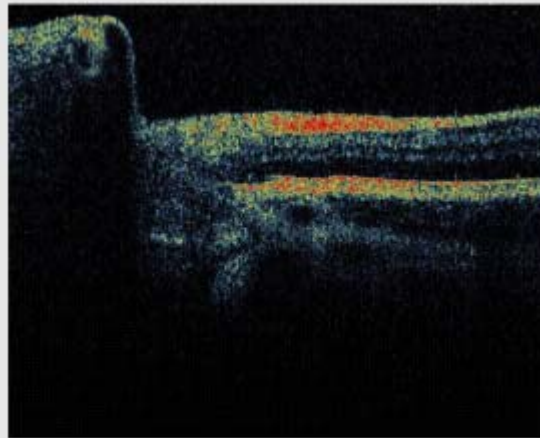


Maciej Wojtkowski

**Obrazowanie oka
za pomocą
Spektralnej Tomografii Optycznej
z użyciem światła częściowo spójnego**



Instytut Fizyki
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu



Podziękowania

**Członkom Kapituły
Nagrody
im. Profesora Stefana Pieńkowskiego**

**Fundatorowi
Panu
Doktorowi Markowi Pieńkowskiemu**

Zespół Fizyki Medycznej

Prof. dr hab. A. Kowalczyk-kierownik

Dr hab. P. Targowski,

Adiunkci:

Dr M. Wojtkowski, Dr R. Zawadzki

Doktoranci:

Mgr I. Gorczyńska, Mgr T. Bajraszewski, Mgr M. Szkulmowski,
Mgr A. Szkulmowska, Mgr M. Cyganek



Instytut Fizyki
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Współpraca

Prof Dr n med J. Kałużny

Wydział Okulistyki, Akademia Medyczna im Ludwika Rydygiera, Bydgoszcz

Prof. Dr hab. Czesław Radzewicz

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW, Warszawa

Dr R. Leitgeb , Prof A. F. Fercher

Department of Medical Physics, Medical University of Vienna, Austria

Prof J.G. Fujimoto

Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA

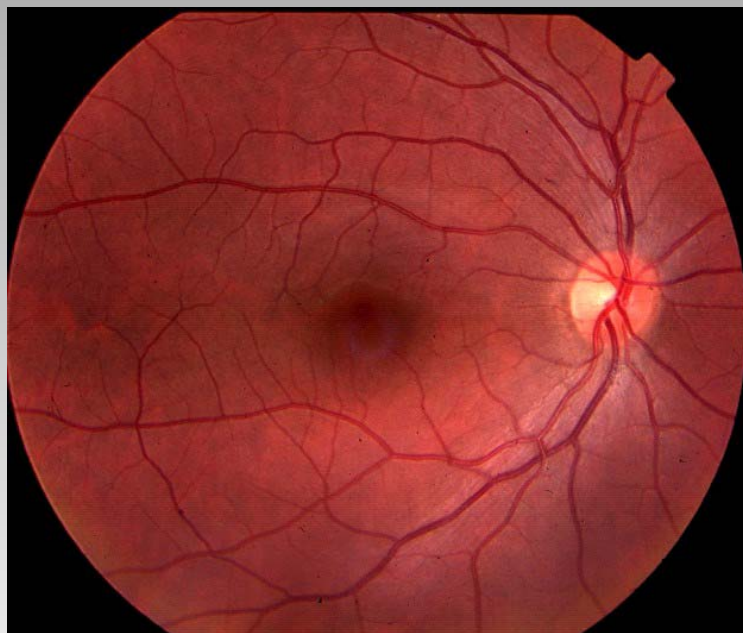
MD J.S. Duker

New England Eye Center Tufts-New England Medical Center, Boston, MA

Wstęp

Kliniczne obrazowanie siatkówki:

Fotografia dna oka



Angiografia fluoresceinowa



Kliniczne obrazowanie siatkówki

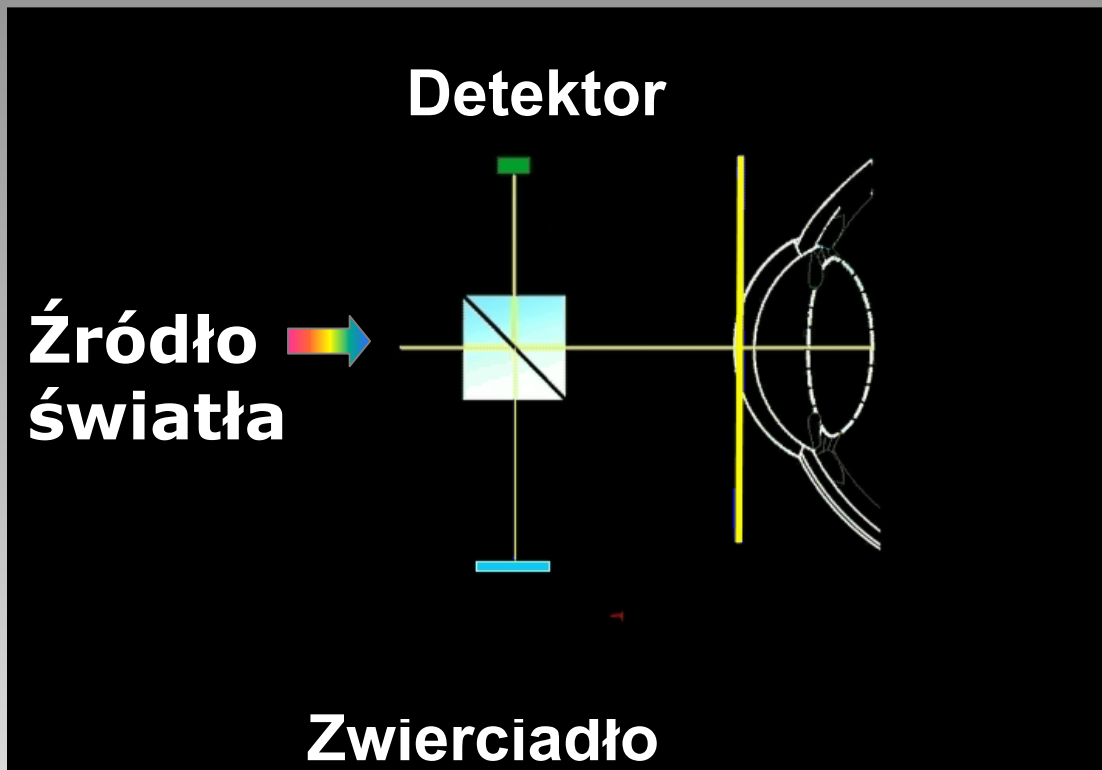
Dodatkowe instrumenty optyczne :

- Stereo-fotografia dna oka
- Skaningowa oftalmoskopia laserowa - HRT
- Skaningowa polarymetria laserowa – GDx Vcc
- „Retinal Thickness Analyser” – RTA
- Tomografia optyczna z użyciem światła częściowo spójnego (Optical Coherence Tomography -OCT)

Optical Coherence Tomography

- Nieinwazyjna i bezkontaktowa metoda optyczna wykorzystująca interferometrię światła częściowo spójnego do otrzymywania obrazów przekrojów oka ludzkiego *in vivo (na żywo)*
- Obrazowanie zmian strukturalnych wywołanych chorobami oczu
- Mapowanie grubości siatkówki
- Analiza tarczy nerwu wzrokowego
- Analiza warstwy włókien nerwowych

Optical Coherence Tomography



D. Huang and J. G. Fujimoto, Science **254** (1991)

**Carl Zeiss Meditec
StratusOCT (2002)**

Cena 50 000\$

*Dostępne na rynku: Zeiss-Humphrey Meditec – USA
Ophthalmic Technologies Inc. Canada*

Metoda alternatywna

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(2\pi \tau \nu)$$

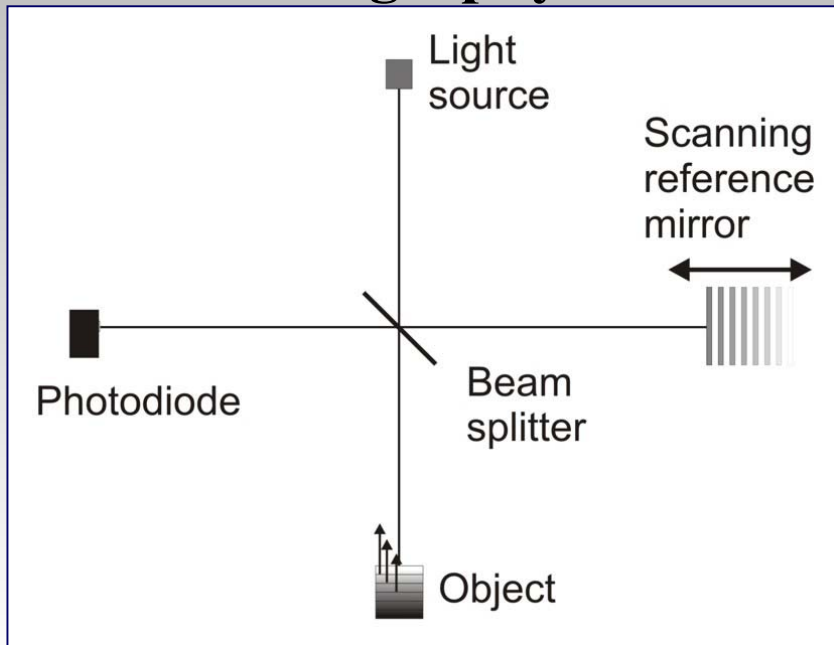
zmienna τ

zmienna ν

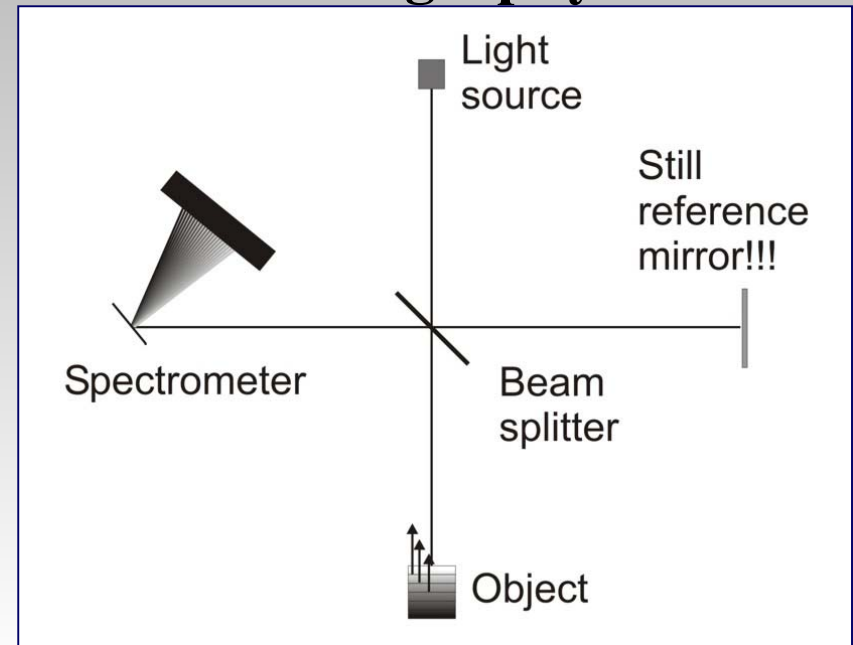
τ – opóźnienie

ν – częstość optyczna

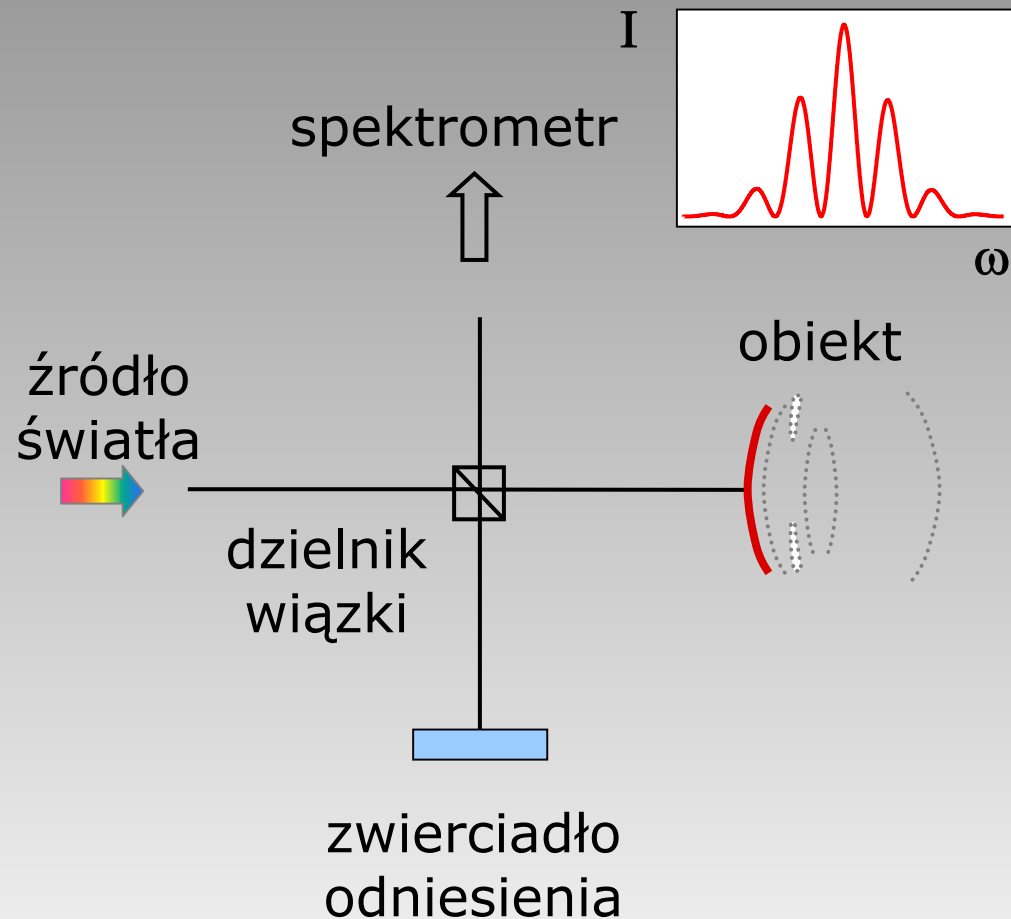
**Time domain
Optical Coherence
Tomography:**



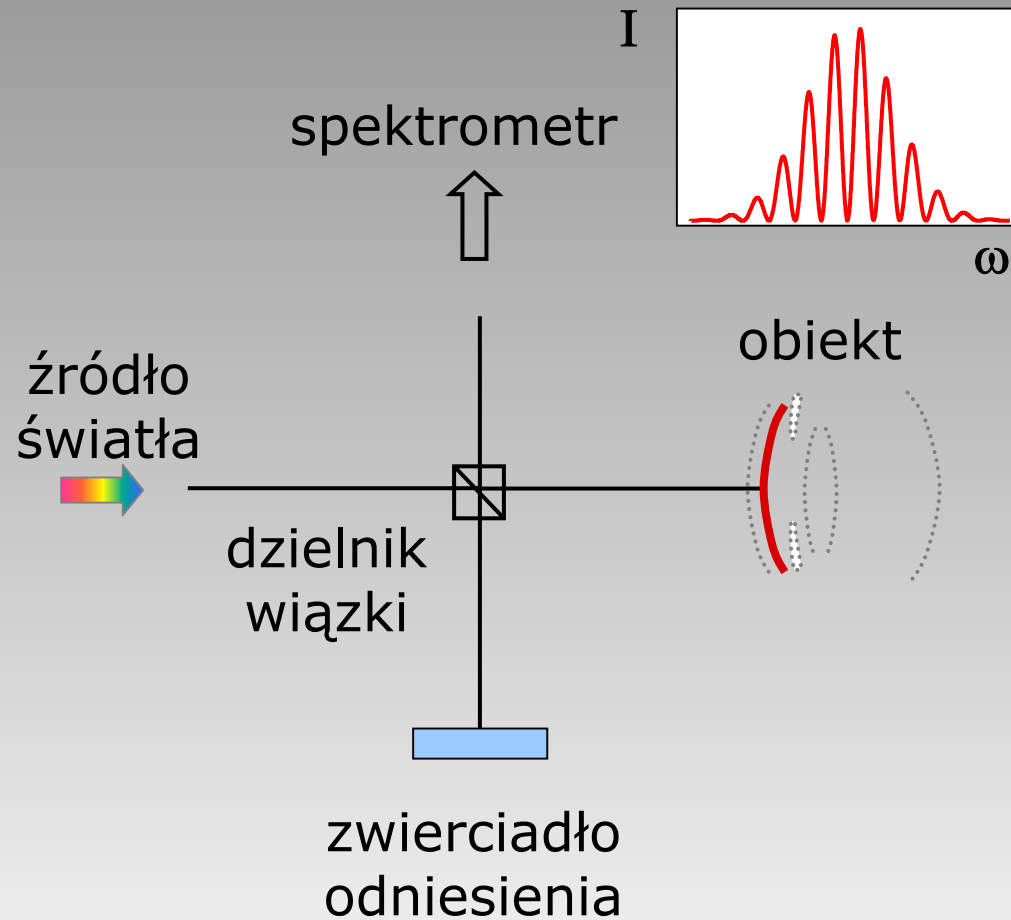
**Fourier domain
Optical Coherence
Tomography:**



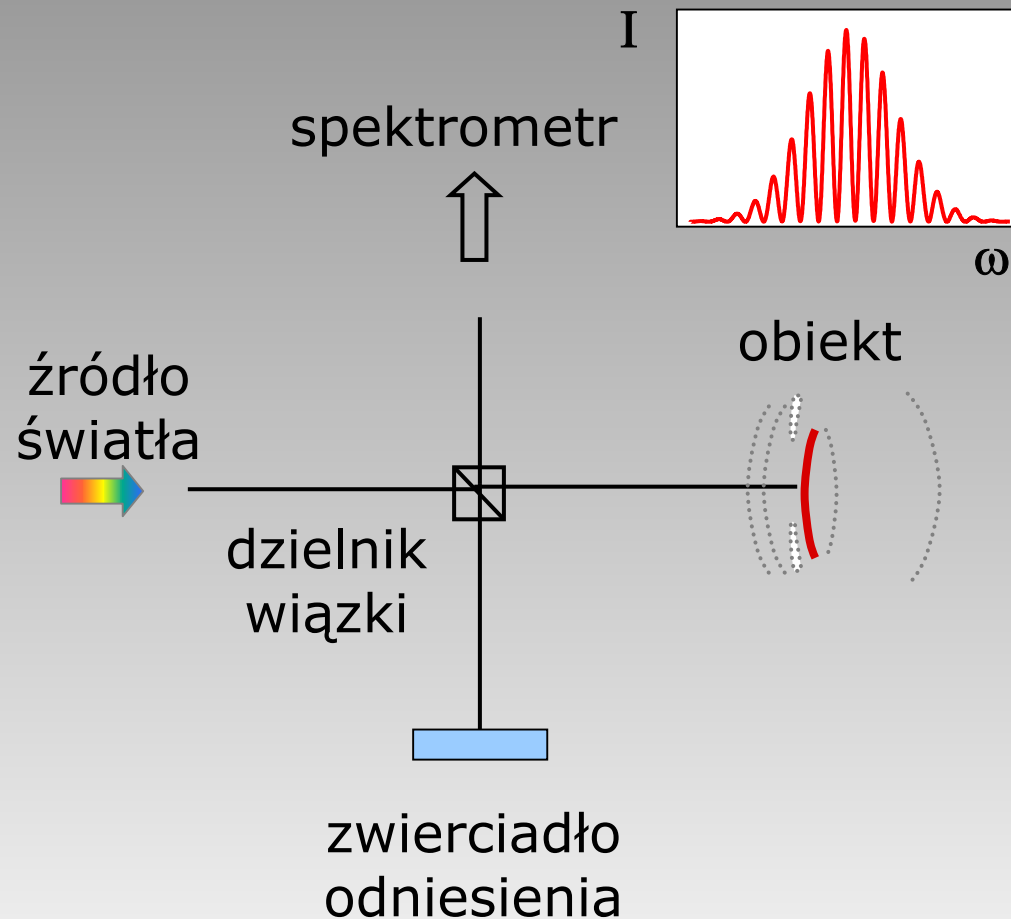
Spektralna tomografia optyczna z użyciem światła częściowo spójnego



