



**Сумський
державний
університет**



МАТЕРІАЛИ І КОМПОНЕНТИ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАТЕРІАЛИ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Викладач: к.ф.-м.н., доцент Пазуха І.М.

Суми-2022

Види хімічного зв'язку

Гомеополярний (ковалентний) - зв'язок, що утворюється в речовині шляхом об'єднання атомів у молекулу або кристал за рахунок електронів, які стають загальними для пар атомів.

- *Дипольна молекула характеризується дипольним моментом: $p = e \cdot l$.*

Заряд електрона $e \approx 2 \cdot 10^{-19}$ Кл, відстань $l \sim 10^{-10}$ м, тому дипольні моменти молекул $p = 5 \cdot 10^{-29} - 10^{-30}$ Кл·м.

- *Гомеополярний зв'язок є типовим для органічних молекул і спостерігається також у твердих речовинах неорганічного походження, якщо їх кристалічна решітка складається з атомів.*

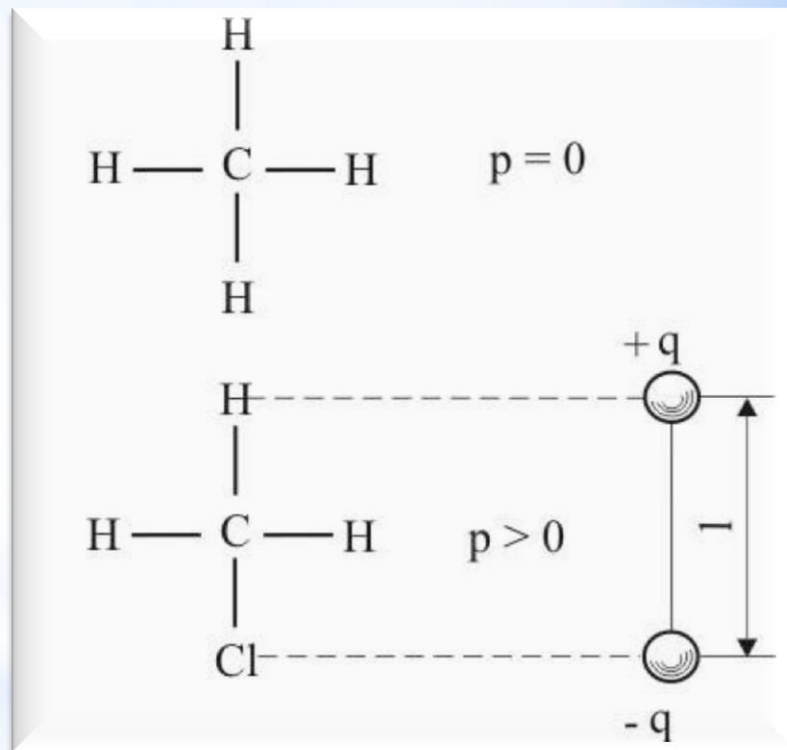


Рисунок 1 - Приклади неполярної (симетричної) і полярної (несиметричної) молекул

