

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

Моделювання мікро- та наноструктур

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної
роботи з переліком тем
для студентів радіотехнічного факультету,
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка,
спеціалізація «Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки»

Рекомендовано вченою радою радіотехнічного факультету

Київ
2016

Моделювання мікро- та наноструктур: метод. вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з переліком тем для студентів радіотехнічного факультету спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка, спеціалізація «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки» / Уклад.: Є.А. Нелін, А.В. Ляшок — К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. — 9 с.

Гриф надано вченою радою радіотехнічного факультету
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
(Протокол № 11/2016 від 28 листопада 2016)

Рекомендовано навчально-методичною комісією радіотехнічного факультету
(Протокол № 11/2016 від 25 листопада 2016)

Навчальне видання

Моделювання мікро- та наноструктур

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної
роботи з переліком тем
для студентів радіотехнічного факультету,
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка,
спеціалізація «Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки»

Укладач: *Нелін Євгеній Андрійович, док. тех. наук., професор*
Ляшок Аліна Вікторівна, канд. тех. наук., асистент

Рецензент: *Мірських Георгій Олександрович, канд. тех. наук., доцент*

Відповідальний редактор: *Нелін Євгеній Андрійович, док. тех. наук., професор*

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Вимоги до оформлення розрахунково-графічної роботи	5
Типові теми розрахунково-графічних робіт.....	7
Література	9

ВСТУП

В методичних вказівках приведені порядок виконання та теми розрахунково-графічної роботи (РГР) з дисципліни «Моделювання мікро- та наноструктур».

РГР призначена для набуття студентами навичок самостійної роботи, що включає пошук необхідної інформації з різних джерел, вивчення особливостей моделі, яка використовується для моделювання за темою РГР, розробка програми та виконання комп'ютерного моделювання в середовищі Mathcad. Тема завдання РГР пов'язана з темою одного з практичних занять дисципліни.

Отримані під час виконання РГР знання та навички дозволять в подальшому проводити самостійне моделювання різноманітних мікро- та наноструктур.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

РГР складається з двох розділів — теоретичного та практичного. Теоретичний розділ має дві частини. У першій частині на основі інформації з різних джерел необхідно розглянути фізичні та конструктивно-технологічні особливості наноструктури, що досліджується в РГР, її використання в пристроях оброблення сигналів. У другій частині розглядається модель, яка буде використовуватися для дослідження характеристик структури. У практичному розділі наводяться результати комп'ютерного моделювання у графічній або табличній формах.

Невід'ємний етап моделювання — аналіз достовірності його результатів, аналіз відповідності результатів моделювання очікуваним. Основні складові такого аналізу такі.

1. Перевірка розмірності величин.
2. Отримання відомих результатів для відомого випадку.
3. Аналіз характеру залежностей на відповідність теоретично очікуваному.
4. Перевірка результатів в окремих точках.
5. Перевірка розрахунків з різним кроком.
6. Аналіз взаємної відповідності результатів.
7. Перевірка результатів з різними вихідними даними.

Необхідно враховувати, що комп'ютерне моделювання дискретне і тому вузькосмугова особливість характеристики може бути пропущена. Крім того, внаслідок комп'ютерного обмеження діапазону представлення чисел можуть виникати похибки розрахунків, обумовлені цим обмеженням.

При виконанні комп'ютерного моделювання необхідно звернути увагу на особливості отриманих залежностей і більш детально їх проаналізувати у відповідних інтервалах зміни параметрів.

Отримані результати мають бути проаналізовані у висновках. Висновки оформлюються списком: 1., 2. і т. д. Кожний висновок складається з двох частин. У першій частині фіксується особливість залежності, у другій пояснюється причина цієї особливості. Пояснення має ґрунтуватися на фізичних уявленнях. Чим більш повно проаналізовано результати, тим менше питань виникає при захисті РГР.

Оформлення РГР має відповідати ДСТУ 3008-95: нумерація сторінок формул, рисунків, таблиць; посилань на формули, рисунки, таблиці та джерела інформації з переліку посилань та ін. У переліку посилань повинно бути не менше 3 джерел. Максимальний обсяг РГР 10 — стор.

