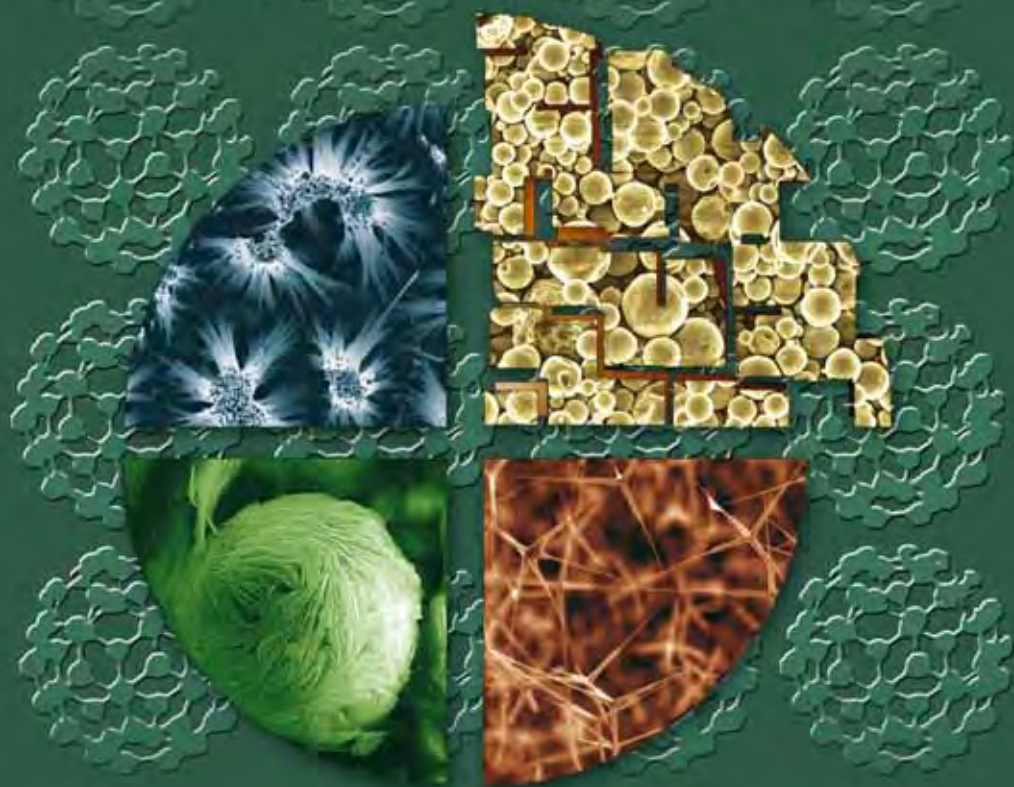


● ● ● НАНОТЕХНОЛОГИИ ● ● ●

БОГАТСТВО НАНОМИРА

ФОТОРЕПОРТАЖ
ИЗ ГЛУБИН ВЕЩЕСТВА



ИЗДАТЕЛЬСТВО

БИНОМ

● ● ● НАНОТЕХНОЛОГИИ ● ● ●

БОГАТСТВО НАНОМИРА

**фоторепортаж
из глубин вещества**

Под редакцией
академика РАН Ю. Д. Третьякова



Москва
БИНОМ. Лаборатория знаний
2009

УДК 501
ББК 24+22.3+30.37
Б73

Авторский коллектив:

Гудилин Е.А., Гаршев А.В., Баранчиков А.Е.,
Абрамова В.В., Баранов А.Н., Брылев О.А., Бухтоярова Е.А., Ванецев А.С.,
Васильев А.В., Васильев Р.Б., Вересов А.Г., Вячеславов А.С., Гольдт А.Е.,
Григорьева А.В., Дедюлин С.Н., Дунаев А.В., Елисеев А.А., Еремина Е.А.,
Зайцев Д.Д., Иванов В.К., Иткис Д.М., Казин П.Е., Кауль А.Р.,
Климонский С.О., Кнотько А.В., Ковалева Е.С., Колесник И.В.,
Корсаков И.Е., Котова О.В., Кузьмина Н.П., Куршева В.В., Кушнир С.Е.,
Лукашин А.В., Макаревич А.М., Метлин Ю.Г., Напольский К.С.,
Полежаева О.С., Померанцева Е.А., Путляев В.И., Саполетова Н.А.,
Сафронова Т.В., Семененко Д.А., Сеницкий А.С., Соколов П.С.,
Третьяков Ю.Д., Трусов Л.А., Чурагулов Б.Р., Шапорев А.С.

Руководители авторского коллектива:

Баранчиков А.Е., Гаршев А.В., Григорьева А.В.,
Гудилин Е.А., Шапорев А.С.

Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества /

Б73 [Гудилин Е.А. и др.]; под ред. Ю. Д. Третьякова. —
М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 171 с. : цв.
ил. — (Нанотехнологии).

ISBN 978-5-9963-0108-9

Издание представляет собой альбом научных фотографий, полученных методами оптической, растровой и просвечивающей электронной микроскопии, в основном, сотрудниками химического факультета, факультета наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова и ИОНХ им. Н.С. Курнакова РАН за последние несколько лет. Фотографии классифицированы по разделам, отражающим основные области научных интересов авторов данной книги и имеющим отношение к разработкам в области нанотехнологий. Отдельная глава, материал для которой предоставлен компанией НТ-МДТ, демонстрирует возможности методов сканирующей зондовой микроскопии.

Для широкого круга читателей, интересующихся последними достижениями в современных областях химии, физики и материаловедения.

УДК 501

ББК 24+22.3+30.37

По вопросам приобретения обращаться:
«БИНОМ. Лаборатория знаний»
(499) 157-52-72, e-mail: binom@Lbz.ru
<http://www.Lbz.ru>

ISBN 978-5-9963-0108-9

© БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009



Содержание

<i>Предисловие</i>	5
<i>Неорганические волокна</i>	6
<i>Синтез наноструктур в пористых матрицах</i>	32
<i>Нанотрубки</i>	50
<i>Широкозонные полупроводники</i>	62
<i>Квантовые точки</i>	86
<i>Фотонные кристаллы</i>	98
<i>Высокотемпературные сверхпроводники</i>	112
<i>Магнитные материалы</i>	126
<i>Материалы для медицины</i>	138
<i>Сканирующая зондовая микроскопия</i>	152

Предисловие

Подавляющая часть всей полезной информации, получаемой людьми, воспринимается через органы зрения. Это совсем не случайно, к этому нас привела долгая эволюция нашего сознания. Великолепный закат и восход Солнца, костер в степи, розовый фламинго и красная роза — все это зрительные образы, уже давно ставшие почти философскими символами. Как ни странно, в XXI веке — веке всеобщей информатизации и новейших научных свершений, необходимость «видеть» объекты невидимого нано- и микромира становится краеугольным камнем совершенно новых направлений в науке, открывающих впечатляющие, бескрайние горизонты. Правда, уже давно не в ходу изобретение Левенгука — простая оптическая линза, однако именно развитие различных «интеллектуальных» методов визуализации с помощью электронной и сканирующей зондовой микроскопии, вобравших в себя как губка все самые современные достижения науки и техники, вызвало гигантский всплеск интереса к «микро-» и «нанокосму», до сих пор таящему в себе удивительные тайны и воистину неисчерпаемые сокровища.

Эта небольшая книга, которую Вы держите сейчас в руках, уникальна, хотя и дает лишь беглый взгляд на бесконечное многообразие потрясающих картин мик-

ро- и наноструктурированных материалов. Конечно, это только малая часть того, что ученые разных стран, вооруженные суперсовременными микроскопами, видят каждый день. Большая часть приведенных фотографий, а в ряде случаев их можно назвать просто произведениями искусства, которые создала сама Природа, получены студентами, аспирантами и молодыми учеными Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова на химическом факультете и факультете наук о материалах, а также Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН. Это лишь часть таинственной мозаики явлений и событий, которую складывают молодые таланты, чтобы добраться до сути вещей и сделать новые научные открытия. Всегда микроскопию обычно дополняет несколько столь же сложных методов анализа. Однако, как когда-то Фауст (Гёте), хочется воскликнуть, несмотря ни на что:

*«...Мгновенье!
О, как прекрасно ты, повремени!
Воплощены следы моих борений,
И не сотрутся никогда они».*

В этом — восхищение сложностью и поразительной красотой мира и гордостью за то, чего может достигнуть человек.

Неорганические волокна



Неорганические волокна представляют собой широкий класс материалов с различным строением, свойствами и назначением. Как правило, диаметр отдельных нитевидных кристаллов составляет от 1 до 10 мкм, при этом отношение их длины к диаметру (коэффициент анизотропии) превышает 1000. Некоторые виды неорганических волокон, так называемые *вискеры* (от англ. *whisker* — ус) имеют совершенное, почти идеальное бездислокационное строение, поэтому их плотность и прочность являются максимально возможными для данного вещества.

Вместе с тем они обладают поразительной гибкостью и коррозионной стойкостью. Благодаря этим свойствам на основе неорганических волокон можно создавать неорганические ткани, для использования в качестве каталитически активных мембран, высокоэффективных сорбентов и фильтров.

Несмотря на то, что нитевидные кристаллы известны более полувека, вискеры технически используются достаточно односторонне — в основном, как армирующие во-

локна. Подавляющее большинство из них применяется исключительно для создания конструкционных композитных материалов с улучшенными механическими свойствами (углеродные волокна, SiC, Al₂O₃). В то же время, отличие физических свойств вискероидов в направлениях вдоль и перпендикулярно оси роста делает их уникальными материалами для создания современных электронных, сенсорных, магнитных и других высокотехнологичных устройств. Все это обуславливает неослабевающий интерес многих исследовательских групп к этим материалам.

Как ни странно, но до сих пор не существует воспроизводимых и относительно дешевых способов получения вискероидов химически сложного состава с желаемыми функциональными характеристиками. Для решения этой задачи, которая является одной из наиболее интересных в современном материаловедении, необходимо привлечение не только знаний, но и интуиции, всего имеющегося багажа экспериментальных наработок и даже фантазии.

