

МОДИФИКАЦИЯ ПРИБОРА ИНДИКАЦИИ ЧИСТОТЫ И ГЛАДКОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК

Изотов П.Ю.^{1,2}, Глянько М.С.^{1,2}, Суханов С.В.²

¹ Учреждение Российской академии наук Институт систем обработки изображений РАН,

² Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Аннотация

В работе предложена и исследована новая конструкция устройства для индикации чистоты и оптического качества поверхности подложки по растеканию капли жидкости, наносимой на её поверхность. Приводятся результаты исследования устройства при экспресс-контроле поверхности стеклянных и ситалловых подложек, в том числе с нанесённым слоем хрома.

Ключевые слова: контроль шероховатости оптической поверхности, оценка степени чистоты оптической подложки, устройство экспресс-контроля; смачиваемость, растекание капли жидкости, изображение капли.

Введение

Оценка чистоты подложки является важной технологической операцией в микро- и нанoeлектронике, при изготовлении микрорельефа дифракционных оптических элементов (ДОЭ), микро- и наноструктур [1-7], при этом высокое качество работы ДОЭ определяется также наличием оптической гладкости поверхности подложек. Технологии формирования дифракционного микрорельефа оптических элементов выдвигают высокие требования к адгезии фоторезиста [8-10] и защитных покрытий при плазмохимическом и ионно-химическом травлении [11-19] оптических подложек из различных материалов. Высококачественное нанесение защитных покрытий, электронных резистов и фоторезистов и их хорошая адгезия к подложке невозможны при наличии загрязнений, а качество оптических элементов определяется низким уровнем шероховатости оптических поверхностей [1-19].

Для измерения чистоты поверхности подложек существует множество методов, которые можно условно разделить на аналитические методы и методы экспресс-измерений. Первые позволяют получать информацию о чистоте поверхности, отличающуюся достоверностью и полным соответствием измеряемым величинам. Для измерения в таких методах используются растровые, туннельные микроскопы, оже-спектрометры, спектрофотометры, профилометры, профилографы и т.д. Серьёзным недостатком таких методов является высокая стоимость, энергоёмкость и низкая производительность [20-23], что делает их использование неприемлемым для проведения экспресс-контроля, когда требуется быстро и достоверно определить соответствие состояния поверхности контролируемых подложек технологической чистоте. В настоящей статье речь идёт об экспресс-контроле подложек диаметром 50-300 мм, в то время как квадратная область сканирования зондового микроскопа “Solver Pro” имеет (в зависимости от модификации) сторону размером 3-7 мкм [6].

Методы экспресс-контроля чистоты поверхности позволяют проводить измерения гораздо быстрее аналитических и предъявляют менее строгие

требования к чистоте технологического помещения, в котором проводятся измерения. С другой стороны, время проведения измерений должно быть минимальным, поскольку чистота подложки нарушается загрязнениями, присутствующими в атмосфере помещения, в котором проводится экспресс-контроль.

Приборы, используемые в таких методах, зачастую имеют достаточно простую конструкцию и могут быть выполнены из доступных материалов. Измерение чистоты поверхности для таких устройств связано с использованием калибровочных подложек, специальных жидкостей в качестве источника информации о степени чистоты поверхности [24-26], очисткой зонда-индентора специальными технологиями [27].

В [24-26] предложено и исследовано устройство индикации удовлетворительной чистоты оптических подложек, учитывающее динамические характеристики капли жидкости в процессе её растекания по поверхности подложки. Метод основан на исследовании формы капли по её изображениям, полученным посредством съёмки процесса растекания скоростной видеокамерой. Наличие загрязнений и шероховатостей подложки приводит к искажению формы и/или существенно меньшему диаметру растекающейся капли по сравнению с растеканием по оптически гладкой чистой поверхности [24-26, 32]. К сожалению, процесс регистрации изображения капли в устройстве [24-26] имеет ряд ограничений, связанных с плохой видимостью капли (в частности, проблемы возникают при экспресс-контроле ситалловых подложек и подложек с нанесённым слоем хрома). Плохая видимость капли приводит к ошибкам в определении её формы и, соответственно, невозможности сделать правильные выводы о наличии загрязнений и шероховатости поверхности.

Целью настоящей работы является повышение чувствительности и точности измерений, проводимых с помощью устройства [24-26]. Для этого предлагается модификация устройства и проводится исследование новой конструкции прибора при анализе стеклянных и ситалловых подложек, в том числе с нанесённым слоем хрома.

1. Прибор для контроля шероховатости поверхности подложки

Устройство-прототип [24-26] состоит из основания, на котором установлены видеокамера VS-FAST C/G/6 и дозатор жидкости, системы освещения образца и персонального компьютера, осуществляющего анализ изображений (рис. 1, 2).



