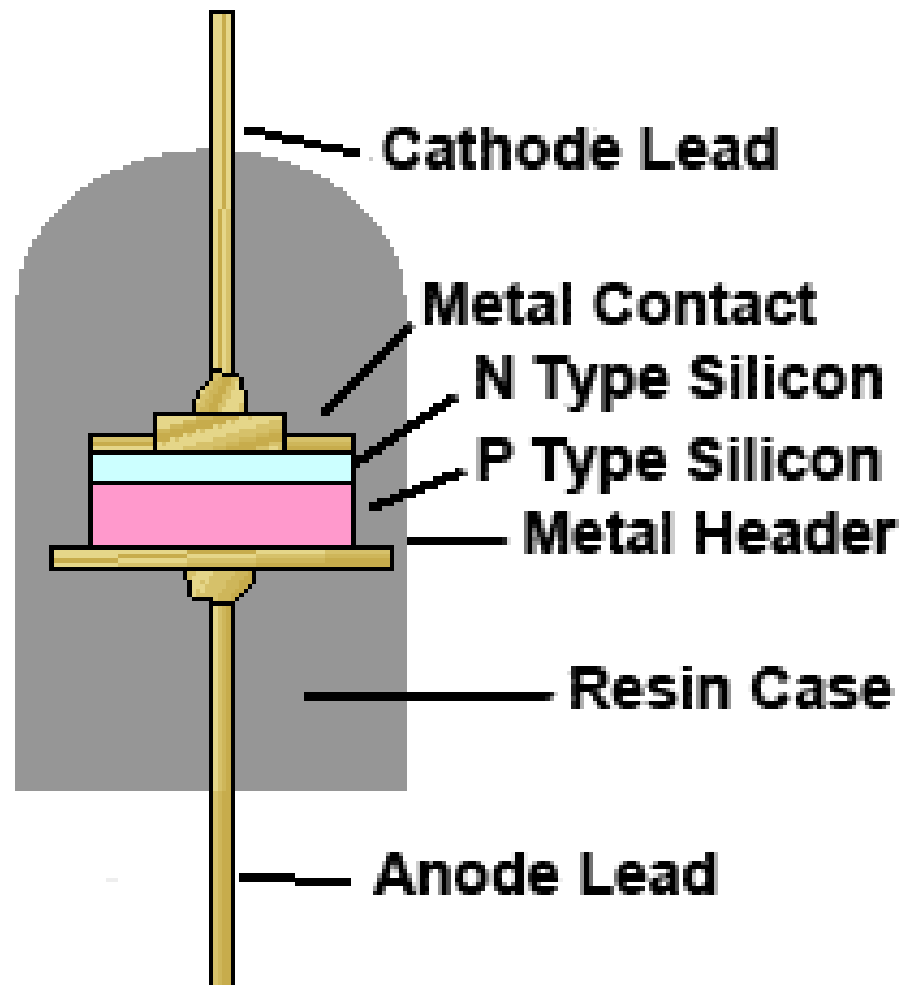


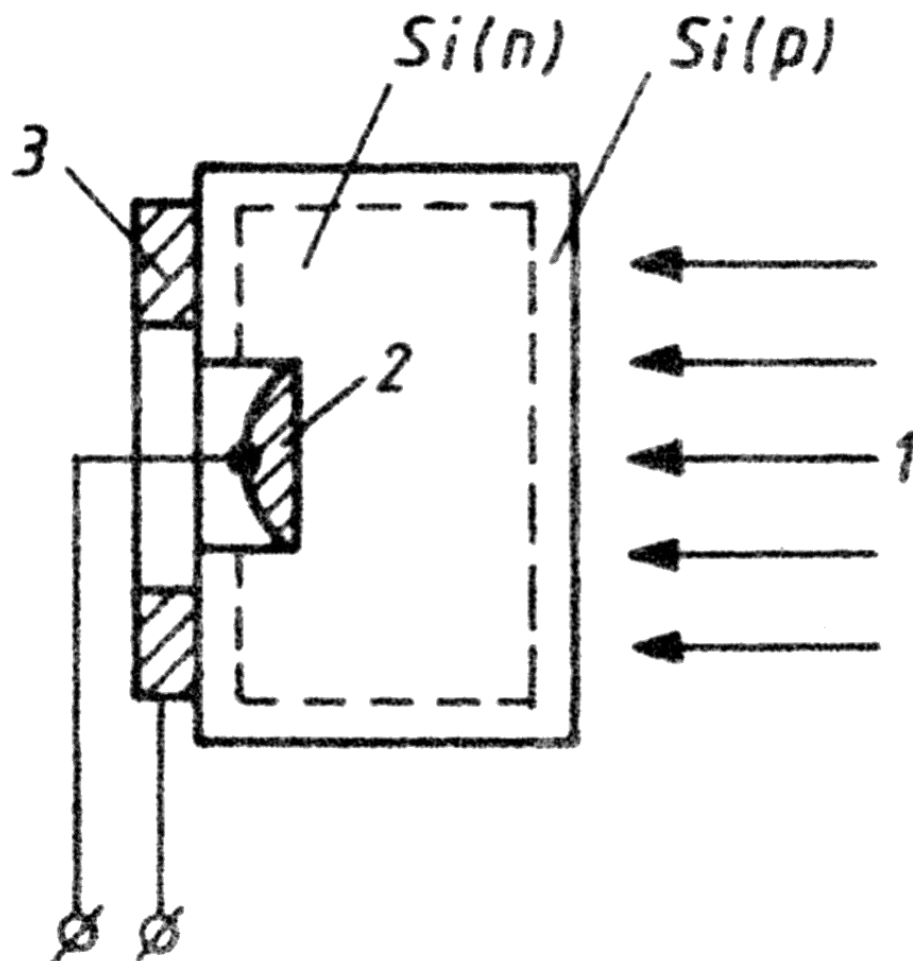
Dioda krzemowa



Szkic warstwowej diody krzemowej

Fotodioda krzemowa

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



Schemat fotodiody krzemowej;

