определения шероховатости поверхности. Определены перспективные направления развития оптических методов. Исследована перспективность метода GLCM для определения шероховатости. Заданы дальнейшие направления исследования.

Ключевые слова: шероховатость, спекл-картина, GLCM.

Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине. Шероховатость относится к микрогеометрии твёрдого тела и определяет его важнейшие эксплуатационные свойства – прежде всего, износостойкость от истирания, прочность, плотность (герметичность) соединений, химическая стойкость, внешний вид.

Контроль шероховатости является очень важным процессом в таких отраслях промышленности как машиностроение, приборостроение, авиастроение, космическая отрасль и многих других. В полиграфии, например, шероховатость или гладкость бумаги является очень важной характеристикой. Правильный подбор бумаги позволит достигнуть высокого качества изображения, уменьшив при этом расход краски.

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию и разработке бесконтактных способов определения шероховатости поверхности. Среди бесконтактных методов большую группу составляют оптические методы. Даже беглый поиск публикаций на тему оптических способов определения шероховатости поверхности выдаёт большой перечень работ. В работе [1] приводится обзор оптических методов определения шероховатости поверхности. Авторы делят оптические методы на три группы:

- 1) методы рассеяния (scattering methods);
- 2) когерентные методы (coherence methods);
- 3) интерференционные методы (interference methods);

Когерентные методы основаны на том, что статистические характеристики рассеянного шероховатой поверхностью лазерного излучения включают в себя информацию о статистических характеристиках рассеивающей поверхности. Различные интерференционные методы, как правило, различаются по следующим позициям:

- способ фиксации параметров рассеянного лазерного излучения;
- способ анализа параметров рассеянного лазерного излучения.

Аппаратное оформление различных оптических методов, как правило, имеет схему, показанную на рис. 1.

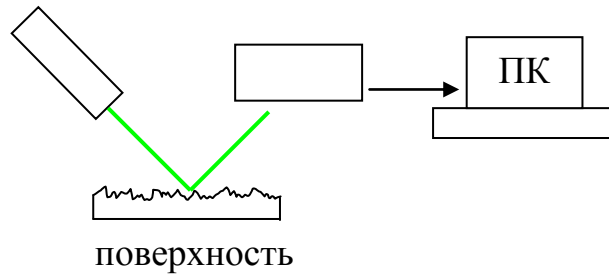


Рис. 1. Структурная схема аппаратного оформления интерференционных методов определения шероховатости поверхности

Рассеянное лазерное излучение формирует интерференционную картину (спекл-картину), несущую информацию о структуре рассеивающей поверхности. Примерный вид получаемой спекл-картины представлен на рис. 2. Для фиксации интерференционной картины применяются ПЗС-матрицы.

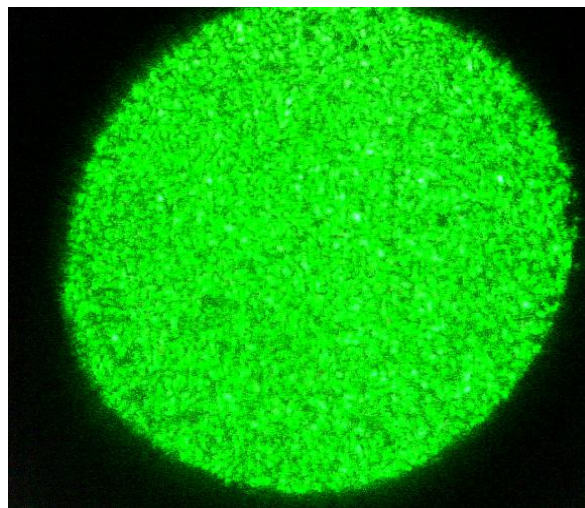


Рис. 2. Спекл-картина, возникающая при интерференции рассеянного шероховатой поверхностью лазерного излучения

Изображение, полученное ПЗС-матрицей передаётся на компьютер для последующего анализа. В работе [2] приведены сравнительные характеристики различных методов анализа изображения с указанием чувстви-

тельности каждого из них. Показано, что чувствительность оптических методов определения шероховатости лежит в диапазоне шероховатости от 0,01 до 100 мкм.

