

## ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ V.45.

### НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ И ФУНКЦИЯМИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ВЫСОКОЧИСТЫХ И НАНОМАТЕРИАЛОВ

#### Программа V.45.1. Функциональные материалы твердотельной техники: разработка процессов синтеза материалов и структур с заданными свойствами (координатор акад. Ф. А. Кузнецов)

В Институте неорганической химии им. А. В. Николаева найдено, что фторирование графита при комнатной температуре ведет к образованию оптически прозрачного фторида графита  $C_2F_x$ . Атомы углерода, не вступившие во взаимодействие с фтором, образуют неупорядоченные цепочки и островки в слоях. Определение структуры таких соединений методами рентгеноструктурного анализа не представляется возможным. Изменение стехиометрического состава  $C_2F_x$  ( $x < 1$ ) приводит к изменению симметрии окружения атомов фтора (определено по данным ЯМР) и размера сопряженных областей (определено по данным рентгеновской спектроскопии с угловым разрешением) (рис. 21). Полученный результат демонстрирует возможность создания в двумерных структурах изолированных или связанных областей – нанографенов, представляющих интерес для регулирования оптических, магнитных и сенсорных свойств.

В Институте катализа им. Г. К. Борескова разработаны фундаментальные основы методов синтеза силиказолов с размерами частиц от 150 до 20 нм (рис. 22) и содержанием  $SiO_2$  до 20 мас. %. Методики основаны на реакции гидролиза тетраэтоксисилана в среде этанола

с последующими процессами конденсации/полимеризации и концентрирования. Показано, что размер частиц и стабильность силиказолов зависят от температуры проведения синтеза, соотношения количества исходных реагентов и катализатора, pH реакционной смеси и скорости процесса. Синтезированные силиказоли перспективны в качестве исходных материалов для получения оптических стекол, полировочных материалов, связующих в фармацевтике, адсорбентов, в частности наполнителей хроматографических колонок, сенсорных элементов, носителей катализаторов, изоляционных, теплозащитных и антиотражающих покрытий.

В Омском научном центре методом CVD при каталитическом разложении углеводородов в присутствии частиц металлического (Fe) катализатора получены гибридные материалы на основе макропористого кремния и многослойных углеродных нанотрубок (рис. 23). Материал представляет собой систему распределенных изолированных массивов углеродных нанотрубок, размещенных в макропорах кремния, плотность которых регулируется режимом анодного травления. Полученные структуры перспективны для создания на их основе селективных газовых наносенсоров и катодов.

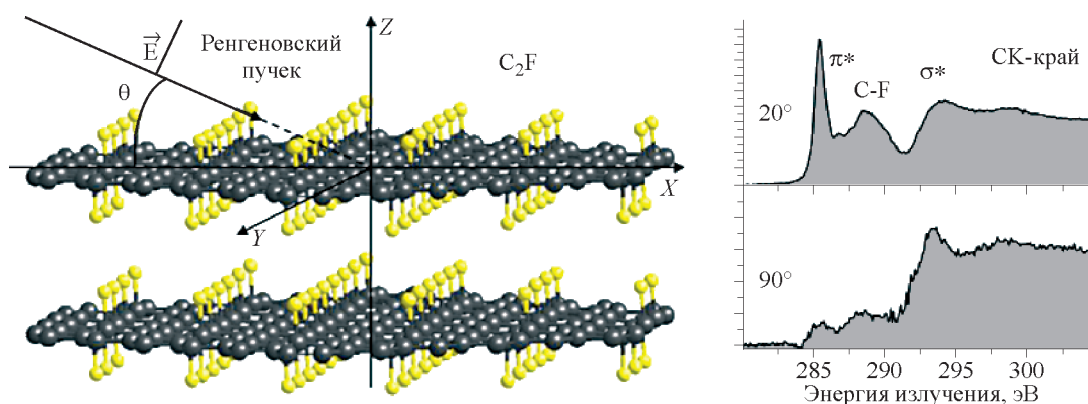


Рис. 21. Данные рентгеновской спектроскопии с угловым разрешением (справа) и основные структурные единицы  $C_2F_x$  (слева;  $x < 1$ ).

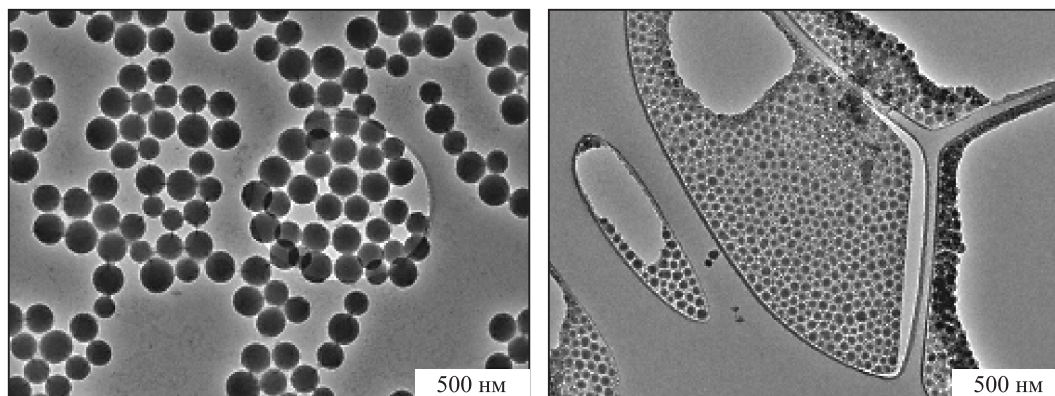


Рис. 22. ПЭМ-изображения силиказолей для полирования деталей электронных устройств (кремниевых пластин).

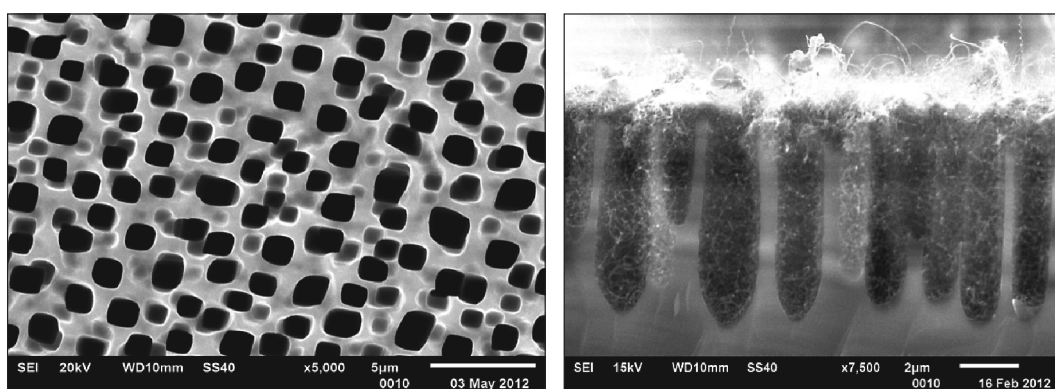


Рис. 23. Распределенные изолированные углеродные нанотрубки в макропорах кремния. Слева – РЭМ-изображение поверхности слоя макропористого кремния, полученного анодным травлением, справа – РЭМ-изображение поперечного среза гибридного материала.

**Программа V.45.2. Химические проблемы создания новых функциональных материалов, наноструктурированных покрытий и композитов для различных областей применения (координатор акад. Н. З. Ляхов)**

В Институте химии твердого тела и механохимии разработаны низкотемпературные способы синтеза германатов циркония и гафния, основанные на методе соосаждения смешанных гидратированных оксидов в виде тонких покрытий на карбидокремниевом волокне. Установлено, что покрытия, полученные из низкоконцентрированных золь, характеризуются высокой степенью однородности. Модифицированные волокна сохраняют высокую прочность и могут эффективно выполнять армирующую функцию в композитах (рис. 24). Полученные результаты важны для разработки компонентов перспективных волокнистых высокотемпературных керамических композитов, предназначенных для летательных аппаратов.

В этом же Институте совместно с Институтом ядерной физики им. Г. И. Будкера под пучком релятивистских электронов ускорителя ИЛУ-6 осуществлен радиационно-термический синтез никель-цинковых и марганец-цинковых ферритов из механически активированных наноксидов. Радиационно-термическое спекание синтезированных ферритовых порошков в радиотехнические изделия позволяет получить гомогенный по составу и размеру зерен продукт (рис. 25), а также дает возможность контролируемого их увеличения до заданных значений, что определяет частотный диапазон их применения. Результаты важны для разработки технологий изготовления радиотехнических изделий микронных размеров.

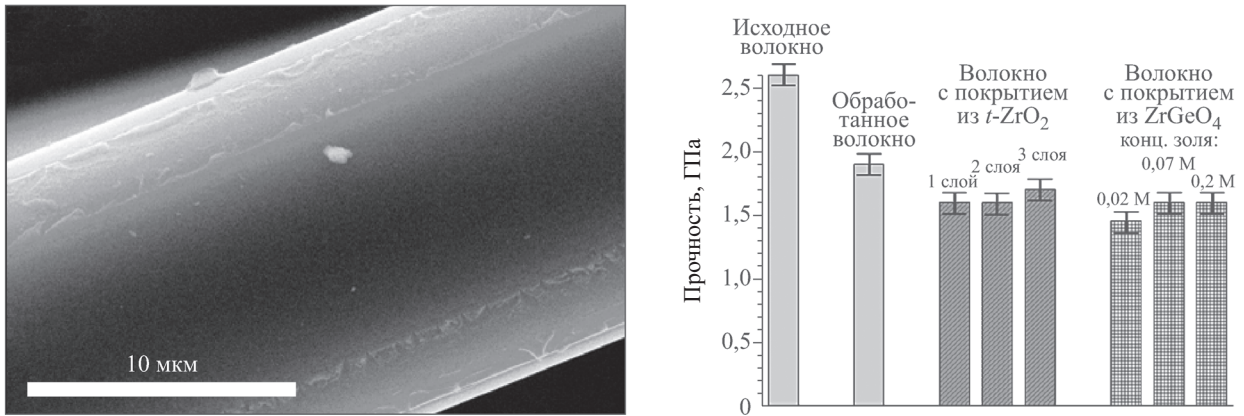


Рис. 24. SiC-волокно с ZrGeO<sub>4</sub> покрытием (слева) и сравнительные прочностные характеристики (справа).

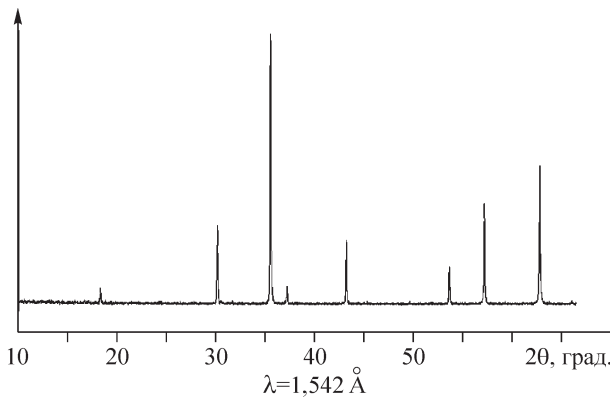


Рис. 25. Прецизионная дифрактометрия шлифа таблетки феррита Ni<sub>0,75</sub>Zn<sub>0,25</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, полученного радиационно-термическим синтезом из наноксидов, характеризующая гомогенный по составу продукт – количество исходных оксидов менее 0,01 %. В ферритах российского производства остатки исходных продуктов достигают 20 %.

ров, а также колебательных контуров высокой добротности.

В Институте проблем нефти и газа установлено, что механоактивация базальтовых микроволокон приводит к повышению удельной поверхности в 4–6 раз (рис. 26), а увеличение шероховатости способствует повышению адгезионного взаимодействия на границе раздела фаз в полимерных композитах с их применением. В зависимости от концентрации наполнителя прочность полимерного композиционного материала возрастает на 15–50 %, относительное удлинение в 1,5–1,8 раза, а скорость изнашивания уменьшается в 475 раз. Выявлена оптимальная концентрация для реализации максимального упрочняющего действия активированных микроволокон: для ПТФЭ – 2–5 мас.%, для СВМПЭ – 5–10 мас.%.

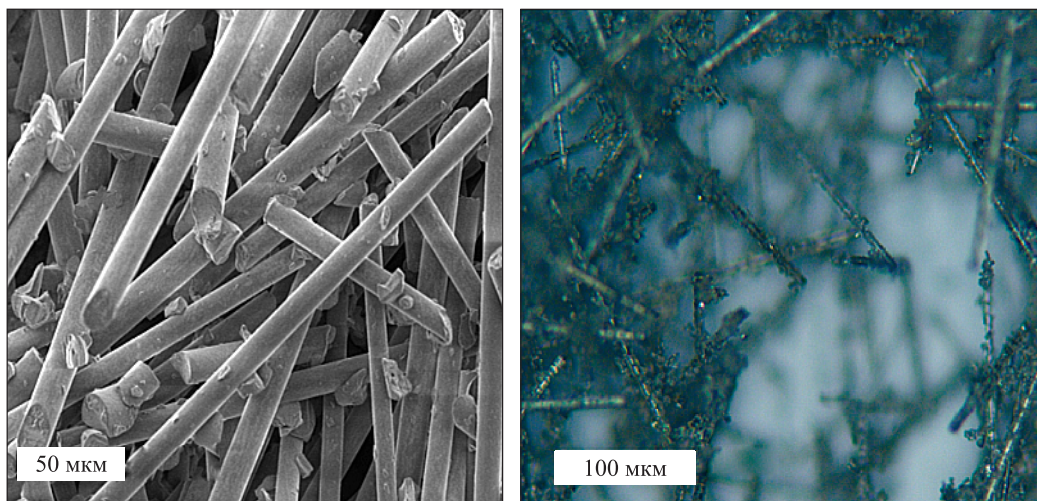


Рис. 26. Микрофотографии базальтового волокна до (слева) и после (справа) активации.