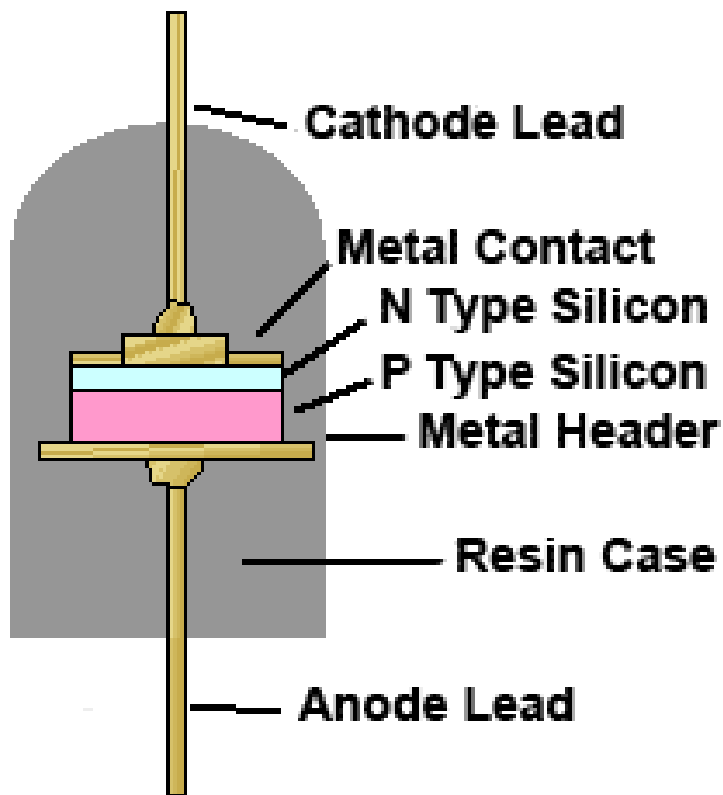
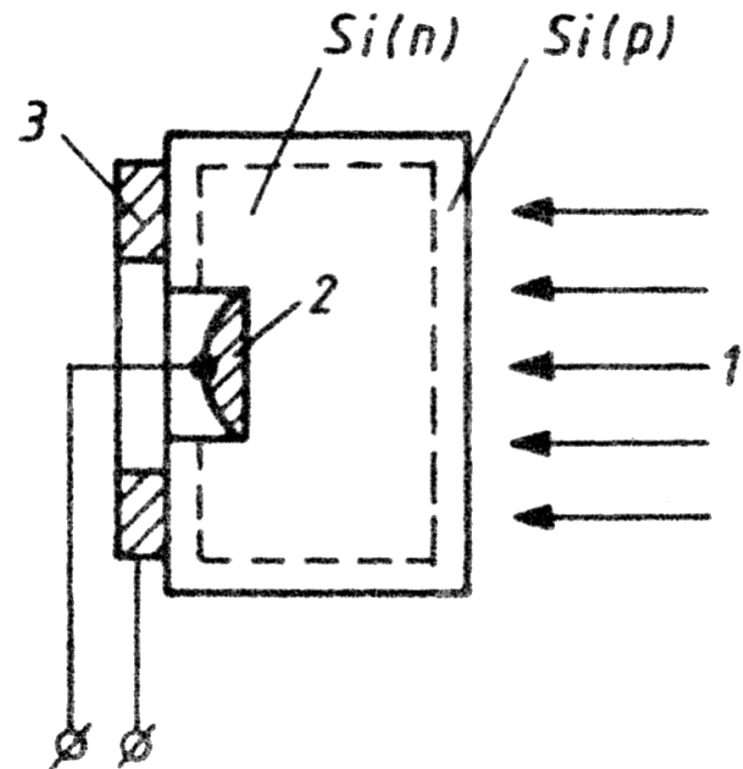


## Dioda krzemowa



Szkic warstwowej diody krzemowej

## Fotodioda krzemowa



Schemat fotodiody krzemowej;

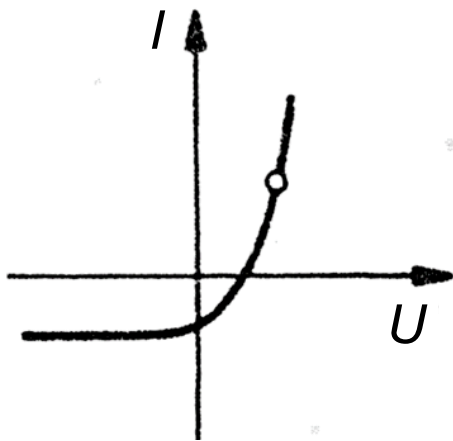
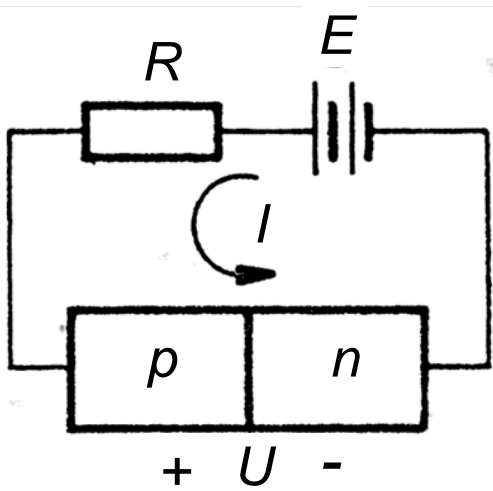
- 1 - strumień światła,
- 2 - elektroda kołowa,
- 3 - elektroda pierścieniowa

Fotodioda krzemowa:

