

**Міністерство освіти і науки України**  
**Сумський державний університет**  
*Азадський університет*  
*Каракалтакський державний університет*  
*Київський національний університет технологій та дизайну*  
*Луцький національний технічний університет*  
*Національна металургійна академія України*  
*Національний університет «Львівська політехніка»*  
*Одеський національний політехнічний університет*  
*Сумський національний аграрний університет*  
*Східно-Казахстанський державний технічний*  
*університет ім. Д. Серікбаєва*  
*ТОВ «НВО «ПРОМІТ»*  
*Українська асоціація якості*  
*Українська інженерно-педагогічна академія*  
*Університет Барода*  
*Університет ім. Й. Гуттенберга*  
*Університет «Politechnika Świętokrzyska»*  
*Харківський національний університет*  
*міського господарства ім. О. М. Бекетова*  
*Херсонський національний технічний університет*

## **СИСТЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО**

**Матеріали I Міжнародної науково-практичної  
конференції**

**(м. Суми, 17–20 травня 2016 року)**

**Сайт конференції: <http://srpv.sumdu.edu.ua>.**

**Суми**  
**Сумський державний університет**  
**2016**

## ВІД НАНОФІЗИКИ ДО НАНОЕЛЕКТРОНІКИ

*Хурсенко С. М., к.ф.-м.н., СНАУ, м. Суми*

Початком відліку науково-технічної революції ХХ століття, яка практично повністю ґрунтувалась на твердотільній електроніці, можна вважати 1940-і роки, коли в результаті фундаментальних досліджень напівпровідників було відкрито транзисторний ефект.

Сучасна електроніка розвивається у двох принципово нових напрямках: наноелектроніка<sup>1</sup> й спінтроніка<sup>2</sup>. Перший напрямок, хоча й пов'язаний з переходом до нанорозмірних активних областей структур, порівнянних з атомними розмірами й довжиною вільного пробігу електрона, як і раніше базується на перенесенні заряду електрона [1].

У наноелектроніці наразі виділяють два перспективні напрямки:

1) створення наноматеріалів<sup>3</sup> (серед яких фулерени, нанотрубки, графен);

2) створення наноструктур – матеріалів, що містять нанооб'єкти (квантові ями, квантові нитки, квантові точки).

Наноелектроніка, яка базується на використанні нанотехнологій<sup>4</sup> і наноматеріалів, безпосередньо пов'язана з формуванням низькорозмірних об'єктів – квантових точок, ям і ниток [2]. Квантові розмірні ефекти починають проявлятися, якщо розміри  $d$  кристала (або структури) порівняні з довжиною хвилі де Бройля.

Відповідно, квантові розмірні об'єкти класифікують за числом вимірів, у яких здійснюється рух носіїв заряду:

---

<sup>1</sup>Наноелектроніка – галузь електроніки, що займається розробкою фізичних і технологічних основ створення інтегральних електронних схем із характерними топологічними розмірами елементів менше 100 нм.

<sup>2</sup>Спінтроніка – галузь електроніки, що використовує квантові властивості спіну електронів.

<sup>3</sup>Наноматеріал – матеріал, що містить структурні елементи, геометричні розміри яких хоча б в одному вимірі не перевищують 100 нм, і має якісно нові властивості, у тому числі із заданими функціональними й експлуатаційними характеристиками.

<sup>4</sup>Нанотехнологія – це сукупність методів, що забезпечують можливість контрольованим способом створювати й модифікувати об'єкти, які включають компоненти розмірами менше 100 нм хоча б в одному вимірі, і дозволяють здійснювати їхню інтеграцію у функціонуючі системи більшого масштабу.

- 2D структури: квантові ями (наношари, надструктури);
- 1D структури: квантові нитки,
- 0D структури: квантові точки (нанокластери).

Для створення квантово розмірних об'єктів найбільш широко використовується молекулярно-променева епітаксія. В основі методу лежить осадження речовини, що випаровується в молекулярному джерелі, на кристалічну підкладку в умовах надвисокого вакууму. Незважаючи на просту ідею, реалізація даної високої технології вимагає складних технічних рішень:

- у робочій камері установки необхідно підтримувати надвисокий вакуум (близько  $10^{-8}$  Па);
- чистота матеріалів, що випаровуються, повинна досягати 99,999999%;
- необхідне молекулярне джерело, здатне випаровувати тугоплавкі речовини й регулювати щільності їхнього потоку.

Розвиток нанофізики і її додатків зробив можливою візуалізацію нанорозмірних об'єктів. Це забезпечила електронна мікроскопія (просвічувальна й растрова) і скануюча зондова мікроскопія (тунельна, силова, ближньопольова оптична).

Високі технології стали третім компонентом – нарівні з теорією й експериментом – у розвитку сучасної науки, особливо фізики. Помітно скоротився часовий інтервал між теоретичними передбачуваннями й експериментальними підтвердженнями, між експериментальними відкриттями й теоретичними поясненнями, між науковими відкриттями і їхнім прикладним використанням.

Високі технології сучасності забезпечують чергову науково-технічну революцію. Вони не тільки базуються на новітніх досягненнях природничих наук, насамперед фізики, але й дозволяють дістати принципово нові фундаментальні фізичні результати, і тим самим сприяють розвиткові цієї науки. Особливо яскраво це проявляється на прикладі тріади «нанофізика-нанотехнологія-наноелектроніка».

### Список літератури

1. Алферов Ж. И. Наноматериалы и нанотехнологии / Ж. И. Алферов, П. С. Копьев, Р. А. Сурис, А. Л. Асеев // Нано- и микросистемная техника. – 2003. – № 8. – С. 3-13.
2. Демиховский В. Я. Физика квантовых низкоразмерных структур / В. Я. Демиховский, Г. А. Вугальтер – М.: Логос, 2000. – 248 с.