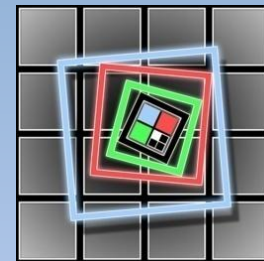




**Санкт-Петербургский Университет Технологии и  
Дизайна**  
Кафедра наноструктурных, волокнистых и  
композиционных материалов им. А.И. Меоса



# **ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИСКЕРОВ**

Студент: Е. А. Антонова

3-ХД-45

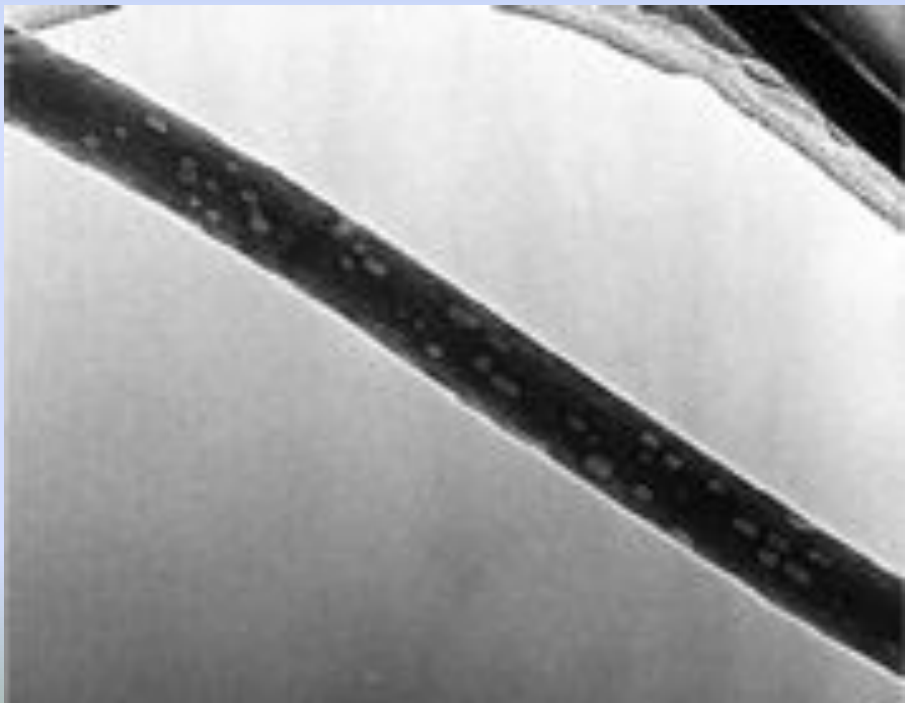
Преподаватель: проф. А. А. Лысенко

Санкт-Петербург, 2014

г.

# Введение

**Вискеры** – это нитевидные кристаллы с диаметром от 1 до 10 мкм и отношением длины к диаметру  $>1000$ .



## Виды вискеро́в

- Алмазные вискеры
- $\text{SiO}_2$
- $\text{SnO}_2$
- $\text{SiC}$
- $\text{Ba}_6\text{Mn}_{24}\text{O}_{48}$
- $\text{Zn}$
- $\text{Cu}$
- $\text{Al}_2\text{O}_3$
- $\text{V}_2\text{O}_5$

Пористый вискер из фуллеренов

[1]

# Основные свойства вискеров

- Высокая прочность (в сотни раз больше обычных кристаллов)
- Высокая гибкость
- Коррозионная стойкость
- Высокая анизотропия
- Термическая стабильность [2]

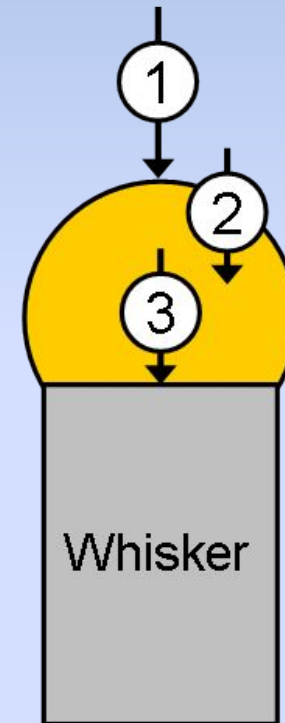
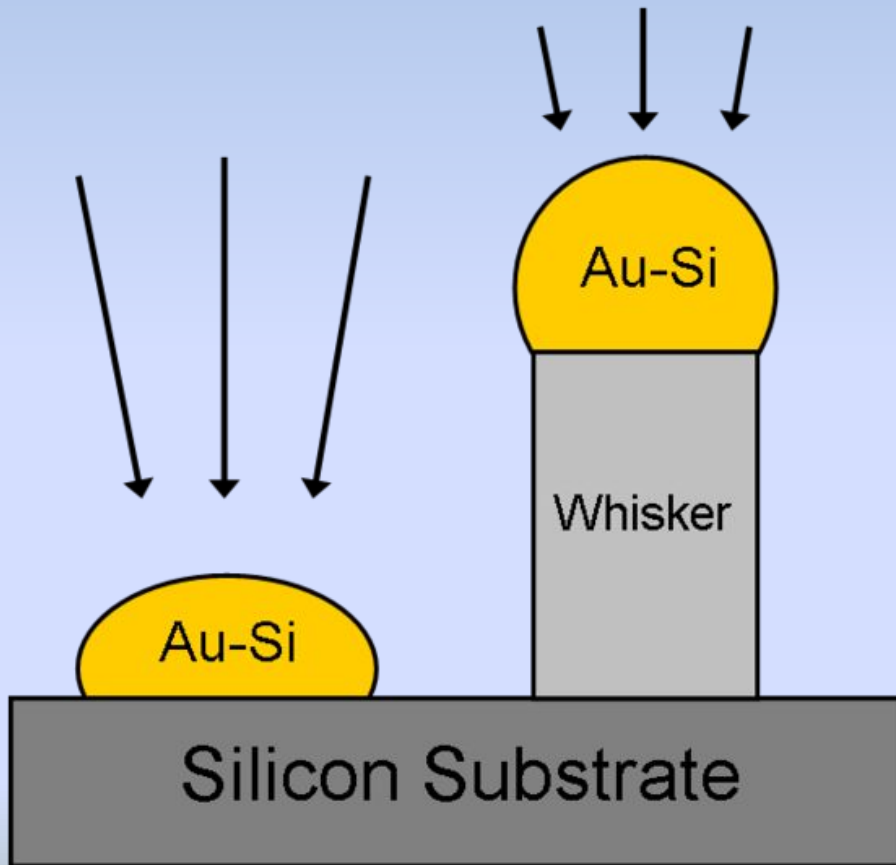
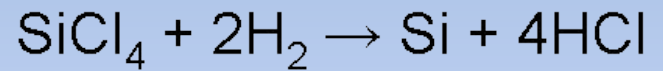
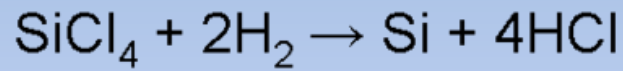
Кристалл	Плотность, г/см <sup>3</sup>	T <sub>пл.</sub> , °C	Разрушающее напряжение при растяжении, ГПа*	Модуль упругости $\sigma$ , ГПа
C (графит)	2,25–2,26	3600–3650	20–24,5	980–1160
Fe	7,8	1540	13,4	200–300
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,95–3,96	2000–2100	19–28	450–1030
BeO	1,8	2550	13,8–19,3	600–730
SiC	3,1–3,2	2200–2830	7–32	400–880
BN	3,2	2900–2970	3,5–10	380–400
AlN	3,3	2200	14–20	320–360

