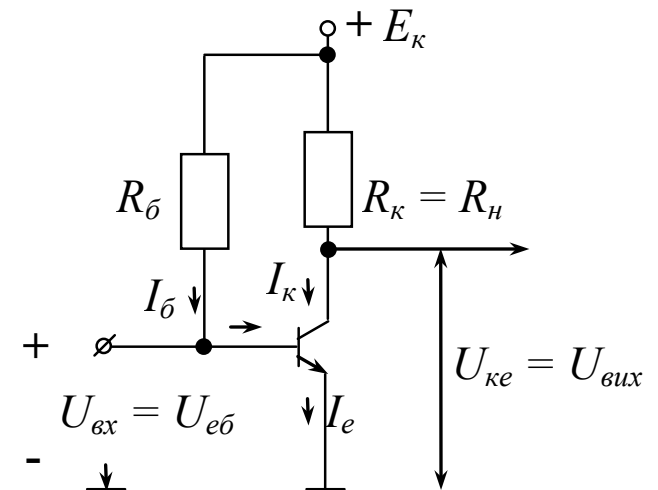


*Методичні вказівки,
програма і контрольні завдання
з дисципліни*

«Твердотільна електроніка»

для студентів заочної форми навчання напрямів
«Мікро- та наноелектроніка» і «Електронні пристрої та системи»



Навчальне видання

**Методичні вказівки,
програма і контрольні завдання
з дисципліни «Твердотільна електроніка»
для студентів заочної форми навчання напрямів
«Мікро- та наноелектроніка»
і «Електронні пристрої та системи»**

Редактор О. Ткачук

Укладач Кравченко Юрій Степанович

Оригінал-макет підготовлено Ю. Кравченком

Підписано до друку 03.05.2017 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Ум. др. арк. 0,69.
Наклад 40 прим. Зам. № 2017-092.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.
press.vntu.edu.ua;
Email: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки,
програма і контрольні завдання з дисципліни
«Твердотільна електроніка»
для студентів заочної форми навчання
напрямів «Мікро- та наноелектроніка»
і «Електронні пристрої та системи»**

Вінниця
ВНТУ
2017

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 2 від 22.10.2015 р.)

Рецензенти:

О. В. Осадчук, доктор технічних наук, професор

С. Т. Барась, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки, програма і контрольні завдання з дисципліни «Твердотільна електроніка» для студентів заочної форми навчання напрямів «Мікро- та наноелектроніка» і «Електронні пристрої та системи» / Уклад. Ю. С. Кравченко. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 13 с.

Наведені: методика, програма дисципліни, практичні рекомендації і варіанти контрольних завдань для студентів заочної форми навчання з дисципліни «Твердотільна електроніка».

Призначені як додатковий матеріал при організації самостійної роботи студентів заочної форми навчання напрямів «Мікро- та наноелектроніка» і «Електронні пристрої та системи».

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ	4
2 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ «ТВЕРДОТІЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА»	4
3 ПРИКЛАДИ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ.....	6
РЕКОМЕДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	10
Додаток А. Довідкові дані.....	11

ВСТУП

Чинні методичні вказівки розроблено відповідно до навчального плану підготовки бакалаврів з електроніки за напрямками «Мікро- та наноелектроніка» і «Електронні пристрої та системи» і навчальної програми дисципліни «Твердотільна електроніка».

Мета такої розробки – покращення методичного забезпечення самостійної роботи студентів заочної форми навчання в межах цих дисциплін і допомога в опануванні основ твердотільної електроніки.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Самостійна робота студентів у межах дисципліни «Твердотільна електроніка» є обов'язковою складовою навчального плану підготовки бакалаврів з електроніки за напрямками «Мікро- та наноелектроніка» і «Електронні пристрої та системи», яка проводиться з метою безпосереднього практичного засвоєння студентами теоретичних знань з визначення параметрів та характеристик різноманітних приладів твердотільної електроніки, набуття ними навичок роботи з розрахунку таких параметрів.

Тематика і зміст контрольних завдань для студентів заочної форми навчання визначені відповідно до вимог навчальної програми дисципліни і охоплюють всі найбільш принципові їхні розділи.

2 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ «ТВЕРДОТІЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА»

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Твердотільна електроніка» є основи теорії електронних процесів, що протікають в напівпровідникових структурах на основі контактів з різним типом електропровідності та приладах твердотільної електроніки.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення дисципліни ґрунтується на знаннях з таких дисциплін, як: «Математика», «Фізика», «Хімія», «Матеріали електронної техніки», «Фізичні основи електроніки» («Квантова механіка», «Статистична фізика», «Фізика твердого тіла») і є передумовою для вивчення спеціальних дисциплін програми підготовки бакалаврів з відповідного напрямку.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Твердотільна електроніка» є:

- вивчення основ теорії електронно-діркових переходів гомо- та гетероструктур і контактів типу «метал-напівпровідник»;

- принципи побудови різноманітних електронних приладів і пристроїв твердотільної електроніки;

- принципи побудови транзисторів та багатошарових приладів.