Рис. 1. Внешний вид устройства

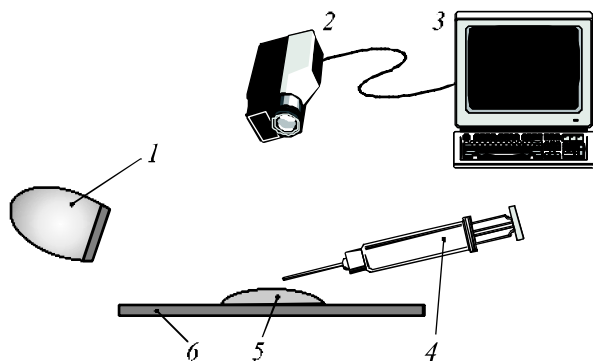


Рис. 2. Структурная схема устройства

Устройство работает следующим образом. Поверхность исследуемой подложки 6, расположенная горизонтально, освещается равномерным световым потоком от источника света 1 через систему фильтров инфракрасного излучения и рассеивающего фильтра, необходимых для предотвращения нагрева поверхности подложки и равномерного её освещения соответственно. С помощью дозатора 4 на исследуемый участок поверхности подложки наносится капля жидкости 5 фиксированного объёма. Для повторяемости результатов экспериментов необходимо, чтобы объём капли жидкости мало отличался между измерениями, поэтому при конструировании установки был выбран дозатор Ленпипет Степпер с наконечником 1,25 мл. В процессе измерений подложка вступает в контакт с жидкостью, а это может нарушить чистоту её поверхности. Для минимизации химического взаимодействия между каплей и материалом подложки в качестве жидкости была выбрана бидистиллированная вода.

Скоростная видеокамера 2, расположенная перпендикулярно поверхности подложки и сфокусированная на исследуемом участке, фиксирует процесс растекания капли жидкости. При покадровом про-

смотре можно наблюдать и измерять параметры динамического состояния растекающейся капли жидкости. В результате обработки этой информации и сравнения с эталонными измерениями делается вывод о качестве поверхности.

Для повышения чувствительности устройства в качестве источника освещения предлагается использовать яркий светодиод S60NW6C.

2. Определение характеристик капли

Контроль шероховатости поверхности проводился посредством анализа изменений размеров капли в процессе растекания. Для определения размеров капли на изображении, полученном в результате съёмки процесса растекания, использовался алгоритм выделения границ, адаптированный для каждого конкретного типа подложки. Зависимость размеров капли от времени, прошедшего с начала процесса растекания, позволяет судить о степени чистоты и гладкости поверхности подложки [24-26].

3. Особенности обработки изображения капли, растекающейся по поверхности стеклянной подложки

При съёмке процесса растекания капли по поверхности стеклянной подложки получается изображение, показанное на рис. 3. Очертания капли вполне определяются её тенью. Стоит обратить внимание на блик в левой части изображения. Расположение блика относительно тени свидетельствует о том, что тень смещена вправо относительно действительных границ капли.

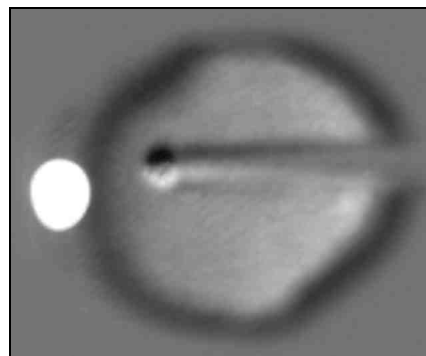


Рис. 3. Изображение капли на поздней стадии растекания по поверхности стеклянной подложки

Этот факт проиллюстрирован на рис. 4. Из-за того, что источник света находится слева от капли, а подложка прозрачна для лучей, тень располагается на непрозрачной поверхности под подложкой и смещена вправо относительно капли, при этом величина смещения прямо пропорциональна толщине подложки.

Для увеличения контрастности тени и, следовательно, упрощения обработки изображения, было предложено располагать подложку на тёмном основании. В нашей работе в качестве фона использовался лист матовой бумаги чёрного цвета.

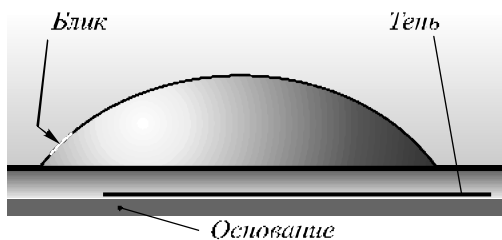


Рис. 4. Взаимное расположение блика и тени от капли

4. Особенности обработки изображения капли, растекающейся по поверхности подложки, изготовленной из ситалла

В данном исследовании рассматривались ситалловые подложки белого цвета. Изображение капли, полученное при съёмке процесса её растекания по такой подложке, приведено на рис. 5.

