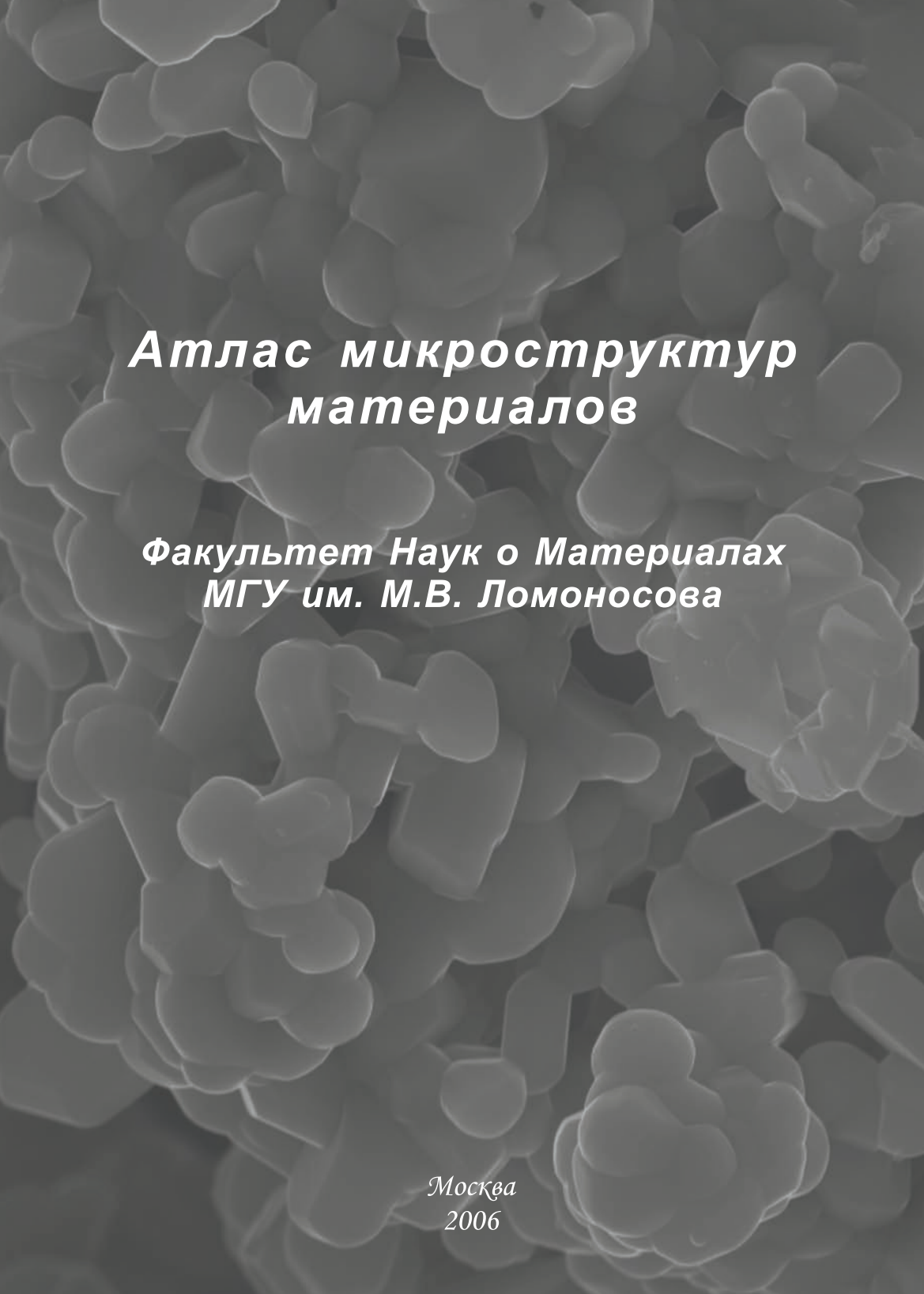


The background of the entire page is a grayscale micrograph showing a complex, interconnected network of light-colored, irregular shapes against a darker background. These shapes resemble a porous material or a biological structure, with many small, rounded features and larger, more elongated structures.

# **Атлас микроструктур материалов**

**Факультет Наук о Материалах  
МГУ им. М.В. Ломоносова**

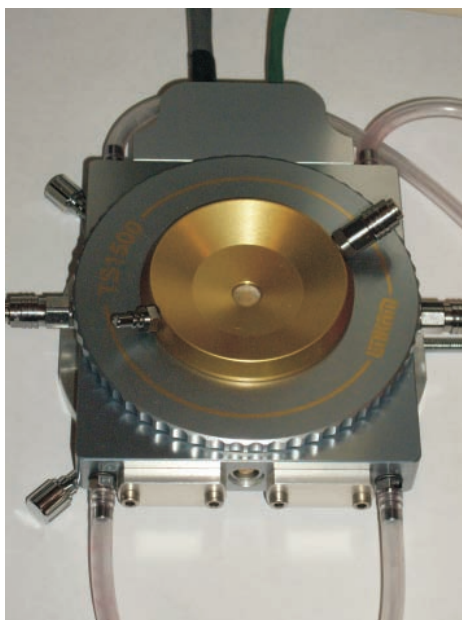
*Москва  
2006*

Брошюра “Атлас микроструктур материалов” предназначена для всех, кто интересуется новыми материалами, наноматериалами и нанотехнологиями. является учебным пособием для школьников старших классов, студентов обучающихся в вузах естественных специальностей, научных работников. Атлас составлен на основе данных, полученных в ходе выполнения научной работы бакалаврами, магистрами, дипломниками, аспирантами и сотрудниками Факультета Наук о Материалах ([www.fnm.msu.ru](http://www.fnm.msu.ru)) и Химического Факультета ([www.inorg.chem.msu.ru](http://www.inorg.chem.msu.ru)) МГУ им. М.В. Ломоносова. Микроструктурные исследования материалов выполнены на оборудовании Центра коллективного пользования МГУ им. М.В. Ломоносова в отделении Факультета наук о материалах “Технологии получения новых наноструктурированных материалов и их комплексное исследование”. Вошедшие в атлас изображения получены с использованием просвечивающего электронного микроскопа JEM 2000FX-II к.х.н А.В. Гаршевым и к.х.н. А.В. Кнотько, растрового электронного микроскопа Supra 50VP к.х.н А.В. Гаршевым, к.х.н. А.В. Кнотько и к.х.н. А.Г. Вересовым, сканирующего зондового микроскопа NTEGRA Aura и металлографического поляризационного оптического микроскопа Eclipse 600pol Д.М. Иткисом и д.х.н. Е.А. Гудилиным. Издание осуществлено в рамках национального проекта "Формирование системы инновационного образования в МГУ им. М.В. Ломоносова" подпроект Факультета Наук о Материалах "Новые материалы и химические технологии”.



Растровый электронный микроскоп (РЭМ) Supra 50 VP (LEO/Carl-Zeiss, Германия) предназначен для изучения широкого спектра материалов в режимах высокого и низкого вакуума, оснащен комбинированной системой волнового и энергодисперсионного микроанализа INCA Energy+ (Oxford, Англия). Основные характеристики прибора:

- разрешение 1 нм (стандартный образец золото на углероде);
- возможность анализа в режиме низкого вакуума при давлении азота в камере от 2 до 180 Па;
- ускоряющее напряжение от 100В до 30кВ;
- 5-и осевой моторизованный столик для образцов;
- высота образца не более 32 мм, масса не более 0,5 кг;
- разрешение энергодисперсионного спектрометра 129эВ (по линии  $K_{\alpha}$  Mn);



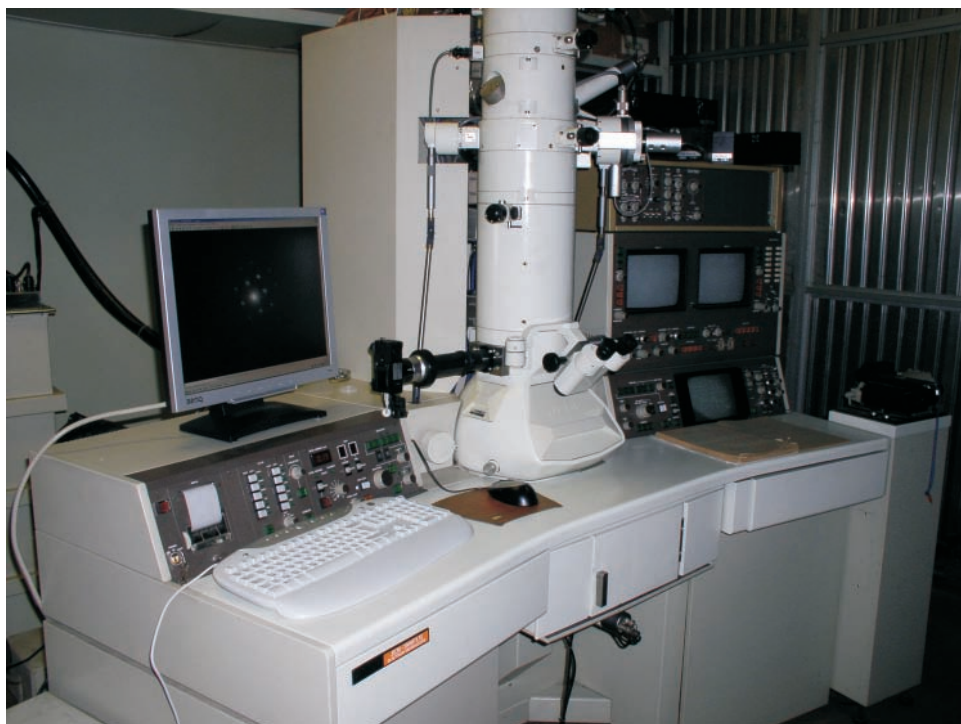
Металлографический поляризационный микроскоп Eclipse 600pol (Nikon, Япония) позволяет изучать как прозрачные образцы в просвечивающем режиме так и шлифы материалов в режиме отражения. Микроскоп оснащен высокотемпературным столиком. Основные характеристики прибора:

- максимальное увеличение  $\times 1000$ ;
- диаскопическое или эпископическое освещение образца;
- возможность коррекции гаммы и яркости;
- независимые поляризаторы;
- светофильтры для монохроматизации;
- анализ образцов при температурах от комнатной до  $1500^{\circ}\text{C}$ .



