

**Тема1 ФІЗИЧНІ ОСНОВИ
РОБОТИ
НАПІВПРОВІДНИКОВИХ
ПРИЛАДІВ**

1.1. Фізичні процеси в твердих тілах

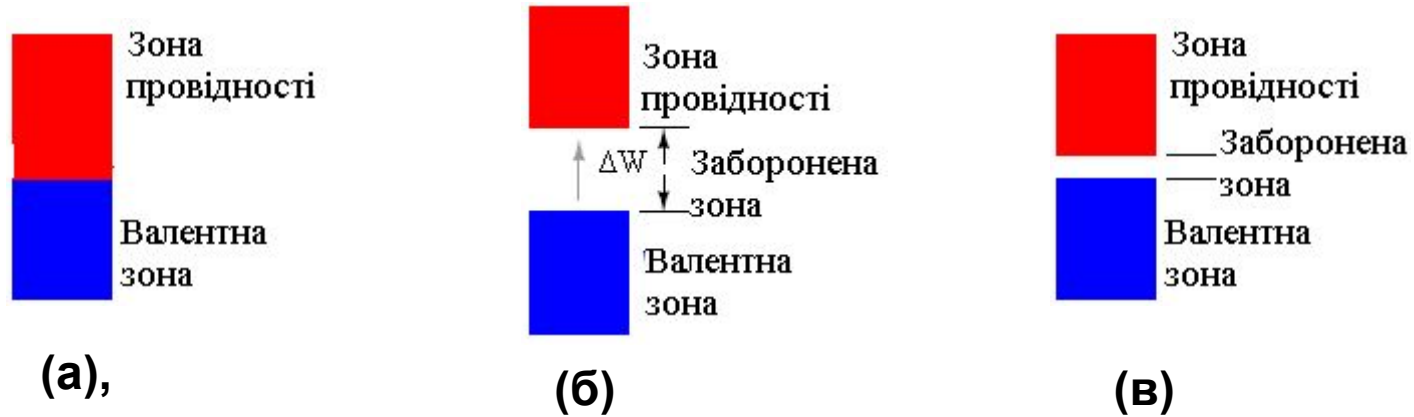
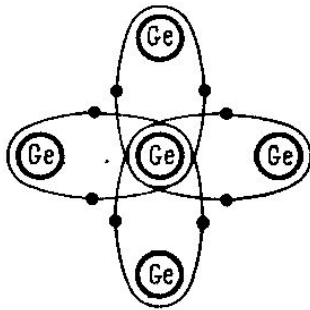
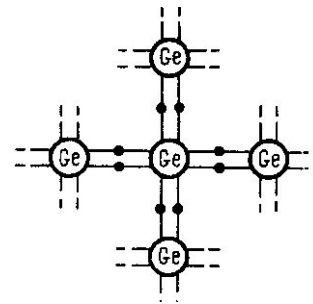


Схема рівнів енергії електронів для металу (а), діелектрика (б) та напівпровідника (в)

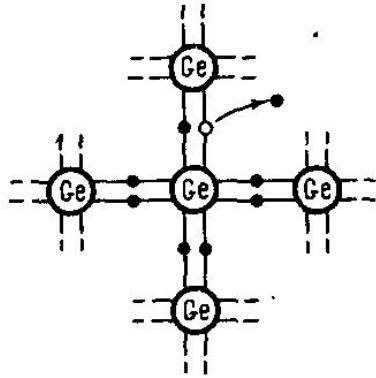


Ковалентний зв'язок між атомами германію

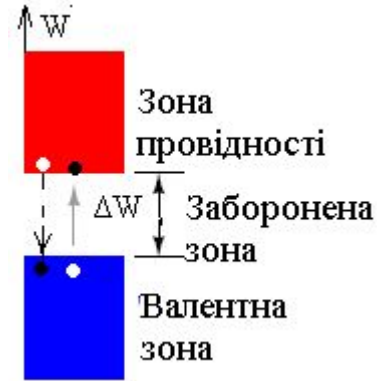


Площинна схема кристалічної ґратки германію

1.2. Власна електронна і діркова електропровідність. Струм дрейфу



Виникнення пари електрон-дірка



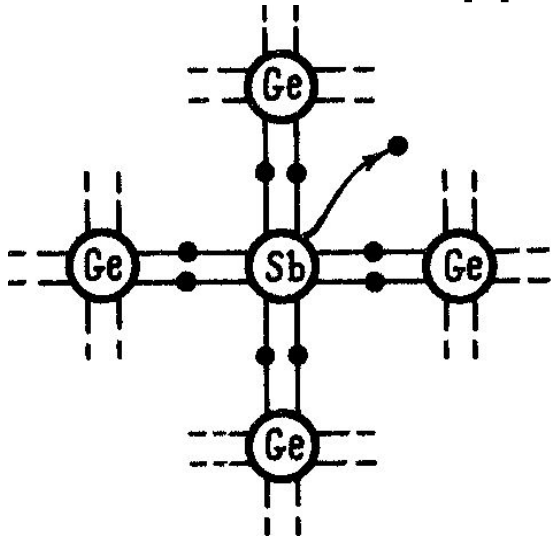
Енергетична структура напівпровідника

$$I_{\partial p} = I_{n.\partial p} + I_{p.\partial p} \quad J_{\partial p} = J_{n-пр} + J_{p-пр} \quad J_{n.дд} = n_i q_e V_n,$$

$$V_n = \mu_n \cdot E \quad \mu_n = V_n / E. \quad J_{n.\partial p} = n_i q_e \mu_n E.$$

для германію $\mu_n = 3600$ і $\mu_p = 1820$ (см²/В с),
а для кремнію $\mu_n = 1300$ і $\mu_p = 460$ (см²/В с).