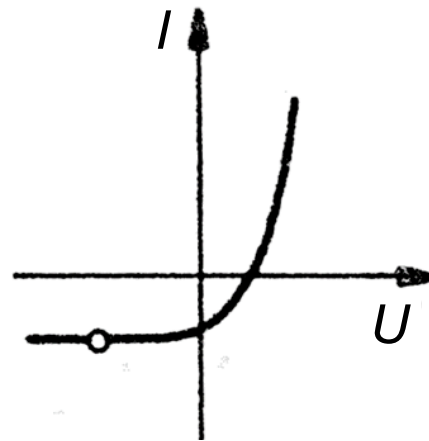
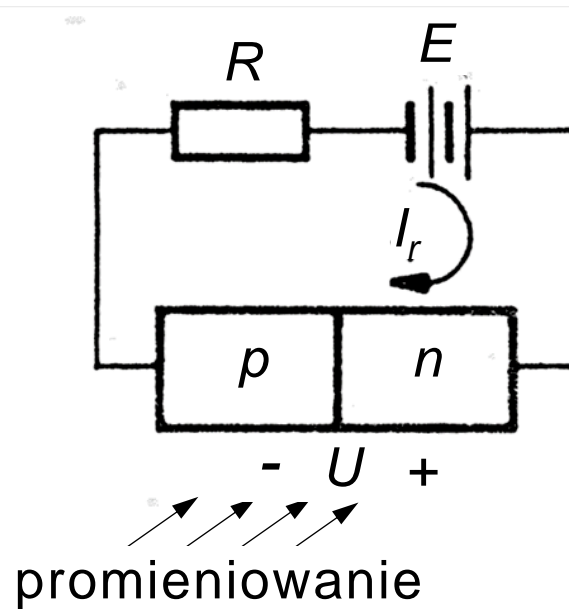
- spolaryzowana wstępnie w kierunku zaporowym,
- generowanie elektronów i dziur przez naświetlanie,
- przetwarzanie promieniowania na prąd wsteczny.

## Ogniwo fotoelektryczne

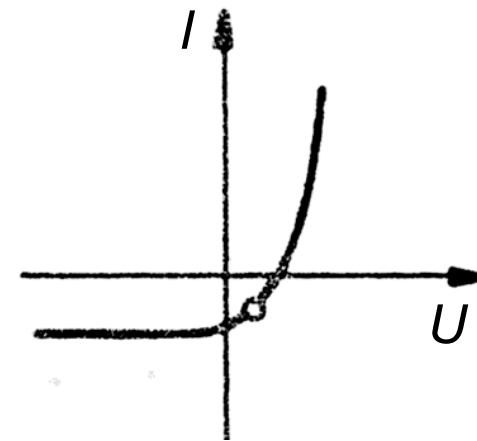
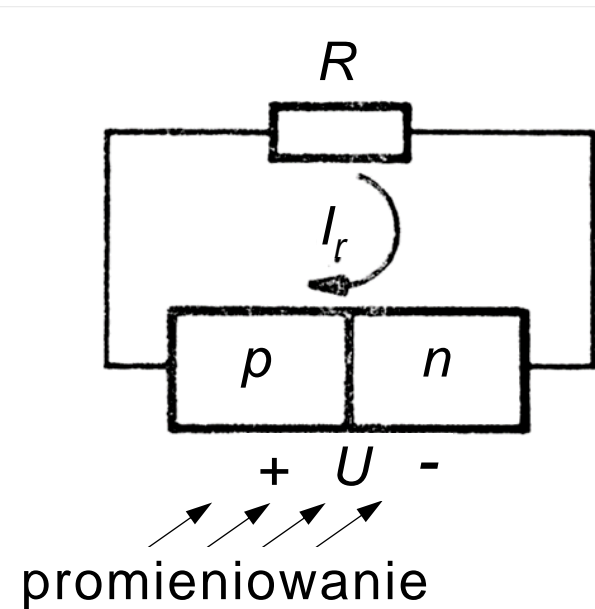
- zasada działania i konstrukcja, takie jak fotodiody,
- różnica - brak polaryzacji,
- bariera potencjałów rozdziela elektrony i dziury,
- powstaje zewnętrzne napięcie - siła fotoelektryczna.



Dioda



Fotodioda



Ogniwo fotoelektryczne

## Ogniwa słoneczne

### *Ogniwa I generacji (grubowarstwowe):*

#### monokrystaliczne:

- najwydajniejsze,
- sprawność 20 - 25%,
- wytwarzane z monokryształu krzemu,
- wysoka sprawność i długa żywotność,
- czasochłonny proces produkcji,
- najdroższy rodzaj ogniw,
- mają charakterystyczny czarny kolor.

#### polikrystaliczne:

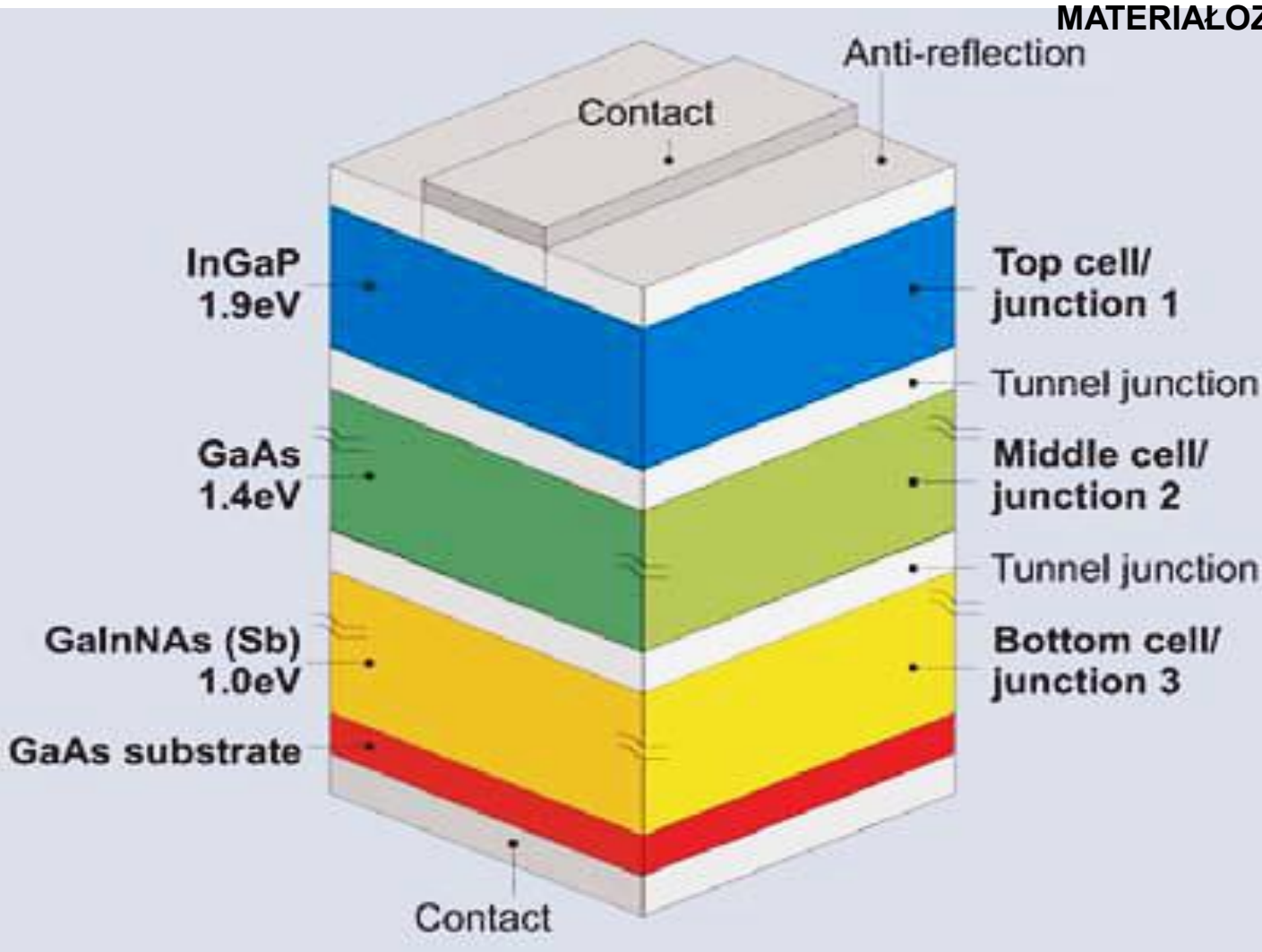
- wytwarzane z krzemu polikrystalicznego,
- tańsze w produkcji,
- mniej wydajne niż ogniwa monokrystaliczne,
- sprawność 15 - 18%,
- niebieski kolor, widoczna struktura kryształów krzemu przypominająca szron.

## ***Ogniwa II generacji (cienkowarstwowe)***

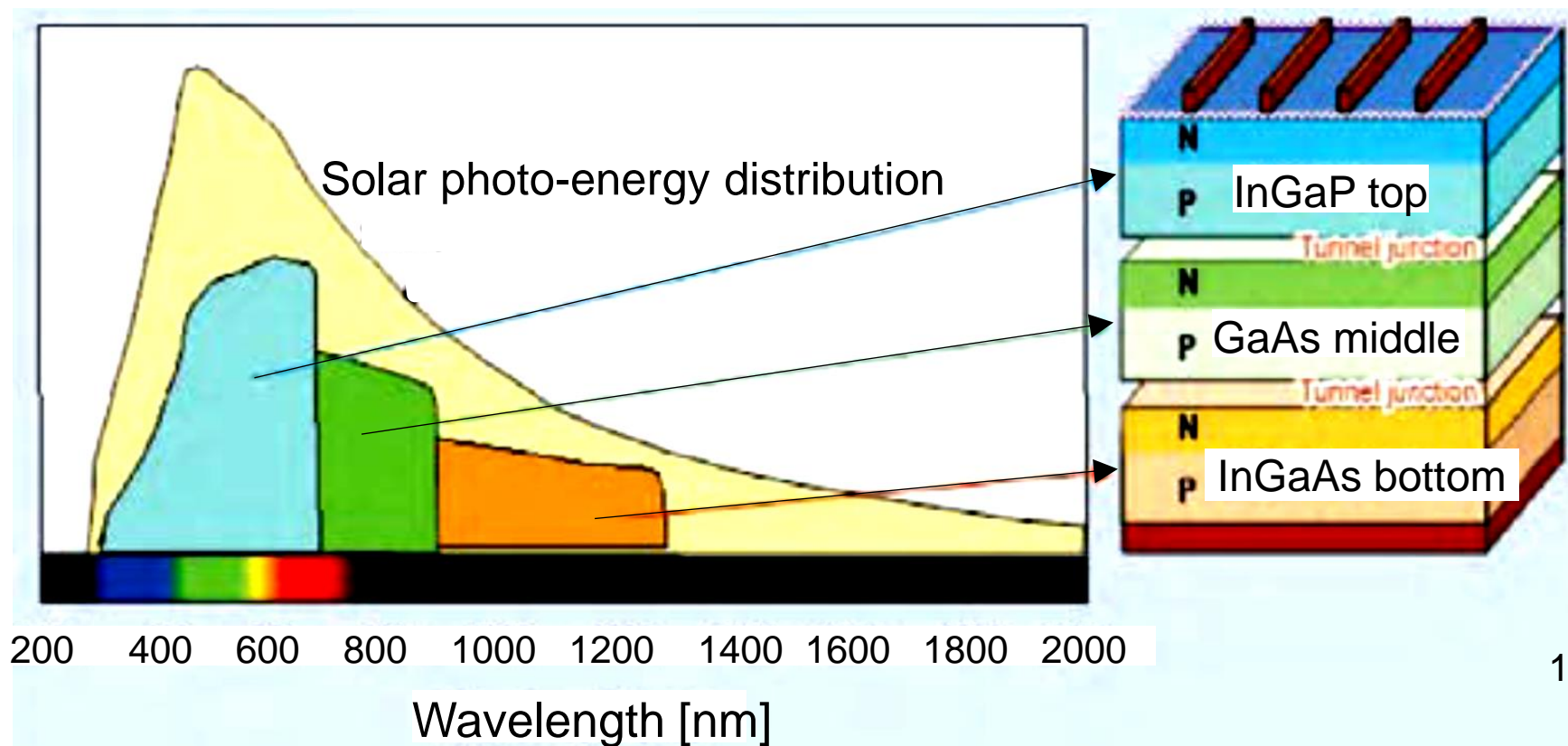
- wykonywane z tellurku kadmu, krzemu amorficznego, z mieszanki miedzi, indu, galu i selenu.
- grubość warstwy półprzewodnika: od 0,001 do 0,08 mm,
- znacznie tańsze od ogniw z krzemu krystalicznego,
- formowane za pomocą naparowywania, napyłania i epitaksji,
- mogą być bardzo elastyczne,
- można je instalować na elewacjach budynków.

