

**Wczoraj i dziś opracowań optoelektronicznych
urządzeń medycznych w Polsce**

(Światowy Zjazd Inżynierów Polskich)

Warszawa, 08-10 wrzesień 2010.

Zdzisław Jankiewicz

ŚZIP – 09.09.2010

Wczoraj i dziś laserów medycznych

(Streszczenie)

Przedstawione zapisy stanowiły materiał pomocniczy do referatu wygłoszonego na Światowym Zjeździe Inżynierów Polskich, który odbył się przeszło osiem lat temu (w dn. 08 – 10. 09. 2010 r.), a więc dość dawno. Prezentuję go tu, gdyż uważam, że ma on zasadniczy walor historyczny. Medycyna była jedną z pierwszych dziedzin, gdzie lasery znajdowały zastosowanie praktyczne. Zespoły badawcze w Wojskowej Akademii Technicznej i Politechnice Warszawskiej, w których opracowane były pierwsze lasery w Polsce, odpowiadając na zapotrzebowanie współpracujących z nimi klinik medycznych, również podejmowały próby wykonywania urządzeń laserowych do tych celów.

W referacie pokazano wyniki tych opracowań, w szczególności w początkowych latach rozwoju techniki laserowej. Należy podkreślić, że niektóre z tych urządzeń powstawały równolegle z podobnymi opracowaniami światowymi i uzyskiwanymi parametrami znacząco od nich nie odbiegały. Dotyczyło to w szczególności laserowych koagulatorów siatkówki oka, chirurgicznych laserów CO₂ i Nd:YAG oraz laserów nanosekundowych do perforacji tęczówki oka. Niektóre z tych urządzeń były wykonywane w krótkich (po kilka sztuk) seriach i przekazywane do klinik, gdzie zadziwiająco długo były użytkowane.

Prezentując powyższe wyniki pragnę zwrócić uwagę na dość szeroką gamę tych opracowań i zachować je od zapomnienia.

Materiał został uzupełniony o opracowania innych (poza WAT i PW) ośrodków badawczych i firm produkcyjnym, którym za ich udostępnienie składam w tym miejscu serdeczne podziękowanie.

Zakres referatu:

1. *Nieco historii*
 - * *Jak historycznie pojawiały się laserowe urządzenia medyczne*
 - * *Komu zawdzięczamy laserową tematykę medyczną?*
 - * *Co, gdzie i dla kogo udało się zrobić?*
2. *Dzień dzisiejszy: czym możemy się chwalić.*
3. *Perspektywy: czy aby optymistyczne?*

ŚZIP – 09.09.2010

Nieco historii – *Do jakich celów?*

Rozwój urządzeń medycznych warunkowany był rozwojem laserów

- *Okulistyka – laser rubinowy, argonowy, diody laserowe,*
- *Chirurgia: - ogólna – lasery ciała stałego: Nd, Ho, Er*
 - laryngologia – j. w.*
 - ginekologia – j. w.*
- *Biostymulacja – lasery He-Ne, diody laserowe.*
- *Fotodynamiczna diagnostyka i terapia nowotworów (PDD i PDT) – lasery He-Ne, kryptonowe, diody laserowe*
- *Inne (dermatologia, stomatologia, kosmetyka...) – różne typy laserów: głównie ciała stałego i diody laserowe.*

Nieco historii

Komu zawdzięczamy zajmowanie się laserową tematyką medyczną?

Pasjonatom lekarzom

- *Pokazywali potrzeby i możliwości aplikacji;*
- *Określali dopuszczalne parametry;*
- *Dbali o ergonomię;*
- *Uczestniczyli w konstruowaniu;*
- *Sprawdzali możliwości zastosowań;*
- *Nie można było, nie wypadało im odmawiać i nie podejmować stawianych przez nich wyzwań.*

Nieco historii - Komu zawdzięczamy laserową tematykę medyczną?

Kogo pamiętamy:

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1. Prof. Tadeusz KĘCIK, | 7. Prof. Aleksander SIEROŃ |
| 2. Prof. Andrzej KUKWA, | 8. Dr Jacek SZYMAŃCZYK |
| 3. Dr Marek TULIBACKI, | 9. Prof. Jerzy STELMACHÓW |
| 4. Prof. Edward STANOWSKI | 10. Prof. Anita OLEJEK |
| 5. Prof. Wojciech NOSZCZYK | 11. Prof. Piotr KNAP |
| 6. Prof. Dariusz KĘCIK | |

ŚZIP – 09.09.2010

Nieco historii – *Początkowe zespoły laserowe*

Wojskowa Akademia Techniczna:

- *Instytut Elektroniki Kwantowej WAT*

Prof. Z. Puzewicz

- *Instytut Optoelektroniki WAT*

*Zespół: Prof. Z. Jankiewicz, dr W. Nowakowski, dr J. Szydlak
prof. A. Zając, dr M. Skórczakowski*

Politechnika Warszawska

- *Katedra Przyrządów Elektronowych PW*
(Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW)

Prof. W. Woliński

ŚZIP – 09.09.2010

Zaczęło się od okulistyki

Koagulator rubinowy – (IEK WAT – 1964)



Laser rubinowy impulsowy (q. sw.)

$\text{Cr}^{3+}:\text{Al}_2\text{O}_3$ – 690 nm, generacja swobodna,

- Produkcja w PZO*

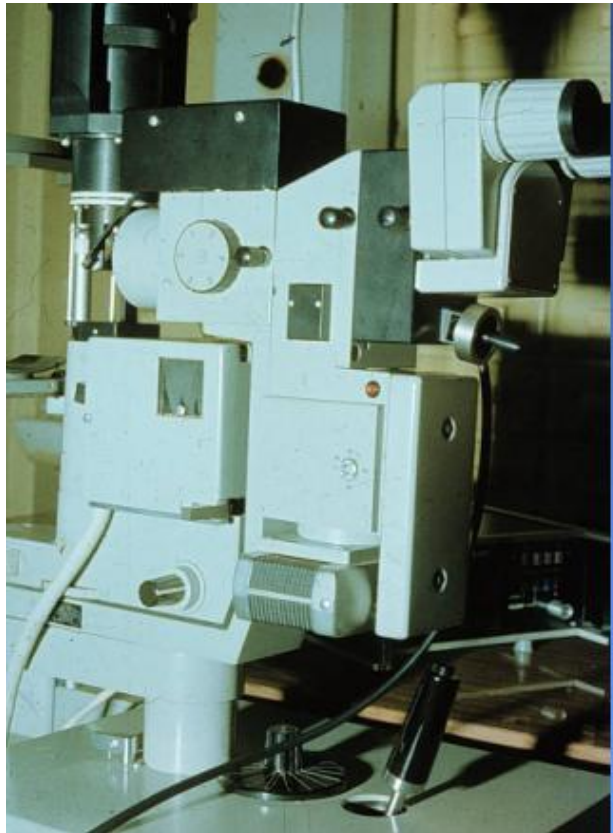
Zasadnicze cechy (wady):

- Mała powtarzalność energii w impulsie,*
- Zła jakość wiązki.*

Następcy:

- Laser argonowy cw*
- Laser półprzewodnikowy.*

Koagulator argonowy – (KPE PW – 1969)



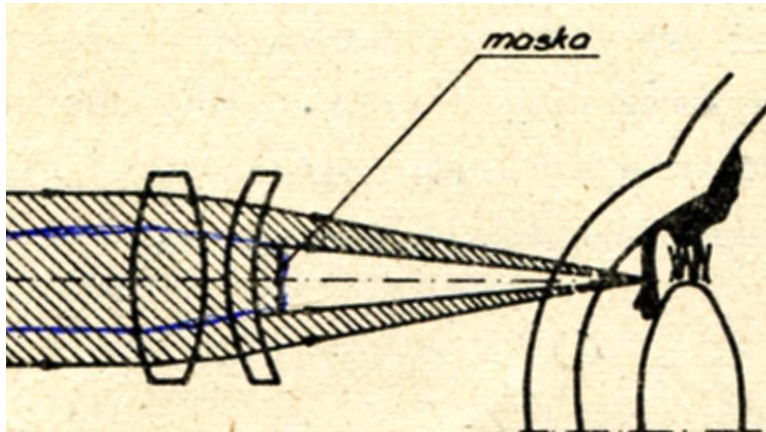
*Laser jonowy – argonowy
-Ar⁺ (488, 514) nm, cw.*

