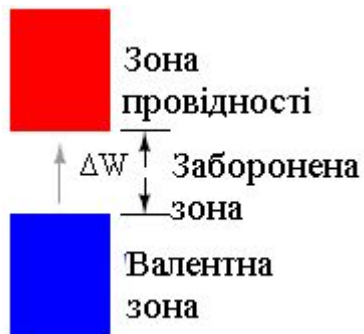


Тема1 ФІЗИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПРИЛАДІВ

1.1. Фізичні процеси в твердих тілах



(а),

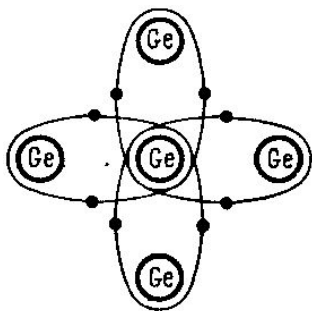


(б)

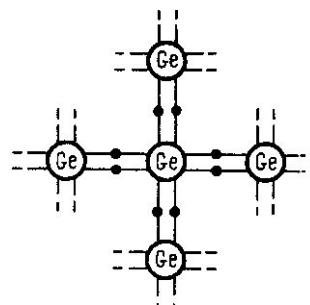


(в)

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

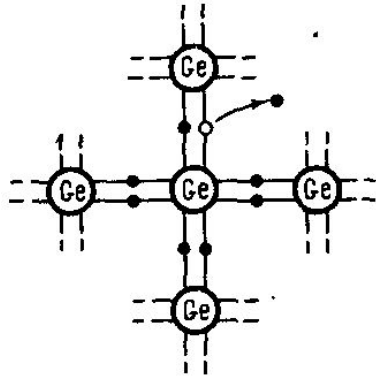


Ковалентний зв'язок
між атомами германію

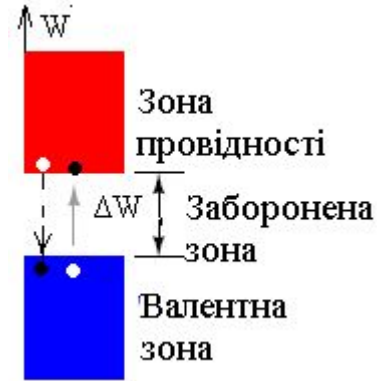


Площинна схема кристалічної
гратки германію

1.2. Власна електронна і діркова електропровідність. Струм дрейфу



Виникнення пари електрон-дірка



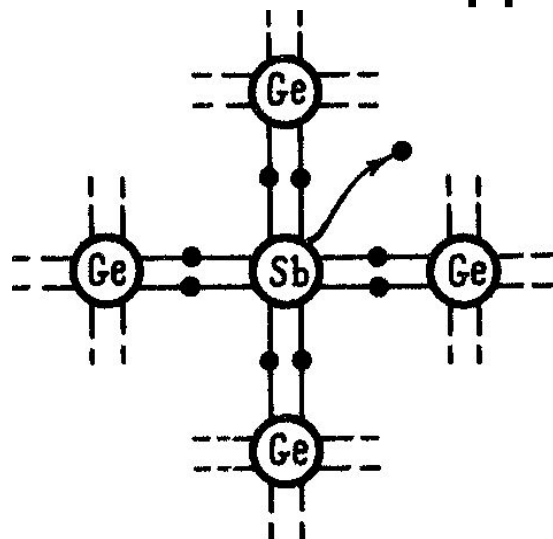
Енергетична структура напівпровідника

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

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

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).

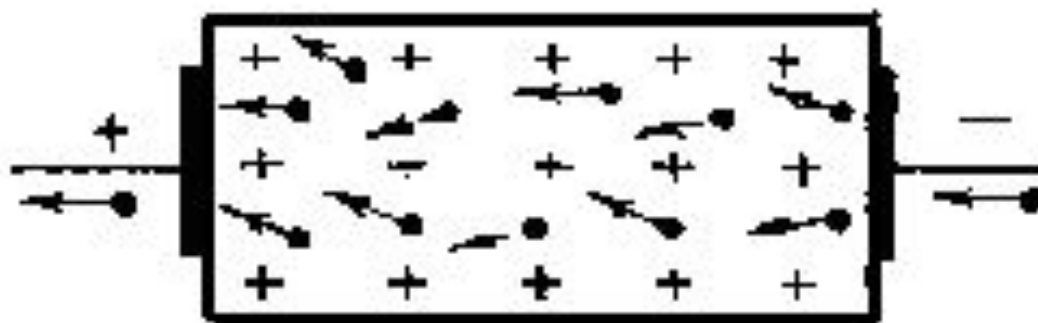
1.3 Домішкова електропровідність



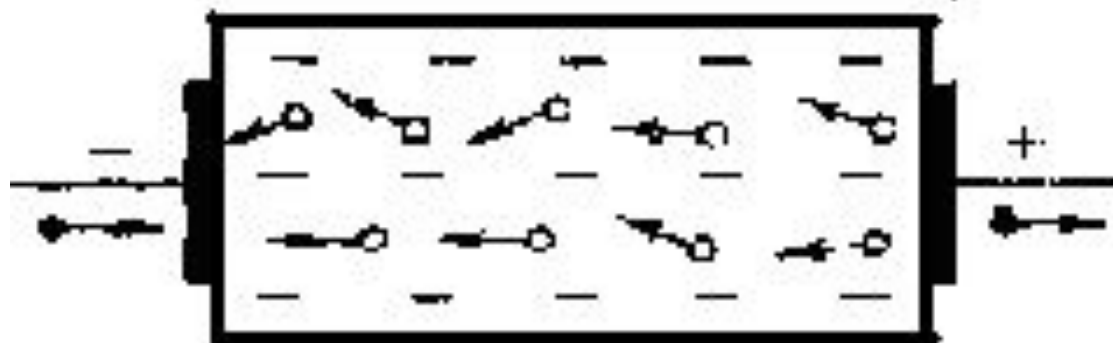
Виникнення домішкової
електронної
електропровідності

$$\sigma_n = n_n q_e \mu_n$$

$$\sigma_p = p_p q_e \mu_p$$



а)



б)

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

1.4 Дифузія носіїв заряду в напівпровідниках

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

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

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

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

ідр + ідиф = і основні основи роботи електронно

$$E_{рез} = E_{вн} + E_{зн}$$

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

$$i_{зв} = i_{др} - i_{диф}$$

$$E_{рез} = E_{вн} - E_{зн}$$

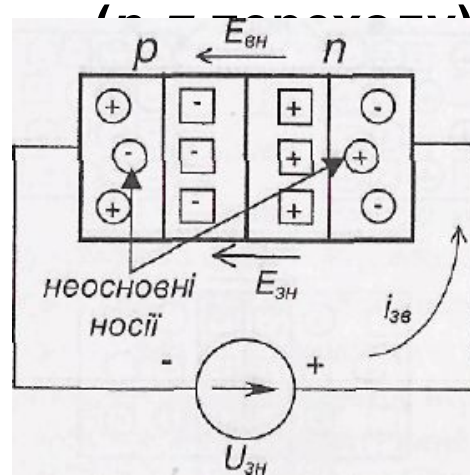
$$\varphi_{рез} = \varphi_k - U_{зн}$$

$$I_{пр} = I_{диф} - I_{др}$$

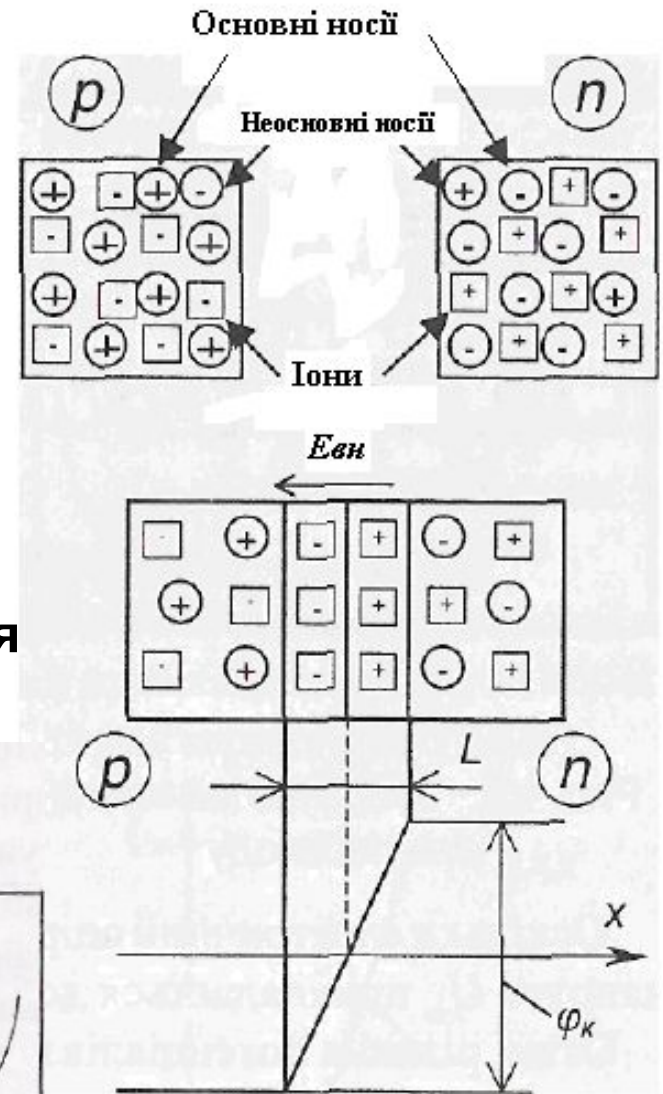
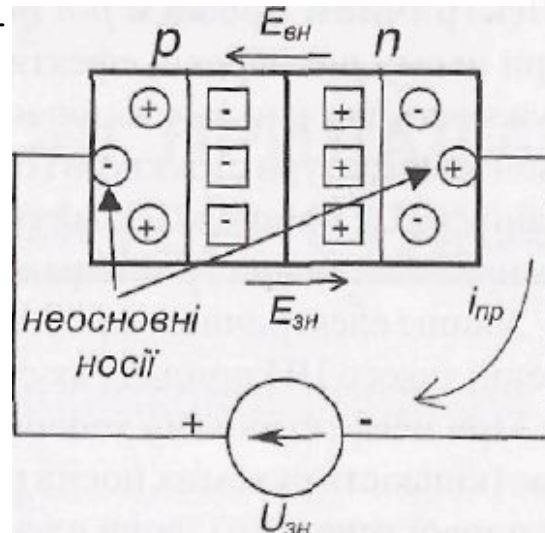
$$\varphi_T = \frac{kT}{q}$$

