

МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫЙ СПЕКЛ-МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУПРОЗРАЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

© 2009 И.А. Вольф¹, А.Н. Малов², А.Н. Бородин³

¹ Иркутское высшее военное авиационное инженерное училище (Военный институт)

² Иркутский государственный университет

Поступила в редакцию 30.12.2008

Выполнен корреляционный анализ двухдлинноволновых спекл-картин (суммы спекл-картин, полученных при различных длинах волн) для статистического описания параметров шероховатости объекта в схеме “сильного диффузора”. Экспериментально полученная спекл-картина от матового стекла при освещении полупроводниковыми лазерными диодами с длинами волн $\lambda = 0,6354$ мкм и $\lambda = 0,515$ мкм фиксировалась на ПЗС-матрицу (цифровой фотоаппарат с матрицей 6 Мп). Проведено сравнение коэффициентов корреляции различных образцов в соответствии с различной степенью шероховатости исследуемых поверхностей.

Ключевые слова: спекл-метод, спекл-картина, неразрушающий контроль, шероховатость поверхности.

Одной из актуальных задач в области технических измерений является разработка высокопроизводительных бесконтактных мобильных контрольно-измерительных средств, позволяющих осуществлять экспресс диагностику состояния деталей изготовленных из полимерных материалов. К сожалению, факт наличия дефектов и регистрация процесса их развития как ранее, так и в настоящее время, осуществляются только визуальным наблюдением, при помощи элементарных измерительных приборов – линейки, штангель-циркуля и т.п., что подразумевает наличие определённого опыта у обслуживающего персонала. Приборов, позволяющих проводить автоматическую дефектацию с принятием решения, в данное время нет.

Развитие современной квантовой радиофизики (появление полупроводниковых лазерных диодов, ПЗС – матриц с высоким разрешением), позволяет найти новое решение этих задач. Применение для обработки полученных данных высокопроизводительных портативных компьютеров, позволяет получать результаты измерений в реальном времени и принимать решение о дальнейшей эксплуатации.

При освещении объекта когерентным излучением, рассеянное поле может формировать пятнистую картину (спекл-структуру), возникающую вследствие интерференции волн, дифраги-

ровавших на различных неоднородностях и представляющую собой резкие пространственные флуктуации рассеянной интенсивности [1]. Исследование свойств спекл-структуры, вызванной рассеянием света в некотором объеме неоднородной среды, и, в частности, нахождение связи между параметрами рассеивающего объекта и характеристиками спекл-картины представляет очевидный интерес. В [1] были исследованы характеристики спекл-поля при прохождении лазерного излучения двух длин волн поочередно (гелий-неоновый лазер $\lambda = 0,633$ мкм и аргоновый лазер $\lambda = 0,515$ мкм), и получено, что с увеличением оптической толщины рассеивающего слоя и угла рассеяния происходит уменьшение контрастности и увеличение числа максимумов в пятнистой картине. Указанные изменения обусловлены увеличением кратности рассеяния и подтверждают зависимость параметров спекл-структуры от микроструктуры рассеивающего образца и числа рассеивающих областей.

Спекл-оптическое исследование прозрачных и полупрозрачных объектов, обладающих высоким уровнем рассеяния из-за подповерхностных дефектов, оказывается достаточно сложным по интерпретации результатов, если реализуется случай так называемого “сильного диффузора” [2, 3].

В настоящей работе предпринято рассмотрение двухдлинноволновых спекл-картин (т.е. суммы спекл-картин при различных длинах волн) с целью определения возможности корреляционного анализа для описания параметров шероховатости объекта в схеме “сильного диффузора”.

Экспериментально полученная спекл-картина от матового стекла при освещении полупроводниковым лазерным диодом с длиной волны $\lambda = 0,6354$ мкм (рис. 1а), фиксировалась

Вольф Игорь Эдуардович, адъюнкт.

E-mail: Wolfigor71@mail.ru.

Малов Александр Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, научный сотрудник.

E-mail: cohol2007@yandex.ru

Бородин Артур Николаевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: artur_b@mail.ru.