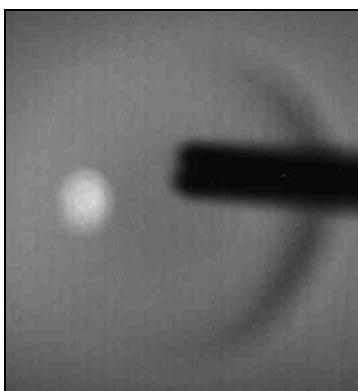


Рис. 5. Изображение капли жидкости в процессе растекания по ситалловой подложке

Видно, что, в отличие от стеклянной подложки, визуально отличить удаётся лишь правую границу капли по её тени. Некоторую информацию о левой границе капли может дать блик в левой части изображения.

Чтобы сделать левую границу капли более различимой, в конструкцию устройства был введён оптический барьер (рис. 6).

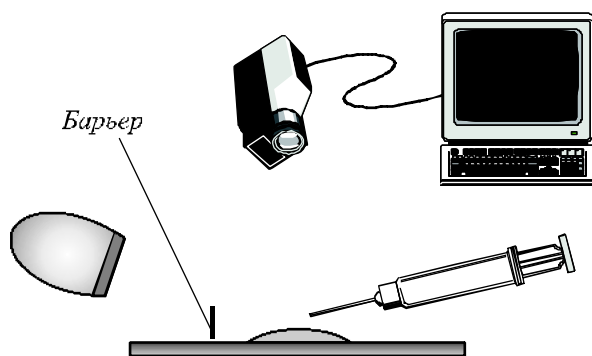


Рис. 6. Местоположение барьера в структуре устройства

Барьер представляет собой непрозрачную пластинку, расположенную над проверяемой поверхностью перпендикулярно ей. Тень от пластинки на-

крывает левую часть капли, поэтому свет, испытывая отражения от границы раздела «капля-воздух» и «капля-поверхность», подсвечивает левую границу капли (рис. 7).

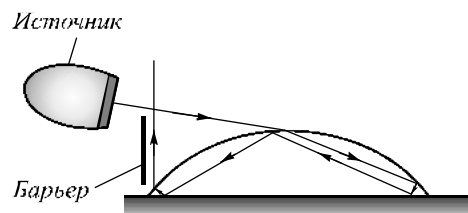


Рис. 7. Схема прохождения лучей в установке с барьером

В результате с помощью камеры фиксируется изображение капли, приведённое на рис. 8.

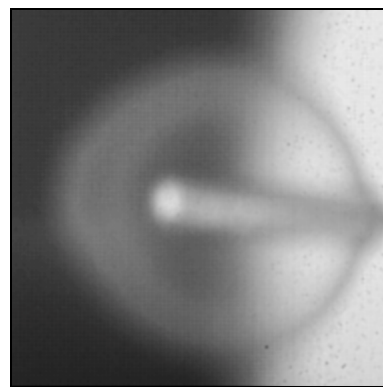


Рис. 8. Изображение капли, левая часть которой находится в тени

Ещё одним способом улучшения визуального выделения границ капли на поверхности ситалловой подложки может быть использование узкополосного источника света, например, лазера. В данной работе в качестве источника использовался портативный лазер.

Изображение капли, подсвеченной изнутри лучом лазера, направленным в её центр, представлено на рис. 9.

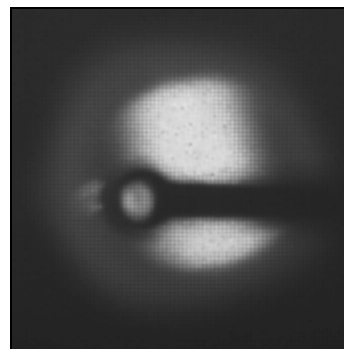


Рис. 9. Изображение капли, подсвеченной лазером

Получаемое изображение капли в этом случае оказывается более простым в обработке, поэтому от применения оптического барьера при контроле шероховатости ситалловых подложек решено было отказаться.

5. Новый вид устройства

В результате описанных изменений схема устройства приняла вид, представленный на рис. 10 а, б.

