AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

NAUKA O MATERIAŁACH

Wykład XIV: Właściwości optyczne

JERZY LIS
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Katedra Technologii Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych

Treść wykładu:

Treść wykładu:

1. **Wiadomości wstępne:**

a) **Załamanie światła**

b) **Absorpcja**

c) **Transmisja**

2. **Mechanizmy pochłaniania światła w materiale**

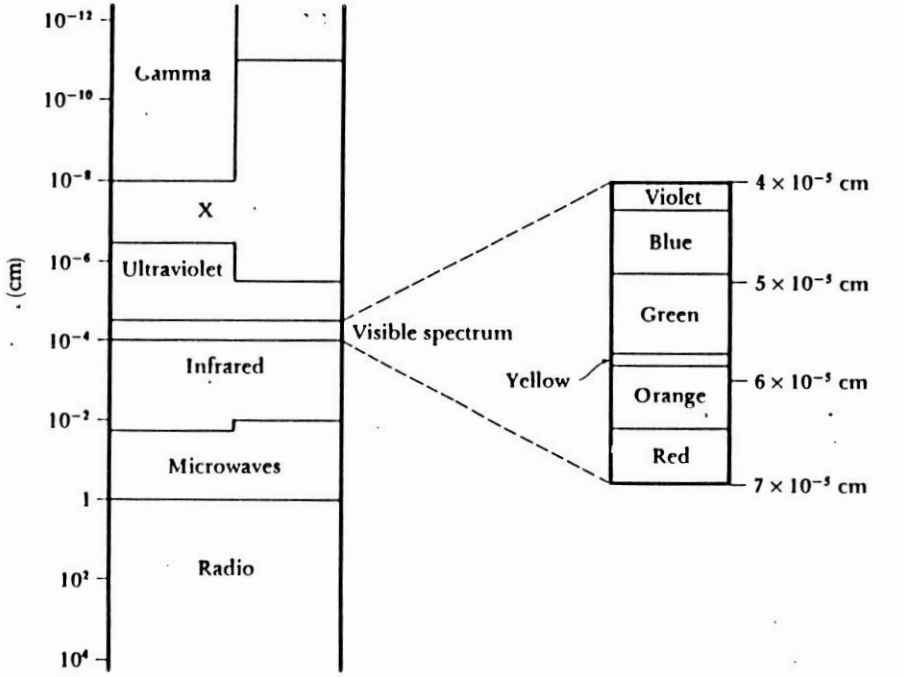
3. **Mechanizmy powstawania barwy**

4. **Elementy optoelektroniki**

Wiadomości wstępne

Tradycyjnie właściwości optyczne wiążą się z zachowaniem się materiałów pod wpływek działania fali elektromagnetycznej w zakresie zbliżonym do światła widzialnego

Zakresy długości fal elektromagnetycznych



Wiadomości wstępne

Rozpatrując właściwości optyczne bierzemy pod uwagę korpuskularno-falowy charakter promieniowania elektromagnetycznego

Energia fotonu

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

h – stała Plancka = 6,62 10^{-32} Js

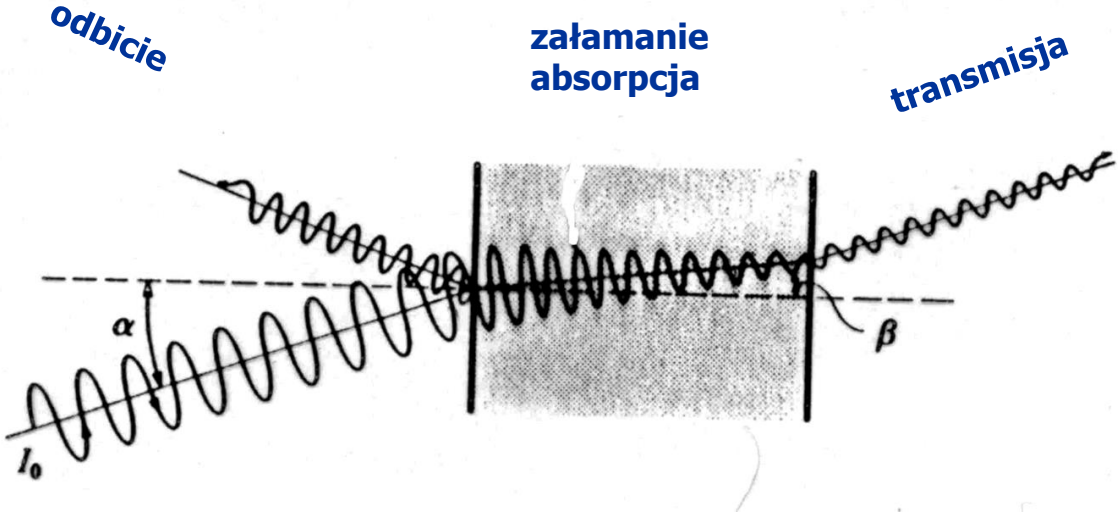
W obszarze właściwości optycznych

Zakres promieniowania	Długość fali promieniowania λ [μm]	Energia kwantów promieniowania $h\nu$ [eV]
podczerwone	0,7-100	0,001-1
światło widzialne	0,4-0,7	1-10
nadfioletowe	0,2-0,4	10-1000

Wiadomości wstępne

Zjawiska zachodzące w wyniku oddziaływania fali elektromagnetycznej na materiał:

- Odbicie (światła)
- Załamanie
- Absorpcja
- Transmisja
- Barwa



Załamanie światła

$n = \sin\alpha/\sin\beta = v_1/v_2 = \lambda_2/\lambda_1$

n – współczynnik załamania światła (fali elektr.)

Istnieje zależność $n=(\varepsilon\mu)^{1/2}$

Dla niemagnetyków $n=(\varepsilon)^{1/2}$

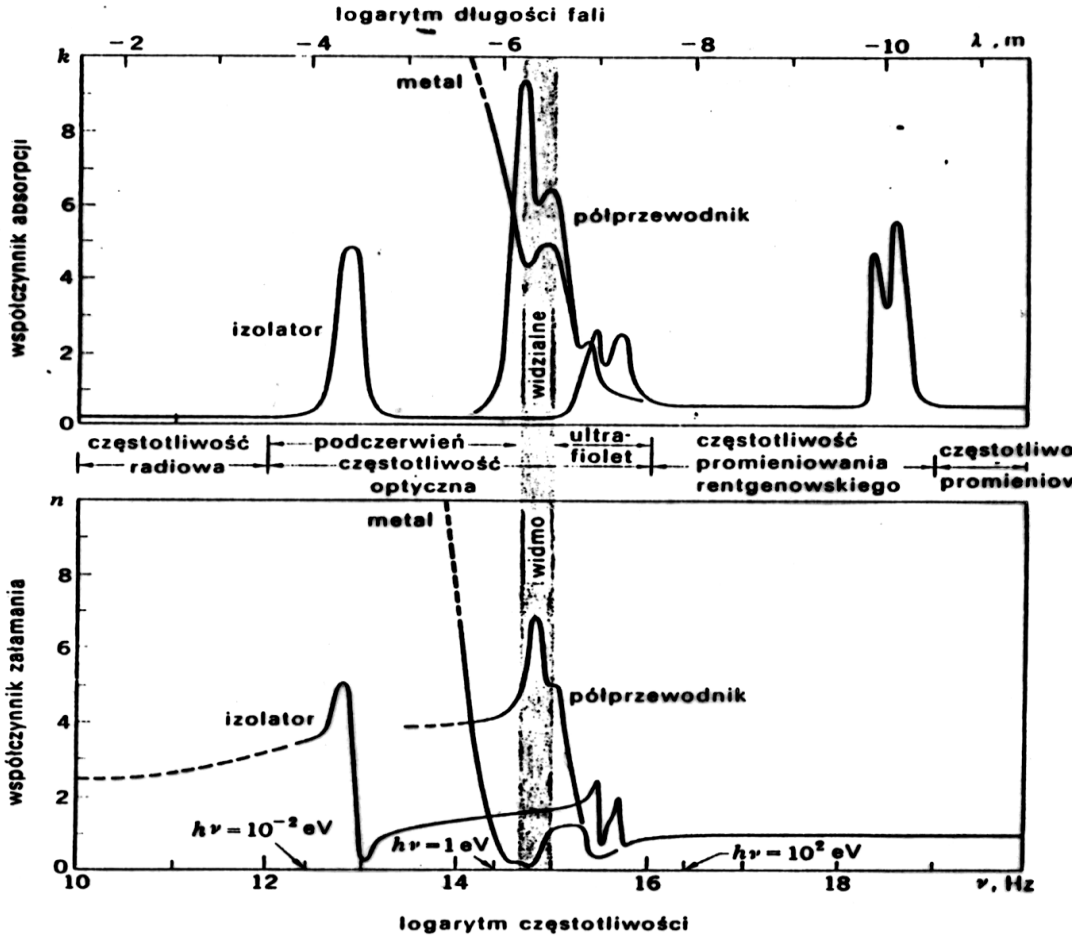
Współczynniki załamania światła niektórych materiałów

