

LISTA 5

ODDZIAŁYWANIE ŚWIATŁA LASEROWEGO Z TKANKAMI

Zadanie 1

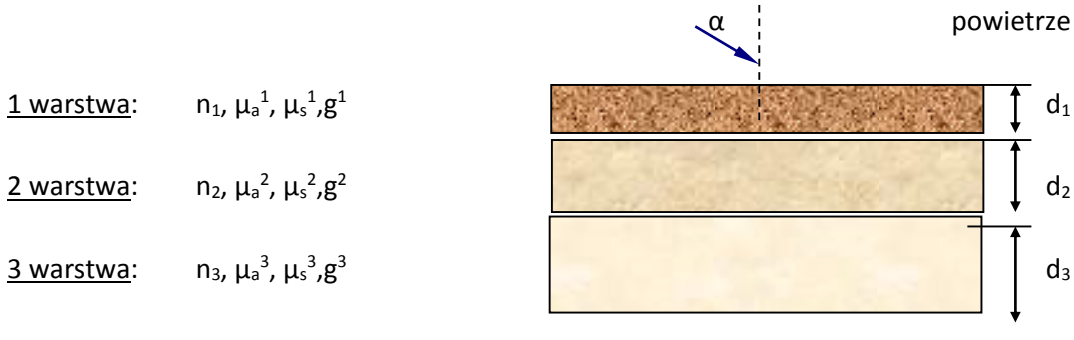
Wycinek tkanki wewnętrznej aorty o wymiarach 2,5 cm x 1,5 cm x 0,5 cm był kolejno ekspozycyjny przez 10 s na promieniowanie laserowe o czterech różnych długościach fali: $\lambda_1=476$ nm; $\lambda_2=580$ nm; $\lambda_3=600$ nm; $\lambda_4=633$ nm. Powierzchnia tkanki była oświetlona w sposób jednorodny przez skolimowaną wiązkę światła. Nominalna moc źródła światła wynosiła 100 mW, lecz rzeczywista sprawność była o 30 % mniejsza. Liniowy współczynnik absorpcji analizowanej tkanki dla poszczególnych długości fali jest odpowiednio równy: $\mu_a^1=14,8$ cm⁻¹; $\mu_a^2=8,9$ cm⁻¹; $\mu_a^3=4,0$ cm⁻¹; $\mu_a^4=3,6$ cm⁻¹. Jaki sens fizyczny ma przedstawiony powyżej parametr fizyczny? Do jakiego rodzaju parametrów mikro- czy też makroskopowych można go zaliczyć? Który rodzaj promieniowania laserowego jest najbardziej pochłaniany przez tkankę aorty? Wyznacz wartość intensywności wiązki transmitowanej przez tkankę oraz zależność współczynnika transmisji od długości fali stosowanego promieniowania dla omawianej próbki. Przedstaw tę zależność na wykresie. Określ wartość dostarczonej tkance dawki promieniowania (napromienienia).

Zadanie 2

Wycinek tkanki wątroby o wymiarach 20 cm x 20 cm x 1,5 cm jest oświetlony przez promieniowanie świetlne o długości fali 514,5 nm generowane przez źródło laserowe o mocy nominalnej 500 mW. Skolimowana wiązka laserowa o średnicy 2,5 cm pada na powierzchnię tkanki pod kątem 43 stopni względem jej powierzchni. Zakładamy, iż powierzchnia tkanki jest idealnie płaska. Wyznacz natężenie napromienienia wiązki wejściowej oraz drogę, jaką przebędzie w tkance wiązka laserowa przyjmując, że współczynnik załamania tkanki wynosi 1,38. Wiedząc, że natężenie napromienienia wiązki wyjściowej wynosi $5,874 \times 10^{-7}$ nW/cm², określ wartość liniowego współczynnika absorpcji promieniowania dla rozważanej długości fali przez tkankę wątroby. W jaki sposób zmiana kąta padania wiązki laserowej na powierzchnię tkanki wpłynie na wartość natężenia napromienienia wiązki wyjściowej? Dla jakiego kąta padania wiązki będzie ona największa? Wyznacz i przedstaw na wykresie zależność wartości natężenia napromienienia wiązki wyjściowej od kąta padania wiązki wejściowej dla kątów: 20, 40, 60 i 80 stopni.

Zadanie 3

Przyjmujemy warstwowy model tkanki, w którym powierzchnie poszczególnych warstw są idealnie płaskie i są scharakteryzowane przez współczynnik załamania n_i , liniowy współczynnik absorpcji μ_a^i , współczynnik rozpraszania μ_s^i . Bezwymiarowy współczynnik anizotropii wyrażony jest przez g^i .