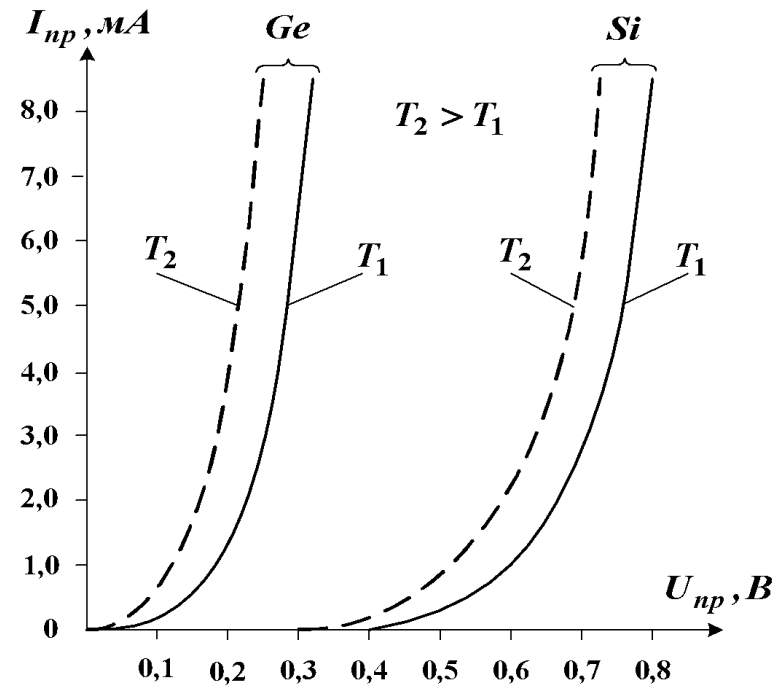
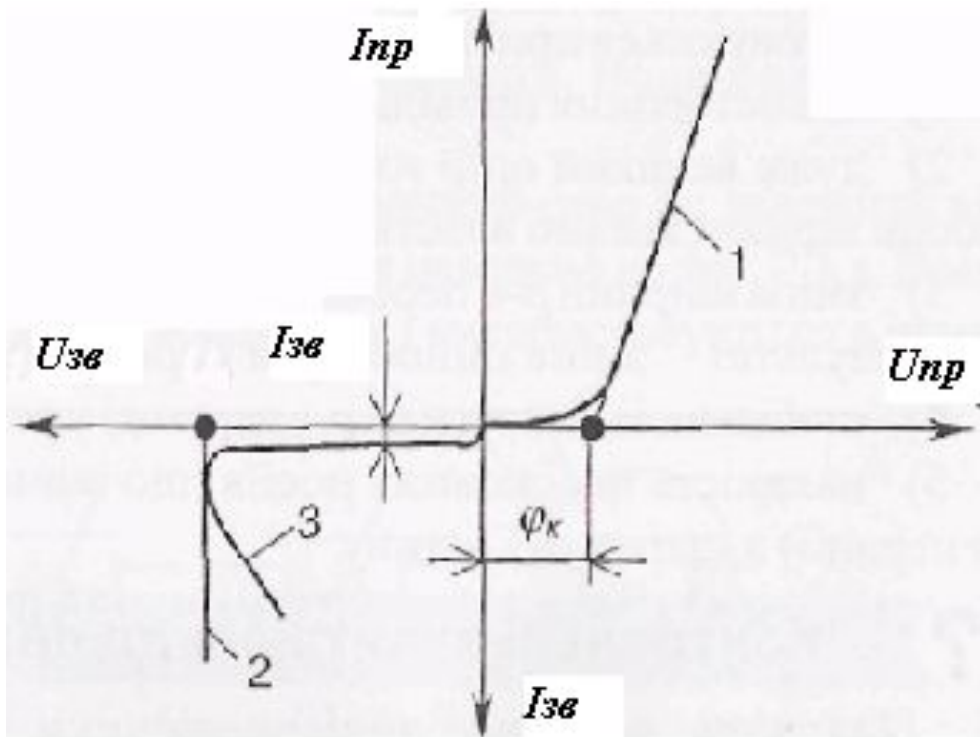
$$I = I_0 \left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right)$$

