

Змістовий модуль 1. Предмет і завдання дисципліни. Класифікація напівпровідників.

Тема 1. Предмет і завдання дисципліни. Класифікація напівпровідників.

Предмет і завдання дисципліни. Становлення та розвиток металургії напівпровідникових матеріалів. Класифікація і загальна характеристика напівпровідникових матеріалів.

Предмет і завдання дисципліни.

Метою викладання дисципліни «Виробництво напівпровідників» є засвоєння знань та придбання навичок, необхідних для раціонального вибору технологічних схем і устаткування для виробництва заданого виду напівпровідникового матеріалу, вибору основних і допоміжних матеріалів, що застосовуються при виробництві напівпровідників.

Завданням дисципліни є застосувати отримані знання для вирішення конкретних завдань виробництва напівпровідників, визначати процеси за якими раціональніше виготовляти напівпровідники, опанувати технологічні розрахунки.

Загальні відомості про напівпровідники.

До напівпровідників відноситься велика кількість речовин з електронною електропровідністю, питомий опір яких при нормальній температурі знаходиться між значеннями питомого опору провідників і діелектриків. Основною особливістю напівпровідників є їх здатність змінювати свої властивості під впливом різних зовнішніх дій (зміна температури і освітлення, додаток електричного і магнітного полів, зовнішнього тиску і т.д.). На відміну від металів напівпровідники мають в

широкому інтервалі температур негативний температурний коефіцієнт питомого опору. Факт зменшення питомого опору при нагріванні твердих тіл вперше був встановлений Фарадеєм ще в 1833 р. при дослідженні властивостей сірчистого срібла. Тому Фарадея можна вважати першовідкривачем класу напівпровідникових матеріалів.

Властивості напівпровідників дуже сильно залежать від змісту домішок, навіть в малих кількостях присутніх в кристалі. При введенні домішки змінюється не тільки значення провідності, але і характер її температурної залежності. У цьому також полягає якісна відмінність напівпровідників від металів, в яких домішки, незалежно від їх природи, завжди знижують провідність, не роблячи істотного впливу на характер температурної залежності.

Висока «чутливість» напівпровідників до домішок, вимога високого ступеня чистоти і структурної досконалості кристалів з'явилися однією з головних причин того, що тривалий час (більше 100 років) потенційні можливості напівпровідників не використовувалися. Лише значний прогрес в технології отримання надчистих речовин і вирощування монокристалів дозволив усунути принципові бар'єри на шляху цілеспрямованого вивчення специфічних властивостей напівпровідників і їх широкого практичного застосування. Особливо бурхливий розвиток переживає напівпровідникова електроніка після винахід в 1948 р. транзистора. Цей рік ознаменував нову еру в електроніці і сприяв розвитку фундаментальних досліджень у області фізики напівпровідників і напівпровідникових матеріалів і приладів. Масове застосування напівпровідників викликало корінне перетворення в радіотехніці, кібернетиці, автоматиці, телемеханіці. Вдосконалення напівпровідникової технології дозволило вирішити завдання мікромініатюризації і інтеграції електронної апаратури.

В даний час теорія напівпровідників досягла такого рівня, при якому можна свідомо управляти властивостями матеріалів і приладів на їх основі, наперед передбачати їх поведінку в конкретних умовах експлуатації.

Напівпровідникові матеріали є складовою частиною електротехнічних матеріалів, рис.1.1. Тому організація промислового виробництва напівпровідникових матеріалів дозволила освоїти випуск різноманітних напівпровідникових матеріалів.

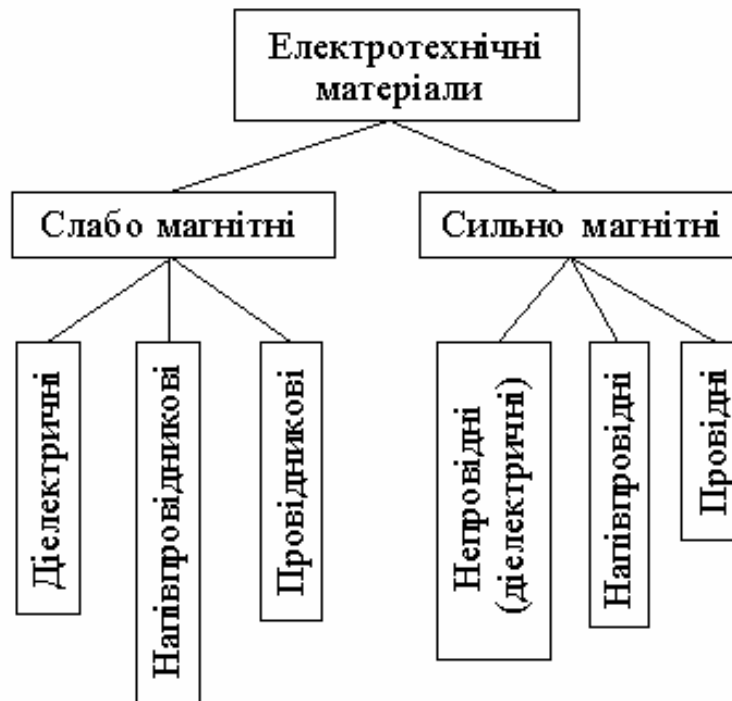


Рисунок 1.1 – Класифікація електротехнічних матеріалів

Класифікація напівпровідникових матеріалів

Всі напівпровідники по їх складу можна розділити на прості і складні. До перших відносяться елементи: бір, вуглець (у формі алмазу), германій, кремній, сірка, селен, сурма, телур і йод, що володіє чітко вираженими напівпровідниковими властивостями. Самостійне практичне застосування з них в даний час знайшли тільки германій, кремній і селен. Решта елементарних напівпровідників самостійного застосування не має і використовується як легуючі добавки до германію і кремнію або компонентів складних напівпровідників.

До групи складних напівпровідників входять неорганічні з'єднання, що володіють напівпровідниковими властивостями і що складаються з двох,

трьох і більшого числа елементів. Як приклад таких з'єднань можна привести GaAs, Bi₂Te₃ або ZnSiP₂.

Бінарні з'єднання, так само як це прийнято в неорганічній хімії, називаються по найменуванню «аніона» - того компонента з'єднання, у якого металеві властивості виражені слабкіше, ніж у іншого, званого «катионом». Тоді бінарні з'єднання, що містять миш'як, називатимуться арсенідами, сірку - сульфідами, телур - телуридами, вуглець - карбідами і т.д.

Однотипні напівпровідникові з'єднання об'єднують в групи за ознакою номера групи Періодичної системи елементів, до яких належать компоненти з'єднання. Групи напівпровідникових з'єднань позначаються буквами латинського алфавіту: А - перший компонент з'єднання, В - другий, С - третій і т.д. Букви мають індекси. Верхній, такий, що проставляється римськими цифрами, позначає групу Періодичної системи елементів, до якої належить даний компонент. Нижній індекс, що проставляється арабськими цифрами, позначає стехіометричний коефіцієнт. Наприклад, фосфід індію InP належить до групи напівпровідникових з'єднань A^{III}B^V, телурид вісмуту Bi₂Te₃ - до групи A₂^VB₃^{VI}, з'єднання ZnSiP₂ - до групи A^{II}B^{IV}C₂^V і т.д.

Тетраедричній координацією атомів в структурі речовини, що забезпечує наявність у нього напівпровідникових властивостей, володіють не тільки з'єднання - фази постійного складу, але і фази змінного складу - тверді розчини. У таких фазах частина вузлів в структурі зайнята атомами іншого елемента. Такого типу тверді розчини, звані твердими розчинами заміщення, найбільш характерні для напівпровідникових фаз змінного складу.

Тверді розчини позначаються тільки нижніми індексами у елементів і визначають їх атомну частку в твердому розчині. Наприклад, твердий розчин між германієм і кремнієм в загальному вигляді виражається формулою Si_{1-x}Ge_x, а між з'єднаннями InAs і InP - формулою InAs_{1-x}P_x, де x - атомна частка компонента твердого розчину (x - завжди менше одиниці).

У першому наближенні атомна частка елемента в твердому розчині, утвореному напівпровідниковими з'єднаннями, може бути прирівняна

мольній частка цього з'єднання в твердому розчині, а остання може бути перерахована на молярний відсоток. Наприклад, твердий розчин $\text{InAs}_{0,8}\text{P}_{0,2}$ містить 0,2 атомні долі фосфору або близько 0,2 мольні частка InP або близько $0,2 \cdot 100 = 20\%$ (мол.)/ InP .

Оскільки і розчинник і розчинена речовина в твердому розчині володіють однаковим типом структури, то параметр решітки твердого розчину змінюється приблизно лінійно від одного до іншого компоненту. Така залежність одержала назву правила Вегарда.

Фізичні і напівпровідникові властивості також міняються із зміною концентрації розчиненої речовини, проте ця залежність, як правило, не носить лінійного характеру. Тверді розчини дозволяють розширити набір фізичних властивостей, потрібних сучасною технікою від напівпровідникових матеріалів.

Кількість складних напівпровідників, відомих в даний час, дуже велике і складає багато сотень. До них відносяться також ферити, органічні напівпровідники і ін. Найбільш важливими в практичному відношенні з них є напівпровідникові з'єднання типу $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$, $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$ і деякі інші. Слід зазначити, що ці з'єднання так само, як і германій і кремній, в більшості випадків володіють тетраедричною координацією атомів в решітках, при яких кожен атом має як сусіди чотири інших або подібних йому атомів. Мабуть, тетраедрична координація атомів в решітках речовини найбільш сприятлива для прояву у нього напівпровідникових властивостей.

Проте наявність напівпровідникових властивостей у речовин, що кристалізуються в решітках інших структурних типів, а також у деяких аморфних неорганічних з'єднань (стекло), органічних сполук і розплавів напівпровідників (рідкі напівпровідники), ще раз підтверджує провідне значення ковалентного типу хімічного зв'язку.