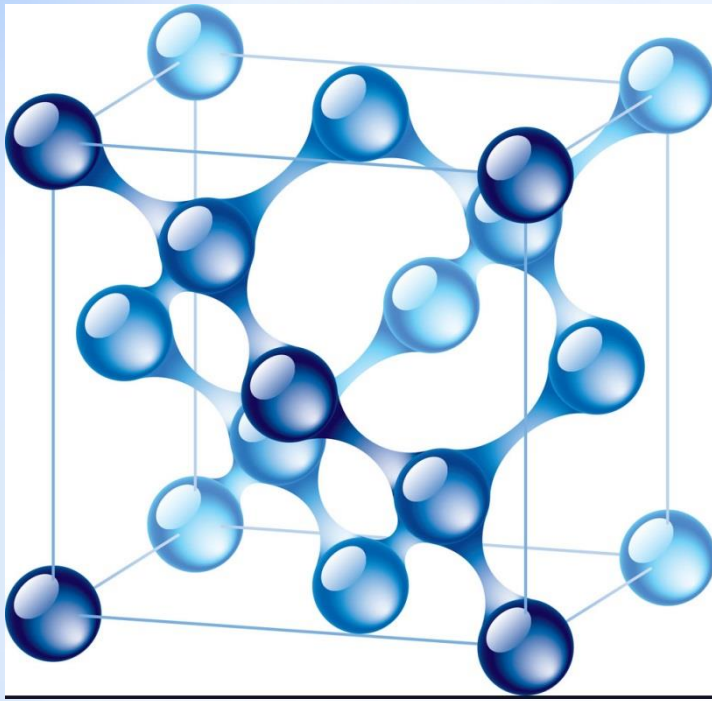


Рисунок 2 - Структура алмазу
(германію, кремнію)

Ковалентний зв'язок характеризується високою міцністю,



такі речовини як алмаз, кремній та карбід кремнію характеризуються високою твердістю та високою температурою плавлення

Готерополярний (іонний) - зв'язок, що виникає внаслідок переходу валентних електронів від металевого атома до металоїдного і електростатичного притягання різнойменно заряджених іонів.

- *Цей вид хімічного зв'язку реалізується в іонних кристалах.*
- *Типовим прикладом іонних кристалів є галоїдні солі лужних металів*
- *Іонні решітки характеризуються високим координаційним числом, яке показує кількість найближчих іонів протилежного знака.*

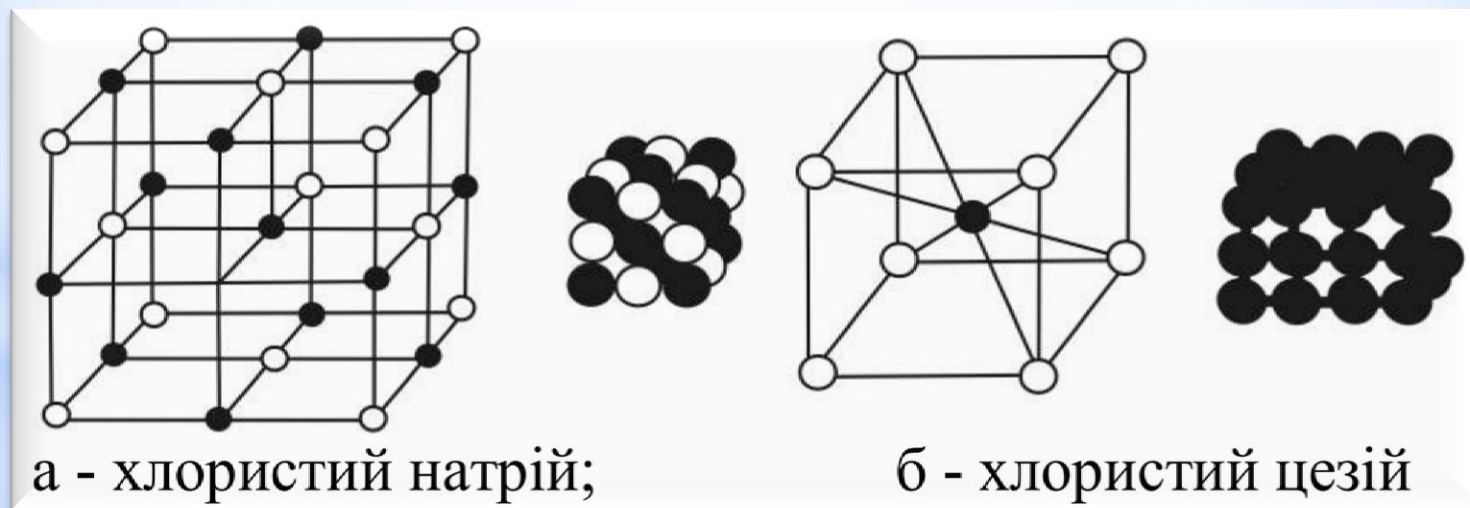


Рисунок 3 - Структура іонних кристалів

Металевий зв'язок - існує в системах, побудованих як остов з позитивних іонів, що перебувають у середовищі вільних колективізованих електронів, яке називають електронним газом.