# Получение вискеров

Известно несколько методов получения:

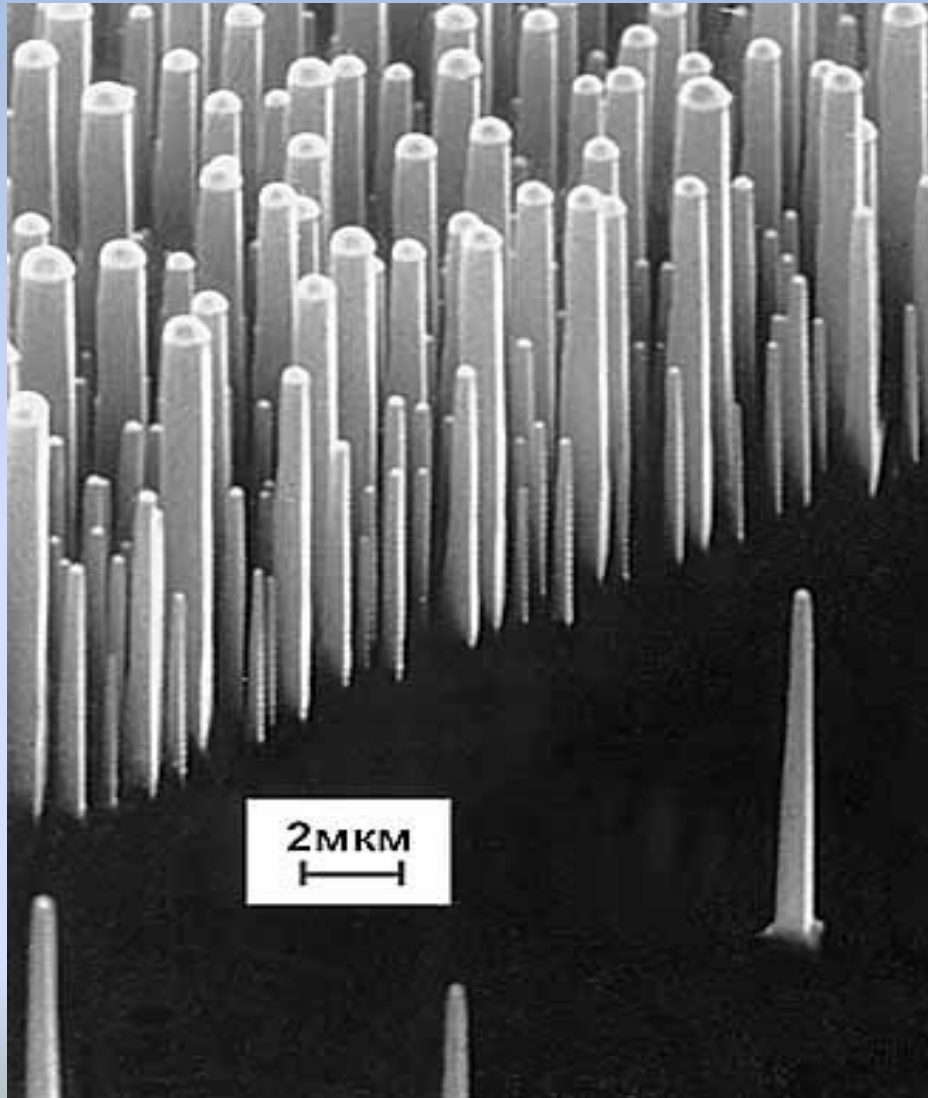
- ✓ физическое испарение с последующей конденсацией,
- ✓ осаждение из газовой фазы в результате химических реакций,
- ✓ кристаллизация из растворов,
- ✓ выращивание на пористых мембранах,
- ✓ молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ) [3]

# Механизм пар-жидкость-кристалл или ПЖК



[4]

# Вискеры кремния.



Здесь капельки золота были созданы только на части подложки (левый верхний угол). Отдельный вискер - результат случайной капельки. Полусферические образования, видимые на вершинах вискеро́в, - это закристаллизовавшиеся после завершения кристаллизации капельки (глобулы, которые образованы беспорядочной смесью мельчайших кристаллитов кремния и золота). [5]