Среди методов анализа спекл-картины можно выделить метод GLCM (grey-level co-occurrence matrix). Суть метода состоит в составлении матрицы смежности уровней серого по имеющемуся изображению спекл-картины, имеющей дело с пространственными отношениями между парами значений уровней серого пикселей в текстуре изображения. Текстура самой GLCM-матрицы указывает, как часто пары значений уровней серого пикселей, которые отделены друг от друга на определенное расстояние D и лежат вдоль одного из четырех направлений $\theta = 135, 90, 45, 0$, встречаются в текстуре изображения [3].

Для расчета GLCM-матрицы первоначально выбирается смещение D и направление θ . В заданном направлении и смещении определяется, сколько раз повторяются пары значений уровней серого пикселей ji – это значение и является значением ячейки из GLCM-матрицы. На рис. 3 показана обработка тестового изображения методом GLCM.

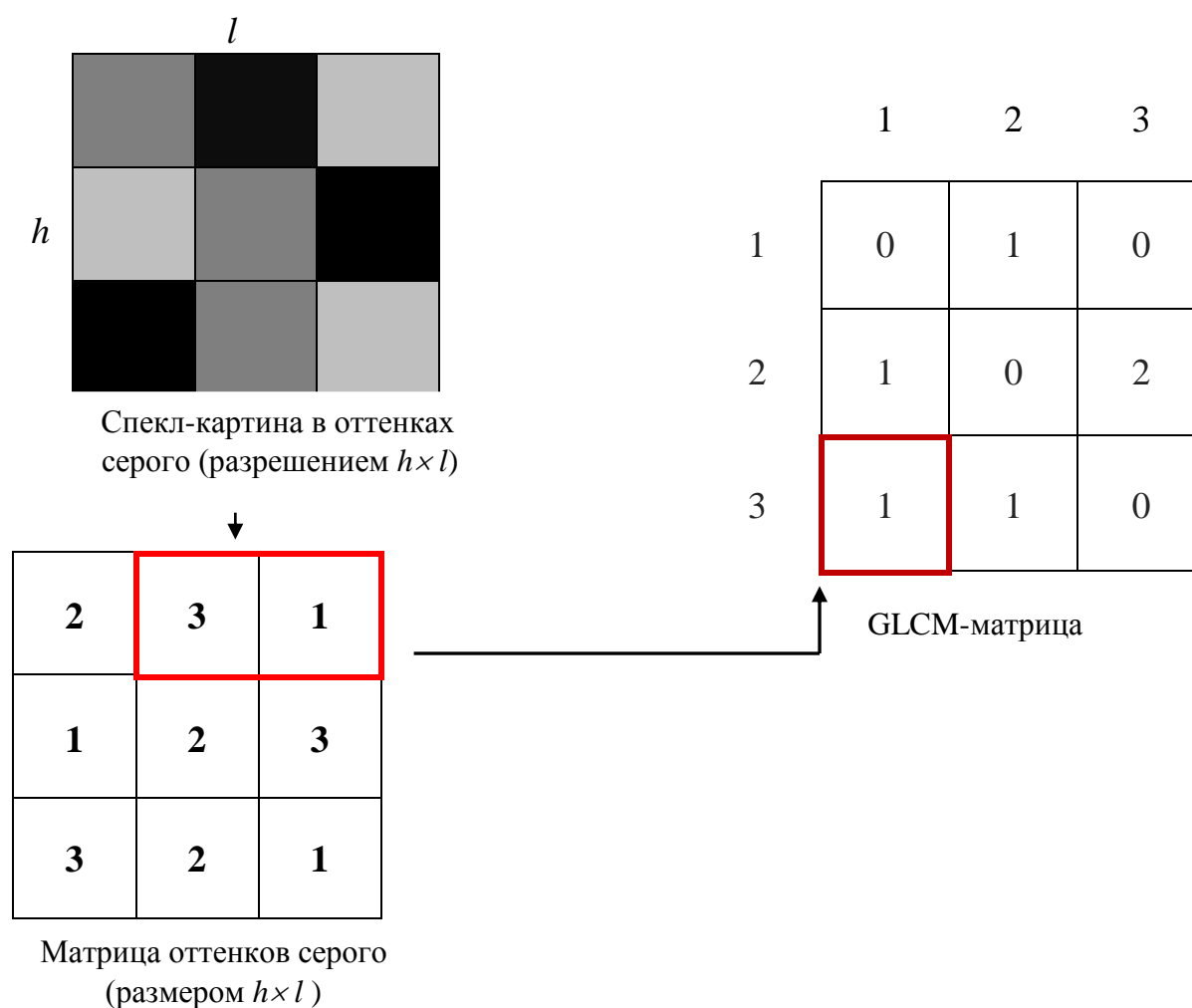


Рис. 3. Методика составления GLCM-матрицы, с которой исходное изображение спекл-картины конвертируется в изображение

ние в оттенках серого. Так, при использовании четырёх уровней серого, размер GLCM-матрицы будет 4×4 . Чем больше уровней серого применяется при составлении матрицы, тем более детально можно будет оценить шероховатость поверхности, но при этом возрастает вычислительная нагрузка и анализ изображения занимает всё больше времени.

Для анализа GLCM-матрицы используют больше десятка показателей (структурных мер), определённых в работе [4]. Наиболее часто используются такие текстурные меры, как:

– энергия $E = \sum_i \sum_j c_{ij}^2$, где c_{ij} – элемент GLCM-матрицы;

– контраст $C = \sum_i \sum_j (i - j)^2 c_{ij}$.

Для оценки перспективности использования спекл-картин для определения шероховатости на кафедре физики филиала ЮУрГУ в г. Златоусте была создана опытная установка, позволяющая получать изображение спекл-картин и написано программное обеспечение для анализа полученных изображений с помощью метода GLCM [5].

