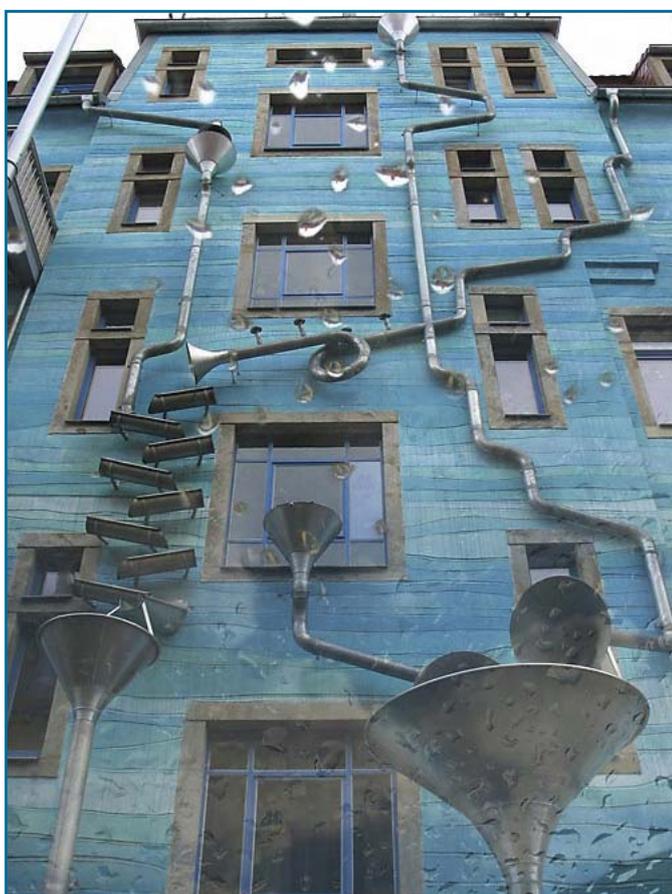


НЕУГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ (Nanotubes)

*«А вы ноктюрн сыграть могли бы
На флейте водосточных труб?»
В.В. Маяковский*



Те, кто хоть иногда интересуется новостями науки, не могли пропустить громкие сообщения о синтезе и свойствах *углеродных нанотрубок*. Значительно меньше известно о нанотрубках других неорганических соединений. А ведь они не менее интересны и перспективны! Одно только многообразие оксидных соединений, на основе которых образуются нанотрубки, заслуживает восхищения (рис. 1).

Первые неуглеродные нанотрубки (MoS_2 и WS_2) были синтезированы в 1992 г. израильским

ученым Р. Тенне. При химическом способе синтеза образование нанотрубок происходит в результате взаимодействия исходных веществ в водных или водно-органических средах, в твердой или газовой фазе, в результате термоллиза солей. *Темплатные методы* формирования нанотрубок заключаются в осаждении наночастиц на поверхности твердых веществ, задающих определенную форму и размер нанопродукта, при этом роль темплата могут играть молекулы органических веществ.

Например, модель образования нанотрубок TiO_2 можно представить схемой $3\text{D} \rightarrow 2\text{D} \rightarrow 1\text{D}$. Трехмерный (3D) кристалл диоксида титана, реагируя с раствором щелочи NaOH , образует ламинарную двумерную (2D) структуру, которая изгибается, чтобы соединить ненасыщенные связи краевых атомов. При дальнейшем закручивании получается структура, представляющая собой либо нанотубулен (свиток), напоминающий рулон обоев, либо нанотрубку, образованную вставленными друг в друга концентрическими цилиндрами. Подобным же образом происходит формирование нанотрубок других оксидных соединений, например, оксида ванадия V_2O_5 (рис. 2).

Многие функциональные свойства зависят от морфологии, удельной поверхности и особенностей кристаллического и электронного строения материалов. Так, применение в батарейках нанотрубок оксидов VO_x , MnO_x , CoO_x вместо объемного материала позволяет улучшить их катодные характеристики вследствие большей интеркаляционной емкости и химической активности. На-

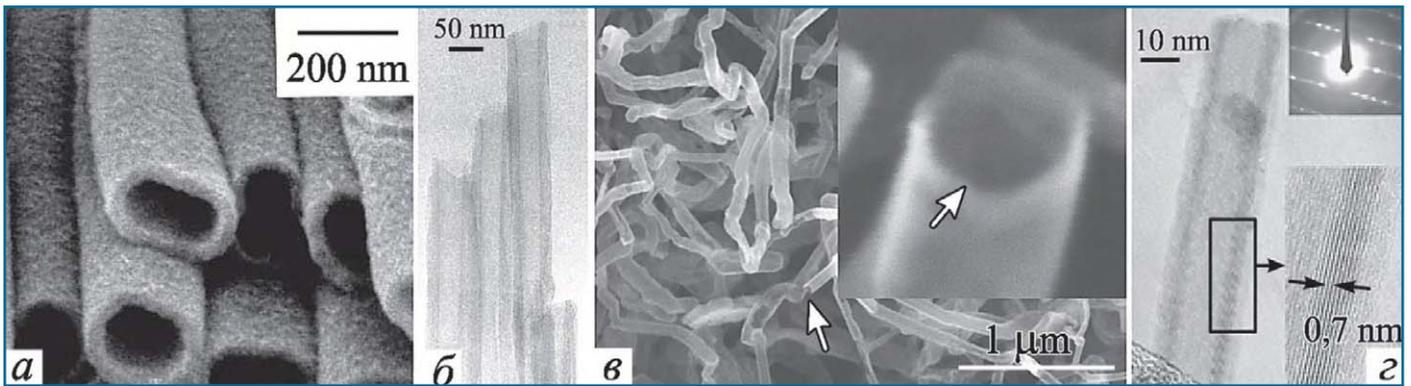


Рис. 1. Разнообразие морфологических модификаций оксидных нанотрубок:
а – TiO_2 , б – VO_x , в – ZnO , г – MnO_2