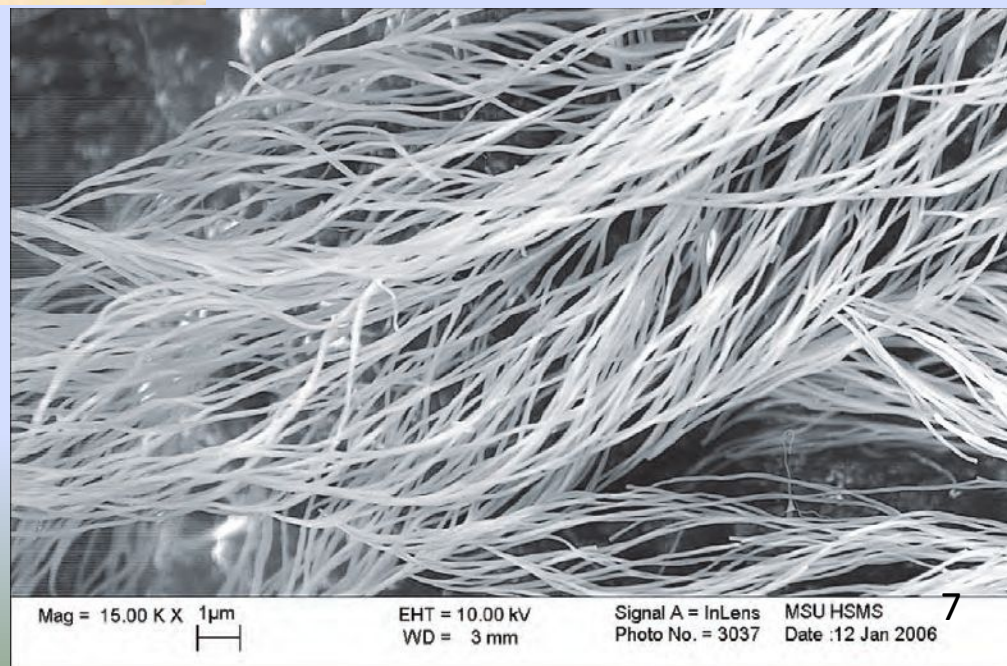
# «Перьевидные» вискеры SiO<sub>2</sub>



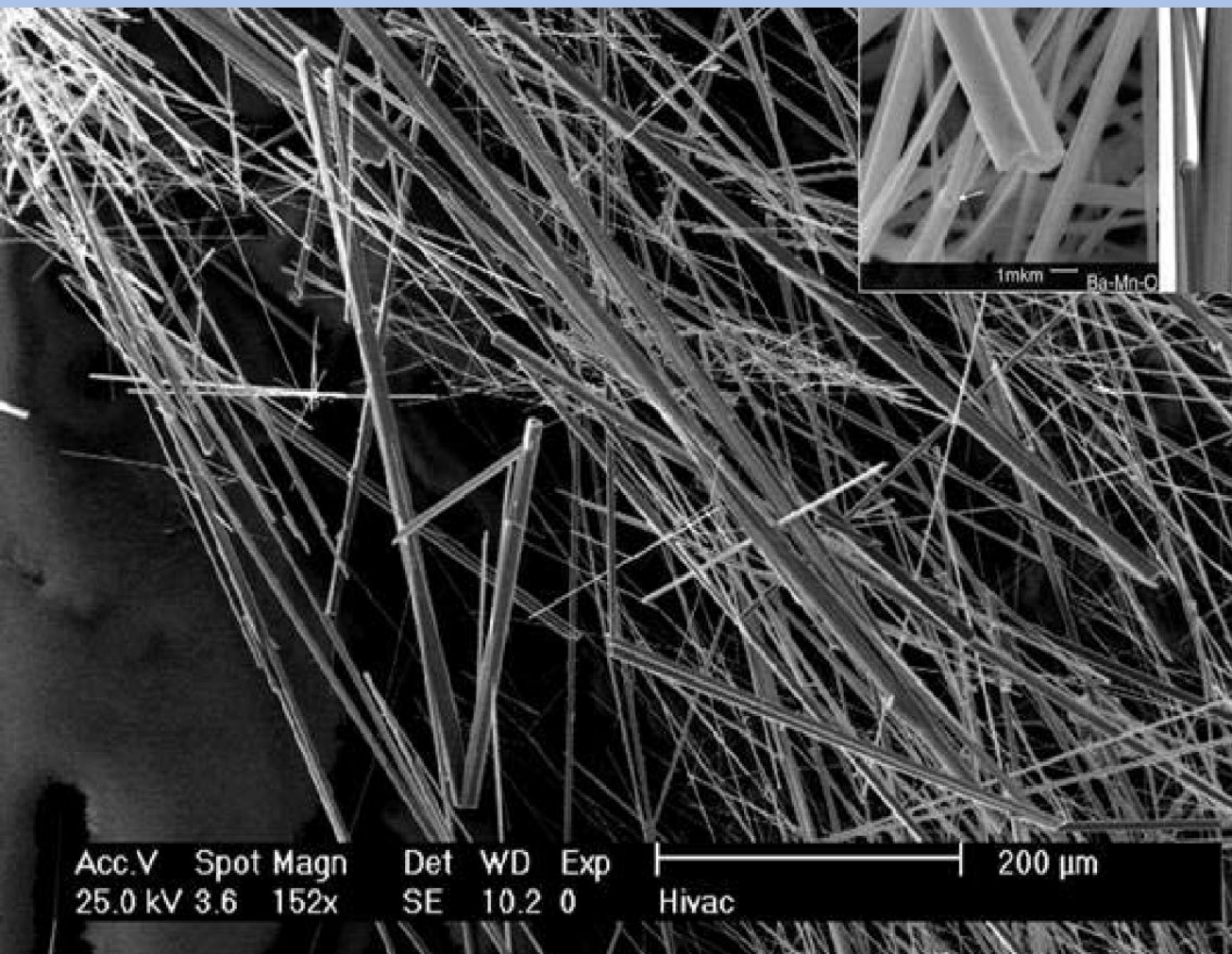
Растут по  
механизму ПЖК



[6]