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



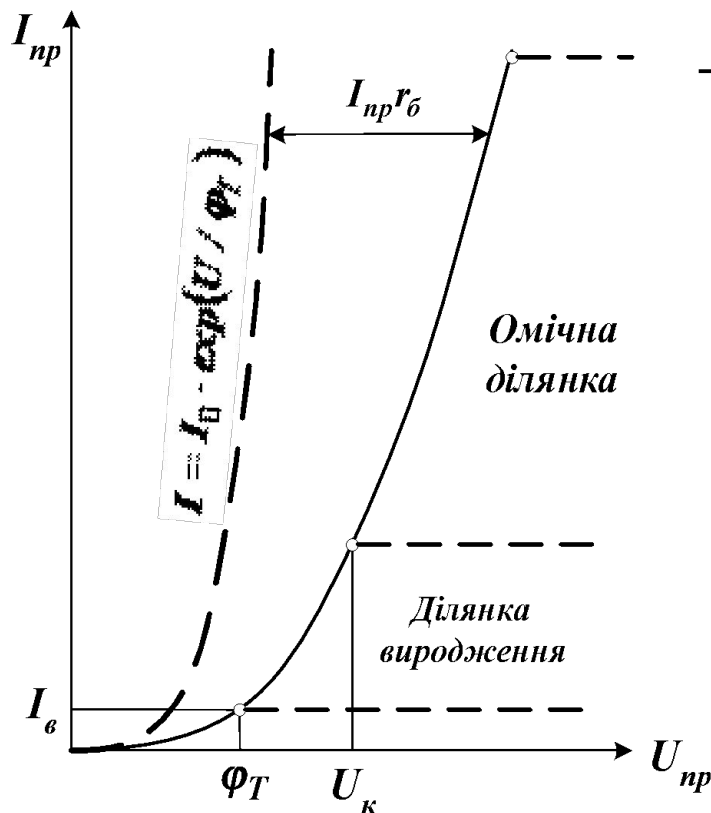
**Зворотне вимикання
р-п переходу**





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

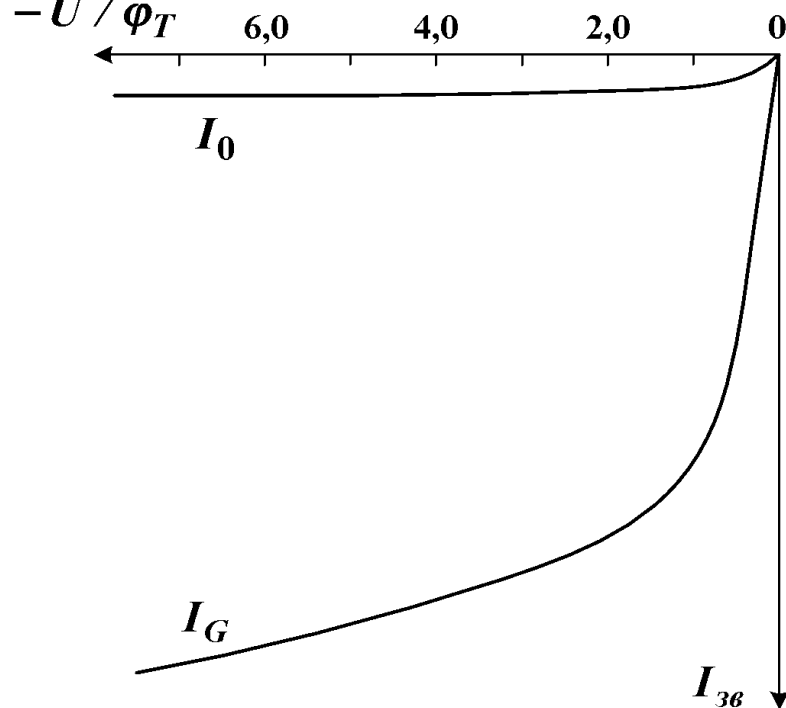
Теоретична ВАХ р-п переходу



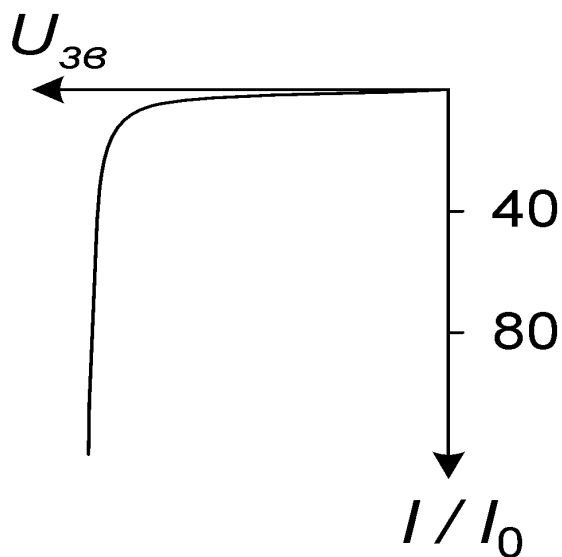
**Пряма вольт-амперна характеристика
реального напівпровідникового діода**

$$U_{пр} = U_{к} + I_{пр} \cdot r_{б}.$$

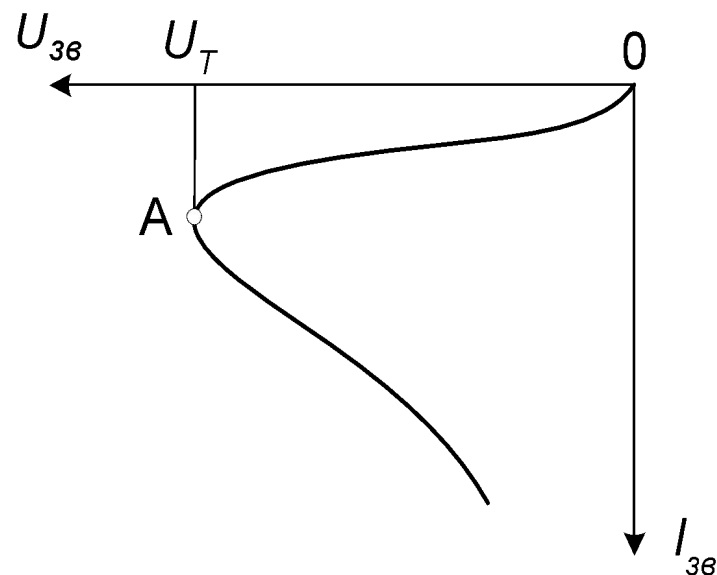
$$r_{\partial(n-p)} = dU_{пр} / dI_{пр} = \varphi_T / I_{пр}.$$



