

## НАНОКРИСТАЛЛЫ (Nanocrystals)

«Красота и блеск кристаллов  
Всем и каждому понятны.  
Беглый взгляд они чаруют  
Формы их уму заняты...»

В.А. Слетов.

«Стихи о камнях»



Самый большой в мире бриллиант  
«Звезда Африки» весом в 530 карат

Если Вы смотрели мюзикл «Мулен Руж», то, наверняка, помните песню «Бриллианты – лучшие друзья девушек». Драгоценные камни представляют собой ограненные ювелиром монокристаллы определенных химических соединений. К примеру, бриллианты – это алмазы, а изумруд – прозрачная разновидность берилла  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{SiO}_6$ , окрашенного в травянисто-зеленый цвет оксидом хрома  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Покупая ювелирное изделие с драгоценными камнями, скорее всего, вы и не задумываетесь об их химическом составе, Вас больше волнуют такие характеристики, как чистота и размер камня, определяющие стоимость украшения. Самый большой в мире бриллиант «Звезда Африки» весит около 530 карат ( $10^6$  г).

А теперь представьте, что размеры этого камня уменьшатся в миллиарды миллиардов раз –

этакий кристалл в  $1 \cdot 10^{-18}$  карат или того меньше – будет ли он для кого-нибудь представлять ценность и можно ли его вообще после этого называть кристаллом? Оказывается, можно, только с приставкой нано – в соответствии с его размерами и формой. Вообще, под нанокристаллом подразумевают любую **наночастицу**, характеризующуюся упорядоченным строением и четко выраженной, как у макрокристаллов, огранкой.

Развитие методов коллоидной химии в последние годы позволило «выкристаллизовать» из раствора многие давно известные химические соединения, например, селенид кадмия  $\text{CdSe}$  в виде наностержней, удлинённых наносфер, нанотетраэдров, нанокубов и наношестиугольников (рис. 1). Кроме того, оказалось, что огранкой нанокристаллов можно управлять, варьируя концентрацию раствора соли. Так при достаточно

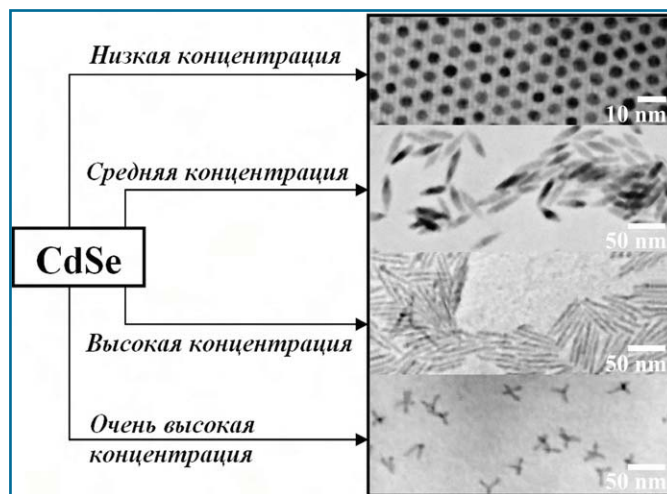
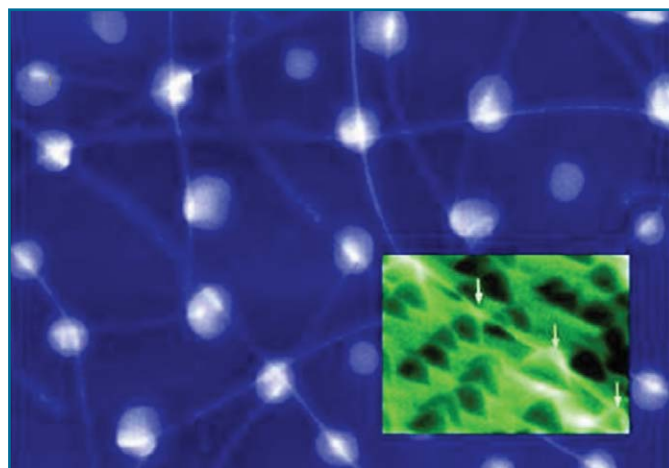


Рис. 1. Рост нанокристаллов  $\text{CdSe}$  различной формы

низких концентрациях селенида кадмия в растворе все нанокристаллы растут в форме, обеспечивающей минимальную свободную энергию – в виде сфер. Средняя концентрация позволяет получать только анизотропные сильно вытянутые эллипсоидальные частицы, высокая – палочки и другие протяженные наноструктуры. Если же концентрация очень высока, то раствор обеспечен существенным количеством «строительных блоков» для каждого направления роста кристалла, и в результате получаются кристаллиты в форме тетраподов.

Нанокристаллы находят самые разнообразные и неожиданные применения. Селенид кадмия и другие  $A^2B^6$ -наноструктуры перспективны в качестве активных элементов электролюминесцентных панелей, флуоресцирующих маркеров для разнообразных биологических объектов, в том числе в качестве *нанолекарств* для ранней диагностики и лечения раковых опухолей. С помощью нанокристаллов золота, способных разогреваться в высокочастотном электрическом поле, возможно, как ключом, «расстегивать» двойную спираль ДНК, вызывая ее временную денатурацию и превращение в одинарную. Изолированные нанокристаллы кремния можно использовать для выращивания необычных структур на основе *углеродных нанотрубок*, в которых висячие «ли-



**Рис. 2.** Нейронные сети на основе нанотрубок (на зеленой врезке изображение нанокристаллов кремния)

нии» из цепочек атомов углерода прямо по воздуху соединяют кремниевые «наноопоры», образуя своеобразные нано-ЛЭП (рис. 2). Формирование таких систем открывает широкие возможности для изучения нейронных сетей, аналогичных действующим в нашем мозге системам нервных клеток.

Представленные примеры лишь в очень малой степени иллюстрируют возможности применения нанокристаллов, так как нет, пожалуй, других объектов, свойства которых настолько разнообразны и непредсказуемы.

#### Литература:

1. Poole C.P., Owens F.J. Introduction to Nanotechnology. Publisher: Wiley-Interscience. May 30, 2003. 400 p.