Програма навчальної дисципліни складається з двох змістовних модулів.

Змістовий модуль «Напівпровідникові діодні структури»

Тема 1. Електронно-дірковий перехід

Контактна різниця потенціалів. Ширина $p-n$ -переходу. Зарядна (бар'єрна) ємність. Інжекція та екстракція носіїв заряду. Вольт-амперна характеристика $p-n$ -переходу. Пробій електронно-діркового переходу. Дифузійна ємність. Еквівалентна схема $p-n$ -переходу.

Тема 2. Спеціальні контактні структури

$P-i-n$ -структури. Гетеропереходи. Контакти типу «метал-напівпровідник». Інші види контактів.

Тема 3. Напівпровідникові діоди

Діоди та їхня класифікація. Діоди-випрямлячі. Високочастотні та імпульсні діоди. Стабілітрони і стабістори. Тунельні та обернені діоди. Діоди Шотткі.

Змістовий модуль «Транзистори»

Тема 4. Біполярні транзистори

Структура й основні режими роботи. Схеми включення біполярних транзисторів. Статичні характеристики. Динамічний режим роботи транзистора. Еквівалентні схеми й моделі. Біполярний транзистор як активний чотиріполюсник. Температурні та частотні властивості транзисторів

Тема 5. Прилади з S-подібною характеристикою

Чотиришарові структури. Диністори й триністори. Симістори. Одноперехідний транзистор.

Тема 6. Польові транзистори

Польові транзистори з керуючим $p-n$ -переходом, структура, принцип роботи, характеристики та параметри. Польові прилади з ізольованим затвором. МДН-транзистор з індукованим каналом. МДН-транзистор із вбудованим каналом. Транзистори зі статичною індукцією.

3 ПРИКЛАДИ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Варіант № 1

1. В ідеальному p - n -переході пряме зміщення в 0,1 В викликає відповідний струм носіїв заряду при температурі 300 К. Яке потрібно зміщення, щоб струм збільшився удвічі?

2. Два зразки германію електронного та діркового типів мають однакову електропровідність. Чи однакові в них концентрації основних носіїв зарядів?

3. Два тунельних діоди, характеристики яких задано, включено паралельно. Побудуйте сумарну вольт-амперну характеристику.

4. Розрахувати вихідну провідність транзистора при розімкненому вході h_{22} у схемі зі спільною базою, якщо в цій схемі коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою $h_{12} = 3 \cdot 10^{-4}$, а опір зворотної передачі при розімкненому вході $r_{12} = 200$ Ом.

Варіант № 2

1. Поясніть, як включаються в електричне коло напівпровідникові діоди, якщо робоча напруга перевищує максимально допустиму напругу кожного з них. У чому ви бачите особливість такого включення?

2. Який з біполярних транзисторів – дрейфовий чи бездрейфовий – має кращі високочастотні властивості і чому? Обґрунтуйте вашу відповідь.

3. Знайти контактну різницю потенціалів ϕ_k електронно-діркового переходу в германію при кімнатній температурі, знаючи, що питома провідність електронної області $\sigma_n = 31,2$ См/м, а діркової $\sigma_p = 225$ См/м.

4. Визначити провідність зворотної передачі при короткозамкнутому вході g_{12} у схемі зі спільними емітером, якщо вхідний опір при короткозамкнутому виході $h_{11} = 900$ Ом, а коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою при розімкнутому вході $h_{12} = 6,25 \cdot 10^{-4}$.

Варіант № 3

1. Питомий опір p -області германієвого p - n -переходу $\rho_p = 2$ Ом · см, а питомий опір n -області $\rho_n = 1$ Ом · см. Розрахувати висоту потенціального бар'єра при $T = 300$ К.

2. Чим можна пояснити наявність об'ємного заряду в p - n -переході?

3. Як перевести диністор з режиму низької провідності в режим високої провідності? Що для цього треба змінювати (струм, напругу ...)? Поясніть це.

4. Визначити провідність зворотної передачі при короткозамкнутому вході g_{12} у схемі зі спільним емітером, якщо вхідний опір при короткозамкнутому виході $h_{11} = 900$, а коефіцієнт зворотного зв'язку при розімкненому вході $h_{12} = 6,25$.