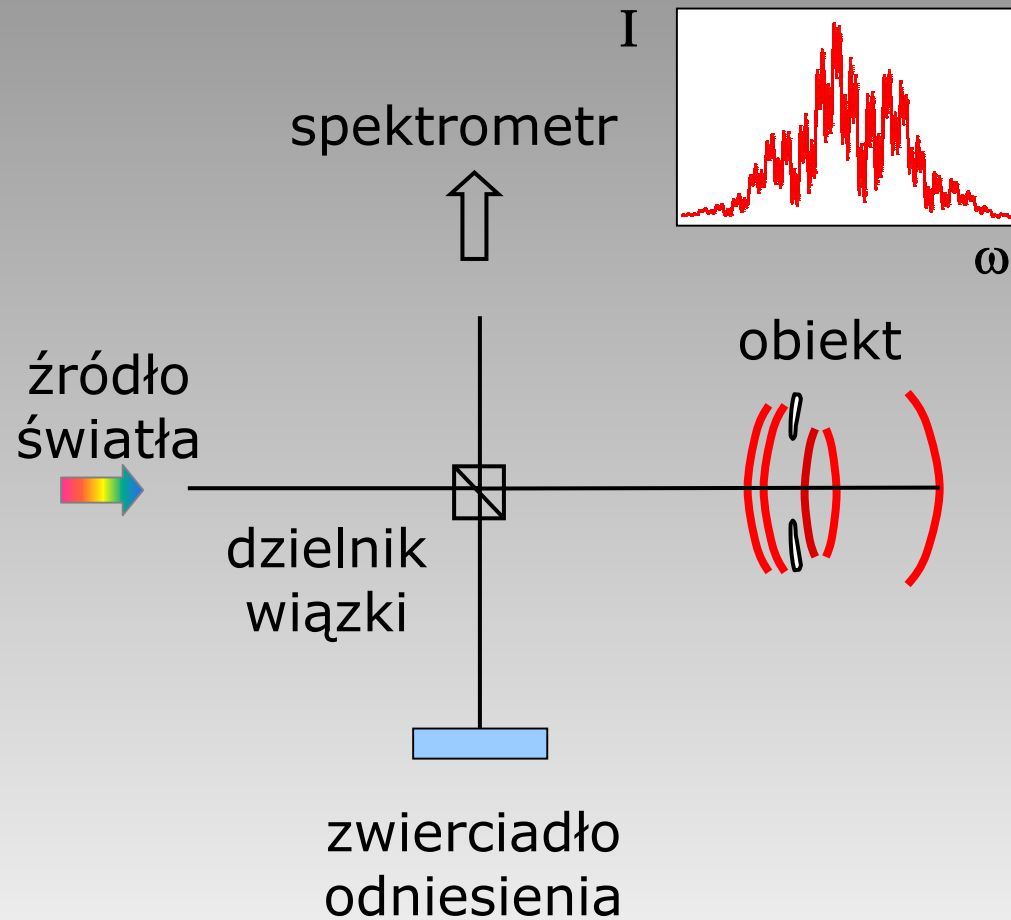
Spektralna tomografia optyczna z użyciem światła częściowo spójnego



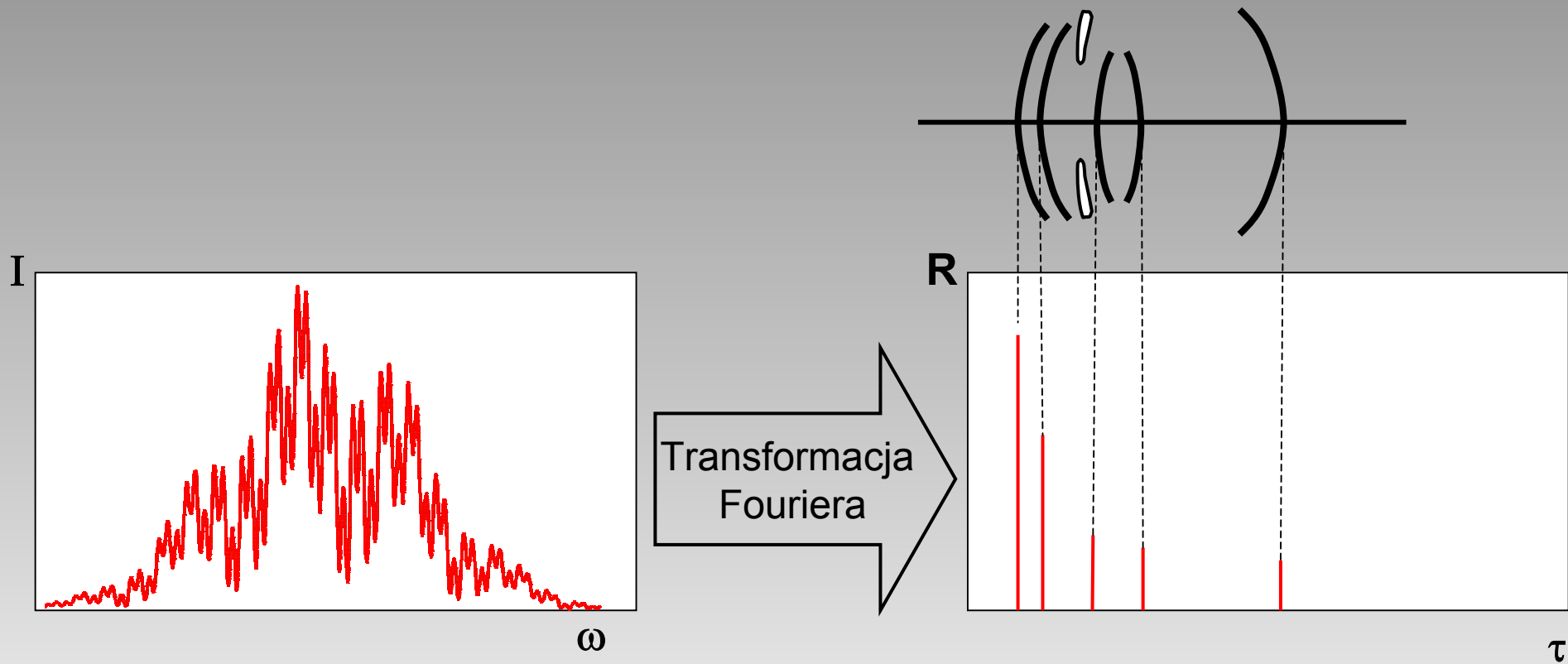
Spektralna tomografia optyczna z użyciem światła częściowo spójnego



Spektralna tomografia optyczna z użyciem światła częściowo spójnego



Spektralna tomografia optyczna z użyciem światła częściowo spójnego



Rozwój metody Spektralnej OCT

1995 – Pomiar odległości wewnątrzgałkowych:

- A.F.Fercher et al, Opt. Comm. 117, 43-48

2002 – Obrazowanie przekrojów siatkówki *in vivo*:

- **M. Wojtkowski** et al., JBO 7 (3), 457-463

2002 – Zastosowanie metody zespolonej do obrazowania oka :

-**M. Wojtkowski** Opt. Letters 27 (16), 1415-1417

2003 – Uzyskanie najkrótszego czasu pomiaru w obrazowaniu oka *in vivo*

- **M. Wojtkowski** et al., Opt. Letters 28,1745-1747

2003 – Analiza czułości:

- R. Leitgeb Opt. Express 11 (8), 889-894

- J. De Boer Opt. Letters 28 (21), 2067-2069

- M. Choma Opt. Express 11(18), 2183-2189

2003- Szybkie obrazowanie z użyciem kamery liniowej:

-N. A. Nassif et al., Opt. Express 12 (3), 367-376

2004 - Szybkie obrazowanie z wysoką rozdzielczością:

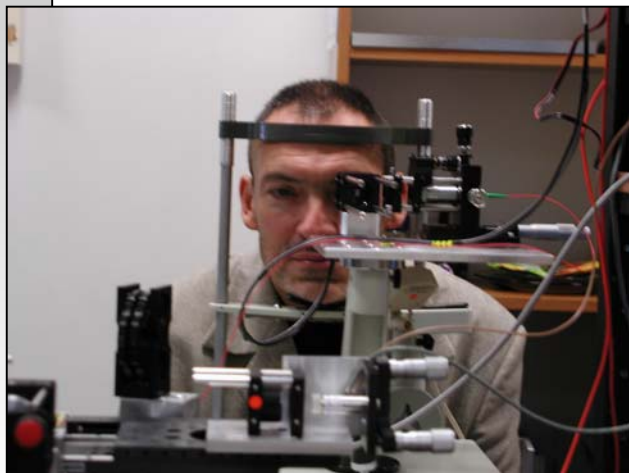
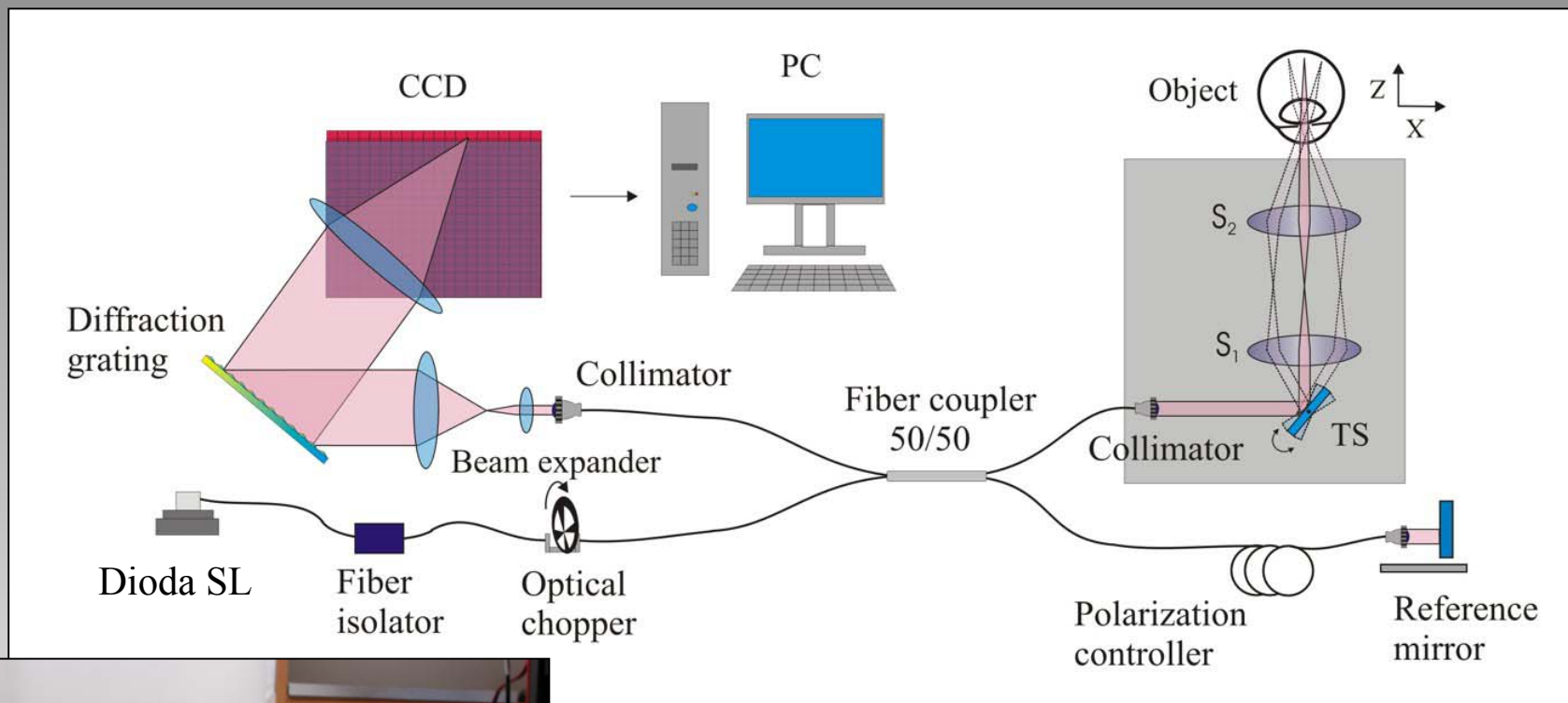
- R. Leitgeb et al., Opt. Express 12 (10), 2156- 2165

- B. Cense et al., Opt. Express 12 (11), 2435 –2447

- **M. Wojtkowski** et al., Opt. Express 12 (11), 2404 - 2422

- **M. Wojtkowski** et al., AJO 138 (3), 412-419

OCT w Toruniu

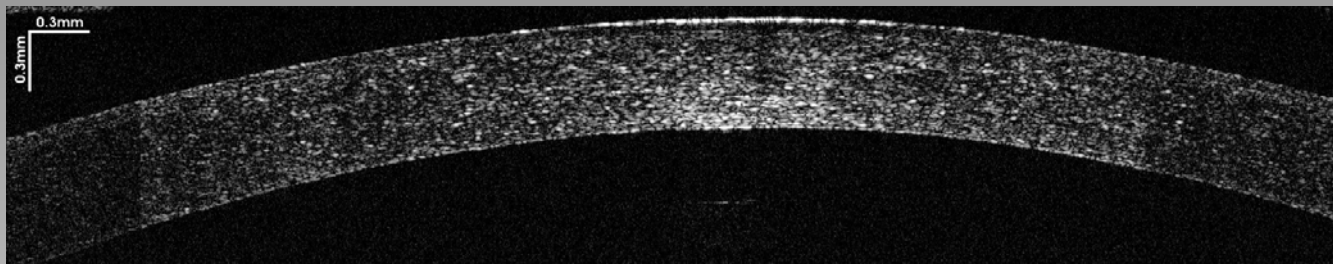


Obrazowanie oka ludzkiego *in vivo*



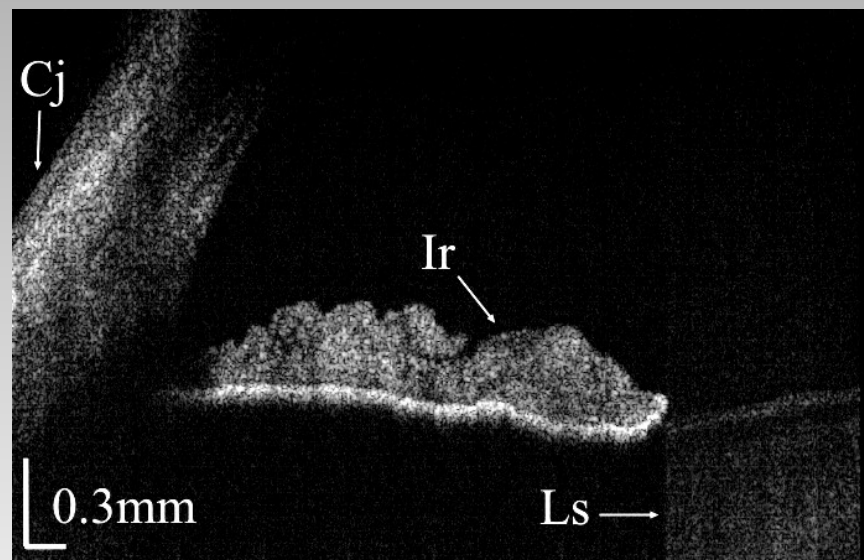
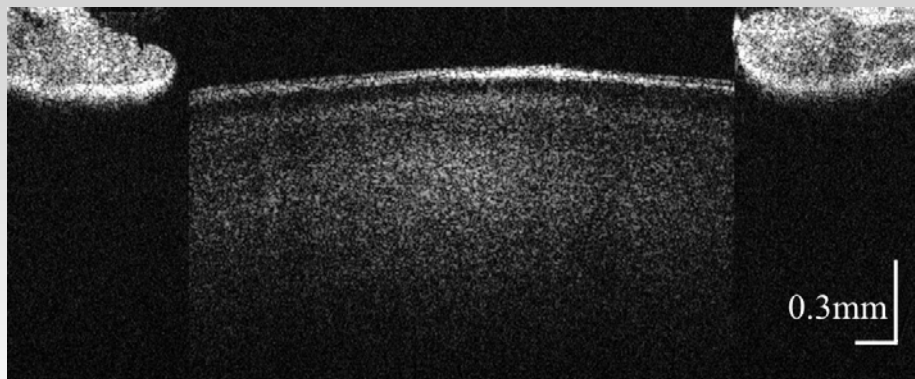
Komora przednia

