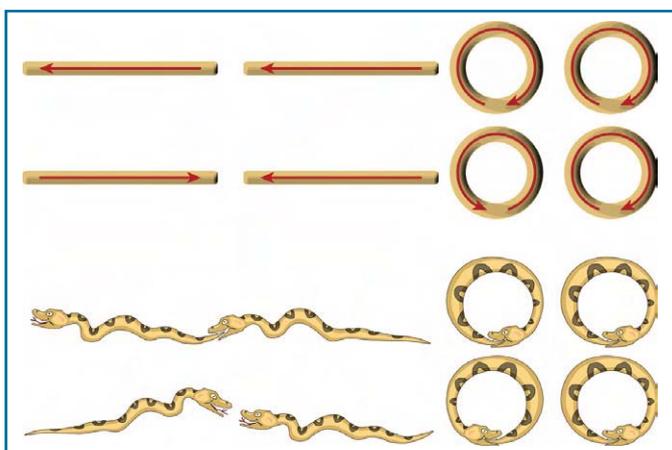


## НАНОКОЛЬЦА (Nanorings)

«Моя нанопрелесть, – сказал Наногорлум, надевая нанокольцо на нанопалец».

Дж.Р.Р. Нанотолкиен



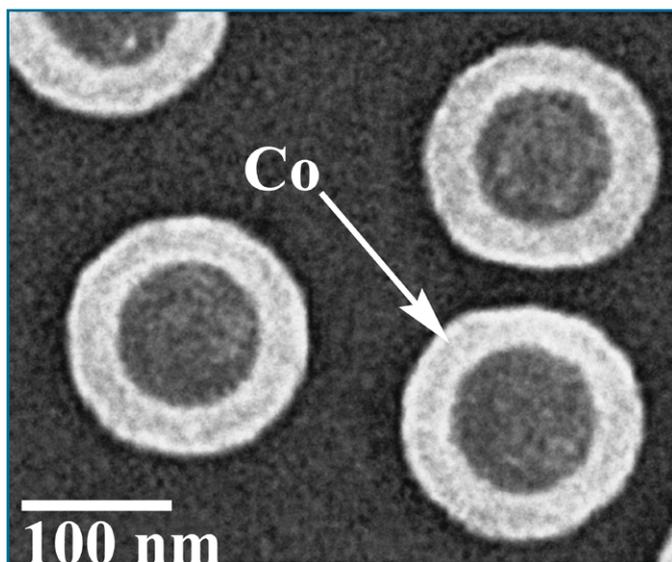
Сегодня известны самые разнообразные формы существования вещества в наносостоянии – от широко распространенных **нанотрубок** до экзотических нанокольцев, о которых и пойдет сейчас речь. Впервые термин «нанокольцо» появился в 2000 году, и с тех пор опубликовано около ста работ, посвященных нанокольцам. К настоящему моменту получены нанокольца из металлов, полупроводников и изоляторов, их диаметр составляет от нескольких нанометров до нескольких микрометров, и многие из них обладают интересными свойствами.

Существует два основных химических способа получения нанокольцев: самосборка и свертка. При самосборке наночастицы могут укладываться в плотные агрегаты, имеющие различную форму, и, естественно, для того, чтобы получать именно кольца, нужно искать подходящие условия синтеза. В случае свертки (а именно так получают нанокольца оксида цинка и углерода) нанокольцо образуется из анизотропной частицы

(например, **наностержня**, нанотрубки) путем «сворачивания» так, что ее торцы соединяются (это дает проигрыш в энергии из-за изгиба, но выигрыш в поверхностной энергии). Часто свертку **наноремешков** и нанотрубок проводят под воздействием ультразвука: при образовании и схлопывании кавитационных пузырьков возникают механические напряжения, которые и могут приводить к сворачиванию лент и образованию нанокольцев.

Нанокольца еще только ищут свою «экологическую нишу» среди прочих наноструктур, но уже сейчас на их основе создаются или проектируются различные функциональные материалы. В Технологическом институте штата Джорджия (США) созданы пьезоэлектрические нанокольца на основе оксида цинка, которые планируется использовать в качестве имплантируемых медицинских датчиков (пьезорезонаторов для определения одиночных биомолекул, датчиков давления крови в сосудах и пр.). Но, пожалуй, наибольший интерес вызывают магнитные нанокольца. Так, в университете Пурдью (США) были получены нанокольца металлического кобальта (рис. 1).

Магнитный момент в них направлен по окружности, сохраняется при температурах выше комнатной и может иметь два состояния: по и против часовой стрелки. Но важнее всего то, что в такой структуре магнитный поток является замкнутым, то есть все магнитное поле заключено внутри кольца, а поле снаружи равно нулю. Это означает, что даже расположенные рядом, эти кольца не влияют друг на друга и чрезвычайно



**Рис. 1.** Нанокольца для магнитной записи

устойчивы к помехам и наводкам извне, в отличие от существующих сейчас систем магнитной записи. На основе подобных материалов проектируются элементы энергонезависимой памяти нового типа (MRAM – Magnetic Random Access Memory). Но как говорится, новое – это хорошо

забытое старое. Системы хранения информации на магнитных кольцах известны с 50-х годов прошлого века, когда из ферритовых колец диаметром менее 1 мм собирались массивы памяти для ЭВМ. И даже сейчас подобные архаичные системы приходится использовать в критически важных устройствах (например, компьютерах зенитноракетных комплексов С-300), которые должны оставаться работоспособными даже в условиях аномально высоких электромагнитных полей, возникающих, например, при ядерных взрывах, когда полупроводниковая память современных компьютеров оказывается начисто стертой. Однако системы памяти нужного объема на классических ферритовых колечках весят сотни килограммов, тогда как создание устройств хранения информации на магнитных нанокольцах позволит снизить массу до 1 грамма без ущерба емкости и функциональных характеристик.

#### *Литература:*

1. Tripp S.L., Dunin-Borkowski R., Wei A. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2003. Vol. 42. P. 5591.
2. Tripp S.L., Pusztay S.V., Ribbe A.E., Wei A. *J. Am. Chem. Soc.* 2002. Vol. 124. P. 7914.