

## ЗМІСТ

Передмова . . . . .	5
Прийняті скорочення . . . . .	9
Використані символи . . . . .	12
Вступ . . . . .	15
<b>1. Теоретичні основи елементів MEMS . . . . .</b>	<b>24</b>
1.1. Ефекти масштабу в мікросистемній техніці . . . . .	24
1.2. Електромеханічні аналогії . . . . .	32
1.3. Сенсори та актуатори . . . . .	40
1.3.1. Ємнісні чутливі елементи . . . . .	42
1.3.2. Індуктивні чутливі елементи . . . . .	49
1.3.3. Електростатичні перетворювачі . . . . .	51
1.3.4. Напівпровідникові датчики. . . . .	54
1.3.5. Тензорезистивні перетворювачі фізичних величин . . . . .	56
1.3.6. Субмікронні магнітні сенсори. . . . .	59
1.3.7. Датчики концентрації газів . . . . .	64
1.3.8. Мікрокабелі на поліімідному носії . . . . .	67
1.3.9. Міжз'єднання та кросбари . . . . .	71
1.3.10. Оптоволоконні позиціонери . . . . .	80
Запитання та завдання для самоперевірки . . . . .	81
<b>2. Математичні моделі типових елементів MEMS та система автоматизованого проектування МСТ . . . . .</b>	<b>83</b>
2.1. Математичні моделі балок . . . . .	95
2.2. Математичні моделі напівпровідникових датчиків. . . . .	107
2.3. Математичні моделі мембран . . . . .	119
2.4. Математичні моделі зустрічно-штирьових резонаторів . . . . .	127
Запитання та завдання для самоперевірки . . . . .	129
<b>3. Матеріали для MEMS та НТ . . . . .</b>	<b>131</b>
3.1. Електричні та механічні властивості кремнію. . . . .	131
3.2. Вуглецеві форми матеріалів . . . . .	140
3.3. Провідникові матеріали. . . . .	151
3.4. Феромагнітні рідини . . . . .	160
3.5. Фотонні кристали . . . . .	163
3.6. Кераміка . . . . .	164
3.7. Полімерні матеріали . . . . .	166
3.8. ДНК . . . . .	167
3.9. Інтелектуальні матеріали . . . . .	169
Запитання та завдання для самоперевірки . . . . .	171
<b>4. Технології MEMS. . . . .</b>	<b>172</b>
4.1. Технологія LIGA . . . . .	181
4.2. MUMPS-технологія виготовлення мікродвигуна . . . . .	186
4.3. Технологія SUMMIT і SUMMIT-V . . . . .	187
4.4. Особливості травлення МКК. . . . .	190
Запитання та завдання для самоперевірки . . . . .	195

<b>5. MEMC прилади . . . . .</b>	<b>196</b>
5.1. Елементи сонячних батарей . . . . .	198
5.2. Гальванічні елементи . . . . .	211
5.3. Струминні друкуючі голівки . . . . .	215
5.4. Паливні елементи . . . . .	216
5.5. Мікрофон — телефон, слухові апарати . . . . .	218
5.6. MEMC проектори зображень . . . . .	219
5.7. Акселерометри . . . . .	220
5.8. Мікрогіроскопи . . . . .	224
5.9. Конденсат Бозе — Ейнштейна . . . . .	232
Запитання та завдання для самоперевірки . . . . .	234
<b>6. Міні-, мікро- та нанороботи . . . . .</b>	<b>236</b>
Питання та завдання для самоперевірки . . . . .	253
<b>7. Нанотехнології . . . . .</b>	<b>254</b>
7.1. Наноімпринтинг або нанодруківана літографія (НДЛ) . . . . .	258
7.2. Нанотехнології самоскладання . . . . .	267
7.3. Методи дослідження в нанотехнологіях . . . . .	269
7.4. Біотехнології . . . . .	280
7.5. Нанобіологічні структури . . . . .	285
Запитання й завдання для самоперевірки . . . . .	293
Висновки . . . . .	294
Перелік посилань . . . . .	299
Словник термінів . . . . .	311
Додаток 1. Періодична система елементів Д. І. Менделєєва . . . . .	315
Додаток 2. Види деформацій мікромеханічних елементів. Основні розрахункові формули . . . . .	316
Додаток 3. Фундаментальні константи . . . . .	331
Додаток 4. Тензори однорідних напруг та деформацій 4-го рангу . . . . .	334
Додаток 5. Латинський і грецький алфавіти . . . . .	337
Додаток 6. Проектування елементів мікросистемної техніки . . . . .	338
Д6.1. Мова опису елементів мікросистем VHDL-AMS . . . . .	338
Д6.2. Проектування елементів МСТ у САПР Tanner Pro . . . . .	345
Д6.3. Проектування елементів МСТ у САПР CoventorWare . . . . .	351
Д6.4. Програма кінцево-елементного моделювання ANSYS . . . . .	356
Додаток 7. Науково-дослідні прилади для MEMC та НТ . . . . .	360
Додаток 8. Кольорові ілюстрації . . . . .	368
Додаток 9. Технологічне обладнання для виробництва MEMC . . . . .	404
Додаток 10. Технологічне обладнання для наноімпринтинга . . . . .	406
Предметний покажчик . . . . .	411