Rogówka



Kąt tęczówkowo-twardówkowy

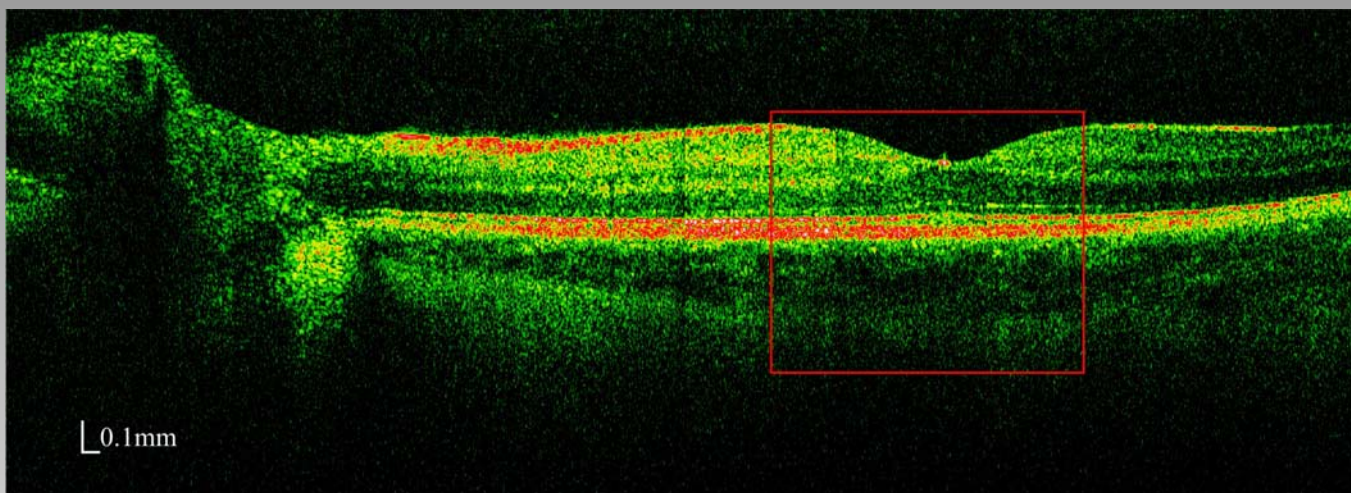
Soczewka



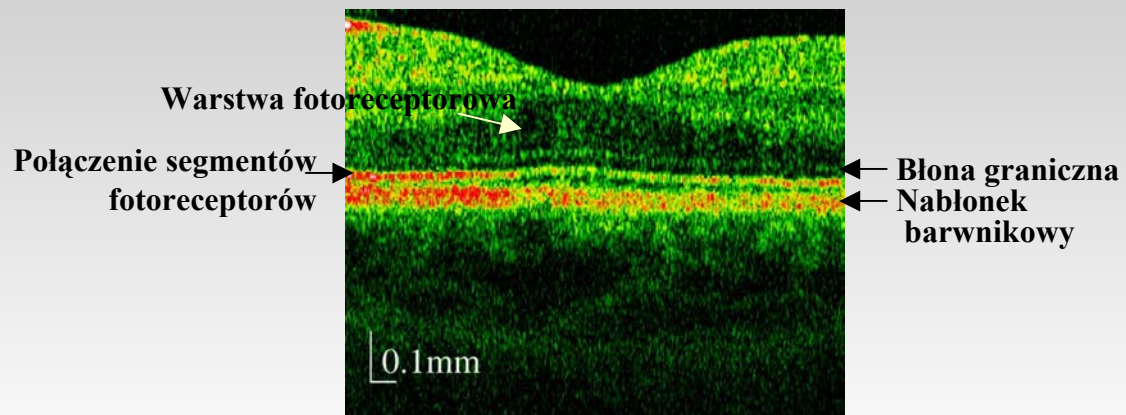
Obrazowanie oka ludzkiego *in vivo*



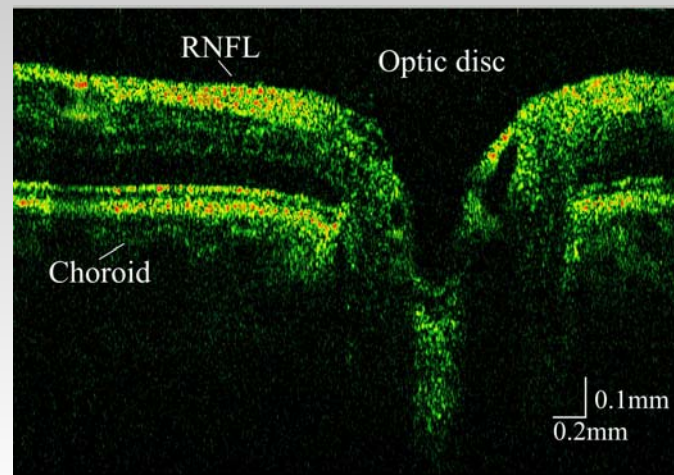
Siatkówka



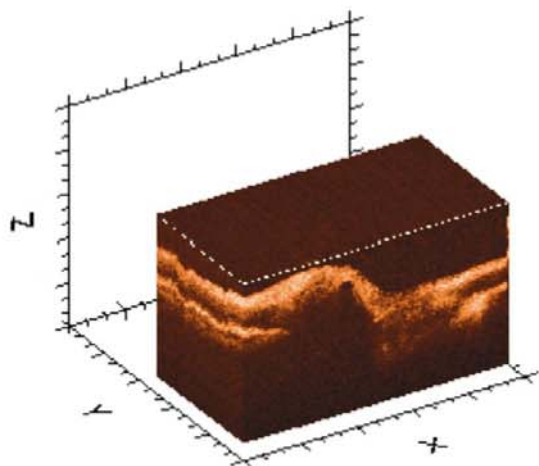
Plamka żółta



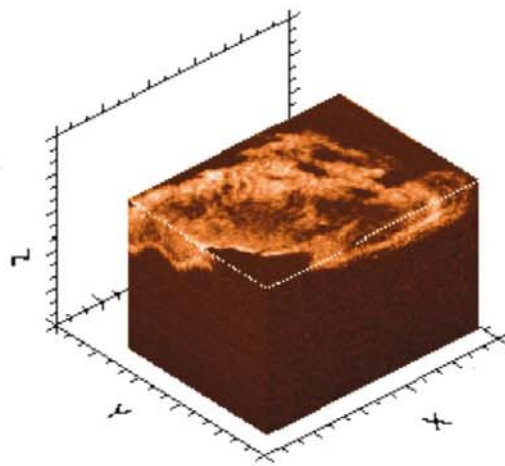
Ujście nerwu wzrokowego



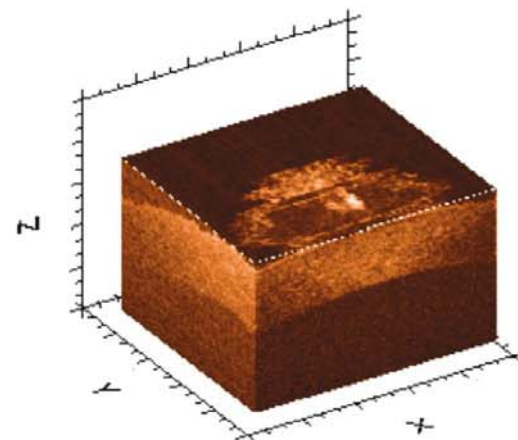
Obrazowanie oka ludzkiego *in vivo*



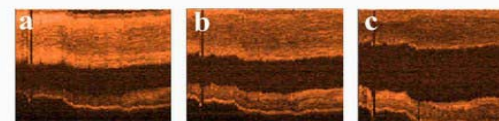
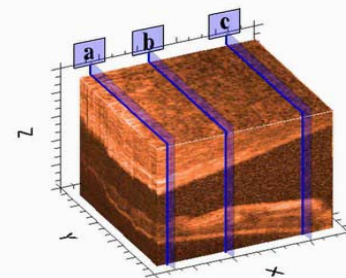
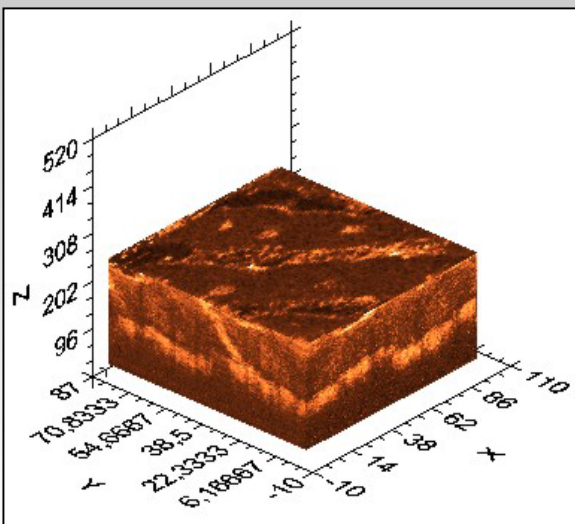
a