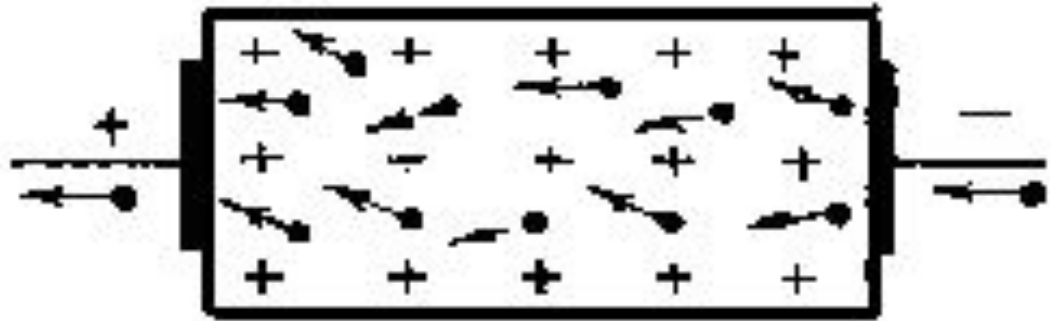
1.3 Домішкова електропровідність



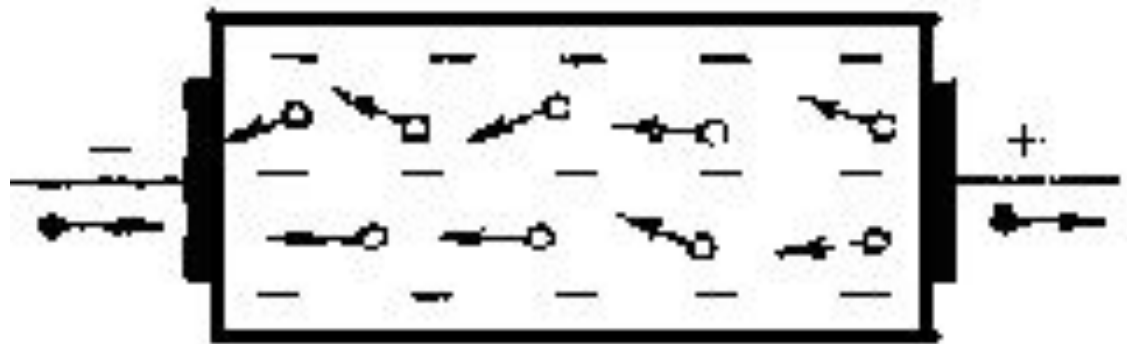
Виникнення домішкової
електронної
електропровідності

$$\sigma_n = n_n q_e \mu_n$$

$$\sigma_p = p_p q_e \mu_p$$



а)



б)

