

## **Исследование самоорганизации атомов и молекул на поверхности кремния и германия с помощью сканирующей туннельной микроскопии**

А.А. Саранин

*Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, 690041  
saranin@iacp.dvo.ru*

Среди различных подходов последние годы все большее внимание исследователей привлекает создания наноструктур из отдельных атомов и молекул (так называемая технология «снизу вверх») с использованием механизмов самоорганизации. В докладе будут представлены возможности сканирующей туннельной микроскопии для исследования топографии поверхности, ее состава, атомной и локальной электронной структуры. При этом основное внимание будет уделено количественным аспектам методов и точности измерений.

### **Study of the self-organization of atoms and molecules on the surface of silicon and germanium by means of scanning tunneling microscopy**

A.A. Saranin

*Institute of Automation and Control Processes FEB RAS, Vladivostok, 690041*

Among the various approaches in recent years, much attention of researchers has been attracted to the creation of nanostructures from individual atoms and molecules (the so-called bottom-up technology) using self-organization mechanisms. The report will present the possibilities of scanning tunneling microscopy for studying the topography of a surface, its composition, atomic and local electronic structure. The main attention will be paid to the quantitative aspects of the methods and accuracy of measurements.

Основные принципы подхода «снизу вверх»: 1) формирование наноструктур проводится в условиях сверхвысокого вакуума ( $\sim 10^{-10}$  Тор); 2) «строительной площадкой» для формирования наноструктур служат атомарно-чистые поверхности кристаллов; 3) в качестве материала для строительства наноструктур используются сверхтонкие слои адсорбатов толщиной от долей до единиц атомных слоев; 4) методом формирования наноструктур является атомная или молекулярная самосборка (самоорганизация).

Основой понимания процессов роста, атомного строения и взаимодействия атомов на поверхности твердого тела является физика поверхности, которая в ее современном понимании родилась в 1960-х годах. Свойства поверхности твердого тела задаются несколькими верхними слоями атомов, поэтому задача определения их атомного строения, электронной структуры, химического состава и элементарных процессов на поверхности очень важна для контролируемого создания заданных структур.

В физике поверхности существует целый арсенал аналитических методов. Однако, подавляющее большинство этих методов, основанных на явлениях дифракции или рассеяния, дают информацию, усредненную по значительной области поверхности, 1 мкм – 1 мм, что в значительной степени затрудняет контроль формирования наноструктур с атомной точностью. Ситуация заметно улучшилась с начала 1990-х годов, благодаря усилиям Герда Биннига и Генриха Рорера, которые привели к созданию сканирующего туннельного микроскопа (СТМ). Этот прибор позволяет рассматривать одиночные атомы вещества и обладает уникальными возможностями для анализа наноструктур.

Изображение, полученное с помощью СТМ, является результатом взаимодействия иглы и поверхности образца, и характеризует не столько положение атомов, сколько локальную плотность электронных состояний. В связи с этим для интерпретации экспериментальных данных оказывается крайне полезным использование теоретических расчетов из первых принципов. СТМ предоставляет уникальные возможности для исследования элементарных процессов на поверхности твердого тела.