**Зворотна ділянка
вольт-амперної
характеристики
реального
напівпровідникового діода**

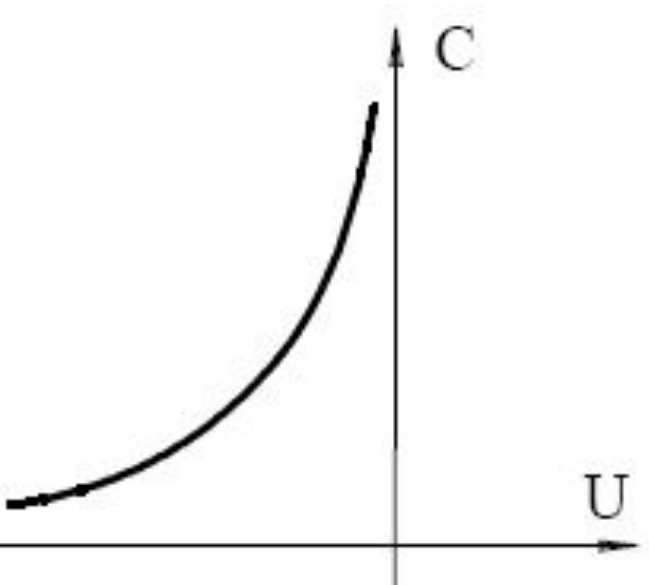


**Зворотна ділянка вольт-амперної
характеристики діода в режимі
лавинного або тунельного пробою**

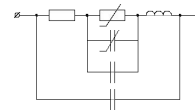


**Зворотна ділянка вольт-амперної
характеристики
діода в режимі теплового пробою**

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



1.6 Ємності *n-p* - переходу



Залежність бар'єрної ємності
від зворотної напруги

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

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

Схема заміщення
напівпровідникового діода

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

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

ТЕМА2. НАПІВПРОВІДНИКОВІ ПРИЛАДИ

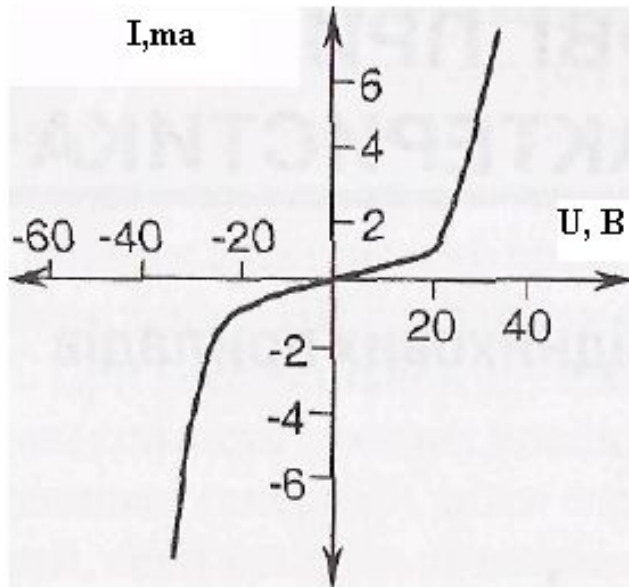
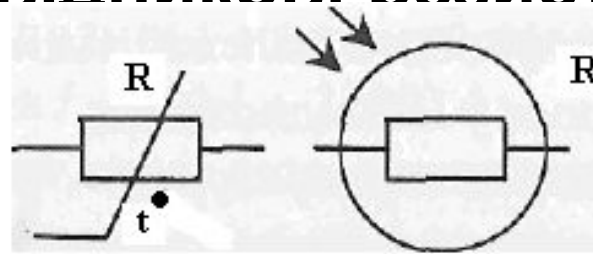
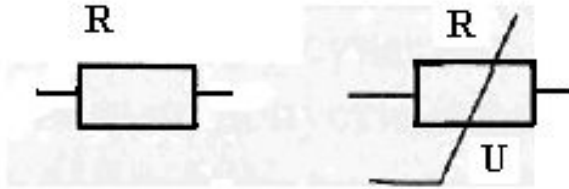
2.1. Класифікація напівпровідникових

приладів(НП)

НП прилади поділяються на такі групи:

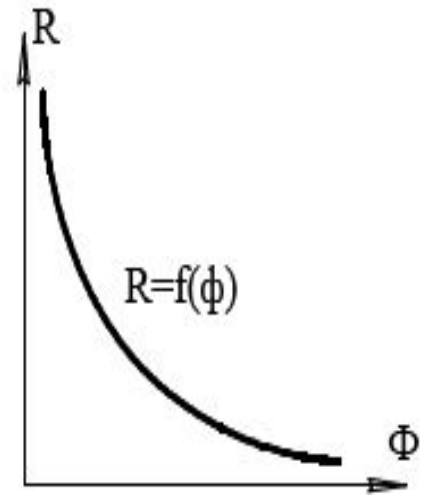
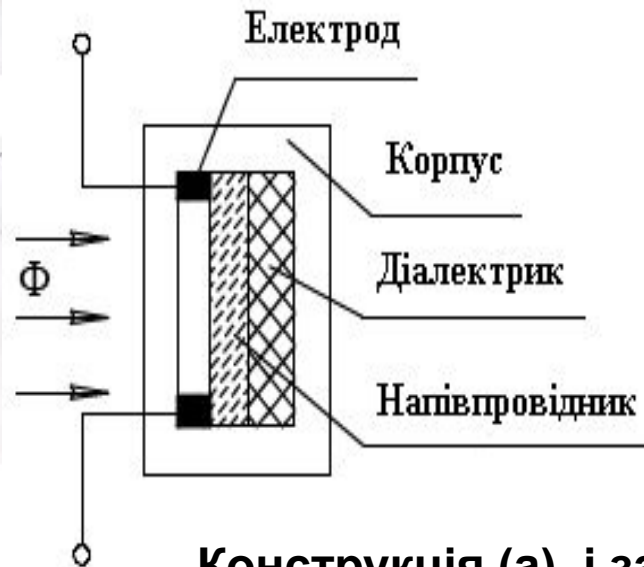
1. НП резистори;
2. НП конденсатори;
3. НП індуктивності;
4. НП діоди;
5. біполярні транзистори;
6. уніполярні (польові) транзистори;
7. тиристори;
8. інтегральні мікросхеми.