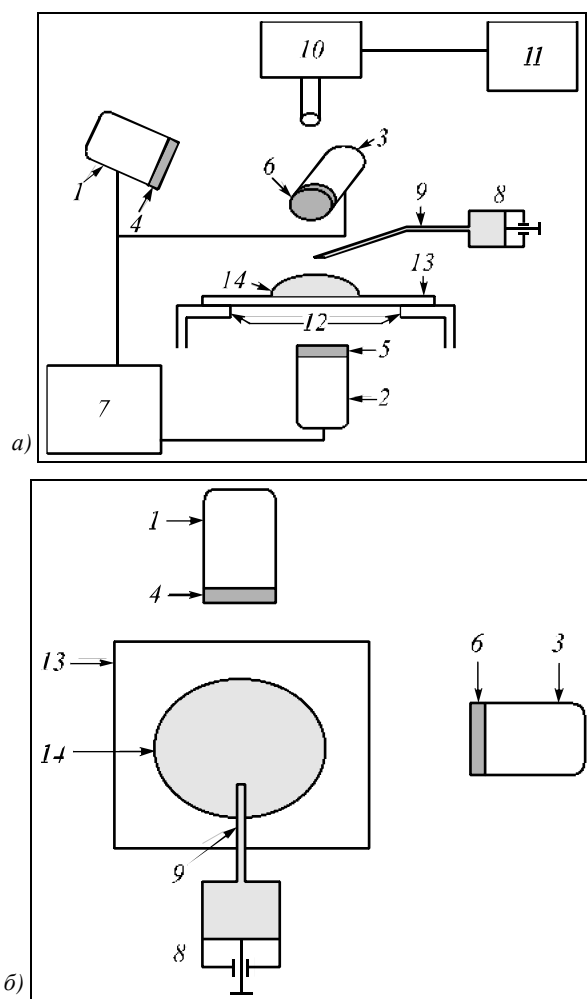


Рис. 10. Схема модифицированного устройства определения загрязнения и шероховатости поверхности подложки: вид сбоку (а); вид сверху (б)

Устройство состоит из источников света 1, 2 и 3, систем из рассеивающего фильтра и фильтра инфракрасного излучения 4, 5 и 6, регулируемого источника питания осветителя 7, дозатора каплей рабочей жидкости 8, направляющей иглы дозатора 9, скоростной видеокамеры 10, записывающего устройства 11, опоры для исследуемой подложки 12. Исследуемая подложка отмечена как 13, на неё нанесена капля жидкости фиксированного объёма 14. Источник 3 может быть выполнен в виде узкополосного источника света, например, лазера. Также источник света 3 может быть выполнен в виде системы зеркал, расположенных таким образом, чтобы отражённый ими свет от источника 4 образовывал световой поток с направляющей, перпендикулярной оптической оси источника 4. При измерении шероховатости стеклянных подложек (в зависимости от их характеристик) может быть задействован либо источник света 5, расположенный под подложкой,

либо лист чёрной матовой бумаги, располагаемый на опоре 12 под подложкой.

Заключение

Предложенная модификация устройства для индикации чистоты и гладкости оптической подложки по динамическому состоянию капли жидкости, наносимой на её поверхность, показала свою эффективность при экспресс-контроле ситалловых подложек и подложек с нанесённым слоем хрома. В ходе дальнейших исследований необходимо оптимизировать алгоритмы, предназначенные для определения на изображении границ капли дистиллированной воды, и создать на основе этого новую версию программного обеспечения.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (государственные контракты № 02.740.11.0841, № 02.740.11.0805 и № 14.740.11.0016), российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование», гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 10-07-00553-а и гранта Президента РФ № НШ-7414.2010.9.

Литература

1. Полтавцев, Ю.Г. Технология обработки поверхности в микроэлектронике / Ю.Г. Полтавцев, А.С. Князев. – Киев: Техника, 1990. – 206 с.
2. Stern, M.V. Binary Optics Fabrication / M.V. Stern // Micro-optics. Elements, systems and applications. Ed. by Hans Peter Herzig. – London: Taylor&Francis Ltd, 1997. – P. 53-85.
3. Волков, А.В. Технология создания ДОО / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, В.А. Соيفер, Г.В. Успенев // Методы компьютерной оптики; под ред. В.А. Соифера. – М.: Физматлит, 2000. – С. 239-310.
4. Golovashkin, D.L. Technology of DOE Fabrication / D.L. Golovashkin, N.L. Kazanskiy, V.A. Soifer, V.S. Pavelyev, V.S. Solovyev, G.V. Usplenyev and A.V. Volkov // Methods for Computer Design of Diffractive Optical Elements ed. by V.A. Soifer. – A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc., 2002. – P. 267-345.
5. 3D лазерные информационные технологии / под ред. П.Е. Твердохлеба. – Новосибирск: ЗАО ИПП «Офсет», 2003. – 551 с.
6. Казанский, Н.Л. Исследовательский комплекс для решения задач компьютерной оптики / Н.Л. Казанский // Компьютерная оптика. – 2006. – № 29. – С. 58-77. – ISSN 0134-2452.
7. Казанский, Н.Л. Формирование оптического микро-рельефа во внеэлектродной плазме высоковольтного газового разряда / Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков. – М.: Радио и связь, 2009. – 220 с.
8. Волков, А.В. Метод формирования дифракционного микро-рельефа на основе послойного наращивания фоторезиста / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Ю. Моисеев, В.А. Соифер // Компьютерная оптика. – 1996. – № 16. – С. 12-14. – ISSN 0134-2452.

