

Наноразнообразие

Сделано по
технологиям
Принца

Проблема создания и исследования наноструктур с контролируемыми размерами и заданными свойствами входит в число важнейших проблем нашего времени. Ее решение должно привести к революционным изменениям в нанoeлектронике, наномеханике, биологии, медицине, материаловедении и других областях науки

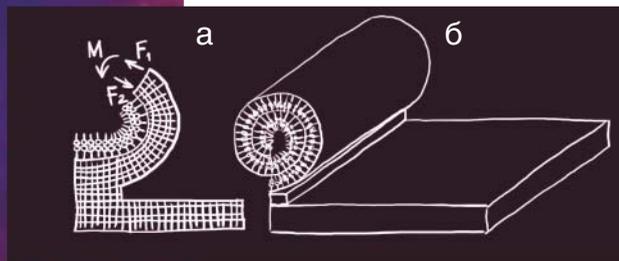
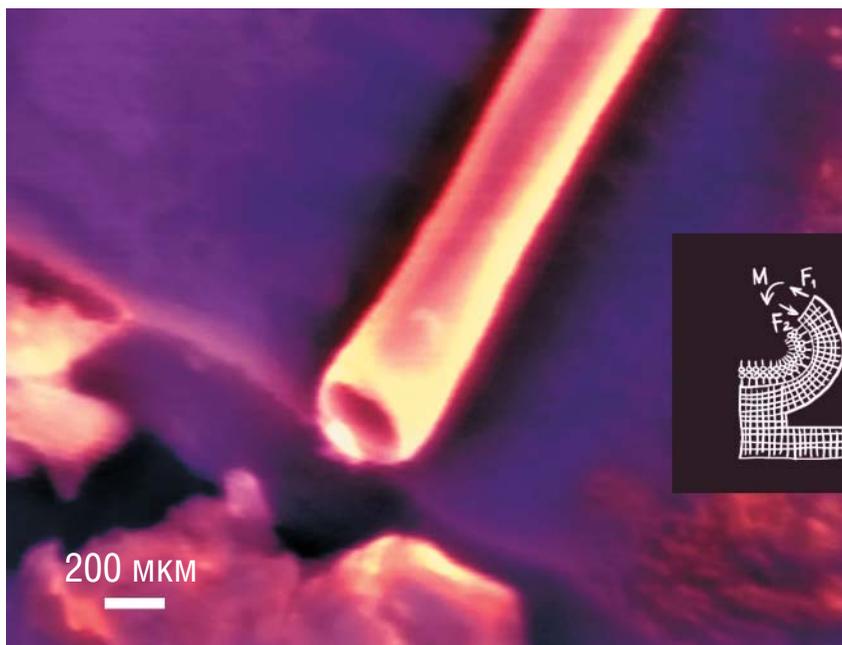
В Институте физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН исследовательская группа под руководством д. ф.-м. н. В. Я. Принца разработала оригинальную прецизионную технологию создания трехмерных наноструктур и наносистем, которая обеспечивает молекулярную точность изготовления полупроводниковых, металлических и гибридных наноструктур.

Схема процесса формирования гибридных нанотрубок:

а — освобождение от связи с подложкой и изгиб исходной гибридной пленки Легмюра-Блоджетт/InAs/GaAs;

б — самосворачивание пленки в рулон.

Расстояние между витками рулона точно задается толщиной пленки Легмюра-Блоджетт



Металлическая Au/Ti нанотрубка длиной 10 см и диаметром 200 нм

Растим в вакууме

Технической основой новой технологии стал процесс *молекулярно-лучевой эпитаксии* — контролируемого послойного осаждения атомов в сверхвысоком вакууме. Этот процесс позволяет с высочайшей, атомарной точностью, монослой за монослоем, выращивать сложные однородные по площади гетероструктуры из самых различных веществ.

Сами нанобъекты формируются на следующем этапе с помощью селективного травления в этой гетероструктуре, напоминающей «сэндвич», специально созданного так называемого жертвенного слоя. После его удаления тонкая двухслойная пленка под действием упругих сил начинает скручиваться в нанотрубку.

Данным способом можно получать нанооболочки самых различных форм: трубки, спирали, кольца, полусферы и периодические наноффрированные структуры. Разработчики технологии считают, что только с ее помощью можно изготовить такое разнообразие нанообъектов определенной атомарной структуры.

К настоящему времени получены нанотрубки из полупроводниковых материалов, использующиеся для изучения свойств двумерного электронного газа на цилиндрических поверхностях; трубки микронного диаметра для использования в качестве микро- и наносприцев в клеточной биологии и медицине. А термоанометры на основе трубок со стенками нанометровой толщины по сравнению с традиционными датчиками газовых потоков обладают большей чувствительностью при измерении пульсаций скоростей в турбулентных потоках, а также большим быстродействием.