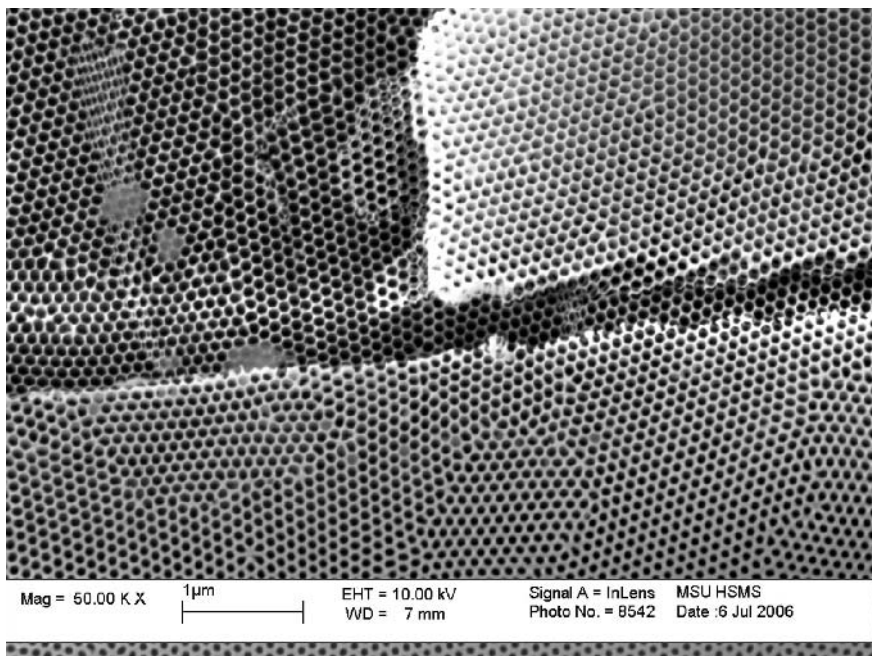
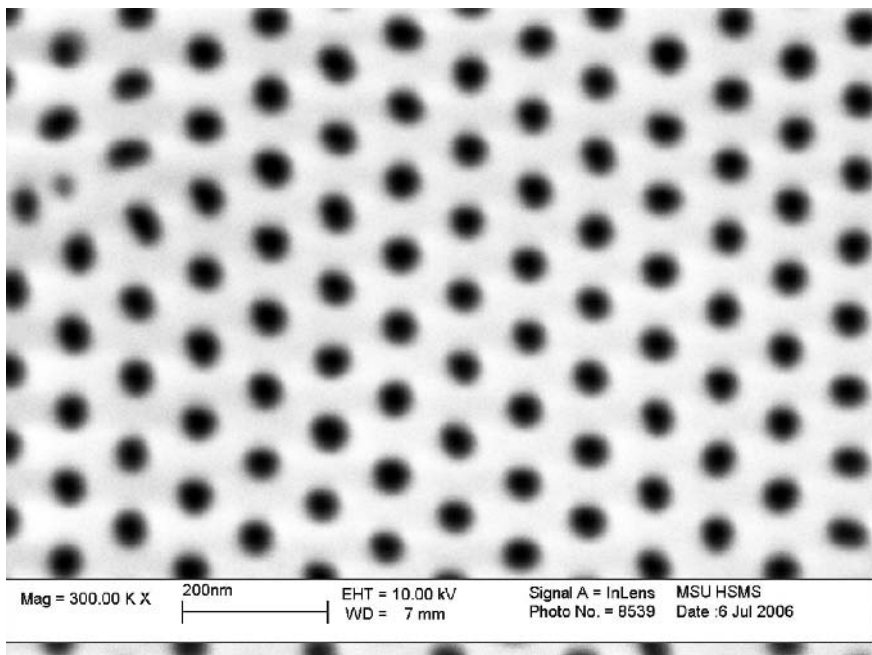
Сканирующий зондовый микроскоп NTEGRA Aura (NTMDT, Россия) сочетает возможности сканирующего туннельного (СТМ) и атомно-силового микроскопа (АСМ). Позволяет производить исследования топологии поверхности и электрофизических свойств наночастиц и материалов. Возможные режимы сканирования: СТМ; АСМ в контактной, полуконтактной или бесконтактной моде; латерально-силовая микроскопия; отображение фазы; модуляция силы; отображение адгезионных сил; сканирующая емкостная микроскопия; метод зонда Кельвина; отображение сопротивления растекания; АСМ силовая и токовая литография. Основные характеристики прибора:

- анализ образца на воздухе или в вакууме до 1 Па;
- возможность анализа объекта при температуре от комнатной до 150°C;
- максимальное внешнее магнитное поле 0,2 Тл;
- максимальное поле сканирование 100x100 мкм.



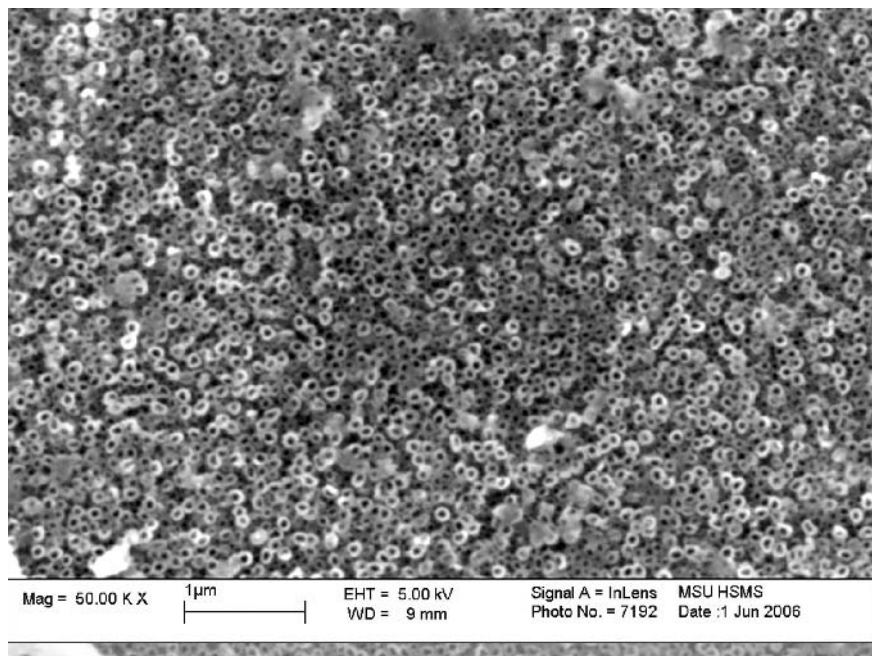
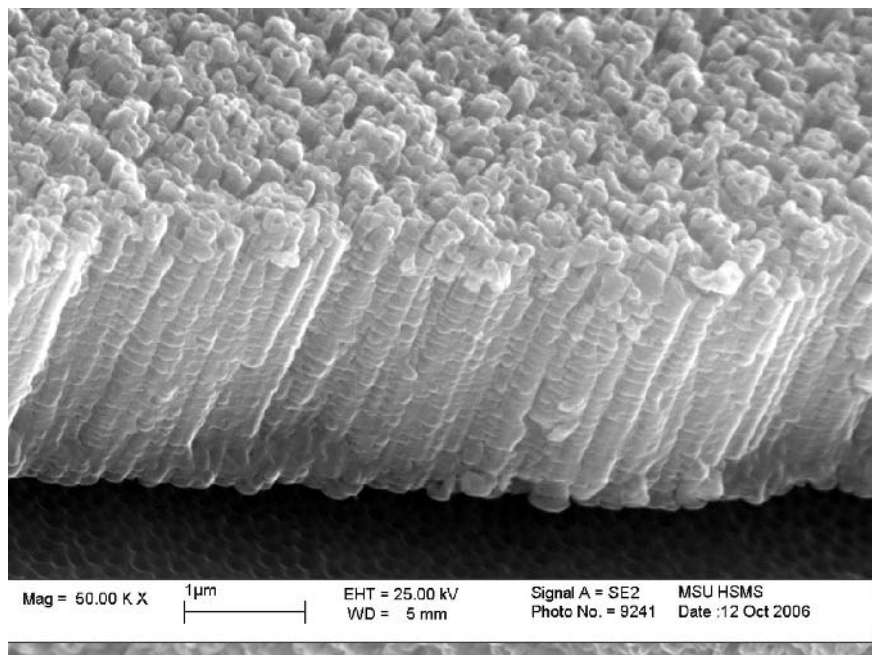
Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) JEM 2000FX-II (JEOL, Япония) предназначен для анализа размеров частиц наноматериалов, дифракционного фазового анализа. Оснащен сканирующей приставкой, детектором для работы в сканирующей просвечивающей моде, системой анализа энергетических потерь электронов. Основные характеристики прибора:

- ускоряющее напряжение 200 кВ;
- максимальное увеличение  $\times 600\,000$ ;
- разрешение по точкам - 0,3 нм, по линиям 0,2 нм;
- катод из гексаборида лантана;
- возможен анализ образцов при температуре кипения жидкого азота.

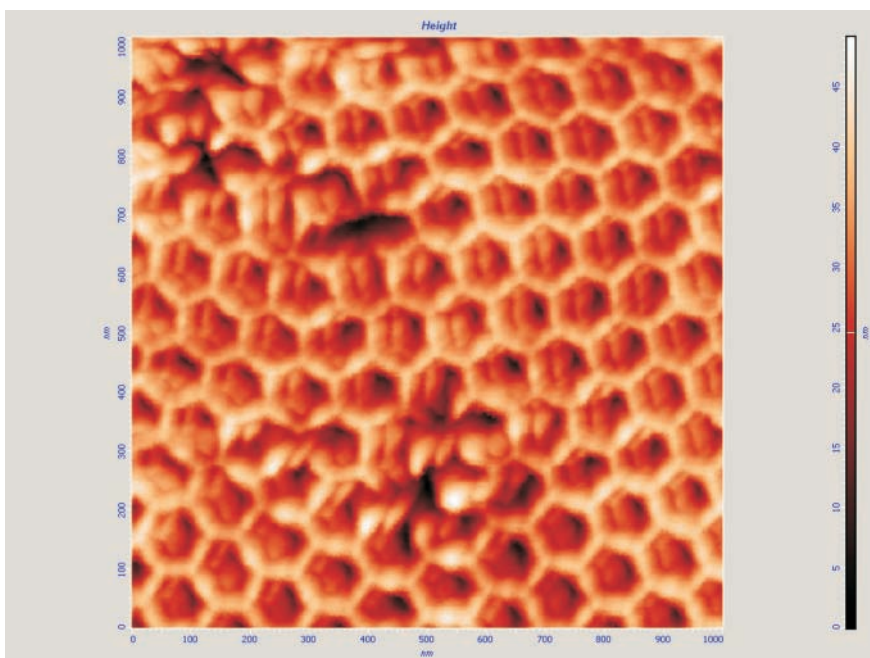
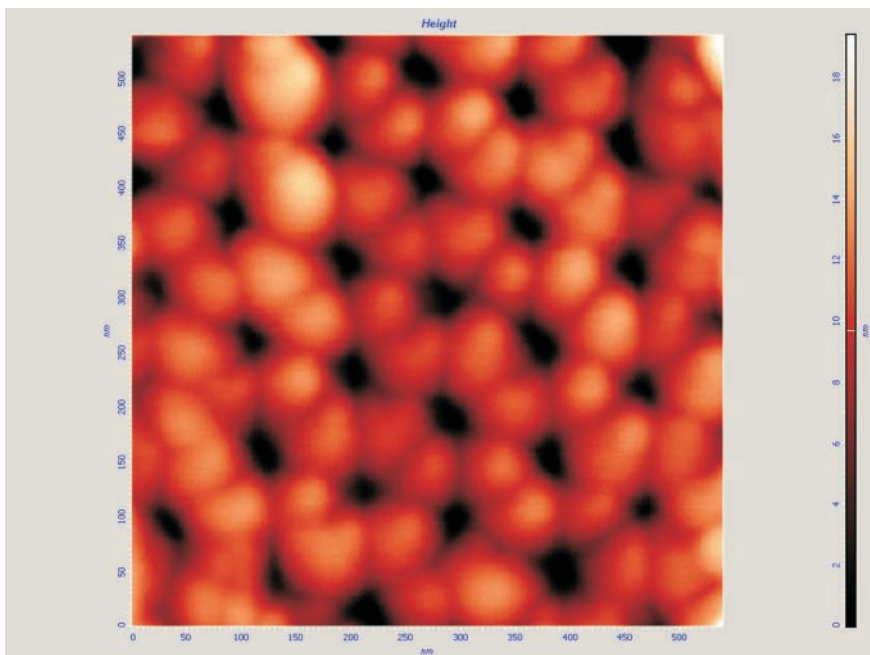


Микроструктура пленок из оксида алюминия, полученных анодным окислением алюминия. Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.

