



Przegląd aplikacji wiązki lasera w medycynie

A. Danielewicz^a, M. Bonek^b

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny
Studenckie Koło Naukowe Laserowej Obróbki Powierzchniowej
email: aneta_danielewicz@o2.pl

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów
Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie
email: miroslaw.bonek@polsl.pl

Streszczenie: Artykuł przedstawia zagadnienia związane z wykorzystaniem wiązki laserowej w medycynie. Lasery są w niej stosowane niemal od pierwszych lat ich powstania, ze względu na specyficzne właściwości generowanego przez te urządzenia promieniowania: monochromatyczność (jednobarwność), koherentność (spójność) oraz możliwość skupienia wiązki o małej rozbieżności (kolimacji) i dużej mocy. Przedstawiono dziedziny medyczne, w których promieniowanie laserowe stosowane jest najszerzej do celów chirurgicznych lub biostymulacyjnych.

Abstract: This paper presents the issues associated with the use of a laser beam in medicine. Lasers are used in it almost from the first years of their creation, due to the specific characteristics of these devices generated by the radiation: monochromatic, coherence (consistency) and the possibility to concentration the beam of low divergence (collimation) and high power. Presents the medical field, in which laser radiation is used widely for surgical or biostimulation.

Słowa kluczowe: medycyna, laser, oddziaływanie lasera na tkanki

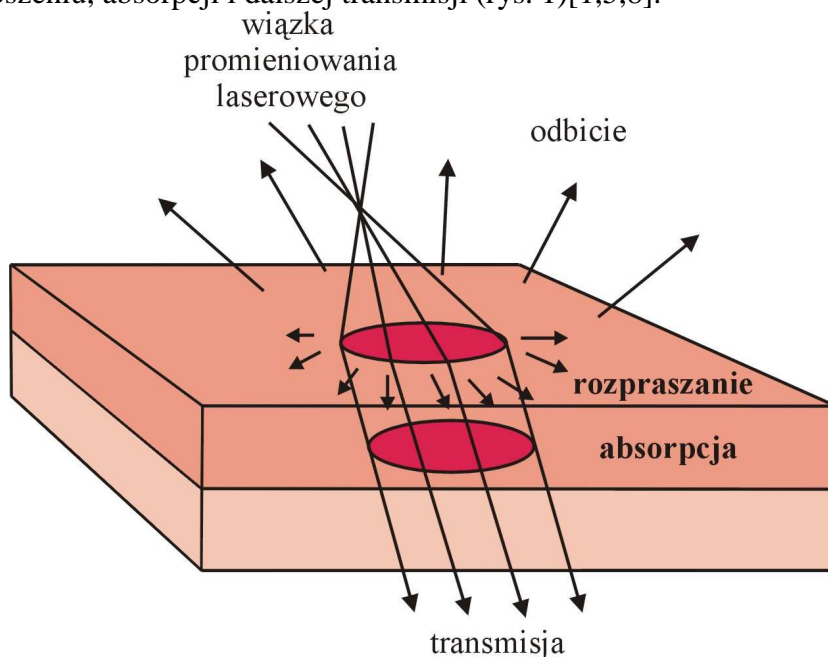
1. WSTĘP

Medycyna światowa stała się drugim, co do wielkości rynkiem, na którym eksploatowanych jest tak wiele różnych odmian urządzeń laserowych. Laser jest przyrządem do generowania spójnej wiązki promieniowania elektromagnetycznego w zakresie fal od ultrafioletu do dalekiej podczerwieni, w którym wykorzystuje się zjawisko wzmocnienia promieniowania przez emisję wymuszoną w ośrodku aktywnym, po odwróceniu obsadzeń poziomów energetycznych. Zanim jednak doszło do szerokiego wykorzystania laserów „medycznych” w warunkach laboratoryjnych zostało przeprowadzonych wiele badań i prób, które stały się fundamentem do wykorzystania tego rodzaju promieniowania. Początkowo

badania prowadzone były na zwierzętach i po ich pozytywnym zakończeniu, zdecydowano się na użycie lasera w leczeniu ludzi.

2. WPŁYW PROMIENIOWANIA LASEROWEGO NA TKANKĘ BIOLOGICZNĄ

Światło laserowe skierowane na określoną powierzchnię napotyka niejednorodną strukturę poszczególnych warstw, dlatego też różne jest jego oddziaływanie na tkanki. Wiadome jest, iż część ulegnie częściowemu odbiciu, a pozostała część wnika w tkankę, ulegając w różnym stopniu rozproszeniu, absorpcji i dalszej transmisji (rys. 1)[1,5,8].