9. **Volkov, A.V.** A Method for the Diffractive Microrelief Forming Using the Layered Photoresist Growth / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Yu. Moiseev, V.A. Soifer // *Opt. And Lasers in Eng.* – 1998. – Vol. 29(4-5). – P. 281-288.
10. **Волков, А.В.** Подготовка поверхности подложек для изготовления ДОО методом послойного наращивания фоторезиста / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Ю. Моисеев // *Компьютерная оптика.* – 2001 – № 21. – С. 113-116. – ISSN 0134-2452.
11. **Волков, А.В.** Исследование технологии плазменного травления для получения многоуровневых дифракционных оптических элементов / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Е. Рыбаков // *Компьютерная оптика.* – 1998. – № 18. – С. 130-133. – ISSN 0134-2452.
12. **Волков, А.В.** Разработка технологии получения дифракционного оптического элемента с субмикронными размерами рельефа в кремниевой пластине / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Е. Рыбаков // *Компьютерная оптика.* – 1998. – № 18. – С. 133-138. – ISSN 0134-2452.
13. **Волков, А.В.** Исследование процессов нанесения и травления фоторезиста с целью повышения точности формирования микрорельефа широкоапертурных ДОО / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Ю. Моисеев // *Компьютерная оптика.* – 1999. – № 19. – С. 143-146. – ISSN 0134-2452.
14. **Волков, А.В.** Сухое травление поликристаллических алмазных плёнок / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, Г.Ф. Костюк, В.С. Павельев // *Компьютерная оптика.* – 2001. – № 22. – С. 50-52 – ISSN 0134-2452.
15. **Волков, А.В.** Разработка и исследование метода формирования микрорельефа ДОО в сапфировых подложках / А.В. Волков, О.Г. Истинова, Н.Л. Казанский, Г.Ф. Костюк // *Компьютерная оптика.* – 2002. – № 24. – С. 70-73. – ISSN 0134-2452.
16. **Волков, А.В.** Формирование микрорельефа с использованием халькогенидных стеклообразных полупроводников / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Ю. Моисеев // *Компьютерная оптика.* – 2002. – № 24. – С. 74-77. – ISSN 0134-2452.
17. **Казанский, Н.Л.** Исследование особенностей процесса анизотропного травления диоксида кремния в плазме газового разряда высоковольтного типа / Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков // *Микроэлектроника.* – 2004. – Т. 33, № 3. – С. 209-224. – ISSN 0544-1269.
18. **Волков, А.В.** Способ изготовления дифракционных оптических элементов / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Ю. Моисеев // Патент РФ на изобретение № 2231812 от 27 июня 2004 года. Бюл. № 18.
19. **Pavelyev, V.S.** Formation of diffractive microrelief on diamond film surface / V.S. Pavelyev, S.A. Borodin, N.L. Kazanskiy, G.F. Kostyuk, A.V. Volkov // *Optics & Laser Technology.* – 2007. – Vol. 39, N 6. – P. 1234-1238. – ISSN 0030-3992.
20. **Нефёдов, В.И.** Физические методы исследования поверхности твёрдых тел / В.И. Нефёдов, В.Т. Черепнин. – М.: Наука, 1983. – 257 с.
21. **Вудрав, Д.** Современные методы исследования поверхности / Д. Вудрав, Т. Делчар; пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 564 с. (D.P. Woodruff, T.A. Delchar. *Modern Techniques of Surface Science.* Cambridge University Press. 1986).
22. **Огура, К.** Введение в физику поверхности / К. Огура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин, А.В. Зотов, М. Катаяма. – М.: Наука, 2006. – 490 с.
23. **Бирюков, А.В.** АСМ и PPM исследования шероховатостей поверхности стеклянных подложек с негауссовым распределением по высотам / А.В. Бирюков, С.В. Гапонов, Б.А. Грибков, М.В. Зорина, В.Л. Миронов, Н.Н. Салашенко // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования.* – 2003. – № 2. – С. 17-20. – ISSN 0207-3528.
24. **Бородин, С.А.** Автоматизированное устройство для оценки степени чистоты подложки по динамическому состоянию капли жидкости, наносимой на её поверхность / С.А. Бородин, А.В. Волков, Н.Л. Казанский // *Компьютерная оптика.* – 2006. – № 28. – С. 70-75. – ISSN 0134-2452.
25. **Казанский, Н.Л.** Способ контроля шероховатости поверхности диэлектрических подложек / Н.Л. Казанский, А.В. Волков, С.А. Бородин // Патент РФ на изобретение №2331870 от 20.08.2008. Бюл. № 23.
26. **Бородин, С.А.** Устройство для анализа наношероховатостей и загрязнений подложки по динамическому состоянию капли жидкости, наносимой на её поверхность / С.А. Бородин, А.В. Волков, Н.Л. Казанский // *Оптический журнал.* – 2009. – Т. 76, № 7. – С. 42-47. – ISSN 0030-4042.
27. **Перескокова, А.П.** Применение трибометрического метода для контроля чистоты поверхности деталей и технологических сред / А.П. Перескокова, Л.В. Солодовникова, А.М. Акимова // *Электронная техника. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование.* – 1979. – Вып. 1. – С. 143-151.
28. **Казанский, Н.Л.** Оптимизация параметров устройства трибометрического измерения чистоты поверхности подложек / Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков, С.В. Кричевский, Н.А. Ивлиев // *Компьютерная оптика.* – 2005. – № 28. – С. 76-79. – ISSN 0134-2452.
29. **Казанский, Н.Л.** Исследование особенностей трибометрического взаимодействия диэлектрических подложек при экспресс-контроле степени чистоты их поверхности / Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков, С.В. Кричевский, Н.А. Ивлиев // *Компьютерная оптика.* – 2007. – Т. 31, № 1. – С. 42-46. – ISSN 0134-2452.
30. **Kazanskiy, N.L.** Parameter Optimization of a Tribometric Device for Rapid Assessment of Substrate Cleanliness / N.L. Kazanskiy, V.A. Kolpakov, A.I. Kolpakov, S.V. Krichevsky, N.A. Ivliev, M.V. Desjatov // *Optical Memory & Neural Networks (Information Optics).* – 2008. – Vol. 17(2). – P. 167-172.
31. **Сойфер, В.А.** Способ измерения чистоты поверхности подложек / В.А. Сойфер, Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков, В.В. Подлипов // Патент РФ на изобретение № 2380684 от 27.01.2010. Бюл. № 3.
32. **Бородин, С.А.** Исследование процесса растекания капли жидкости, наносимой на поверхность подложки / С.А. Бородин // *Компьютерная оптика.* – 2006. – № 28. – С. 66-69. – ISSN 0134-2452.