Wiązka światła laserowego $\lambda=633$ nm generowana przez źródło o mocy nominalnej 300 mW pada na pierwszą warstwę pod kątem 25 stopni względem normalnej do jej powierzchni. Wiązka ta jest skolimowana a średnica jej przekroju poprzecznego wynosi 2,5 cm. Na podstawie danych stwierdź, jakie zjawiska przeważają

Ćwiczenia rachunkowe: BIOMEDYCYNA LASEROWA (opracowanie: dr inż. Igor Buzalewicz)

w oddziaływaniu tkanki ze światłem? Jaki jest sens fizyczny współczynnika g ? Wyznacz kąty padania, załamania dla każdej warstwy oraz drogę geometryczną z_i , jaką przebędzie wiązka w każdej z nich. Określ głębokość penetracji δ każdej warstwy tkanki. Na jaką głębokość dotrze wiązka światła w tym modelu? Określ straty gęstości mocy wywołane przez absorpcję promieniowania świetlnego chromoforów tkankowych dla każdej warstwy. Korzystając z zależności $I = k_s I_0 \exp\left(-z/\delta\right) \cos \beta_i$ wyznacz natężenie światła w każdej z warstw. Kąt β_i opisuje kąt załamania wiązki świetlnej w i -tej warstwie, a I_0 wejściową gęstość mocy na granicy warstw. Przyjmij, że bezwymiarowy współczynnik rozpraszania $k_s = 1,05$. Dane parametry: $n_1 = 1,36$; $\mu_a^1 = 2,3 \text{ cm}^{-1}$; $\mu_s^1 = 58 \text{ cm}^{-1}$; $g^1 = 0,99$; $n_2 = 1,39$; $\mu_a^2 = 1,2 \text{ cm}^{-1}$; $\mu_s^2 = 46 \text{ cm}^{-1}$; $g^2 = 0,89$; $n_3 = 1,41$; $\mu_a^3 = 3,2 \text{ cm}^{-1}$; $\mu_s^3 = 87 \text{ cm}^{-1}$; $g^3 = 0,84$; $d_1 = 2 \text{ mm}$, $d_2 = 4 \text{ mm}$, $d_3 = 8 \text{ mm}$.

Zadanie 4

Mamy dane cztery rodzaje tkanek: (a) płuc świnia, (b) mózgu – substancja biała, , które zostały oświetlone przez normalną do ich powierzchni wiązkę świetlną o długości fali $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ i średnicy 4 cm . Źródło światła ma moc 450 mW , lecz rzeczywista sprawność jest o 15% mniejsza. Z uwagi na konieczność wykorzystanie światła spolaryzowanego zastosowano polaryzator liniowy, którego oś transmisji jest zlokalizowana pod kątem 15 stopni względem wektora elektrycznego wejściowej wiązki świetlnej. Określ całkowity współczynnik tłumienia, efektywny współczynnik tłumienia, głębokość penetracji oraz średnią drogę swobodną między aktami absorpcji lub rozpraszania dla każdej z tkanek korzystając z charakteryzujących je parametrów optycznych:

- (a) $\mu_a = 2,0 \text{ cm}^{-1}$, $\mu_s = 301 \text{ cm}^{-1}$, $g = 0,93$;
(b) $\mu_a = 22 \text{ cm}^{-1}$, $\mu_s = 532 \text{ cm}^{-1}$, $g = 0,82$;

Na podstawie wartości parametru g powiedz, z jakim rodzajem rozpraszania mamy do czynienia w rozpatrywanych rodzajach tkanek: wstecznym, symetrycznym, czy też w kierunku propagacji? Odpowiedz, jakie zjawisko dominuje w rozpatrywanych przykładach tkanek: absorpcja, czy rozpraszanie?

Zadanie 5

Tkanka nowotworowa i zdrowa były kolejno eksponowane na promieniowanie lasera Nd:YAG o długości fali 1064 nm . Wyznacz głębokość penetracji termicznej dla obu tkanek, jeśli czas ekspozycji danej tkanki zmieniał się i wynosił 1 s , 3 s , 5 s , 10 s , 30 s , 60 s . O czym informuje nas ten parametr. Przedstaw graficznie zależność głębokości penetracji termicznej od czasów ekspozycji.

Rodzaj tkanki	Gęstość	Ciepło właściwe
	kg/m ³	kJ/kg K
Tkanka nowotworowa	1000	3,5
Tkanka tłuszczowa zdrowa	920	3,0

Literatura

- „Diagnostyka i terapia fotodynamiczna”, red. H. Podbielska, A. Sieroń, W. Stręk, Urban&Partner, 2004 (str. 62-67)
- „Metody optyczne w fizyce środowiska”, H. Podbielska, Oficyna Wydawnicza PWR, 1996 (str. 24-41)
- „Wstęp do optyki”, M. Zajac, J. Nowak, Oficyna Wydawnicza PWR (dot. polaryzacji)
- „Optyka biomedyczna- wybrane zagadnienia”, red. Halina Podbielska, Oficyna Wydawnicza PWR 2011