

НАНОСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ НОВОГО ИНДОТРИКАРБОЦИАНИНОВОГО КРАСИТЕЛЯ

Н.В. Белько

Белорусский государственный университет

e-mail: nikita.belko@gmail.com

Summary. *Indotricarbocyanine dye self-assembles into nanostructures in water-ethanol. Morphology of the nanostructures was studied using atomic-force microscopy. The nanostructures are characterized by a narrow, blue-shifted absorption band in solution as well as on quartz.*

Органические наноструктуры обладают уникальными свойствами и могут найти многочисленные применения в качестве новых материалов, например, элементов для органических оптоэлектронных устройств, компонентов солнечных батарей, биологических меток, а также во многих других областях [1].

Было установлено, что молекулы индотрикарбоцианинового красителя (далее ЦК-1) в воде-этаноле могут образовывать наноструктуры. ЦК-1 относится к классу полиметиновых красителей, которые проявляют уникальные свойства с точки зрения их самоорганизации. Исследуемое соединение было создано в Институте прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко Белорусского государственного университета [2]. ЦК-1 растворим в этаноле, но нерастворим в воде, что приводит к самоорганизации молекул красителя в воде-этаноле. Наноструктуры получали с помощью простого метода перекристаллизации [3]. Для этого исходный концентрированный раствор ЦК-1 в этаноле вводили в дистиллированную воду. Изменение цвета раствора сигнализировало об образовании наноструктур.

Наноструктуры ЦК-1 были нанесены на подложку из кристаллического кремния, и их морфология была изучена с помощью атомно-силовой микроскопии (рис. 1). Было обнаружено, что существуют различные типы объектов, например, более крупные стержнеобразные наноструктуры длиной несколько микрометров и толщиной порядка 10 нанометров (область 1) и более мелкие наноструктуры неправильной формы с характерными размерами несколько нанометров (область 2).

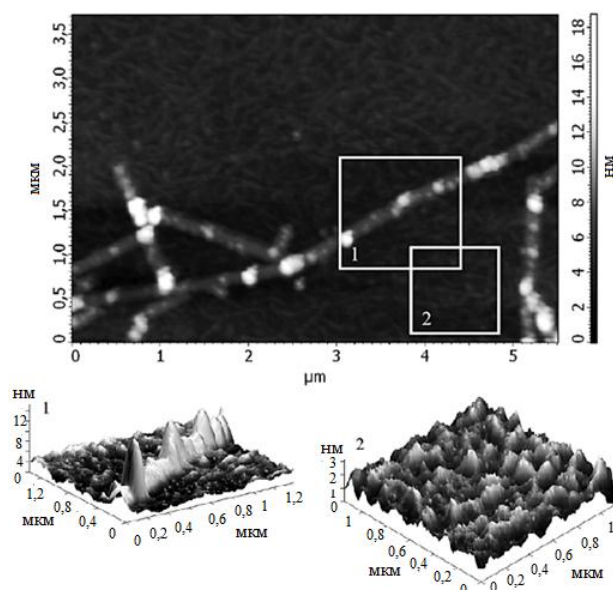


Рисунок 1. – Изображение наноструктур ЦК-1 на кремниевой подложке в атомно-силовом микроскопе

Наноструктуры ЦК-1 были далее исследованы с помощью абсорбционной спектроскопии. При низких концентрациях красителя (менее 1,5 мкМ) в спектрах поглощения присутствовала полоса поглощения с максимумом на 707 нм и полушириной 95 нм. Данная полоса обусловлена поглощением мономеров красителя. Для средних концентраций ЦК-1 (от 1,5 до 5,0 мкМ) спектры поглощения растворов постепенно менялись в течение нескольких часов после приготовления. В спектрах появлялась новая узкая полоса поглощения 2 с одновременным падением оптической плотности в длинноволновой полосе 1 (рис. 2а). Новая полоса была смещена в коротковолновую область; ее максимум был расположен на 515 нм, а полуширина составляла 22 нм. Известно, что широкая полоса поглощения 1 соответствует мономерам ЦК-1 и агрегатам низких порядков (димеры, тримеры). Далее, можно предположить, что полоса поглощения 2 относится к образующимся наноструктурам ЦК-1. Для более высоких концентраций красителя (более 5,0 мкМ) характерным является образование частиц размерами 1-2 мкм через несколько часов после приготовления, что, по всей видимости, объясняется седиментацией и агрегацией образующихся наноструктур.

Практические применения органических наноструктур часто требуют их размещения на твердых носителях. В связи с этим были зарегистрированы спектры поглощения наноструктур ЦК-1 на кварце. В данных спектрах также присутствовала полоса 2 (рис. 2б). Наличие данной полосы свидетельствует о том, что наноструктуры ЦК-1 не разрушаются даже после испарения растворителей. Полоса 2, наблюдаемая в спектре наноструктур на кварцевой подложке, обладала выраженной асимметрией, что может быть обусловлено наличием различных типов наноструктур красителя.

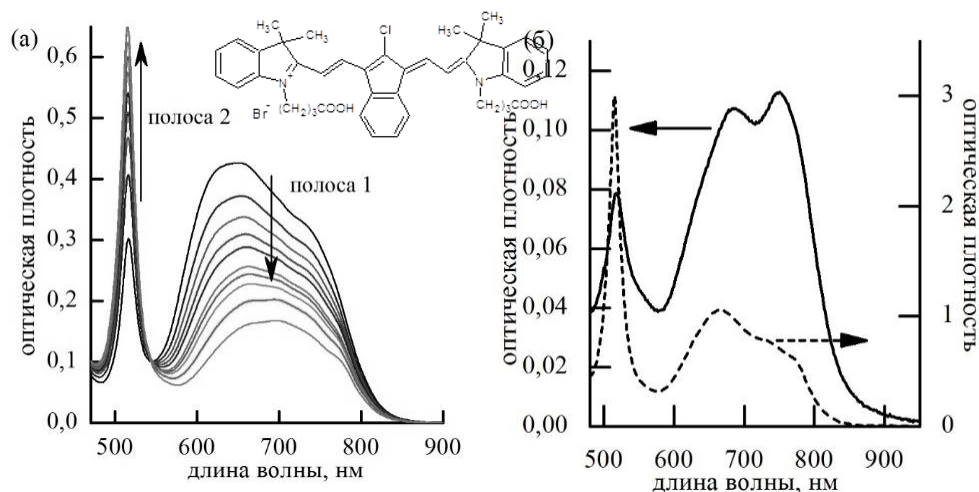


Рисунок 2. – а) Изменение спектра поглощения раствора ЦК-1 в воде-этаноле (5 мкМ красителя, 5% об. этанола) в течение 2 часов после приготовления; на вставке структурная формула ЦК-1; б) Спектр поглощения ЦК-1 на кварце (сплошная линия), и в соответствующем растворе (штриховая линия; 25 мкМ красителя, 10% об. этанола)

Таким образом, была разработана методика получения самоорганизованных наноструктур ЦК-1, а также их нанесения на подложки. Согласно данным атомно-силовой микроскопии, существуют различные типы наноструктур ЦК-1. Абсорбционная спектроскопия показала, что наноструктуры характеризуются узкой коротковолновой полосой поглощения, как в растворе, так и на кварце.

Литература

- [1] Y. S. Zhao, H. Fu et al. // Adv. Mater. 20, 2859 (2008).
- [2] A. Lugovski, M. Samtsov et al.// J. of Photochemistry and Photobiology A 316, 31 (2016).
- [3] H. Kasai, H.S. Nalwa et al.// Japan. J. Appl. Phys. 31, L1132 (1992).