Material	n_1	Długość fali promieniowania, [nm]	Material	n_1	Długość fali promieniowania, [nm]
Diament	2,42	589,3	ZrO_2	2,15	–
Si	4,18	589,0	GaAs	4,04	546,1
αAl_2O_3	1,64	–	Szkło kwarcowe	1,458	589,3
PbO	2,66	–	Szkło CROWN	1,52	587,6
TiO_2 (rutyl)	2,61	–	Szkło FLINT	1,62	587,6

Załamanie i absorpcja

Współczynniki załamania (n) i absorpcji (a) są związane w postaci zespolonego współczynnika załamania:

$$n^* = n - i\,a$$



Odbicie i transmisja

Odbicie światła:

$$R = [(n - 1)^2 + a^2]/[(n + 1)^2 + a^2]$$

Transmisja (przepuszczalność)

Natężenie fali elektromagnetycznej (w %) przechodzącej przez materiał wynosi:

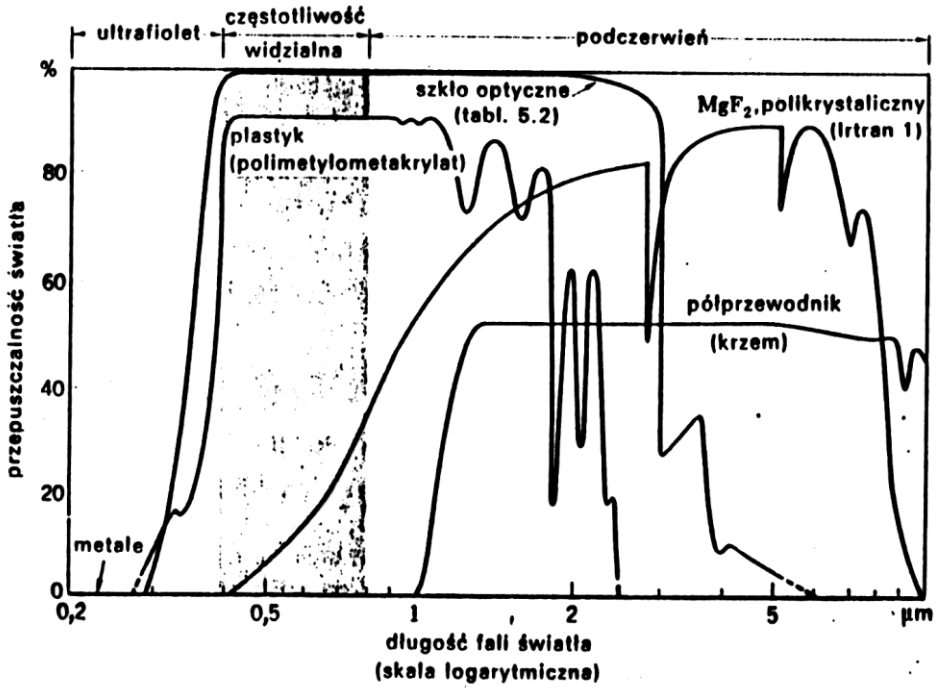
$$I = I_o + I_a + I_t$$

gdzie:

I – natężenie fali padającej, o odbitej,

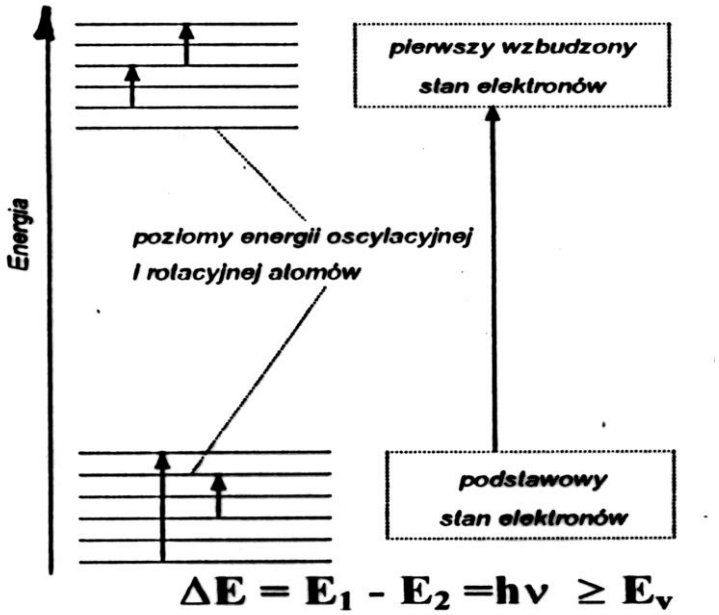
a - zaabsorbowanej;