Варіант № 4

1. Визначити контактну різницю потенціалів φ_k електронно-діркового переходу в германії при кімнатній температурі, якщо питомий опір електронної та діркової областей $\rho_n = 0,01 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ і $\rho_p = 1 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

2. Чому як матеріал для виготовлення опорних діодів (стабілітронів) використовується саме кремній? Поясніть це.

3. Яка з бар'єрних ємностей, емітерна чи колекторна, значною мірою впливає на високочастотні властивості біполярного транзистора?

4. Визначити зміну напруги емітера ΔU_E , яка необхідна для підтримання сталості струму емітера при зміні напруги колектора на 5 В. Коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою при розімкнутому вході в схемі зі спільною базою $h_{12} = 6 \cdot 10^{-3}$.

Варіант № 5

1. Германієвий *p-n*-перехід має зворотній струм насичення 1 мкА, а кремнієвий перехід тих же розмірів – зворотній струм насичення 10^{-8} А. Розрахувати та порівняти прямі напруги на цих переходах при $T = 300 \text{ К}$ та струмі 100 мА, визначити прямі та зворотні опори германієвого і кремнієвого переходів. Вважати, що вимірювання зворотних струмів насичення проводились при напрузі $U_{зв} = 5 \text{ В}$.

2. Як зміниться вольт-амперна характеристика кремнієвого діода-випрямляча при підвищенні температури?

3. Який порядок величини коефіцієнта передачі струму одно-перехідного транзистора? Чому?

4. Розрахувати вихідний опір біполярною транзистора при розімкненому вході r_{22} у схемі зі спільною базою, якщо коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою при розімкненому вході $h_{12} = 10^{-3}$, а опір зворотної передачі при розімкненому вході $r_{12} = 400 \text{ Ом}$.

Варіант № 6

1. Ширина електронно-діркового переходу в германії при прикладенні зворотної напруги $U_{зв} = -20 \text{ В}$ має величину $\delta = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ см}$. Визначити рівноважну ширину переходу δ_0 , якщо контактна різниця потенціалів $\varphi_k = 0,4 \text{ В}$.

2. Які напівпровідникові діоди (площинні чи точкові) мають більшу ємність *p-n*-переходу?

3. Як впливає підвищення температури на виникнення лавинного пробоя в кремнієвому діоді?

4. Знайти провідність прямої передачі при короткозамкненому виході g_{21} у схемі зі спільним емітером, якщо відомо, що вхідна провідність при короткозамкненому виході g_{11} у схемі зі спільною базою дорівнює 0,31 См, а коефіцієнт передачі струму при короткозамкненому виході в схемі зі спільним емітером $\beta = 49$.

Варіант № 7

1. Яка ширина електронно-діркового переходу в кремнії при $U_{зв} = -50$ В, якщо рівноважна ширина $\delta_0 = 1,2 \cdot 10^{-4}$ см, а контактна різниця потенціалів $\phi_k = 9,58$ В?

2. Що таке низький рівень інжекції носіїв заряду?

3. Якими процесами визначається наявність дифузійної ємності р-n-переходу ?

4. Визначити провідність зворотної передачі при короткозамкненому вході g_{12} у схемі зі спільним емітером, якщо вхідний опір при короткозамкненому виході $h_{11} = 900$, а коефіцієнт зворотного зв'язку при розімкненому вході $h_{12} = 6,25 \cdot 10^{-4}$.

Варіант № 8

1. Маємо ідеальний р-n-перехід при температурі $T = 300$ К. Необхідно визначити: а) яке необхідне пряме зміщення, щоб отримати прямий струм, який дорівнює тепловому струму; б) яке необхідне пряме зміщення, щоб отримати прямий струм у 100 разів більший за тепловий струм I_0 .

2. Як змінюється висота потенціального бар'єра при підвищенні температури?

3. Як можна пояснити принцип дії одноперехідного транзистора?

4. Розрахувати вихідну провідність транзистора при розімкненому вході h_{22} в схемі зі спільною базою, якщо в цій схемі коефіцієнт зворотного зв'язку по напрузі $h_{12} = 3 \cdot 10^{-4}$, а опір зворотної передачі при розімкненому вході $r_{12} = 200$ Ом.

Варіант № 9

1. Зворотний струм насичення I_0 р-n-переходу при кімнатній температурі дорівнює 10^{-14} А. При підвищенні температури до 125 °С зворотний струм насичення збільшився в 10^5 разів. Визначити напругу на переході при кімнатній температурі і температурі 125 °С, якщо струм крізь нього $I = 1$ мА.

2. Чим можна пояснити наявність спадаючої ділянки на прямій гілці вольт-амперної характеристики тунельного діода?