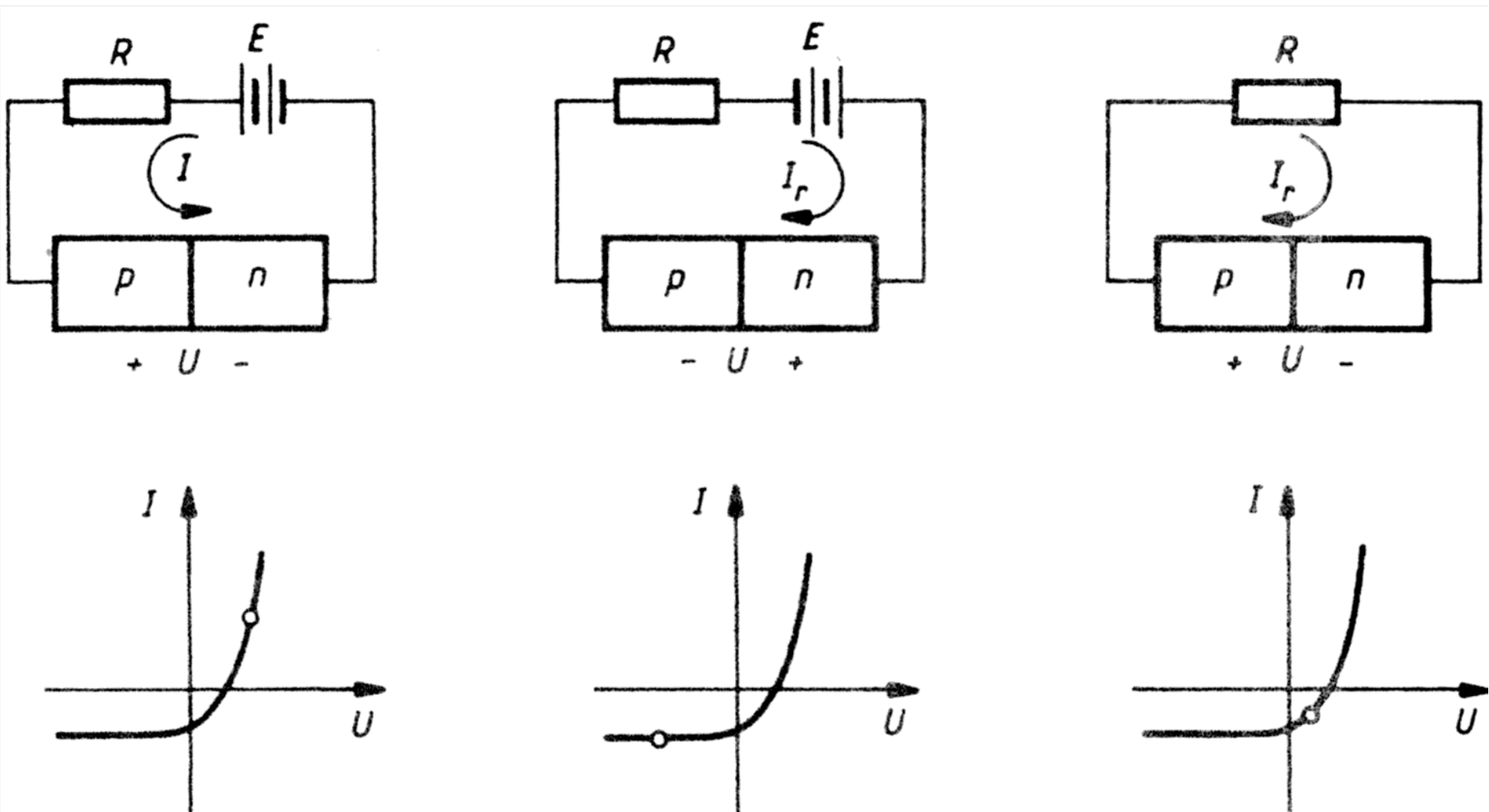
1 - promieniowanie,

2 - elektroda

3 - elektroda pierścieniowa

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

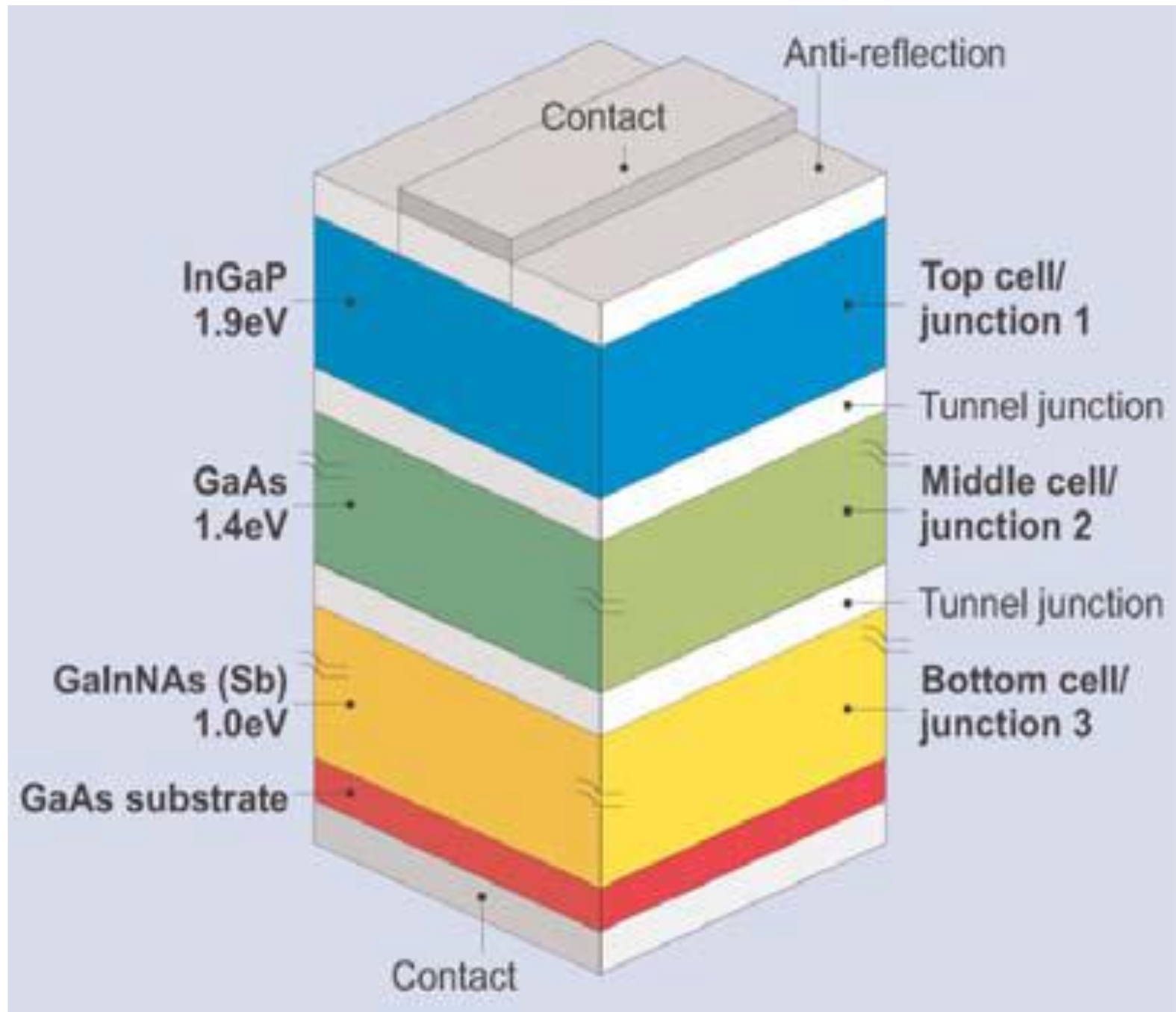
- wytwarzane z krzemu polikrystalicznego,
- tańsze w produkcji,
- mniej wydajne niż ogniwa monokrystaliczne,
- sprawność 15 - 18 % ,
- niebieski kolor, widoczna struktura kryształów krzemu przypominająca szron.

Ogniwa II generacji (cienkowarstwowe)

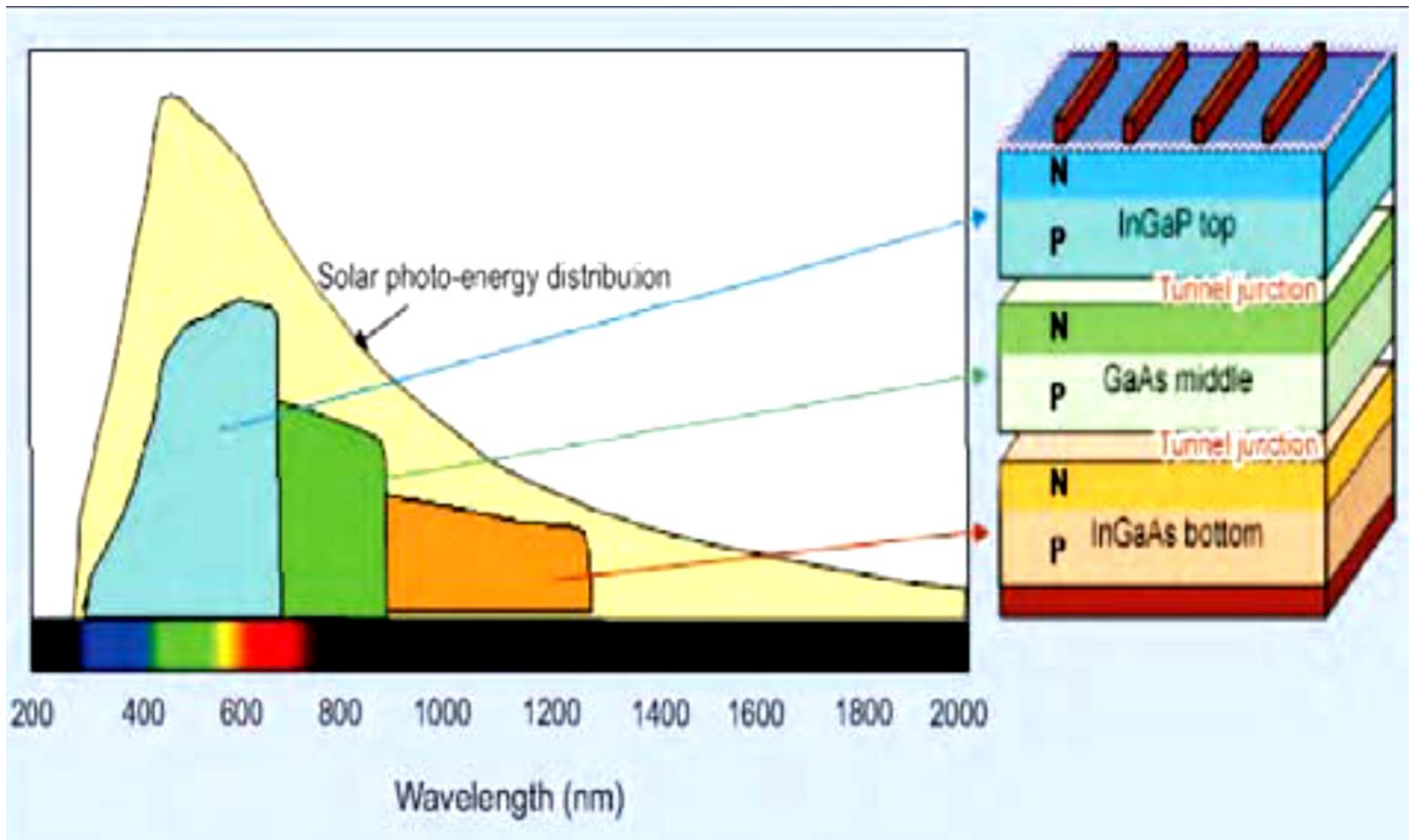
- wykonywane z tellurku kadmu, krzemu amorficznego, z mieszanki miedzi, indu, galu i selenu.
- grubość warstwy półprzewodnika: od 0,001 do 0,08 mm,
- znacznie tańsze od ogniw z krzemu krystalicznego,
- formowane za pomocą naparowywania, napyłania i epitaksji,
- mogą być bardzo elastyczne,
- można je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

Ogniwa III generacji (w trakcie badań)

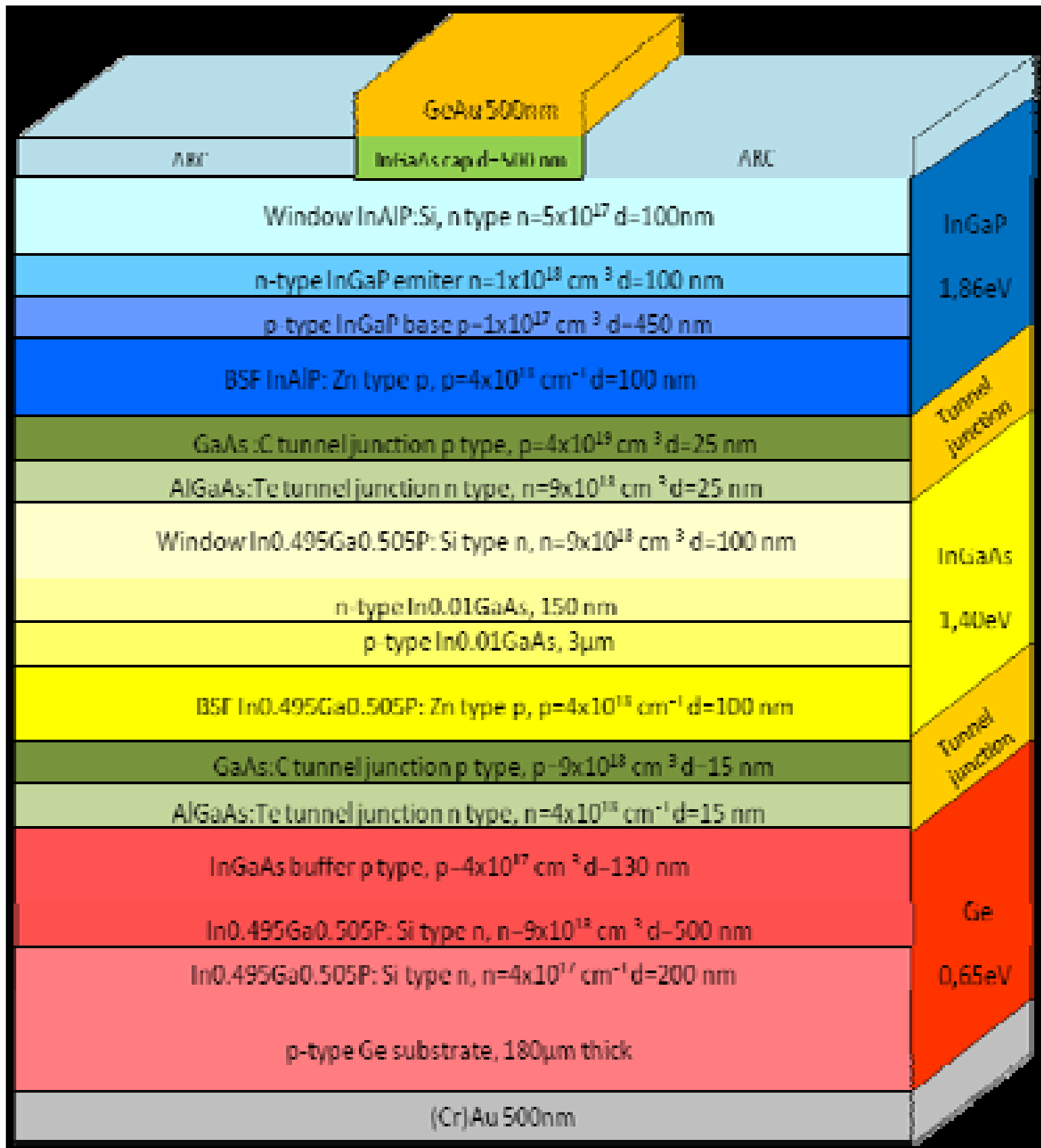
- bazują na bardzo różnych technologiach,
- nie są oparte o złącza półprzewodnikowe p-n,
- są w trakcie badań,
- charakteryzują się jeszcze niską sprawnością i żywotnością,
- największa zaleta: niski koszt produkcji i nietoksyczność,
- przykładowe ogniwa w trakcie badań:
 - barwnikowe,
 - polimerowe.



Struktura epitaksjalna trój złączowego ogniwa słonecznego



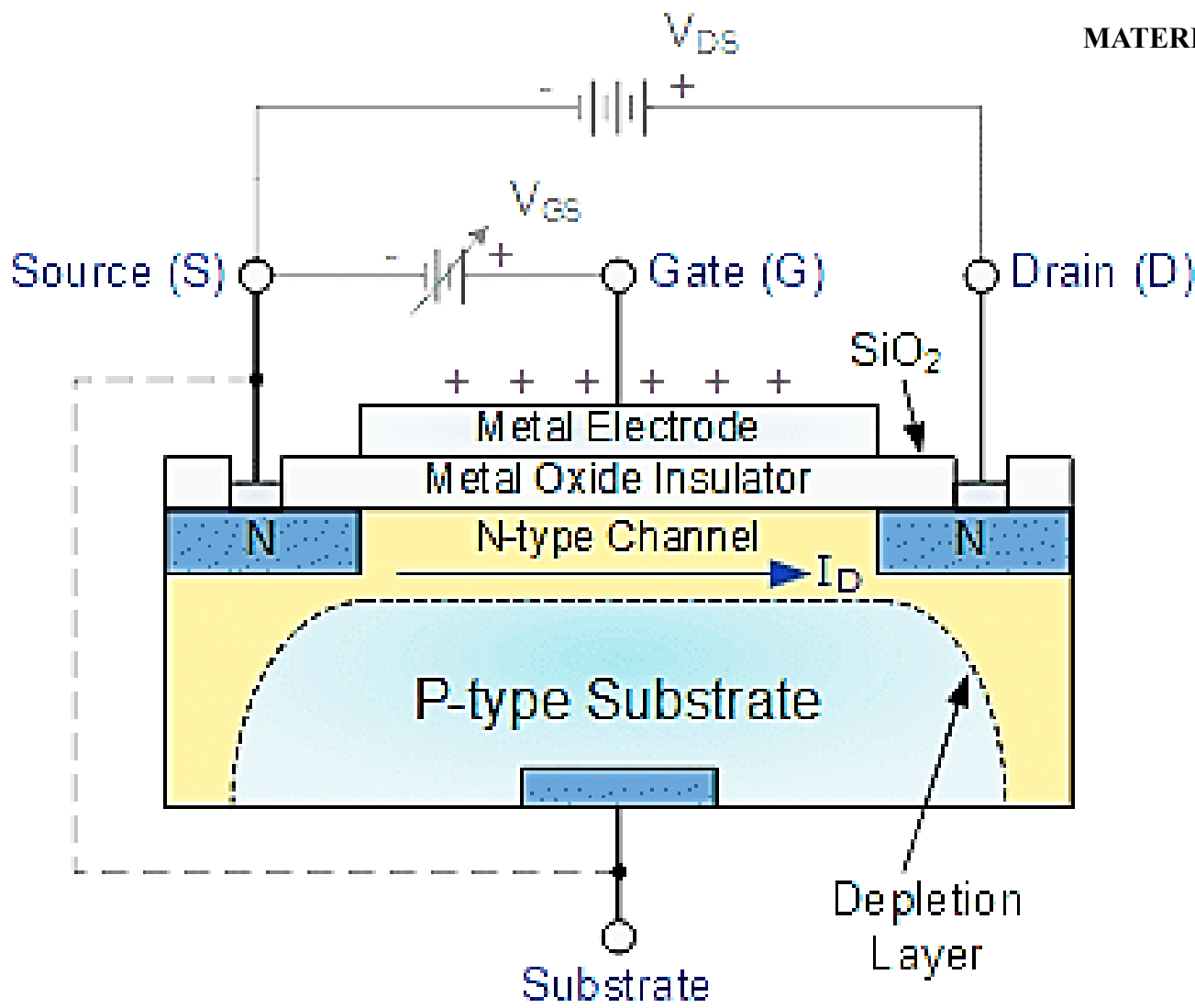
Struktura epitaksjalna ogniwa słonecznego oraz fragment wykorzystywanego przez nią widma słonecznego



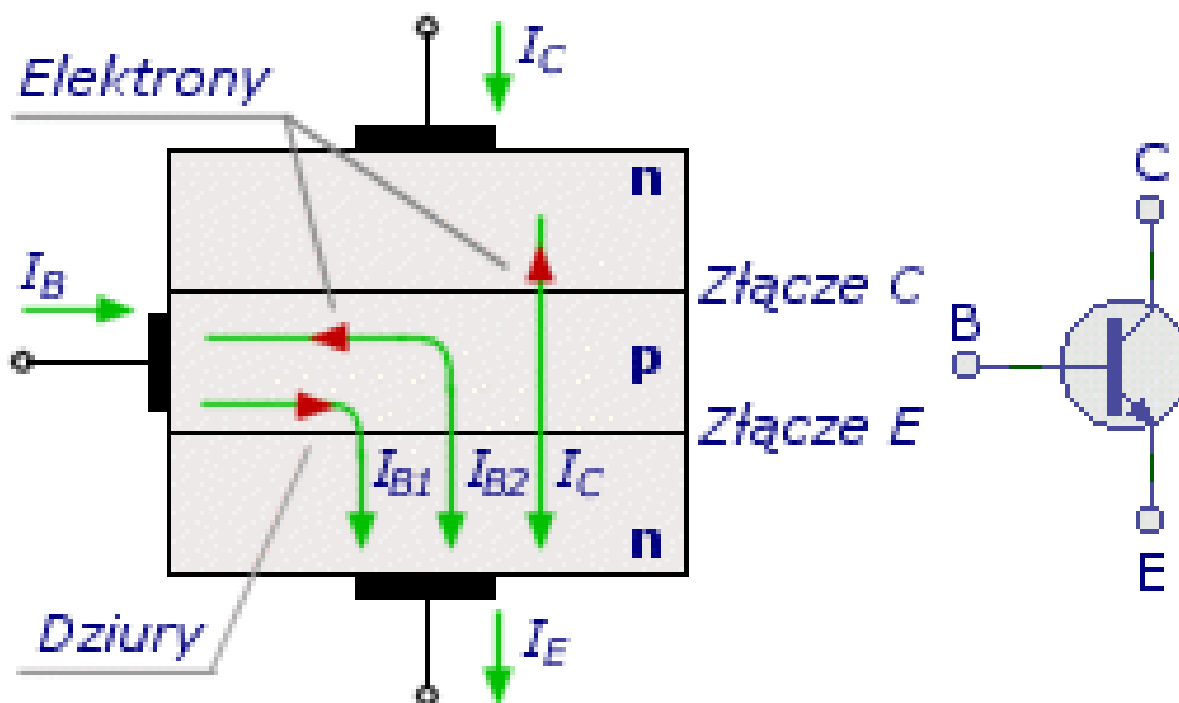
Struktura ogniwa słonecznego wykonanego w ITME

Tranzystor

- trzy warstwy: $p-n-p$ lub $n-p-n$
- warstwa środkowa baza (B), grubość kilka μm
- warstwy skrajne: emiter (E) i kolektor (K)
- wzmacnia sygnały zmienne napięciowe lub prądowe
- emiter-baza polaryzacja w kierunku przewodzenia
- kolektor-baza polaryzacja w kierunku zaporowym
- dobór punktu pracy tranzystora
- tranzystory najczęściej stosowane w układach elektronicznych:
 - bipolarne (sterowane prądowo)
 - polarne (sterowane napięciowo)
- tyrystor - sterowany zawór (sterowana dioda)
 - cztery warstwy $p-n-p-n$
 - sterowanie prądem bramki



Schemat tranzystora unipolarnego



Schemat i symbol tranzystora bipolarnego

Diody elektroluminescencyjne

LED - *Light Emitting Diode*

emituje światło pod wpływem przepływającego 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

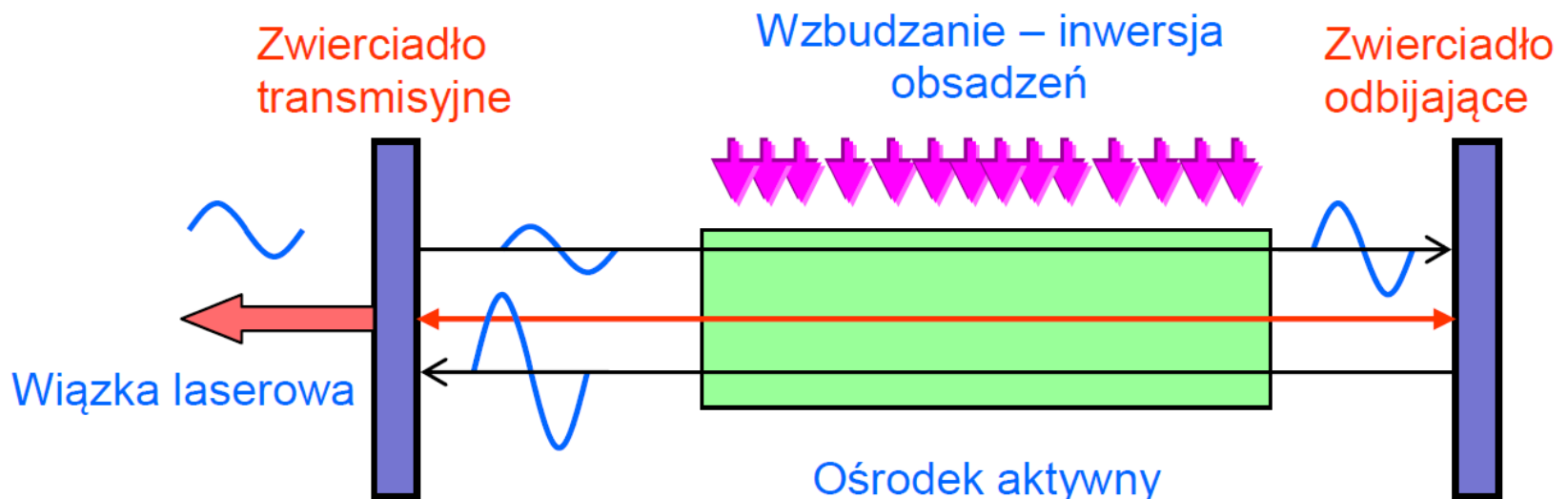
LASER - *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*

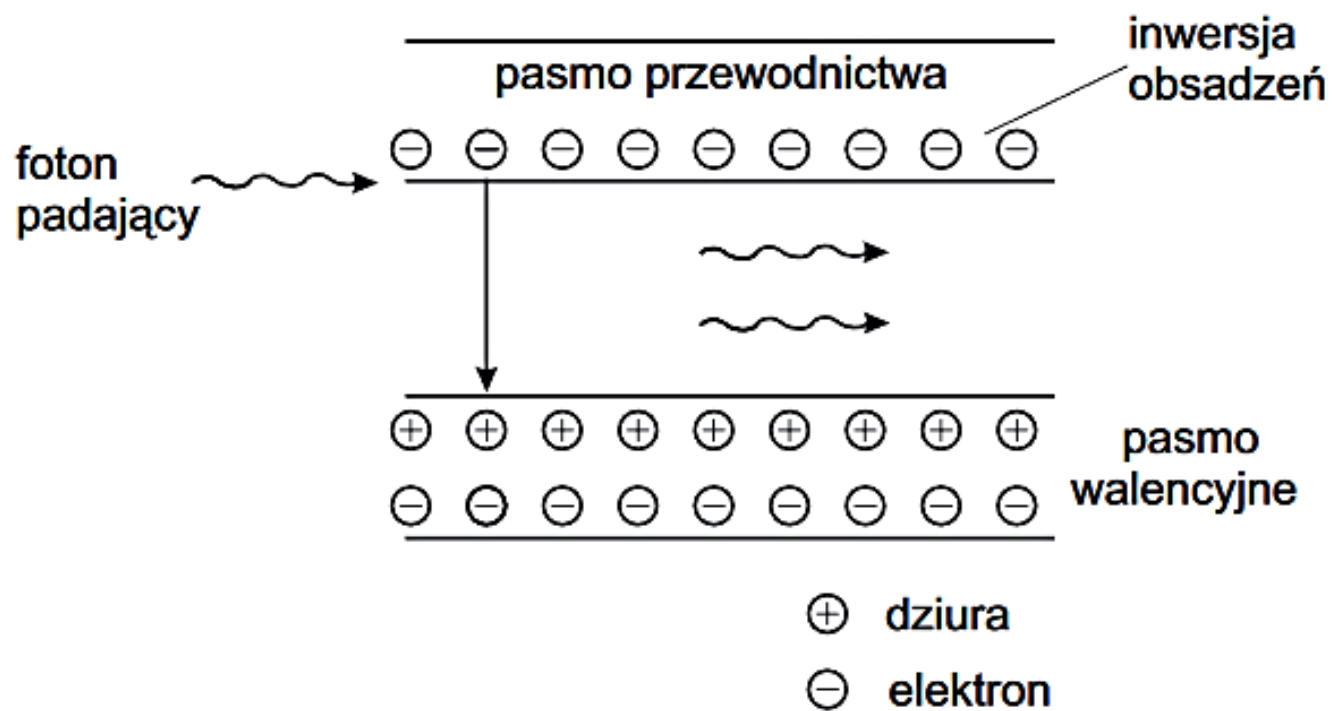
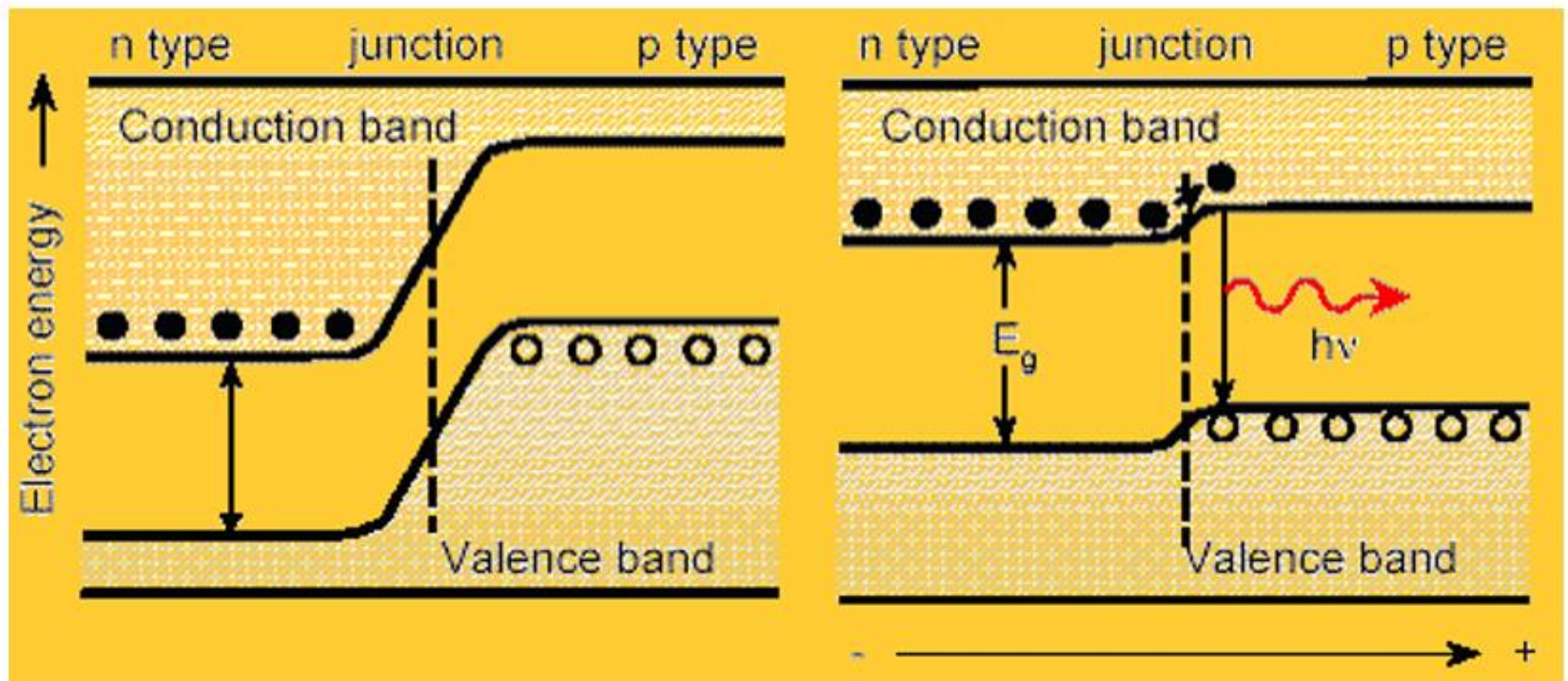
kwantowy generator światła:

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

zasadnicze części lasera:

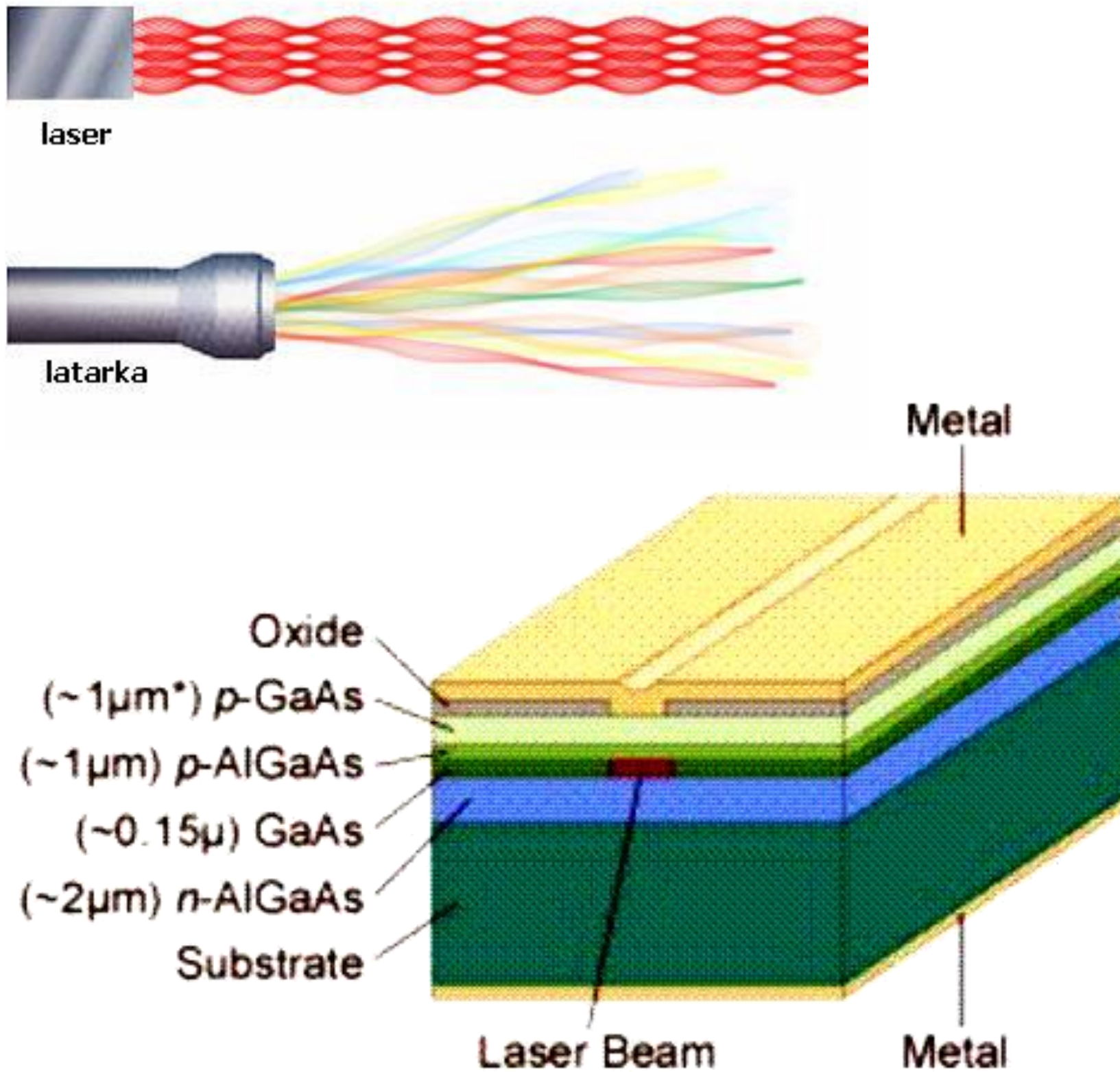
- ośrodek czynny
- rezonator optyczny
- układ pompujący



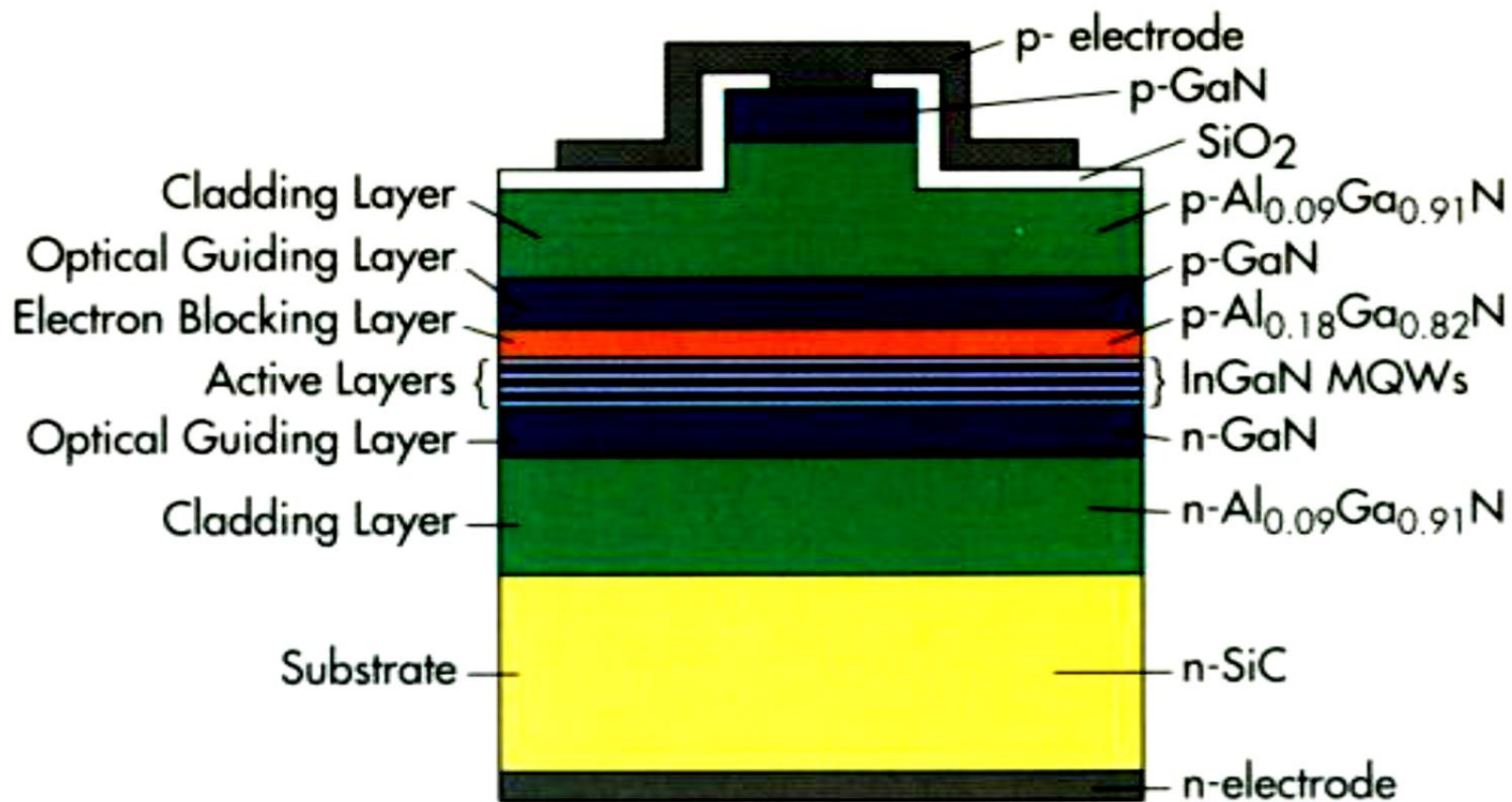
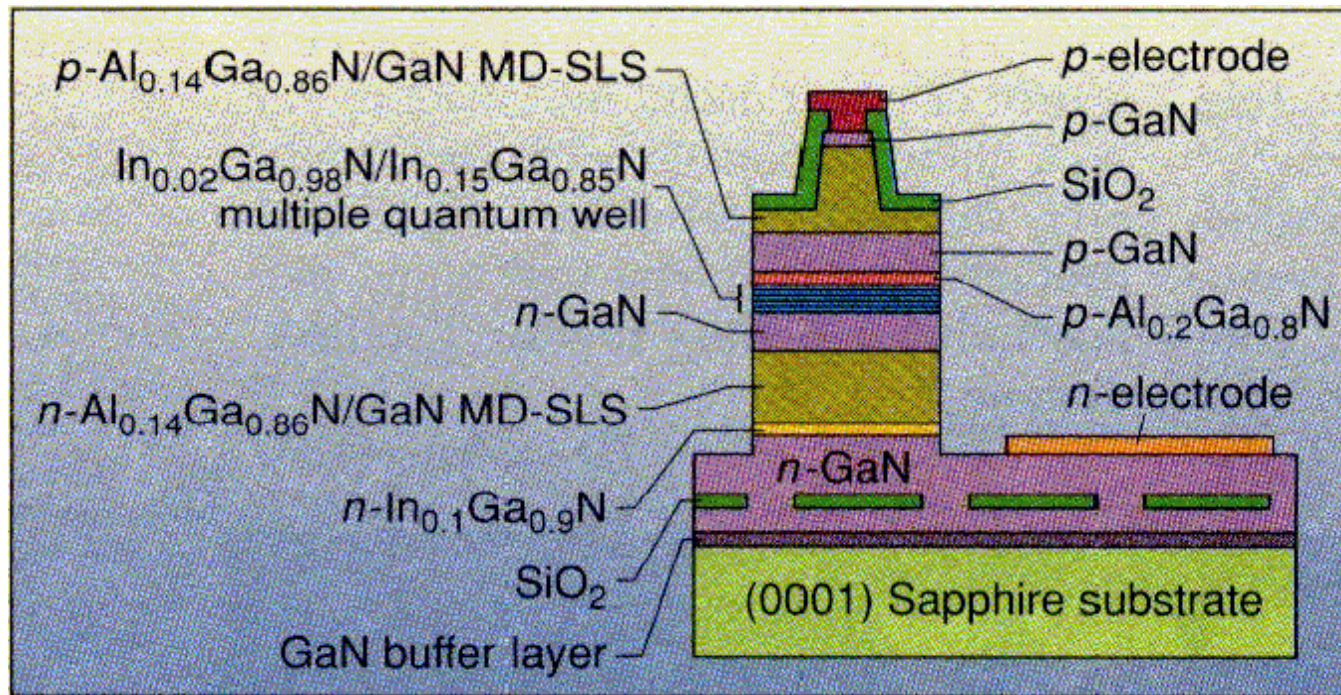


akcja laserowa:

- 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



Schemat struktury lasera GaAs

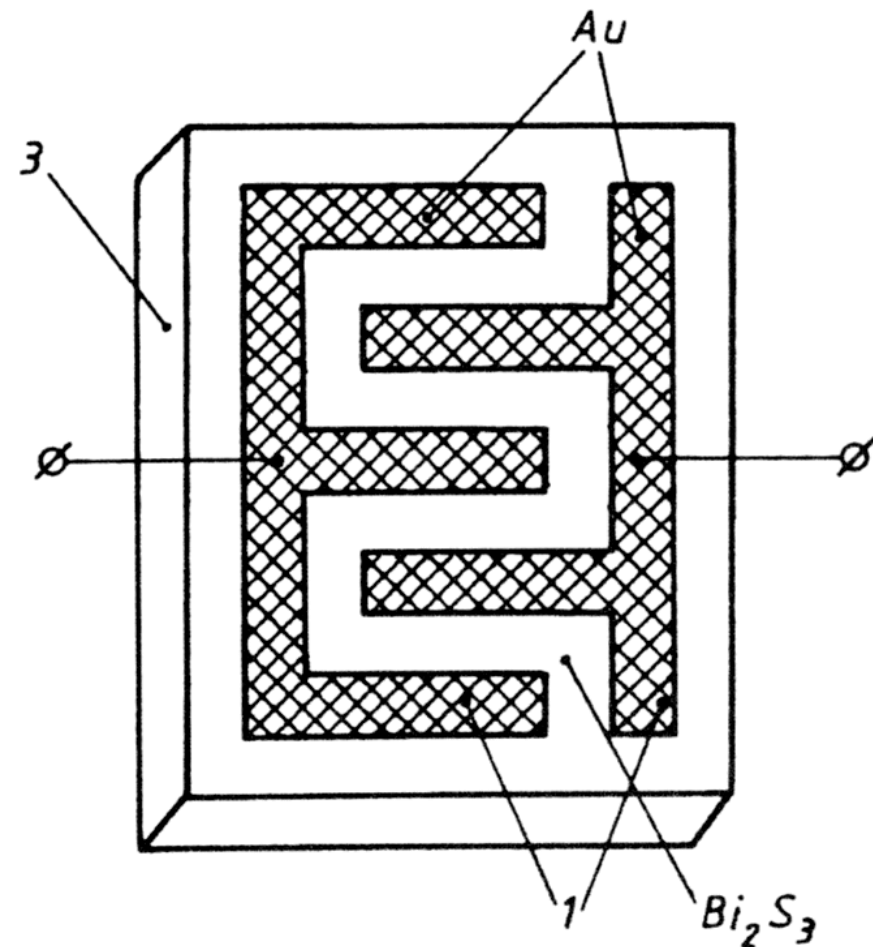
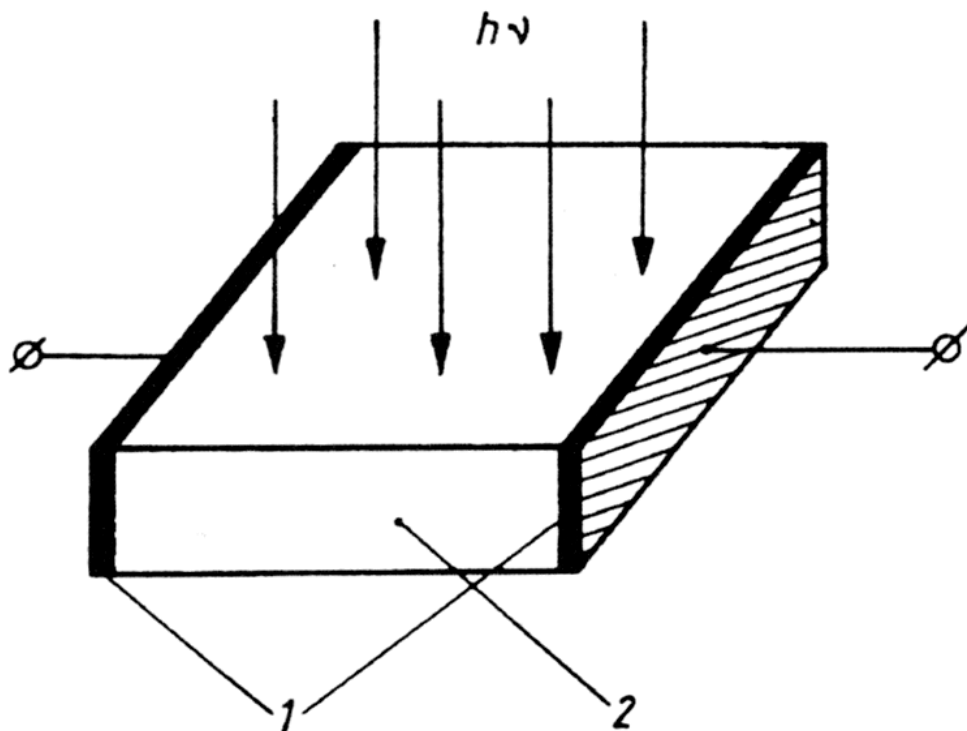


Schemat lasera niebieskiego opartego na azotku galu

Fotorezystory

- płytka materiału półprzewodnikowego między dwiema elektrodami
- rezystancja zależy od natężenia światła
- najczęściej stosowane materiały:

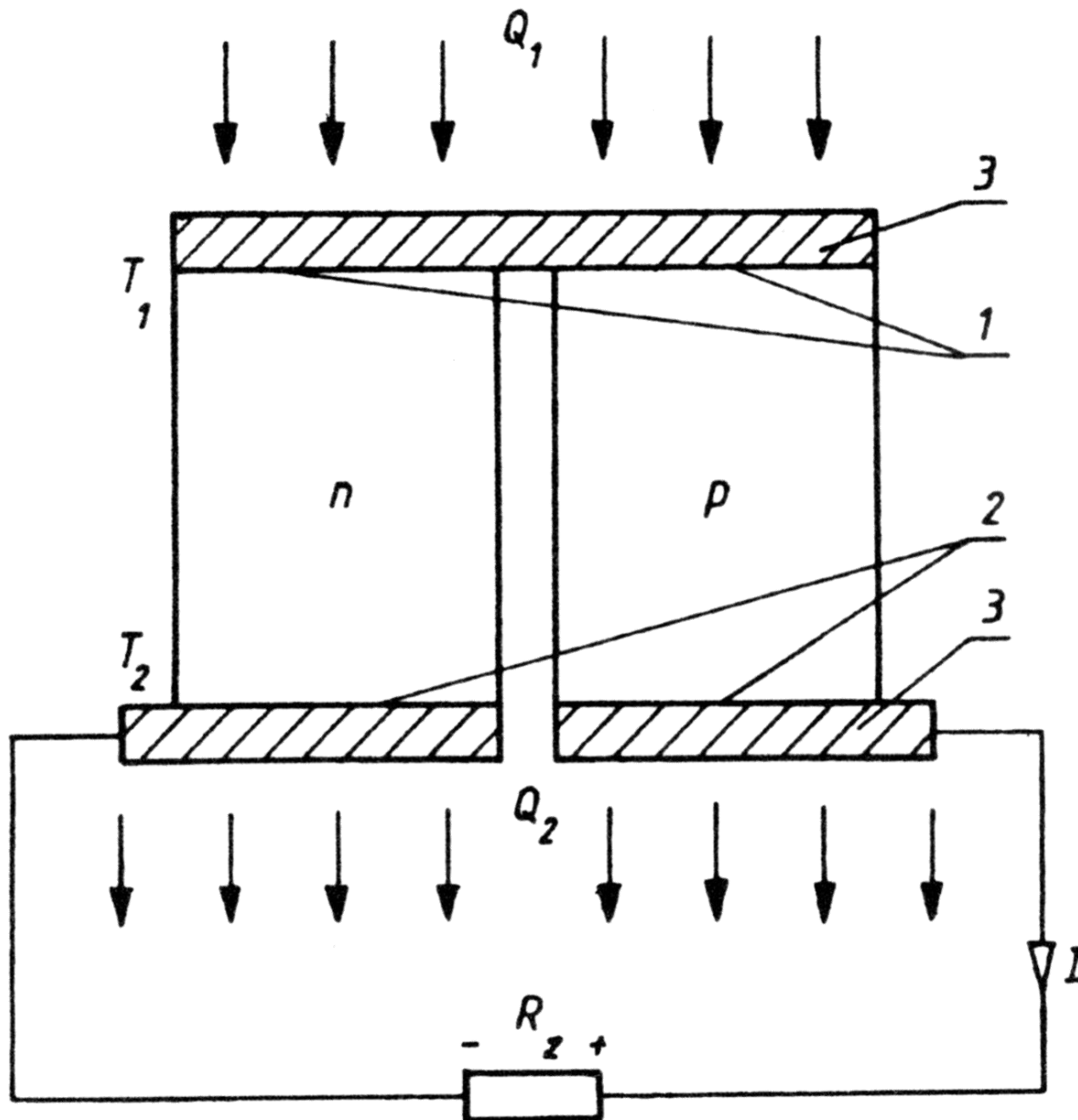
PbS, Bi_2S_3 , CdS (duża czułość, duża bezwładność)



Fotorezystory: płytkowy i warstwowy; 1 - elektrody,
2 - półprzewodnik, 3 - płytka szklana

Ogniwa termoelektryczne

- zjawisko Seebecka
- bezpośrednia przemiana energii cieplnej na elektryczną
- półprzewodnikowe źródło energii elektrycznej
- sprawność 10...15 %
- źródła ciepła:
 - paliwa stałe, ciekłe i gazowe; promieniowanie słoneczne
- materiały na ogniwa:
 - niskotemperaturowe ($< 400\text{ }^{\circ}\text{C}$): ZnSb, Bi_2Te_3 , Bi_2Se_3
 - średniotemperaturowe ($400 - 800\text{ }^{\circ}\text{C}$): PbTe, PbSe, GeTe
 - wysokotemperaturowe ($> 800\text{ }^{\circ}\text{C}$): SiGe
- zastosowanie ogniw termoelektrycznych:
 - tereny niezelektryfikowane (pustynne, polarne), boje morskie



Schemat ogniwa termoelektrycznego;

1 - łącze gorące

2 - łącze zimne

3 - zwora metalowa

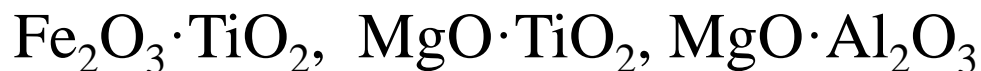
Termistory

- 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



domieszki decydują o temperaturze nagłej zmiany rezystancji

np.: przekroczenie 68 °C czystego VO₂ powoduje skokową zmianę rezystancji o 4 rzędy wielkości, powodem jest zmiana struktury krystalicznej

Warystory

rezystory o rezystancji zależnej silnie od napięcia

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

C - stała

α - współczynnik nieliniowości

zastosowanie warystorów w układach niskiego napięcia:

stabilizacja napięcia

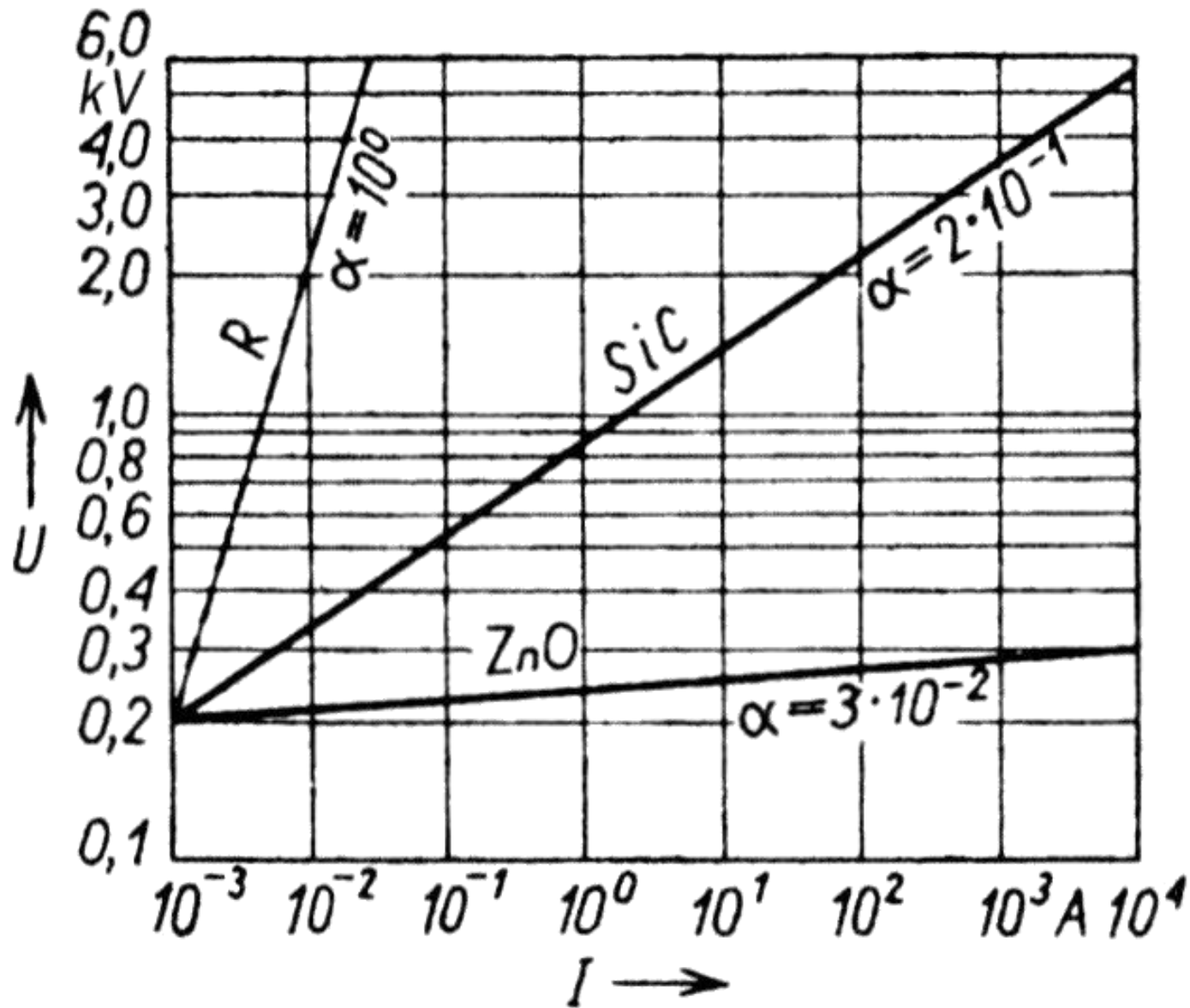
zapobieganie iskrzeniu na stykach

ochrona od przepięć komutacyjnych

w telefonii, radiotechnice, technice obliczeniowej

zastosowanie warystorów w układach wysokiego napięcia:

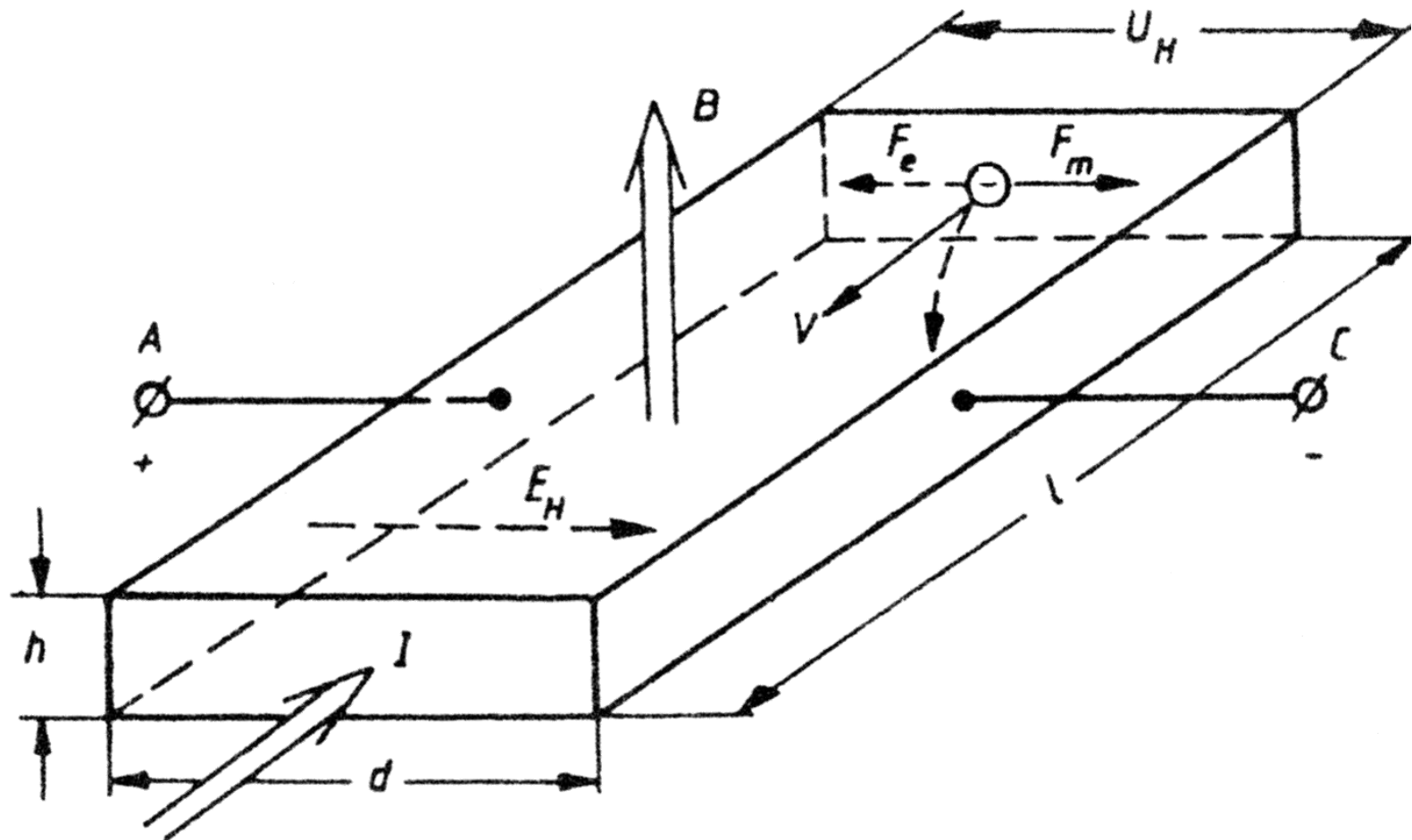
w ogranicznikach przepięć, warystory: SiC, ZnO



Charakterystyki napięciowo-prądowe warystorów SiC i ZnO

Hallotrony

zjawisko Halla



siła Lorentza $F = q \cdot v \times B$

odchylenie torów nośników ładunku w polu magnetycznym

powstaje siła elektromotoryczna U_H (napięcie Halla)

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

I - prąd

B - indukcja magnetyczna

h - grubość płytki półprzewodnika

R_H - stała Halla

e - ładunek elektronu

n - koncentracja elektronów

materiały na hallotrony:

arsenek indu InAs, $R_H = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{As}$ (dokładne hallotrony)

antymonek indu InSb, $R_H = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{As}$ (dużej mocy)

zastosowanie hallotronów:

pomiary: pól magnetycznych, prądu, kąta obrotu, przesunięcia,
drgań mechanicznych

realizacja operacji matematycznych