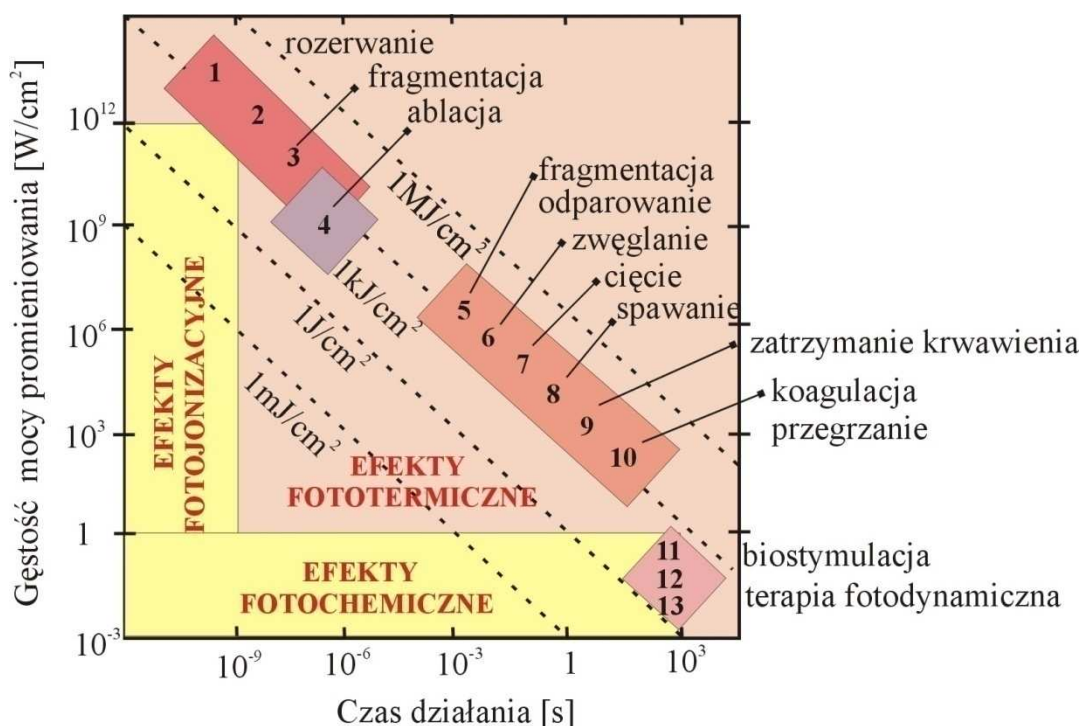


Rysunek 1. Oddziaływanie światła laserowego na tkankę [7]

Rysunek 2 przedstawia zestawienie możliwych efektów oddziaływania światła laserowego z tkanką biologiczną. Zestawienie dotyczy czasu wzajemnego oddziaływania w zależności od skutecznej gęstości mocy promieniowania. Na przekątnych pokazane są gęstości energii definiujące granice poszczególnych procesów. Przykładowo, efekty fotochemiczne zachodzą przy niskiej gęstości mocy oraz przy długotrwałym czasie wzajemnego oddziaływania. Przeciwnościem tego procesu jest proces fotojonizacyjny, który zachodzi jedynie przy niezwykle intensywnym zagęszczeniu mocy oraz przy krótkim czasie oddziaływania promieniowania. Na rysunku 2 widzimy dwie dawki gęstości o takiej samej wartości (dwa żółte pola), lecz powodujące krańcowo różne reakcje. Można stwierdzić, że im szybciej do tkanki dostarczana jest energia, tym bardziej precyzyjne będą efekty termiczne i fotojonizacyjne. Będzie mniej rozszczepień fali świetlnej i mniejsze oddziaływanie na sąsiednie komórki. Do precyzyjnego cięcia wymagane są więc duże moce i krótkie czasy naświetlań, natomiast do celów biostymulacyjnych potrzebujemy małych mocy i długich czasów naświetlania [5-7].

Wpływ promieniowania laserowego na materię żywą zależy nie tylko od parametrów charakteryzujących wiązkę promieniowania laserowego, czyli: mocy, długości fali, czasu trwania impulsu lub czasu naświetlania i pola powierzchni przekroju wiązki padającej, ale także od właściwości naświetlanego obiektu biologicznego, takich jak współczynnik absorpcji

i rozpraszania promieniowania, gęstości ośrodka. Czynniki te decydują o głębokości wnikania promieniowania laserowego w tkanki oraz o zmianach, jakie w nich wywołują. Stosuje się je zarówno w diagnostyce, jak i terapii, w celu przywracania zdrowia i sprawności chorym ludziom poprzez ogólne niszczenie tkanek (odparowanie), koagulację oraz napromieniowanie chorych miejsc [1-7].