Данным методом исследовалась шероховатость поверхности бумажных листов разной плотности и текстуры (офисная бумага удельной плотностью 80 г/м^2 , мелованная бумага, ватман). При составлении GLCM-матрицы использовалось 256 уровней серого. Опытным путём было получено, что для анализа GLCM-матрицы лучше всего подходит текстурная мера «контраст». Данная текстурная мера изображения спекл-картины, полученной от более гладкого образца, гораздо выше, чем у изображения спекл-картины от более шероховатого образца.

В данный момент проводится сравнительное исследование шероховатости металлических пластин, прошедших механическую обработку поверхности с применением профилометра Протон-МИЭТ Модель 130 лаборатории современных материалов кафедры «Оптика и спектроскопия» Южно-Уральского государственного университета. Данное исследование позволит разработать методику количественного определения шероховатости с помощью оптических спеклов.

Автор выражает благодарность декану Физического факультета ЮУрГУ профессору, д.ф.-м.н. Кундиковой Н.Д. и заведующему лабораторией современных материалов Исакову Д.С. за консультации и предоставленную возможность использования профилометра.

Библиографический список

1. Utilization of optical methods for determination of surface properties / Jan Valíček, Miloslav Ohlídál, Milan Držík, Vilém Mádr // METAL: 10th International Metallurgical & Material Conference. – 15–17 May 2001, Ostrava, Czech Republic. – 2001.

2. Skin Roughness Assessment / Lioudmila Tchvialeva, Haishan Zeng, Igor Markhvida, David I McLean, Harvey Lui and Tim K Lee // New Developments in Biomedical Engineering // Edited by Domenico Campolo. – Rijeka: InTech. – 2010. – Pp. 341–358 (Croatia). – URL: <http://www.intechopen.com/books/new-developments-in-biomedicalengineering/skin-roughness-assessment>.

3. Электронный учебник по методу GLCM. – URL: http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/the_glcm.htm.

4. Haralick, R., Statistical and structural approaches to texture // Proceedings of the IEEE – 1979. – V. 67, N. 5. – Pp. 786–804.

5. Маршалов, О.В. Аппаратное и программное оформление метода определения шероховатости поверхности с помощью спеклов / О.В. Маршалов, А.А. Микрюков, Е.Д. Васильев // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2015. – № 7 (19). – URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2403>.

[К содержанию](#)