References

1. **Poltavtsev, Yu.G.** Technology of Surface Processing in Microelectronics / Yu.G. Poltavtsev, A.S. Knyazev – Kiev: "Technics" Publisher, 1990. – 206 p. – (in Russian).
2. **Stern M.B.** Binary Optics Fabrication // In the book "Micro-optics. Elements, systems and applications" edited by Hans Peter Herzig. London: Taylor&Francis Ltd, 1997. – P. 53-85.
3. **Volkov, A.V.** Technology of DOE Fabrication / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, V.A. Soifer, G.V. Uspleneyev // In the book "Methods of Computer Optics" edited by V.A. Soifer. – Moscow: "Fizmatlit" Publisher, 2000. – P. 239-310. – (in Russian).
4. **Golovashkin, D.L.** Technology of DOE Fabrication / D.L. Golovashkin, N.L. Kazanskiy, V.A. Soifer, V.S. Pavelyev,

- V.S. Solovyev, G.V. Usplenyev, and A.V. Volkov // In the book "Methods for Computer Design of Diffractive Optical Elements" edited by V.A. Soifer. – A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc., 2002. – P. 267-345.
5. 3D Laser Information Technologies / edited by P.E. Tverdokhle. – Novosibirsk, ZAO IPP "Ofset", 2003. – 551 p. – (in Russian).
 6. **Kazanskiy, N.L.** R-D Center for Solving Problems of Computer Optics / N.L. Kazanskiy // Computer Optics. – 2006. – N 29. – P. 58-77. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 7. **Kazanskiy, N.L.** Study of Optical Microrelief Formation in the Plasma Generated High-Voltage Gas Discharge Outside the Electrode. / N.L. Kazanskiy, V.A. Kolpakov. – Moscow: "Radio and Communications" Publisher, 2009. – 220 p. – (in Russian).
 8. **Volkov, A.V.** A Method for the Diffractive Microrelief Formation Using the Layered Photoresist Growth. / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Yu. Moiseev, V.A. Soifer // Computer Optics. – 1996. – N 16 – P. 12-14. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 9. **Volkov, A.V.** A Method for the Diffractive Microrelief Forming Using the Layered Photoresist Growth / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Yu. Moiseev, V.A. Soifer // Opt. And Lasers in Eng. – 1998. – Vol. 29(4-5). – P. 281-288.
 10. **Volkov, A.V.** Preparation of Substrate Surface for DOE Fabrication Using the Layered Photoresist Growth Method / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Yu. Moiseev // Computer Optics. – 2001. – N 21. – P. 113-116. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 11. **Volkov, A.V.** Study of Plasma Etching Technology for Multilayered DOE Fabrication / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.E. Rybakov // Computer Optics. – 1998. – N 18. – P. 130-133. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 12. **Volkov, A.V.** Research of Diffractive Optics Elements Fabrication with Submicron Size Microrelief on the Silicon Substrate / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.E. Rybakov // Computer Optics. – 1998. – N 18. – P. 133-138. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 13. **Volkov, A.V.** Study of Processes of Photoresist Deposition and Etching to Improve the Accuracy of the Wide DOE Microrelief Formation / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Yu. Moiseev // Computer Optics. – 1999. – N 19. – P. 143-146. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 14. **Volkov, A.V.** Dry Etching of Polycrystalline Diamond Films / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, G.F. Kostyuk, V.S. Pavelyev // Computer Optics. – 2001. – N 22. – P. 50-52 – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 15. **Volkov, A.V.** Research and Development of Technology of DOE Microrelief Formation on Sapphire Substrates. / A.V. Volkov, O.G. Istinova, N.L. Kazanskiy, G.F. Kostyuk // Computer Optics. – 2002. – N 24. – P. 70-73. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 16. **Volkov, A.V.** Microrelief Fabrication Using Glasslike Chalcogenide Semiconductors / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Yu. Moiseev // Computer Optics. – 2002. – N 24. – P. 74-77. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 17. **Kazanskii, N.L.** Anisotropic Etching of SiO₂ in High-Voltage Gas-Discharge Plasmas / N.L. Kazanskii, V.A. Kolpakov, A.I. Kolpakov // Russian Microelectronics. – 2004. – V. 3, N 3. – P. 169-182. – ISSN 0544-1269. – (in Russian).
