

В. А. Одарич

# Нанофізика

**НАНОФІЗИКА** (від нано... та фізика) – розділ фізики, що вивчає властивості об'єктів, що мають обмежений розмір і обмежену кількість атомів. Об'єктами фундам. дослідж. у галузі Н. є малорозмірні структури, тобто утворення із простор. розмірністю 0 (квант. точки), 1 (квант. дроти), 2 (квант. плівки). Розмірність 3 відповідає звичайним твердим тілам великих розмірів. У цих об'єктах проявляються закони квантової механіки, але в таких взаємозв'язках, що у природі не існують, вони виникають завдяки використанню методів нанотехнологій. Вивчення характеристик ультрадисперс. і мезоскопіч. систем викликає знач. інтерес як із заг.-наук. точки зору, так і в зв'язку з тех. застосуванням. Мета дослідж. Н. – створення нових приладів наноелектроніки і методів їх масового виготовлення.

Квант. точки виникають на основі звичайних неорган. напівпровідник. матеріалів і фактично є великими молекулами, що складаються з декількох тисяч атомів. Дискрет. характер енергет. спектра носіїв заряду в напівпровідник. квант. точках дозволяє розглядати їх як штучні атоми. На відміну від справж. атомів (усі строго однакові) для квант. точок характерна варіантність за формою і розмірами. Квант. точка – пастка для електронів з малим радіусом, порівняним із розміром хвильової функції електрона. Тому всі стани в ній квантовані, як у атомі. Квант. точки виникають, зокрема, під час накладання електродів за зразком сендвіча із двох напівпровідників GaAs/(Ga,Al)As. Деяка частина електронів потрапляє у замкнуту електростат. пастку, створену електродами. Під дією прикладеної напруги електрони можуть тунелювати через квант. точку по одному. Тому замість ліній. залежності струму від напруги (закон Ома), вольт-амперна характеристика має сходинк. форму – виникає можливість перераховувати електрони у квант. точці поодинці. У дископодіб. квант. точках захоплені електродами електрони розподіляються по орбітам подібно природ. атомам та утворюють власну період. систему.

Остан. часом розвинулася хімія об'єктів на основі вуглецю – синтезовано молекули – фулерени, що здатні утворювати правильні багатогранники із десятків, сотень і тисяч атомів вуглецю, нанотрубки – циліндри діаметром кілька нм і довжиною до кількох см, різноманітні агрегати цих елементів – фулерен. кульки у трубці, трубка в трубці, канати із трубок тощо. Всі ці утворення при ввімкненні в електр. коло стають молекуляр.

транзисторами, випрямлячами, вони здатні переносити електрони між електродами поодиноці. Засобами вуглець. нанотехнології створені графен. площини – плівки товщиною в 1 атом. Вважають, що графен. нанотехнологія врешті замінить кремнієву, оскільки перевищує її за компактністю пристроїв, швидкодією та густиною запису інформації.

Ще одним винаходом Н. є оптичні ґратки, в яких період. кристал. структуру створ. схрещеними лазер. пучками. У вузлах оптич. ґратки містяться нейтрал. атоми лужних або перехід. металів. Параметри таких кристалів легко регулюються в експерим. установці. Розроблено і застосовують два методи створення наноструктур. В одному збирання структури йде «зверху-вниз», а в ін. – «знизу-вгору». «Зверху-вниз» здійснюється спец. обробкою масив. зразка (напр., сколюванням), яка врешті дозволяє одержати дуже маленький об'єкт. Одним із рекорд. прикладів є виготовлення зразків товщиною в 1 атом. Другий спосіб – збирати із окремих атомів, тобто нарощувати знизу вгору, напр., напиленням атом. пучками – т. зв. молекулярно-променева епітаксія. Прикладом перспектив. наноструктур, що виникають згаданими способами, є графен. структури. Графени – особлива форма існування графіту. Графіт структурно складається із окремих шарів товщиною в 1 атом, відстань між цими шарами – кілька ангстрем. Зв'язок між шарами слабкий, а всередині шару існує дуже сильний хім. зв'язок. Завдяки цьому міцність шару більша за міцність сталі у 5 разів, а теплопровідність прибіл. в 20 разів більша за теплопровідність міді. В методі «зверху-вниз» спец. пластинкою акуратно зчищали лусочки, і серед них траплялися дво- й одношарові лусочки товщиною порядку 0,1 нм і довжиною кілька мікрометрів. Ось на такій графен. площині, по якій йде струм, можна створити транзистор із дуже малими габаритами. Така система має унікальні електронні властивості, зокрема ефективна маса електронів дорівнює нулеві, а це зменшує кількість зіткнень електронів і підвищує енергоефективність транзистора. Ширина забороненої зони в енергет. спектрі також дорівнює нулеві, тому властивості цієї системи дуже важливі для фундам. науки, оскільки при незвич. зонній структурі виникає багато цікавих явищ. Ін. наноструктури із вуглецю у вигляді згорнутих аркушів графену одержують методом «знизу-вгору» у розряді, в якому присутні атоми вуглецю. Виникають вони спонтанно шляхом самоорганізації. Типовий діаметр таких трубок становить прибіл. 1 нм, існують трубки у такому вигляді, коли одна трубочка вкладена в іншу. При цьому міцність такої трубки, оскільки вона складається із графен. аркуша, в 5 разів більша за міцність сталі. Наноструктурні елементи є перспектив. для застосування у різних галузях науки. Створ. польові транзистори на основі графену із великою швидкодією, існують надчутливі сенсори, що можуть виявляти наявність одного електрона, біосенсори, мініатюрні конденсатори високої ємності, швидкодійні елементи енергонезалеж. пам'яті, модулятори випромінення, прозорі сенсорні екрани з діагоналлю понад 80 см. Виявлено лікуваль. дію графен. структур у медицині (зокрема при лікуванні пухлин).

## Рекомендована література

1. Непийко С. А. Физические свойства малых металлических частиц. К., 1985;
2. Петров Ю. И. Кластеры и малые частицы. Москва, 1986;
3. Венгер Е. Ф., Гончаренко А. В., Дмитрук М. Л. Оптика малых частиц и дисперсных сред. К., 1999;
4. Имри Й. Введение в мезоскопическую физику. Москва, 2002;
5. Находкін М. Г., Шека Д. І. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки. К., 2005;
6. Суздальев И. П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Москва, 2005;
7. Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы наноэлектроники. Москва, 2006;
8. Погосов В. В., Корніч Г. В., Васютін Є. В. та ін. Основы нанофизики і нанотехнологій. 3., 2008.

### Бібліографічний опис:

Нанофізика / В. А. Одарич // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2020. – Режим доступу:

<https://esu.com.ua/article-71295>

2001-2024 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).