b



c

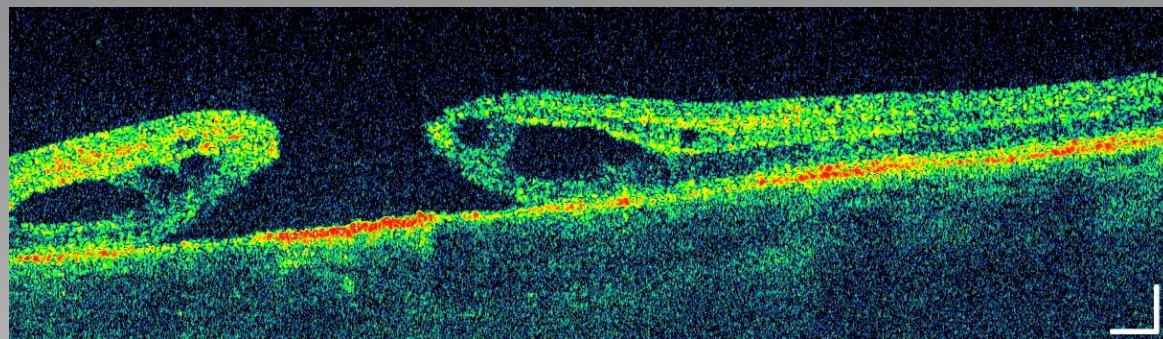


YZ Planes

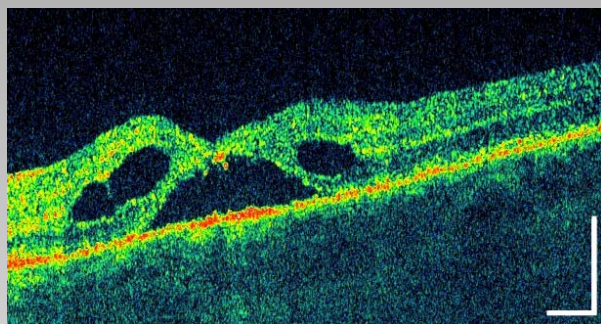
Układ kliniczny-Bydgoszcz



Urazowy pełnościenny
otwór w plamce



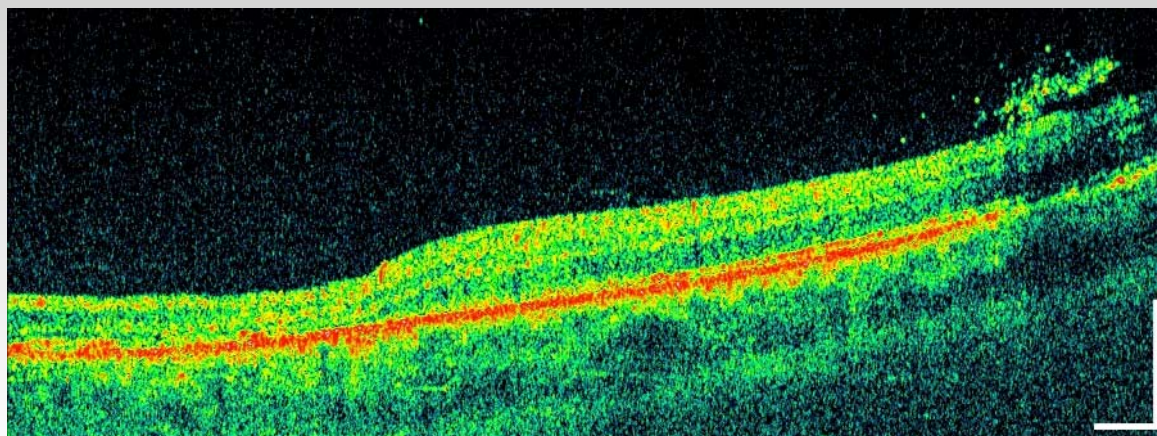
200um



400um

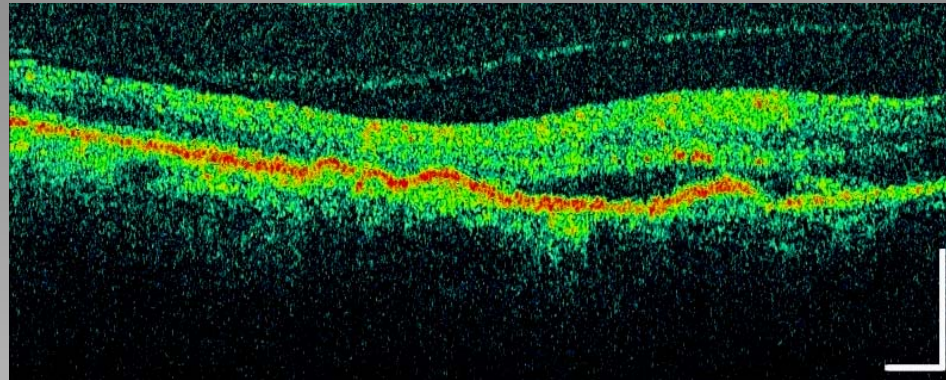


Zanik warstwy
receptorów z powodu
zamknięcia jednej z
tętnic rzęskowych
tylnych krótkich



400um

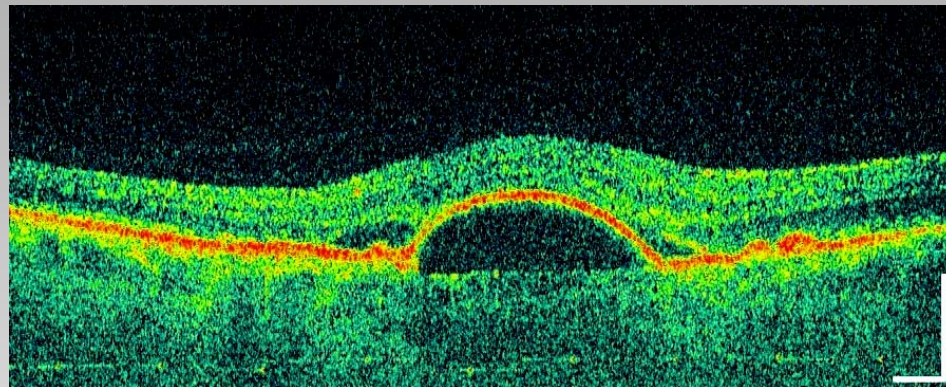
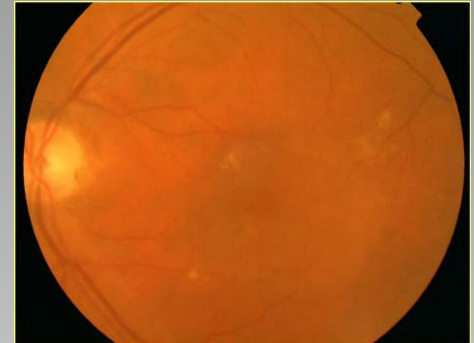
Układ kliniczny-Bydgoszcz



Degeneracja plamki z
odwarstwieniem nabłonka
barwnikowego

#2

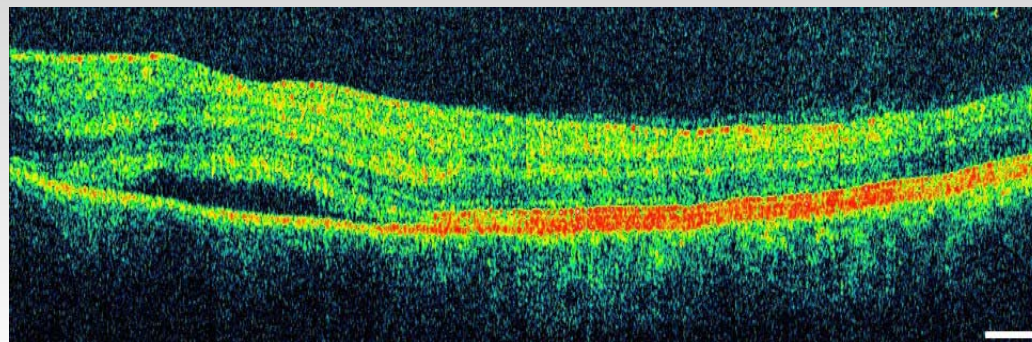
400um



400um

Odwarstwienie siatkówki
neurosensorycznej

#3



400um

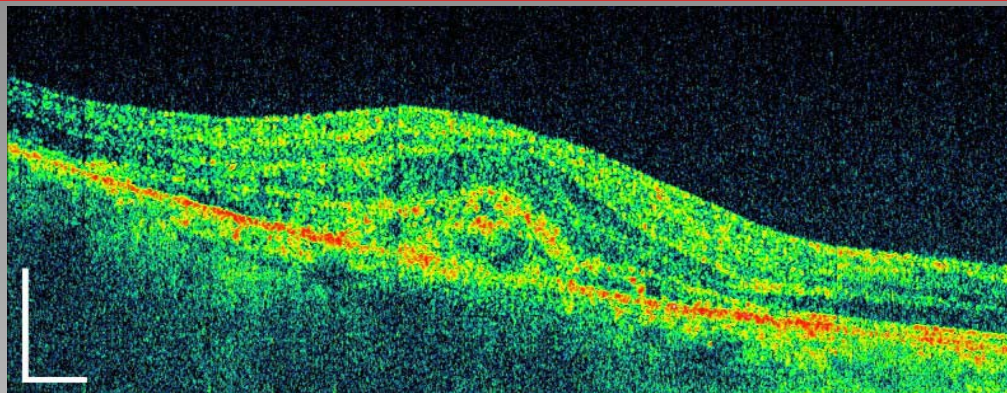


Układ kliniczny-Bydgoszcz

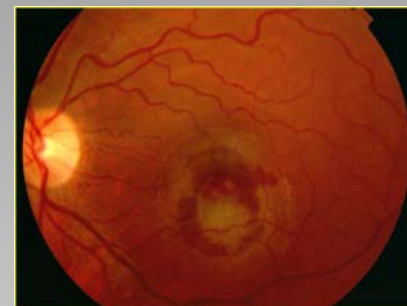


#4

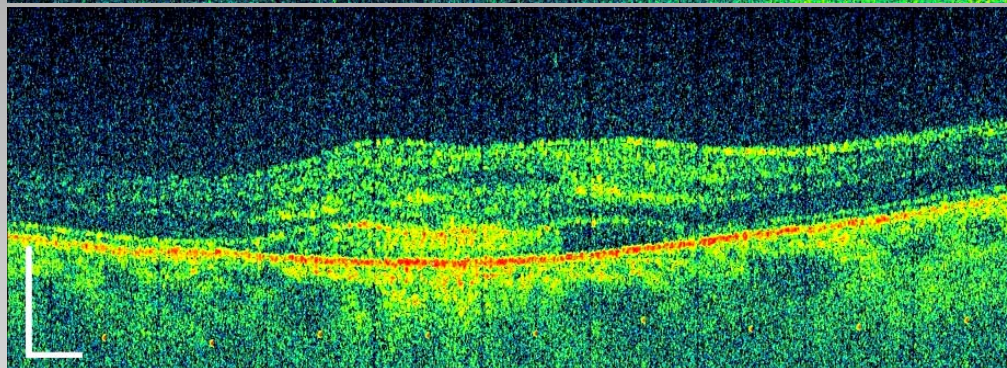
400um



Idiopatyczne
nowotworzenie naczyń
krwionośnych



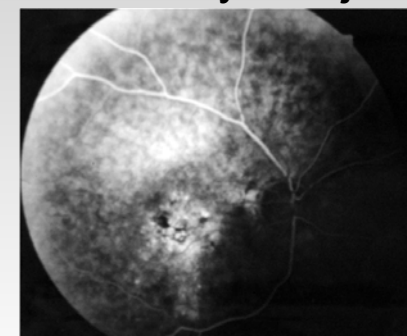
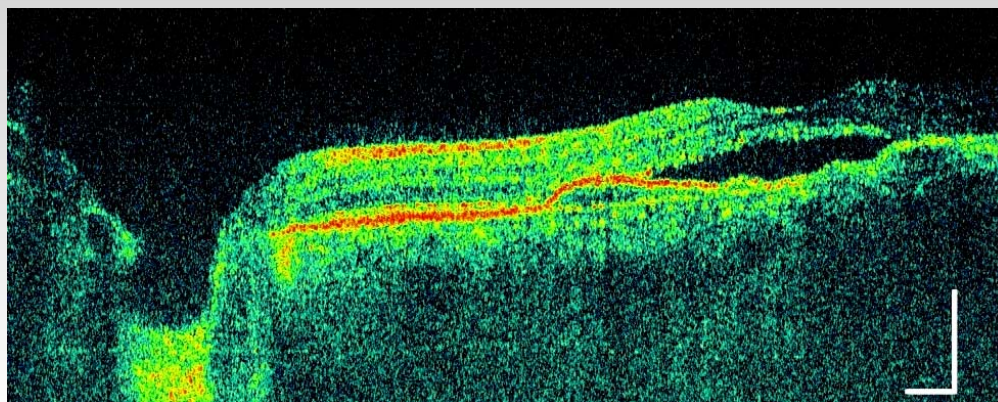
400um