Rysunek 2 Wpływ czasu ekspozycji i gęstości mocy na oddziaływanie: laser – tkanka. Poszczególne liczby odpowiadają różnym laserom: 1 – laser Nd:YAG (impulsy pikosekundy-ps); 2 – laser Nd:YAG (impulsy nanosekundy-ns); 3 – impulsowy laser barwnikowy; 4 – lasery excimerowe; 5 – laser Nd:YAG (impulsy milisekundy-ms); 6 - laser argonowy; 7 – laser kryptonowy; 8 – laser CO₂; 9 – laser argonowy, wydłużony czas działania; 10 – laser Nd:YAG, praca ciągła; 11- -laser He-Ne; 12 – lasery półprzewodnikowe; 13 – laser barwnikowy, praca ciągła [7].

3. ZASTOSOWANIE LASERÓW W MEDYCYNIE

We współczesnej medycynie znalazło zastosowanie, kilkanaście, jeśli nie kilkadziesiąt, różnego rodzaju urządzeń laserowych. Trudno byłoby obecnie wymienić dziedzinę medycyny, która nie korzystałaby z takiego źródła promieniowania, jakim jest laser [7].

Ze względu na zastosowania wynikające z charakteru oddziaływania na tkankę lasery stosowane w medycznych urządzeniach możemy podzielić na [1-6]:

- lasery wysokoenergetyczne (chirurgiczne) – hard lasers,
- lasery niskoenergetyczne (biostymulacyjne) – soft lasers.

Pierwsza grupa wykorzystywana jest w zestawach przeznaczonych do destrukcji lub usuwania tkanki (cięcie, odparowanie, koagulacja). Zastosowanie znajdują lasery o średniej i dużej mocy (od pojedynczych do setek watów mocy ciągłej) oraz lasery pracujące impulsowo o znacznie większej mocy szczytowej – ogólne rzecz ujmując lasery o mocy

powyżej 0,5 W. Urządzenia z laserami wysokoenergetycznymi, zarówno o działaniu ciągłym, jak i impulsowym, nazywa się koagulatorami lub lancetami chirurgicznymi [1-6].

Lasery niskoenergetyczne znajdują zastosowanie w urządzeniach, które nazywane są biostymulatorami laserowymi. Moc tych laserów nie przekracza 500 mW (miliwatów). Przy działaniu promieniowaniem małej mocy na tkankę nie obserwuje się jej destrukcji, ale jedynie wpływa ono na procesy prowadzące do zmian metabolizmu. Biostymulatory znalazły szerokie zastosowanie między innymi w terapii bólu, dermatologii, stomatologii. Lasery niskoenergetyczne są też stosowane w diagnostyce i terapii nowotworów (terapia fotodynamiczna – photodynamic therapy PTD). Obecnie produkowanych jest kilkadziesiąt typów biostymulatorów. Kilkanaście typów tych urządzeń jest wytwarzanych w kraju, a ich parametry są porównywalne do analogicznych zestawów oferowanych przez firmy zagraniczne [1].

Zakres zastosowań laserów w medycynie zależy od długości fali generowanego promieniowania i jego parametrów energetycznych – czasowych. Długość fali decyduje o mechanizmie jego oddziaływania z tkanką. Równie ważna jest możliwość prowadzenia światła światłowodami, co jest niezwykle wygodne we wszystkich zastosowaniach. Niestety nie każdą wiązkę można kierować światłowodami, zaliczamy do nich fale krótsze niż ok. 350 nm i dłuższe niż ok. 2000 nm. Praktycznie prawie wszystkie znane typy laserów znalazły zastosowanie w różnych dziedzinach medycyny. Wybór ten uwarunkowany jest efektem jaki chcemy osiągnąć stosując dany typ lasera [1,5].

Pierwszą dziedziną medyczną, która wykorzystwała laser była okulistyka. Użyto wtedy lasera rubinowego do laserowej koagulacji siatkówki. W dzisiejszych czasach chirurgia oka z wykorzystaniem laserów to rutyna. Stosuje się kilka rodzajów laserów w zależności od typu zabiegu i części oka, która ma zostać poddana terapii. Ich wspólną cechą jest to, że leczą poprzez zniszczenie. Zastosowanie w tej dziedzinie znalazły lasery takie jak laser argonowy, excimerowy, Nd:YAG, Ho:YAG oraz półprzewodnikowy. Szybko, precyzyjnie i czysto likwidują komórki, na które zostały wycelowane, niszczone tkanka po prostu wyparowuje. Stosowane są w leczeniu wad wzroku – krótkowzroczność, dalekowzroczność czy astygmatyzm (szczególnie powszechną metodą jest LASIK) oraz do leczenia jaskry i zaćmy [1,2-5].