Молекулярний зв'язок (зв'язок Ван-дер-Ваальса) - спостерігається в речовинах з ковалентним характером внутрішньомолекулярної взаємодії.

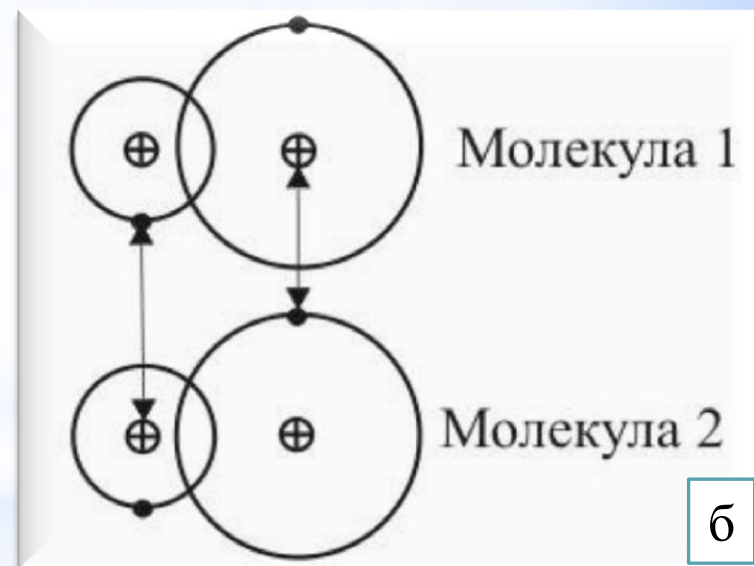
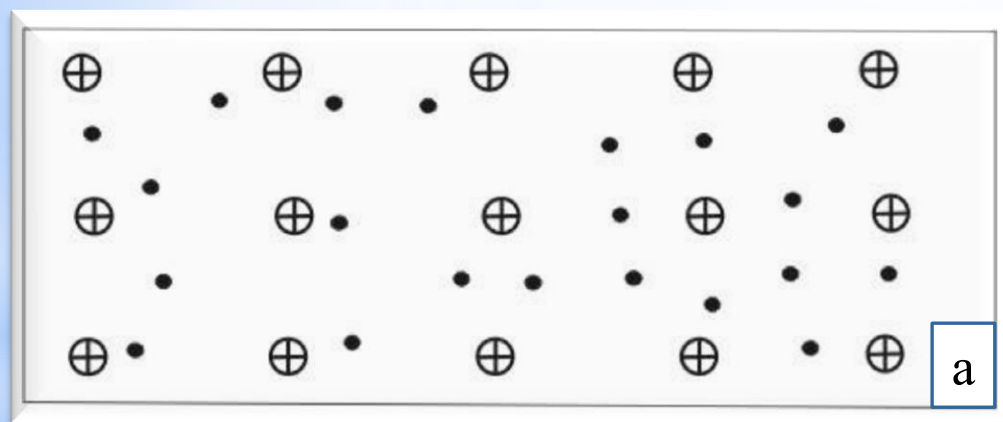


Рисунок 4 - Схеми міжатомних зв'язків: схема будови металевого кристалу (а);
схема утворення міжмолекулярного зв'язку Ван-дер-Ваальса (б)

Будова твердих тіл

Кристали - тверді тіла, в яких частинки (атоми, іони або молекули) розподілені в просторі періодично, утворюючи кристалічну решітку. Періодичність структури обумовлює періодичне потенційне поле кристалів.

Дефекти в будові кристалічних тіл

```
graph TD; A[Дефекти в будові кристалічних тіл] --> B[Динамічні (тимчасові)]; A --> C[Статичні (постійні)];
```

Динамічні (тимчасові)

Статичні (постійні)

Динамічні дефекти виникають

- ❖ при механічних, теплових або електромагнітних впливах на кристал,
- ❖ при проходженні через нього потоку частинок високої енергії й т.п.

Найпоширенішим видом динамічних дефектів є фоони - тимчасові порушення регулярності решітки, викликані тепловим рухом атомів.