3. Наведіть енергетичну діаграму діодного тиристора, який знаходиться у рівноважному стані.

4. Вхідний опір при короткозамкненому виході в схемі зі спільною базою $h_{11} = 30$ Ом, а провідність зворотної передачі при короткозамкненому вході $g_{12} = -6,67 \cdot 10^{-6}$ См. Знайти коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою при розімкнутому вході h_{12} .

Варіант № 10

1. Визначити контактну різницю потенціалів ϕ_k , що виникає при $T = 300 \text{ K}$ в електронно-дірковому переході, який отримано в германії при концентраціях основних носіїв заряду в електронній та дірковій областях $n_n = p_p = 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

2. Що треба зробити, щоб контакт Шоттки був невідпрямляючим?

3. Покажіть, як зміниться вихідна характеристика транзистора типу $p-n-p$ при підвищенні температури. Чому?

4. Розрахувати вихідний опір біполярного транзистора при розімкненому вході r_{22} у схемі зі спільною базою, якщо коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою при розімкненому вході $h_{12} = 10^{-3}$, а опір зворотної передачі при розімкненому вході $r_{12} = 400 \text{ Ом}$.

Варіант № 11

1. Визначити контактну різницю потенціалів в $p-n$ -переході з арсеніду галію при кімнатній температурі, якщо концентрація основних носіїв заряду в областях p - і n -типу однакова й дорівнює 10^{23} м^{-3} . Власну концентрацію носіїв заряду при 300 K прийняти такою, що дорівнює $1,7 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}$.

2. Наведіть енергетичну діаграму $p-n$ -переходу в рівноважному її стані. Поясніть її побудову.

3. Який матеріал, кремній чи германій, краще використовувати для отримання більшого коефіцієнта передачі струму одноперехідного транзистора?

4. Визначити коефіцієнт передачі струму при короткозамкненому виході h_{21} у схемі зі спільною базою, якщо вихідна провідність при розімкненому вході $h_{22} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ См}$, а опір прямої передачі при розімкнутому виході $r_{21} = 475 \cdot 10^3 \text{ Ом}$.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Крутякова М. Г. Полупроводниковые приборы и основы их проектирования / Крутякова М. Г., Чарыков Н. А., Юдин В. В. – М. : Радио и связь, 1983. – 352 с.
2. Россадо Л. Физическая электроника и микроэлектроника / Россадо Л. – М. : Высшая школа, 1991. – 351 с.
3. Васильева Л. Д. Напівпровідникові прилади : підруч. / Васильева Л. Д., Медведенко Б. І., Якименко Ю. І. – К. : ІВЦ «Видавництво Політехніка», 2003. – 388 с.
4. Викулин И. М. Физика полупроводниковых приборов / И. М. Викулин, В. И. Стафеев. – М. : Радио и связь, 1990. – 296 с.
5. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – М. : Высшая школа, 1987. – 479 с.
6. Тугов Н. М. Полупроводниковые приборы / Тугов Н. М., Глебов Б. А., Чарыков Н. А. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
7. Зи С. Физика полупроводниковых приборов : в 2-х книгах / Зи С. – [пер. с англ.]. – Кн. 1. – М. : Мир, 1984. – 456 с.
8. Осадчук В. С. Напівпровідникові діоди / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : ВДГУ, 2002. – 162 с.
9. Осадчук В. С. Транзистори / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : ВДГУ, 2003. – 207 с.
10. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники / Степаненко И. П. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2003. – 496 с.
11. Полупроводниковые приборы : справочник / А. В. Баюков, А. Б. Гитцевич, А. А. Зайцев и др. ; под общ. ред. Н. Н. Горюнова. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 744 с.
11. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Твердотільна електроніка» для студентів напрямів «Мікро- та наноелектроніка» і «Електронні пристрої та системи» / Уклад. Ю. С. Кравченко, С. Ю. Кравченко. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 27 с.
12. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Твердотільна електроніка». Частина 1. Напівпровідникові діоди / Уклад. Ю. С. Кравченко та Є. О. Смольков. – Вінниця : ВДГУ, 2001. – 25 с.

