

определяющее принадлежность работ по ТО к одному из кластеров. Расстояние до кластеров рассчитывается методом средней связи. Для визуализации кластеров предусмотрено построение дендрограмм.

Приложение успешно прошло апробацию на имитационно сгенерированной выборке кодовых последовательностей вариаций одного из процессов ТО БРЭО.

Список использованных источников

1. Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Термины и определения [Текст]: ГОСТ Р 53863-2010. Введ. 10 сен 2010-09-10. – М.: Стандартинформ, 2020, 19с.

2. Киселёв, Д.Ю. Основы теории технической эксплуатации летательных аппаратов [Текст]: учеб. пособие / Д.Ю. Киселев, И.М. Макаровский. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 96 с.

Зотин Никита Александрович, доцент каф. ЭАТ, ZotinNA.eat@yandex.ru.
Кавтаськина Александра Сергеевна, студентка гр. 1242-250402D, kavtaskina.1999@mail.ru.

НАНОЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 535.3, 535.015

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ТРЕКИНГ ЧАСТИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ

Е. С. Зацепин, С. А. Ассельборн, Д. С. Исаков, А. М. Герасимов,
Д. Г. Пихуля, Ю. В. Микляев
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Ключевые слова: микроскопия, сверхразрешение, наночастицы, анализ траектории частиц, экспериментальная установка.

В последние годы разработано несколько методов сверхразрешения в оптической микроскопии. Разрешающая способность традиционной микроскопии ограничена дифракционным пределом разрешения, составляющим около половины длины волны наблюдаемого излучения. В видимой области спектра этот предел составляет около 200 нм.

Наиболее подробно исследованным и часто используемым способом получения оптических изображений с субволновым разрешением является сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ) [1, 2]. При

помощи СБОМ можно считывать распределение интенсивности света, спектр излучения на поверхности образца с разрешением, гораздо более высоким, чем это позволяет критерий Релея. Однако, сканирующий принцип и необходимость контроля положения зонда вблизи поверхности образца с точностью, выше 50 нм, делают получение изображений этим методом довольно медленным, стоимость микроскопа – высокой, а также накладывают дополнительные требования на свойства образца [3].

Основная цель работы – осуществление пространственного трекинга наночастиц, находящегося в суспензии за счет использования астигматизма, введенного в оптическую систему. Сверхразрешение в плоскости XY осуществляется с помощью метода центра масс, а значение вертикальной координаты можно получить из следующего выражения:

$$h = \frac{dH}{2 \ln(ell_{crit})} \ln(ell) + \frac{dH}{2},$$

где dH – граница резкости, ell_{crit} – максимальное значение эллиптичности, ell – эллиптичность исследуемого объекта.

Для экспериментальной реализации и проверки работоспособности данного подхода трехмерного трекинга использовалась стеклянная подложка с высушенной суспензией частиц диоксида титана, среди которых присутствовали агрегаты. После трекинга и определения параметров каждой частицы были вычислены соответствующие им высоты и в качестве точек нанесены на трехмерную сетку, рисунок 1а является проекцией данной сетки на плоскость XZ и показывает, что частицы лежат на горизонтальной поверхности, рисунок 1б является проекцией данной сетки на плоскость XZ и показывает, что частицы лежат на наклонной поверхности.

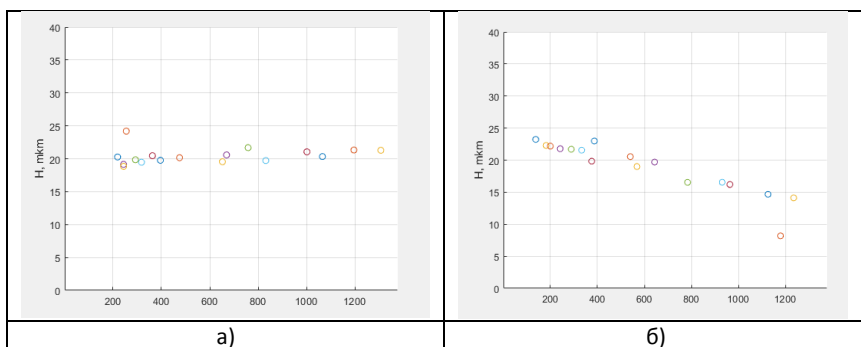


Рисунок 1 – Проекция распределения частиц, расположенных на горизонтальной подложке, на плоскость XZ (а), расположенных на наклонной подложке, на плоскость XZ (б). На оси абсцисс показан номер кадра видеоряда

При последующих измерениях подложка располагалась горизонтально и изменялось ее положение относительно фокуса. Так известно, что все частицы лежат на некоторой плоскости, то можно вычислить разброс измеренных значений.