## ***Ogniwa III generacji (w trakcie badań)***

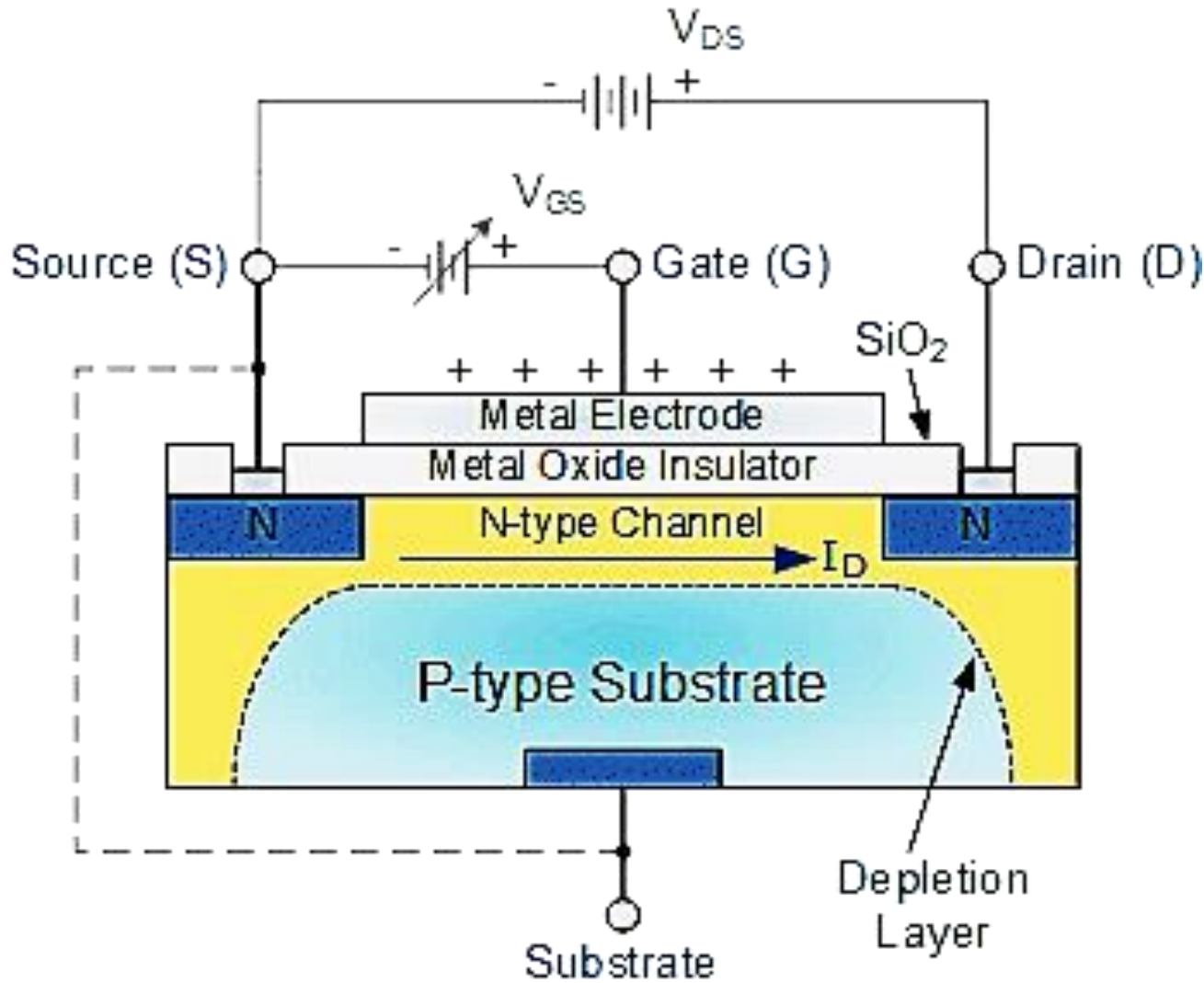
- bazują na bardzo różnych technologiach,
- nie są oparte o złącza półprzewodnikowe p-n,
- są w trakcie badań,
- charakteryzują się jeszcze niską sprawnością i żywotnością,
- największa zaleta: niski koszt produkcji i nietoksyczność,
- przykładowe ogniwa w trakcie badań:
  - barwnikowe,
  - polimerowe.



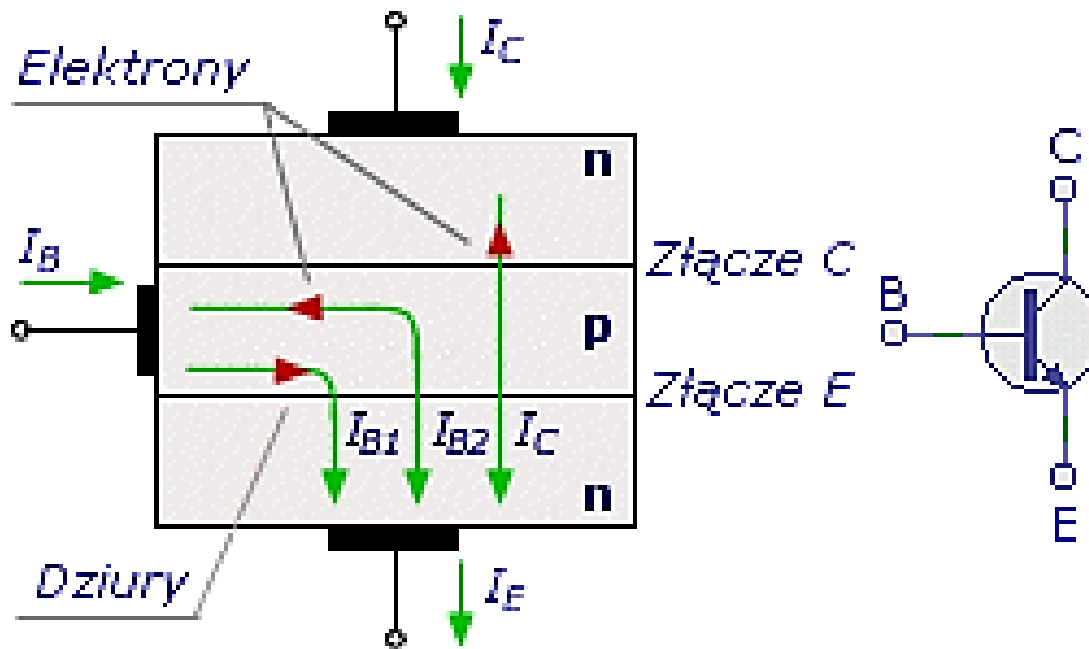
Struktura epitaksjalna trójzłączowego ogniwa słonecznego



# Tranzystory



Schemat tranzystora unipolarnego



Schemat i symbol tranzystora bipolarnego

## Diody elektroluminescencyjne

LED - *Light Emitting Diode*

Emituje światło pod wpływem przepływającego przez nią prądu.