Додаток А
Довідкові дані

Таблиця А1 – Деякі фізичні сталі

Стала Планка, h	$6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с $4,14 \cdot 10^{-15}$ еВ · с
Стала Больцмана, k	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К $0,86 \cdot 10^{-4}$ еВ /К
Маса електрона, m_e	$9,106 \cdot 10^{-31}$ кг
Заряд електрона, e	$1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл
Діелектрична проникність вакууму, ϵ_0	$8,86 \cdot 10^{-14}$ Ф/см
Магнітна проникність вакууму, μ_0	$1,257 \cdot 10^{-8}$ Гн/см
Швидкість світла, c	$2,99778 \cdot 10^{10}$ см/с

Таблиця А2 – Основні фізичні властивості напівпровідникових матеріалів

Параметр	Одиниця виміру	Ge	Si	GaAs
Атомний номер	-	32	14	-
Атомна (молекулярна маса)	-	72,59	28,08	144,64
Концентрація атомів, N	ат./м ³	$4,42 \cdot 10^{28}$	$5,0 \cdot 10^{28}$	$1,3 \cdot 10^{28}$
Стала ґратки, d (за 300 К)	м ⁻¹⁰	5,65	5,43	5,65
Температура плавлення, T	°С	936,0	1412,0	1238,0
Діелектрична проникність, ϵ	-	16	12	10,9
Ширина забороненої зони, E_g за:	еВ			
0 К		0,785	1,21	1,52
300 К		0,67	1,11	1,43
Концентрація носіїв заряду у власному напівпровіднику n_i за 300 К	м ⁻³	$2,12 \cdot 10^{19}$	$1,5 \cdot 10^{16}$	$8,94 \cdot 10^{12}$
Рухливість носіїв заряду за 300 К:	м ² /(В · с)			
електронів μ_n		0,39	0,135	0,85
дірок μ_p		0,18	0,048	0,04
Коефіцієнт дифузії за 300 К:	м ² /с			
електронів D_n		$9,3 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$2,22 \cdot 10^{-2}$
дірок D_p		$4,4 \cdot 10^{-3}$	$1,31 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$

Таблиця А3 – Перерахунок параметрів чотириполюсника

	z		y		h	
z	z_{11}	z_{12}	$\frac{y_{22}}{\Delta y}$	$\frac{y_{12}}{\Delta y}$	$\frac{\Delta h}{h_{22}}$	$\frac{h_{12}}{h_{22}}$
	z_{21}	z_{22}	$\frac{-y_{21}}{\Delta y}$	$\frac{y_{11}}{\Delta y}$	$\frac{-h_{21}}{h_{22}}$	$\frac{1}{h_{22}}$
y	$\frac{z_{22}}{\Delta z}$	$\frac{-z_{12}}{\Delta z}$	y_{11}	y_{12}	$\frac{1}{h_{11}}$	$\frac{-h_{12}}{h_{11}}$
	$\frac{-z_{21}}{\Delta z}$	$\frac{z_{11}}{\Delta z}$	y_{21}	y_{22}	$\frac{h_{21}}{h_{11}}$	$\frac{\Delta h}{h_{11}}$
h	$\frac{\Delta z}{z_{22}}$	$\frac{z_{12}}{z_{22}}$	$\frac{1}{y_{11}}$	$\frac{-y_{12}}{y_{11}}$	h_{11}	h_{12}
	$\frac{-z_{21}}{z_{22}}$	$\frac{1}{z_{22}}$	$\frac{y_{21}}{y_{11}}$	$\frac{\Delta y}{y_{11}}$	h_{21}	h_{22}

Таблиця А4 – Зв'язок між h -параметрами транзистора в різних схемах включення

$h_{11E} = \frac{h_{11B}}{1 + h_{21B}};$	$h_{11K} = h_{11E};$	$h_{11B} = \frac{h_{11E}}{1 + h_{21E}};$
$h_{12E} = \frac{h_{11B}h_{22B}}{1 + h_{21B}};$	$h_{12K} = 1;$	$h_{12B} = \frac{h_{11E}h_{22E} - h_{12E}}{1 + h_{21E}};$
$h_{21E} = -\frac{h_{21B}}{1 + h_{21B}};$	$h_{21K} = h_{21E} + 1;$	$h_{21B} = -\frac{h_{21E}}{1 + h_{21E}};$
$h_{22E} = \frac{h_{22B}}{1 + h_{21B}};$	$h_{22K} = h_{22E};$	$h_{22B} = \frac{h_{22E}}{1 + h_{21E}}.$

Навчальне видання

**Методичні вказівки,
програма і контрольні завдання
з дисципліни «Твердотільна електроніка»
для студентів заочної форми навчання напрямів
«Мікро- та наноелектроніка»
і «Електронні пристрої та системи»**

Редактор О. Ткачук

Укладач Кравченко Юрій Степанович

Оригінал-макет підготовлено Ю. Кравченком

Підписано до друку 03.05.2017 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Ум. др. арк. 0,69.
Наклад 40 прим. Зам. № 2017-092.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.
press.vntu.edu.ua;
Email: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.