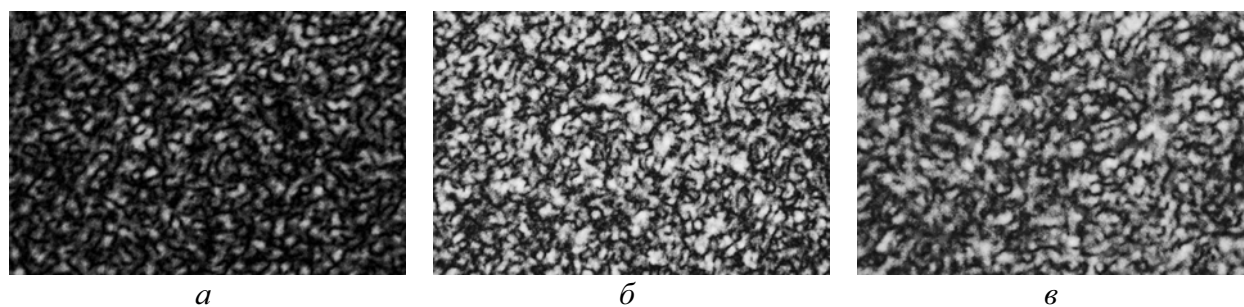


Рис. 1. Спёкл-картины:

а – при освещении полупроводниковым лазером $\lambda = 0,6354$ мкм;
 б – при освещении полупроводниковым лазером $\lambda = 0,532$ мкм;
 в – при совместном освещении

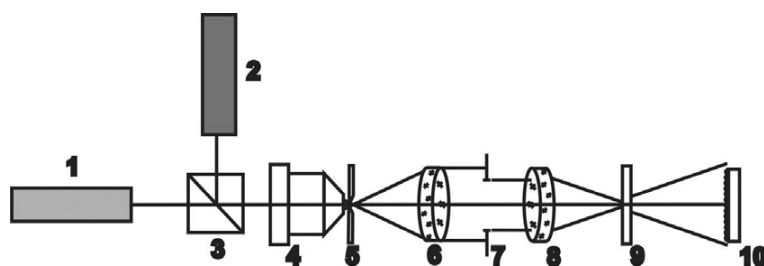


Рис. 2. Схема эксперимента при освещении исследуемого образца двумя источниками:

1 – полупроводниковый лазер мкм; 2 – полупроводниковый лазер мкм; 3 – делительный кубик; 4 – микро-объектив; 5 – Pinhole (точечное отверстие); 6 – коллиматорный объектив; 7 – диафрагма; 8 – фокусный объектив; 9 – исследуемый объект; 10 – ПЗС-матрица

на ПЗС-матрицу (цифровой фотоаппарат с матрицей 6 Мп).

При разложении данной картины по RGB компонентам, более информативным слоем является R, слои G и B практически соответствуют нулевой засветке. В случае спёкл-картины, полученной от того же объекта (рис.1б) но при освещении полупроводниковым лазером с длиной волны $\lambda = 0,532$ мкм, более информативным оказывается слой G, в то время как R и B практически несут нулевую информацию.

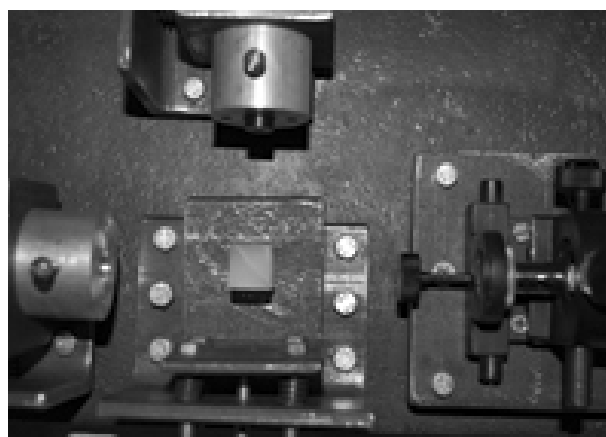


Рис. 3. Внешний вид установки для получения спёкл-картин при одновременном освещении двумя источниками

Если осветить объект одновременно двумя источниками когерентного излучения, то информативность спёкл-картины может увеличиться (рис.1в). Действительно при разложении полученной картины по слоям RGB, информативными являются уже два слоя R и G, в то время как слой B несёт мало информации. Схема проведения эксперимента показана на рис. 2; внешний вид установки представлен на рис. 3.

