

НАНОНИТИ/ВИСКЕРЫ (Nanowires/Whiskers)

*«Когти кошкины остры.
Выдвигаются мгновенно—
Только ноги уноси!..
А на морде, как антенны,
Установлены усы.»*

Владимир Приходько



«Тоньше, чем волос!» – в обычной жизни эти слова можно услышать о чем-то очень тонком. Но в мире наноматериалов человеческий волос является просто гигантским объектом (рис. 1)! В наном мире есть свои «волосы», а точнее нанонити или вискеры (от англ. слова whisker – ус, волос) – нитевидные кристаллы с диаметром от нескольких нанометров до нескольких микрон и отношением длины к диаметру > 1000 . Для получения таких сильно анизотропных структур разработано много методов, включая *темплатный синтез*, электроспиннинг, литографию и методы кристаллизации. Вискеры характеризуются малым содержанием микроструктурных дефектов, поэтому они обладают рекордно высокой плотностью и их часто используют в качестве упрочняющих волокон. Например, вискеры SiC оказались незаменимы для создания конструкционных композитных материалов с улучшенными механиче-

скими свойствами. Нанонити обладают большой площадью поверхности; кроме того, войлок, состоящий из переплетенных между собой нанонитей (рис. 2), представляет собой уникальный «пушистый» материал, не требующий носителя. Поэтому вискеры перспективны для использования в качестве катализаторов, сорбентов и фильтров. Большинство удивительных применений вискероов основано на их уникальной прочности, гибкости и большой площади поверхности, что в свою очередь является следствием их сильной анизотропии и малого диаметра. «Тоньше, чем вискер!» – вот здесь действительно речь идет о чем-то чрезвычайно тонком!

Одним из наиболее захватывающих процессов образования вискероов и нанонитей является их рост по механизму «пар – жидкость – кристалл» (ПЖК) (рис. 2), который был предложен

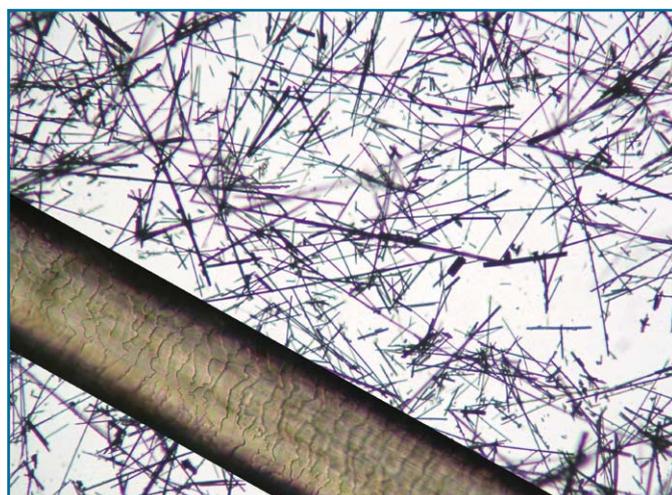


Рис. 1. Изображение человеческого волоса и вискерооо фазы $Ba_6Mn_{24}O_{48}$, полученное на оптическом микроскопе (увеличение 200x) (ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова)

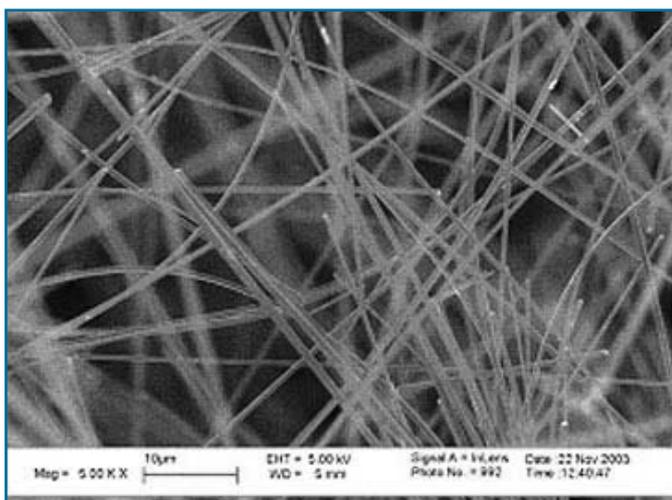


Рис. 2. Изображение вискеров фазы $Ba_6Mn_{24}O_{48}$, полученное на сканирующем электронном микроскопе (ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова)

в 1964 году Р. Вагнером для объяснения экспериментальных данных, полученных при росте вискеров кремния. При этом в систему намеренно вводят иницилирующее вещество (иногда его называют катализатором, хотя это не совсем верно), которое способствует росту кристалла в одном направлении, ограничивая его в других, что придает кристаллу определенную ориентацию. Во время роста это вещество образует жидкую фазу в виде мельчайших капель. Сначала частицы растущего вещества испаряются, затем диффундируют и растворяются в капле жидкой фазы. При насыщении ростовые частицы в капле жидко-

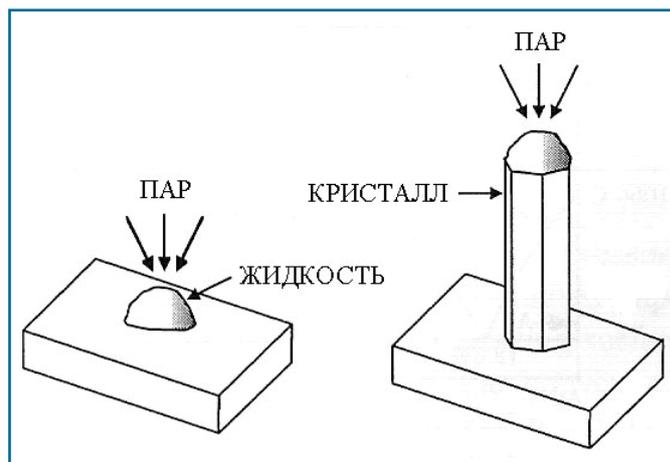


Рис. 3. Схематическое представление основных этапов роста кристаллов по механизму «пар – жидкость – кристалл»: а – начальное зародышеобразование, б – продолжающийся рост

сти осаждаются на границе между подложкой и жидкостью. После осаждения происходит зародышеобразование и впоследствии начинается рост кристалла. Дальнейшее осаждение и рост приведут к разделению подложки и капли жидкой фазы таким образом, что капля окажется на вершине растущего кристалла, что в результате приводит к росту вискеров.

Аналогичный механизм роста справедлив и для процессов получения углеродных и неуглеродных «нанотрубок», только вместо капли роль инициатора играют наночастицы металла.

Литература:

1. Гиваргизов Е.И. Кристаллические вискеры и наноострия // Природа. 2003. № 11.