

## **Анотація до курсу лекцій «Напівпровідникова сенсорика»**

Взаємодія двох тіл неорганічних, органічних, біологічних у природі полягає в тому, що одне з них діє на друге тіло певним чином, а друге тіло сприймає цю дію і відповідним чином реагує. Такий спрощений процес характерний і для живої, і для неживої природи, а існує стільки, скільки існує матерія.

В цій моделі перше тіло виступає в ролі джерела інформації, а друге тіло «відчуває», сприймає цю інформацію і певним чином на неї відгукується (реагує).

З того часу, як з'явилися у природі живі об'єкти, суттєво зросло різноманіття сенсорних взаємодій. Особливо це стало відчутно після появи у природі людини. Фактично, усі взаємодії людини із зовнішнім світом відбуваються завдяки її сенсорним комплексам і системам. У людини функціонує також і сенсорна система оцінювання стану її внутрішніх органів, контролю їх роботи та підтримки їх діяльності на належному рівні. Взаємодія таких двох сенсорних систем і забезпечує гармонійне життя та діяльність людини.

Діапазон умов комфортного існування людини дуже вузький. Такі системи не лише визначають поточні параметри процесу, але й передають їх до комп'ютерних мереж обробки інформації і управління характеристиками виробництва чи місця перебування людини, наприклад, житловий відсік космічного апарату.

Інтенсивний розвиток технологій виробництва мікросхем, створення комп'ютерних мереж та комп'ютерів самих по собі сприяли в останні двадцять п'ять років інтенсивному розвитку електроніки сенсорів (сенсорика) та виробництву власне самих сенсорів та пристроїв на їх основі.

У сучасному світі налічується тисячі різних видів сенсорів, які можуть ділитись та класифікуватись за принципом дії, за призначенням, за точністю і т. п.

Основна увага в курсі лекцій приділяється розгляду фізичних процесів у різних сенсорах, фізичним принципам їх дії, аналізу їх фізичних характеристик.

Спеціальний курс «Напівпровідникова сенсорика» призначений для студентів старших курсів фізичних спеціальностей університетів, докторантів та фахівців і дослідників, які працюють в області створення та вивчення та застосування сенсорів.

В розділі першому аналізується необхідність сенсорів та їх роль у діяльності людства та вводиться первинне поняття сенсор, яке у подальшому в наступних розділах удосконалюється.

Класифікація сенсорів аналізується у розділі 2. Зокрема, описуються прості сенсори, пасивні та активні сенсори, сенсорні комп'ютерні системи, інтелектуальні сенсори. Розділ завершується класифікацією сенсорів.

Важливим розділом є 3-ій, в якому описані характеристики сенсорів, зокрема, характеристики перетворення, статичні характеристики сенсорів, передаточна функція, діапазон величин, що вимірюються, діапазон вихідних величин, точність сенсорів. Крім того, аналізуються відтворюванність, мертва зона, роздільна здатність, динамічні характеристики сенсорів, процеси їх старіння, а також надійність сенсорів.

Значна частина курсу лекцій призначена фізичним основам і принципам роботи сенсорів. Вони аналізуються у розділі 4, зокрема, розглядаються оптичні сенсори, їх види та загальні характеристики, конструкції чутливих елементів фотосенсорів, основні їх характеристики і параметри. На основі цих даних вводиться класифікація оптичних сенсорів. Як приклад практичного застосування оптичних сенсорів розглядається робота першого сенсору гемоглобіна на явищі відбитті світла. Аналізуються принципи роботи оптичних сенсорів на основі таких явищ як поверхневий плазмонний резонанс та люмінесценція. Приводяться приклади практичного їх застосування для різних видів аналізу, наприклад, люмінесцентних сенсорів у сфері газового аналізу та інших практичних використаннях. Одним із таких прикладів аналізується люмінесцентні сенсори на основі наночастинок  $\text{TiO}_2$ , розглядається

конструкція газового сенсору, його основні технічні параметри та характеристики, такі як базові фізичні принципи роботи, робота сенсорів на основі МОН, сенсори на основі бар'єра Шоткі, метод Кельвіна та деякі інші. Аналізуються сенсори тепла, такі як терморезистори, термопари, напівпровідникові діоди, пірометри, тепловізори, приводяться їх технічні характеристики і параметри. Розглянуто сенсори переміщення, такі як ємнісні, індуктивні та трансформаторні сенсори та показано як складається глобальна система орієнтування. Коротко описані сенсори коливальних систем та хроматографічні сенсори.

На основі фізичних властивостей акустичних хвиль аналізуються акустичні сенсори, які можуть бути створені як на основі об'ємних так і поверхневих акустичних хвиль. Коротко описано використання акустичних сенсорів для прослуховуючих пристроїв, а також активних сенсорів.

Розділ 5 присвячений напівпровідниковим сенсорам. На початку розглядаються прості відомості про мікросистемні технології, далі розглядаються сенсори на основі елементарної бінарної та складної напівпровідникової структури, зокрема сенсори деформації та фотосенсори. Окремо аналіз приділено сенсорам на основі метал-оксидних напівпровідників (зонна діаграма на поверхні напівпровідника, рівняння Пуассона, концентрація хемосорбованих частинок на поверхні сенсорів). Приділяється увага механізмам провідності метал-оксидних сенсорів, розглядаються особливості і характеристики даного типу сенсорів.

Важливе місце займають аспекти феноменологічної теорії напівпровідникових сенсорів. Тут вводиться універсальне визначення адсорбції чутливості сенсорів  $\beta$ , розглядається залежність цього параметру від фундаментальних та основних характеристик сенсорів. Окрема розглядається залежність  $\beta$  від поверхневого потенціалу. На завершення розділу 5 аналізуються основні властивості кінетики адсорбції Ленгмюра і на цій основі розглядається дослідження хемосорбції акцепторних частинок на неоднорідній поверхні сенсора та демонструються як експериментально визначити

енергетичні параметри газових сенсорів. Окрема увага приділяється визначенню енергії зв'язку адсорбованих частинок з поверхні напівпровідникового сенсора.

У розділі 6 розглядаються сенсори нового покоління створені на основі сучасних технологій із новітніх наноматеріалів. Спочатку аналізуються характерні особливості наноматеріалів та механізми струмоперенесення в наноструктурованих напівпровідниках. Як приклад розглядається газовий сенсор на основі нанопоруватого кремнію. Аналізуються сенсорні властивості і інших наноструктурних матеріалів: діоксида олова, діоксида титану, діоксида цинку. Коротко розглянуто можливості створення і застосування наноструктурованих оксидних матеріалів для використання в біосенсориці. Завершується розділ оглядом можливостей застосування квантових точок у сенсориці.