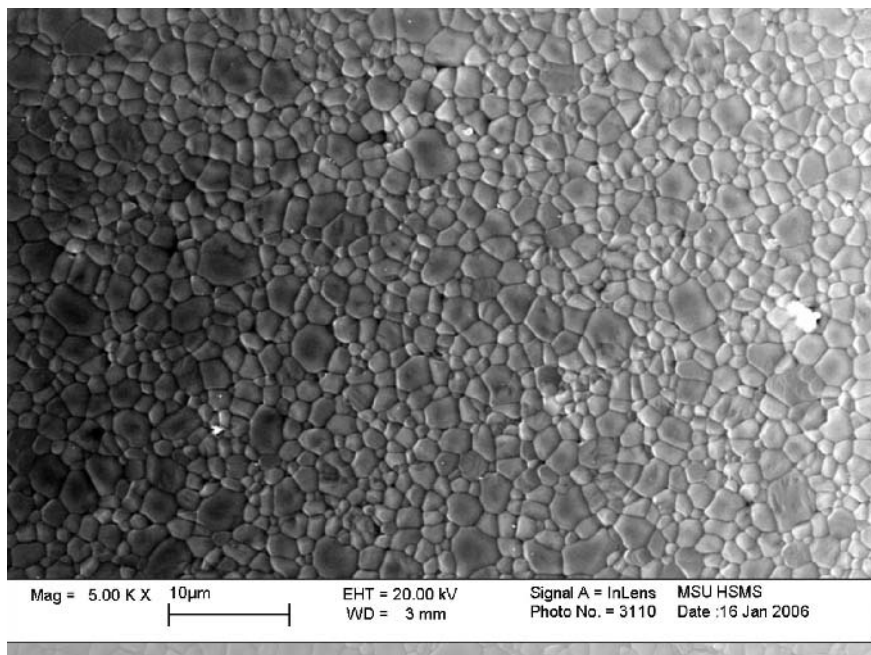
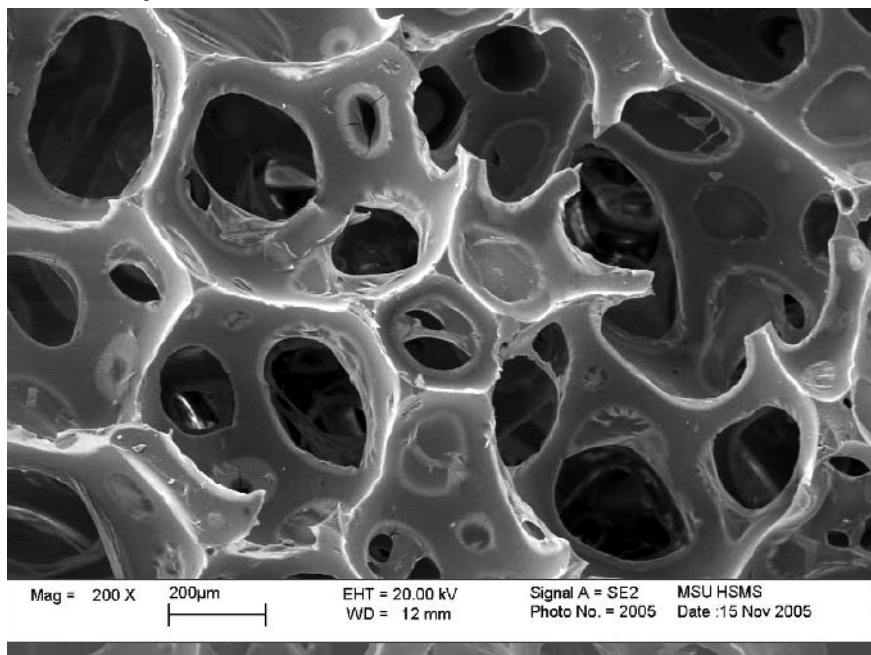
## Анодное окисление



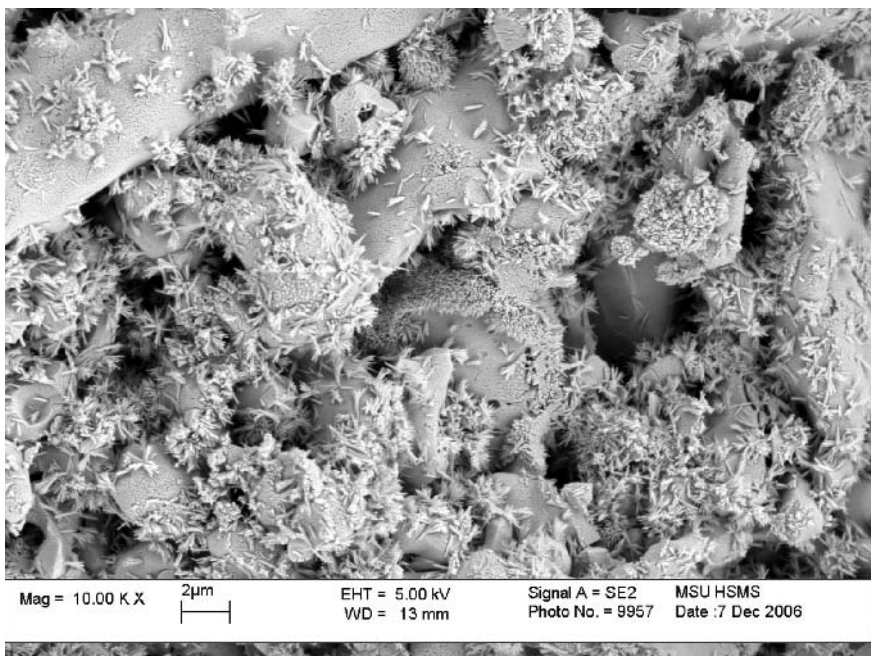
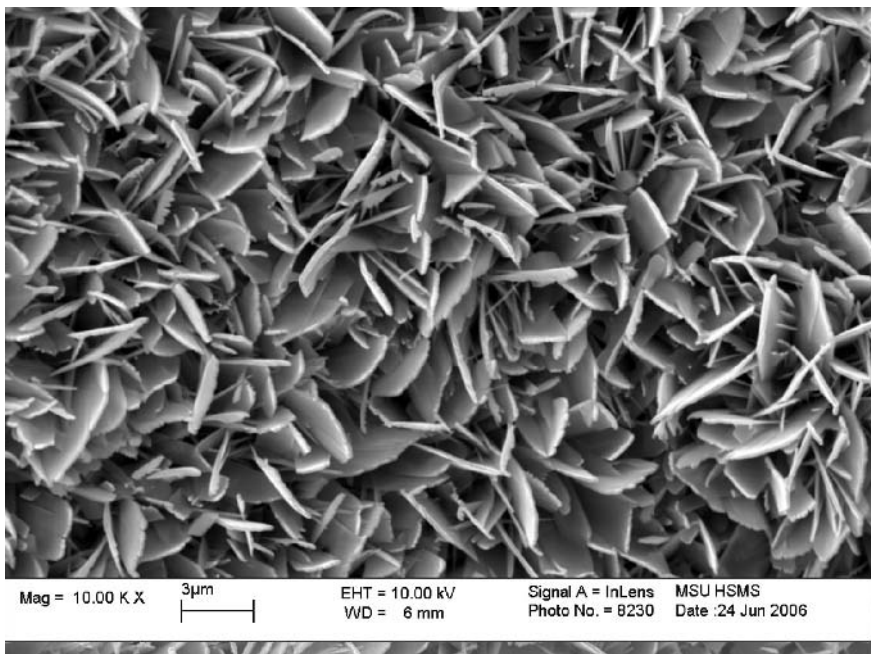
Микроструктура пленок из оксида титана, полученных анодным окислением титана. Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.



Микроструктура пленок оксида алюминия, полученных анодным окислением алюминия. Изображения топографии поверхности получены с использованием АСМ в полуконтактной моде.

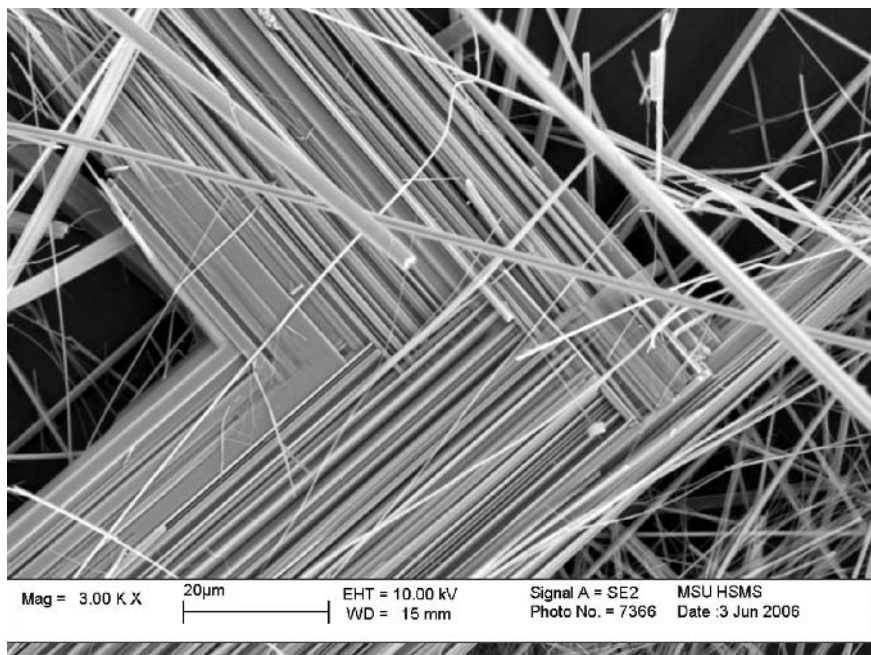
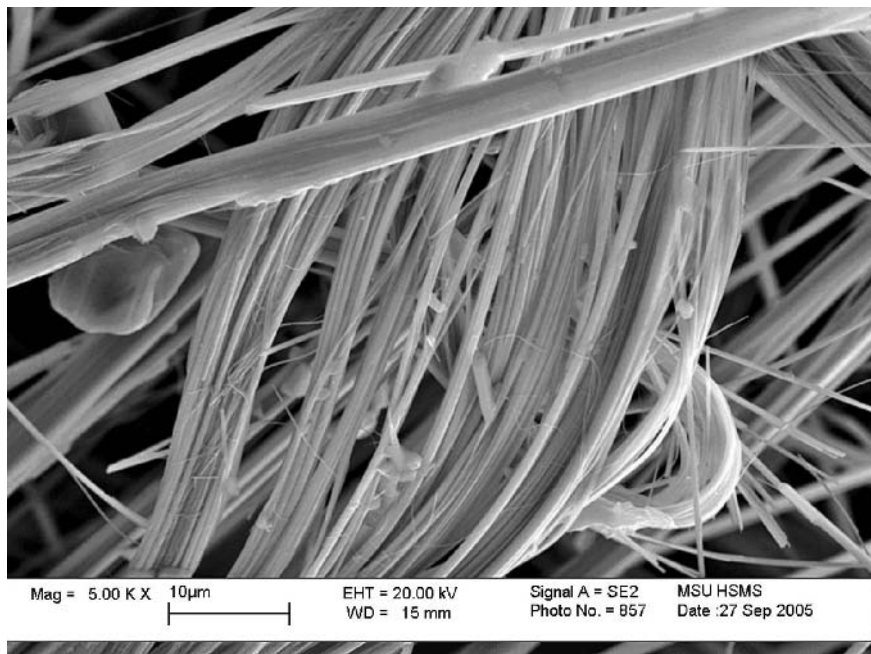


Микроструктура пористого и плотного керамического материала из гидроксиапатита кальция - перспективного биоматериала для замены костных тканей. Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.