 18. **Volkov, A.V.** A Method for the Manufacture of Diffractive Optical Elements / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Yu. Moiseev // Patent RF of Invention №2231812 of June 27, 2004, Russian Bulletin of Inventions № 18, 2004. – (in Russian).
 19. **Pavelyev, V.S.** Formation of diffractive microrelief on diamond film surface / V.S. Pavelyev., S.A. Borodin, N.L. Kazanskiy, G.F. Kostyuk, A.V. Volkov // Optics & Laser Technology. – 2007. – Vol. 39, N 6. – P.1234-1238. – ISSN 0030-3992.
 20. **Nefyodov, V.I.** Physical Techniques of Solid State Surfaces Science. / V.I. Nefyodov, V.T. Cherepnin – Moscow: "Nauka" Publisher, 1983. – 257 p. – (in Russian).
 21. **D.P. Woodruff, T.A. Delchar.** Modern Techniques of Surface Science. – Cambridge University Press, 1986.
 22. **Ogura, K.** Introduction to Surface Physics / K. Ogura, V.G. Lifshits, A.A. Saranin, A.V. Zotov, M. Katayama – Moscow: "Mir" Publisher, 2006. – 490 p. – (in Russian).
 23. **Biryukov, A.V.** AFM and X-Ray Investigations of Surface Roughness of Glass Substrates with non-Gaussian Height Distribution / A.V. Biryukov, S.V. Gaponov, B.A. Gribkov, M.V. Zorina, V.L. Mironov, N.N. Salashchenko // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2003. – N 2. – P. 17-20. – ISSN 0207-3528. – (in Russian).
 24. **Borodin, S.A.** Automated Device for Substrate Surface Cleanliness Estimation from the Dynamic State of a Liquid Drop, Deposited on its Surface / S.A. Borodin, A.V. Volkov., N.L. Kazanskiy // Computer Optics. – 2006. – N 28. – P. 70-75. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 25. **Kazanskiy, N.L.** A Method for the Roughness Estimation of Dielectric Substrate / N.L. Kazanskiy, V.A. Volkov, S.A. Borodin // Patent RF of Invention №2231812 of August 20, 2008, Russian Bulletin of Inventions №23, 2008. – (in Russian).
 26. **Borodin, S.A.** Device for Analyzing Nanoroughness and Contamination on a Substrate from the Dynamic State of a Liquid Drop Deposited on its Surface. / S.A. Borodin, A.V. Volkov, N.L. Kazanskii // Journal of Optical Technology. – 2009. – Vol. 76, N 7. –P. 408-412. – ISSN 0030-4042. – (in Russian).
 27. **Pereskokova, A.P.** Tribometer Techniques Application for Monitoring of Details and Technological Environments Surface Cleanliness / A.P. Pereskokova, L.V. Solodovnikova, A.M. Akimova // Electronic Technics, Serie 7, Technology, production organization, and equipment. – 1979. – first edition. – P. 143-151.
 28. **Kazanskiy, N.L.** Parameter Optimization of a Tribometric Device for Rapid Assessment of Substrate Surface Cleanliness / N.L. Kazanskiy, V.A. Kolpakov, A.I. Kolpakov, S.V. Krichevsky, N.A. Ivliev // Computer Optics. – 2005. – N 28. – P. 76-79. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 29. **Kazanskiy, N.L.** Interaction of Dielectric Substrates in the Course of Tribometric Assessment of the Surface Cleanliness / N.L. Kazanskiy, V.A. Kolpakov, S.V. Krichevsky, N.A. Ivliev // Computer Optics. – 2007. – V. 31, N 1. – P. 42-46. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).
 30. **Kazanskiy, N.L.** Parameter Optimization of a Tribometric Device for Rapid Assessment of Substrate Surface Cleanliness / N.L. Kazanskiy, V.A. Kolpakov, A.I. Kolpakov, S.V. Krichevsky, N.A. Ivliev, M.V. Desjatov // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). – 2008. – Vol. 17(2). – P. 167-172.
 31. **Soifer, V.A.** Method of Substrate Surface Cleanliness Estimation / V.A. Soifer, N.L. Kazanskiy, V.A. Kolpakov, A.I. Kolpakov, V.V. Podlipnov // Patent RF of Invention №2380684 of January 27, 2010, Russian Bulletin of Inventions №3, 2010. – (in Russian).
 32. **Borodin, S.A.** Study of Spreading of Liquid Drop, Deposited on the Surface of Substrate / S.A. Borodin // Computer Optics. – 2006. – N 28. – P. 66-69. – ISSN 0134-2452. – (in Russian).