LED-y wykonuje się z bardzo wielu półprzewodników złożonych.

Energia fotonów zależy od szerokości pasma zabronionego:

ZnS (3,6 eV, ultrafiolet), InSb (0,18 eV, podczerwień)

Mieszanki półprzewodników złożonych.

Proporcje składników decydują o barwie światła, np.:

GaAs (1,43 eV, podczerwień) + GaP (2,26 eV, zieleń),

$\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ , szerokość pasma zabronionego zależy liniowo od  $x$ .

Zalety LED:

- małe wymiary,
- mała moc,
- załączanie w czasie nanosekund,
- możliwe wykonanie technologią układów scalonych.

## Lasery półprzewodnikowe

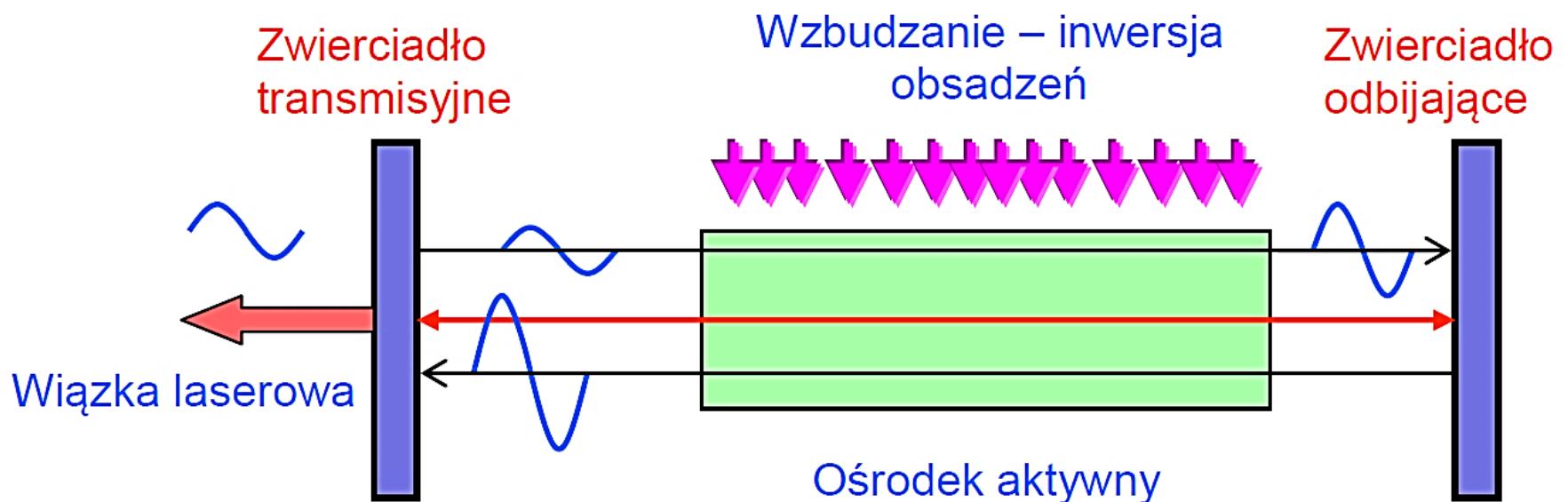
LASER - *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*

Kwantowy generator światła:

- monochromatycznego - fotony mają jednakowe energie,
- koherentnego - wszystkie fotony są w tej samej fazie,
- skierowanego - fotony poruszają się w tym samym kierunku.

Zasadnicze części lasera:

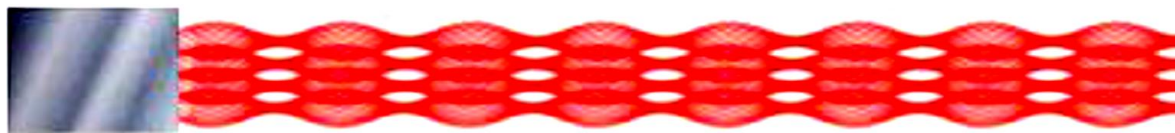
- ośrodek czynny,
- rezonator optyczny,
- układ pompujący.





## Akcja laserowa:

- pompowanie: przenoszenie elektronów z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa (wymuszone wzbudzenie warstwy  $n$ ),
- dochodzi do inwersji obsadzeń poziomów energetycznych,
- dyfuzja elektronów w paśmie przewodzenia do warstwy  $p$ ,
- przejście rekombinacyjne elektronów do pasma walencyjnego,
- emisja promieniowania o energii zależnej od pasma zabronionego,
- promieniowanie oscyluje między zwierciadłami wymuszając kolejne przejścia rekombinacyjne,
- wiązka światła przechodzi przez lustro półprzezroczyste,
- fale świetlne odpowiadające fotonom mają taką samą częstotliwość, są w tej samej fazie i biegną w tym samym kierunku.

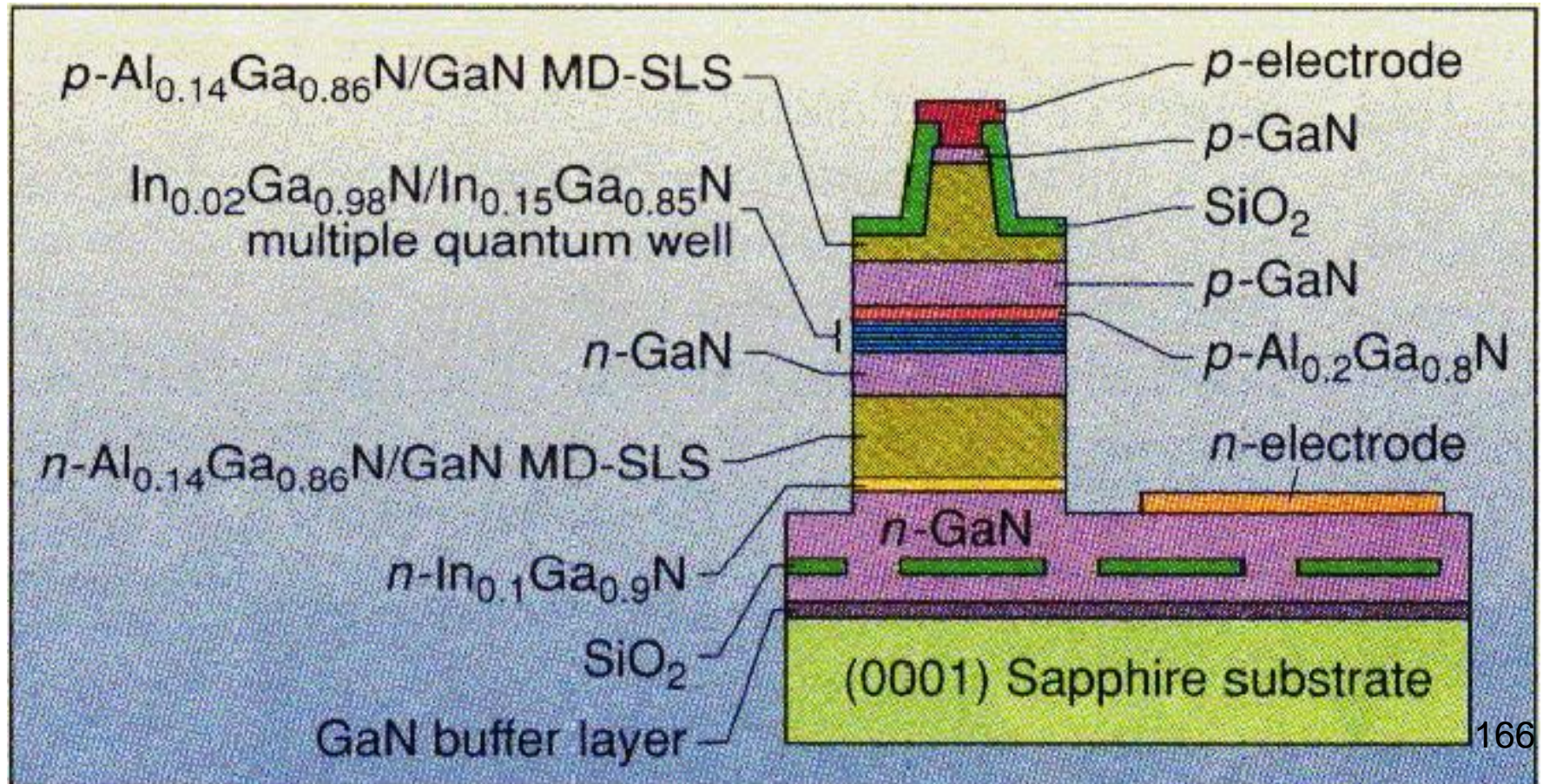
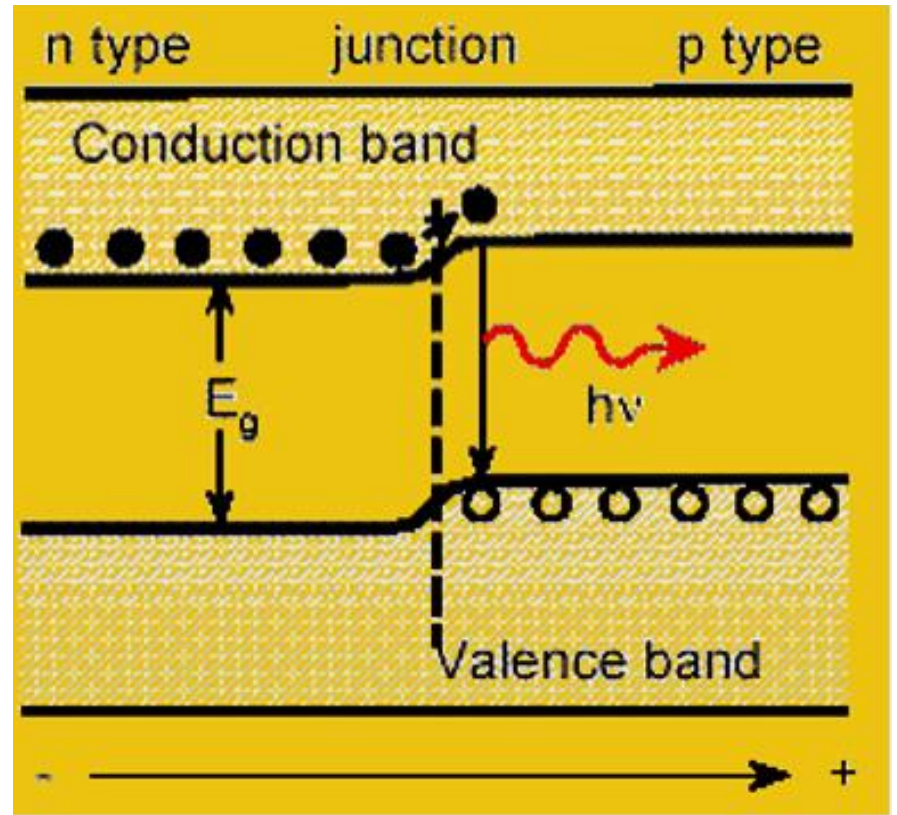
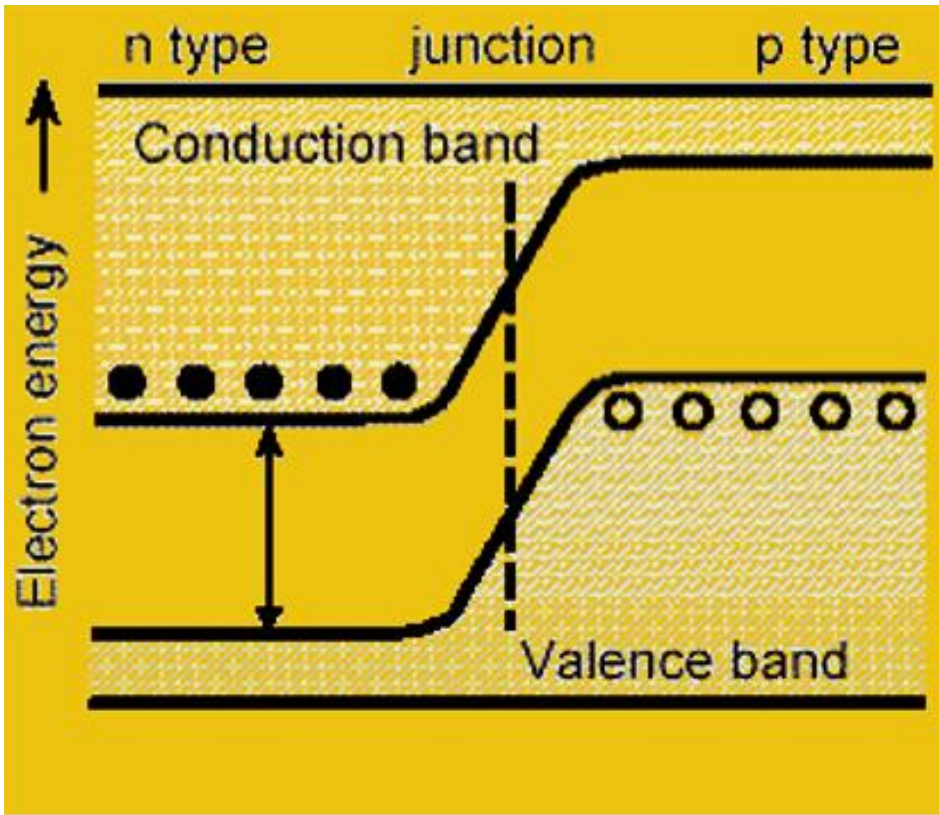