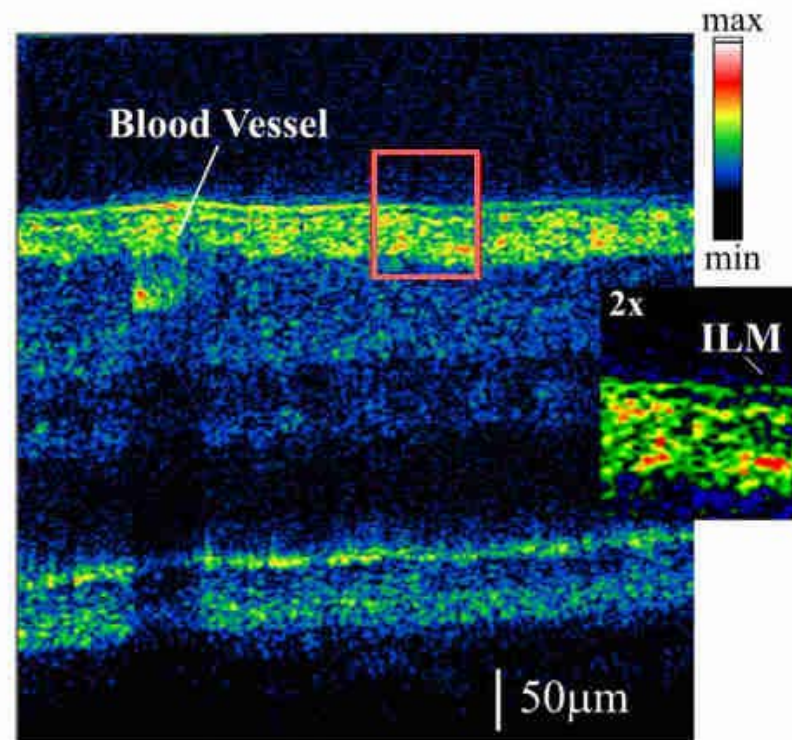
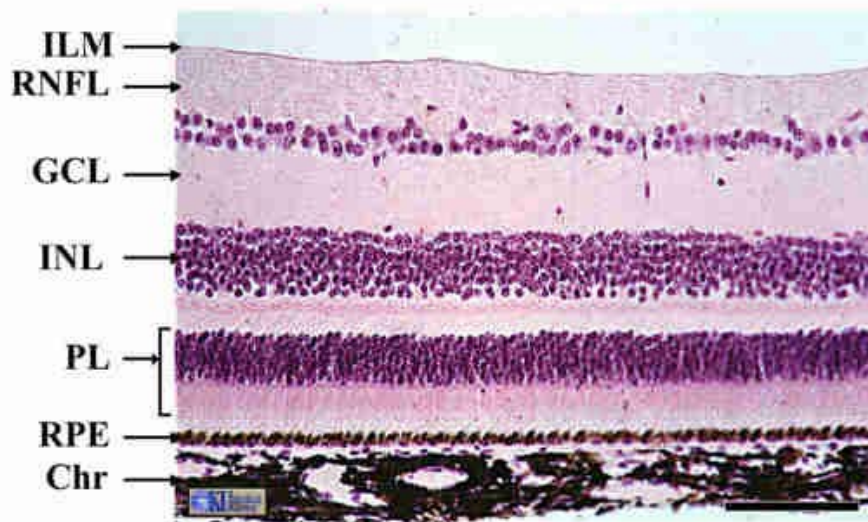
Odwarstwienie siatkówki
neurosensorycznej

#5

400um



Obrazowanie z wysoką rozdzielczością

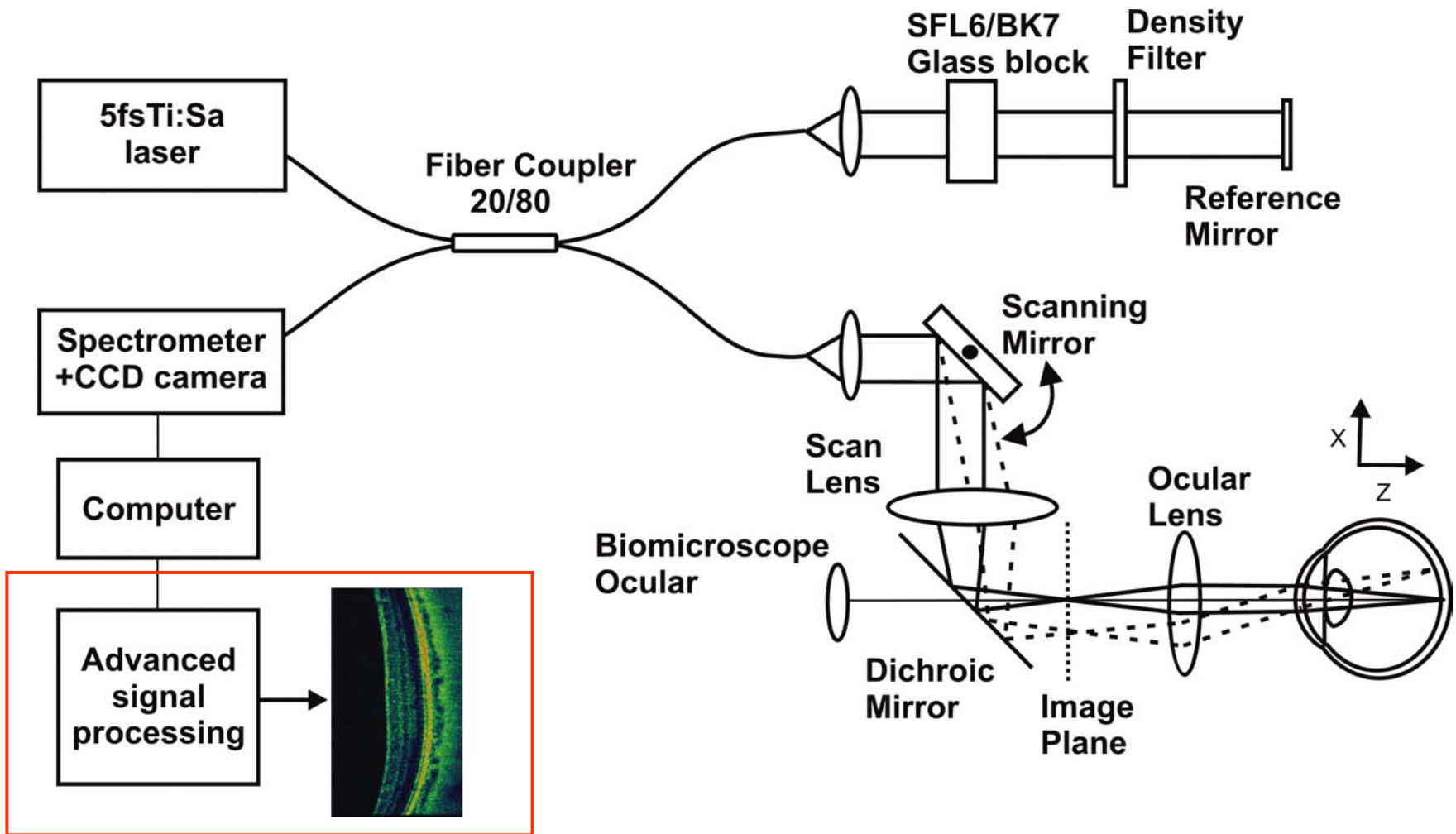


1. M. Wojtkowski, T. Bajraszewski, I. Gorczyńska, P. Targowski, W. Wasilewski, Cz. Radzewicz, A. Kowalczyk, *Ophthalmic imaging by Spectral Optical Coherence Tomography*, **American Journal of Ophthalmology** 138 (3), 412-419, 2004
2. Maciej Szkulmowski, Maciej Wojtkowski, Tomasz Bajraszewski, Iwona Gorczyńska, Piotr Targowski, Wojciech Wasilewski, Andrzej Kowalczyk, Czesław Radzewicz, *Resolution improvement for high resolution in vivo images by Spectral Optical Coherence Tomography with supercontinuum source*, **Opt.Communications**, w druku

Najnowsze wyniki-współpraca z MIT

- Wysokorozdzielcza-klasyczna tomografia optyczna OCT-UHR
- Rozdzielczość podłużna do 2 μ m w oku
- Wysokiej jakości lasery femtosekundowe (5fs Ti:Sa)
- Kliniczne urządzenie UHR OCT – do dziś zmierzono ponad 500 pacjentów w New England Eye Center
- Polepszenie jakości odtwarzanej struktury siatkówki-
obrazowanie i analiza warstwy fotoreceptorowej

High speed, UHR-OCT



Porównanie technik

Zeiss StratusOCT

- Dioda superluminescencyjna
- $\sim 10 \mu\text{m}$ rozdzielczość podłużna
- Obraz z 512 liniami zmierzony w 1.3 sek.

↕ **40x szybciej**

UHR-OCT Prototyp na MIT

- laser fs, Ti:Sapphire
- $\sim 3 \mu\text{m}$ rozdzielczość podłużna
- Obraz z 600 liniami zmierzony w 4 sek.