t - przechodzącej.



Absorpcja

Absorpcja fotonów zachodzi przez wzbudzenie (przejście) układów energetycznych w materiale do wyższych stanów energetycznych (atomów, jonów, elektronów)



Wzbudzone elementy mogą powracać do stanów niższych emitując promieniowanie o odpowiedniej długości

Materiał może absorbować jedynie kwanty energii większe od wartości energii przerwy energetycznej

Mechanizmy absorpcji światła

I. METALE

- ✓ **Dla metali przy braku przerwy energetycznej możliwe jest pochłanianie kwantów energii promieniowania praktycznie w całym zakresie promieniowania widzialnego**
- ✓ **Metale są więc nieprzeźroczyste dla światła widzialnego**
- ✓ **Niektóre metale mogą mieć barwę wskutek selektywnego odbicia światła (złoto, miedź)**

Mechanizmy absorpcji światła

II. PÓŁPRZEWODNIKI

- W typowych półprzewodnikach szerokość przerwy energetycznej wynosi 1-4 eV co odpowiada długości światła widzialnego.
- Półprzewodniki są więc nieprzeźroczyste dla światła widzialnego natomiast przeźroczyste dla podczerwieni.

II. IZOLATORY

- Czyste (stechiometryczne) kryształy jonowe i kowalencyjne posiadają wielkość przerwy energetycznej > 10 eV co czyni je przeźroczystymi dla światła widzialnego.
- W polikryształach następuje absorpcja światła na tych elementach mikrostruktury (ziarna, pory), które posiadają wymiary większe od długości światła (0,4 -0,7 μm)
- W praktyce polikryształy ceramiczne są nieprzeźroczyste barwy białej.

Barwa

Selektywna absorpcja lub odbicie światła powodująca wyeliminowanie części promieniowania prowadzi do odczucia barwy (oko ludzkie)

Zakres absorpcji światła w zakresie widzialnym i barwa substancji

Zakres absorbowanego promieniowania, nm	Barwa substancji
400-450	żółta
400-565	pomarańczowa
400-610	czerwona
450-650	purpurowa
500-700	niebieska
400-450, 565-700	zielona

Barwa

Mechanizmy powstawania barwy wiążą się z występowaniem w izolatorze centrów barwnych.

Są to występujące w materiale lokalne dodatkowe poziomy energetyczne, które mogą absorbować światło w zakresie widzialnym.

Zagadnienia te są bardzo ważne praktycznie dla pigmentów, szkła, szkliw ceramicznych, kryształów do laserów itp..

Typy centrów barwnych:

I. **Domieszki metali grup przejściowych**

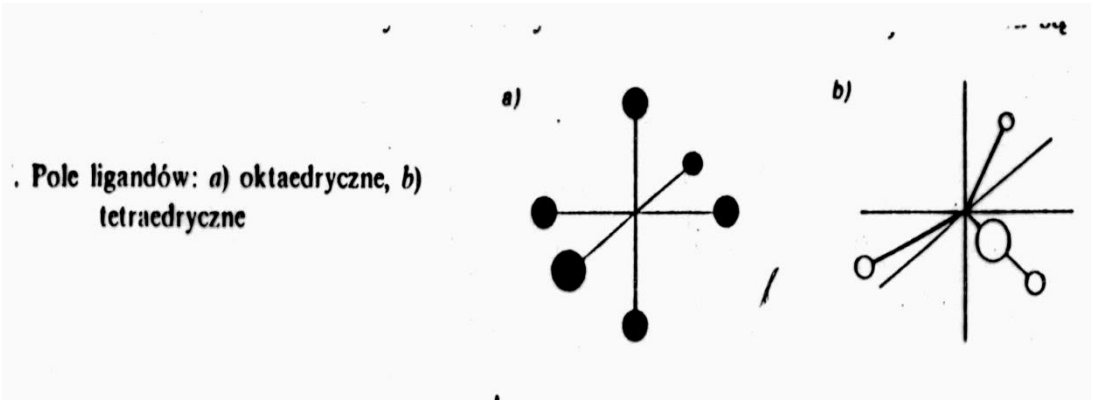
II. **Defekty punktowe w kryształach**

Barwa

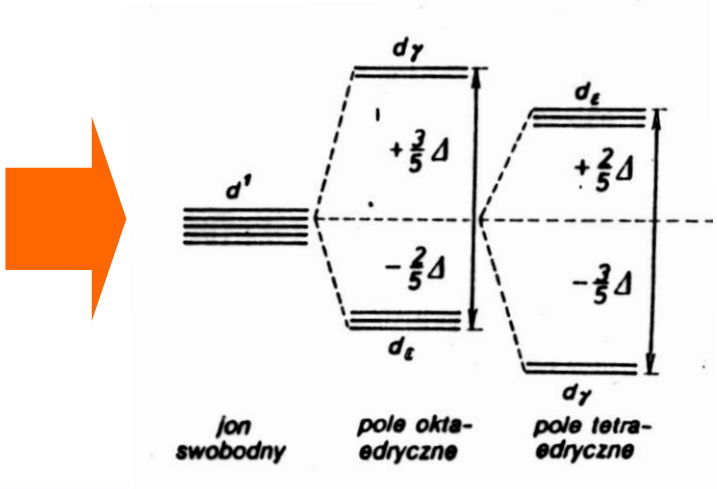
Ad. I.

Jony metali grup przejściowych (ziem rzadkich) ze względu na nieobsadzone wewnętrzne orbity mogą absorbować promieniowanie w zakresie widzialnym stając się podstawowym sposobem barwienia szkła i kryształów.

Długość absorbowanego promieniowania może być modyfikowana w zależności od otoczenia (koordynacji) w jakiej jony znajdują się w strukturze.



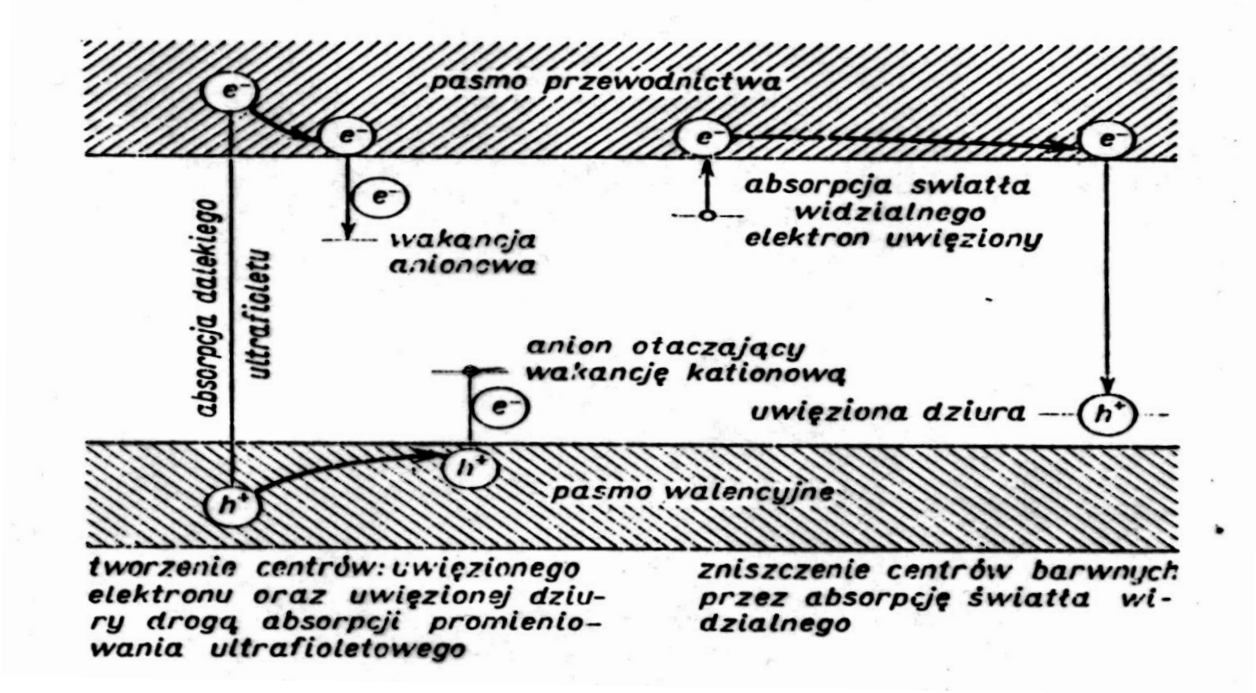
. Pole ligandów: *a*) oktaedryczne, *b*) tetraedryczne