ТИПОВІ ТЕМИ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНИХ РОБІТ

1. Поодинокий бар'єр. Дослідження резонансного проходження для квантово-механічного та електромагнітного поодиноких бар'єрів.
2. Поодинокі потенціальна квантово-механічна яма. Дослідження резонансної локалізації та резонансного проходження.
3. Поодинокі електромагнітна імпедансна яма. Дослідження резонансного проходження. Порівняння характеристики проходження з характеристикою паралельного конденсатора.
4. Квантово-механічна симетрична двобар'єрна структура. Дослідження резонансного надбар'єрного проходження.
5. Електромагнітна симетрична двобар'єрна структура. Дослідження резонансного проходження.
6. Дослідження характеристик квантово-механічної симетричної трибар'єрної структури.
7. Квантово-механічна симетрична двобар'єрна структура. Дослідження залежності резонансної довжини хвилі від параметрів структури.
8. Електромагнітна симетрична двобар'єрна структура. Дослідження залежності резонансної довжини хвилі від параметрів структури.
9. Ширина рівня симетричної двобар'єрної структури. Оцінка похибки наближеної формули.
10. Симетрична двобар'єрна структура з несиметричними бар'єрами. Дослідити залежності власних значень від параметрів структури. Порівняти отримані залежності з відповідними залежностями для симетричної двобар'єрної структури з симетричними бар'єрами.
11. Несиметрична двобар'єрна структура. Умови резонансного тунелювання електронів. Розрахувати характеристики проходження несиметричної і симетричної двобар'єрних структур з однаковими параметрами другого рівня.
12. Однобар'єрні структури з резонансним тунелюванням. Розрахунок залежностей коефіцієнтів відбиття.
13. Квантово-механічна двоямна структура. Розрахунок залежності власних рівнів від товщини бар'єра.
14. Дослідження залежностей активної і реактивної складових вхідного імпедансу періода надграт від параметрів надграт.
15. Дослідження залежностей активної і реактивної складових вхідного імпедансу періода фотонного кристала від параметрів фотонного кристала.

16. Дослідження умов для заборонених зон надграт від параметрів надграт.
17. Дослідження умов для заборонених зон фотонного кристала від параметрів фотонного кристала.
18. Дослідження залежностей власних рівнів дефекта надграт від параметрів надграт.
19. Дослідження залежностей власних рівнів дефекта фотонного кристала від параметрів фотонного кристала.
20. Дослідження залежностей поверхневих рівнів надграт від параметрів надграт.
21. Дослідження залежності активної складової вхідного імпедансу періода, дефектів кристала та поверхневих рівнів для решітки δ -бар'єрів.
22. Порівняння характеристики активної складової вхідного імпедансу необмежених надграт і характеристики коефіцієнта відбиття обмежених скінченних надграт.
23. Порівняння характеристики активної складової вхідного імпедансу необмеженого фотонного кристала і характеристики коефіцієнта відбиття обмеженого фотонного кристала.
24. Проходження хвилею двох імпедансних δ -бар'єрів. Дослідження характеристик коефіцієнтів проходження і відбиття.
25. Проходження хвилею двох імпедансних δ -ям. Дослідження характеристик коефіцієнтів проходження і відбиття.
26. Порівняння зонних діаграм одно- і двофазних решіток імпедансних δ -неоднорідностей.
27. Аналіз характеристик двофазних кристалоподібних структур.
28. Кристалоподібна структура з крайовою аподизацією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Markos P. Wave propagation from electrons to photonic crystals and left-handed materials / P. Markos, C. M. Soukoulis. — Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2008. — 352 p.
2. Basdevant J.-L. Lectures on quantum mechanics / J.-L. Basdevant. — N. Y.: Springer, 2007. — 308 p.
3. Нелин Е. А. Импедансная модель для «барьерных» задач квантовой механики / Е. А. Нелин // УФН. — 2007. — Т. 177, №3. — С. 307 – 313.
4. Korvink J., Haber O. MEMS a practical guide to design, analysis, and applications / J. Korvink, O. Haber. — N. Y.: William Andrew, Inc., Springer, 2006. — 965 p.
5. Власов А. И. Основы моделирования микро- и наносистем : учеб. пособие / А. И. Власов, А. В. Назаров. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2011. — 144 с.
6. Усанов Д. А. Компьютерное моделирование наноструктур: Учеб. пособие для студентов факультета нано- и биомедицинских технологий / Д. А. Усанов, Ал. В. Скрипаль, Ан. В. Скрипаль, А. В. Абрамов. — Саратов, 2013. — 100 с.: ил. Электронное издание