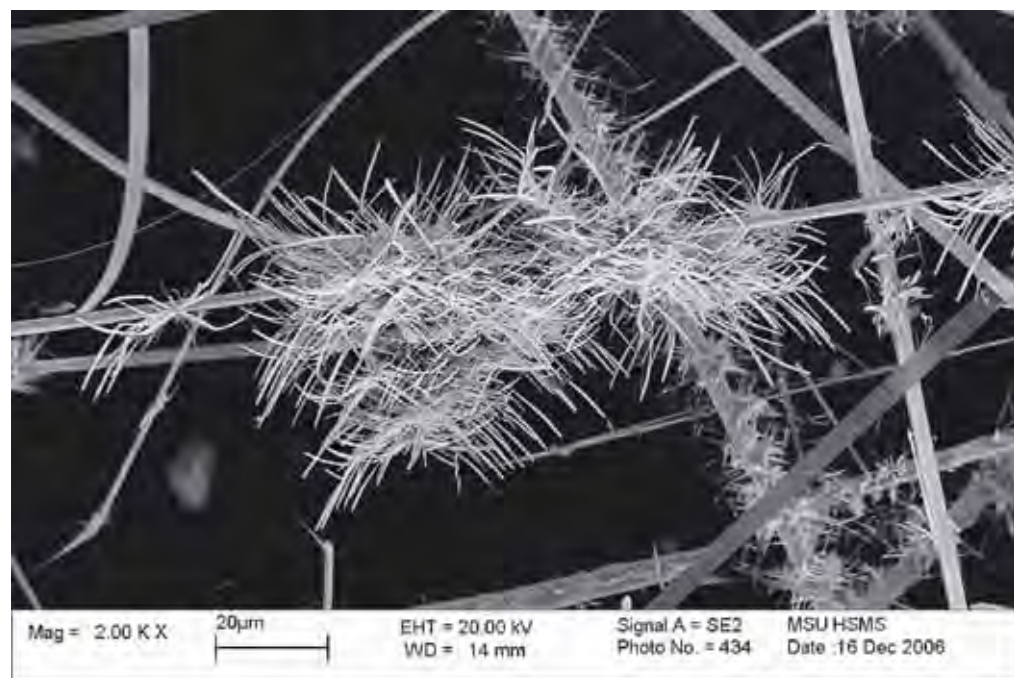
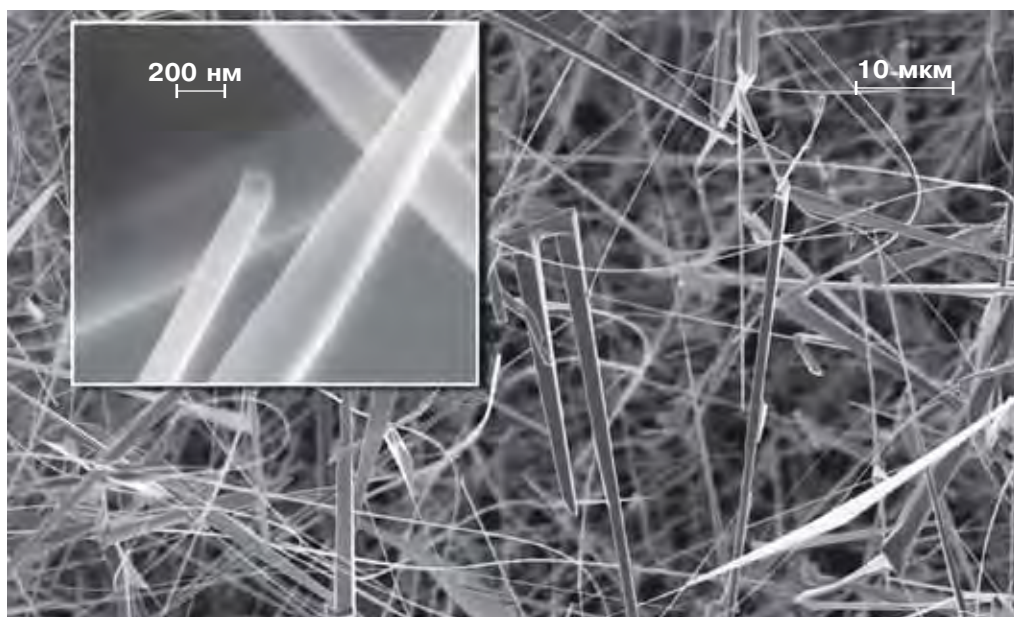
◀ **Вискеры и лентовидные кристаллы SnO₂, растущие при термическом испарении SnO на корунде в присутствии сурьмы.**

Размер изображения — 47 × 65 мкм.

Растровая электронная микроскопия,

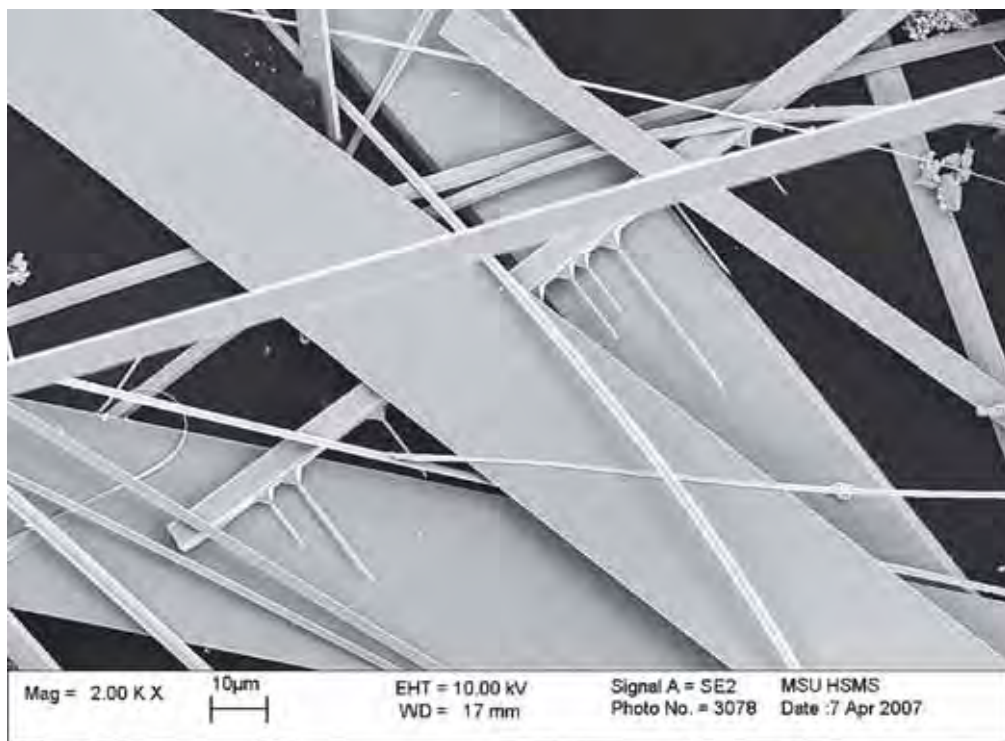
Кочергинская П.Б., Иткис Д.М. (ФНМ МГУ).

Воспроизведено с разрешения ФИЗМАТЛИТ из «Нанотехнологии. Азбука для всех», под. ред. Ю.Д. Третьякова, 2008, 368 с.



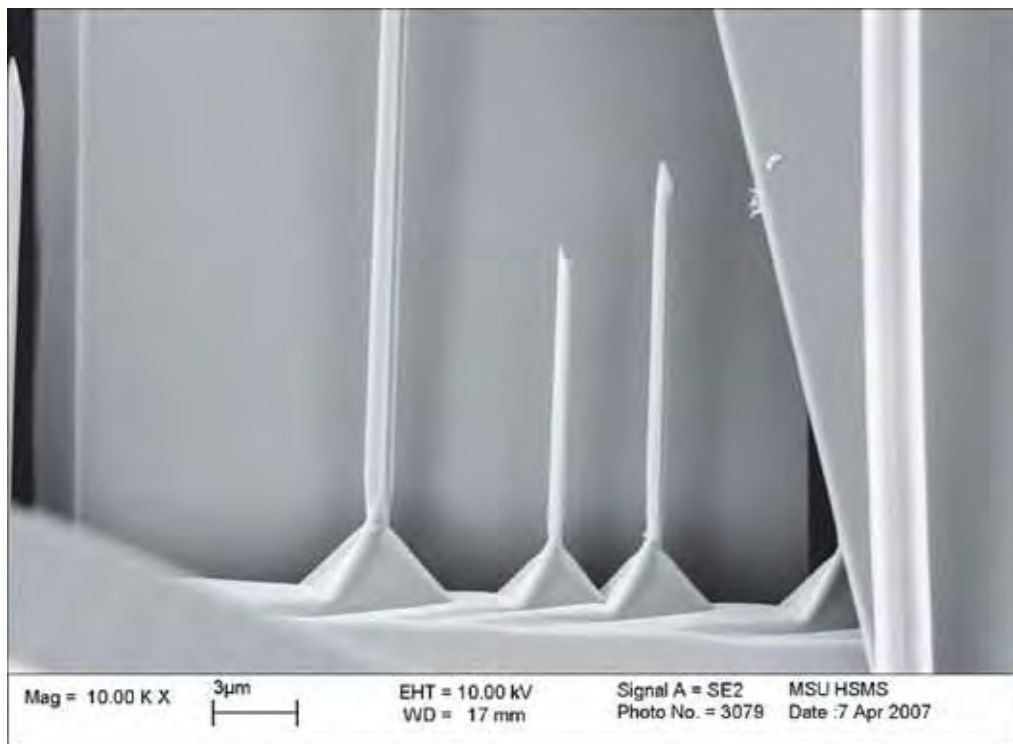
Диоксид олова — компонент сенсоров, которые могут «уcatchать» в воздухе (в составе соответствующих устройств и микрочипов) примеси различных опасных газов — взрывоопасного водорода, коррозионноактивных оксидов азота и т.д.

Получение SnO_2 в форме лент дает возможность провести их дальнейшую микроструктурную и химическую модификацию.



◀▲ Вискеры SnO_2 — сенсорный материал, чувствительный к газам-окислителям и восстановителям. Рост вискеро́в происходит из газовой фазы по механизму пар—жидкость—кристалл.

Растровая электронная микроскопия, Кочергинская П.Б., Иткис Д.М. (ФНМ МГУ).
Воспроизведено с разрешения из «Альтернативная энергетика и экология», 2007, т. 9, с. 11–15
(П. Б. Кочергинская и др. Особенности роста и анализ сенсорных свойств нитевидных кристаллов SnO_2).
© Научно-технический центр «ТАТА»