- *Doskonała jakość wiązki;*
- *Prow. wiązki światłowodowe*
- *Reg. dawki energii czasem ekspozycji metodą przysłaniania wiązki.*

Wady:

- *Duże wymiary lasera,*
- *Chłodzenie wodne.*

Perforacja tęczówki – (IOE WAT – 1972) *(Zasada działania)*



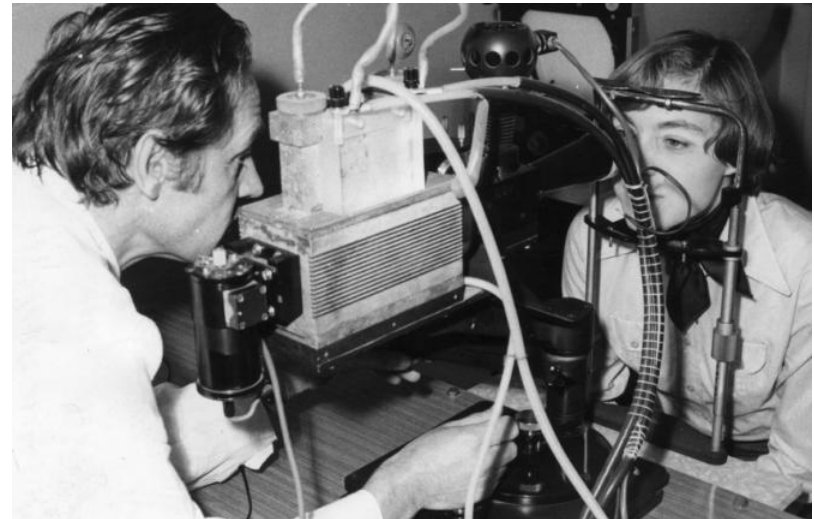
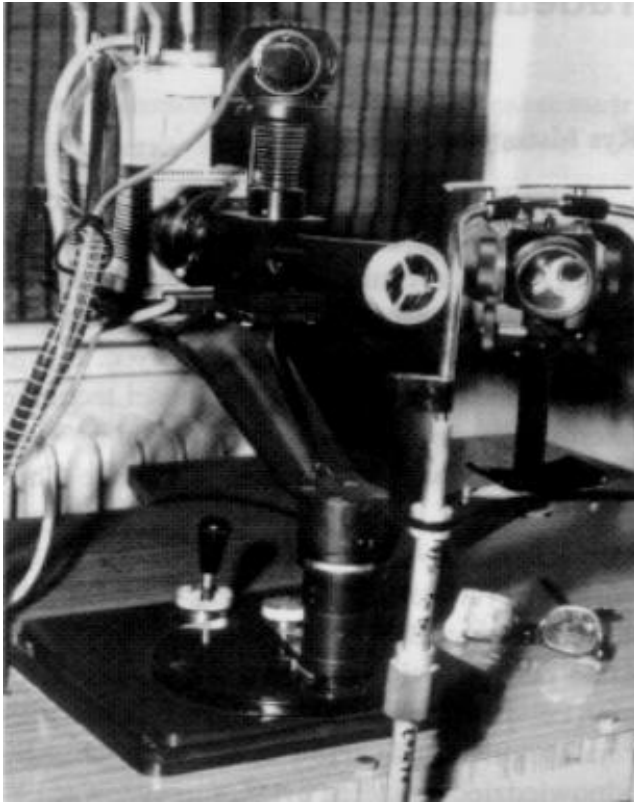
*Promieniowanie wywołuje
falę uderzeniową w tęczówce
i rozrywa ją.*

Parametry lasera:

- Nd:YAG, 1060nm, Q-Swich
- Czas trw. imp.: ok. 30-50 ns
- Moc szczyt.: ok. 1MW
- Min. gęstość prom. na rogówce,
ognisko na tęczówce.



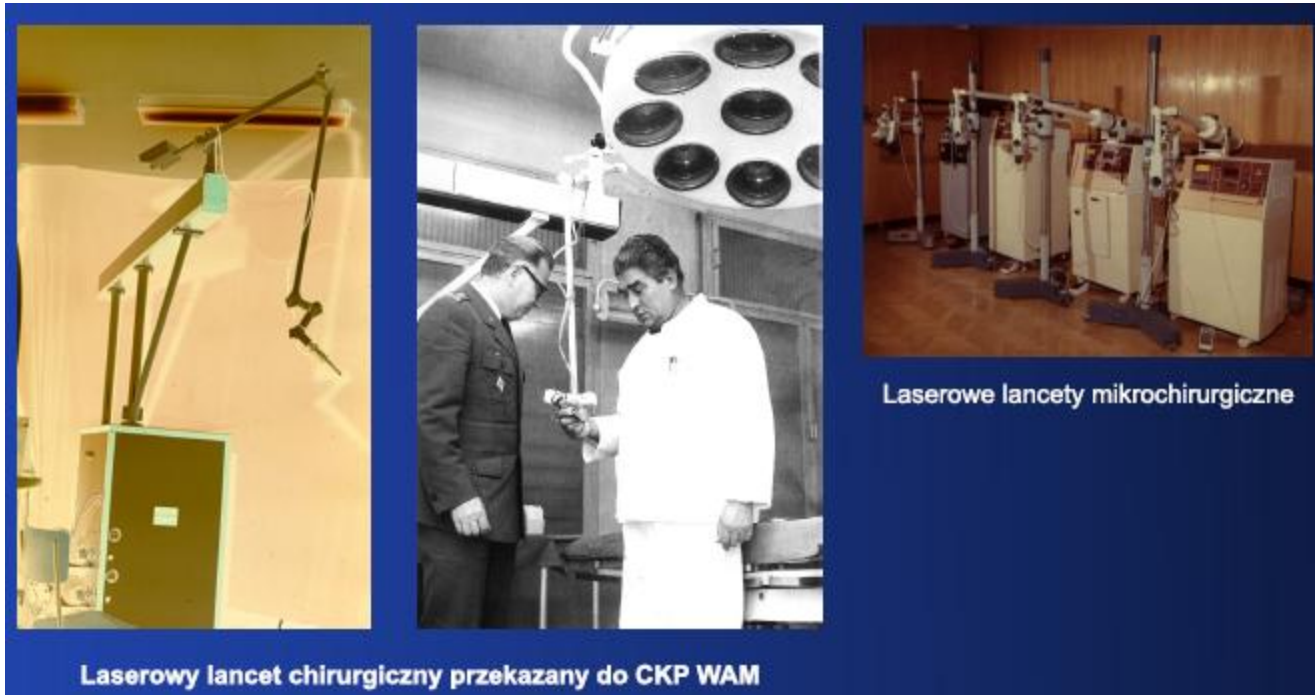
Perforacja tęczówki – (IOE WAT – 1972) *(Realizacja)*



Wady:

- *Brak współpracy z mikroskopem,*
- *Duże wymiary lasera,*

Lasery CO₂ - (IEK WAT; IMiO PW)



ŚZIP – 09.09.2010

Opracowania lat 90-tych

Urządzenia te w znakomitej większości są jeszcze używane;

O czym to może świadczyć:

- *Są nadal potrzebne mimo dostępności aparatury zagranicznej;*
- *Mają podobne (czasem lepsze) parametry (konstruowane z zapasem);*
- *Nie są tak złe jakościowo jak sami uważaliśmy a czasami inni;*
- *Są dobrze i umiejętnie eksploatowane;*
- *Nie wszystkie ośrodki są tak bogate, że stać je na markową aparaturę.*

Perforacja tęczówki – (IOE WAT)
(Dalsze realizacje - lata 1985-1990)

LO 582

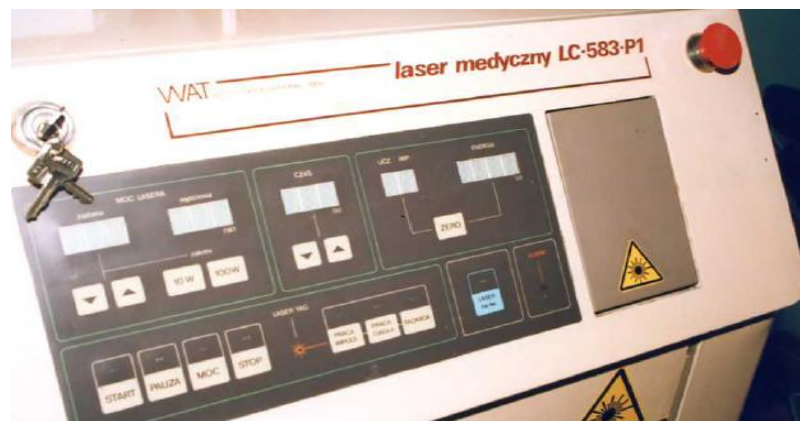


LO 583



Chirurgia ogólna – Zestaw LC-583-P1

IOE WAT - 1985



Parametry: 100 W cw
Wykonano 2 szt. w ramach
CPBR 8.14 i przekazano
klinikom.

ŚZIP – 09.09.2010

Mikrochirurgia – Zestaw LL-59

IOE WAT - 1990



*Laser Nd:YAG (1,06 μm) z
pasywnym Q-S: impulsy pojedyncze o energii do 30mJ
i czasie trwania 15 ns lub
serie do 4 impulsów.*

Przeznaczenie:

*Mikrochirurgia okulistyczna;
Otolaryngologiczna.*

Mikrochirurgia precyzyjna – Zestaw LE-2000; IOE WAT - 1990



***Er:YAG (3 μm) imp., gen. swobodna.
Energia 1,5 J, częst. max. 40Hz (30W)
Światłowód szafirowy – 0,37 mm.
Wskaźnik: 650 nm /5 mW***



***Przeznaczenie: Litotrypcja
Otolaryngologiczna
+ Zestaw LE 70 – wersja
do mikrochirurgii w
przednim odcinku oka***

Mikrochirurgia precyzyjna – Zestaw LH-58; IOE WAT - 1990



Laser CTH:YAG ($2,08\ \mu\text{m}$)

imp., gen. swobodna.

Energia: $1,5\ \text{J}/10\text{Hz}/15\text{W}$.

Światłowód kwarcowy $250\ \mu\text{m}$

Wskaźnik: $650\ \text{nm}/5\text{mW}$

**Przeznaczenie: zabiegi w
przednim odcinku oka**

Koagulator półprzewodnikowy – IOE WAT



- *Zestaw LKP-1500 z laserem półprzewodnikowym do zabiegów na dnie oka.*
- *Moc cw na wyjściu toru światłowodowego 1,5 W*

Biostymulacja – wzory do wdrożeń
***Dodatni wpływ promieniowania laserowego
na organizm człowieka***

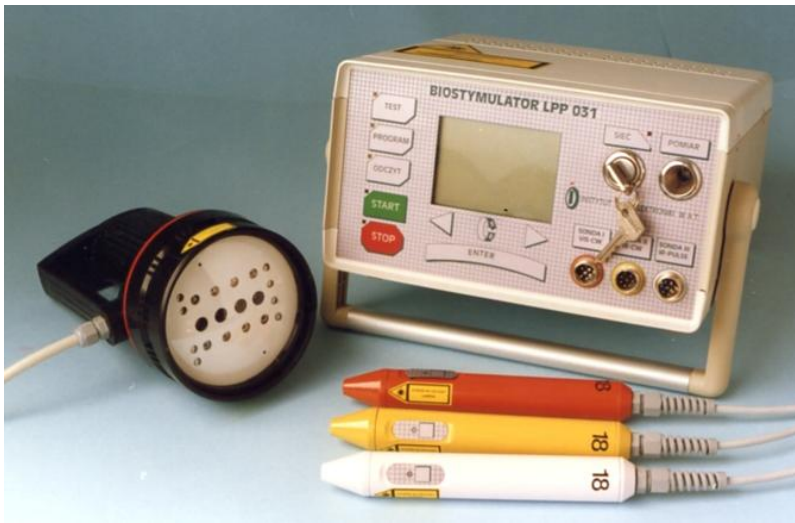
- ***Wspomaganie regeneracji tkanek;***
- ***Przyśpieszenie gojenia się ran;***
- ***Leczenie urazów w tym głównie sportowych;***
- ***Zmiany własności fizykochemicznych krwi***

Biostymulatory półprzewodnikowe

IOE WAT 1980-1985

Zestaw LPP 031 W

LMB 2C - WAMED



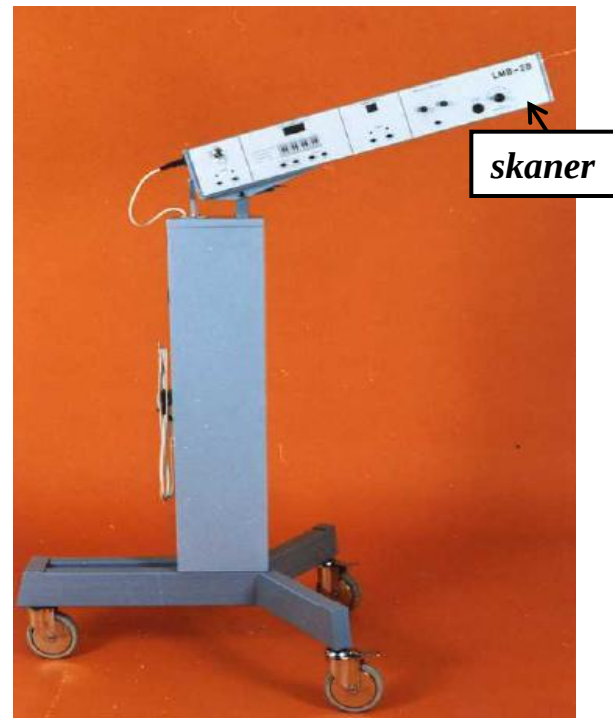
1) 650nm/5mW/cw; 2) 850nm/5mW/cw; 3) 905nm/10mW/200ns
Sonda wieloelementowa: po 4 lasery każdego typu + 16 DEL
950 nm/10mW każda

Biostymulator walizkowy i stacjonarny *IOE WAT 1985 - 1990*

LMB 2A-WAMED



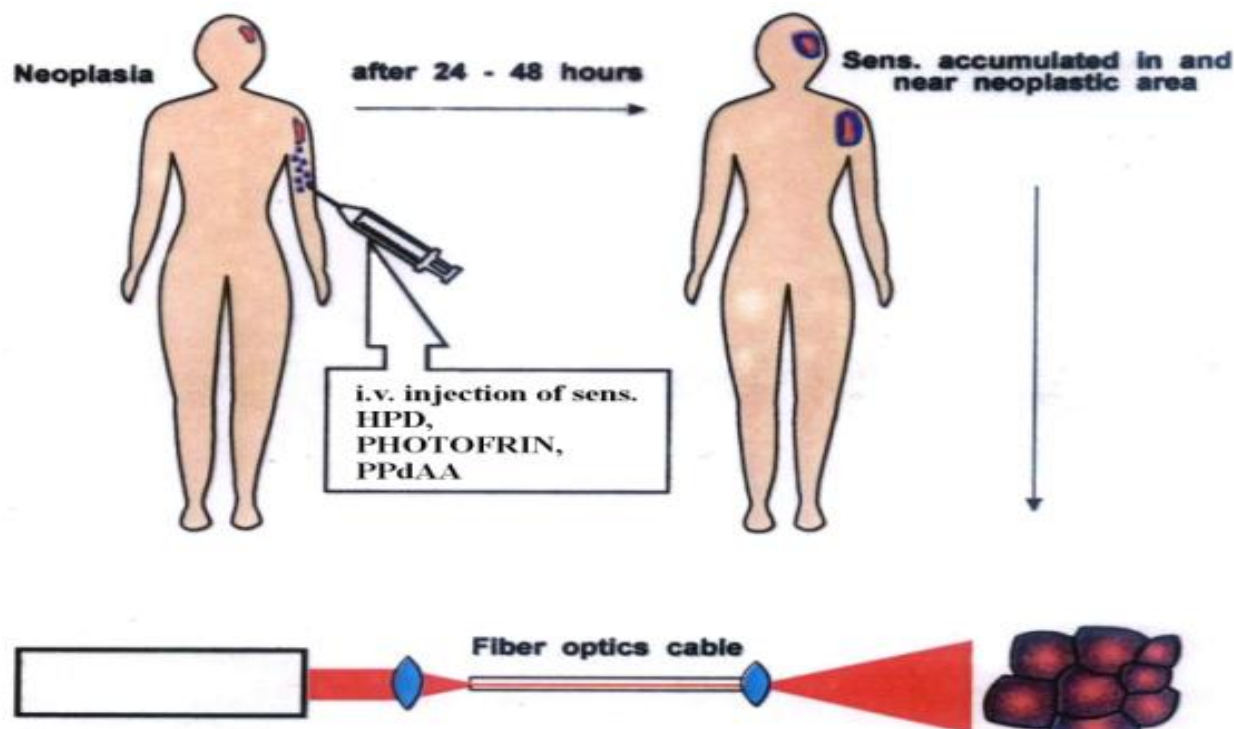
LMB 2B



Laser Ne-Ne 630nm/1,5mW cw i półprzewodnikowe j.w.

ŚZIP – 09.09.2010

PDD i PDT: Fotodynamiczna Diagnostyka i Terapia Nowotworów (IEK- WAT) *(jedno z wielkich oczekiwań od laserów)*

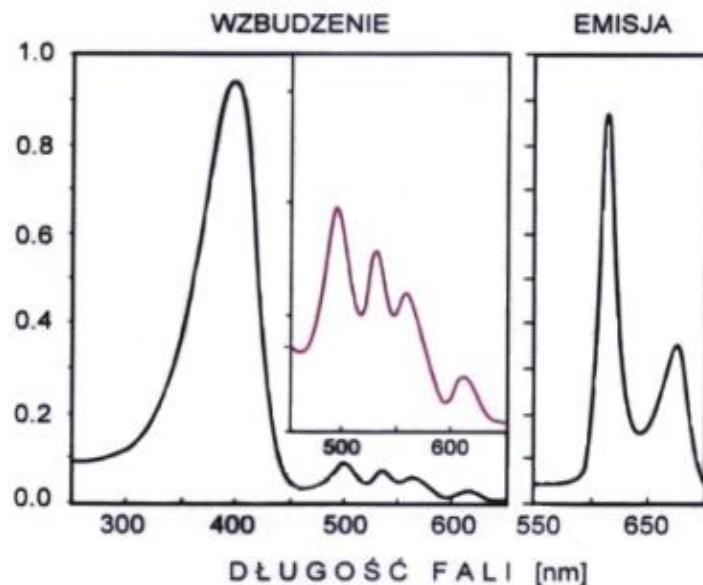


PDD i PDT: Hematoporfiryna (IEK-WAT)

- Patent prof. A. Graczyk

Uczulacz

Lasery:



PDD: wzbudz. **400-550 nm**
wykrywanie **630 nm**.

(GaN-420nm; Nd:YAG-530nm, lampy Xe)

PDT: naświetlanie **630 nm** -
duże dawki.

(He-Ne-628nm, Kr⁺-630nm, Au-640nm,
lasery półprzewodnikowe)

ŚZIP – 09.09.2010

Współczesność – ostatnie 3 lata

Cechy charakterystyczne:

1.

- *Tworzenie się specjalizowanych zespołów inżyniersko-medycznych;*
- *Opracowywanie metod i doświadczalnej aparatury diagn. i terap.*
- *Prowadzenie klinicznych zabiegów sprawdzających poprawność działań.*

2.

- *Pojawianie się krajowych firm i aparatura medycznej ich produkcji;*
- *Większe zainteresowanie się tych firm opracowaniami krajowymi.*

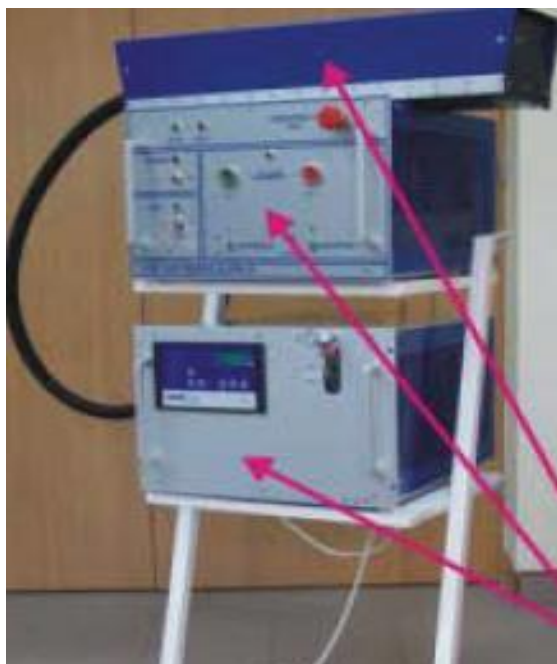
Specjalizowane zespoły badawcze

Zestaw mikrochirurgiczny QLE (IOE-WAT)

Instytut Optoelektroniki WAT: A. Zając, M. Skórczakowski;

Klinika Otolaryngologii O. Stomatologii WUM: A. Kukwa, M. Tulibacki;

Katedra i Klinika Okulistyki WUM: D. Kęcik, J. Kasprzak



Laser Er:YAG ($2,94 \mu\text{m}$), Q-S,

Energia: 30mJ/40ns/20Hz

Moc imp. 750kW, moc śr. 0,6W

Światłowód szafirowy 0,37mm

Wskaźnik: 650 nm, 5 mW

generator
zasilacz
chłodzenie

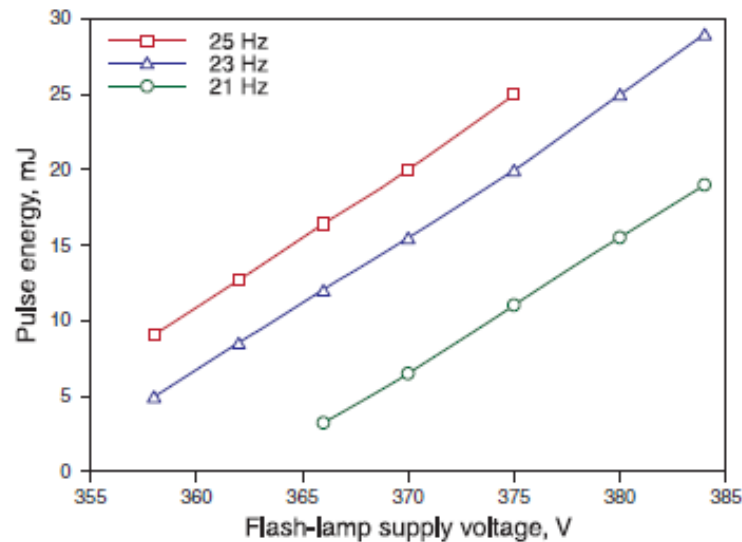
Zainteresowanie producentów:
- Artphotinics
(inż. C. Wojciechowski)

Zestaw QLE- Badania eksploatacyjne



*Uszkodzenia pow. kryształu K-P
po generacji ok. 10^5 impulsów.*

Zamiana Q-S: K-P (LiNbO_3) na wirujące zwierciadło



Parametry:

- $\lambda = 2,94 \mu\text{m}$
- $E_i \leq 30 \text{ mJ}$
- $\tau_i \leq 290 \text{ ns}$
- $P_i \geq 100 \text{ kW}$
- $f_i \leq 25 \text{ Hz}$
- $M^2 \sim 1,54$

*Po generacji 10^7 impulsów brak śladów
uszkodzeń któregośkolwiek z elementów lasera.*

Zespoły spoza WAT

SYSTEM NIR-T/BSS: Near-Infrared Transillumination
with Back-Scattering Sounding

System do nieurazowego badania zmian szerokości przestrzeni
podpajęczynówkowej oraz parametrów tętnienia
wewnątrzczaszkowego służący wykrywaniu początkowej fazy
obrzęku mózgu z wykorzystaniem transluminacji w bliskiej
podczerwieni z rozpraszaniem zwrotnym

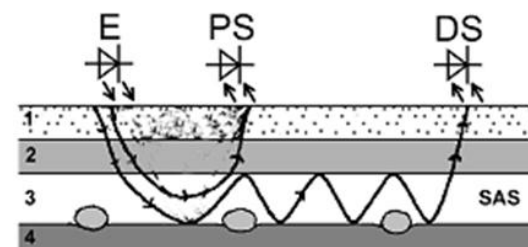
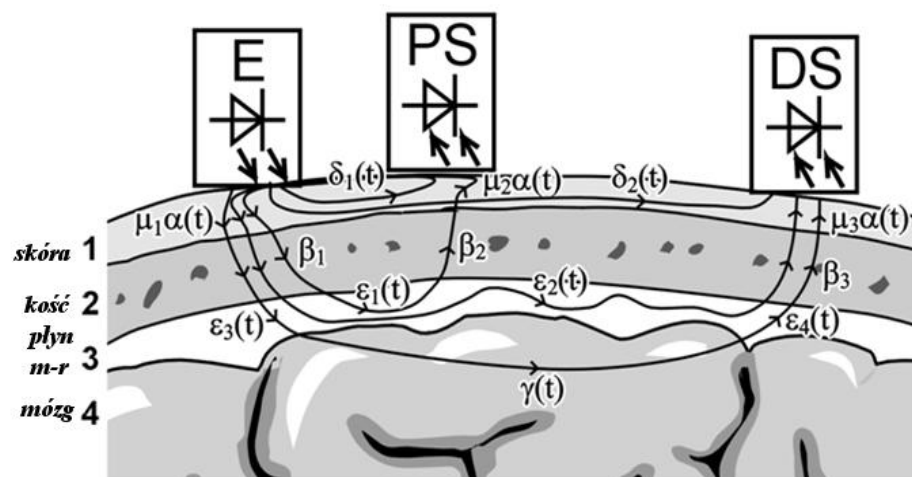
Zespół autorski

Zakład Fizjologii Człowieka GUM: - Andrzej Frydrychowski

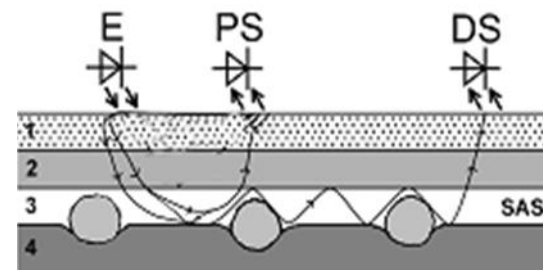
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki PG: Wojciech Gumiński,

Mirosław Rojewski, Jerzy Pluciński

SYSTEM NIR-T/BSS: - *zasada działania*



Faza rozkurczu serca



Faza skurczu serca

Urządzenie NIR-T/BSS – widok ogólny



Współpraca z komputerem zewnętrznym

Można wyodrębnić sygnały:

*ccTQ - akcję serca;
sccTQ - akcję oddechu;
TQ - zmiany objętości mózgu*

Zastosowania:

Wykrywanie początkowej fazy obrzęku mózgu w:

- *Neurochirurgii (krwiaki, udary, guzy mózgu),*
- *Diagnostyka osób nieprzytomnych,*
- *Monitorowanie udrażniania tętnic szyjnych,*
- *Obiektywizacja bólów głowy,*
- *Psychiatria - monitorowanie elektrowstrząsów*



**Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej
im. Macieja Nałęcza PAN
Zakład Obrazowania i Pomiarów Biofizycznych**

WYBRANA PROBLEMATYKA BADAWCZA W ZAKRESIE OPTOELEKTRONIKI

- *Pomiary ukrwienia i utlenowania mózgu metodą czasowo-rozdzielczej spektroskopii*
- *Obrazowanie parametrów hemodynamicznych mózgu z zastosowaniem czasowo-rozdzielczej kamery CCD ze wzmacniaczem obrazu*

ZESPÓŁ BADAWCZY

Doc. dr hab. Adam Liebert
Prof. dr hab. Roman Maniewski
Dr Norbert Żołek
Dr Anna Gerega

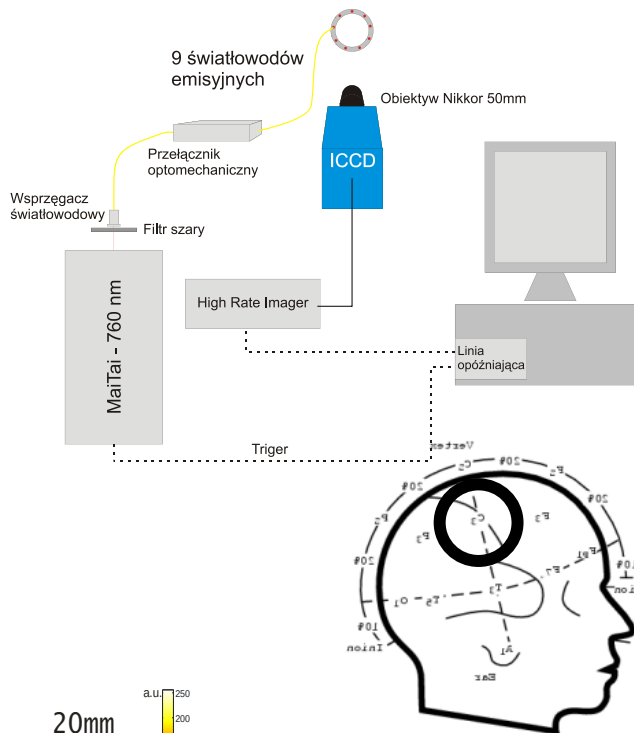
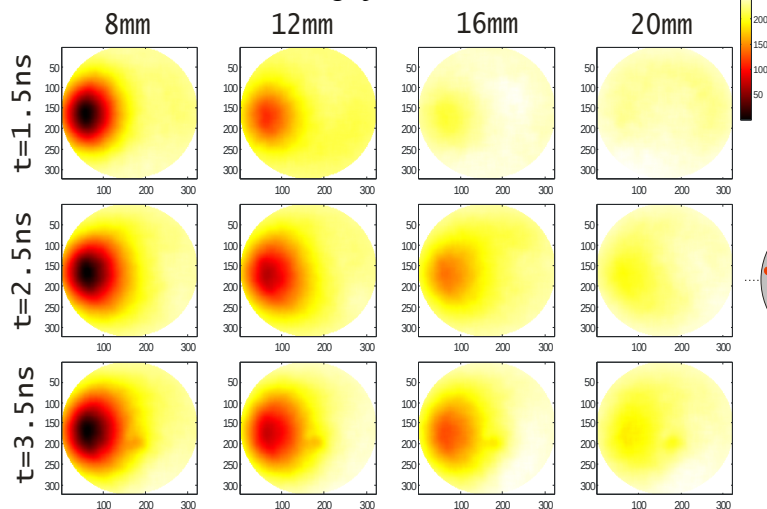
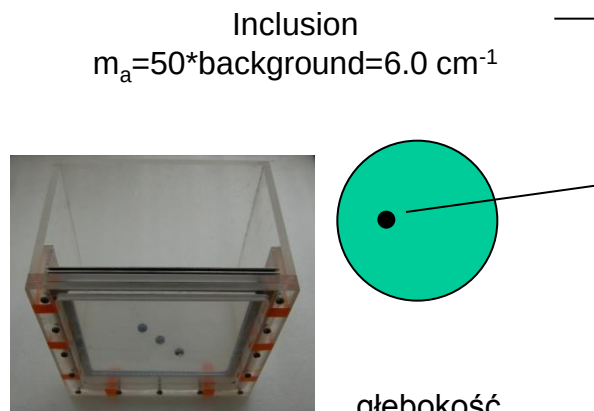
Mgr inż. Michał Kacprzak
Mgr inż. Piotr Sawosz
Mgr inż. Daniel Milej
Mgr inż. Stanisław Wojtkiewicz
Mgr inż. Marcin Botwicz

Przyrząd do obrazowania tkanek z zastos. czasowo-rozdzielczej kamery CCD ze wzmacniaczem obrazu



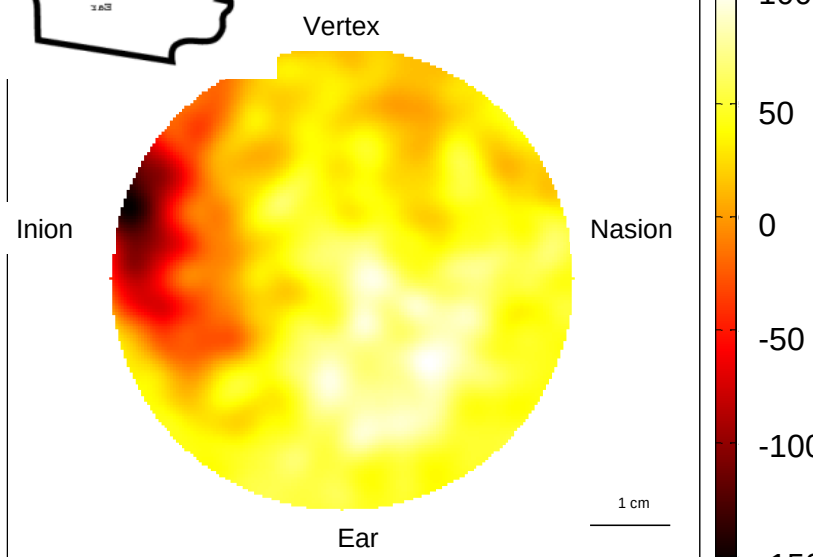
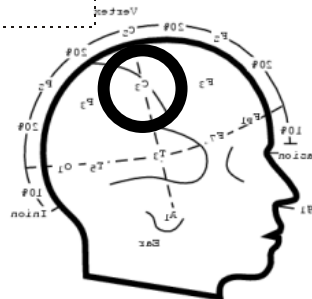
Badania podstawowe:

- Pomiar współczynników rozpraszania i absorpcji
- Ocena rozkładu rozchodzenia się światła w ośrodkach optycznie mętnych



Pomiary in-vivo:

- Ocena sprężenia nerwowo-naczyniowego
- Pomiar ukrwienia z wykorzystaniem środka kontrastującego
- Diagnostyka udarów





Przyrząd do czasowo-rozdzielczych pomiarów utlenowania i ukrwienia mózgu



1. Kacprzak M., A. Liebert, P. Sawosz, N. Zolek, and R. Maniewski, "Time-resolved optical imager for assessment of cerebral oxygenation", J. Biomed. Opt. 12, 034019 (2007).
2. Kacprzak M., A. Liebert, P. Sawosz, N. Żółek, D. Milej and R. Maniewski, Time-resolved imaging of fluorescent inclusions in optically turbid medium — phantom study. Opto-Electronics Review 2010 (18) :p. 37-47
3. Milej, D., M. Kacprzak, N. Zolek, P. Sawosz, A. Gerega, R. Maniewski, and A. Liebert, Advantages of fluorescence over diffuse reflectance measurements tested in phantom experiments with dynamic inflow of ICG. Opto-Electronics Review 18 (2): p. 208-213



Spektralny Tomograf Optyczny - SOCT (Spectral Optical Coherence Tomography)

Zespół Fizyki Medycznej UMK, Toruń: Andrzej Kowalczyk,
Maciej Wojtkowski, Iwona Gorczyńska, Maciej Szkulmowski;
UMK – Collegium Medicum, Bydgoszcz: J. Kałużny



Light source	SLED
Central wavelength	840nm
Axial resolution	3 μ m
Transversal resolution	7 μ m
Scanning speed	25000 A-scan /sec

Wdrożenia w: OPTOPOL Technology SA- Zawiercie

SPEKTROMETRYCZNY SYSTEM WCZESNEGO WYKRYWANIA I DIAGNOSTYKI NOWOTWORÓW (metoda fotodynamiczna)

Główne cele: 1. *Wykrywanie początkowych stadiów zmian nowotworowych;*
2. *Monitorowanie postępów leczenia zmian różnymi metodami.*



1. INSTYTUT TECHNIKI I APARATURY MEDYCZNEJ - ITAM (ZABRZE)

A. Gacek, T. Woźnica, K. Gibiński, M. Bachorz



2. OŚRODEK DIAGNOSTYKI I TERAPII LASEROWEJ ŚUM (BYTOM)

A. Sieroń, S. Kwiatek, W. Lotos

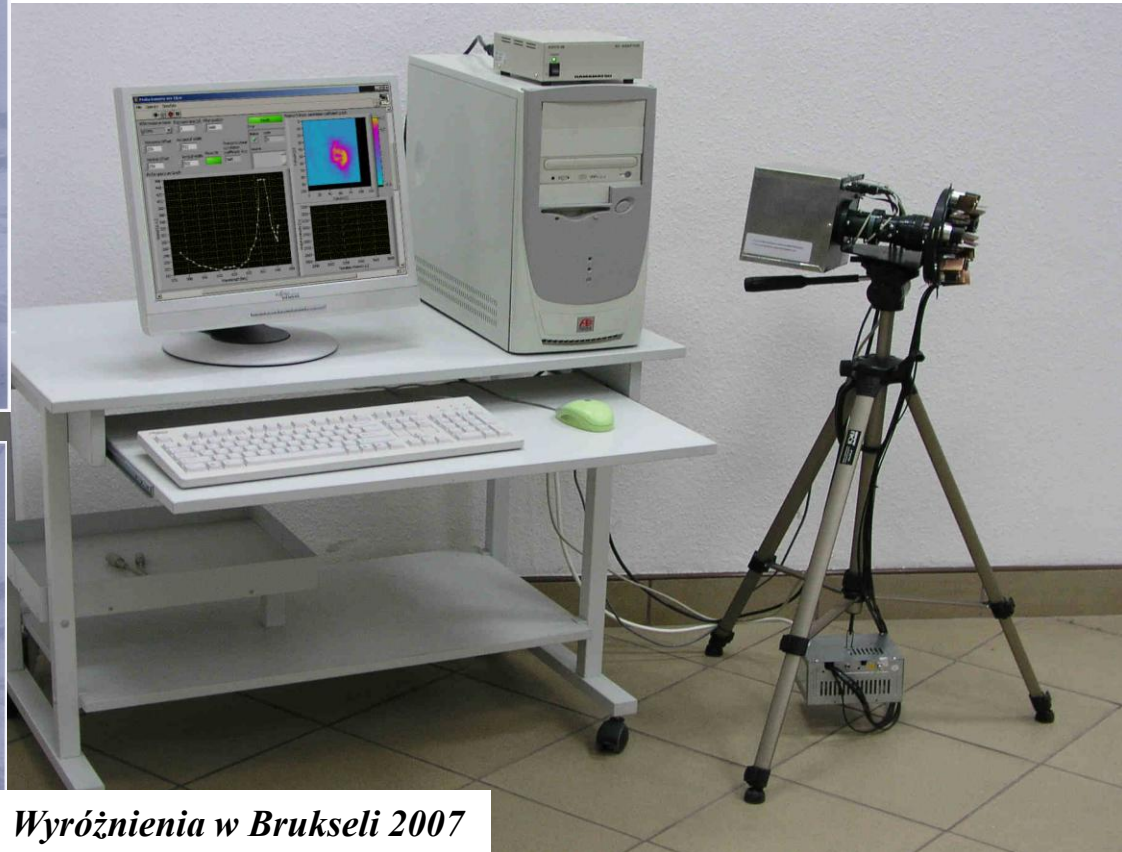


3. KATEDRA OPTOELEKTRONIKI - POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ (GLIWICE)

T. Pustelny, Z. Opilski, E. Maciak, M. Urbańczyk

Spektrometryczny system wczesnego wykrywania i diagnostyki nowotworów

– widok ogólny



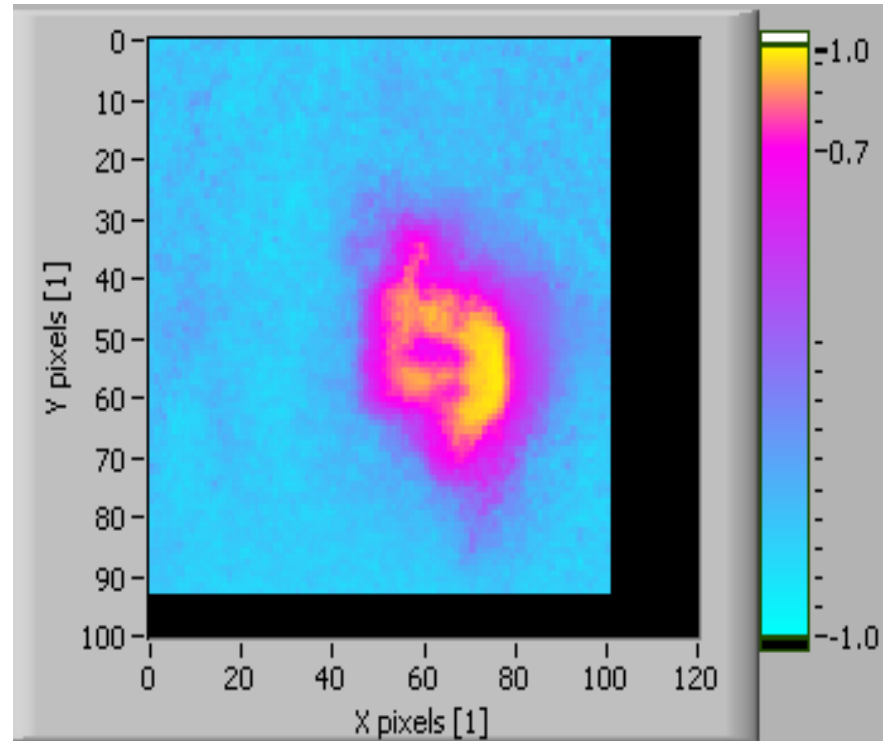
Wyróżnienia w Brukseli 2007

Przykładowe wyniki badań — ocena jakościwa



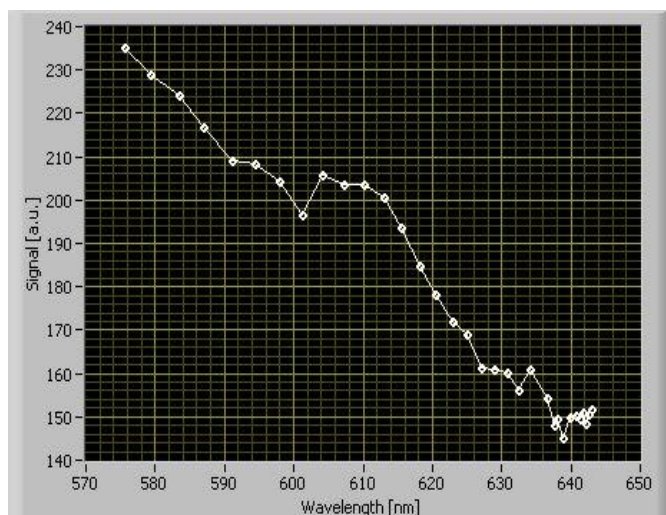
Obszar zmieniony nowotworowo

Wzbudzenie: 405 nm; obserwacja: 635 nm

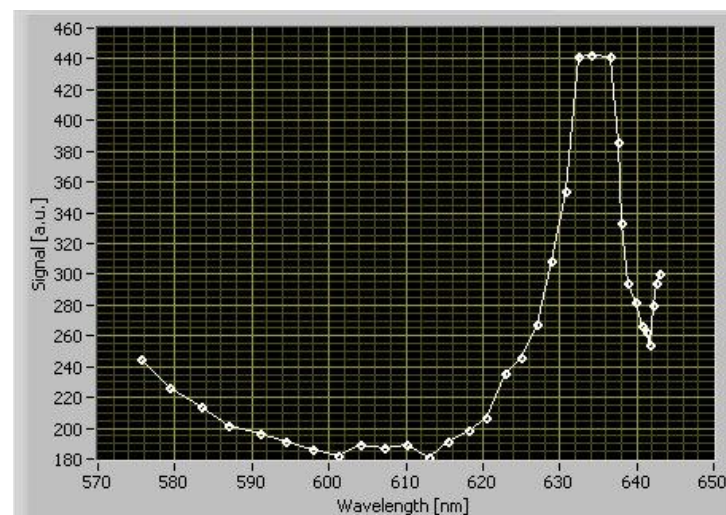


Korelacja charakterystyk widmowych obszaru badanego z wzorcem widmowym zmiany nowotworowej.

Przykładowe wyniki badań – ocena ilościowa

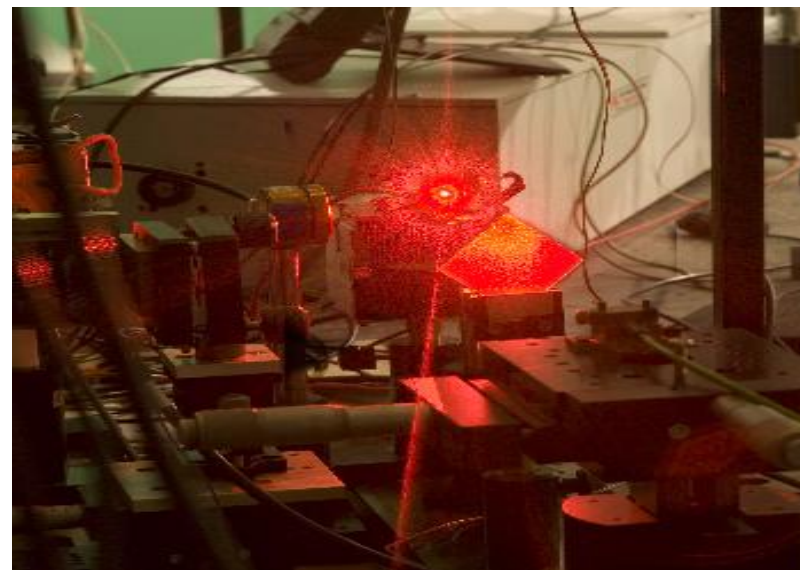
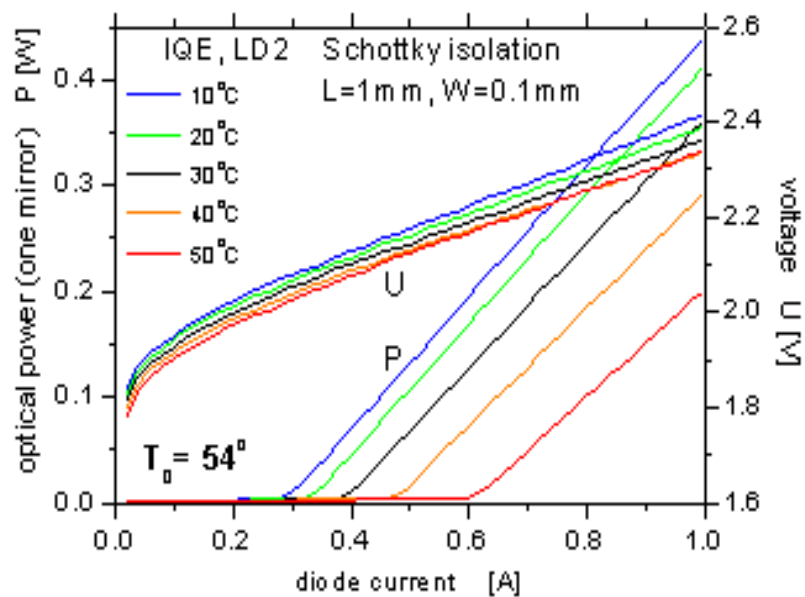


Charakterystyka widmowa świecenia uczulacza w tkance zdrowej.



Charakterystyka widmowa świecenia uczulacza w tkance zmienionej nowotworowo

DL 635 nm dla PDT- (ITME)



ŚZIP – 09.09.2010

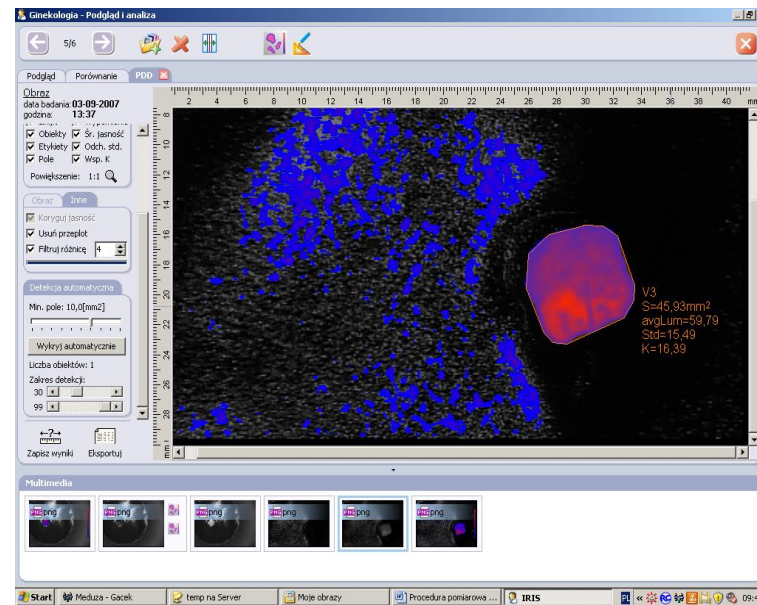
Firmy produkujące sprzęt medyczny

Medicom Sp. z o.o.- Zabrze

VideoScope PDD - system diagnostyczny nowotworów metoda fotodynamiczna



Oświetlacz i fotodetektor



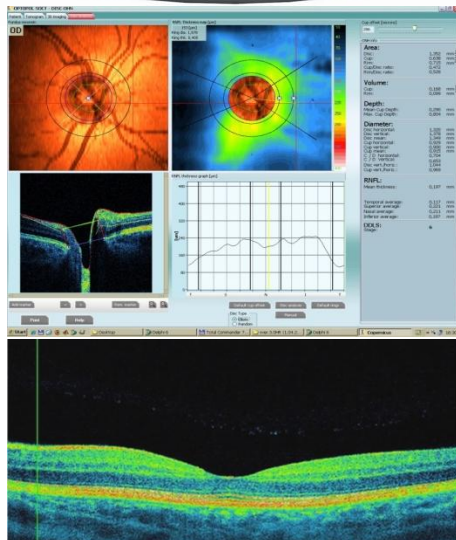
Wizualizacja i analiza obrazu

SOCT Copernicus



Spektralny Tomograf Optyczny SOCT Coprenikus

Light source	SLED
Central wavelength	855nm
Axial resolution	6 μ m
Transversal resolution	12-18 μ m
Scanning speed	23000 A-scan per sec





Wytwórnia Aparatury Medycznej W A M E D



Biostymulator BL-21-UŁAN

Sondy impulsowe IR-890 nm, do (25, 50)W
Sondy cw IR- 810 nm, do (100, 200, 400)mW
Sonda cw Red- (635-650) nm (do 30mW)



SCAN – LASER SL-21



Centrum Techniki Laserowej®
LASERINSTRUMENTS Sp.z o.o.

Centrum Techniki Laserowej, Warszawa



DORIS 1106M

Nowe opracowanie: 1 – 3 sond

***Biostymulacja i mikrochirurgia
kontaktowa***

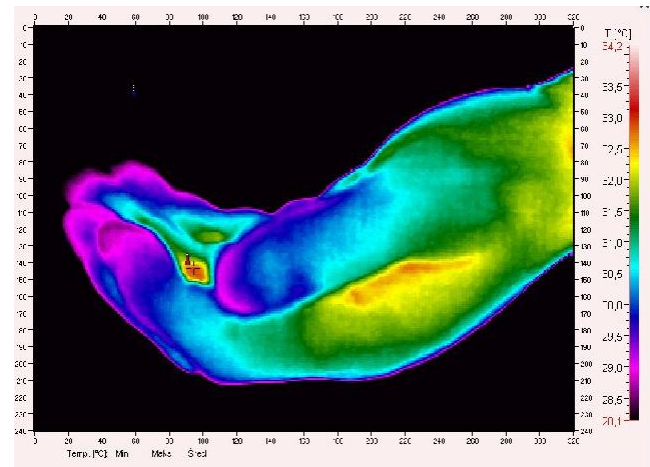


VIGO – System S.A.

VIGOcam v50



Kamera termowizyjna

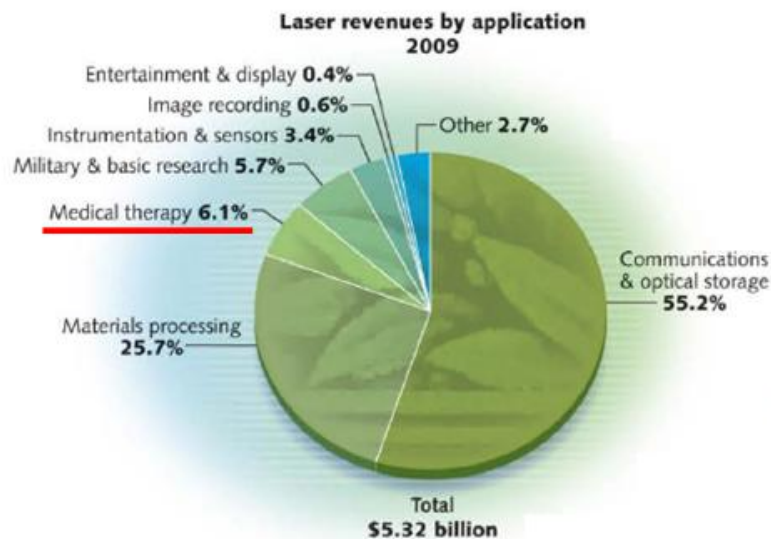


Obraz dłoni

Dziś- warto kontynuować tematykę aparat. med.

Globalny Rynek Laserów Medycznych 2009

a)



b)



Spadek w stos. do 2007 aż o 42%

Medycyna: 3. - z kolei segment rynku

Zasadność prowadzenia badań

- *Potrzeby ze strony medycyny głównie diagnostyki wczesnych stanów nowotworowych;*
- *Istnieją mieszane zespoły tech. i med. z tradycjami współpracy;*
- *Tematyka niszowa – możliwa produkcja w msp.*
- *Tematyka ma cechy wyższej użyteczności społecznej*
- *Krajowe firmy są zainteresowane produkcją*

ŚZIP – 09.09.2010

Temat: „Opracowanie wybranych technologii i urządzeń do zastosowań w diagnostyce i terapii medycznej”

Odpowiadając na apel Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) powyższy temat został wysłany do NCBiR z rekomendacją szerokiego grona (kilkunastu) specjalistów lekarzy i techników o ustanowienie go krajowym Programem Strategicznym.

*Uważamy, że temat odpowiada wymogom PS podanym w apelu:
>Istnieją realne szanse na sukces, gdyż istnieje znaczący potencjał badawczy oraz otoczenie wytwórcze dające gwarancję osiągnięcia ważnych, strategicznych celów gospodarczych.<*

Aplikowaliśmy o Fundusze Strukturalne *Dział Innowacyjna Gospodarka*

Niestety - Program przepadł - nie miał szans w porównaniu np. z tematami z początku listy tematów zakwalifikowanych do finansowania:

„PHENIX- Bezzałogowy samolot stratosferyczny” – 10 mln zł.

„Innowacyjny system wspomagania technicznego zrównoważonego rozwoju gospodarki” - 61 mln zł

Dziękuję za uwagę

ŚZIP – 09.09.2010