2.2. Напівпровідникові резистори



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

$$R_m = k_e \beta / T$$



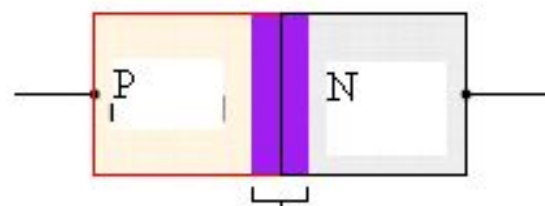
Конструкція (а) і залежність $R=f(\Phi)$ для фоторезистора (б)

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:

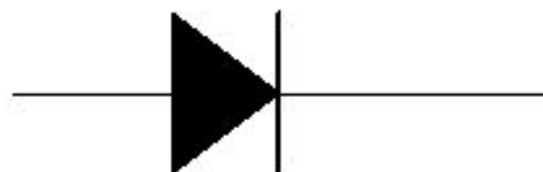
- *випрямні,*
- *високочастотні,*
- *імпульсні,*
- *стабілітрони,*
- *варикапи,*
- *тунельні.*



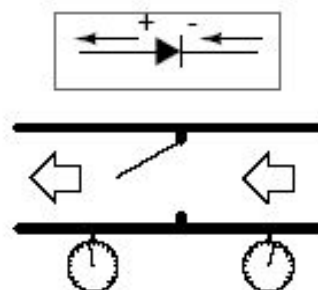
Потенціальний бар'єр

Анод

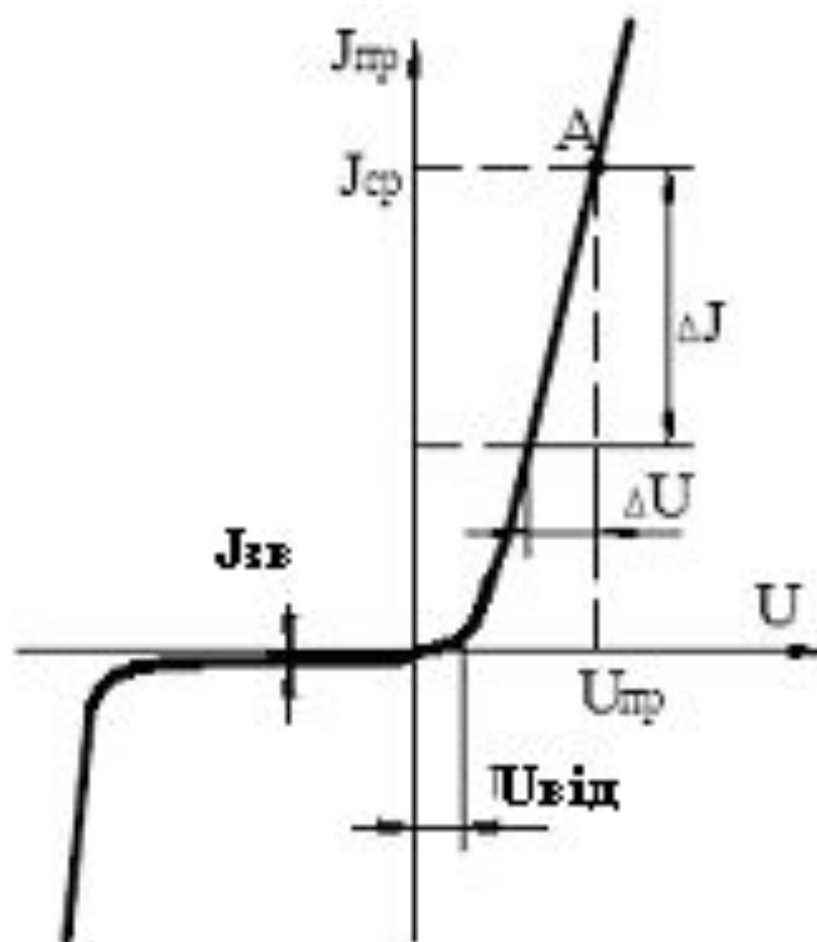
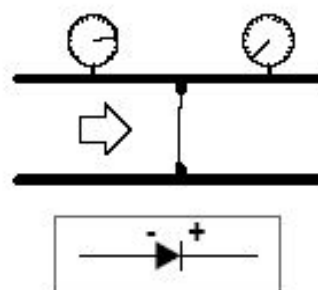
Катод