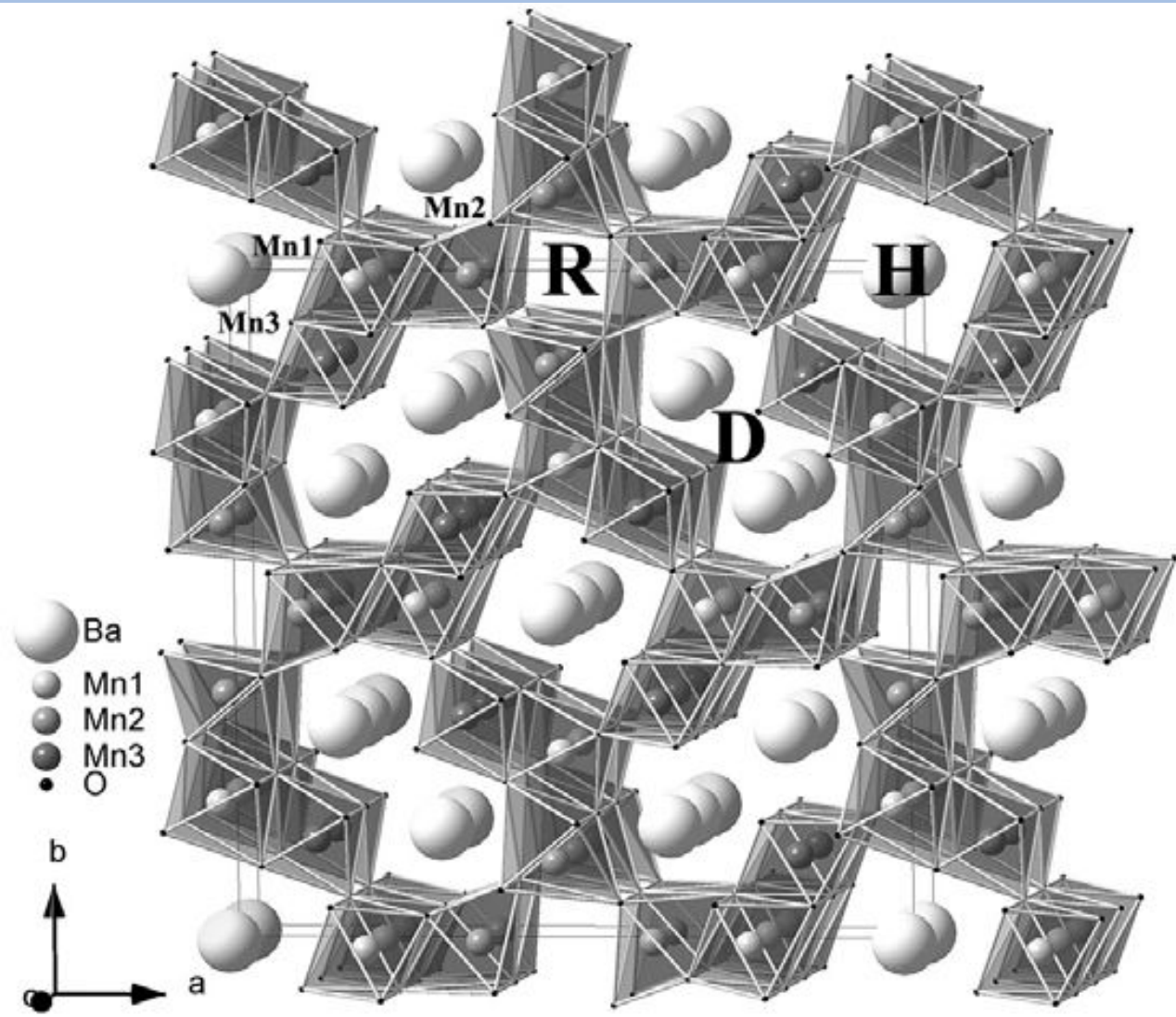
# Манганитные вискеры



Вискеры сложного манганита бария  $\text{Ba}_6\text{Mn}_{24}\text{O}_{48}$ , полученные за счет изотермического испарения дешевых расплавов хлоридных флюсов (KCl, NaCl).