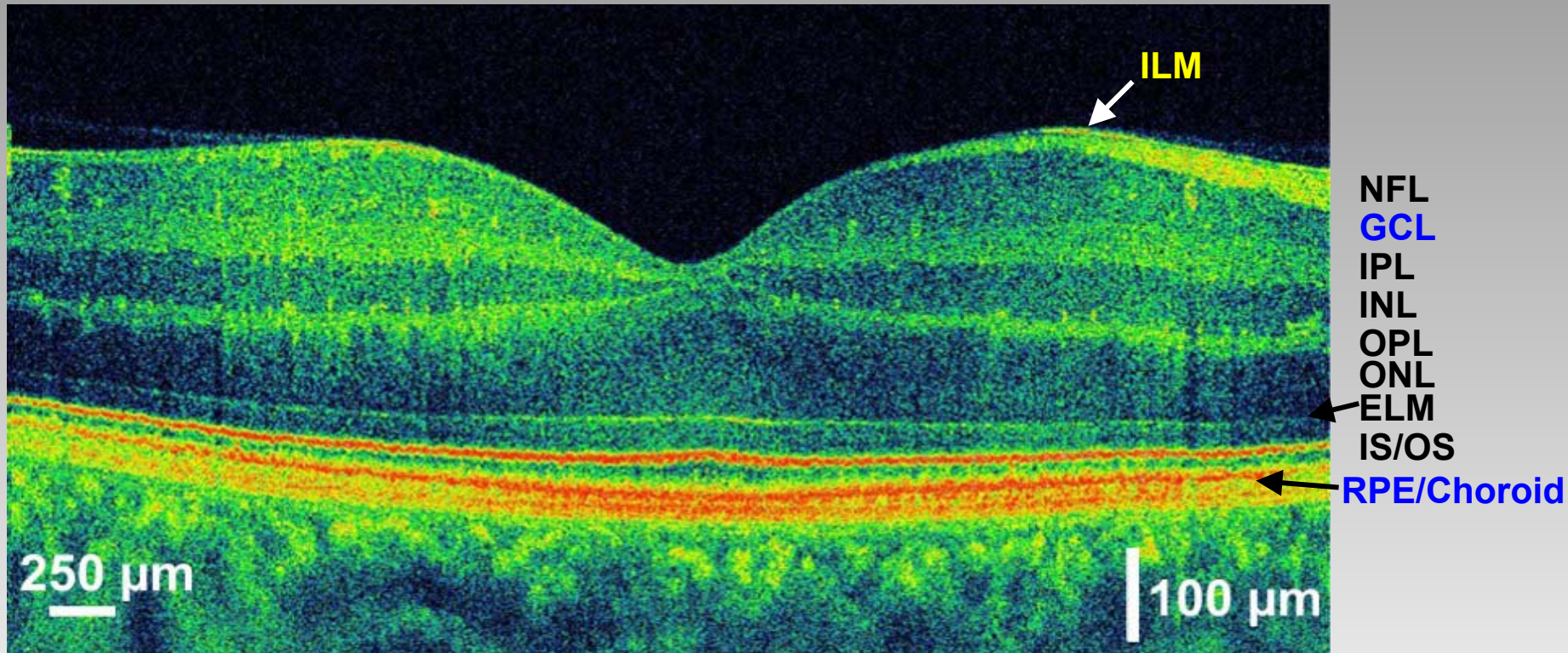
↕ **100x szybciej**

High speed, UHR OCT

- Laser femtosekundowy Ti:Sapphire
- $2.1 \mu\text{m}$ rozdzielczość podłużna
- Obraz z 2048 liniami zmierzony w 0.13 sekund

High speed, UHR OCT

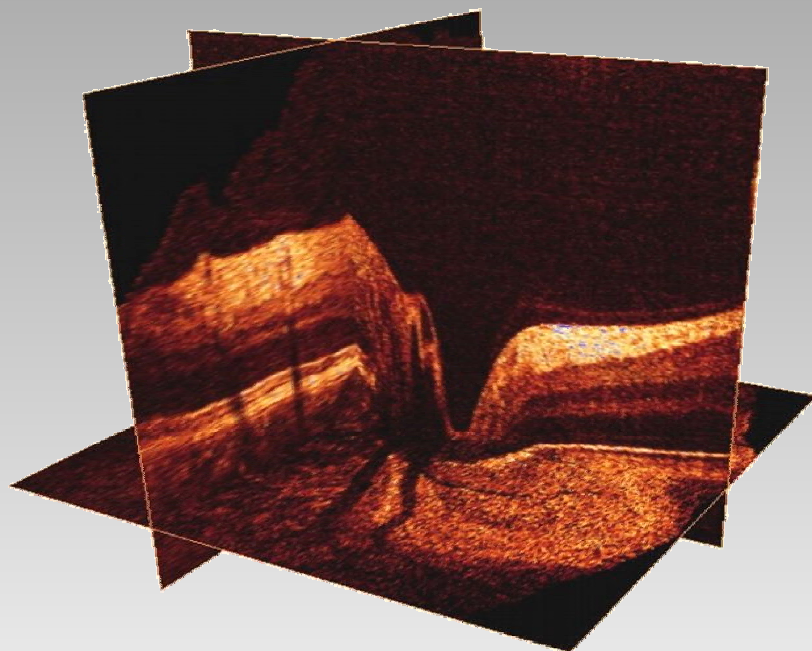
2048 x 1024 obraz mierzony w 0.13 sekundy



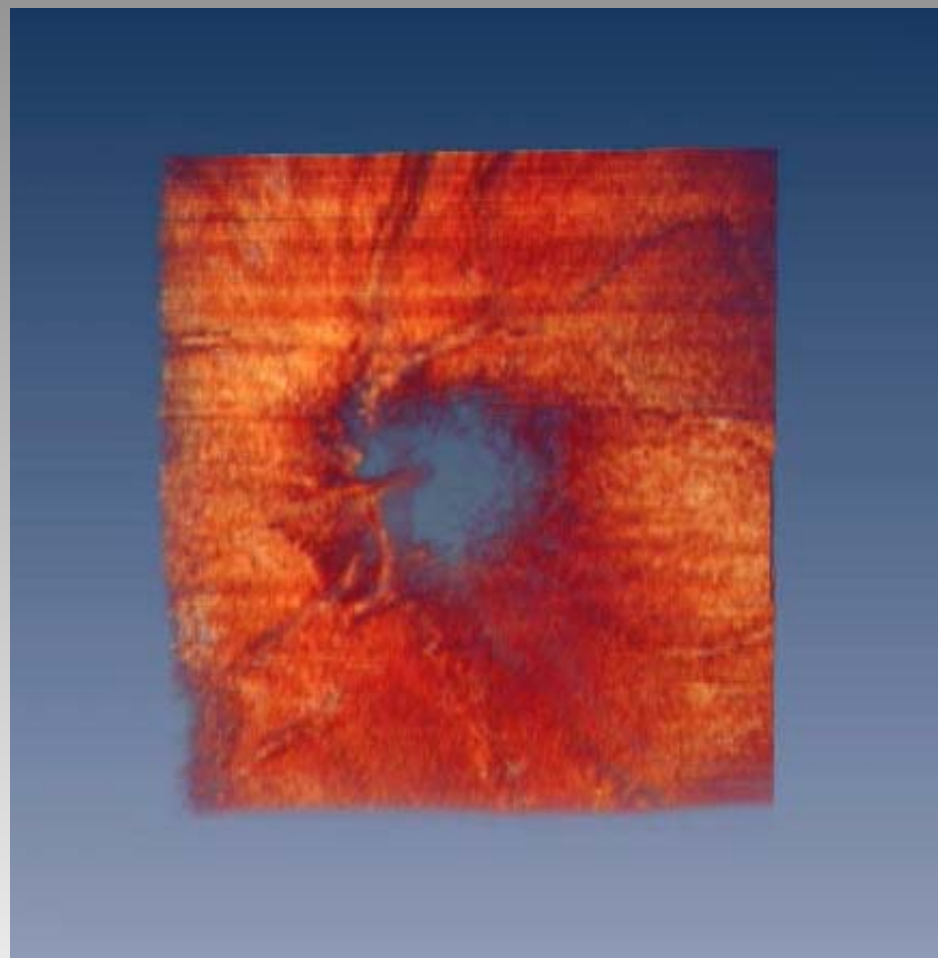
Obrazowanie w trzech wymiarach

Dane 3-D

1024x512x180



Przekroje ortogonalne



Rekonstrukcja 3-D
okolic tarczy nerwu wzrokowego

Dziękuję za uwagę

Spis Literatury

1. R. Leitgeb, **M. Wojtkowski**, C. K. Hitzenberger, M. Sticker, A. Kowalczyk and A. F. Fercher Optics Letters 25(11), 820-822, 2000
2. **M. Wojtkowski**, A. Kowalczyk, Polish Journal of Medical Physics and Engineering 4, 305-315, 2001
3. **M. Wojtkowski**, R. Leitgeb, A. Kowalczyk, T. Bajraszewski, A. F. Fercher, Journal of Biomedical Optics 7(3), 457-463, 2002
4. **M. Wojtkowski**, A. Kowalczyk, R. Leitgeb, A. F. Fercher Optics Letters 27 (16), 1415-1417, 2002
5. **M. Wojtkowski**, A. Kowalczyk, P. Targowski and I. Gorczyńska Acta Physica Polonica A 102(6), 739-746, 2002
6. J. Kałużny, **M. Wojtkowski**, A. Kowalczyk Optica Applicata 32 (4), 581-589 2002,
7. **M. Wojtkowski**, A. Kowalczyk, P. Targowski, I. Gorczyńska Optica Applicata, 32 (4), 569-580, 2002
8. **M. Wojtkowski**, A. Kowalczyk, P. Targowski, R. Leitgeb, patent P-357000 z dnia 12.11.2002
9. **M. Wojtkowski**, T. Bajraszewski, P. Targowski, A. Kowalczyk, Optics Letters 28 (19), 1745-1747, 2003
10. P. Targowski, **M. Wojtkowski**, A. Kowalczyk, T. Bajraszewski, M. