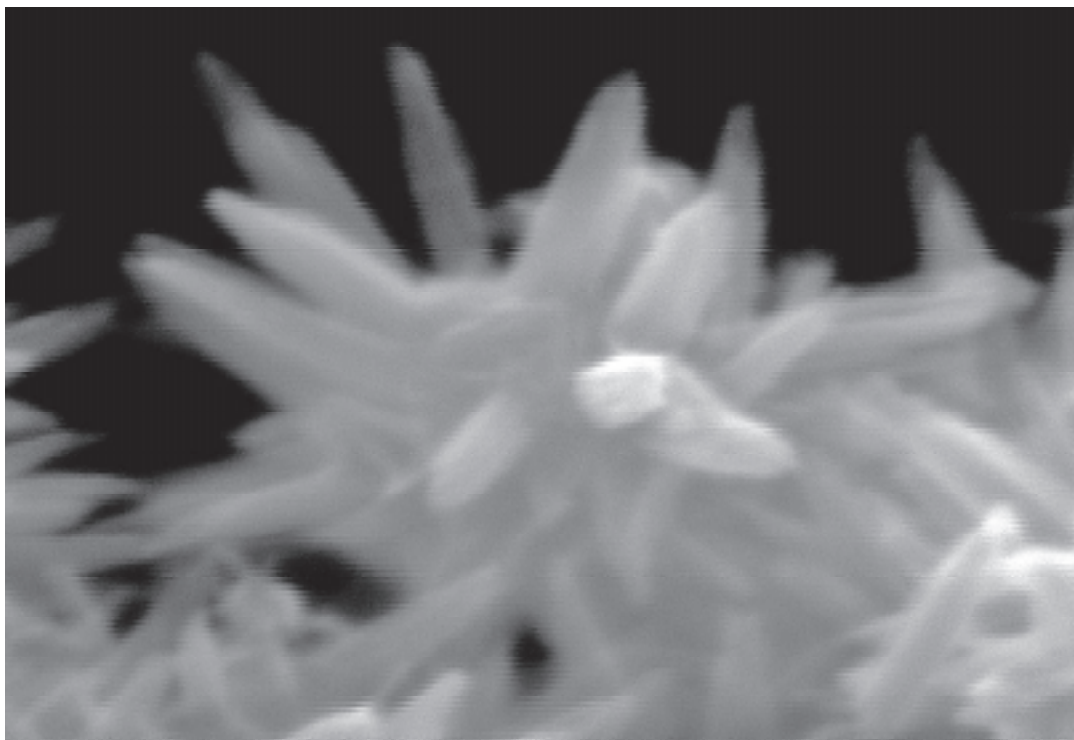


1  
 Нанокристаллический  
 георгин — друза  
 нанокристаллов  
 криптомелана.  
 Разрешение микроскопа  
 близко к максимально  
 возможному  
 для сканирующих  
 микроскопов —  
 увеличение  
 350 тыс. раз



Кандидат  
 физико-математических  
 наук  
**С.М.Комаров**

# Архитектурные микроизлишества



## ФОТОИНФОРМАЦИЯ

отличается выдающимися свойствами.

Хорошим примером служат структуры, полученные на Химическом факультете в группе доктора химических наук Е.А.Гудилина (фото кандидата химических наук А.Г.Вересова, сотрудника факультета наук о материалах МГУ им. М.В.Ломоносова).

Вот мохнатые гусеницы микромира (фото 1–4). Здесь по воле исследователя красивая шуба из нанокристаллитов криптомелана  $K_xMnO_2 \cdot yH_2O$  украсила поверхность нитевидных кристаллов манганита бария  $Ba_6Mn_{24}O_{48}$ . Она позволяет значительно увеличить общую площадь поверхности, обеспечив тем самым увеличение каталитической активности и, возможно, механическое и химическое сопряжение с компонентами электрохимических устройств, например композитных электродов. А самое главное, что до сих пор никто украшать такими шубами нити из манганита бария не умел. Свой уникальный способ универси-



2  
 Боковой вырост на  
 нити манганита

Архитектор воплощает свои фантазии с помощью многотонной техники и немало-го количества рабочих. И если его фантазия разыграется, то возникают архитектурные излишества: здание украшают арки, колонны, резные балкончики и лепнина. Назначение подобных декоративных элементов — радовать глаз и создавать хорошее настроение.