Струм в напівпровідниках з електронною (а)
і дірковою (б) електропровідністю

1.4 Дифузія носіїв заряду в напівпровідниках

$$J_{n.\text{диф}} = q_e \cdot D_n \cdot \Delta_n / \Delta_x$$

$$J_{n.\text{диф}} = -q_e \cdot D_p \cdot \Delta_p / \Delta_x,$$

$$L_n = \sqrt{\tau_n D_n}$$

$$L_p = \sqrt{\tau_p D_p}$$

ідр 4 і 5 Фізичні основи роботи електронно

$$E_{рез} = E_{вн} + E_{зн}$$

$$\varphi_{рез} = \varphi_k + U_{зн}$$

$$i_{зв} = i_{др} - i_{диф}$$

$$E_{рез} = E_{вн} - E_{зн}$$

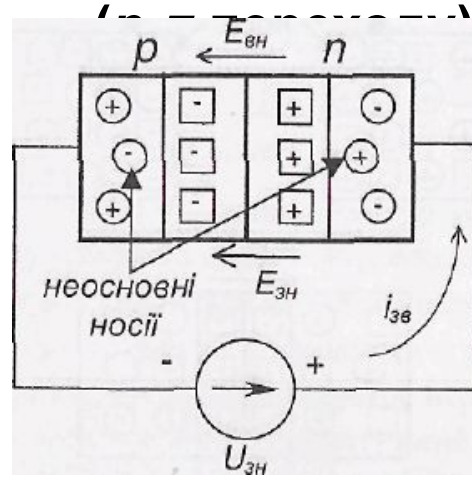
$$\varphi_{рез} = \varphi_k - U_{зн}$$

$$I_{пр} = I_{диф} - I_{др}$$

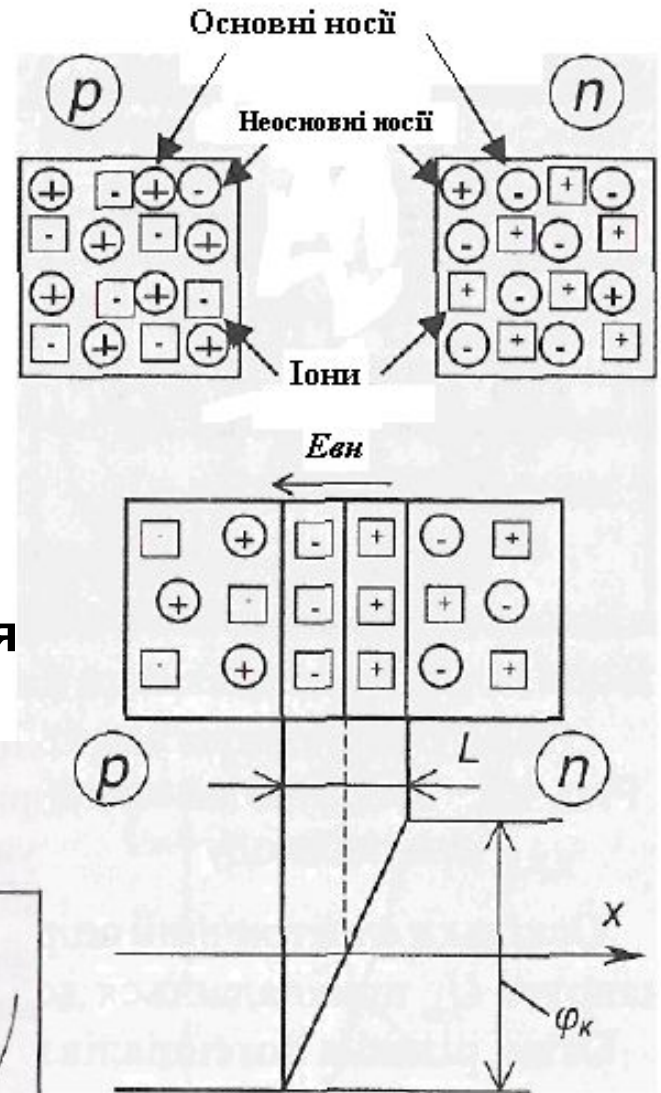
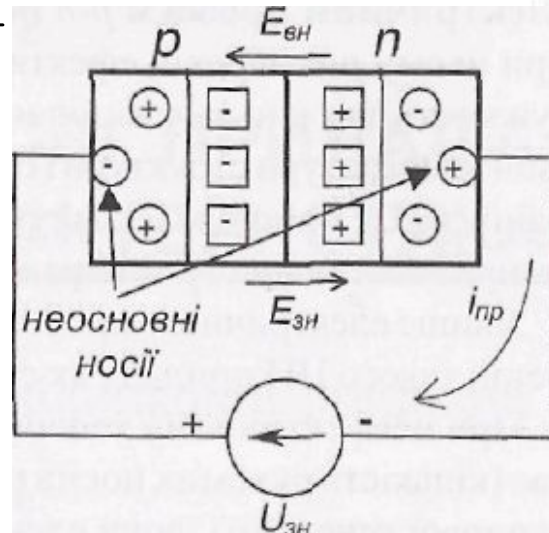
$$\varphi_T = \frac{kT}{q}$$

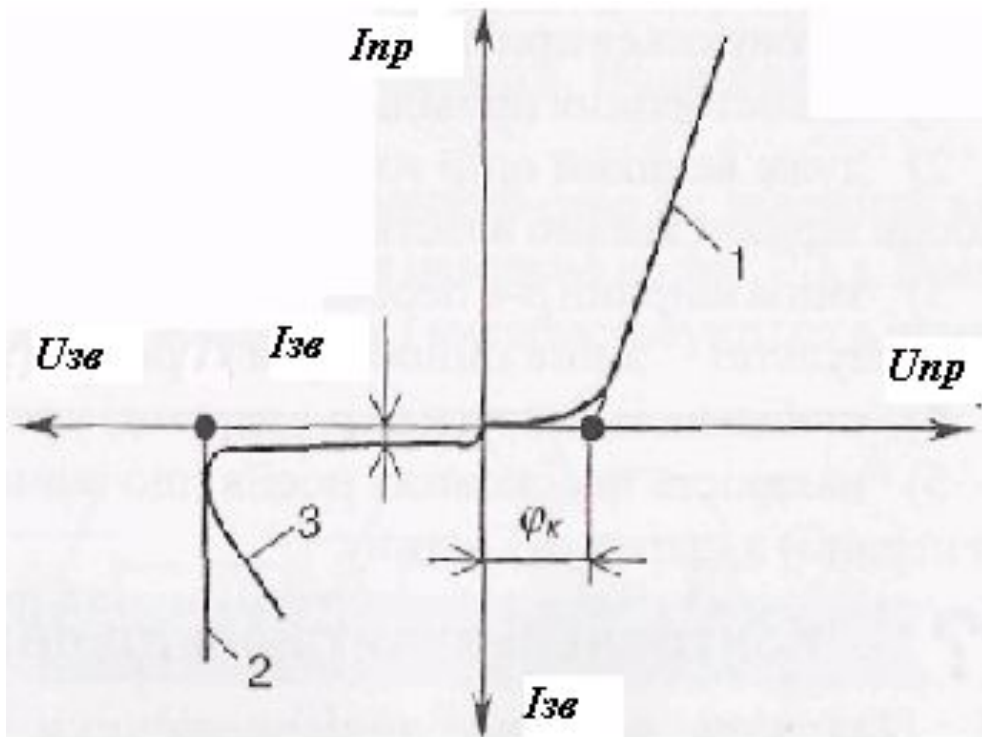
$$I = I_0 \left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right)$$

