

Нанопибриллы (химия / материаловедение)

(решение задач блока ХИМИЯ / МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, как и других блоков, позволит отобрать ТРЕХ человек на очный тур, набравших при решении задач ЭТОГО блока наибольшее количество баллов. Дополнительно по результатам очного тура эти претенденты будут бороться за специальную номинацию «Нанохимия и наноматериалы». На очный тур будет отобрано также еще 5 человек, набравших наибольшее абсолютное количество баллов, поэтому после решения задач по своей специальности есть полный смысл решать задачи из других блоков.)

При окислении в атмосфере влажного воздуха при температуре 25 – 35 °С на поверхности жидкометаллических сплавов (Hg, Ga, In, Pb или Bi), содержащих Al, образуются нановолокна (фибриллы) диаметром ≈ 5 нм. Состав этих волокнистых продуктов близок к $Al_2O_3 \cdot nH_2O$, где n снижается от ~ 4 до ~ 1 при увеличении температуры взаимодействия. Несмотря на малую плотность, от 0,02 до 0,04 г/см³, и большую открытую пористость, более 98 %, эти наноматериалы можно получить в виде отдельных однородных монолитов (блоков) объемом до нескольких литров.

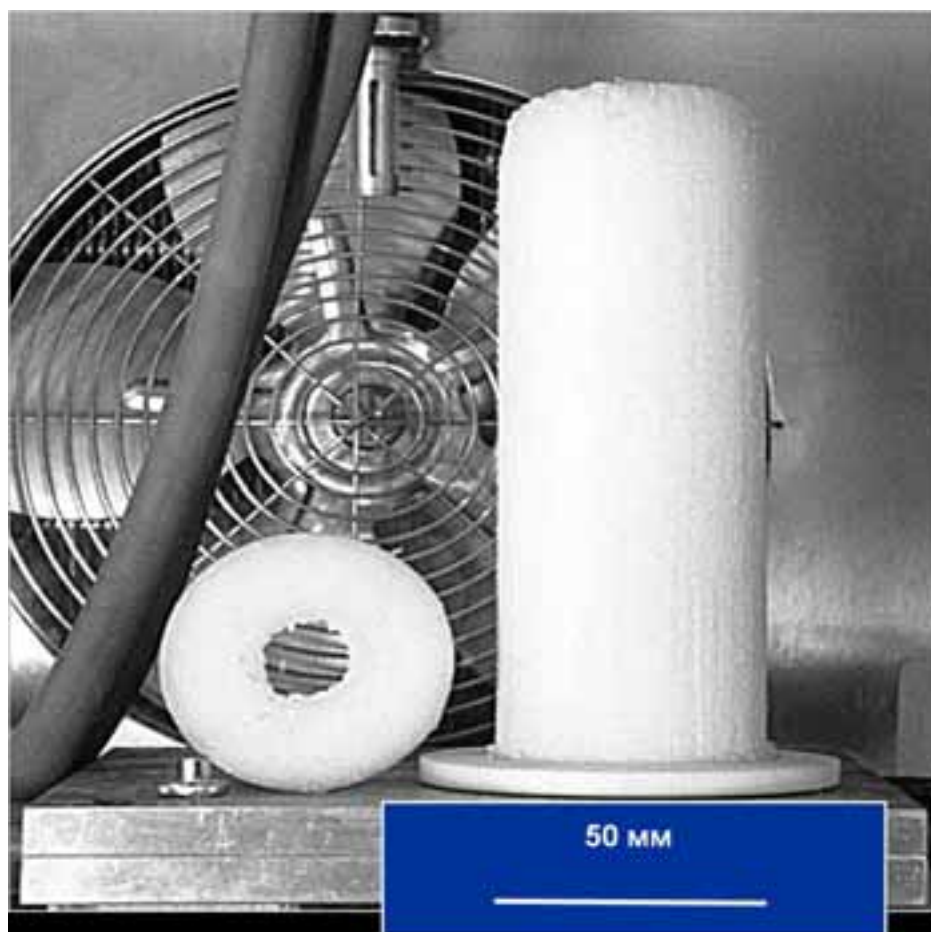
1. Каков возможный механизм формирования рентгеноаморфных нанопибрилл $Al_2O_3 \cdot nH_2O$? (3 балла) Какова роль ртути, галлия и других перечисленных выше компонентов в процессах формирования нанопибрилл (2 балла)? Можно ли аналогичным образом получить нанопибриллы оксида цинка, оксида индия, оксида меди, сульфида цинка (2 балла)?

2. Чем обусловлена структурная устойчивость и хорошая воспроизводимость морфологической особенности нанопибрилл - практически постоянного диаметра ≈ 5 нм (2 балла)?