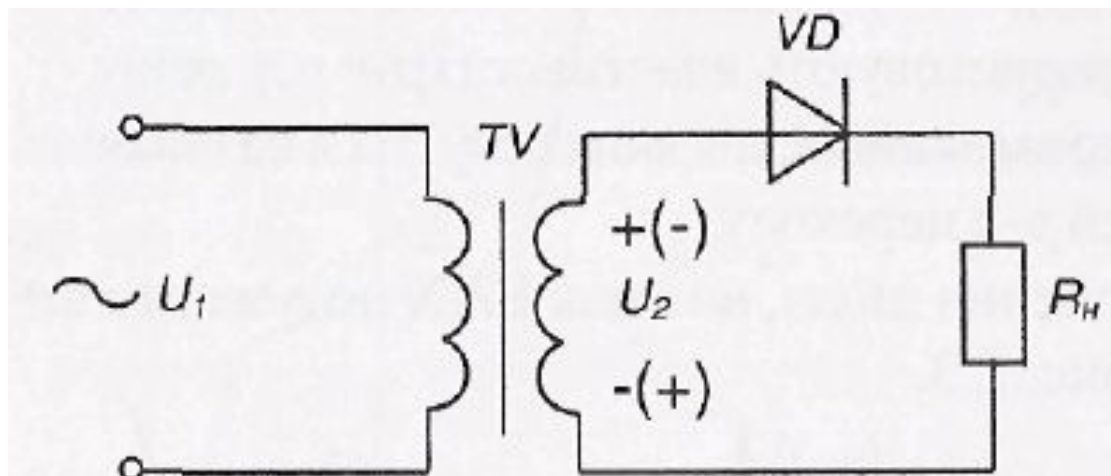
Пряме
включення



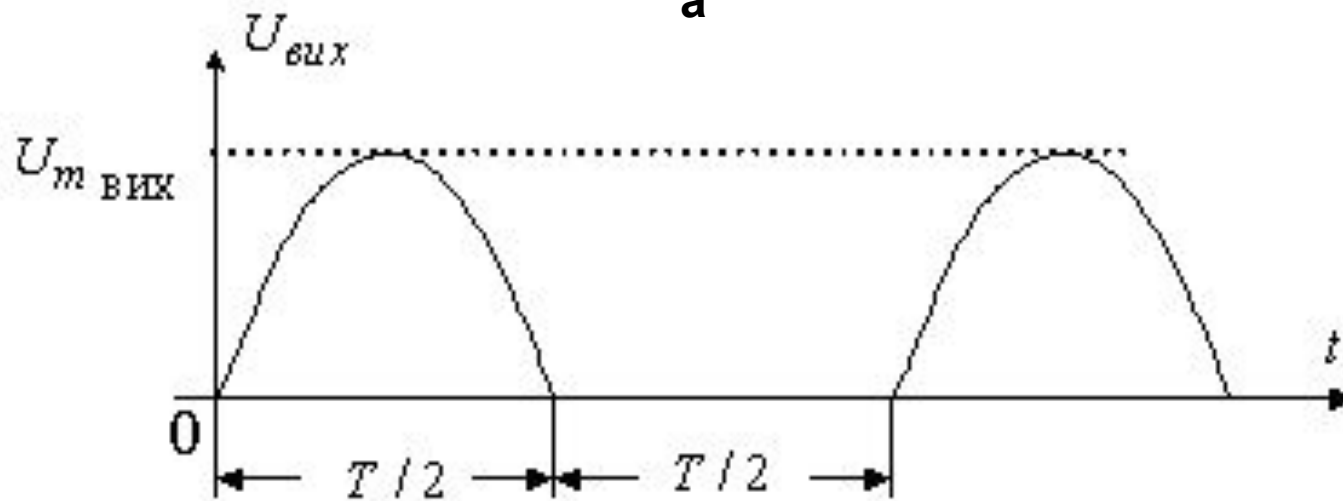
Зворотнє
включення



2.3.4 Напівпровідникові випрямні діоди

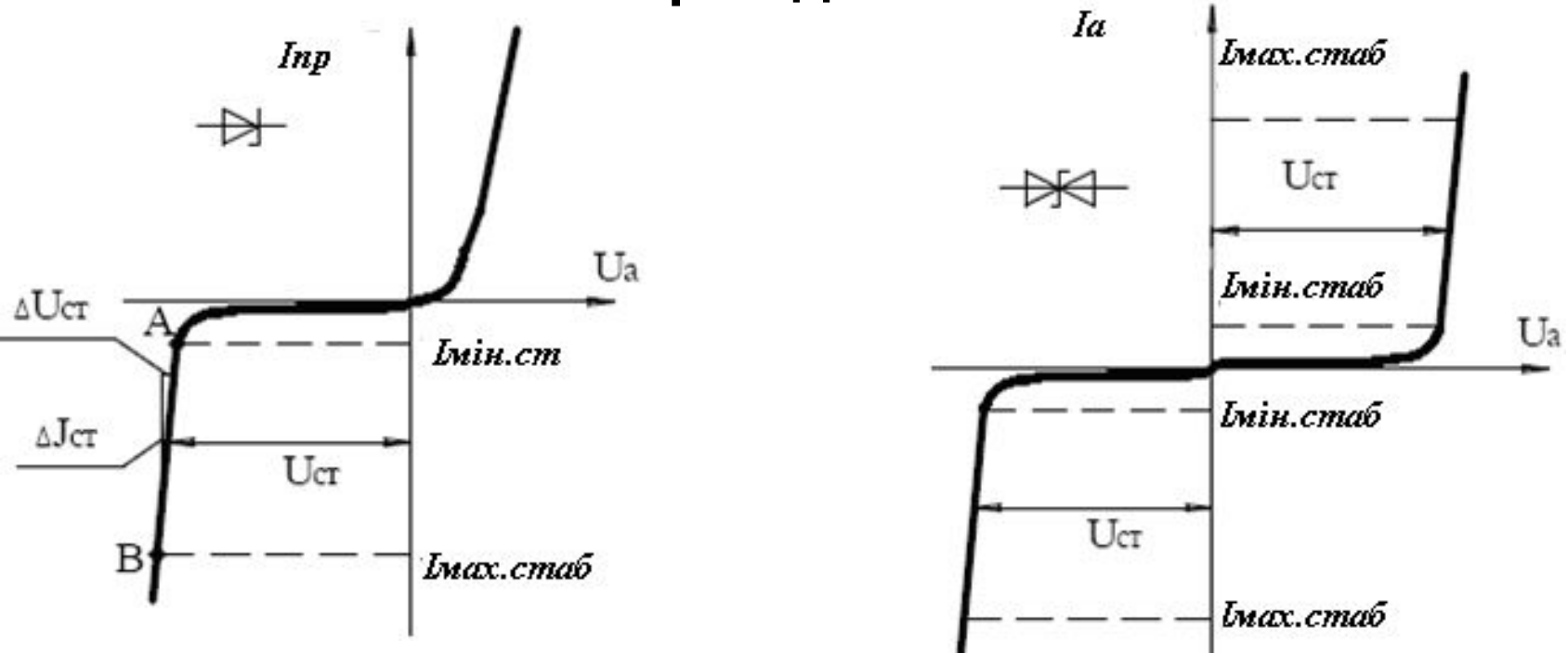


а



б

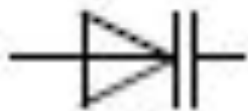
2.3.2 Напівпровідникові стабілітрони



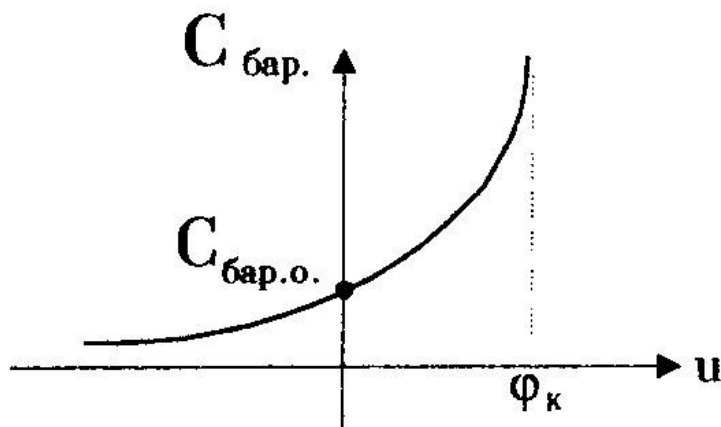