Для того чтобы возводить декоративные элементы на микрообъектах, в руках у исследователя вместо бетономешалки и приданных к ней рабочих имеются химические реакции, фазовые превращения, а также способы управления ими — температура и давление. Казалось бы, в отличие от архитектурных излишеств эти элементы служат вовсе

не для того, чтобы человек, который сидит за электронным микроскопом, получил эстетическое удовольствие от их разглядывания. Однако как-то само собой получается, что красивая структура зачастую оказывается и наиболее полезной. И наоборот, материал с невразумительным строением, которое не способно вызвать теплых чувств, редко

### Справка

Как написано в «Химической энциклопедии», слово «шпинель» происходит от немецкого Spinnell, уменьшительное от латинского spina, что означает «шип». Такую форму принимают кристаллы минералов этого обширного класса. А собственно шпинелью называется соединение  $MgAl_2O_4$ . Элементарная ячейка включает 32 аниона O, которые образуют плотнейшую кубическую укладку с 64 тетраэдрическими (анионы занимают 8 из них) и 32 октаэдрическими (заняты 16) порами. Многие шпинели обладают цветом — голубым, синим, фиолетовым, зеленым, черным. Есть среди них и драгоценные камни — благородная шпинель, она же балэ-рубин или рубицилл. В зависимости от содержания  $Cr^{3+}$  благородная шпинель может быть от огненно-красного до светло-лилового цвета. Шпинели служат катализаторами, в производстве керамики и термостойких красок.

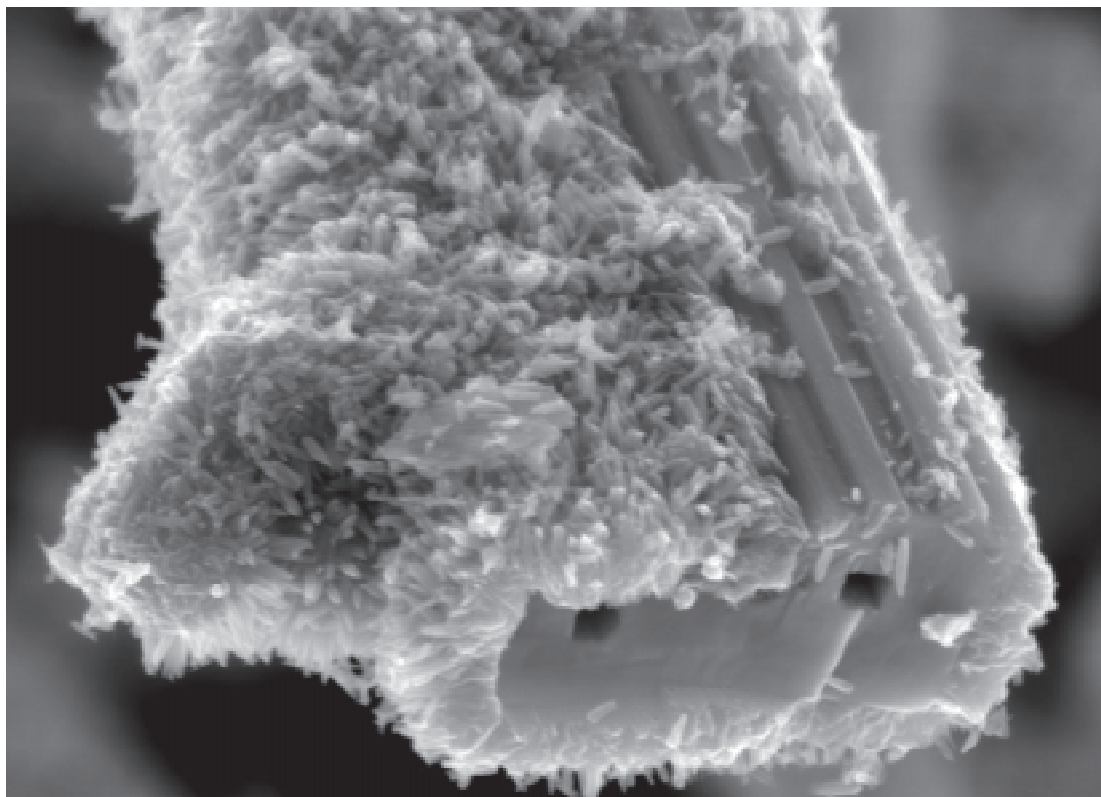
Кроме того, эти вещества доставляют немало хлопот исследователям, которые изучают сильно легированные металлические сплавы под просвечивающим электронным микроскопом: порой пленка шпинели, извиваясь и подрагивая подобно медузе из фильма ужасов, внезапно покрывает слишком нагретый образец, навсегда скрывая его структуру от наблюдателя. Как нетрудно догадаться, обычно это случается сразу после того, как за несколько часов разглядывания образца удаётся найти что-то интересное.

тетские ученые сейчас патентуют.

Иначе обстоит дело со шпинельной тлей (фото 5): маленькими октаэдрическими образованиями, которые разбросаны по поверхности нитевидных кристаллов. Такие декоративные элементы вряд ли можно принять за стильные украшения, которые появились здесь по воле химика. И это не случайно: действительно, шпинельная тля появилась сама по себе, в результате побочного и нежелательного процесса. Дело в том, что из нитей манганита бария ученые делают материал, обладающий неплохой ионной проводимостью. Для этого их выдерживают в расплаве соли лития, ионы которого заменяют часть ионов бария. Активнее всего этот обмен происходит вблизи границы твердое—жидкое. Неболь-

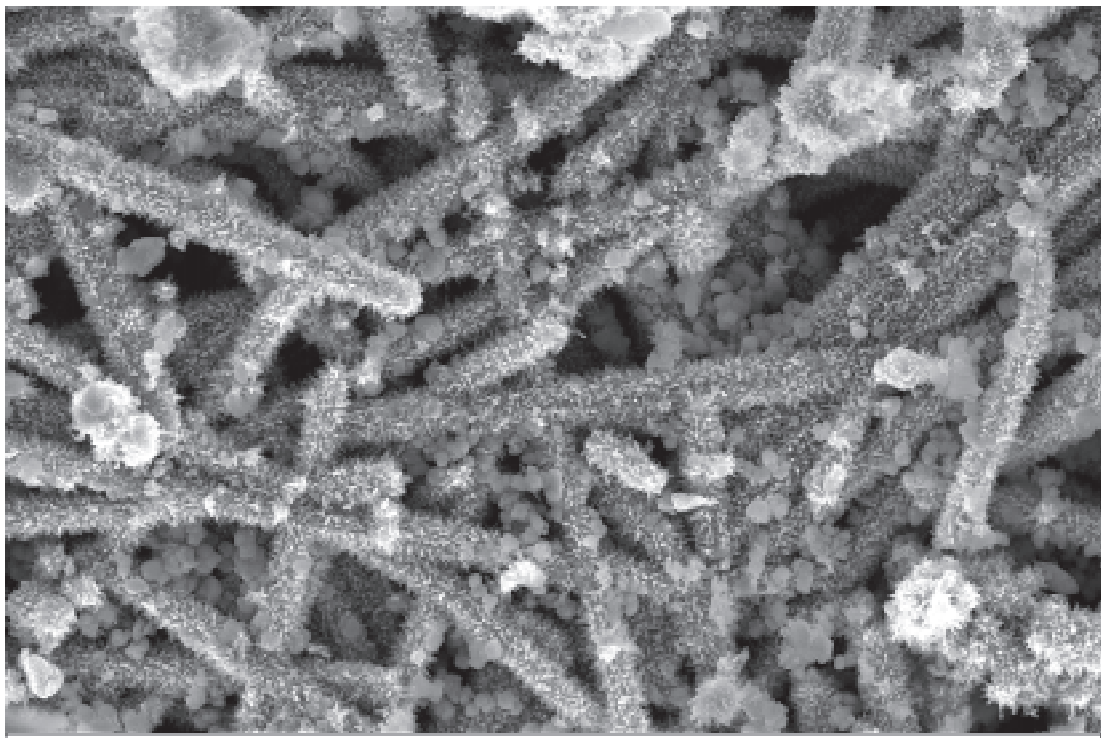
шой размер ионов лития и аномально высокое отношение заряд/радиус так деформируют окружающие их полиэдры  $MnO_6$ , что рыхлая туннельная структура манганита становится не-