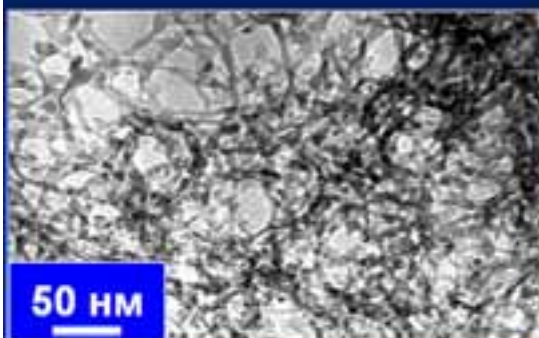
3. Чем может предопределяться структурная самоорганизация продуктов реакции, имеющих на поверхности жидкометаллической фазы аморфное аperiodическое строение, в нанопибриллы (2 балла)? Из каких структурных компонент, нанокластеров, либо "модулей", могут быть сформированы нанопибриллы оксигидроксидов алюминия с определенным диаметром? (1 балл)

4. Где такие материалы могут найти свое практическое использование? (1 балл)

5. Объясните морфологические изменения, происходящие с нанопибриллами, после отжига при температурах 1000 и 1650°С. (3 балла)



Микроструктура и состав ПМОА.



Состав: $\approx \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
или $[\text{Al}(\text{OH})_3]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Плотность: $0,02 \div 0,04 \text{ Г/см}^3$

Удельная поверхность:
 $\approx 300 - 800 \text{ м}^2/\text{Г}$

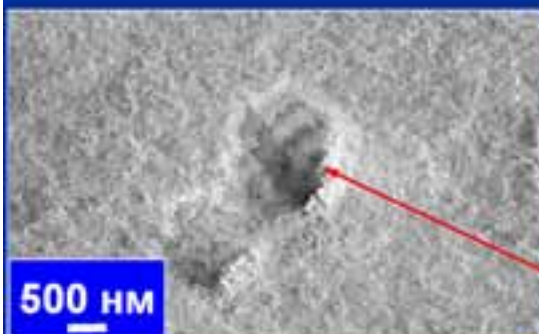
Структура: рентгеноаморфная

Микроструктура:

Фибриллы диаметром $\sim 5 \text{ нм}$.

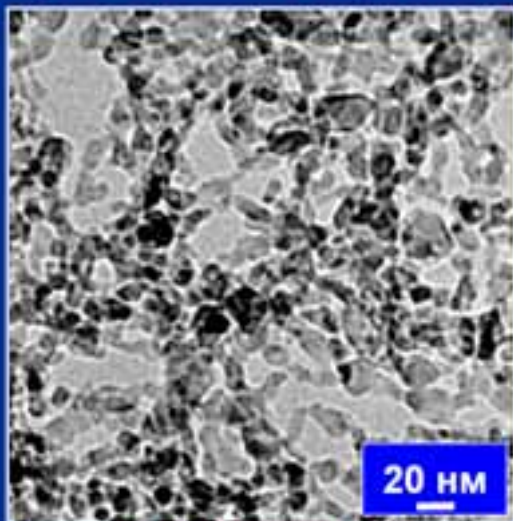
Тип пористости:

микро-, мезо-, и макропоры и каналы, ориентированные в направлении роста

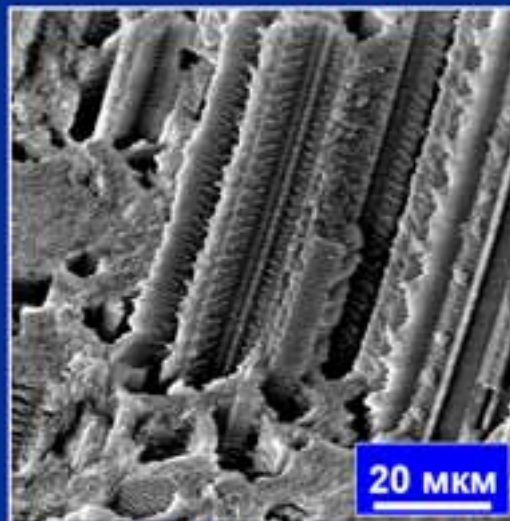


Микроструктура ПМОА после отжига при 1000 °С

При отжиге в течение 4-х часов при 870 °С аморфная структура ПМОА превращается в кристаллическую γ - Al_2O_3 (средний размер зерен ~ 10 нм), при этом плотность возрастает в 2 раза, от ~ 0,025 Г/см³ до ~ 0,05 Г/см³



Изображение ПЭМ



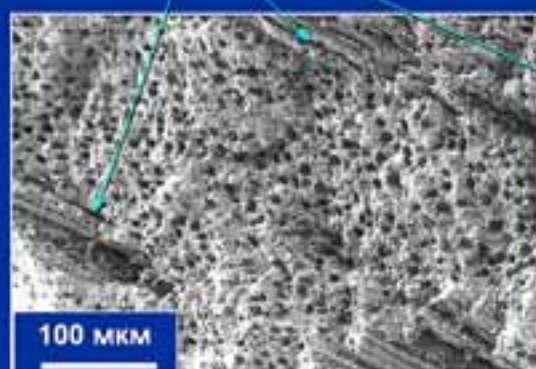
Изображение СЭМ

Изменение структуры ПМОА в процессе высокотемпературного отжига

Отжиг при 1650 °С 4 часа

Каналы

Закрытые поры



Изображения СЭМ