Barwa

Ad. II

Defekty punktowe w kombinacji z defektami elektronowymi mogą stanowić dodatkowe poziomy energetyczne, które pochłaniając selektywnie promieniowanie widzialne barwią kryształy.

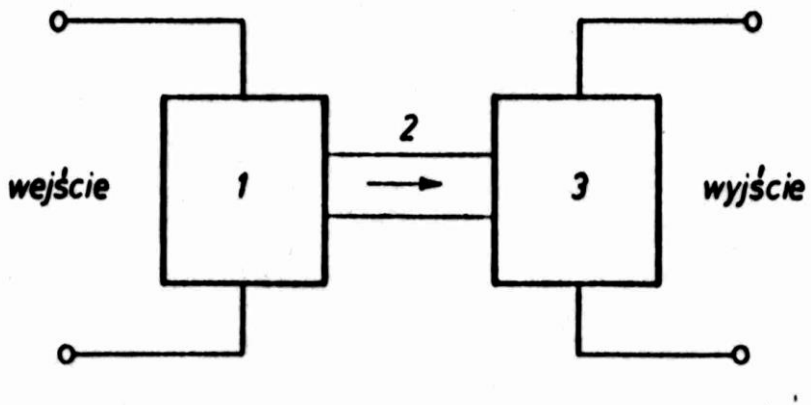


Optoelektronika

Optoelektronika to wykorzystania światła do transmisji sygnałów w elektronice i telekomunikacji.
Zastosowanie światła pozwala zwiększyć szybkość transmisji, pojemność łączy i zmniejszyć straty energii.
Optoelektronika to także zapis danych na dyskach optycznych.

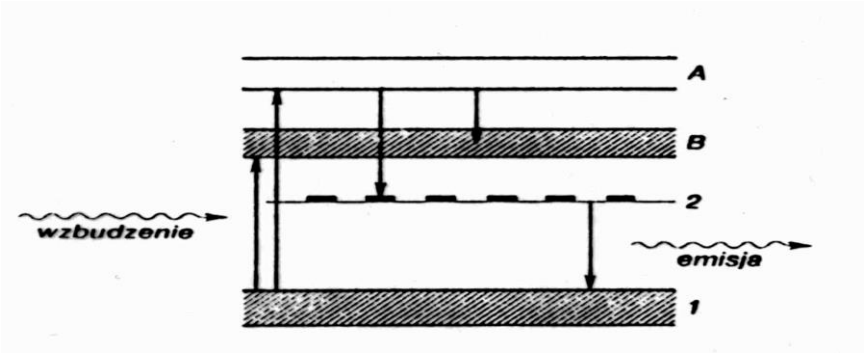
Element układu optoelektronicznego – optron:

1. **Elektroluminescencyjne źródło światła (+ laser)**
1. **Światłowód**
2. **Fotoodbiornik**