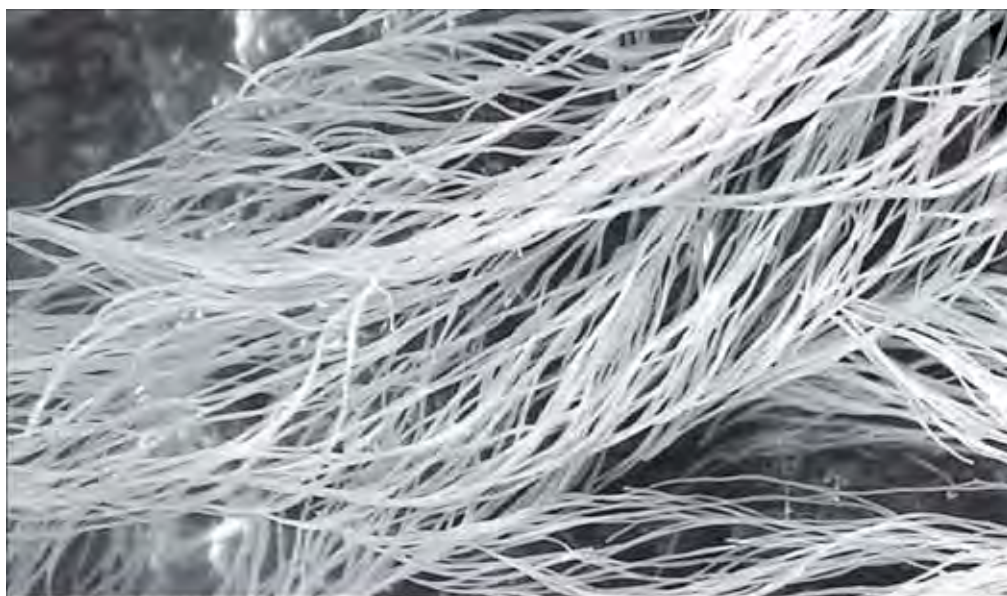


▲ На участках поверхности лентовидных кристаллов диоксида олова образовались необычные пирамидальные структуры, из которых растут вис커еры SnO_2 .

Растровая электронная микроскопия,
Кочергинская П.Б., Иткис Д.М. (ФНМ МГУ)

► Перевидные агрегаты вискеро́в SiO_2 .

Оптическая микроскопия при 1000-кратном увеличении (вверху),
растровая электронная микроскопия (внизу),
Кочергинская П.Б., Иткис Д.М. (ФНМ МГУ)

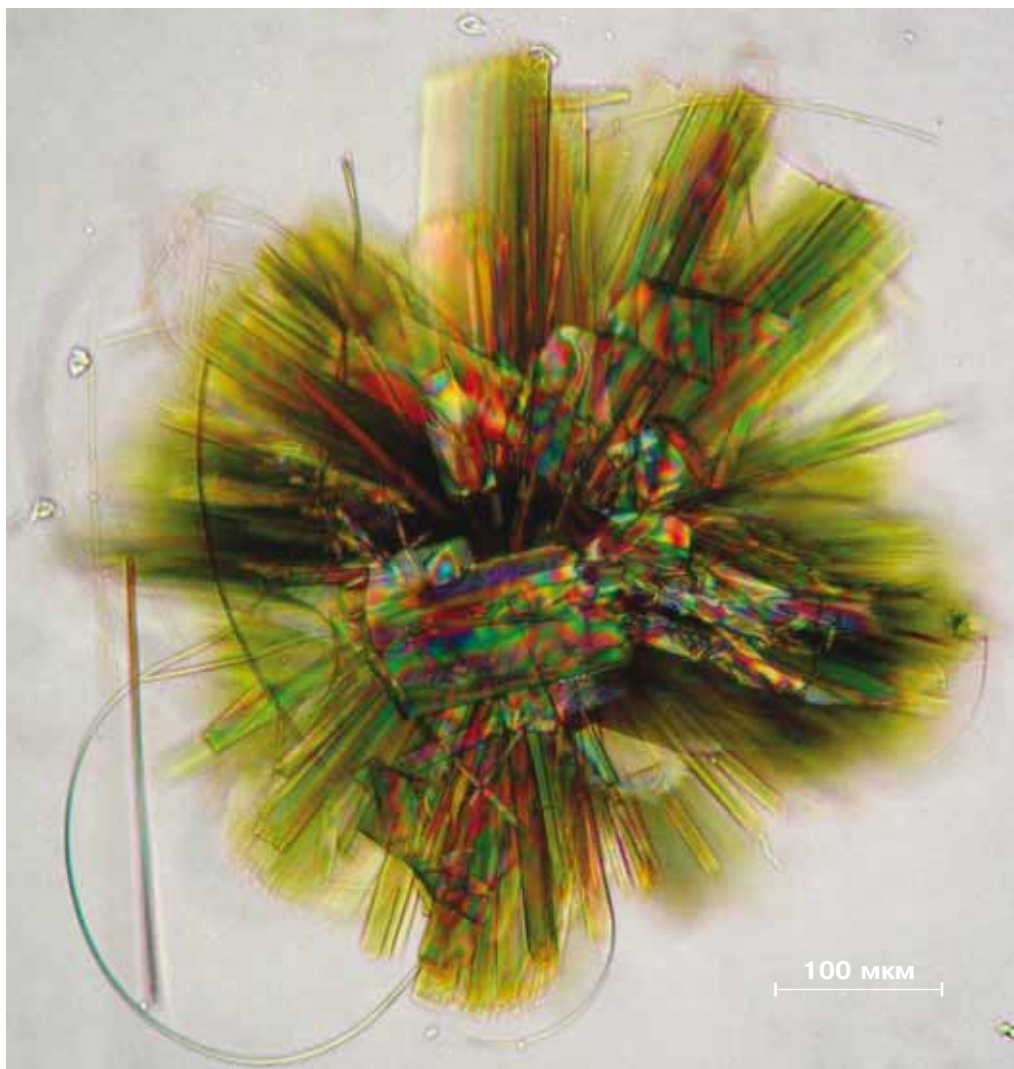


Mag = 15.00 K X 1µm

EHT = 10.00 kV
WD = 3 mm

Signal A = InLens
Photo No. = 3037

MSU HSMS
Date : 12 Jan 2006



- ▲ Сложные формы ассоциатов кристаллов ванадиевых бронз, полученных гидротермальной обработкой прекурсоров на основе оксида ванадия(V).
Оптическая микроскопия в поляризованном свете,
Семененко Д.А. (ФНМ МГУ)
-