Статичні (постійні)

атомні (точкові)

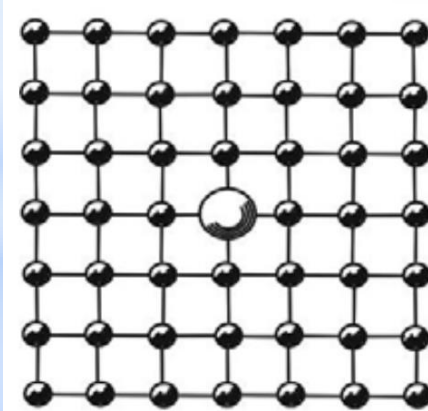
протяжні недосконалості
структури

Проявляються у вигляді:

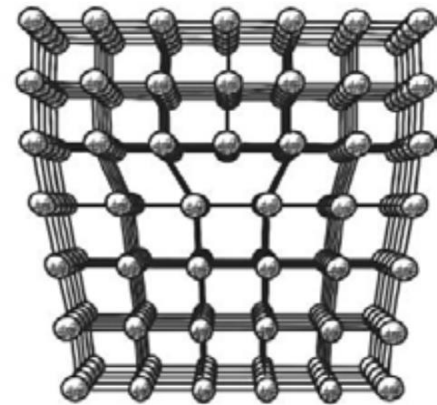
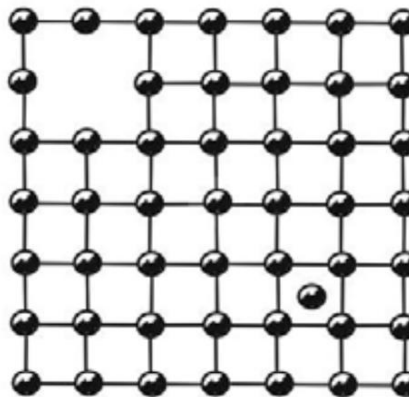
- ❖ незайнятих вузлів решітки (вакансій),
- ❖ у вигляді зміщення атома з вузла в міжвузлове положення,
- ❖ у вигляді впровадження в решітку чужорідного атома або іона.

- ❖ дислокації,
- ❖ дефекти укладки,
- ❖ границі зерен або двійників,
- ❖ пори,
- ❖ тріщини,
- ❖ мікрровключення іншої фази.

порожній вузол (вакансія)



сторонній атом у вузлі
решітки



перспективне зображення розташування
атомів біля крайової дислокації

Поліморфізм - здатність утворювати не одну, а дві й більше кристалічних структур, що є стійкими при різних температурах і тисках.

Поліморфні форми або алотропні модифікації - кристалічні структури, що відповідають матеріалам з поліморфізмом

Аморфні тіла - тіла з випадковим хаотичним розташуванням частинок. Утворюються через різке зменшення швидкості дифузії атомів при охолодженні розташовуванню затвердіння в процесі затвердіння

Склоподібний стан – стан, який характеризується дуже високою в'язкістю, що й обмежує дифузійну активність атомів і перешкоджає утворенню кристалічної фази.

Елементи зонної теорії твердого тіла

Зонна теорія твердого тіла - це теорія валентних електронів, що рухаються в періодичному потенційному полі кристалічної решітки.

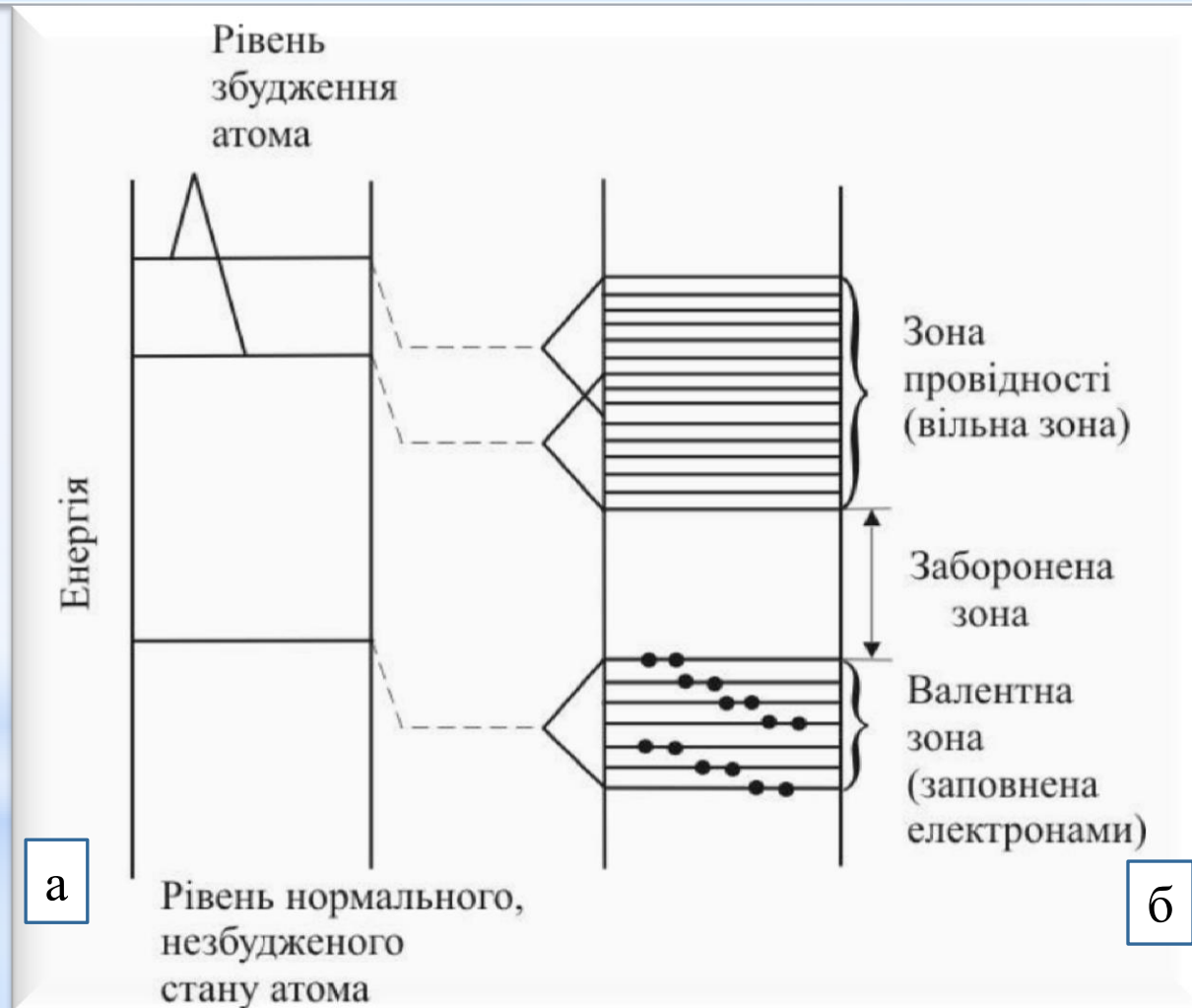


Рисунок 6 - Енергетичні діаграми при абсолютному нулі температури:
а - відокремлений атом; б - неметалічне тверде тіло

