

*Єдине, що від нас залежить, –
Принаймні вік прожити як належить...*

Ліна Костенко

ПЕРЕДМОВА

Відомо, що на запитання про найважливіше відкриття людства Р. Фейнман відповів так: *“Якби внаслідок якоїсь світової катастрофи всі нагромаджені знання зникли і до майбутніх живих істот дійшла лише одна фраза, то яке твердження, складене з найменшої кількості слів, принесло б інформацію? Я вважаю, що це атомна гіпотеза”*. Саме її подальший розвиток привів до гігантських успіхів фізики і технології. Протягом минулого сторіччя вони настільки вражали, що Р. Фейнман передбачив актуальність подальшого кроку – переходу до нановимірної функціональної електроніки в Нобелівській лекції *“Там внизу ще багато місця: запрошення в новий світ фізики”* (There’s Plenty of Room at the Bottom), прочитаній на зустрічі з Американським фізичним товариством у Каліфорнійському інституті технології 29 грудня 1959 р. та опублікованій у 1960 р. в журналі *“Engineering and Science”* (1960, Vol. 23, P. 22–36).

У своїй лекції Р. Фейнман вперше розглянув можливість створення нановимірних структур і пристроїв принципово новим методом – поштучним “атомним” складанням: *“Поки що ми вимушені користуватись атомарними структурами, які пропонує нам природа, – додавши, але в принципі фізик міг би синтезувати будь-яку речовину за заданою хімічною формулою”*. В своїй лекції Р. Фейнман передбачив, що коли використати для запису одного біта інформації 100 атомів, то для запису всіх книг, написаних людством, досить кубика розміром в пилінку, яку ледь розрізняє людське око.

Ці передбачення згодом підтвердив бурхливий розвиток мікроелектроніки, і, водночас, з’явився новий напрям – інтеграція мікросистемної електроніки з мікропристроями електромеханічного типу (МЕМС), надалі нанопристроями – НЕМС. Важливим аспектом у підготовці фахівців з системного проектування є забезпечення їх фундаментальними знаннями з фізичних основ принципів роботи відповідної елементної бази. Досвід показує, що відомості з основ фундаментальної фізики, основ електротехніки, електроніки і фізики твердого тіла, які студенти одержали раніше, недостатні. Знання студентів обмежені, переважно спорадичні й фактично відірвані від університетських вимог, не кажучи вже про набуття навичок належного застосування вищої математики та елементів комп’ютерного моделювання у фундаментальному курсі, хоч такі елементи впроваджуються у педагогічний процес уже на шкільному рівні.

Здійснюється такий підхід з використанням символічної комп'ютерної математики MathCAD, вивчення якої, на відміну від мов програмування Pascal, Fortran, не вимагає опанування додаткових дисциплін. Тому для одержання фундаментальних знань з САПР технологій високого рівня, зокрема мікро- і наносистемної техніки, студенти повинні додатково вивчити базові розділи сучасних досягнень фізики та статистичних методів моделювання. В основу функціонування в мікросистемній техніці покладені механіка і динаміка деформованого стану мікро- й наносистем, конфігураційна динаміка та статистичні закономірності системи з багатьма частинками; електромагнетизм зарядових динамічних систем; електромагнітні хвильові процеси в обмежених матеріальних середовищах; квантововимірні електронні закономірності тощо. Оскільки безпосереднє експериментальне вивчення таких явищ чи процесів здебільшого потребує значних матеріальних затрат, а інколи здійснювати їх принципово неможливо, то застосовують імітаційний експеримент, в якому дослідження виконують, поєднуючи комп'ютерне моделювання з натурним експериментом над окремими підсистемами. Сьогодні такі можливості стали реальністю завдяки створенню високопродуктивних інженерних прикладних обчислювальних пакетів – Matlab, MathCAD, Skylab, Labview.

Структура науково-навчальної монографії така. Маршрути проектування в мікросистемній техніці та інтелектуальних вбудованих системах на їх основі потребують ґрунтовніших знань закономірностей прояву фізичних властивостей в електричних, оптичних, електромагнітних і механічних компонентах, виготовлених за сучасними технологіями виробництва ІС. Тому в першому розділі подані основні розділи інженерної вищої математики з погляду подальшого використання у моделюванні мікросистемної техніки. В другому розділі викладені базові фізичні процеси в мікросистемній техніці, деякі узагальнення методів фізичного моделювання та основні принципи функціонування у мікросистемній техніці. Розглянуто моделювання процесів методом фізичних аналогій; електродинамічні процеси, зумовлені ротором вектора швидкості лінійних переміщень гравітаційних і електричних точкових тіл; елементи електромагнітних і квантових хвильових процесів на бар'єрних переходах. У третьому розділі розглянуто фізичні принципи функціонування мікро- і наноелектромеханічних та оптоелектронних систем. У четвертому розділі проаналізовано фізичні джерела шумів мікросистемної техніки, зокрема зумовлені флуктуаціями пружних властивостей елементів. У п'ятому – методи комп'ютерної оптимізації мікросистемної техніки разом із розробленням алгоритмів програмування методами символічної математики MathCAD та Matlab. В шостому розділі подано практикум комп'ютерного моделювання базових явищ та процесів мікро- і наносистемної техніки.

На думку автора, такий алгоритм подання матеріалу зумовлений безпідставною мінімізацією до небезпечного рівня фундаментальних курсів та позбавленням магістрів можливості на належному рівні ознайомитися з їх роллю в інформаційних та комп'ютерних технологіях.

В основу науково-навчального видання покладено широкий спектр першоджерел із досягненнями провідних наукових і технологічних центрів*, які наведено в кінці кожного розділу. Крім цього, книга наповнена науковим і методичним матеріалом підвищеної складності. Тому, на думку автора, науково-навчальне монографічне видання розроблене на рівні вимог провідних університетів, призначене для магістрів та аспірантів спеціальностей, пов'язаних із інформаційними технологіями. Зауваження і пропозиції щодо покращення рукопису просимо надсилати за адресою

petkosob@gmail.com.

Автор

* Досягнення українських вчених у нанотехнологіях та наноматеріалах викладено в [Наноразмерные системы и наноматериалы: исследования в Украине. НАН Украины. – Киев: Академперіодика, 2014. – 768 с.]