

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕВОСПРОИЗВОДИМЫХ ПЛЁНОК НА ОСНОВЕ
НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТНОГО И
ПРОТИВОПОДДЕЛОЧНОГО ПРИЗНАКА**

Суслов А.П. (Университет ИТМО), Рябченко Е.О. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доцент, Кривошапкина Е.Ф.
(Университет ИТМО)

Введение. Подделки и контрафакт – это глобальная проблема, которая наносит колоссальный экономический ущерб и создает угрозы безопасности разным людям и компаниям. Создание материалов для предотвращения подделок и мошенничества является важным направлением в науке.

На данный момент существуют разные технологии защиты от подделок, но большинство из них сложны в реализации, дороги, экологически небезопасны или легко воспроизводимы. В качестве решения этих проблем предлагается использовать плёнки, полученные на основе нанокристаллической целлюлозы (НКЦ), которые дают уникальный рисунок в зависимости от толщины плёнки, условий синтеза и химического состава [1].

Основная часть. Получаемые плёнки обладают опалесцирующим эффектом, который виден невооружённым взглядом, однако интерес представляют красочные узоры целлюлозы, видимые только в линейно поляризованном свете [2]. Так как результат зависит от множества факторов: температуры, влажности, толщины слоя и времени высыхания плёнок, более того невозможно проконтролировать процесс самоорганизации нанокристаллов целлюлозы в хиральные нематические структуры, – цветной рисунок не может быть воспроизведён.

В данной работе были получены композитные плёнки на основе НКЦ, например, с фиброином, альгинатом натрия, молочной кислотой. В этих плёнках формирование функциональных узоров характеризуется не только разной цветовой палитрой, но и появлением пузырьков газа, создающих случайную пространственную систему, видимую в линейно поляризованном свете. Известно, что при создании плёнок на основе НКЦ с добавлением винной кислоты образуются слоистые структуры – кольца Лизеганга [3]. Были получены такие плёнки и исследованы факторы, влияющие на процесс образования концентрических колец. Формирование ритмически повторяющихся полос так же, как и цветовая палитра, представляют интерес в качестве примера уникального рисунка.

Были предложены способы обработки цветных изображений, полученных с использованием линейно поляризованного света. Для этого на цветовой узор наносится координатная сетка, каждой ячейке которой соответствует набор из RGB значений. Также для каждого отдельного изображения могут быть выбраны случайные кодовые ячейки – уникальный цифровой код, который заносится в базу данных. Каждая плёнка считывается оптическим сканером, а полученные RGB значения соотносятся с уникальными цифровыми кодами из базы данных для проверки подлинности объекта, на который наносится плёнка. Для других функциональных узоров, таких как концентрические кольца и пузырьки газа, разрабатывается другая система кодировки и распознавания, основанная на координатах узорных структур.

Выводы. В работе были получены различные по составу плёнки на основе нанокристаллической целлюлозы, было исследовано влияние некоторых параметров на процесс создания невоспроизводимых плёнок, а также предложен способ проверки подлинности объекта. В дальнейшем планируется разработать систему анализа образующихся функциональных узоров, которая будет основываться на их координатных значениях.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке государственного задания № FSER-2022-0002 в рамках национального проекта «наука и университеты».

Список использованных источников:

1. Revol, J.-F.; Godbout, L.; Gray, D. Solidified Liquid Crystals of Cellulose with Optically Variable Properties. *J. Pulp Paper Sci.*, 24, 146-149. 1998.
2. Eremeeva E, Sergeeva E, Neterebskaia V, Morozova S, Kolchanov D, Morozov M, Chernyshov I, Milichko V, Vinogradov A. Printing of Colorful Cellulose Nanocrystalline Patterns Visible in Linearly Polarized Light. *ACS Appl Mater Interfaces*. 7;12(40). 45145-45154. 2020.
3. A Ackroyd AJ, Holló G, Mundoor H, Zhang H, Gang O, Smalyukh II, Lagzi I, Kumacheva E. Self-organization of nanoparticles and molecules in periodic Liesegang-type structures. *Sci Adv*, 7(16). 2021.