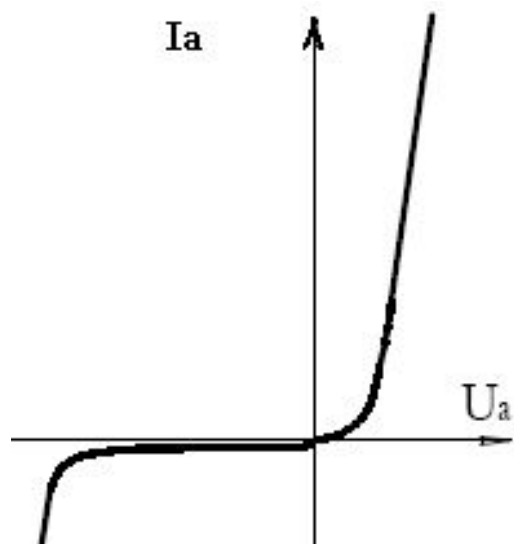
Основними параметрами стабілітрона є

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

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



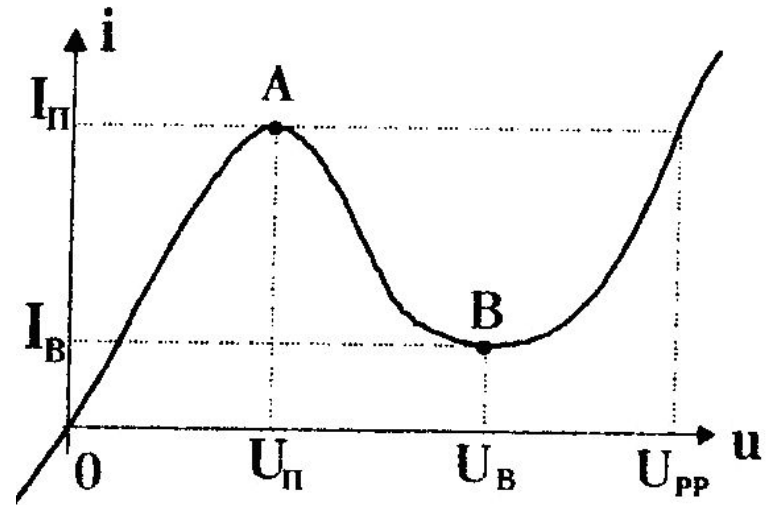
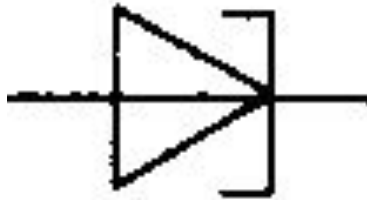
2.3.5 Варикапи



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