Для проведения корреляционного анализа получаемых спёкл-изображений, необходима их нормировка - приведение к стандартизованному виду для исключения дополнительной подсветки и других искажений (рис. 4).

Для эксперимента использовалось несколько образцов матового стекла с различной шероховатостью (рис. 5).

За эталон был условно принят образец №1 и из спёкл-картины от этого образца выбраны несколько зон (рис. 6а), для которых определялись корреляционные функции (рис. 6б).

При сравнении всех полученных участков попарно, можно получить некоторый набор коэффициентов корреляции изображений. Для полученной функции распределения экспериментально полученных данных находится среднее значение – (математическое ожидание). Далее, при сравнении коэффициентов корреляции от других образцов с принятым за эталон, опре-

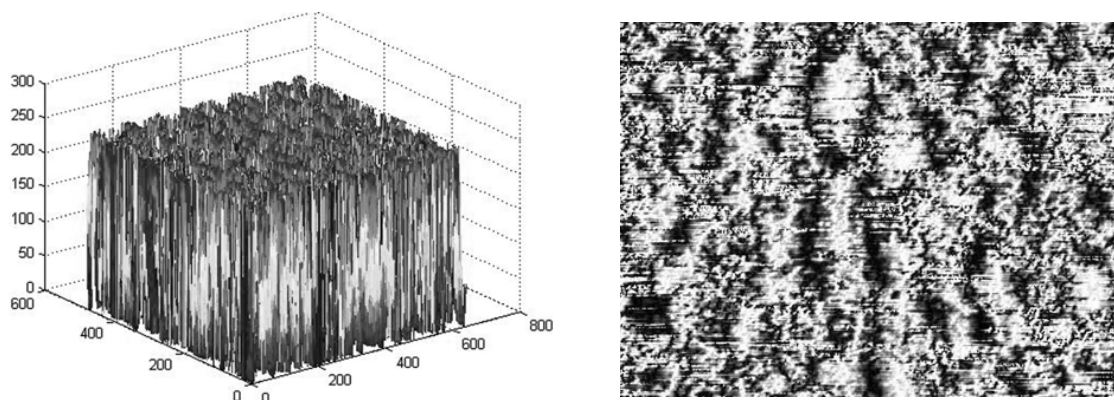


Рис. 4. Нормированная спёкл-картина при двух длинноволновом освещении (суммы R и G компонент)

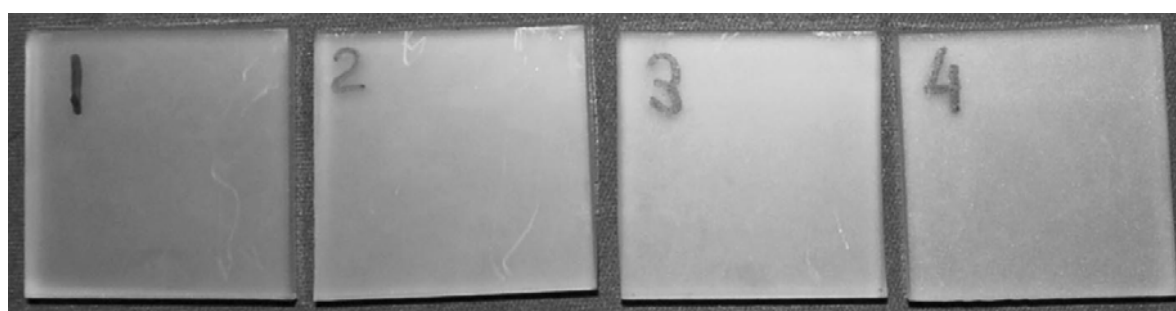
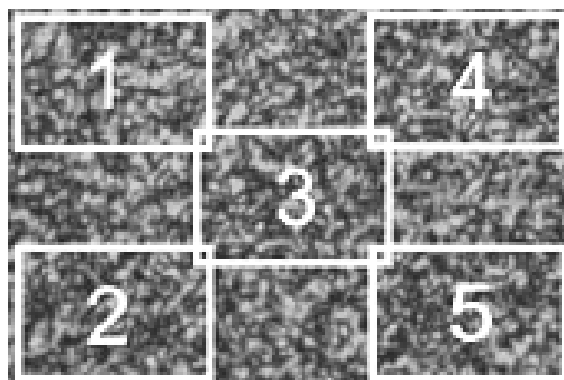
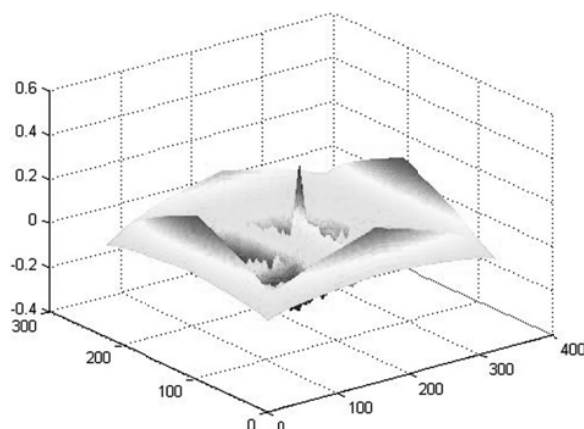


Рис. 5. Образцы матового стекла с различной шероховатостью.



а



б

Рис. 6. а – разбиение спёкл-картины, б – полученная функция нормированной корреляции

деляется разность данных коэффициентов, что соответствует различной степени шероховатости поверхностей исследуемых образцов. Имея базу данных по классификации дефектов, статистическим методом обработки полученных данных можно определить степень повреждения исследуемой детали.

Также очевидно, что при освещении излучением с мкм фиксируемое спёкл-изображение более информативно, чем при мкм. При совместном использовании таких изображений достоверность полученной информации при обработке спёкл-картин может быть увеличена.

Авторы благодарят А.Н. Онацкого за помощь, оказанную при проведении эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войшвилло А.В., Щербакова Н.И. Параметры пятнистой картины, образованной при прохождении лазерного пучка через рассеивающие слои различной оптической толщины // Оптика и спектроскопия. 1983. Т. 55. Вып. 1.
2. Фраксон М. Оптика спеклов. М., Мир, 1980, 172.
3. Клименко И.С. Голография сфокусированных изображений и спёкл-интерферометрия. М., Наука, 1985, 224.
4. Вольф И.Э., Малов А.Н., Сычевский А.В. Диагностика

- подповерхностных дефектов прозрачных и полупрозрачных изделий // В кн. "Научная сессия МИФИ-2008. Том 2. Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез. Лазерная физика. Фотоника и информационная оптика. Физика конденсированного состояния вещества". – М.: МИФИ, 2008. С. 110 - 111.
5. *Вольф И.Э., Малов А.Н., Бородин А.Н., Сычевский А.В.*

Способы контроля прозрачных и полупрозрачных объектов с применением спекл-оптических методов и компьютерной голографии // В сб.: "V Самарский конкурс-конференция научных работ студентов и молодых исследователей по оптике и лазерной физике. 21-24 ноября 2007 года. Сборник конкурсных докладов". – Самара: Универс групп, 2007. – С. 7-15.

MULTISPECTRAL SPECKLE-METHOD OF HALF TRANSLUCENT OBJECT VERIFICATION

© 2009 I.E. Wolf¹, A.N. Malov², A.N. Borodin²

¹ Irkutsk Higher Military Aviation Engineering School (Military Institute)

² Irkutsk State University

In this paper the two-waves speckle-pictures (the sums of the speckle-pictures with at various waves lengths) correlation analysis for the statistical description of parameters of a roughness of object in the scheme strong scattering object is executed. Experimentally received speckle-picture from matte glass at illumination by semi-conductor laser diodes with waves lengths micron and micron was fixed on the CCD-matrix (the digital camera with a matrix 6 Mega pixels). Correlation factors comparison of various samples according to a various degree of a roughness of investigated surfaces is lead.

Keywords: speckles-method, speckle-pictures, not destroying control, roughness of surface.

*Igor Wolf, адъюнкт. E-mail: Wolfigor71@mail.ru.
Alexander Malov, Doctor of Physics and Mathematics,
Professor, Research Fellow.
E-mail: cohol2007@yandex.ru
Arthur Borodin², Candidate of Physics and Mathematics,
Senior Research Fellow.
E-mail: artur_b@mail.ru.*