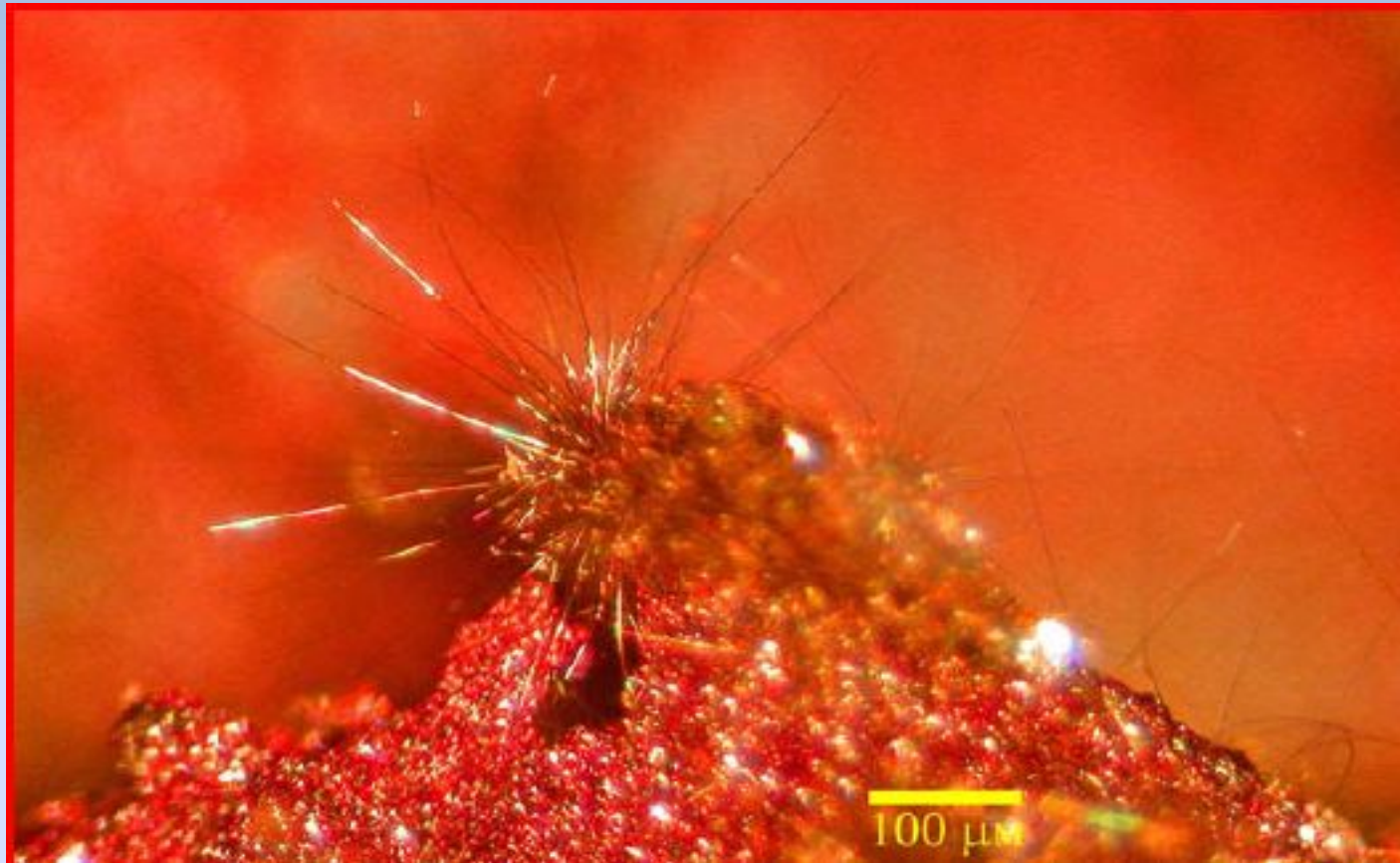


# Кристаллическая структура фазы



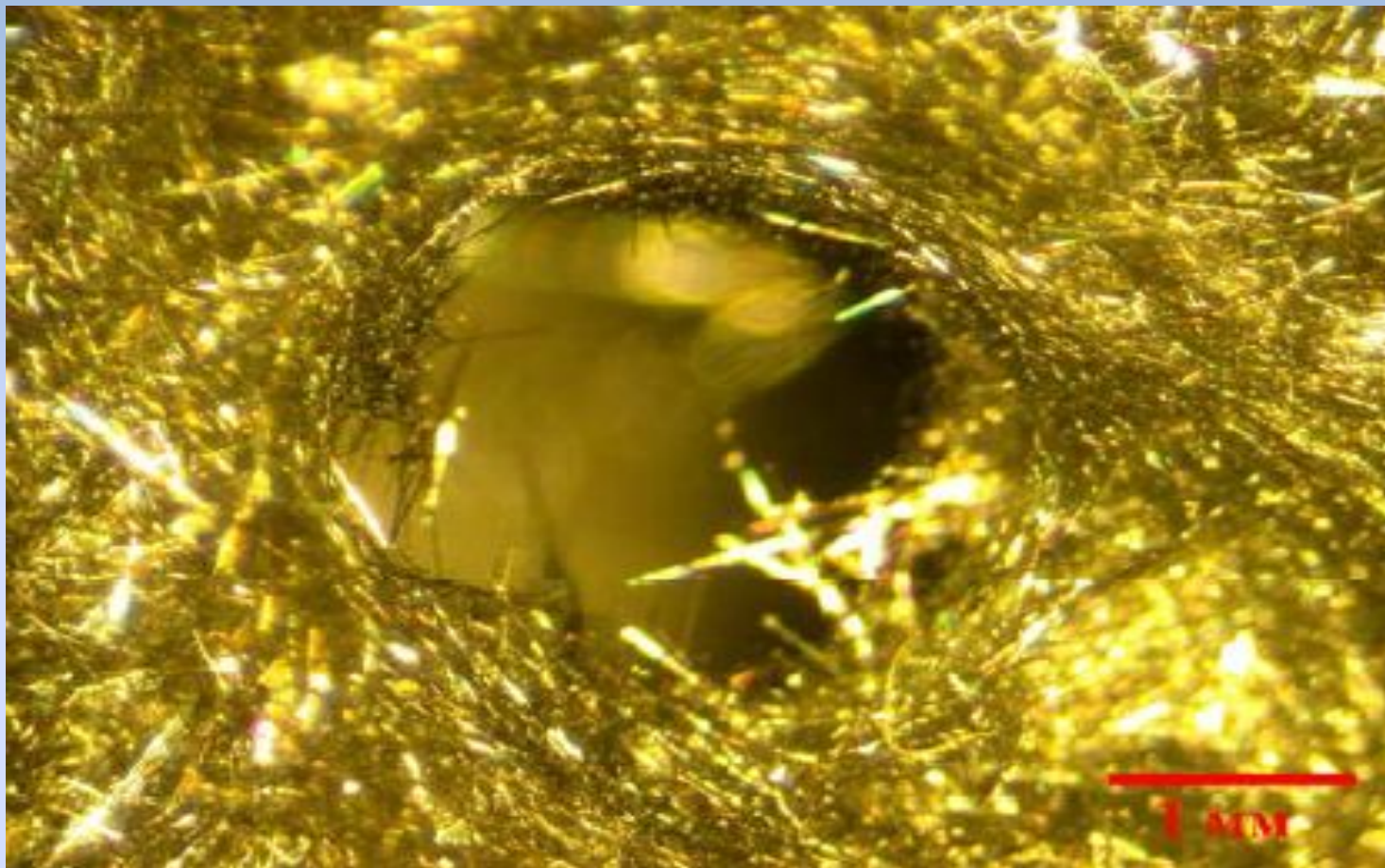
R - рутилоподобные туннели, не заполненные катионами бария, H – голландиподобные туннели, заполненные одним рядом катионов бария, D – туннели сложной формы, наполнены двумя рядами катионов бария

# «Беспозвоночное магматического периода»



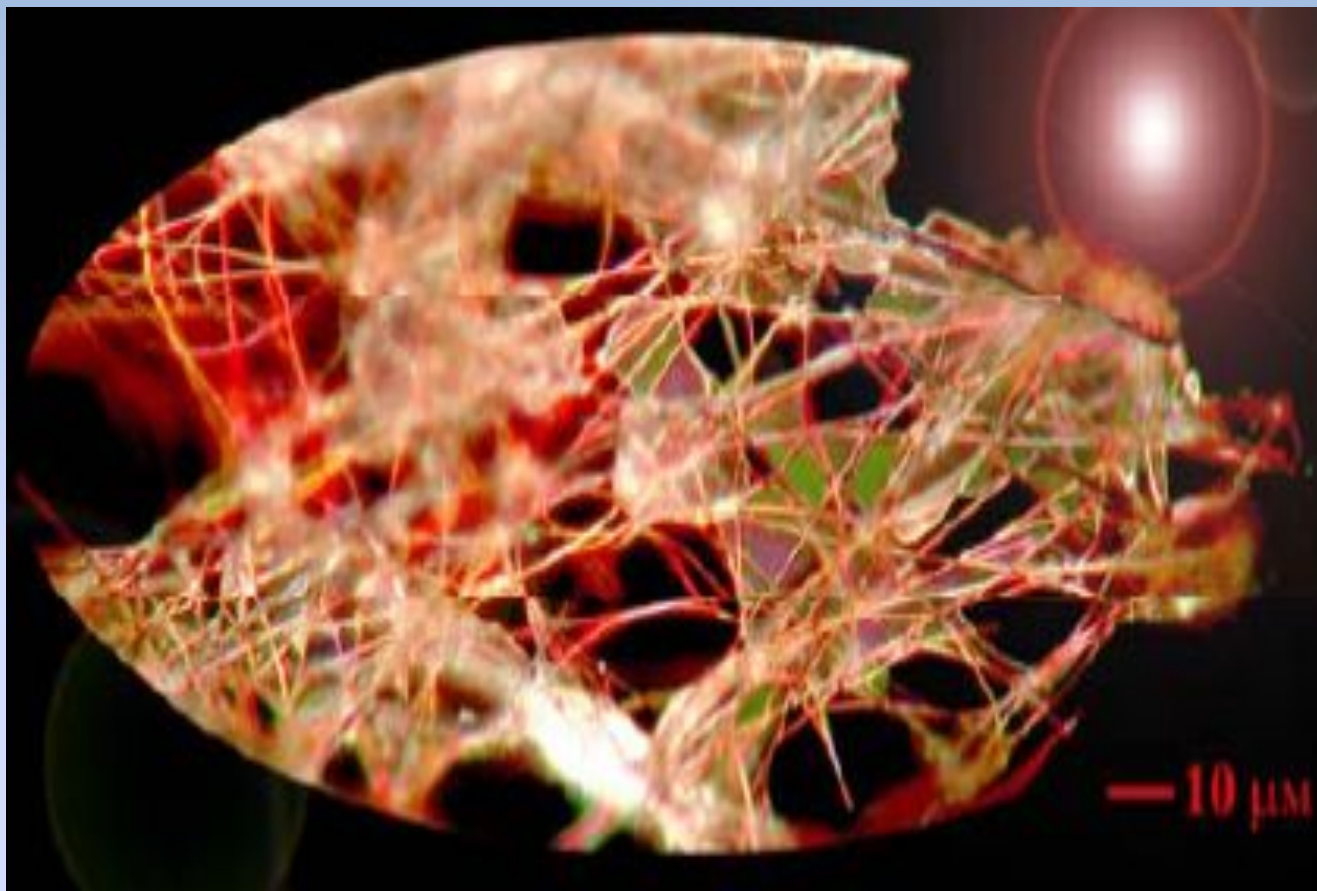
Друза вискеро́в манганита  $Ba_6Mn_{24}O_{48}$ , образовавшихся на коричнево-красных кристаллитах гаусманита  $Mn_3O_4$  при высокотемпературной обработке

# «Волокнистая турбулентность»



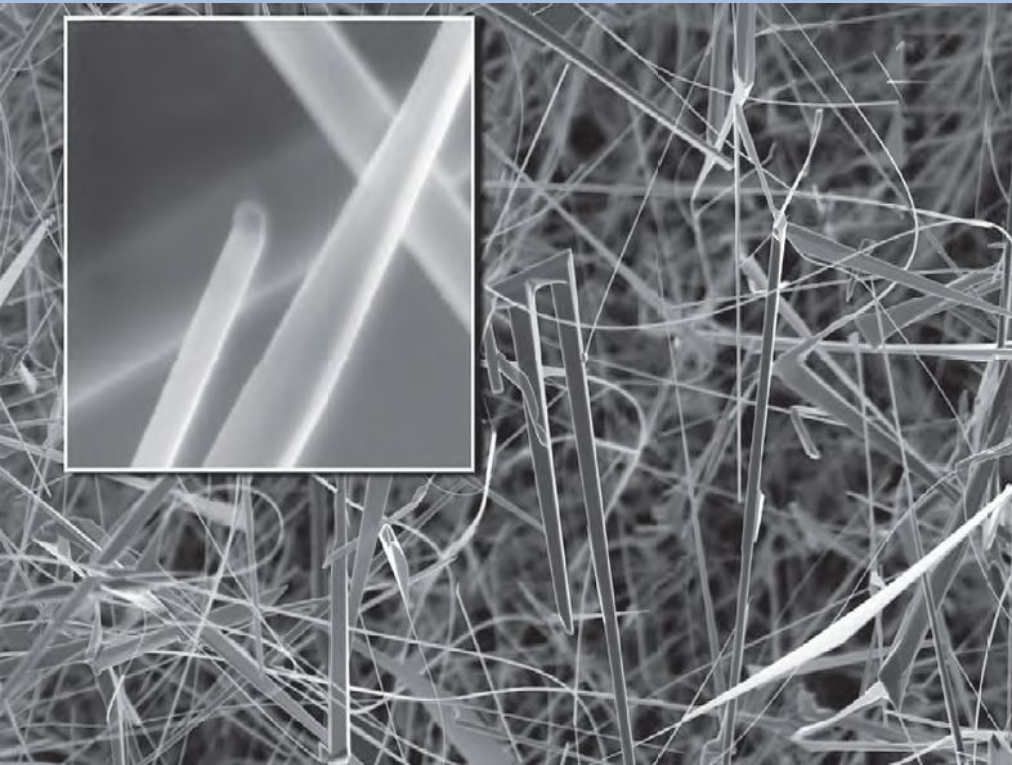
Слой нитевидных кристаллов манганита  $\text{Ba}_6\text{Mn}_{24}\text{O}_{48}$ , образовавшихся на поверхности расплава  $\text{KCl}$  при высокотемпературной обработке

# «Крыло фантастической стрекозы»

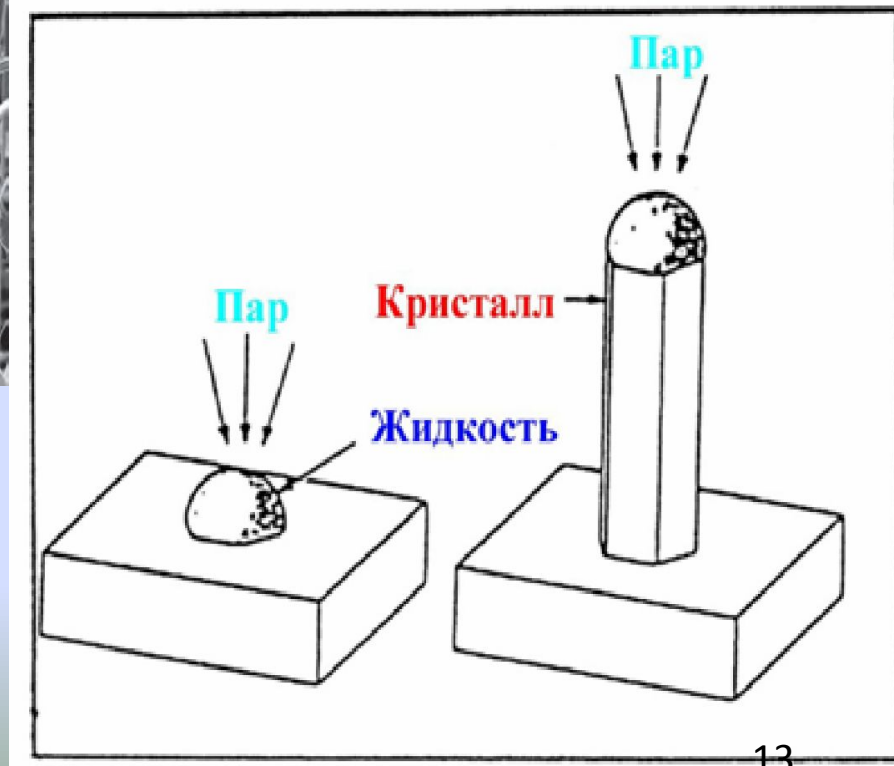


Тонкие нитевидные кристаллы фазы  
 $\text{Ba}_6\text{Mn}_{24}\text{O}_{48}$ , извлеченные из хлоридного  
флюса

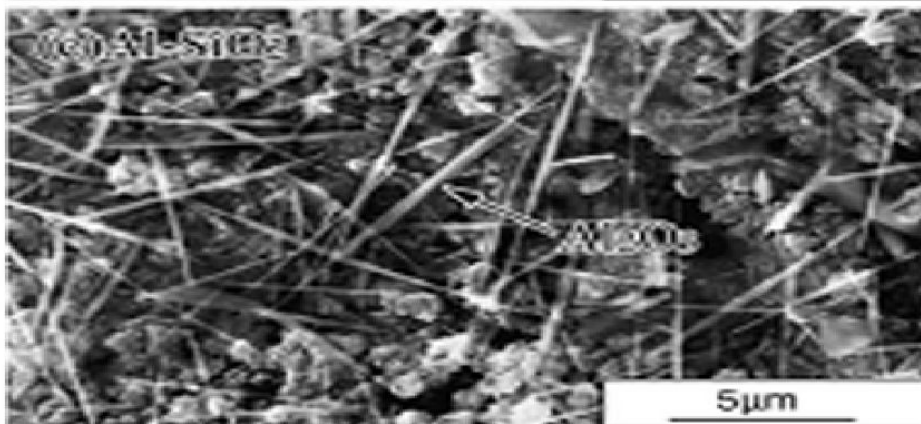
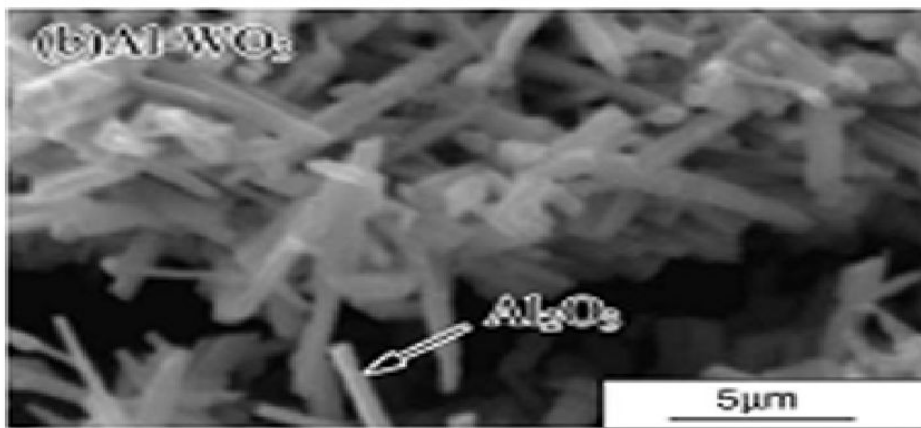
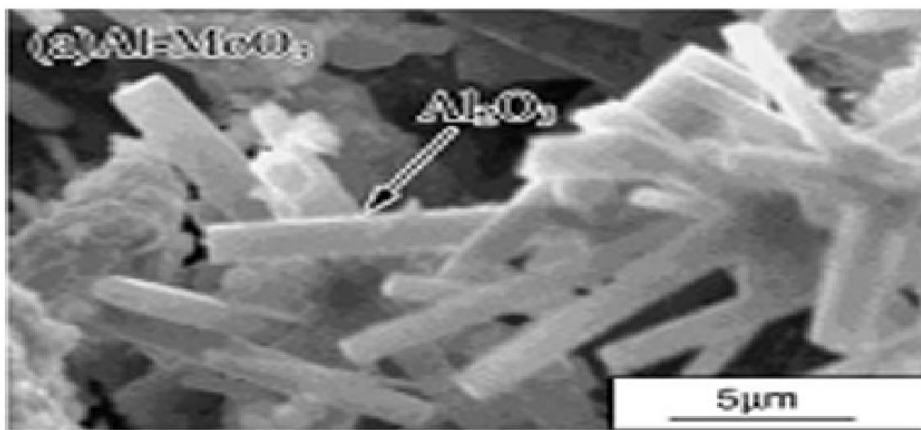
# Вискеры SnO<sub>2</sub>



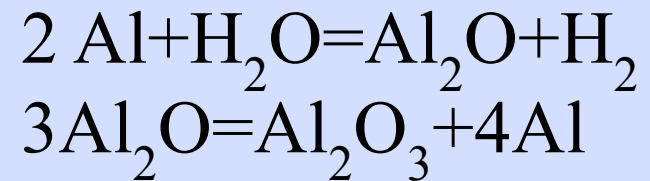
Растут из газовой  
фазы по  
механизму ПЖК



# Вискеры $\text{Al}_2\text{O}_3$



Вискеры из оксида алюминия, полученные нагреванием алюминия с оксидами  
а) молибдена,  
б) вольфрама,  
в) кремния



# Использование вискеров

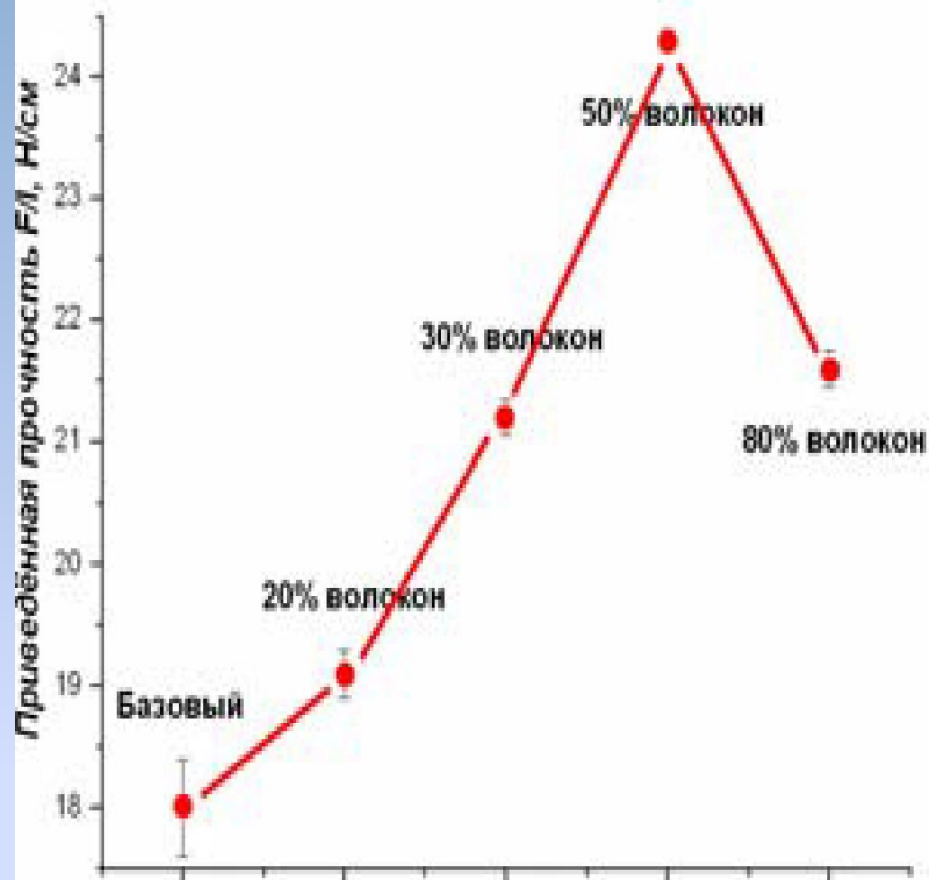
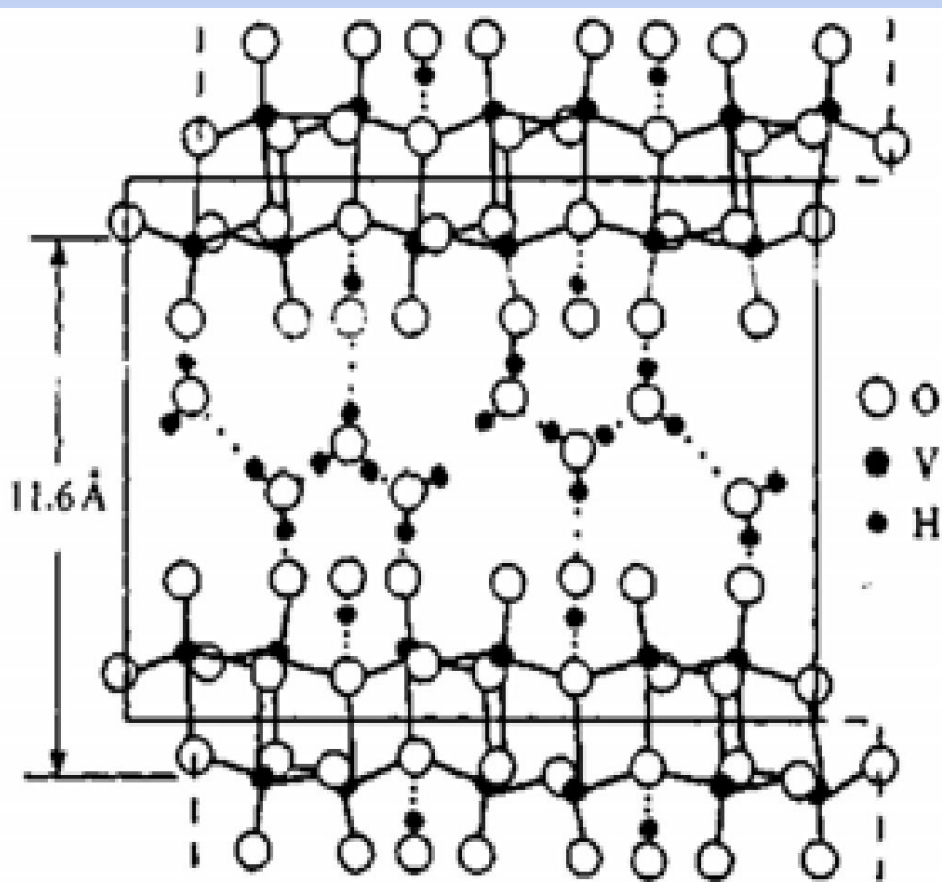
- ✓ Как армирующие волокна  
(авиакосмическая техника, крылья самолетов, бронежилеты)
- ✓ Суперионные проводники  
(микроэлектроника, медицина, экология)
- ✓ Нетканые гибкие электроды
- ✓ Литий-ионные батареи [7]