ноструктуры на основе ZnO перспективны для создания фото- и электро-люминофоров, световозбуждающихся и лазерных диодов, ультрабыстрых нанолазеров, в оптоэлектронных устройствах, солнечных батареях и т.д. Исследования

фотокаталитической активности TiO_2 в виде пленки и нанотрубок в реакции окисления NO показали, что в случае использования нанотрубок она возрастает почти на порядок! (См. *Одностенные нанотрубки*).

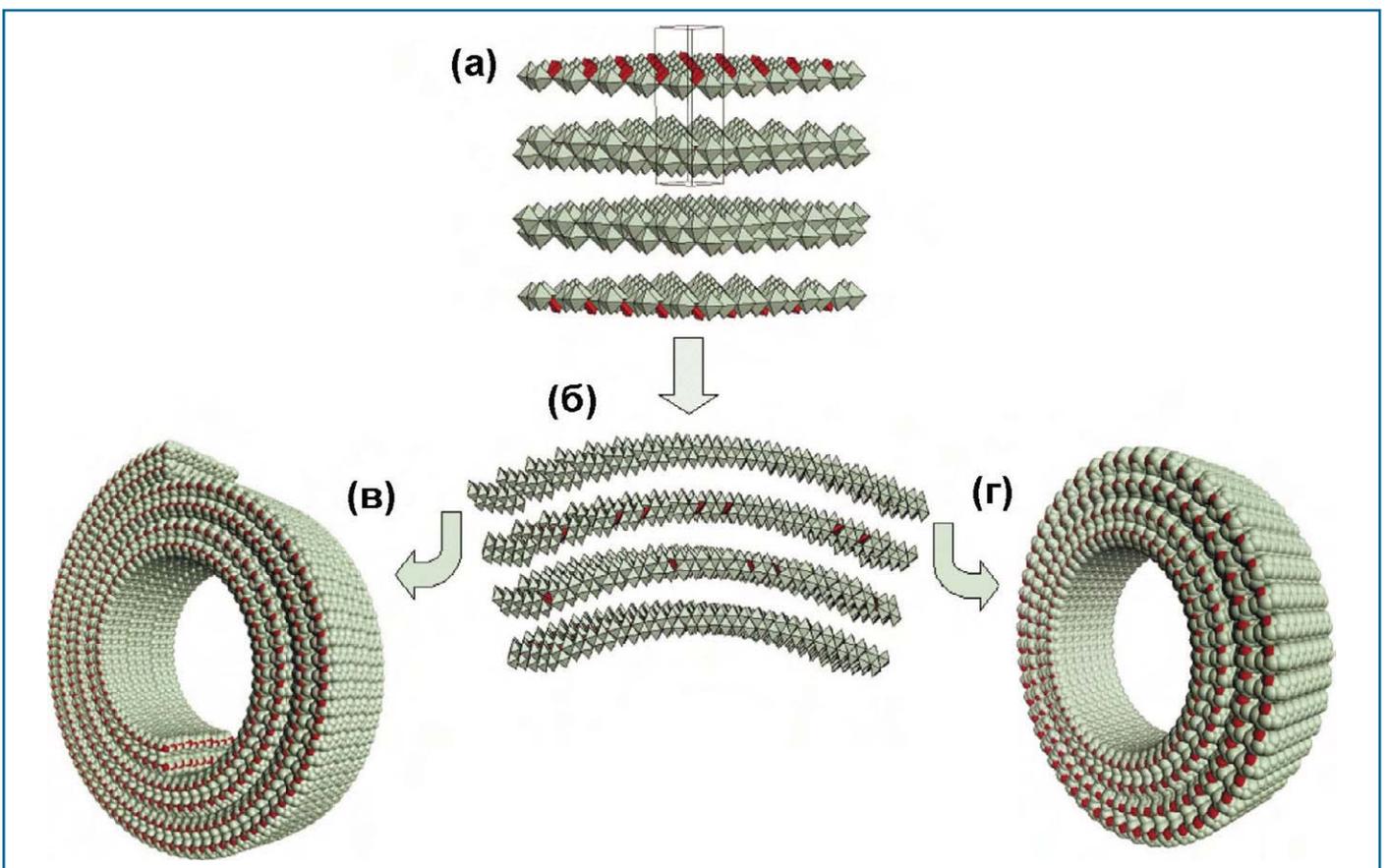


Рис. 2. Схема образования нанотрубок V_2O_5 на основе соединения $\text{BaV}_7\text{O}_{16} \cdot n\text{H}_2\text{O}$
(а): изгибающиеся слои (б) могут образовывать нанотубулены (в) или нанотрубки (г)

Литература:

1. Захарова Г.С., Волков В.Л., Ивановская В.В., Ивановский А.Л. Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов металлов. Екатеринбург, 2005. 240 с.