

## ЯПОНИЯ УКРЕПЛЯЕТ СВОЕ ЛИДЕРСТВО В НАНОТЕХНОЛОГИИ

И. С. Байков

Всероссийский научно-исследовательский институт межотраслевой информации, Москва, Россия

Дан краткий обзор основных проектов по созданию наноструктур в Японии.

Несмотря на общий спад ассигнований на научные исследования в Японии, квантовая наука и технология являются тем исключением, где продолжается чрезвычайно быстрый рост исследований и применений наноструктур. В основе этого лежат две причины: профессионализм японцев в создании приборов и успехи в их коммерческом использовании.

Последние годы ознаменовались значительным прогрессом в развитии серии нанотехнологий, позволяющих собирать структуры буквально из отдельных атомов. Эти методы открыли не только новые горизонты для фундаментальной физики и химии, но и позволили создать удивительные квантово-размерные структуры [1—4]: квантовые проволоки и точки; фотонные решетки, открывающие весьма перспективные применения в электронике и оптике, цифровой вычислительной технике и связи.

Значение квантовых приборов далеко выходит за рамки их возможных практических применений. Впервые появилась возможность воспроизводить структуру материи на атомном уровне, создавать уникальные материалы и устройства с заранее заданными свойствами, что имеет исключительное значение для всех отраслей науки и техники.

В настоящее время для создания наноструктур, как правило, используют традиционные технологии: электронно-лучевую литографию, химическое осаждение из газовой фазы металлоорганических соединений (MOCVD), молекулярно-лучевую эпитаксию (MBE). Новые технологии, позволяющие осуществлять контроль на атомном уровне (структурная эпитаксия, молекулярная самосборка), еще только зарождаются.

В большинстве стран технологии выращивания тонких пленок для приборов с квантовым запираем (технологии MBE, MOCVD и др.) остаются пока прерогативами научных лабораторий. Но в Японии фирмы Fujitsu и Sony поставили их уже на промышленные линии, организовав, например, выпуск квантовых лазерных диодов для проигрывателей компакт-дисков и транзисторов с высокой подвижностью токоносителей для космической аппаратуры.

Опираясь на эти успехи, Министерство внешней торговли и промышленности (MITI) Японии в начале сентября 1994 г. увеличило более чем вдвое правительственные фонды на поддержку проекта Angstrom Technology Partnership (ATR) — с 10 млн. дол. США до 22,4 в следующем году.

Министерство образования, науки и культуры (MESC), Департамент науки и технологии (STA), Научно-техническая корпорация Японии (JRDC) и частный сектор также активно поддерживают работы по наноструктурам для электроники и фотоники.

ATR-проект начал осуществляться с апреля 1993 г. и рассчитан на 10 лет с общей стоимостью 250 млн. дол. Этот проект отличается от предыдущих крупномасштабных инициатив MITI тем, что в нем задействованы многие ученые из университетов Японии, а в числе 30 участвующих фирм имеется пять компаний из США и одна из Южной Кореи (Самсунг Электроникс). Дополнительные ассигнования MITI будут направлены на оплату нового оборудования для Объединенного научного центра по атомным технологиям (Цукуба). В состав оборудования будут включены два суперкомпьютера: один со стандартным векторным процессором фирмы Fujitsu, а другой — массивно-параллельный CM5E производства Thinking Machines (США).

В настоящее время большая часть усилий по наноструктурам направлена на фундаментальные исследования, а не на прикладные.

Продолжается поиск способов локализации электронов и фотонов в приборах с одним или нулевым измерением (квантовые проволоки, точки). Отрабатываются технологии, позволяющие создавать структуры с размерами менее 10 нм, при которых проявляются квантовые эффекты.

В Токийском Университете получены квантовые проволоки на основе GaAs шириной менее 10 нм и квантовые точки размером менее 7 нм. Ставится цель создания одноэлектронных приборов. В настоящее время эти работы финансируются в рамках Quantum Coherence Electronics проекта (1994—1997 гг.).

Три крупных проекта по наноструктурам финансирует JRDC: Quantum Transition проект (1994—1998 гг.) Токийского Университета и Центра квантово-размерных электронных структур (QUEST) Калифорнийского Университета; японо-британский Atom Arrangement-Design & Control for New Materials (1989—1994 гг.) проект стоимостью 5 млн. фунтов UK и Quantum Fluctuation проект (1994—1999 гг.) стоимостью 17 млн. дол. США с участием Nippon T & T и Стенфордского Университета (Калифорния).

MITI финансирует Quantum Functional Devices проект (1991—2000 гг.) по разработке резонансных туннельных транзисторов для приборов с ультравысокой плотностью информации (десятки гигабайт/см<sup>2</sup> и выше). При такой плотности можно записать содержание всех газет за 100 лет на монете диаметром 21 мкм. Среди исполнителей проекта — фирмы Fujitsu, Hitachi, Matsushita, NEC, Sony, а

также Motorola (США) — единственная неамериканская компания, которая все еще занимает активные позиции в разработке квантовых приборов. К сожалению, такие фирмы, как IBM и Bellcore в США и Филипс в Европе утратили свои лидирующие позиции в области разработки квантовых приборов, распустив специализированные группы по их разработке. Японские компании, наоборот, расширяют работы в этом направлении, перемещая центр тяжести от фундаментальных исследований к прикладным. Новая инициатива MITI получила активную поддержку промышленных фирм Японии, которым сейчас трудно проводить собственные фундаментальные исследования в условиях экономической депрессии.

## Литература

1. *Weisbuch C. & Vinter G. Quantum Semiconductor Structure, Academic. — Boston, MA, 1991.*
2. *Arakava Y. et al. Semicond.//Sci. & Techn. 1993. V. 8. P. 1082.*
3. *Ahopello J. et al.//Appl. Phys. Lett. 1994. V. 64. P. 499.*
4. *Gourley P. L. et al.//Ibid. P. 687.*

## JAPAN ENHANCES IN THE LEAD IN NANOTECHNOLOGY

**I. S. Baikov**

The All-Russia Research Institute of Interbranch Information, Moscow, Russia

Short review of the research projects in the study and application of nanoscale phenomena is given.