**Гибкий электродный материал на основе композита**



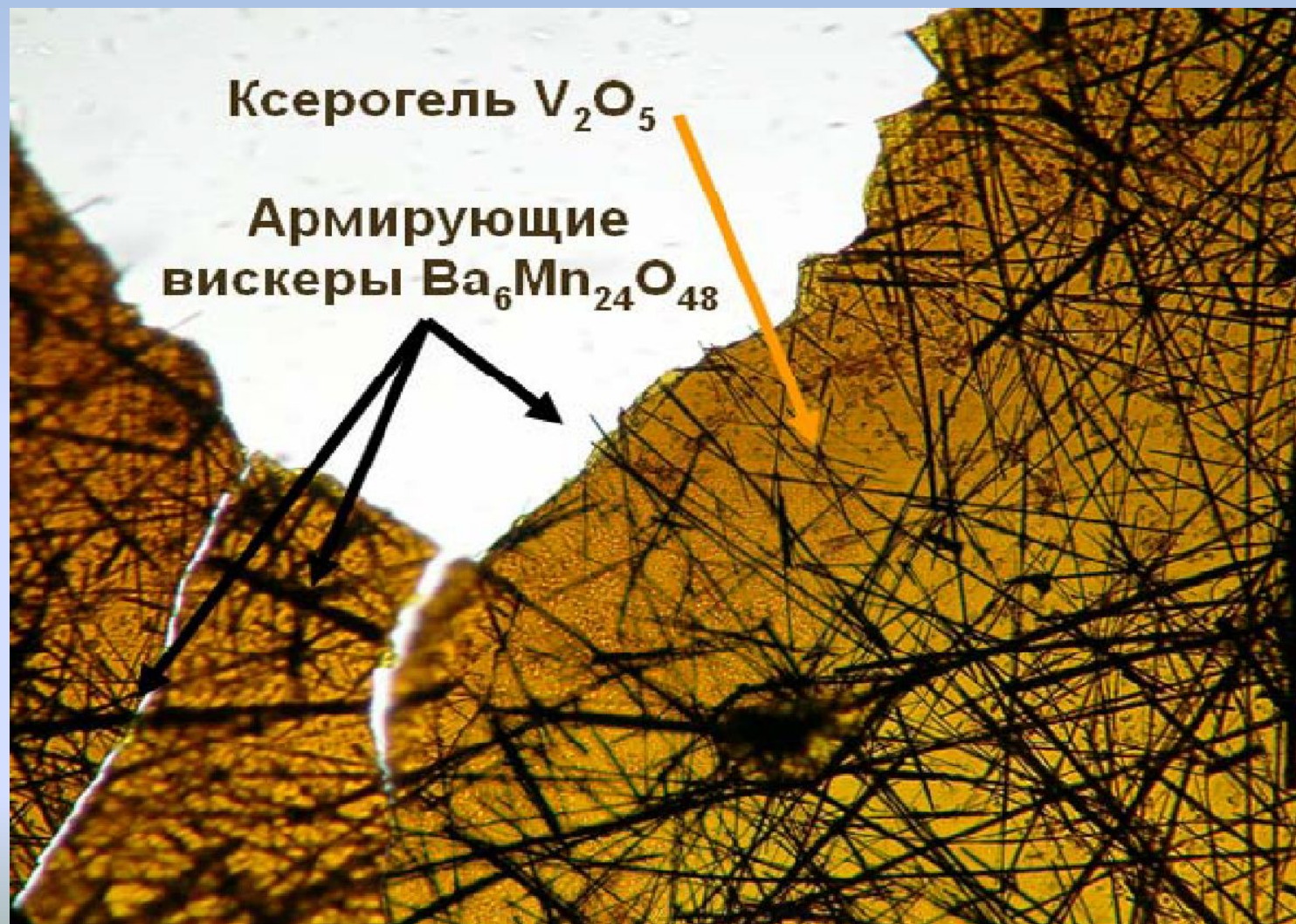


## Структура ксерогеля $V_2O_5$



Механические свойства армированного ксерогеля  $V_2O_5$

**Внешний вид катодного материала с  
небольшим содержанием вискеров.**



# Выводы

Вискеры являются одними из наиболее перспективных материалов с уникальным комплексом свойств.

Представляя собой одномерную кристаллическую систему, они могут найти широкий диапазон применений – от упрочняющих волокон до устройств наноэлектроники.

Возможности этих уникальных объектов все еще интенсивно изучаются в ведущих лабораториях мира.

# Список используемых источников

- [1] Нанометр [Электронный ресурс]; Пористые фуллереновые нановискеры. – Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/2007/04/26/whisker.html>
- [2] Академик [Электронный ресурс]; Нитевидные кристаллы. – Электрон. дан. - Режим доступа: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_chemistry/2953/НИТЕВИДНЫЕ](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_chemistry/2953/НИТЕВИДНЫЕ)
- [3] Завод композитных материалов [Электронный ресурс]; Нитевидные кристаллы. – Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.mvimplant.com/materials/niti.html>
- [4] Википедия [Электронный ресурс]; Пар-жидкость-кристалл. – Электрон. дан. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Пар-жидкость-кристалл>
- [5] Природа [Электронный ресурс]; Кристаллические вискеры и nanoострия. – Электрон. дан. - Режим доступа: [http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/NATURE/11\\_03/NEEDLES.HTM](http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/NATURE/11_03/NEEDLES.HTM)
- [6] Третьяков Ю.Д. Микро- и наномир современных материалов: учеб. пособие / Ю. Д.Третьяков - Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2006 - 67 с.