$$I = I_0 \left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right)$$

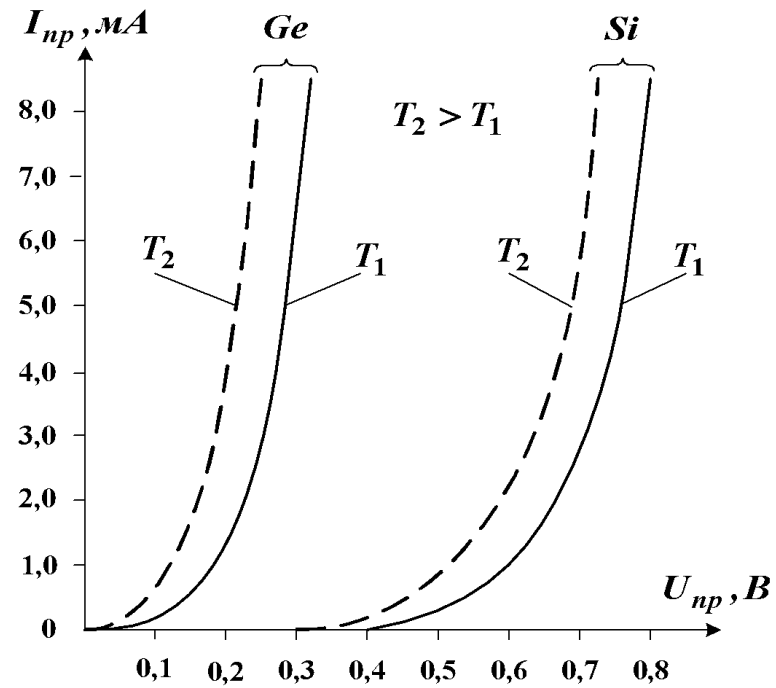


Зворотне вмикання р-п переходу

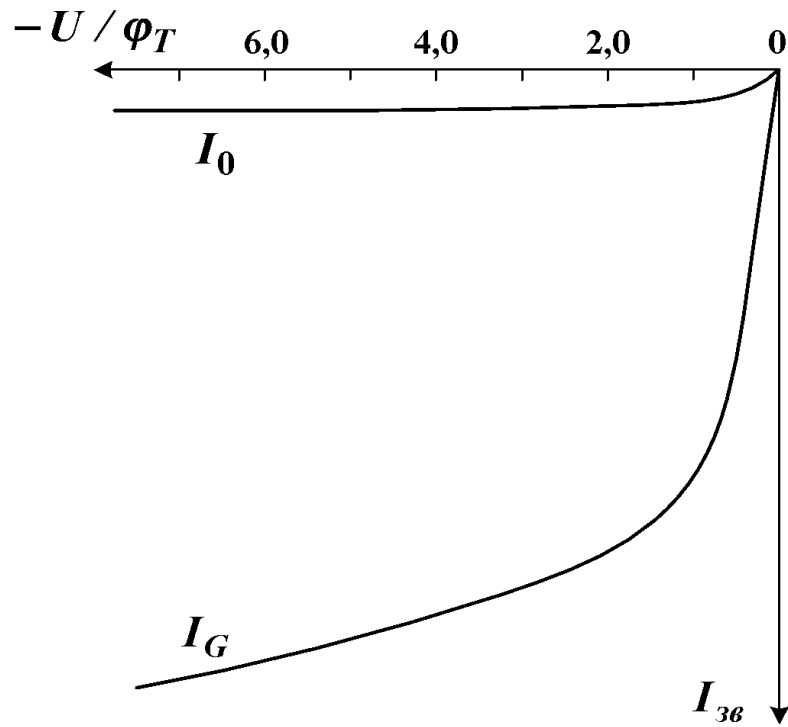
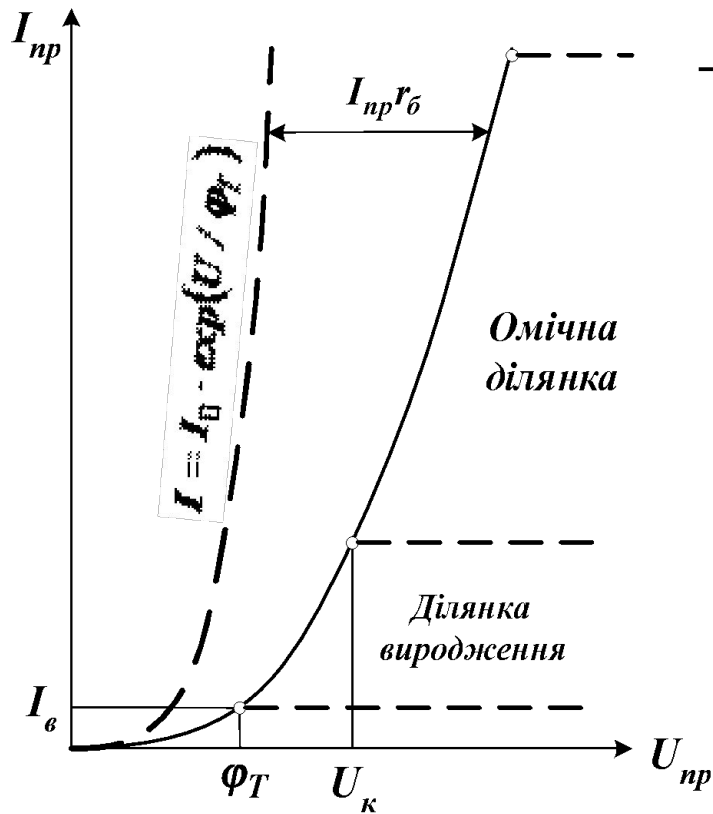




Теоретична ВАХ р-п переходу



Вольт-амперні характеристики ідеалізованих германієвого (Ge) і кремнієвого (Si) діодів

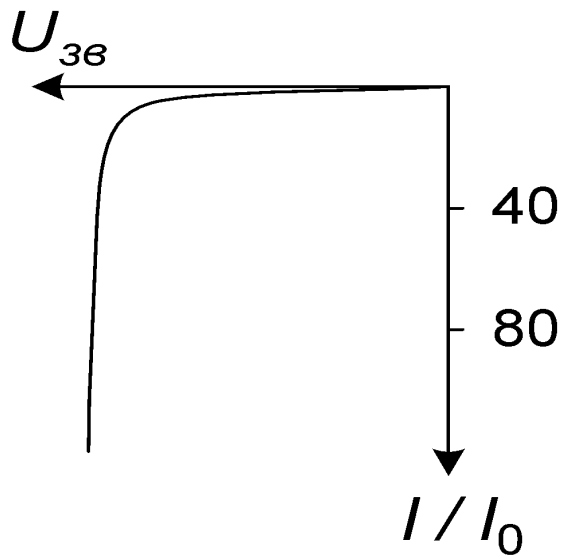


Пряма вольт-амперна характеристика реального напівпровідникового діода

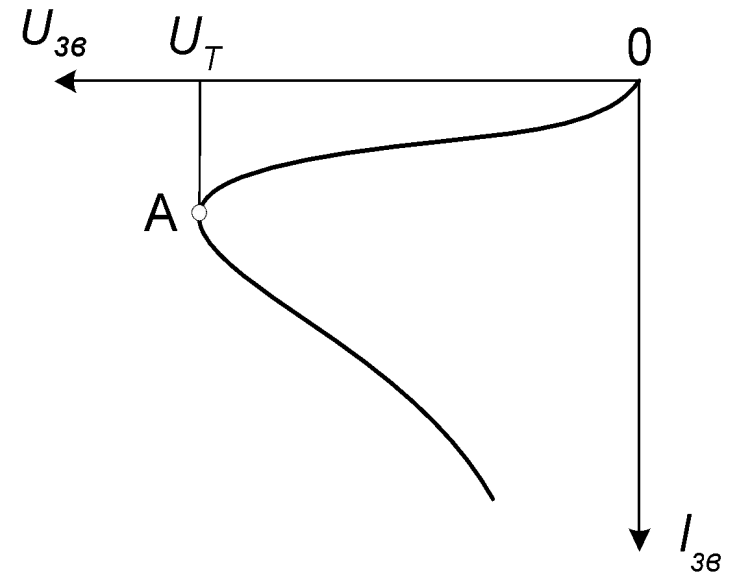
$$U_{np} = U_k + I_{np} \cdot r_b.$$

$$r_{\partial(n-p)} = dU_{np} / dI_{np} = \varphi_T / I_{np}.$$

Зворотна ділянка вольт-амперної характеристики реального напівпровідникового діода



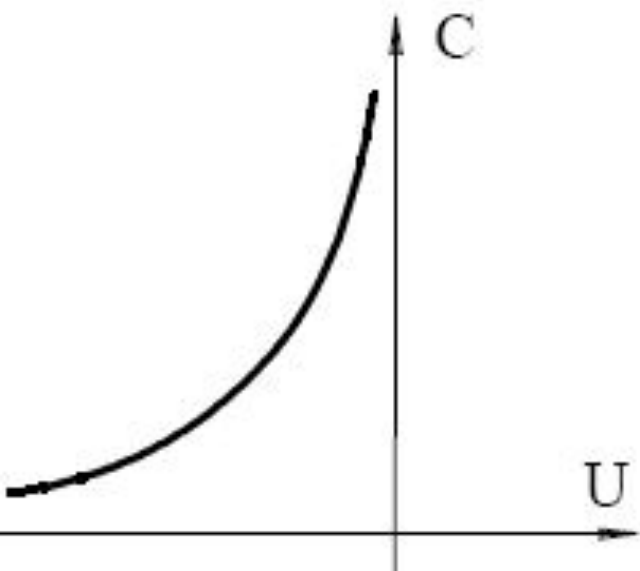
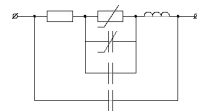
Зворотна ділянка вольт-амперної характеристики діода в режимі лавинного або тунельного пробою



Зворотна ділянка вольт-амперної характеристики діода в режимі теплового пробою

$$U_{t.проб} \approx 3 / (\varphi_T \cdot R_t \cdot I_{3в})$$

1.6 Ємності n - p - переходу



Залежність бар'єрної ємності від зворотної напруги

$$C_{\text{бар}} = Q_{\text{зв}}/U_{\text{зв}},$$

$$C_{\text{бар}} = \Delta Q_{\text{зв}}/\Delta U_{\text{зв}}$$

$$C_{\text{бар}} \approx \epsilon_0 / \sqrt{-u/\varphi_T}$$

$$C_{\text{диф}} = i \cdot \tau / \varphi_T$$

Схема заміщення напівпровідникового діода

ТЕМА2. НАПІВПРОВІДНИКОВІ ПРИЛАДИ

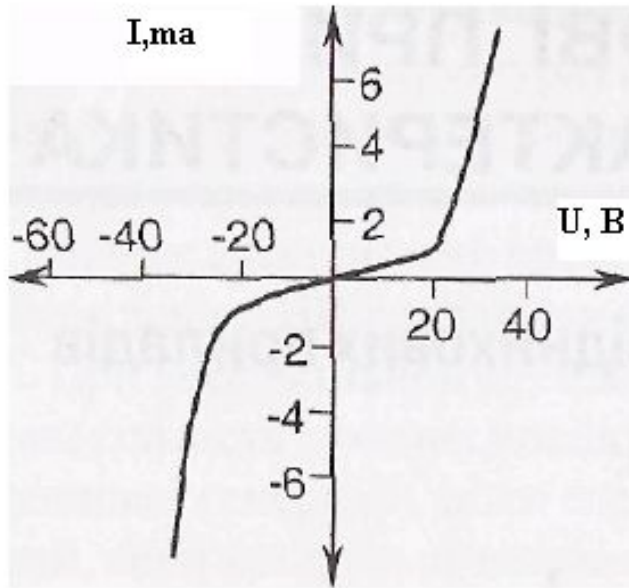
2.1. Класифікація напівпровідникових

приладів(НП)

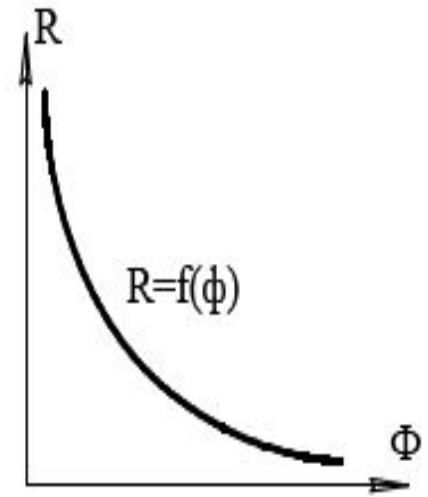
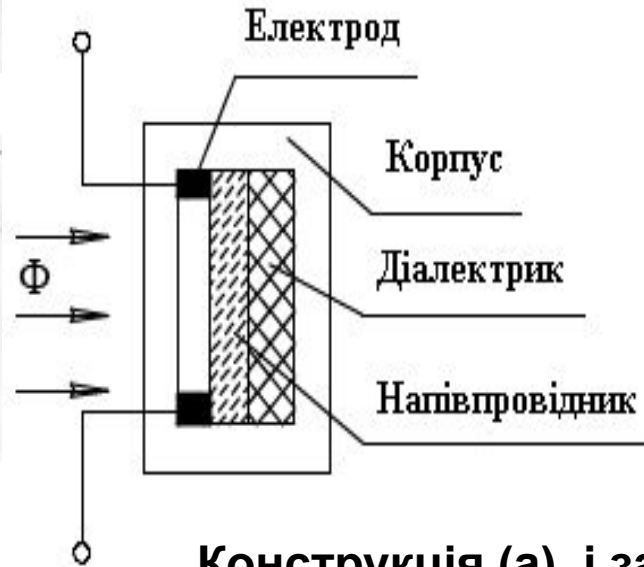
НП прилади поділяються на такі групи:

1. НП резистори;
2. НП конденсатори;
3. НП індуктивності;
4. НП діоди;
5. біполярні транзистори;
6. уніполярні (польові) транзистори;
7. тиристори;
8. інтегральні мікросхеми.

2.2. Напівпровідникові резистори



$$\lambda = \frac{R_{cm}}{R_0} = \frac{U}{I} \cdot \frac{dU}{dI} = const$$



Конструкція (а) і залежність $R=f(\Phi)$ для фоторезистора (б)

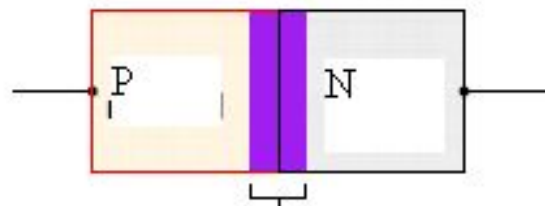
$$R_m = k_e \beta/T$$

2.3 Напівпровідникові діоди

2.3.1 Загальна класифікація НП діодів
Усі напівпровідникові діоди можна поділити на дві групи:
загального та *спеціального призначення*.

Типи напівпровідникових діодів:

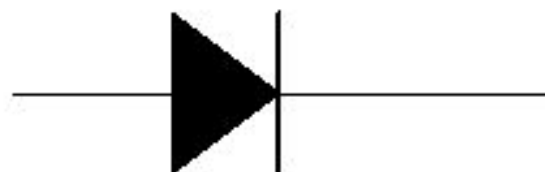
- *випрямні,*
- *високочастотні,*
- *імпульсні,*
- *стабілітрони,*
- *варикапи,*
- *тунельні.*



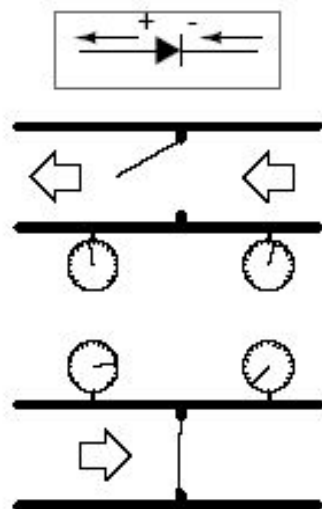
Потенціальний бар'єр

Анод

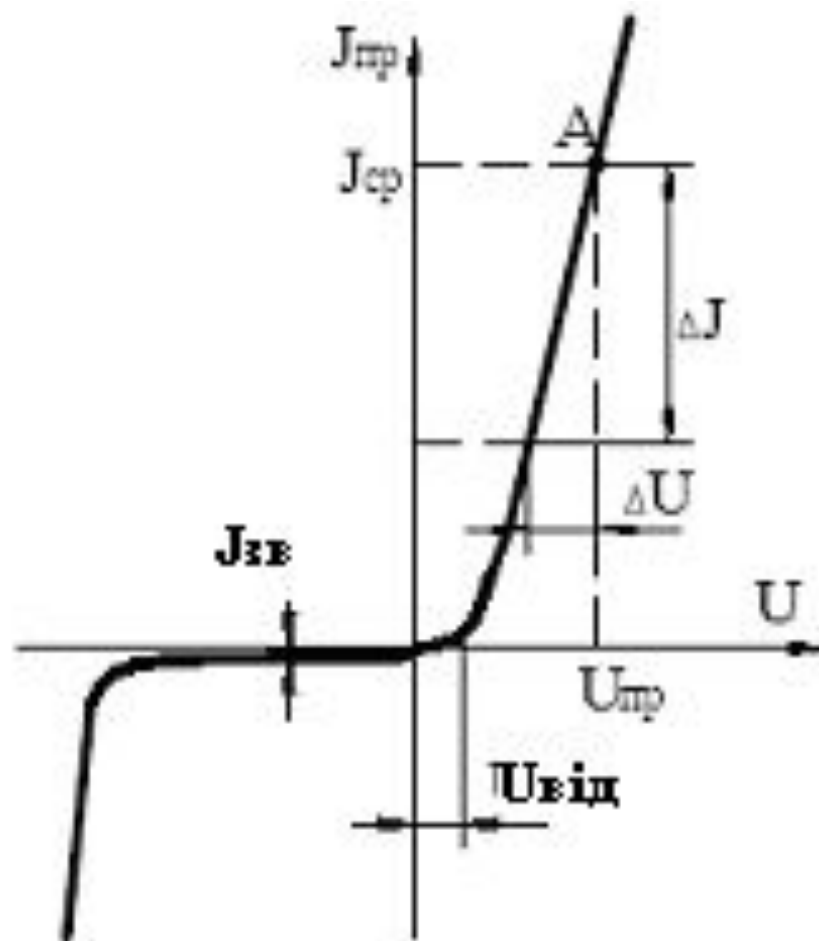
Катод



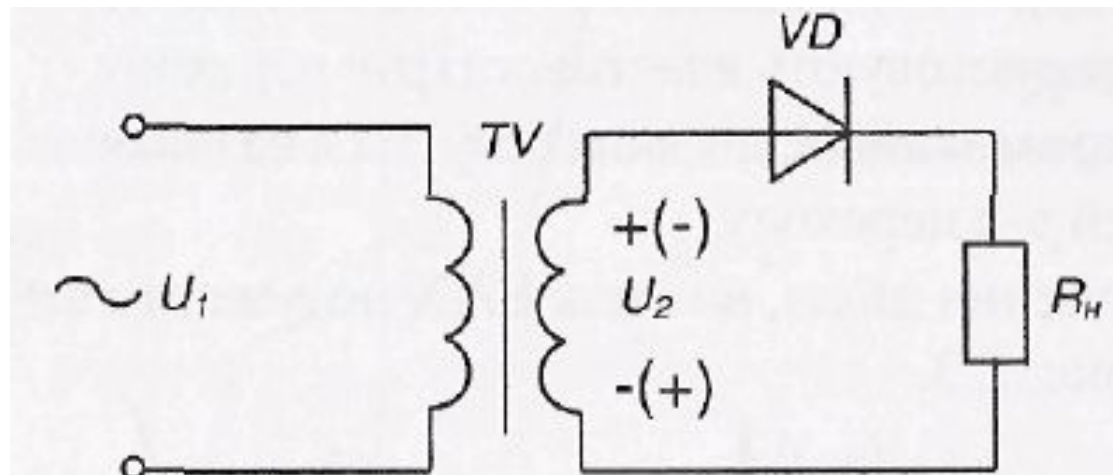
Пряме
включення



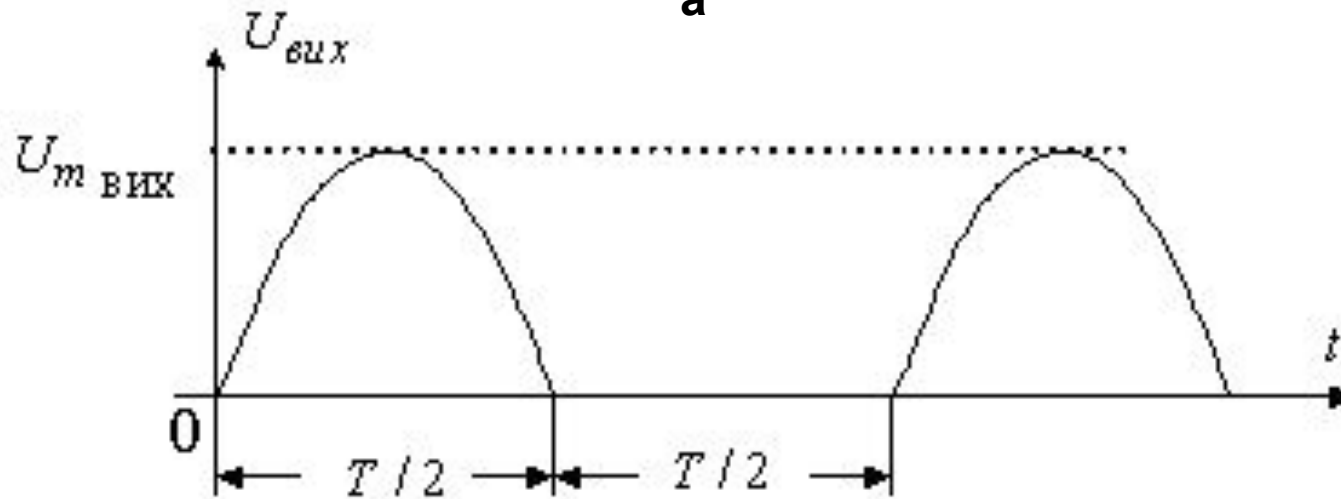
Зворотнє
включення



2.3.4 Напівпровідникові випрямні діоди

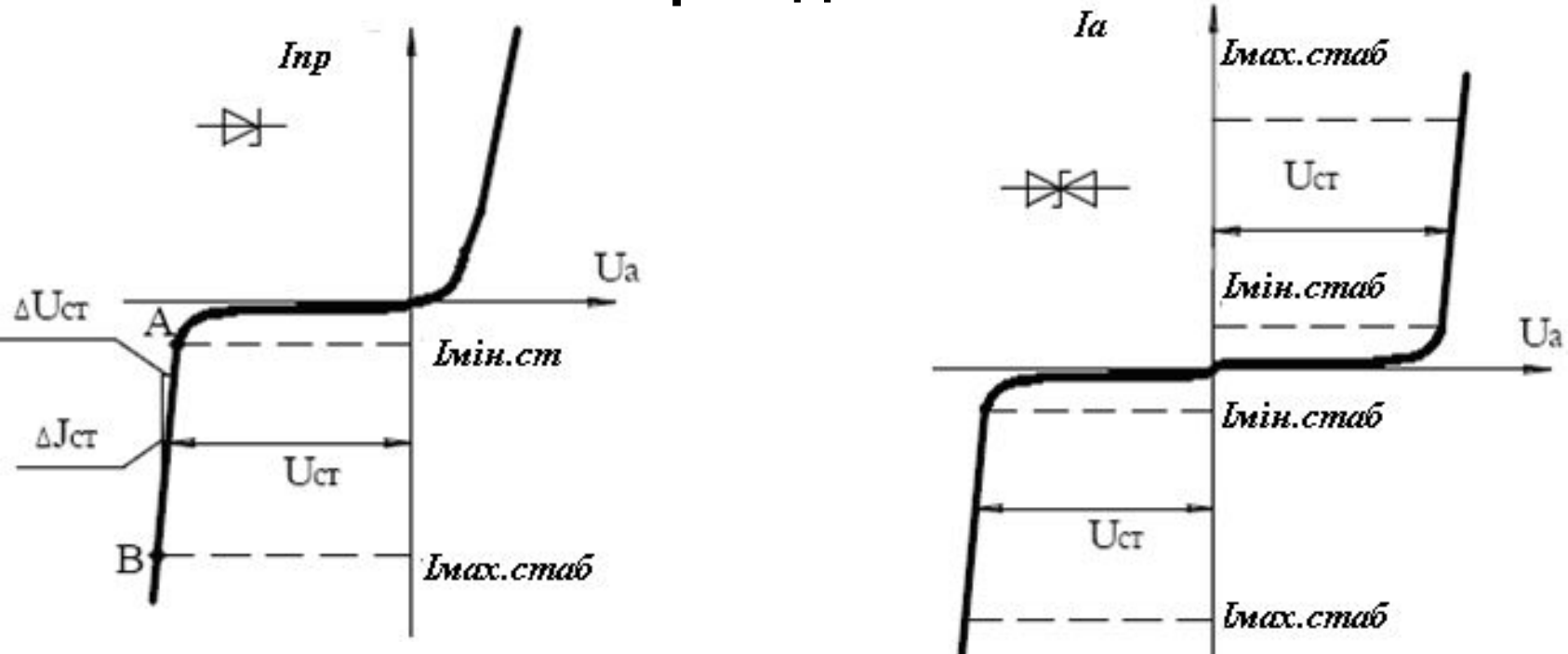


а



б

2.3.2 Напівпровідникові стабілітрони



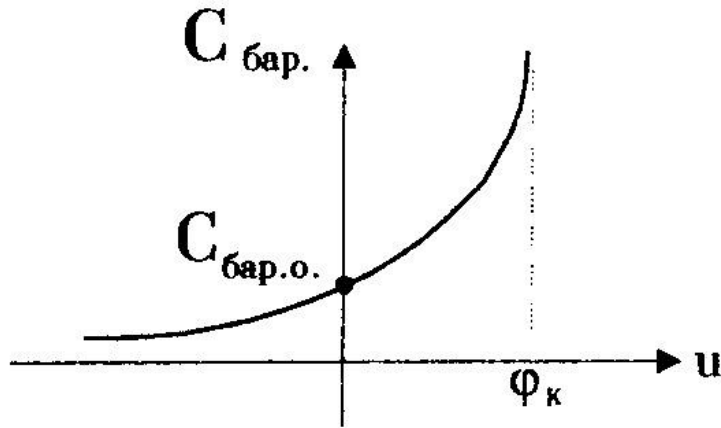
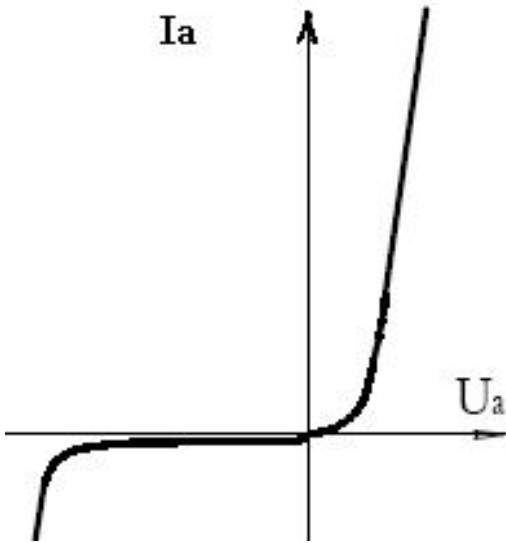
Основними параметрами стабілітрона є

- напруга стабілізації $U_{ст}$,
- мінімальний струм стабілізації $I_{ст.мін}$,
- максимальний струм стабілізації $I_{ст.макс}$,
- динамічний опір,

$$R_{д} \cong \frac{\Delta U_{ст}}{\Delta I_{ст}}$$

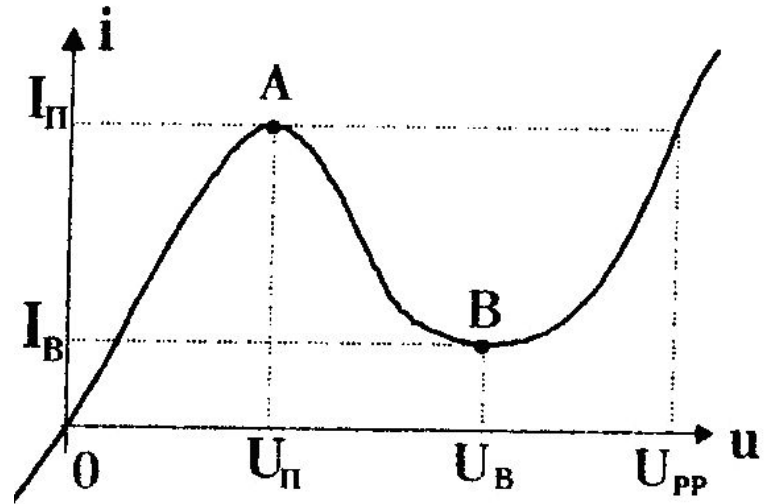
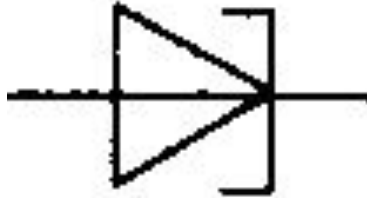


2.3.5 Варикапи



- До основних параметрів варикапа належать:
- мінімальна та максимальна ємності C_{\min} і C_{\max} ;
 - коефіцієнт перекриття ємності $k_c = C_{\max}/C_{\min}$,
 - добротність Q_v .

2.3.6 Тунельні діоди



До основних параметрів тунельних діодів належать:

- піковий струм I_n
- прямий струм у точці максимуму вольт-амперної характеристики;
- напруга піка U_n – пряма напруга, яка відповідає піковому струмові;
- напруга западини U_v – пряма напруга, яка відповідає мінімальному струмові;
- напруга розкривання U_{pp} – пряма напруга на другій зростаючій гілці при струмі, який дорівнює піковому;
- ємність C_d – сумарна ємність, виміряна між выводами діода.

2.3.7 Фото та світлодіоди