Laser



Latarka

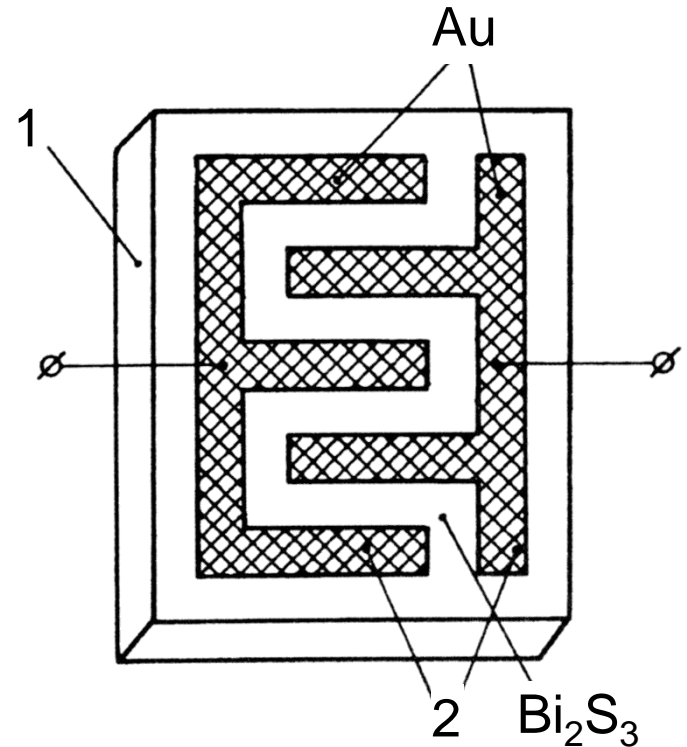






## Fotorezystory

- warstwa materiału półprzewodnikowego na płytce szklanej (1) między dwiema elektrodami (2),
- rezystancja zależy od natężenia światła,
- najczęściej stosowane materiały:  
PbS, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, CdS



## Ogniwa termoelektryczne

- bezpośrednia przemiana energii cieplnej na elektryczną,
- półprzewodnikowe źródło energii elektrycznej, sprawność 10...15%,
- źródła ciepła: paliwa stałe, ciekłe i gazowe, promieniowanie słoneczne (ogrzewana zwora metalowa między n i p).

Materiały na ogniwa:

- niskotemperaturowe (< 400°C): ZnSb, Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>,
- średniotemperaturowe (400 - 800°C): PbTe, PbSe, GeTe,
- wysokotemperaturowe (> 800°C): SiGe.

Zastosowanie ogniw termoelektrycznych: tereny pustynne, polarne, boje morskie itp.

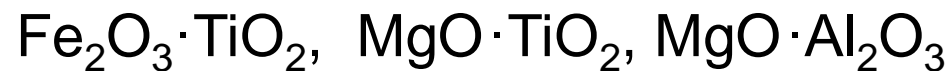
## Termistory

(rezystory o rezystancji zależnej silnie od temperatury)

Rodzaje termistorów:

- NTC (*Negative Temperature Coefficient*)

$$\alpha = -0,02 \dots -0,08 \text{ K}^{-1}$$



- PTC (*Positive Temperature Coefficient*)

$$\alpha = +0,05 \dots +0,70 \text{ K}^{-1}$$



- CTR (*Critical Temperature Resistor*)

Gwałtowna zmiana rezystancji w zakresie kilku kelwinów  
materiał:  $\text{VO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  (plus domieszki: Ge, Sn, Fe).

Domieszki decydują o temperaturze nagłej zmiany  
rezystancji.

Na przykład, przekroczenie  $68^\circ\text{C}$  czystego  $\text{VO}_2$  powoduje  
skokową zmianę jego rezystancji o 4 rzędy wielkości.

Powodem jest zmiana struktury krystalicznej tego  
tlenku.

## Warystory

(rezystory o rezystancji zależnej silnie od przepływającego prądu)

$$U = C \cdot I^\alpha$$

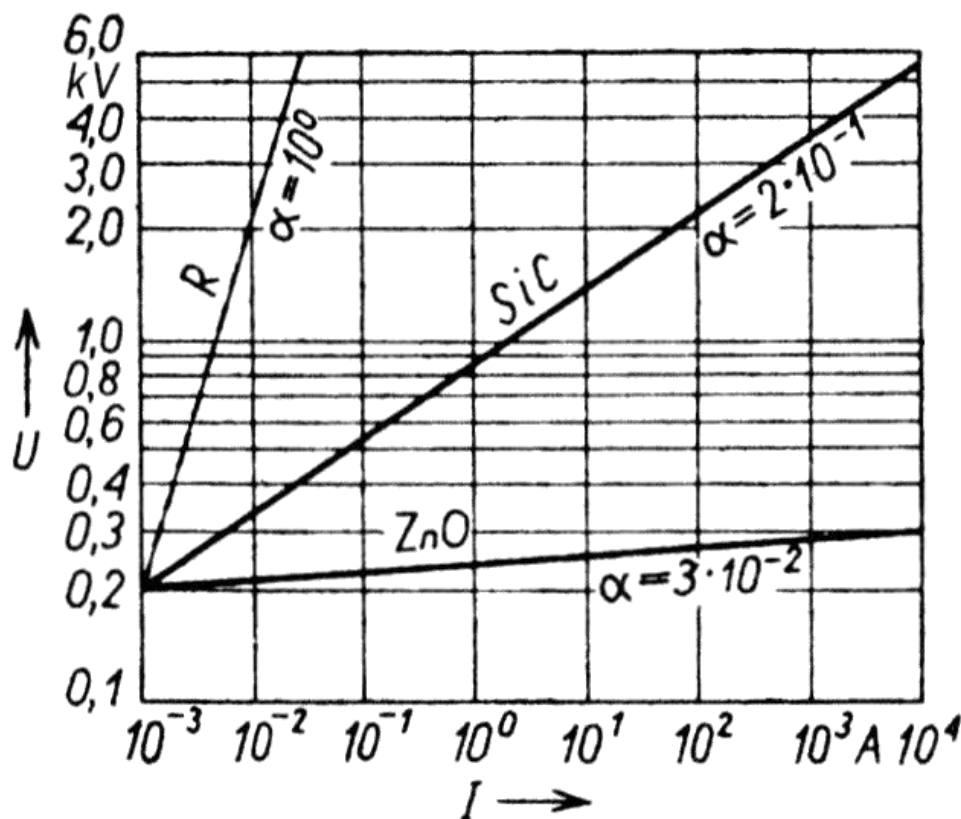
gdzie:  $C$  - stała,  $\alpha$  - współczynnik nieliniowości.

Zastosowanie warystorów w układach niskiego napięcia:

- stabilizacja napięcia,
- zapobieganie iskrzeniu na stykach,
- ochrona od przepięć komutacyjnych,
- w telefonii, radiotechnice, technice obliczeniowej.

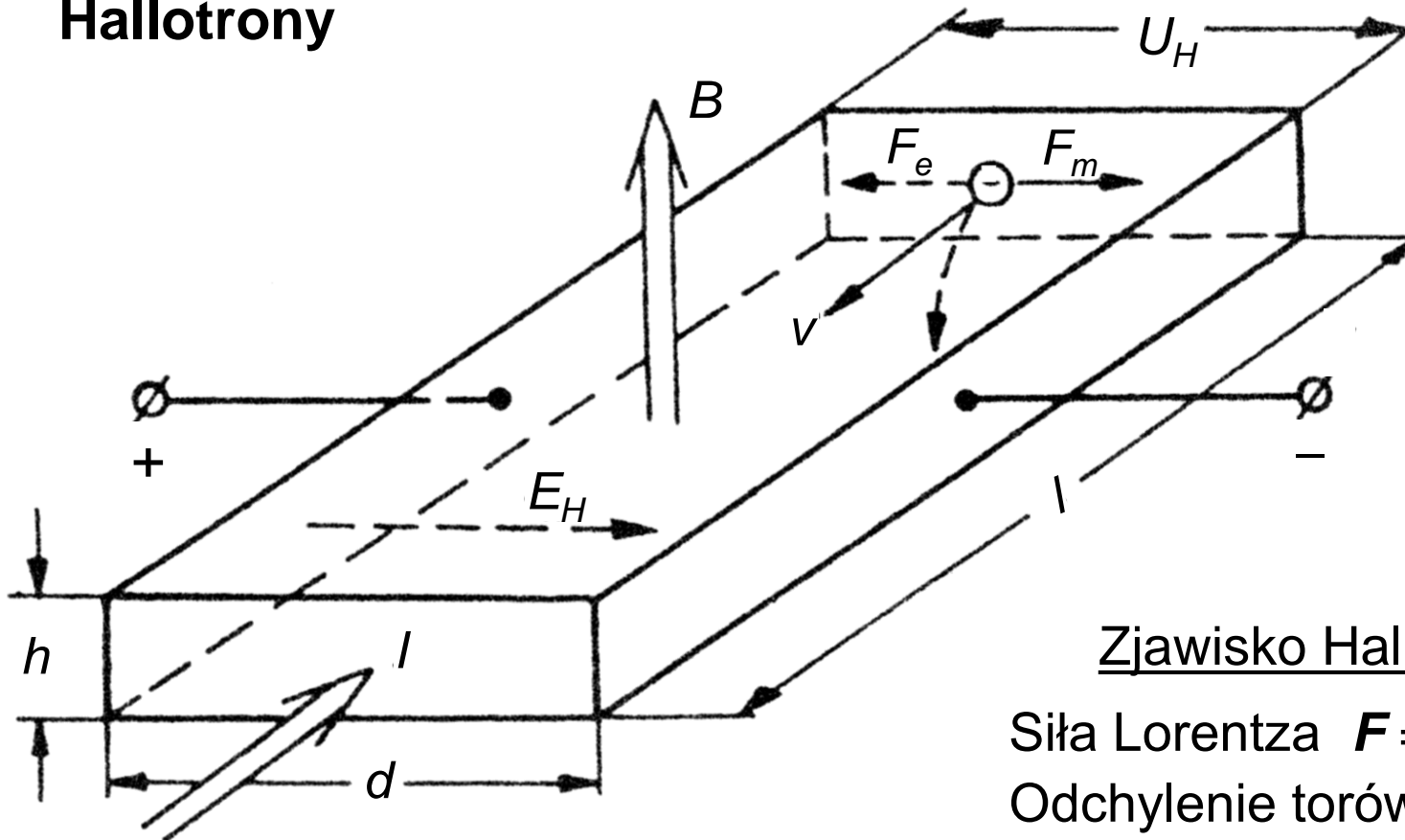
Zastosowanie warystorów w układach wysokiego napięcia:

- w ogranicznikach przepięć, warystory: SiC i ZnO.



Charakterystyki  
napięciowo-prądowe  
warystorów SiC i ZnO

## Hallotrony

Zjawisko Halla

Siła Lorentza  $\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B}$   
 Odchylenie torów nośników  
 ładunku w polu magnetycznym.  
 Powstaje siła elektromotoryczna  
 $U_H$  (napięcie Halla).

$$U_H = \frac{IB}{h} R_H \quad R_H = \frac{1}{en} \quad [\text{m}^3/\text{As}]$$

gdzie:

$I$  - prąd,  $B$  - indukcja magnetyczna,  $h$  - grubość hallotronu,  
 $R_H$  - stała Halla,  $en$  - ładunek i koncentracja elektronów.

Materiały na hallotrony:

- InAs,  $R_H = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{As}$  (dokładne hallotrony),
- InSb,  $R_H = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{As}$  (hallotrony dużej mocy).

Zastosowanie hallotronów: pomiary: pól magnetycznych,  
 prądu, kąta obrotu, przesunięcia, drgań mechanicznych.