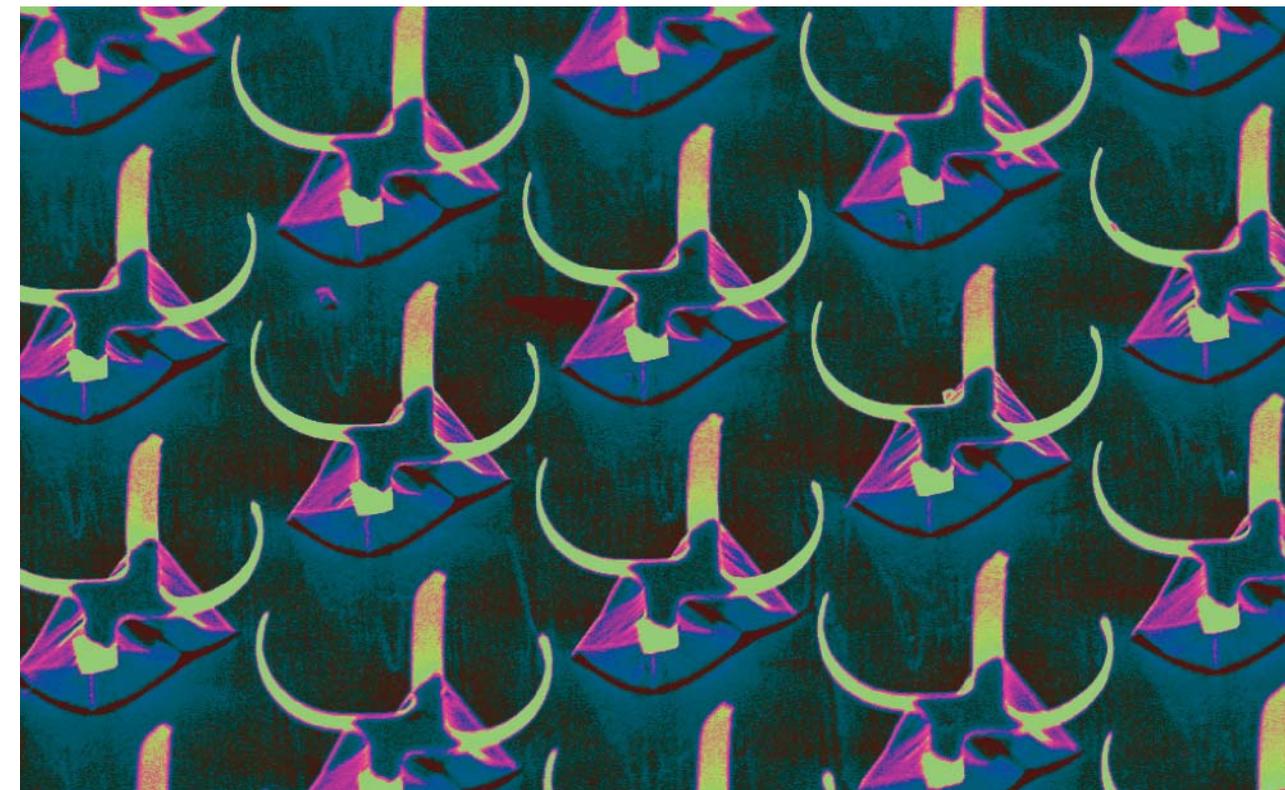
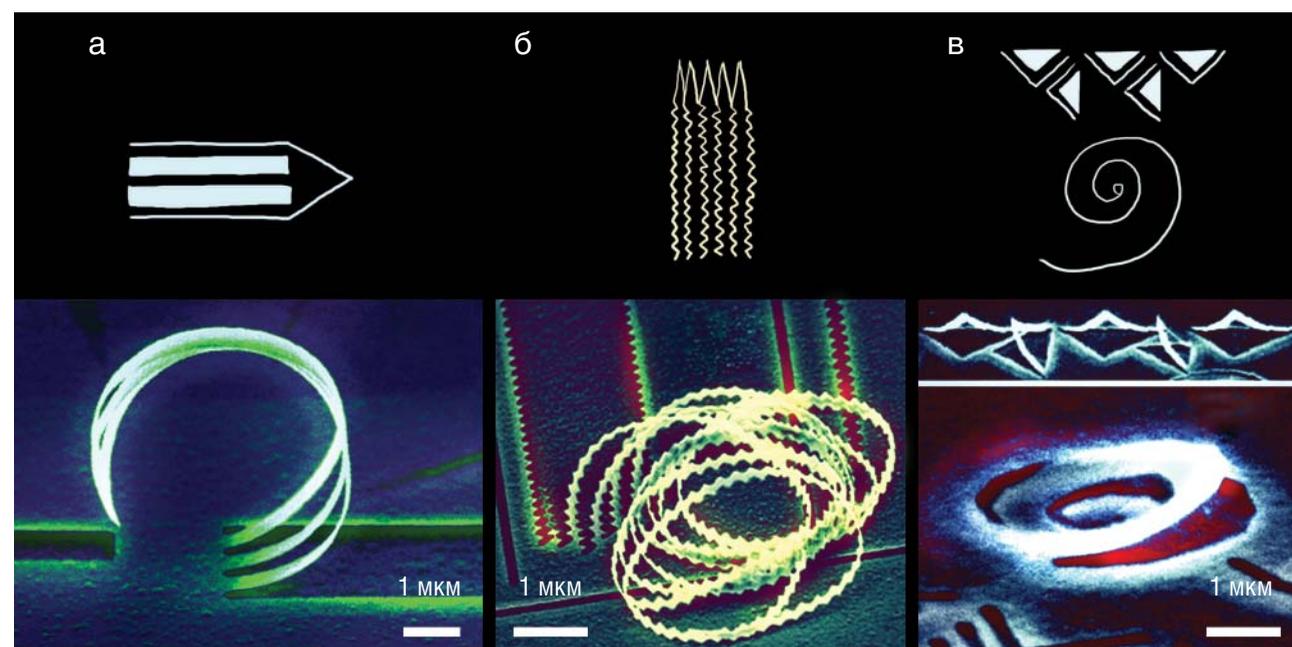
На пути к шапке-невидимке

Высокое качество выращенных гетероструктур позволяет получать изогнутые и свернутые наноструктуры — оболочки длиной до нескольких сантиметров с атомно гладкими, однородными по толщине стенками. Метод формирования изогнутых и свернутых гетероструктур хорошо стыкуется с технологией изготовления интегральных схем. Более того, с помощью методов управляемого направленного изгиба и сворачивания, которые разработаны в институте, можно создать на одной подложке одновременно множество объектов самых различных конфигураций, а также осуществить сборку трехмерных конструкций, используя взаимодействие между сворачивающимися объектами.

Для этого с помощью молекулярно-лучевой эпитаксии выращиваются многослойные структуры, включающие несколько бислоев, разделенных жертвенными слоями. Травление этих слоев позволяет создавать периодические массивы связанных трехмерных структур, заполняющих всю поверхность подложки. По-

Трехмерные SiGe оболочки, сформированные из 15 нм пленок, структурированных с помощью электронной литографии:

- а — изогнутые полоски-кантилеверы;
- б — зубчатые полоски, свернутые в моток;
- в — изогнутая спираль Архимеда и массив иголок



Периодический массив трехмерных оболочек, изготовленных из InGaAs/GaAs

добные микро- и наноструктуры представляют собой основу для создания принципиально новых двумерных и трехмерных *киральных* (оптически активных) материалов.

Английские и американские ученые в 2006 г. продемонстрировали для гигагерцевого излучения отрицательный коэффициент и невидимость объектов, помещенных за таким метаматериалом. В институте на основе массива подобных нанооболочек впервые была создана искусственная оптически активная среда для терагерцевого излучения; ведется разработка материалов с отрицательным коэффициентом преломления, необходимых для создания экранов-невидимок, линз и других уникальных приборов. Авторы технологии считают, что их методика позволит перейти к более коротким длинам волн, вплоть до оптических.

Это прямой путь к осуществлению заветной мечты человечества о шапке-невидимке. И ждать, похоже, осталось не так уж долго: сейчас по технологии, впервые разработанной в Новосибирском академгородке, работает более двадцати ведущих научных институтов мира.

К сожалению, на Земле практически невозможно создать условия для получения особо чистых, высокосоввершенных и однородных по площади многослойных гетероструктур. Принципиальным технологическим прорывом в создании более совершенных нанобъектов для установок молекулярно-лучевой эпитаксии может стать вывод этих установок в открытый космос.

Глубокий вакуум, образующийся вблизи орбитальных станций при использовании эффекта «молекулярного экрана», позволит существенно улучшить качество получаемых наноструктур. Идея о выводе в космос подобных технологических установок, до сих пор относящаяся к разряду фантастических, в ближайшем будущем имеет все шансы стать реальностью.

Подробнее на: <https://scfh.ru/> в разделе «Физико-технические науки»