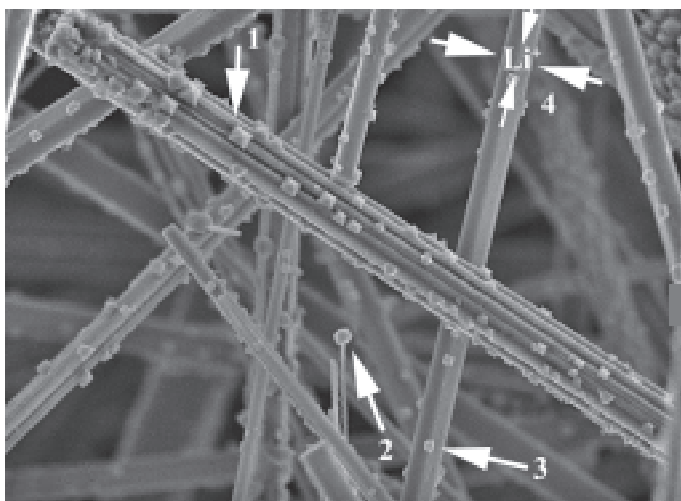
стабильной и в конечном счете формируется фаза литийсодержащей шпинели с более компактной элементарной ячейкой. Это-то и есть частичка тли, которая за счет гетерогенного



3 Поперечный разлом. Видна структура сростка — псевдомонокристаллической нити, а также толщина поверхностного слоя нанокристаллитов криптомелана

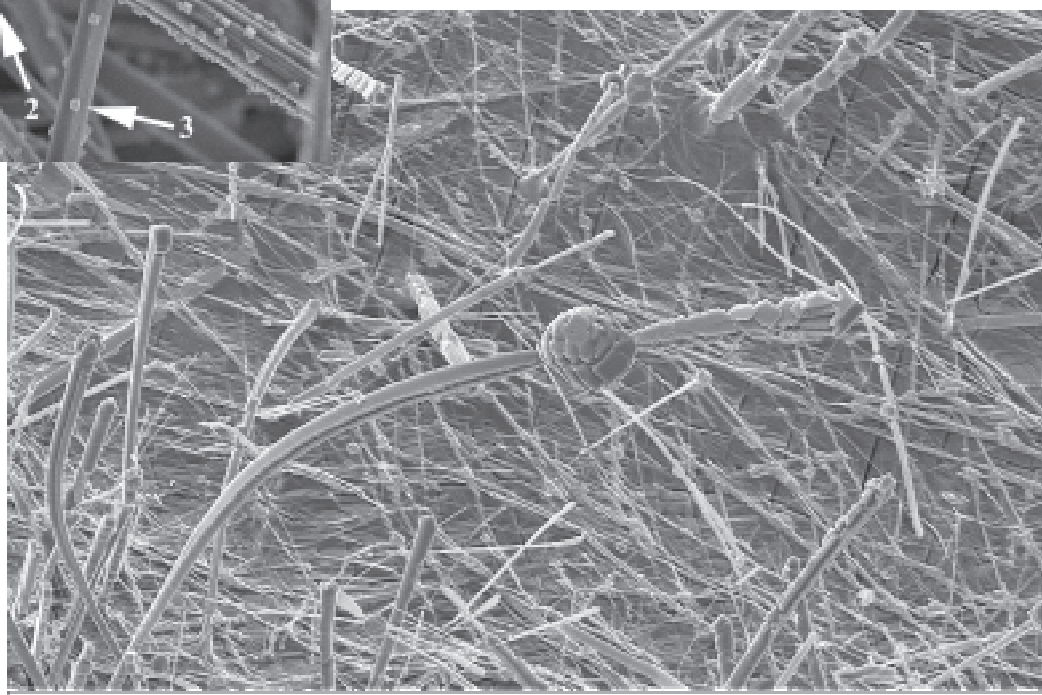
4 Общий вид гнезда неорганических гусениц



5  
**Шпинельная тля****Указатели микрокосма**

зародышеобразования возникает именно на поверхности, а не внутри нитевидных кристаллов. Название «тля» связано с тем, что шпинельные кристаллы-паразиты и ведут себя как живые. Они сами собой ориентируются в пространстве: располагаются вдоль канавок травления, которые возникают из-за того, что каждая нить состоит из множества волокон. А самое главное — кристаллы шпинели питаются материалом нити, высасывая соки (компоненты для своего роста), и в конце концов разрушают ее.

К такого же рода структурам принадлежат и указатели микрокосма (фото 6). Фантазмагорические мини-



6

атюрные стрелки и остальные необычные фигуры роста вызваны конденсацией хлорида калия из паровой фазы во время выращивания нитевидных кристаллов мanganита. А указывают они

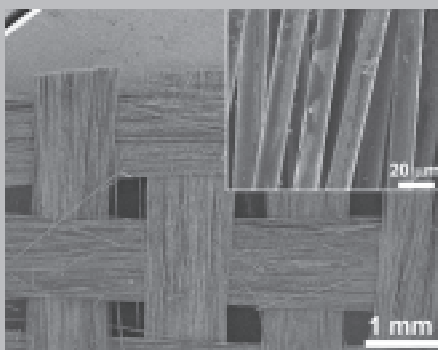
на самом деле в никуда — куда-то в космос. Причина образования стрелок в том, что поликристаллы хлорида самопроизвольно формируют толстую шубу, причем вблизи вершины нитевид-

ного кристалла они растут вдоль поверхностной диагонали, что и обуславливает острую форму. А эта шуба в общем-то не нужна, от нее впоследствии придется избавляться.

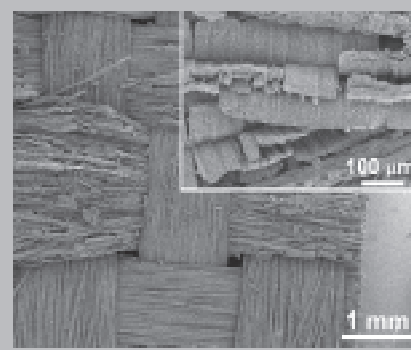
**Фотофакт**

Обычно композит из карбида кремния делают так: волокна карбида соединяют в жгуты, ткнут из них полотно, затем его пропитывают эпоксидной смолой и из слоев собирают готовое изделие. Вдоль жгутов оно обладает очень высокой прочностью, а вот в поперечном направлении механические свойства гораздо хуже. «Мы подумали, что исправить этот недостаток можно, добавив между слоями структуры из нанотрубок», — говорит профессор Гавайского университета Мехдад Газеми-Неждад.

Для этого на карбидной ткани американские ученые (как

*Полотно из обычных волокон*

сообщает агентство «NewsWise» 8 мая 2006 г.) вырастили леса нанотрубок, которые превратили двумерную структуру в трехмерную. В таком композите нанотрубки различных листов переплетались друг с

*Полотно из «волосатых» волокон*

другом, обеспечивая высокую прочность поперек листа. Кроме прочности, существенно, в пять раз, выросла способность материала к демпфированию, то есть поглощению звука или каких-то иным ударным на-

грузкам. Это значит, что инженеры самых разных отраслей — от конструирования автомобильных двигателей, до изготовления клюшек для гольфа — с большим удовольствием возьмут новый материал.