Метод наблюдения в поляризованном свете (поляризационная микроскопия) служит для микроскопического исследования препаратов, включающих оптически активные элементы. К ним относятся многие минералы, зерна в шлифах сплавов, животные и растительные ткани и пр.

Оптические свойства анизотропных микрообъектов по-разному проявляются в зависимости от их ориентации относительно направления наблюдения и плоскости поляризации падающего света. По наблюдаемому изменению поляризации света можно судить об основных оптических характеристиках анизотропных микрообъектов: силе двойного лучепреломления, количестве оптических осей и их ориентации, вращении плоскости поляризации, дихроизме.



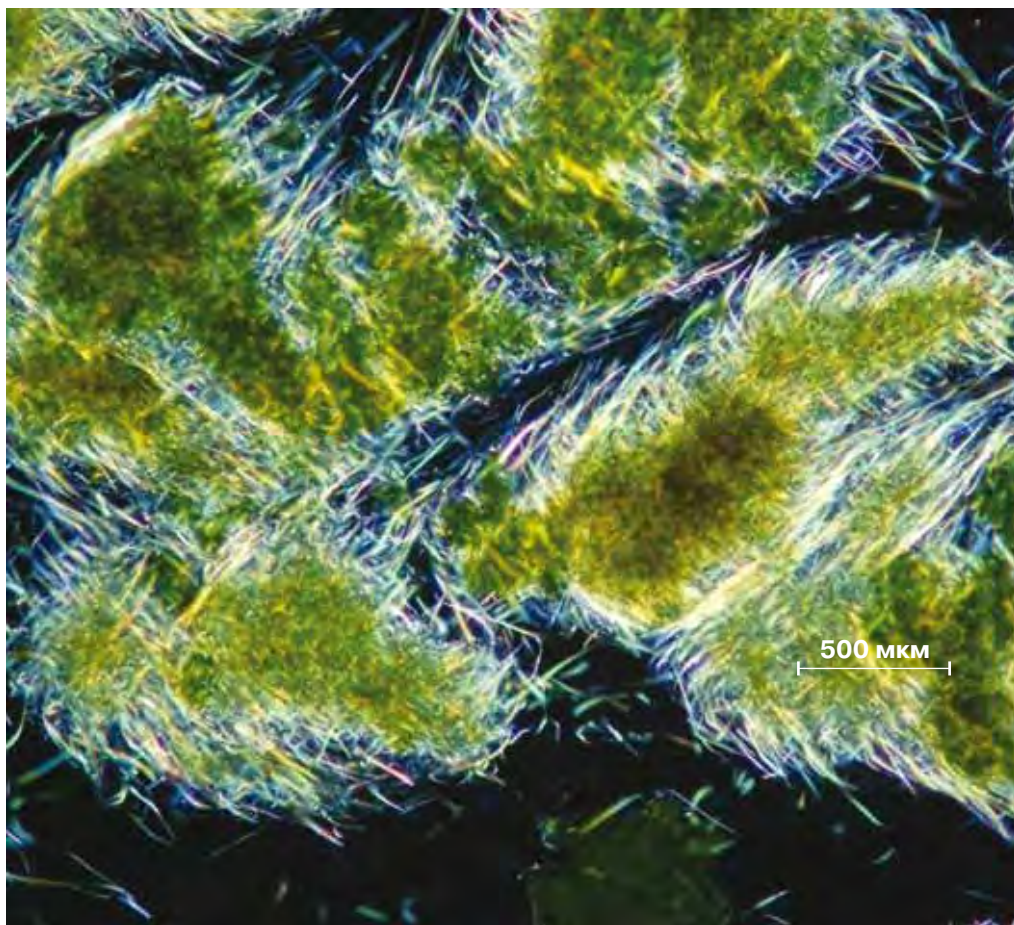
- ▲ *Сростки электропроводящих кристаллов ванадиевых бронз различного состава, полученных в результате гидротермального синтеза. Оптическая микроскопия в поляризованном свете, Семененко Д.А. (ФНМ МГУ).*

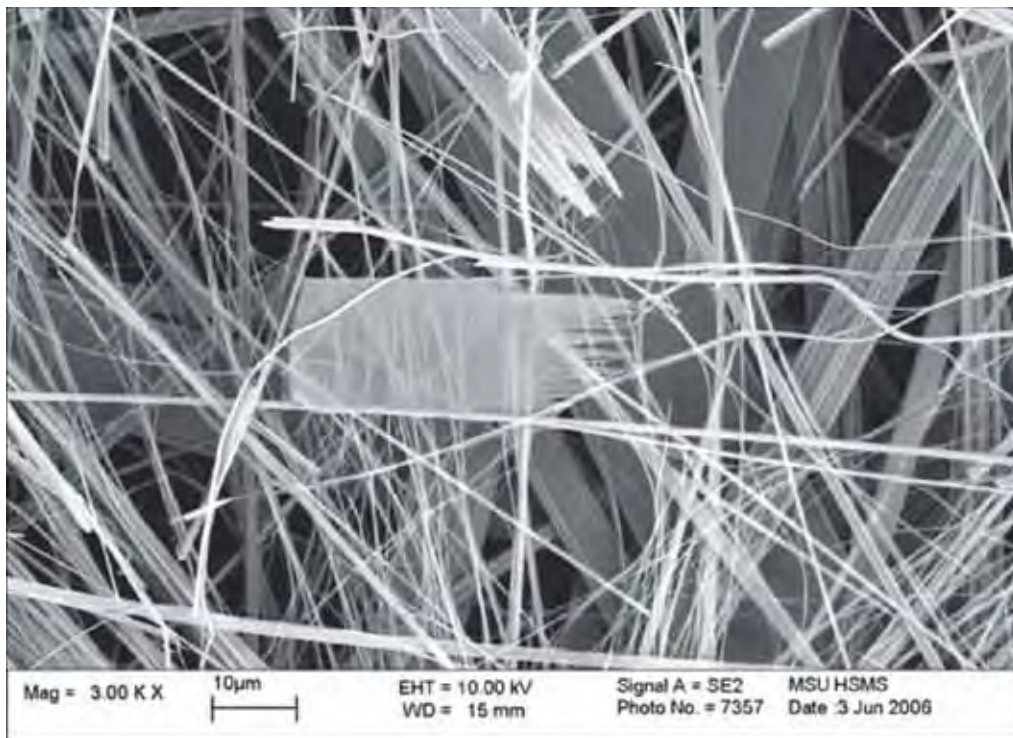
▼ *Агрегаты ленточных кристаллов гидратированного оксида ванадия(V).*

Оптическая микроскопия в поляризованном свете, Семененко Д.А.

Воспроизведено с разрешения ФИЗМАТЛИТ из «Нанотехнологии.

Азбука для всех», под. ред. Ю.Д. Третьякова, 2008, 365 с.





- ▲ **Вискеры на основе оксида ванадия(V). Эти кристаллы обладают рекордной анизотропией (отношение длина : ширина достигает 40000 : 1), высокой прочностью на изгиб и электропроводностью.**

Растровая электронная микроскопия,

Балахонов С.В., Семенов Д.А. (ФНМ МГУ).

Воспроизведено с разрешения из «Protection of metals», 2008, Vol. 44, № 1, p. 45–48

(T. L. Kulova et al. Study of electrochemical lithium incorporation to whisker structure based on barium–vanadium bronze BaV_8O_{21-d}).

© Pleiades Publishing, Ltd., 2008



▲ Образец электропроводящей бумаги, сплетенной из вискеро
на основе оксида ванадия.

Ее можно использовать в качестве катодного материала
в химических источниках тока.

Цифровая фотография,

Балахонов С.В., Семенов Д.А. (ФНМ МГУ)

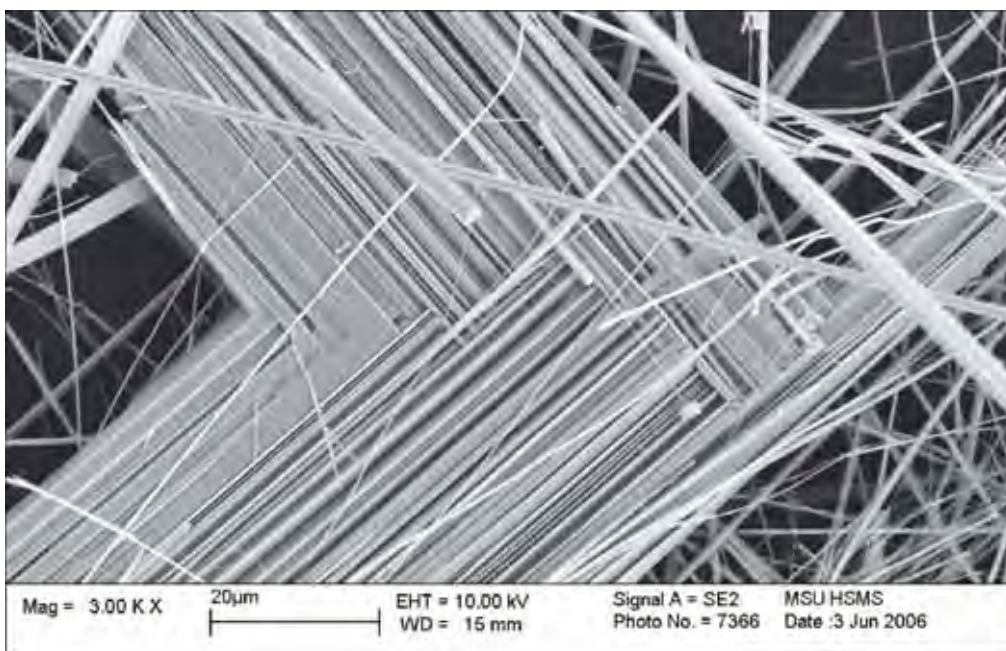
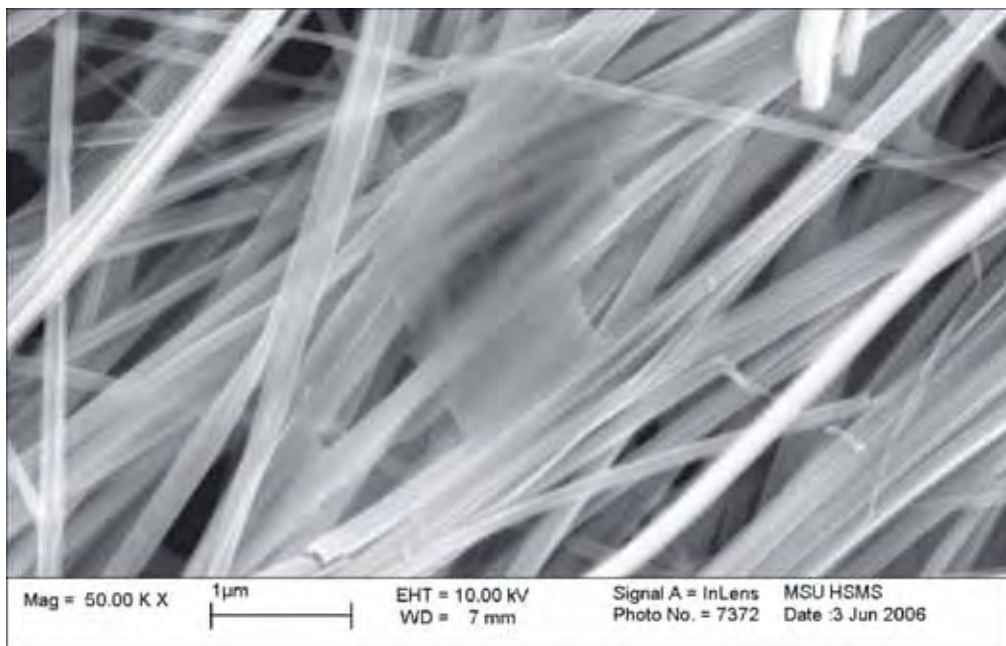
► Вискеры $BaV_9O_x \cdot yH_2O$. На нижней фотографии видно,
что отдельные нитевидные кристаллы срослись под прямым углом,
образовав необычную структуру.

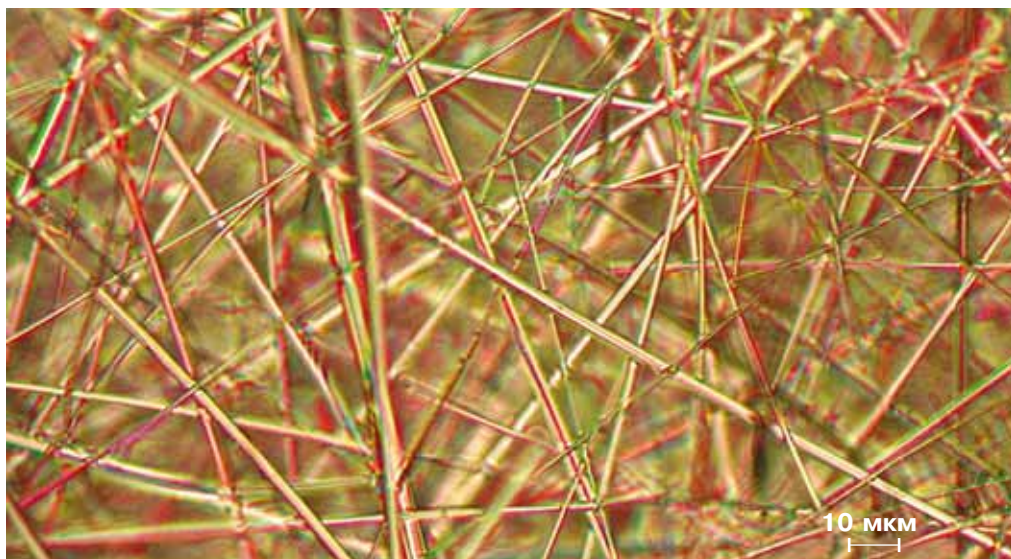
Растровая электронная микроскопия, Балахонов С.В. (ФНМ МГУ).

Воспроизведено с разрешения
из «Альтернативная энергетика и экология», 2008, №1, с. 63–68
(С.В. Балахонов, Б.Р. Чурагулов.

Гидротермальный синтез и исследование
физико-химических свойств ионных сит
на примере MnO_2 со структурой тодорокита
и вискеро на основе V_2O_5).

© Научно-технический центр «ТАТА»





▲ Вискеры $Ba_6Mn_{24}O_{48}$ — одномерные идеальные кристаллы сложного состава.
Оптическая микроскопия,
Гудилин Е.А., Померанцева Е.А. (ФНМ МГУ)

[. . .]

Учебное электронное издание

Серия: «Нанотехнологии»

Гудилин Евгений Алексеевич

Гаршев Алексей Викторович

Баранчиков Александр Евгеньевич и др.

БОГАТСТВО НАНОМИРА. ФОТОРЕПОРТАЖ ИЗ ГЛУБИН ВЕЩЕСТВА

Подписано 01.12.11. Формат 70×90/16.

Усл. печ. л. 12,87.

Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

Системные требования: процессор *Intel* с тактовой частотой от 1,3 ГГц и выше; операционная система *Microsoft Windows XP, Vista* или *Windows 7*; от 256 Мб оперативной памяти; от 260 Мб свободного пространства на жестком диске; разрешение экрана не ниже 1024×768; программа *Adobe Reader* не ниже X.