MODIFICATION OF THE DEVICE FOR DETECTION OF CLEANLINESS AND FLATNESS OF OPTICAL SUBSTRATES

P.Yu. Izotov^{1,2}, M.S. Glyanko^{1,2}, S.V. Sukhanov²

¹ *Image Processing Systems Institute of the RAS,*

² *S.P. Korolyov Samara State Aerospace University*

Abstract

The current paper presents research of new construction of device for detection of flatness and cleanliness of optical substrate from the dynamic state of a liquid drop deposited on its surface. This work contains results of study of the device in application to rapid assessment of surface cleanliness of substrates made of glass, siall and chrome.

Key words: roughness estimation of optical surface, estimation of optical substrate cleanliness, device for rapid assessment, wettability, liquid drop spreading, image of a liquid drop.

Сведения об авторах



Изотов Павел Юрьевич, 1988 года рождения, в 2010 году окончил Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (СГАУ), в настоящее время является аспирантом СГАУ. Работает стажёром-исследователем Института систем обработки изображений РАН (ИСОИ РАН). Область научных интересов: параллельные вычисления на гетерогенных системах.

E-mail: izogfif@rambler.ru.

Pavel Yuryevich Izotov (b. 1988) graduated from Samara State Aerospace University (SSAU) in 2010. Now he is a post-graduate student of SSAU. He works as trainee researcher at the Image Processing Systems Institute of the Russian Academy of Sciences (IPSI RAS). Research interests: parallel computing on heterogeneous systems.



Глянко Марк Сергеевич, 1989 года рождения, студент СГАУ, техник ИСОИ РАН. Область научных интересов: цифровая обработка изображений, проектирование и реализация баз данных.

E-mail: snake7732@yandex.ru.

Mark Sergeevich Glyanko (b. 1989), a student of SSAU. He works as programmer at IPSI RAS. Research interests: digital image processing, database design and implementation.



Суханов Сергей Васильевич, 1954 года рождения, в 1977 году окончил Куйбышевский авиационный институт – сейчас Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (СГАУ) по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Является кандидатом технических наук, доцентом кафедры технической кибернетики СГАУ. Область научных интересов: компьютерные телекоммуникации, параллельные вычисления на гетерогенных системах.

E-mail: sukhanov@smr.ru.

Sergey Vasilyevich Sukhanov (b. 1954), graduated from Kuibyshev Aviation Institute in 1977 (KuAI; presently, S.P. Korolyov Samara State Aerospace University (SSAU)), System Engineering sub-department. He is Ph.D., Associate Professor at the Department of Technical Cybernetics (SSAU). Research interests: computer telecommunications, parallel computing on heterogeneous systems.

Поступила в редакцию 08 февраля 2011 г.