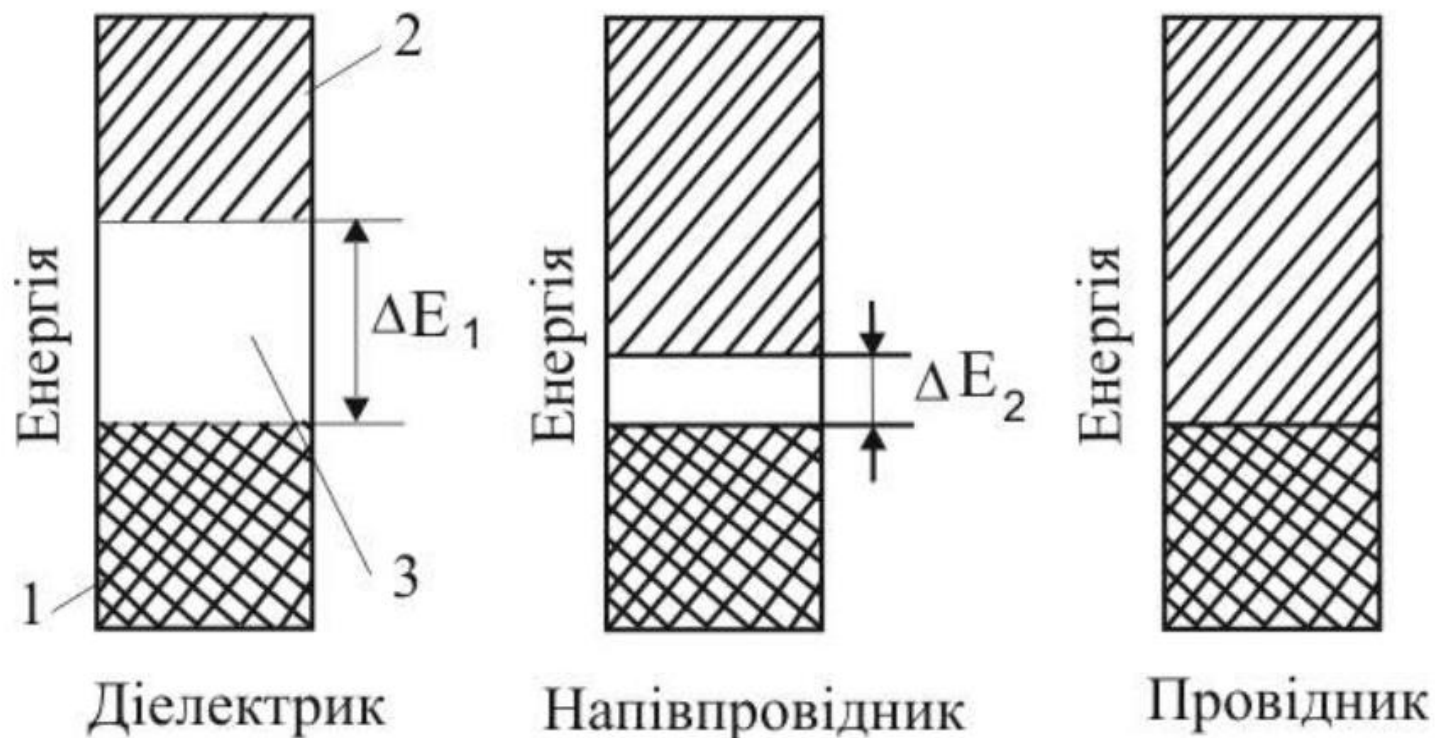
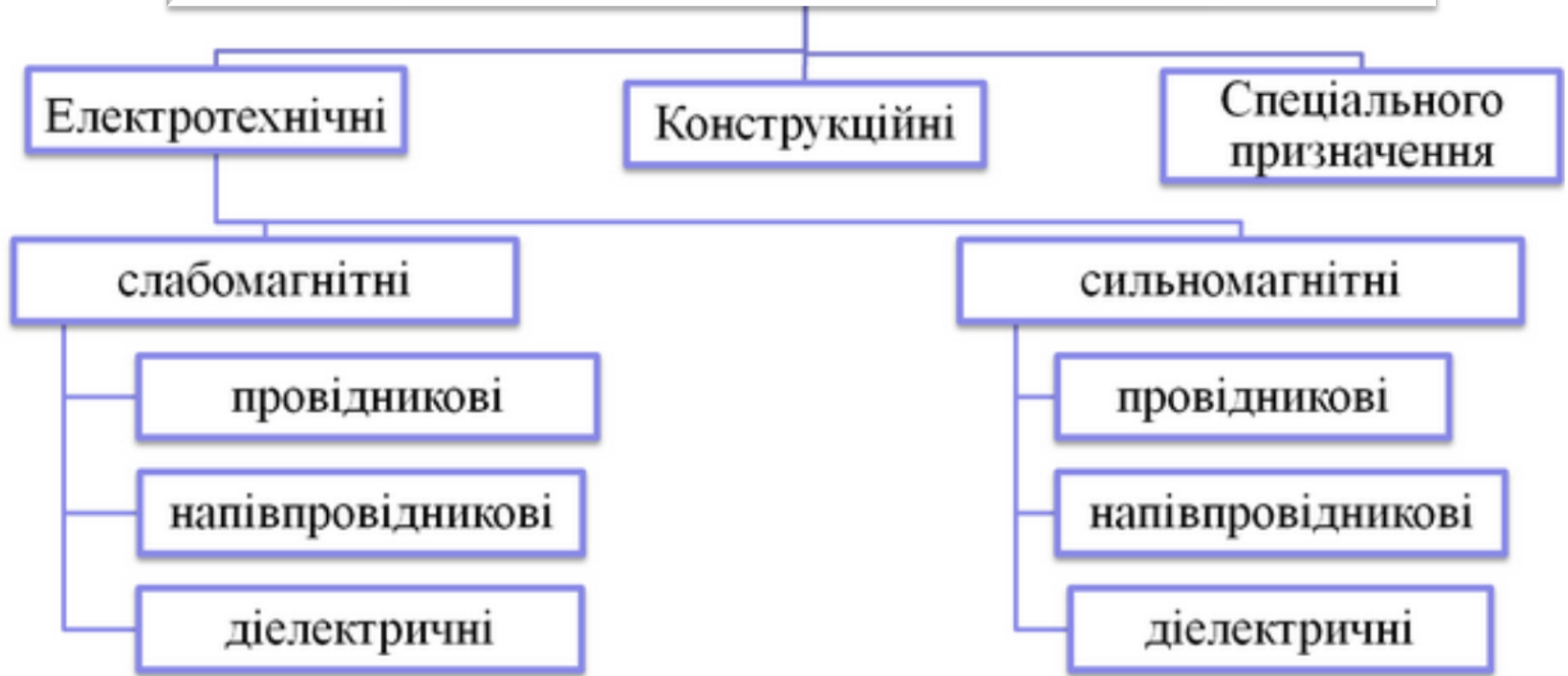