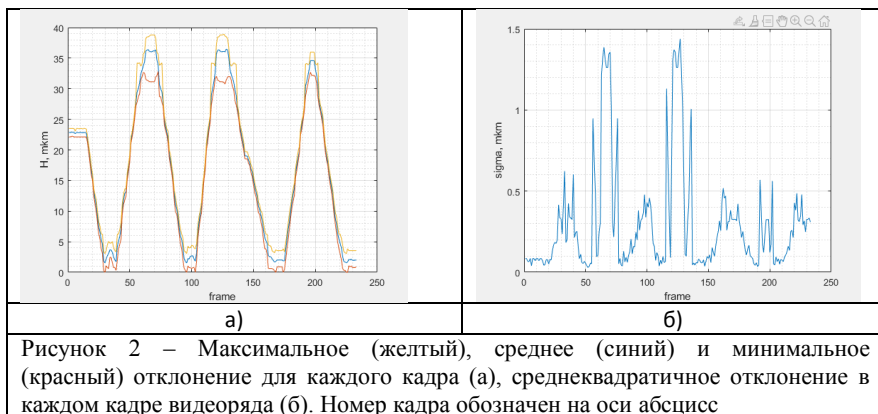


Рисунок 2 – Максимальное (желтый), среднее (синий) и минимальное (красный) отклонение для каждого кадра (а), среднеквадратичное отклонение в каждом кадре видеоряда (б). Номер кадра обозначен на оси абсцисс

На рисунке 2а приведены следующие зависимости: максимальное отклонение (желтый), среднее (синий) и минимальное (красный) для каждого из кадров. На рисунке 2б приведена зависимость среднеквадратичного отклонения для каждого снимка. Видно, что среднеквадратичное отклонение больше 1 μm соответствует пикам на рисунке 2а, такое отклонение объясняется тем, что мы вышли из зоны резкости и программа не смогла корректно это определить.

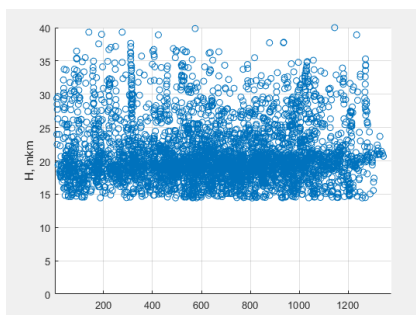


Рисунок 3 – Проекция распределения частиц, находящихся в суспензии, на плоскость XZ. По горизонтали отмечен номер кадра видеоряда

Далее, с использованием плоскости подложки, перпендикулярной оптической оси микроскопа был произведен эксперимент по трекингу частиц, находящихся в суспензии, с целью прорисовки границы поверхности подложки. На рисунке 3 можно наблюдать, что четко

выделяется линия, являющаяся линией раздела подложки и суспензии с частицами.

В данной работе был реализован пространственный трекинг частиц диоксида титана при введенном в оптическую систему астигматизме. Точность измерения вертикальной координаты определялась по величине разброса при исследовании изображений частиц после испарения жидкости и вертикальном смещении объекта. Точность определения вертикальной координаты составила около 200нм при диапазоне измерений, равном 30 мкм.

Работа выполнена при поддержке российского фонда фундаментальных исследований номер договора: 20-42-740008\20.

Список использованных источников

1. Betzig E. et al. Breaking the diffraction barrier: optical microscopy on a nanometric scale //Science. – 1991. – Т. 251. – №. 5000. – С. 1468-1470.

2. Hartschuh A. et al. High-resolution near-field Raman microscopy of single-walled carbon nanotubes //Physical Review Letters. – 2003. – Т. 90. – №. 9. – С. 095503.

3. Miklyaev Y. V., Asselborn S. A., Gerasimov A. M. Optical near-field scanning by microparticles suspended in immersion fluid //Technical Physics Letters. – 2014. – Т. 40. – С. 640-643.

Зацепин Евгений Сергеевич, студент магистратуры, каф. «Оптоинформатика», therussianjeatt@gmail.com.

Ассельборн Сергей Александрович, к.ф.-м.н., с.н.с., лаборатория сенсорики, aborn@mail.ru.

Исаков Денис Сергеевич, н.с., лаборатория сенсорики, isakovds@susu.ru.

Герасимов Александр Михайлович, к.ф.-м.н., с.н.с., лаборатория сенсорики, доцент, каф. «Оптоинформатика», gerasimovam@susu.ru

Пихуля Денис Григорьевич, к.ф.-м.н., с.н.с., лаборатория сенсорики, доцент, каф. «Оптоинформатика», pikhuliadg@susu.ru.

Микляев Юрий Владимирович, д.ф.-м.н., в.н.с., лаборатория сенсорики, профессор, каф. «Физика наноразмерных систем», miklyaev@mail.ru.

УДК 004.332.34

ОПТИМИЗАЦИЯ БЛОКА ТЕСТИРОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ

А.А. Бобров

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: тестирование вычислительных систем, запоминающие устройства, маршевые тесты памяти, многократное тестирование.