Wykorzystanie lasera w okulistyce pozwala na wykonanie bardzo dokładnych, precyzyjnych o różnej głębokości oraz różnego kształtu obszarów fotoabłacji, których wymiary ściśle odpowiadają obliczeniom. Ryzyko perforacji rogówki nie istnieje, a jałowość zabiegów wykonywanych za pomocą laserów jest większa niż przy wykorzystaniu metody tradycyjnej [1,5].

Lasery stosowane w stomatologii znalazły zastosowanie w szeregu rutynowych zabiegów stomatologicznych. Grypa laserów wysokoenergetycznych do których zaliczamy lasery: CO₂, Nd:YAG, Er:YAG, excimerowy oraz diodowy wykorzystuje się podczas zabiegów chirurgicznych, endodontycznych, podczas usuwania próchnicy i leczenia nadwrażliwości. Bardzo dobre efekty uzyskuje się przy użyciu laserów biostymulacyjnych (He-Ne) do leczenia błony śluzowej jamy ustnej oraz pewnych schorzeń dziąseł [2,5,7-12].

Lasery w nowoczesnej stomatologii są narzędziami coraz bardziej popularnymi i często niezastąpionymi. Zaletą zabiegów przeprowadzanych przy wykorzystaniu laserów jest fakt, że odbywają się one bezboleśnie i bezkrwawo. Powstałe rany goją się szybko i nie pozostawiają blizn [1,2,12].

Działanie laserów w praktyce dermatologicznej pozwala na leczenie różnego rodzaju zmian skórnych. Wybiórcza fototermodoliza to główna teoria zastosowania laserów w tej

dziedzinie medycyny. Podstawą jest odpowiedni dobór parametrów promieniowania laserowego, aby móc precyzyjnie zniszczyć daną tkankę. Wykorzystując tę teorię możemy usuwać zmiany naczyniowe płaskie – laserem argonowym, KTP czy CO₂ i barwnikowe – laserem rubinowym i erbowym. Do usuwania tatuaży (profesjonalnych, amatorskich, kosmetycznych, pourazowych) używane są następujące typy laserów: rubinowy typu Q-switch, Nd:YAG typu Q-switch, KTP oraz barwnikowy pulsacyjny. Usuwanie nadmiernego owłosienia dokonywane jest za pomocą lasera rubinowego czy też Nd:YAG typu Q-switch. Zastosowanie urządzeń laserowych w tej dziedzinie jest szerokie ze względu na łatwą technikę dokonywania zabiegów, ponieważ polega ona na oświetlaniu odpowiednio dobranym laserem zmiany skórnej [1,5,8].

Dwie kolejne dziedziny w których wykorzystuje się laser to dziedziny zajmujące się leczeniem stref układu rozrodczego. Pierwsza z nich to ginekologia, która stosuje lasery głównie w leczeniu niepłodności spowodowanej m.in. zrostami, przegrodami wewnątrzmacicznymi, mięśniakami czy torbielami, ale również w leczeniu innych schorzeń ginekologicznych, np. endometriozy. W tym celu wykorzystywane są dwie techniki endoskopowe – histeroskopia i laparoscopia, stosujące lasery CO₂ i Nd:YAG, które różnią się przebiegiem wykonywanego zabiegu. Za pomocą pierwszego z wymienionych laserów usuwane są także kłykciny kończyste wywołane wirusem brodawczaka ludzkiego HPV [1,9].

Urologia jest drugą dziedziną w zasadzie stosującą trzy typy laserów – Nd:YAG, Ho:YAG oraz KTP. Znajdują one zastosowanie w leczeniu łagodnego rozrostu stercza (potocznie prostaty), kruszeniu kamieni moczowych oraz usuwaniu kłykcin kończystych (jak w ginekologii) [1,5,10].

Dość oczywistym zastosowaniem laserów jest ich wykorzystanie do chirurgicznego leczenia zmian nowotworowych. Nowsze zastosowanie w dziedzinie onkologii polega na wykorzystaniu specyficznych reakcji fotochemicznych z komórkami nowotworowymi i specjalnie wprowadzanymi do organizmu fotouczulaczy. Kumulowane są głównie w tkance nowotworu i zwiększają jej wrażliwość na światło laserowe (szczególnie ultrafioletowe, a także w zakresie widzialnym). Chodzi tu w głównej mierze o oddziaływanie światła z pewnymi cząstkami z grupy porfiryn, będące podstawą bardzo czułej metody diagnostycznej (PDD) oraz tzw. terapii fotodynamicznej nowotworów (PTD). W diagnostyce lasery znalazły zastosowanie jako źródła światła – do oświetlania, natomiast terapia fotodynamiczna, używa światła do walki z nowotworami. Wykorzystanie zjawiska fotodynamicznego w medycynie przyniosło w ostatnich latach zadowalające efekty diagnozowania oraz leczenia zmian nowotworowych i z tego względu cieszy się coraz większym zainteresowaniem [1,2,4,5,7,11].

Na podstawie dostępnych informacji na temat wykorzystywania laserów w medycynie, stwierdzić można, że ich medyczne zastosowanie jest rozległe. Oprócz wymienionych i opisanych zastosowań używane są one także w laryngologii czy też chirurgii plastycznej. Z rozwojem technik laserowych, nowymi wynikami badań wpływu różnego typu promieniowania laserów na tkanki ich zastosowanie w dziedzinach medycznych stale się poszerza. We współczesnej medycynie znalazło zastosowanie, kilkanaście, jeśli nie kilkadziesiąt, różnego rodzaju urządzeń laserowych. Lasery stosowane są w leczeniu bardzo różnorodnych schorzeń, co umożliwia właśnie olbrzymia różnorodność tego sprzętu i różnorodność jego oddziaływań fizycznych [1-3,5].

4. PODSUMOWANIE

Lasery znalazły zastosowanie w dziedzinach medycznych już wkrótce po uruchomieniu pierwszego lasera w roku 1960. Właściwości wiązki promieniowania laserowego to: monochromatyczność, koherentność, a także możliwość skupienia małej rozbieżności wiązki o dużej mocy spowodowały, że są szeroko stosowane w tej dziedzinie. Wyróżniamy dwie grupy laserów medycznych. Pierwsza to lasery wysokoenergetyczne, które działają impulsowo i służą do cięcia, rozdrabniania, koagulacji tkanki oraz usuwania jej wierzchnich warstw. Do tej grupy zaliczamy następujące lasery: CO₂, Nd:YAG, Er:YAG, argonowy, excimerowy, które stosowane są w mikrochirurgii okulistycznej (do usuwania wad wzroku), w dermatologii, ginekologii, urologii oraz stomatologii do usuwania za pomocą efektu termicznego zmian chorobowych. Drugą grupę laserów „medycznych” stanowią lasery o małej mocy nazywane biostymulacyjnymi i zalicza się do nich lasery He-Ne oraz półprzewodnikowe małej mocy, których światłem naświetla się przez długi czas chore miejsca. aby praca z laserami była bezpieczna, należy przestrzegać wytycznych oraz używać odpowiednich środków ochrony indywidualnej, co zawarte jest w normie PN : EN 60285 – 1:2000. Możliwość zastosowania urządzeń laserowych w medycynie wzrasta wraz z rozwojem technik laserowych i komputerowych.

LITERATURA

1. P. Fiedor, T. Kęćik, Z. Niechoda, Zarys klinicznych zastosowań laserów, Dom Wydawniczy ANKAR, Warszawa 1995
2. A. Dubik, Zastosowanie laserów, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1991
3. B. Ziętek, Optoelektronika, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2005
4. H. Abramczyk, Wstęp do spektroskopii laserowej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000
5. A.Z. Hrynkiewicz, E. Rokita, Fizyczne metody diagnostyki medycznej i terapii, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000
6. T. Mika, W. Kasprzak, Fizykoterapia, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2006
7. L. Pokora, Lasery w stomatologii, Wydawnictwo Lasers Instruments, Warszawa 2002
8. S.W. Lanigan, Lasery w dermatologii, Wydawnictwo Czelej, Lublin 2005
9. W. Rogiewicz, Laparoscopia w ginekologii, Żyjmy dłużej, nr (kwiecień), 1998
10. W. Duda, J. Kawecki, M. Duda, Lasery w urologii, Przegląd Urologiczny, nr 9, 2008
11. B. Michalik, Podświetlić i zniszczyć raka, Żyjmy dłużej, nr 9 (wrzesień), 1999
12. M. Tanasiewicz, Lasery w stomatologii – cz. I, Twój Przegląd Stomatologiczny, nr 12, 2007