



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

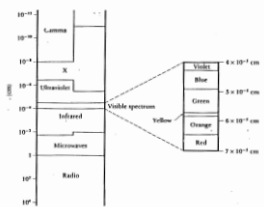


NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne



Wiadomości wstępne

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



Zakresy długości fal elektromagnetycznych

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

AGH **Wiadomości wstępne**

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

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

h – stała Plancka = $6,62 \cdot 10^{-32}$ 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

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

AGH **Wiadomości wstępne**

Zjawiska zachodzące w wyniku oddziaływania fali elektromagnetycznej na materiał:

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

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

AGH **Załamane światła**

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

n – współczynnik załamania światła (fali elektr.)

Istnieje zależność $n = (e\mu)^{1/2}$

Dla niemagnetyków $n = (e)^{1/2}$

Współczynniki załamania światła niektórych materiałów

Materiał	n_1	Długość fali promieniowania, [nm]	Materiał	n_1	Długość fali promieniowania, [nm]
Diamant	2,42	589,3	ZnO	2,15	–
Si	4,18	589,0	GaAs	4,04	546,1
wAl_2O_3	1,64	–	Szkło kwarcowe	1,468	589,3
PMO	2,66	–	Szkło CROWN	1,52	587,6
TiO ₂ (onyl)	2,61	–	Szkło FLINT	1,62	587,6

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

AGH **Załamanie i absorpcja**

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

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

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

AGH **Odbicie i transmisja**

Odbicie światła:

$$R = \frac{[(n - 1)^2 + a^2]}{[(n + 1)^2 + a^2]}$$

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

$$I = I_0 + I_a + I_t$$

gdzie:
 I – natężenie fali padającej, o odbitej,
 a - zaabsorbowanej;
 t - przechodzącej.

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

AGH **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

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne




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)

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne



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 przezroczyste dla podczerwieni.**

II. IZOLATORY

- Czyste (stechiometryczne) kryształy jonowe i kowalencyjne posiadają wielkość przerwy energetycznej > 10 eV co czyni je przezroczystymi 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.

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne



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

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

AGH 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. Światłowod
2. Fotoodbiornik

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

AGH Optoelektronika

Lasery – źródła spójnego promieniowania jednej długości

Typowe parametry niektórych rodzajów laserów

Typ lasera	Rodzaj działania	Długość fali, nm	Moc promieniowa, W	Energia promieniowania, J	Czas impulsu, s
He-Ne (gazowy)	ciągłe	633	10^{-1}		
Ti:z (gazowy)	ciągłe	10600	10^3		
	impulsowe	10600	10^{10}	10^6	10^{-8}
Szkl. acydomerowe	impulsowe	1060	10^{10}	10^{-1}	10^{-11}

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

AGH 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 optycznej (współczynników załamania).

Zachowanie się fali świetlnej na granicy rozdzielczej: 0 - ośrodek optycznie rzadszy; 1 - ośrodek optycznie gęstszy

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne