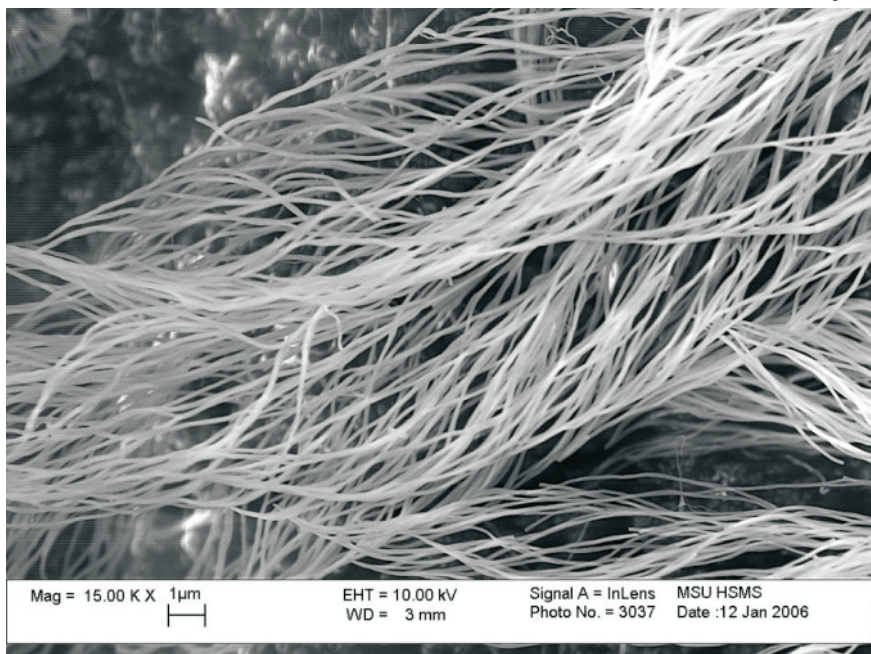


Микроструктура гидроксиапатита кальция полученного перекристаллизацией из объемного образца в условиях аналогичным живому организму (сверху) и биоцемент -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.

## Вискеры

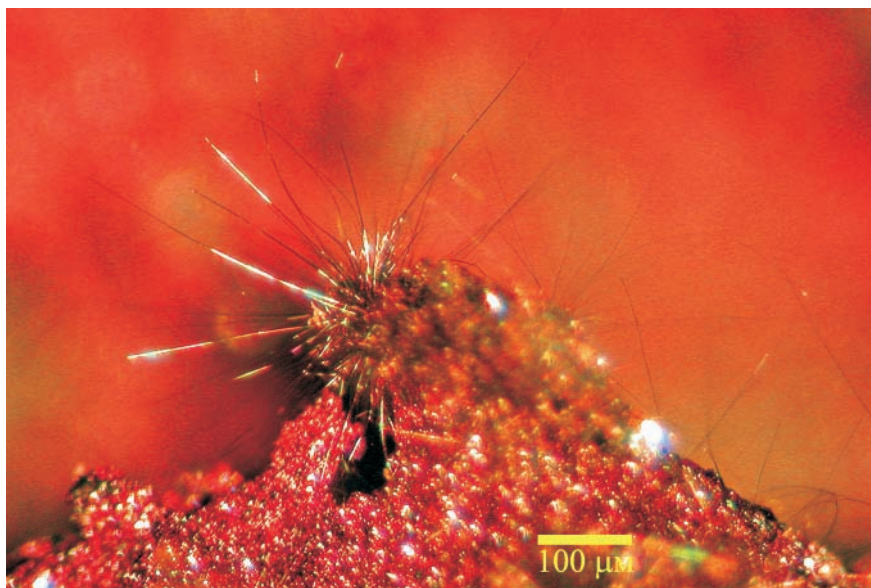
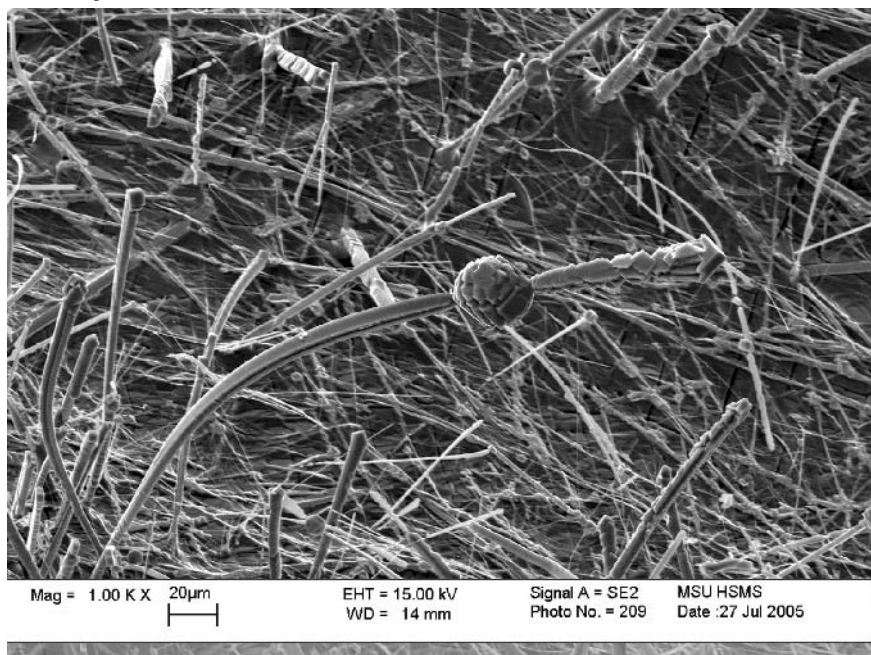


Микроструктура вискеро́в манганита (сверху) и ванадата (снизу) бария. Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.

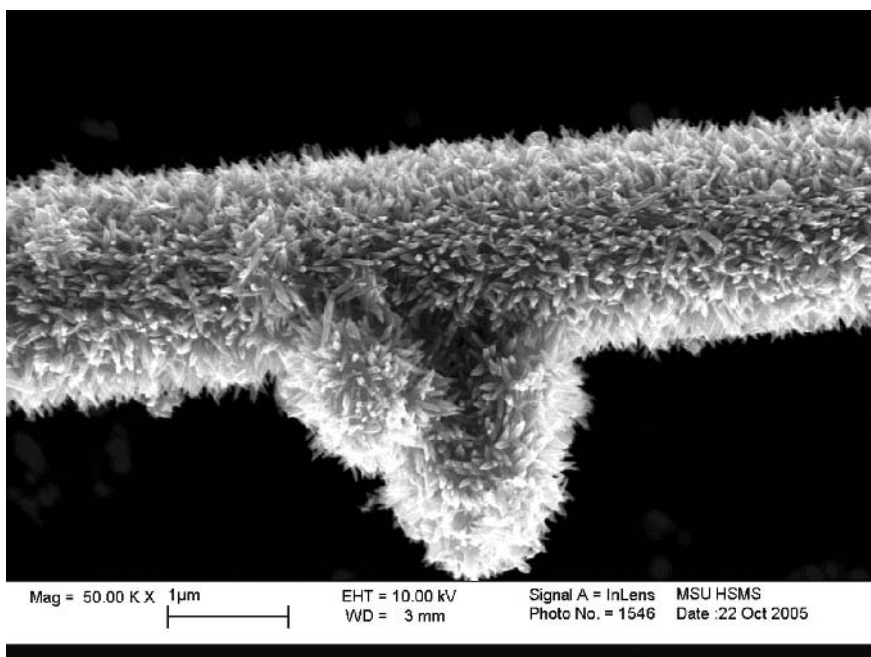
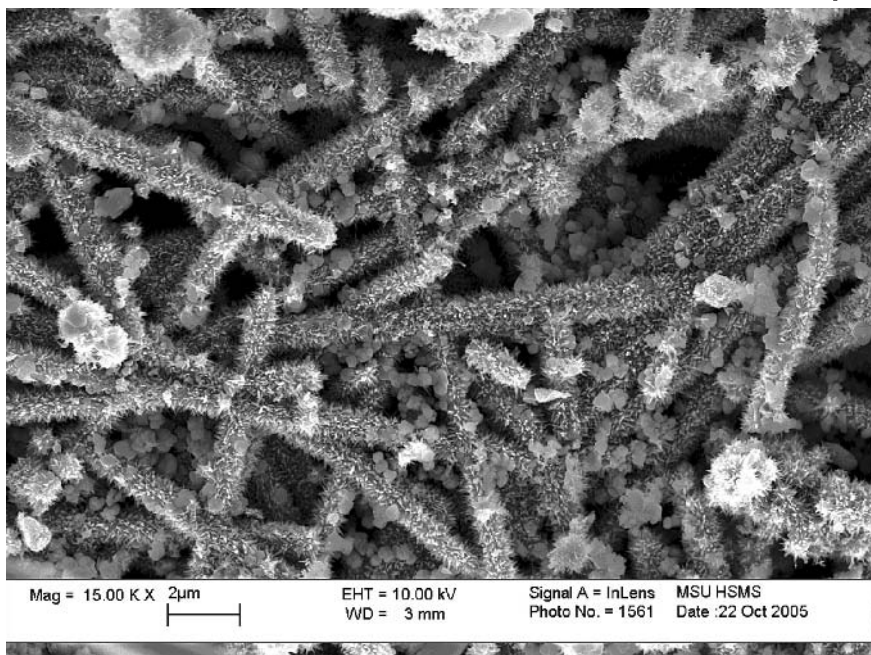


Микроструктура вискеро́в  $\text{SiO}_2$ . Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах (сверху) и на оптическом микроскопе в режиме отражения (снизу).

## Вискеры

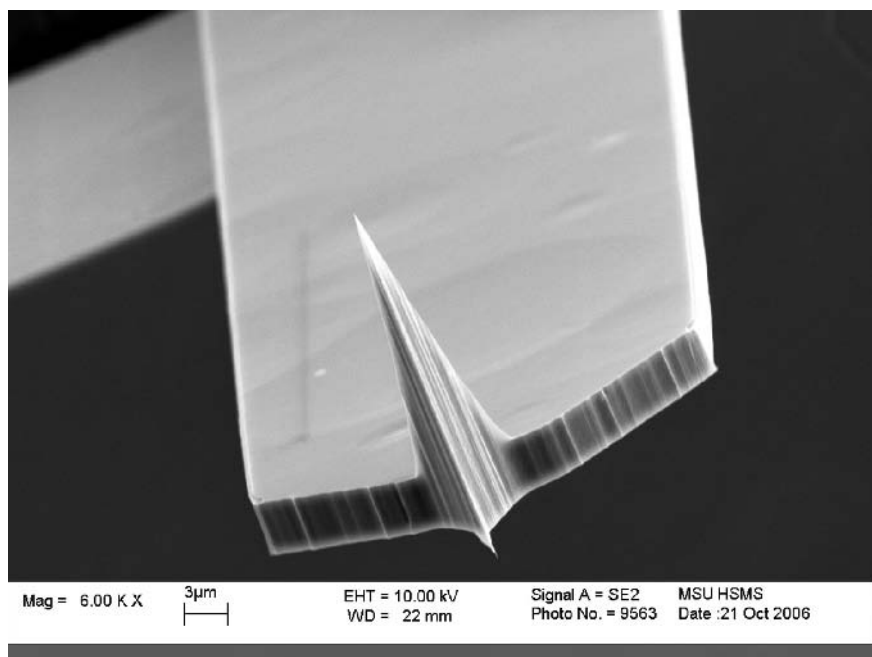
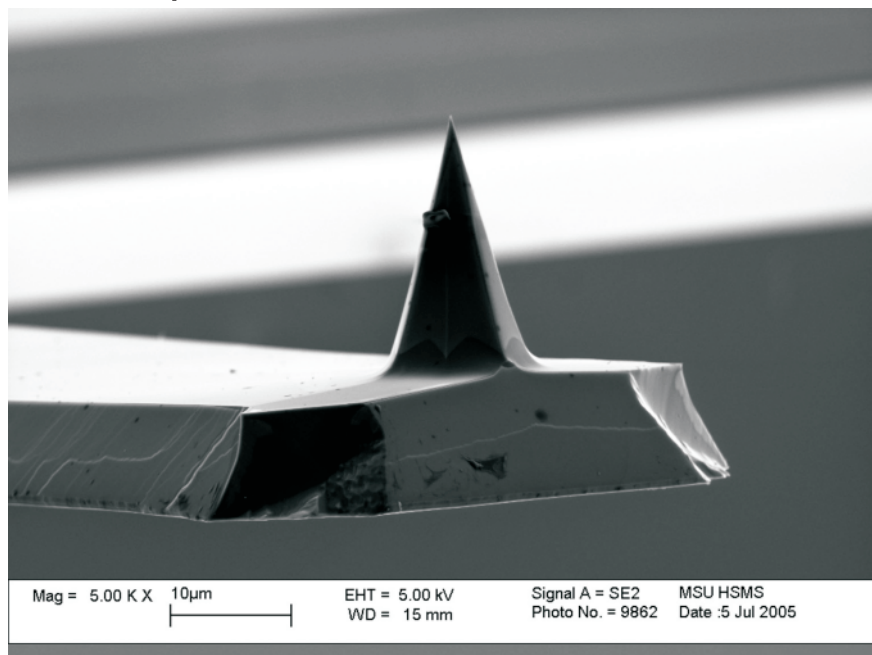


Микроструктура вискеро́в манганита бария, выращенных из солевого флюса. Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах (сверху) и на оптическом микроскопе в режиме отражения (снизу).

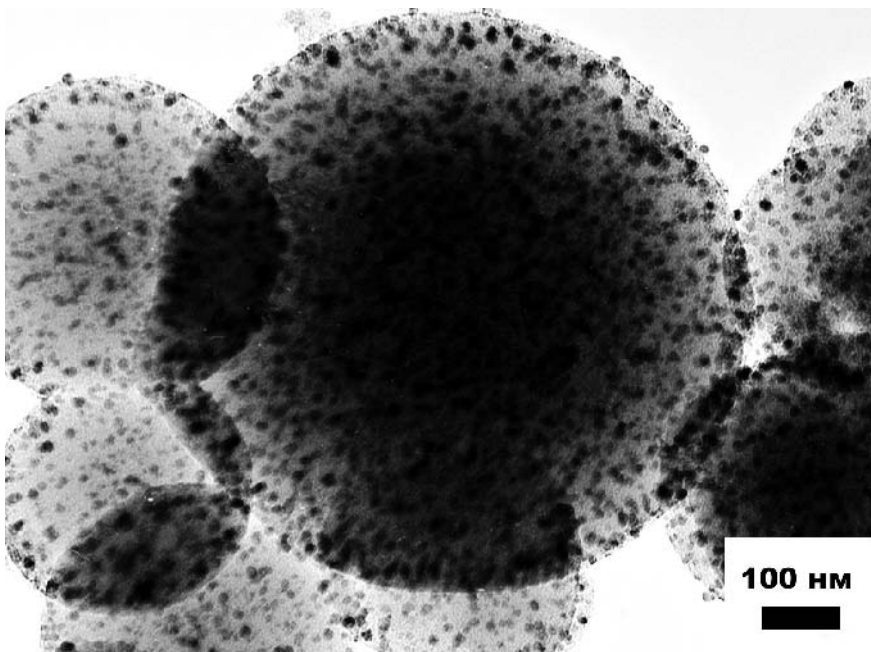
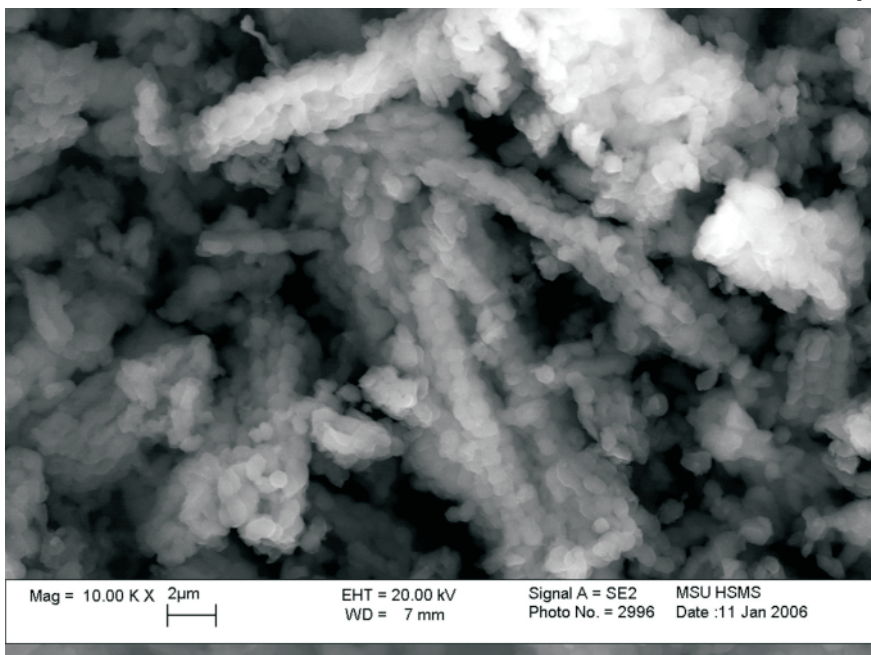


Микроструктура вискеро́в манганита бария, декорированных нанокристаллами  $\text{MnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.

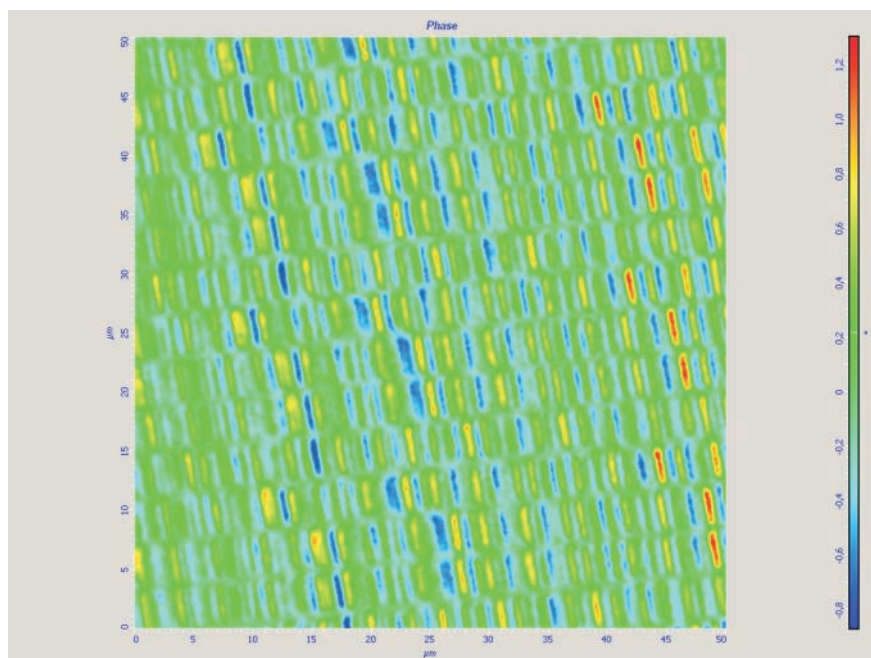
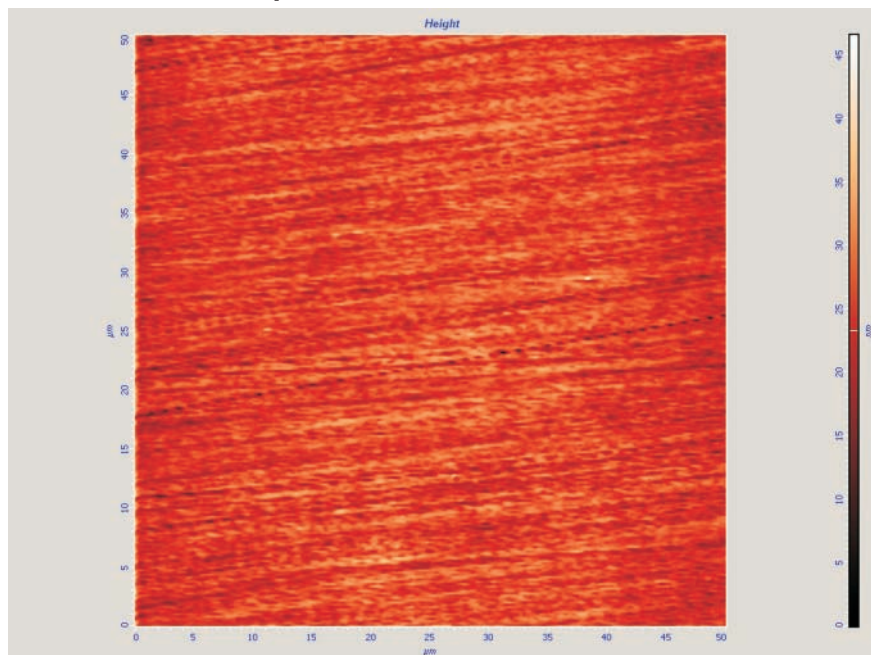
## Кантилевер



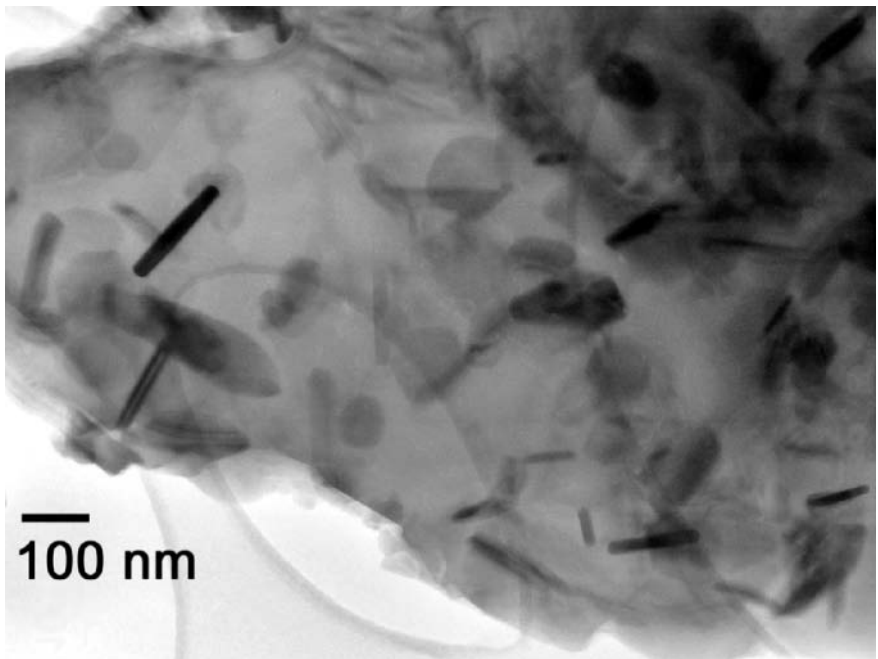
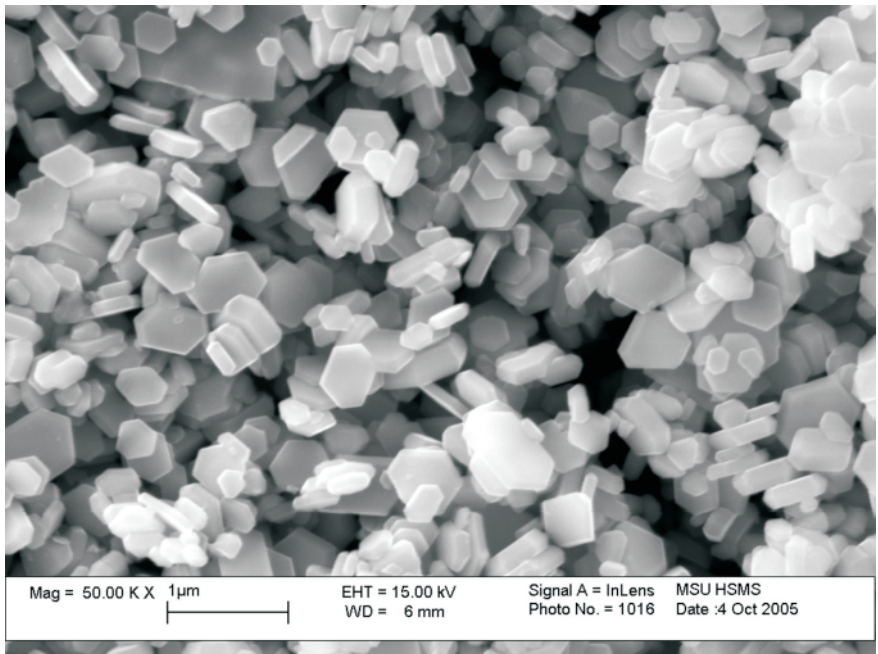
Кантилеверы для атомно-силового микроскопа. Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.



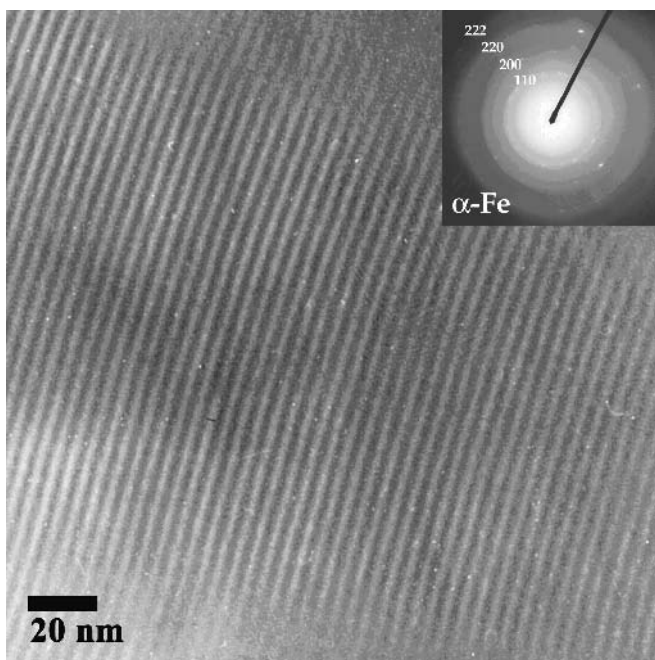
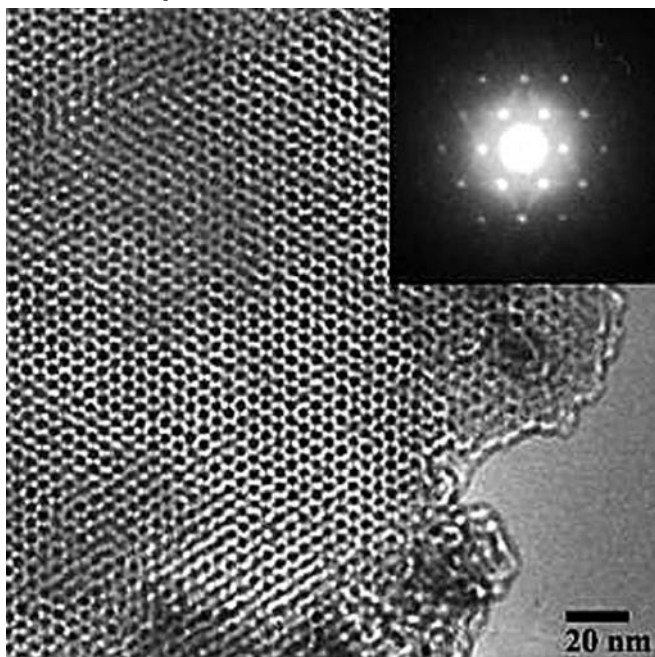
Микроструктура алюмосиликата с наночастицами серебра. Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах (сверху) и ПЭМ (снизу).



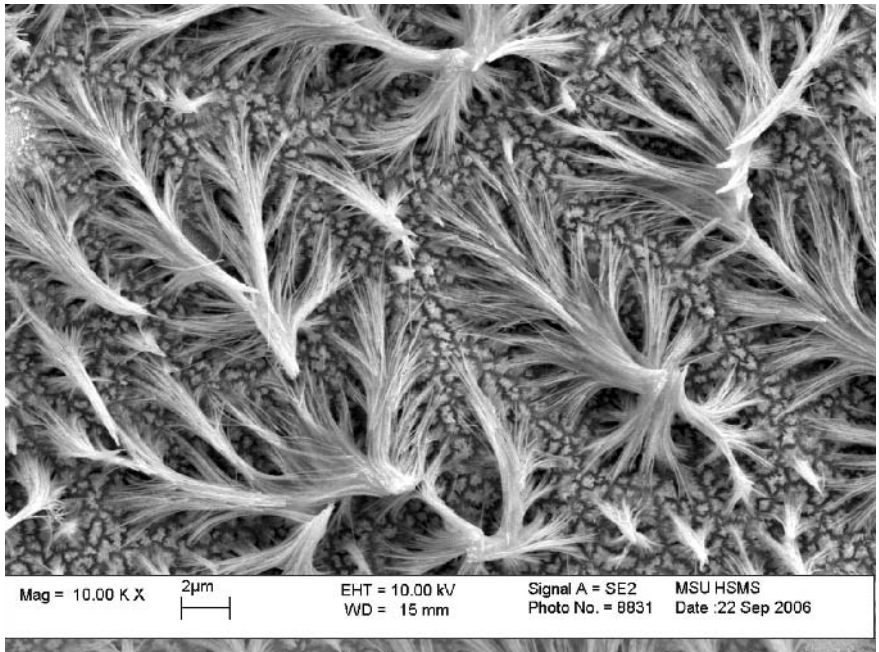
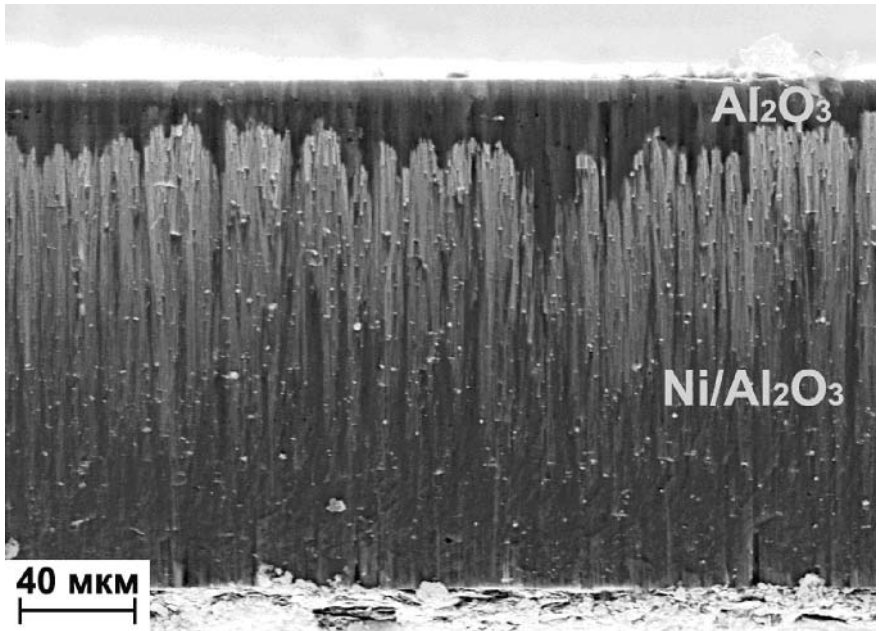
Изображение топографии поверхности рабочей области “жесткого диска” ЭВМ, полученное на АСМ в полуконтактной mode (сверху) и распределение магнитного поля, полученное в режиме магнитно-силовой микроскопии.



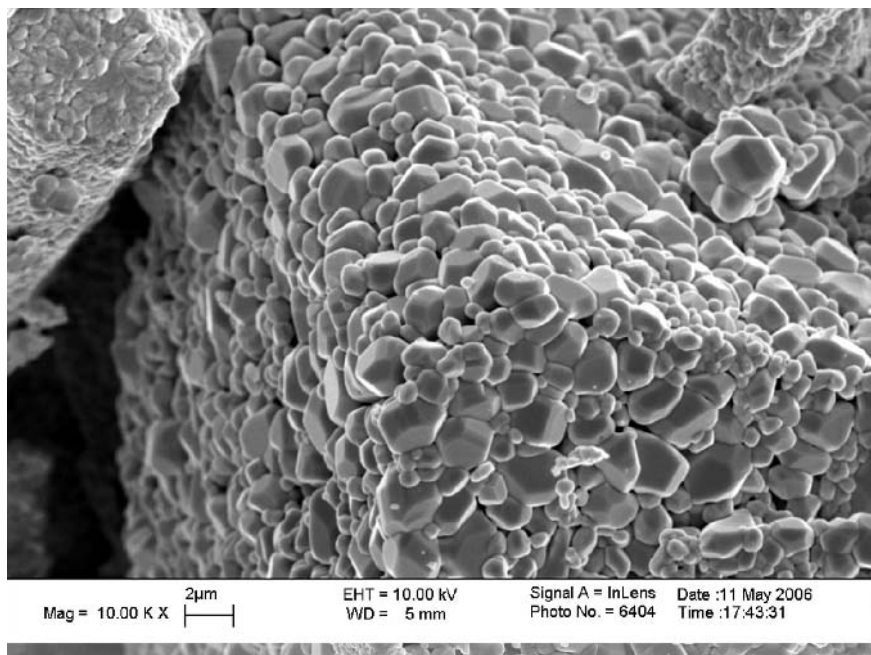
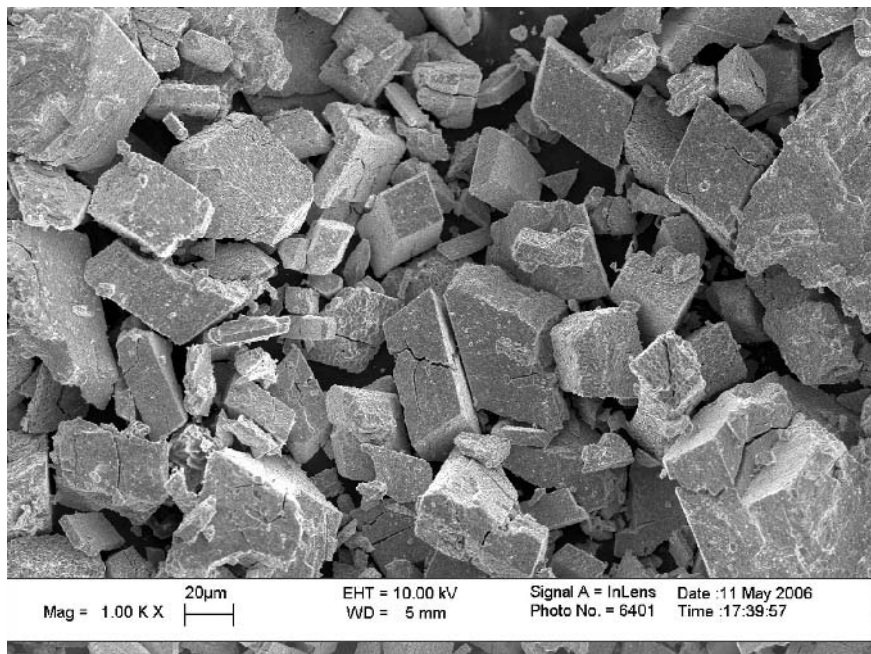
Гексаферрит стронция синтезированный кристаллизацией из боратного стекла. Изображение конечного продукта (сверху) получено с использованием РЭМ во вторичных электронах а промежуточного продукта, композита гексаферрит/стекло (снизу), используя ПЭМ.



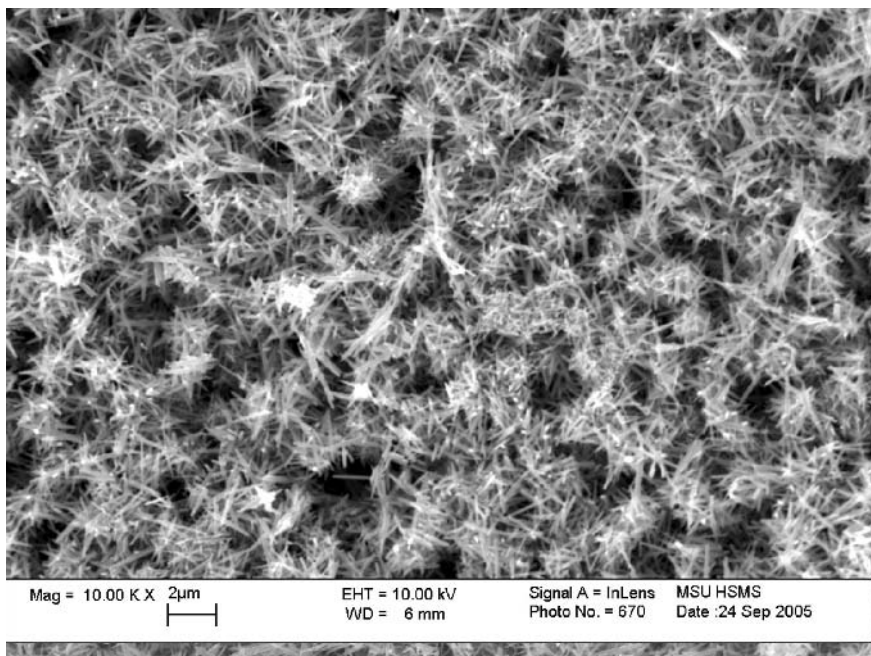
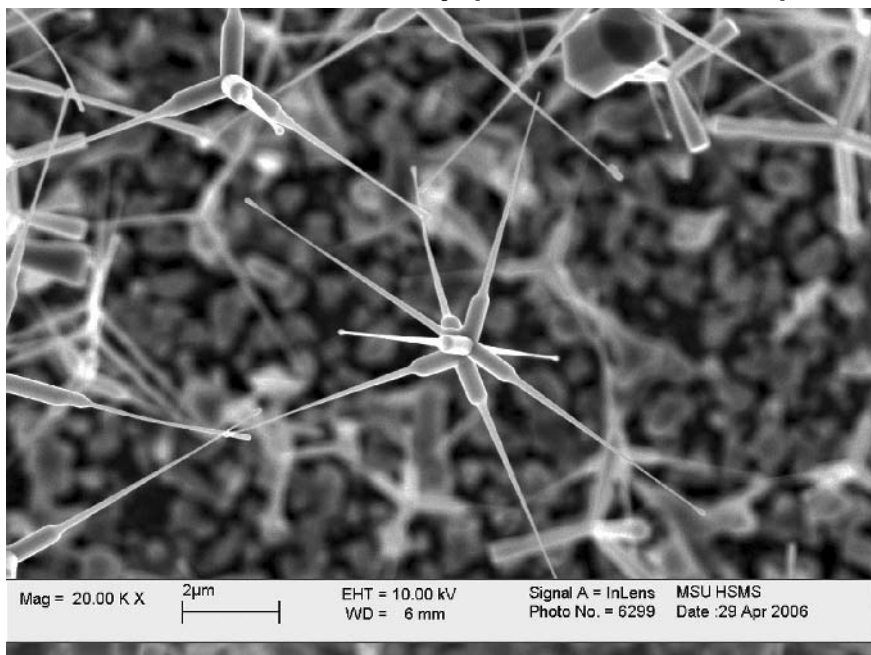
Наночастицы железа, синтезированные в матрице мезопористого алюмосиликата. Изображения получены с использованием ПЭМ.



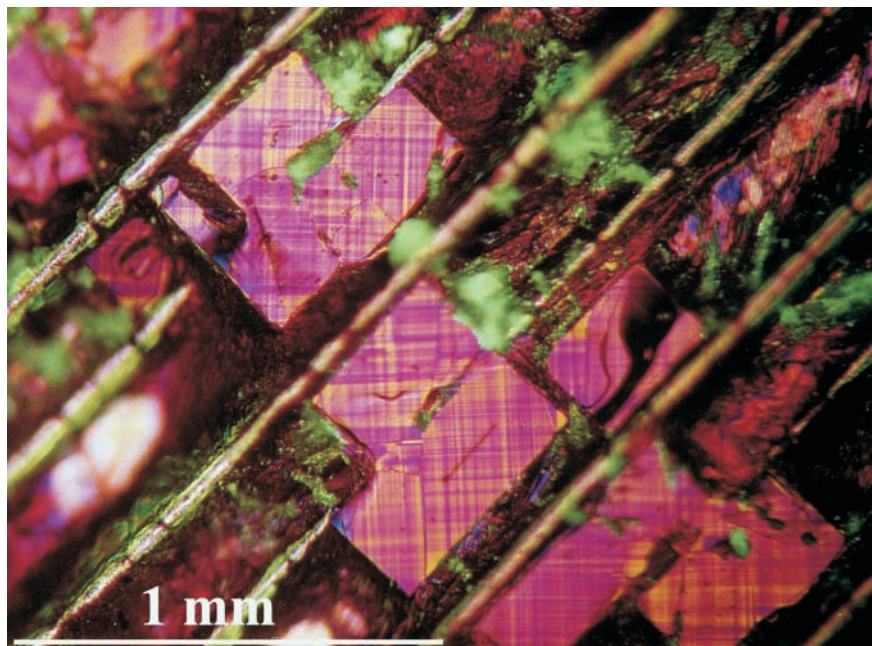
Нити из никеля, осажденного электролитическим способом в порах оксида алюминия, полученного анодным окислением. Изображения композита никель/оксид алюминия (сверху) и нитей никеля (снизу) получены методом РЭМ во вторичных электронах.



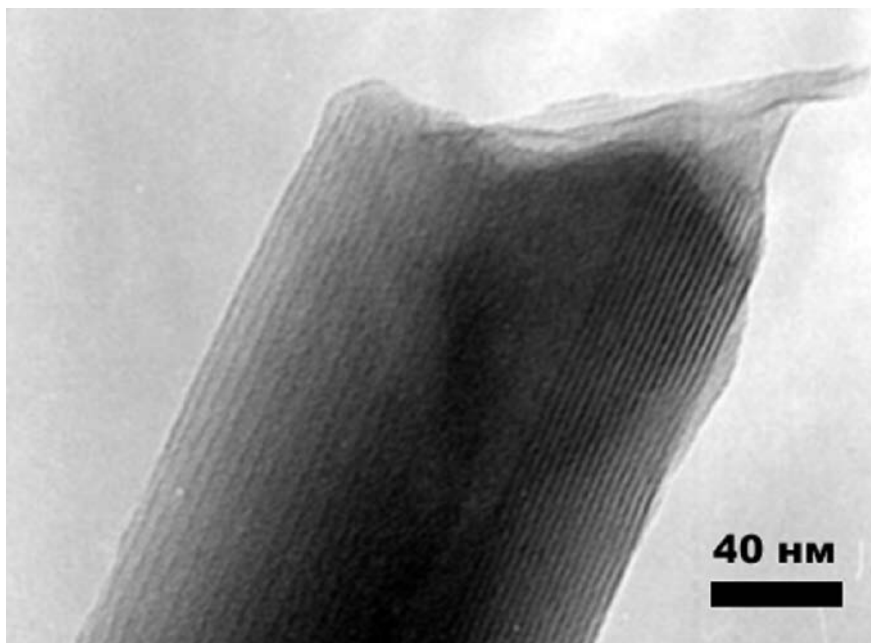
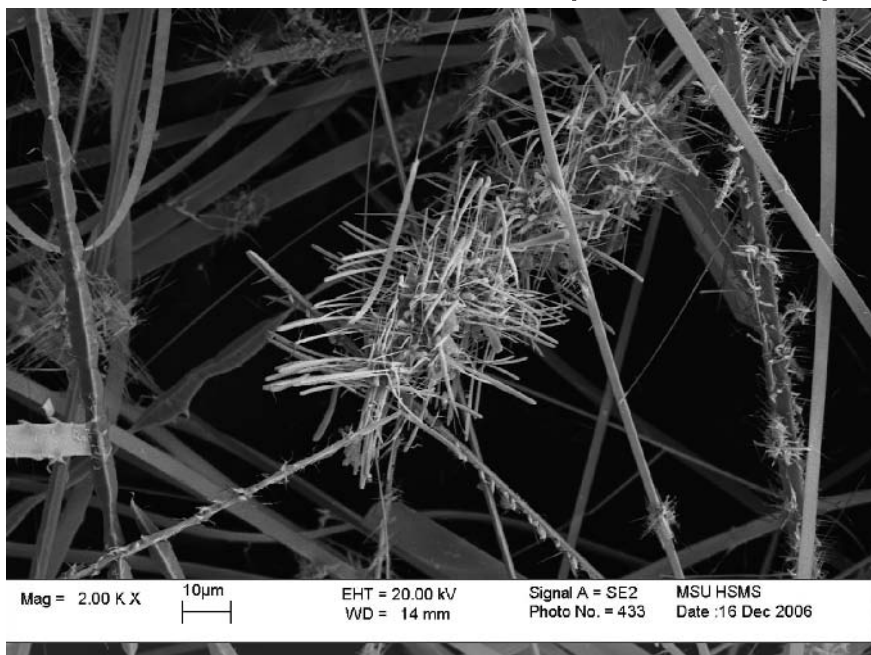
Микроструктура оксида вольфрама, полученного разложением металлорганического прекурсора. Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.



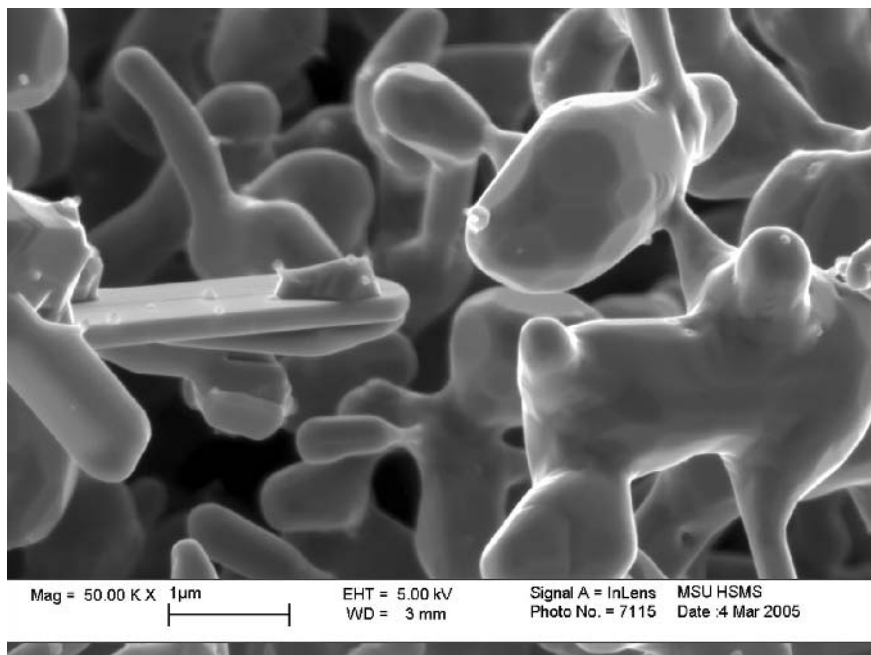
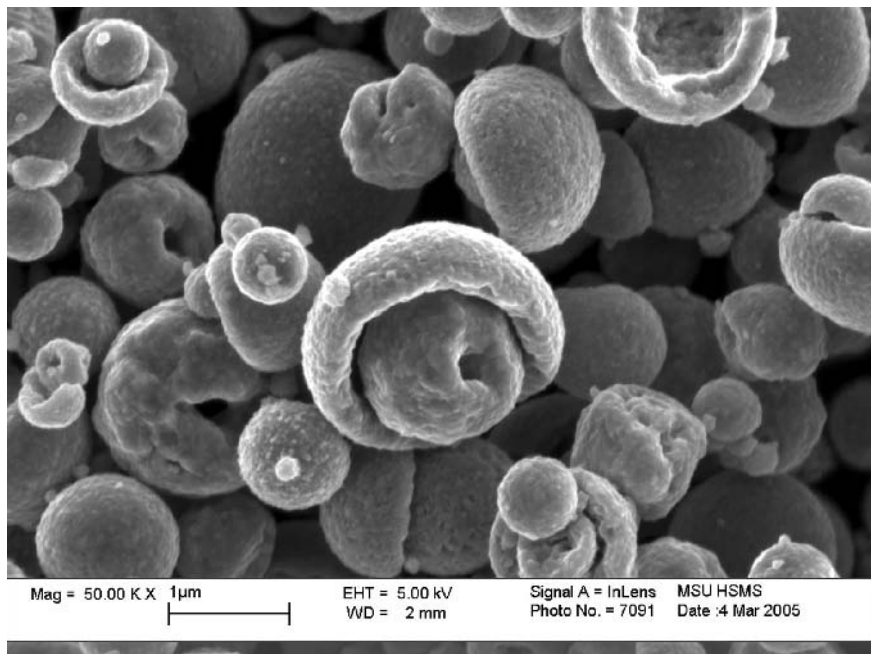
Микроструктура ZnO, синтезированного методом ПЖК (сверху) и с использованием микроволнового излучения (снизу). Изображения получены методом РЭМ во вторичных электронах.



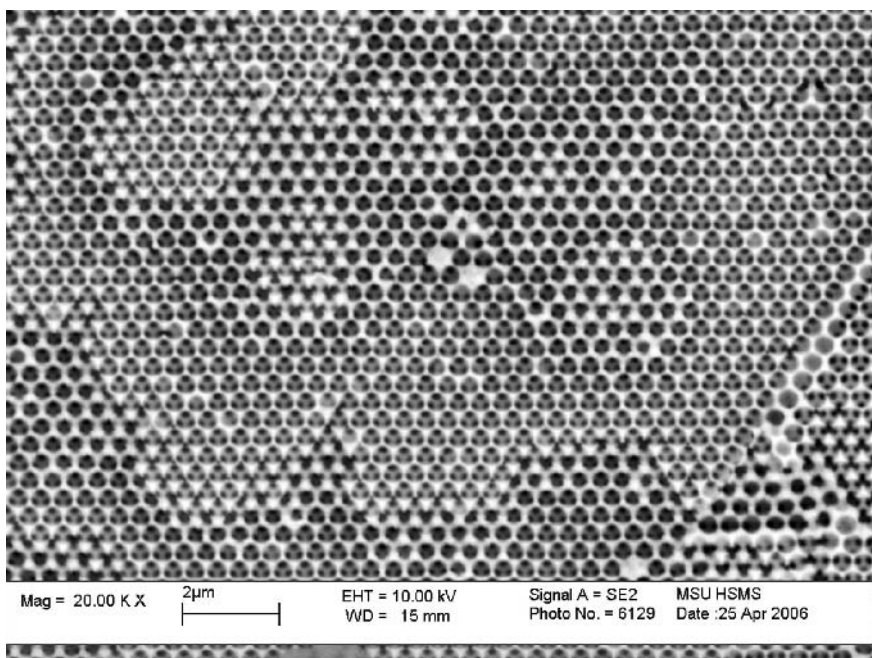
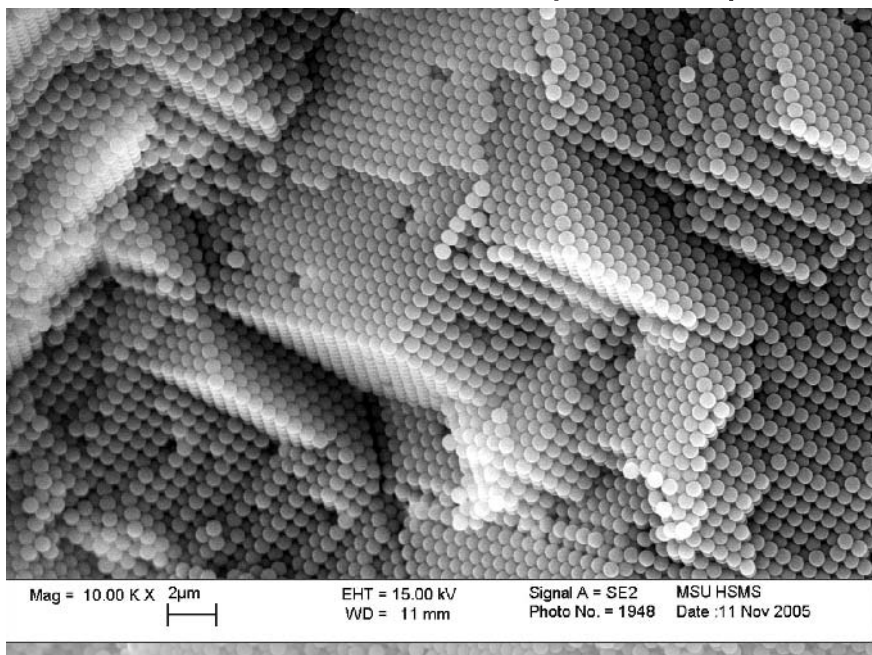
Микроструктура иттрий бариевого купрата, полученного кристаллизацией на текстурированной подложке (сверху) и пенокерамика (снизу). Изображения получены с использованием поляризованного света на оптическом микроскопе.



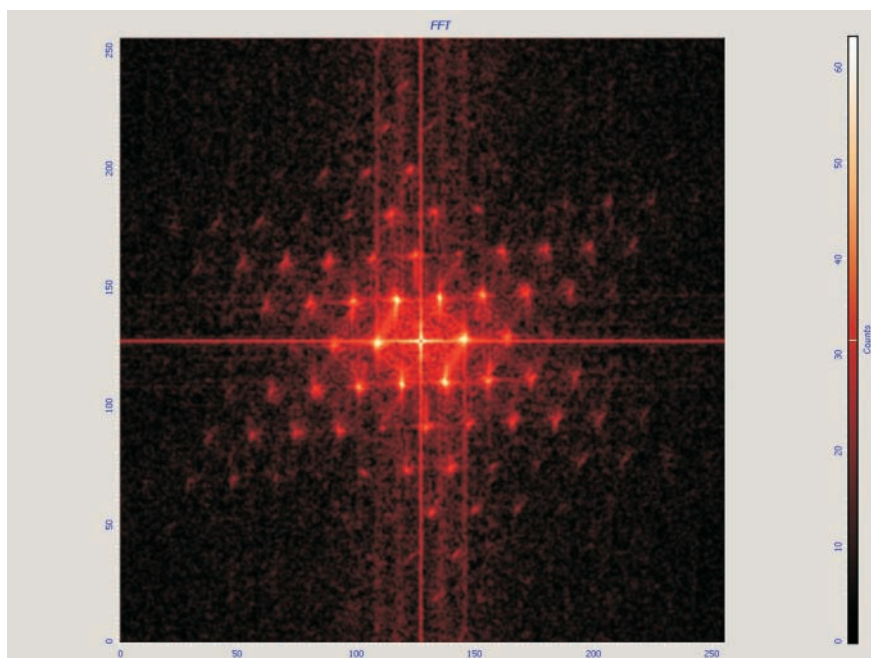
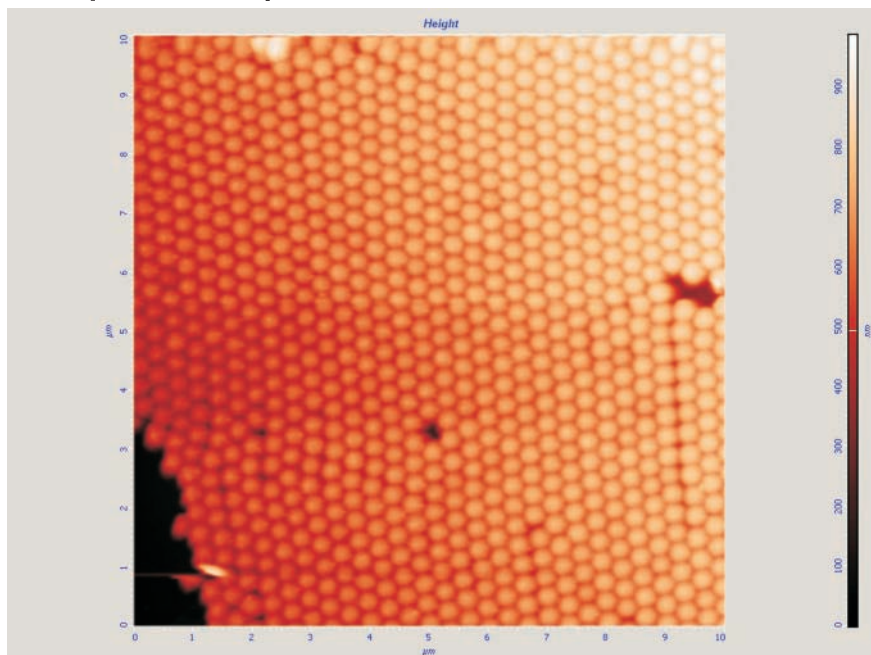
Микроструктура оксида олова (сверху), изображение получено с использованием РЭМ во вторичных электронах и микроструктура нанотрубок оксида ванадия (снизу), изображение получено с использованием ПЭМ.



Прекурсор, синтезированный пиролизом аэрозоля (сверху) и конечный продукт  $\text{CaCuMn}_6\text{O}_{12}$  (снизу). Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.



Фотонный кристалл из шариков полистирола (сверху) и инвертированный фотонный кристалл из Ni (снизу). Изображения получены с использованием РЭМ во вторичных электронах.



Микроструктура фотонного кристалла из шариков полистирола (сверху) и Фурье преобразование (снизу). Изображение получено с использованием АСМ в полуконтактной моде.







