

УДК 531.7 + 621.9.01

## СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ ЛИТОГРАФИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ БИОМИМЕТИКИ И НАНОГРАФИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Жуков М.В. – к.т.н., м.н.с.

(Институт аналитического приборостроения Российской академии наук)

**Введение.** Природа вокруг нас имеет весьма сложные высокоорганизованные структуры, обладающие интересными свойствами, например, фотонные кристаллы (опал, крылья насекомых) [1], супергидрофобность («эффект лотоса», розы) [2], и т.п. Поэтому задачи воспроизведения подобных нано- и микроструктур различными методами имеют весьма высокую значимость. Вместе с тем, мы можем не только учиться у природы, но и привносить туда что-то новое. Так, методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) возможно не только изучать, но и создавать структуры малых размеров на объектах живой и неживой природы. В связи с этим большой интерес представляет задача кодирования и хранения информации на сверхмалом уровне, в частности, высокой эффективностью обладает уже зарекомендовавший себя метод графического кодирования информации с помощью баркодов и QR-кодов [3]. Так, подобные структуры могут быть использованы для создания инфо-меток на биообъектах, защиты от фальсификата и чипирования продукции, создания новых носителей с плотной упаковкой информации, и т.п. Решение поставленных задач можно отнести к разделам биомиметики, биоинформатики, теории кодирования и нанофабрикации.

**Основная часть.** Исследования проводились на СЗМ NanoTutor (НТ-СПб, Россия) и оптической системе Optem. Измерения топографии проводились в полуконтактном режиме методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) для снижения инвазивности исследований. Частота колебания зонда составляла ~9 кГц. В качестве объектов исследования выступали высушенные крылья бабочки и гладкие поликарбонатные подложки. Изучены зоны крыла бабочки красного, синего, желтого и черного цветов. Изучены периоды решеток, созданы шаблоны и проведена сканирующая зондовая литография (СЗЛ) всех зон на поликарбонате. Проведено сравнение цветовых характеристик полученных нано- и микроструктур в оптический микроскоп. Закодирована информация баркодов и QR-кодов, проведена успешная СЗЛ и считывание кодов методами СЗМ. Для считывания СЗМ-изображений кодов была проведена предварительная коррекция изображения с выделением нужного уровня высоты (контраста) и переводом данных в монохромное изображение. Для кодирования и считывания кодов были использованы общедоступные программы. Была подобрана оптимальная форма зонда для литографии (при диаметре  $W$  проволоки около 100 мкм радиус закругления вершины зонда около 50-100 нм, высота конуса зонда около 100-200 мкм) и параметры СЗЛ для поликарбоната (скорость литографии, задержка в точке, глубина прижима). Параметры СЗЛ варьировались в зависимости от размеров областей литографии, которые составляли от 10 до 30 мкм.

**Выводы.** 1. Методами АСМ и СЗЛ возможно изучение и повторение структуры фотонного кристалла на поверхности крыла бабочки, придающего ей структурную окраску.  
2. Кодирование информации в графическом виде дает возможность переноса информации методом СЗЛ на поверхность плоских объектов, а также ее последующее считывание.  
3. Методами СЗМ и оптической микроскопии возможно полноценное изучение топографических и оптических свойств полученных микро- и наноструктур.

### Список использованных источников:

1. Waterhouse G. I. N., Waterland M. R. Opal and inverse opal photonic crystals: Fabrication and characterization //Polyhedron. – 2007. – Т. 26. – №. 2. – С. 356-368.

2. Жуков М.В. Исследование микро- и наноструктуры гидрофобной поверхности растений. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – №2 (90). – С. 86-92.
3. Болотнова Е. А., Павлишин Б. И., Барейша В. К. Анализ современных методов влияния qr-кодов на жизнь человека в современном мире //Естественно-гуманитарные исследования. – 2020. – №. 3 (29). – С. 64-67.