Рисунок 7 - Схема енергетичних зон твердих тіл: 1 - заповнена електронами зона; 2 - зона вільних енергетичних рівнів; 3 - заборонена зона шириною ΔE

Класифікація матеріалів мікроелектронних систем



Провідникові матеріали - матеріали, в яких переважає механізм провідності вільних електронів.

- ❖ Для провідникових матеріалів характерною є істотно виражена електропровідність.
- ❖ За практичним використання їх можна поділити на матеріали високої провідності й матеріали високого опору.

Напівпровідникові матеріали - матеріали, в яких переважає механізм електронно-діркової провідності.

Особливістю напівпровідникових матеріалів є значна залежність питомої провідності від концентрації та виду домішок або різних енергетичних впливів (температури, освітленості, електромагнітних полів тощо).

Діелектричні матеріали - матеріали, в яких переважає механізм йонної провідності.

- ❖ Діелектричні матеріали функціонально здатні поляризуватися й зберігати електростатичне поле.
- ❖ За своїм призначенням їх можна поділити на **пасивні** (електроізоляційні) та **активні** (сегнетоелектрики, п'єзоелектрики тощо) діелектрики.
- ❖ Властивостями активних діелектриків можна керувати за допомогою зовнішнього енергетичного впливу.

Основна характеристика матеріалів мікроелектронних систем - питома електропровідність σ , що є коефіцієнтом пропорційності між густиною струму j і напруженістю електричного поля E в законі Ома:

$$j = \sigma \cdot E.$$

Питома електропровідність σ залежить лише від властивостей матеріалу. Електропровідність чистих матеріалів та багатокомпонентних систем оцінюють за оберненою величиною – питомим опором, $\rho = 1/\sigma$.

Для основних груп матеріалів мікроелектронних систем питомий опір становить:

- для провідникових матеріалів - $\rho \leq 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- для напівпровідникових матеріалів - $\rho = 10^{-5} - 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- для діелектричних матеріалів - $\rho > 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Магнітні матеріали - матеріали, що можуть породжувати магнітне поле або видозмінювати зовнішнє.



Дякую за увагу!