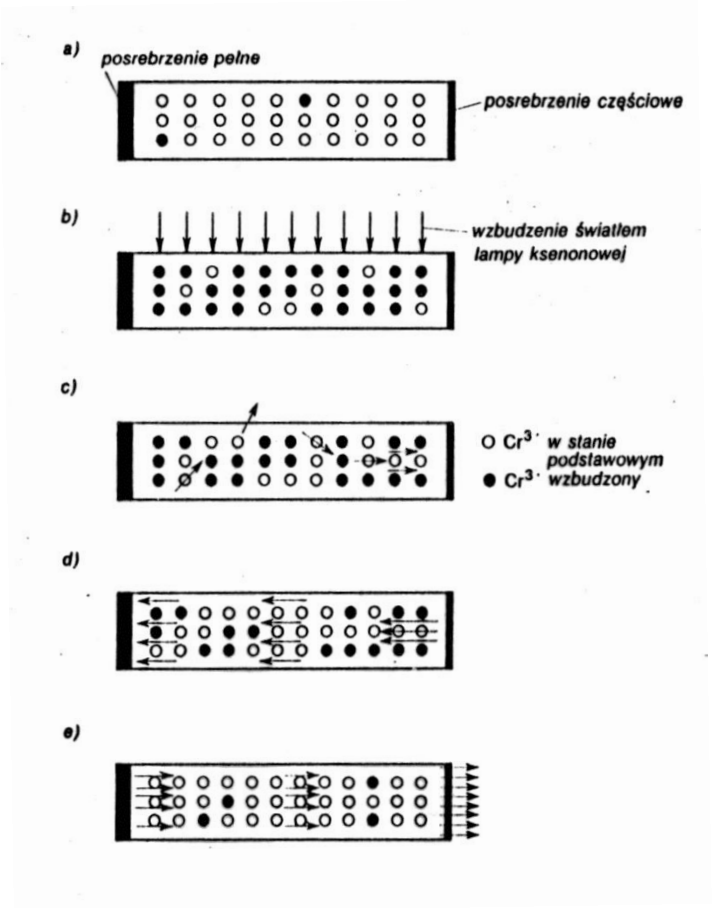
Optoelektronika

Lasery – źródła spójnego promieniowania jednej długości



. Typowe parametry niektórych rodzajów laserów

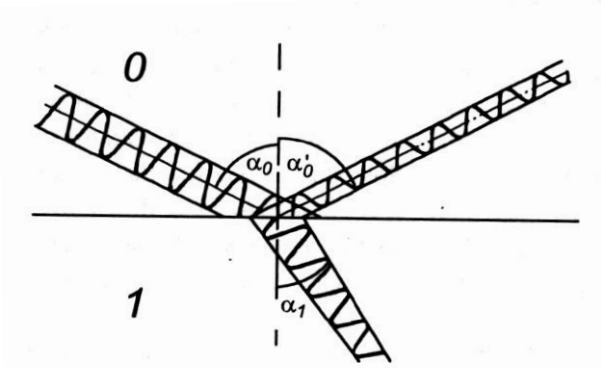
Typ lasera	Rodzaj działania	Długość fali, nm	Moc promienista, W	Energia promieniowania, J	Czas impulsu, s
He-Ne (gazowy)	ciągłe	633	10^{-1}		
CO_2 (gazowy)	ciągłe	10600	10^{5}		
	impulsowe	10600	10^{10}	10^{4}	10^{-6}
Szkło neodymowe	impulsowe	1060	10^{10}	10^{-1}	10^{-11}



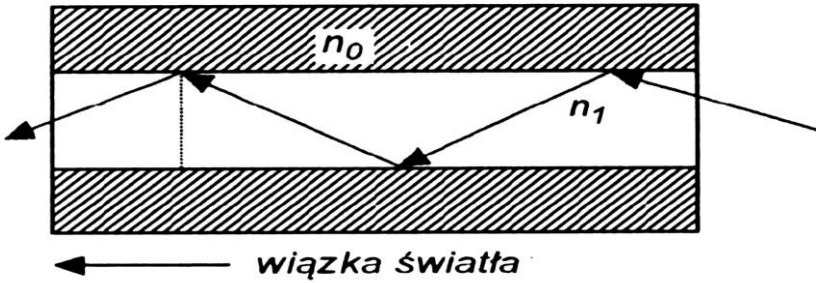
Optoelektronika

Transmisja światła jest możliwa dzięki zastosowaniu światłowodów wykorzystujących zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia światła.

Światłowody zbudowane są to włókna szklane z dwu lub więcej warstw szkła o różnej gęstości optyczne (współczynników załamania).

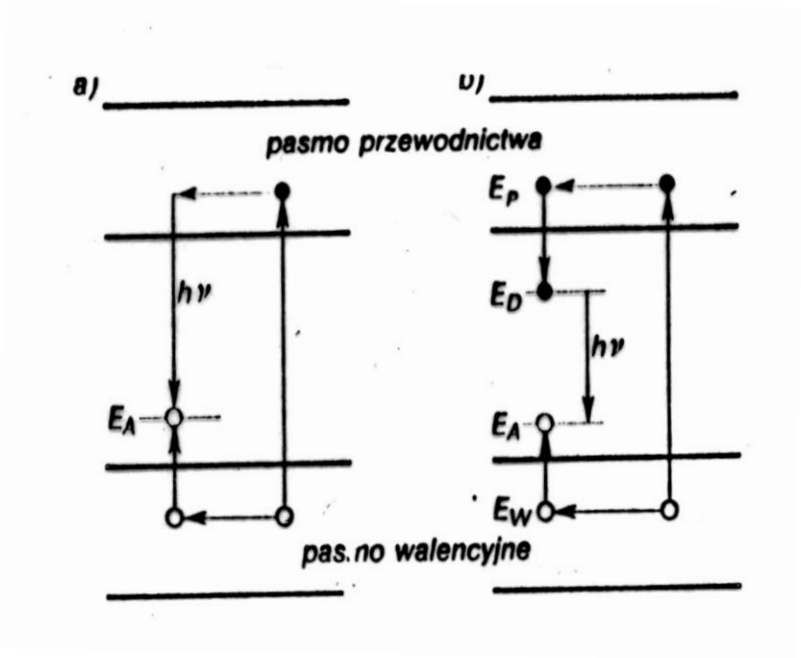


Zachowanie się fali świetlnej na granicy rozdziału: 0 – ośrodek optycznie rzadszy; 1 – ośrodek optycznie gęstszy

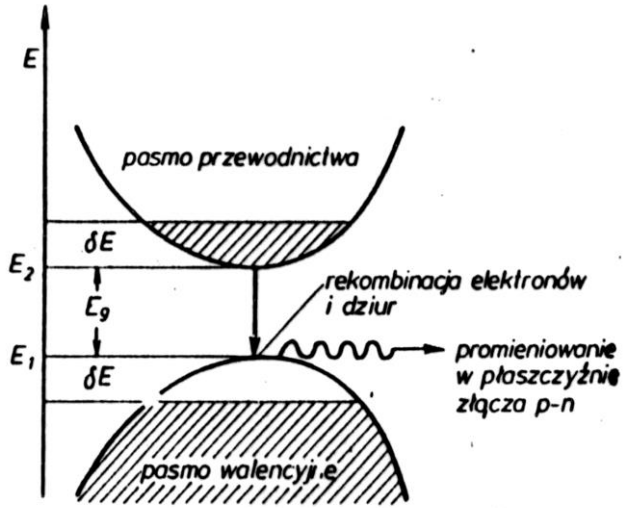


Optoelektronika

Luminescencja- emisja światła po wzbudzeniu czynnikami zewnętrznymi



Schemat mechanizmu luminescencji

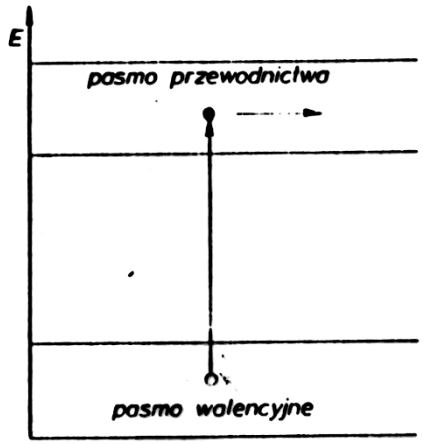


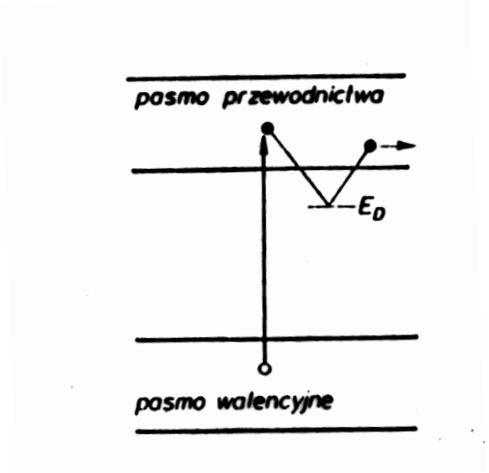
Elektroluminescencja - fotodioda

Optoelektronika

W odbiorniku wykorzystujemy zjawisko fotoprzewodnictwa tj. zmiany oporności pod wpływem promieniowania świetlnego (fotoopornik).

W ten sposób sygnał elektryczny zostaje przetworzony na sygnał świetlny w fotodiodzie, przekazany przez światłowód i z powrotem zmieniony na elektryczny w fotooporniku.





AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

NAUKA O MATERIAŁACH

Dziękuję.

JERZY LIS
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych