

ВСТУП

На початку ХХІ століття терміни “нанотехнологія”, “наноіндустрія”, які тоді були відомі небагатьом фахівцям, сьогодні уже широко використовуються практично у всіх сферах діяльності людини. Вважають, що термін “нанотехнології” уперше запропонував у 1974 р. японський дослідник Танігучі [1, 2].

Саме слово “нано” – це жаргонізм, внесений нефахівцями в колоїдну хімію. Учені, що працюють в царині колоїдної хімії з дрібнодисперсними частками, вживають класичний термін – “ультрадисперсні системи”.

Взагалі терміни “наноіндустрія”, “нанотехнологія”, “нанометрологія” тощо лінгвістично некоректні, оскільки префікс “нано” надає усьому слову зменшувального значення, що не відповідає суті терміна (не може бути дуже маленької індустрії, технології або метрології). Тому префікс “нано” тут характеризує лише геометричні розміри об’єкта, з яким вчиняють ту чи іншу дію.

Отже, сам термін “нано” означає одну мільярдну частку чого-небудь, а нанометр (нм) – мільярдну частку метра ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ і становить 10 ангстрем) Це приблизно розмір атомів, від взаємного розташування й кількості яких залежать вид та властивості тієї чи іншої речовини [3].

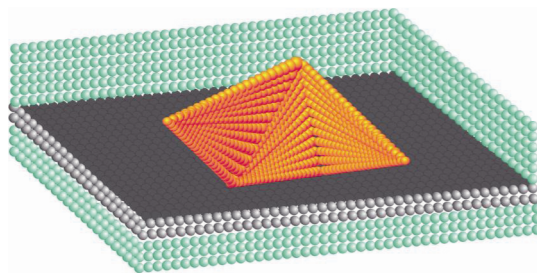
Усі органічні речовини, віруси, бактерії, тварини й люди створені головним чином лише з атомів трьох елементів: вуглецю, кисню й водню. Усе залежить від форми кристалічних ґратниць або структури молекули, що утримує атоми. Адже одні й ті самі атоми вуглецю в одній структурі утворюють м’який графіт, а в іншій – вірець твердості – алмаз.

У різних технологічних процесах або й у природних умовах утворюються речовини з різноманітними властивостями. Якщо склад речовин визначити доволі легко, то взаємне розташування атомів у їх структурі визначити значно складніше. Правда, це завдання різними фізичними методами було ще до кінця минулого століття переважно вирішено. Зараз ми вже можемо достовірно визначити місце потрапляння в структуру речовини на різних етапах технологічних процесів додаткових атомів, від яких залежать її властивості. Сьогодні, застосовуючи контроль на основі фізичних методів спостереження, ми вже маємо можливість створювати речовини із заздалегідь заданими

властивостями з окремих атомів як з деталей конструктора. Тобто бачити й переміщувати окремі атоми розміром в одну мільярдну частку метра.

Слід зауважити, що оскільки увесь світ складається з молекул і атомів, а саме наночастинок, то будь-який предмет можна означити з префіксом “нано”, що було б не зовсім коректно. Тому під терміном “нанотехнології” розуміють штучне складання речовини з окремих атомів.

Один з теоретиків “наносвіту” – футуролог Ерик Дрекслер (США) пророкує появу в недалекому майбутньому дистанційно керованих нанороботів – асемблерів, здатних створювати будь-які речовини, матеріали й конструкції за лічені секунди завдяки маніпулюванню окремими атомами. Деякі зразки таких виробів уже існують у наукових лабораторіях, а реальний наноасемблер має вигляд атомно-силового мікроскопа (АСМ) [1–4]. За допомогою його голки (наконечника) фізики навчилися маніпулювати молекулами й навіть будувати монокристали з так званих “квантових точок”. Квантові точки (рисунок) утворюються на основі звичайних неорганічних матеріалів і являють собою великі молекули з декількох тисяч атомів [1–4].



Квантова точка

Сьогодні нанотехнології бурхливо впроваджуються в таких галузях, як інформатика, електроніка, медицина, будівництво, сільське господарство.

Перспективними напрямками розвитку нанотехнологій для отримання нових матеріалів і структур зокрема є: вуглецеві наноматеріали, наноструктурні метали, керамічні й композиційні матеріали; наноматеріали для спінтроніки й фотоніки; магнітні наноматеріали, наноструктурні каталізатори, органічні й полімерні наноматеріали.

Масштабне застосування нанотехнології знайшли в космічній техніці, що дає змогу радикально поліпшити масогабаритні характеристики аерокосмічних апаратів, продовжити строки їх перебування на орбітах, вирішити проблеми енергозабезпечення цих апаратів. Саме використання наноматеріалів, наномеханізмів може зробити реальністю пілотовані польоти до Марса, освоєння поверхні Місяця...

Загальнішим, ніж нанотехнології, є поняття наоіндустрії, що включає теоретичну базу, відповідне устаткування й засоби вимірювання, сировину й матеріали, наопродукцію й, природно, самі нанотехнології.

Розвиток наоіндустрії свідчить про те, що світ підійшов до наступної фази науково-технічної революції.

Сьогодні будь-який продукт одержують за принципом “згори донизу”. Тобто з великого обсягу заготовельного матеріалу одержують необхідну продукцію з потрібними характеристиками (деталь з великої заготовки, метал – з великої кількості руди, транзистор – з великої номенклатури комплектувальних матеріалів, швейний виріб – з великого шматка тканини тощо). При цьому на споживчий продукт в середньому перетворюється не більш ніж 10 % (іноді навіть 1,5–2 %) первинної сировини, решта йде у відходи. Враховуючи, що майже всі земні ресурси обмежені й вичерпні, стає очевидним, що шлях розвитку за таким принципом заводить людство у глухий кут.

Нанотехнології пропонують процес “знизу догори”, тобто створення матеріалів із задалегідь заданими властивостями з окремих атомів і молекул. Саме так відбувається й у природі, коли з елементарних клітин виростають різноманітні живі організми. Реалізація принципу “знизу догори” визначає третю фазу науково-технічної революції, свідками й тією чи іншою мірою учасниками якої є всі, хто живуть на початку ХХІ століття.

Сьогодні вже слід говорити про глобальний ринок нанотехнологій, на який ми виходимо. У розвинених країнах нанотехнології вже застосовують для виробництва понад 80 груп споживчих товарів, 600 видів сировинних матеріалів, комплектувальних виробів, промислового устаткування, що спричиняє необхідність розробляти та впроваджувати значну кількість нових стандартів і нормативних документів [1–5].

Обсяг виробництва наопродукції теж поступово зростає. При цьому фактори ризику й безпеки впровадження нанотехнологій, виробництва і застосування наопродукції лише недавно потрапили в поле зору науковців. Наприклад, методи визначення токсичності наопродуктів, їх впливу на людину – наразі малоефективні або взагалі відсутні.

Безумовно, масштабний розвиток наоіндустрії неможливий без відповідного метрологічного забезпечення (МЗ). Тому все сказане раніше і призвело до виникнення нового напрямку у розвитку засобів і методів вимірювань у нанотехнологіях – нанометрії. Метрологічне забезпечення єдності вимірювань у нанотехнологіях пов’язане зі створенням мір фізичних величин, устав, розробленням методик метрологічної перевірки і калібрування засобів вимірю-

вань, застосовуваних у нанотехнологіях, розробленням й атестацією методик вимірювань фізико-хімічних параметрів і властивостей об'єктів нанотехнологій.

Про необхідність випереджувального розвитку вимірювальної інформації на ринку сучасних технологій постійно зазначають у щорічних доповідях Національного інституту стандартів і технологій США (NIST). За твердженням NIST, “інновації у вимірюваннях і метрології найчастіше будуть фактором успішного технологічного прориву майже у всіх сферах економіки. У першій чверті XXI століття особливі надії пов’язані з нанотехнологіями”.

А отже, будь-які дії в царині формування й розвитку нанометрії – актуальні й своєчасні.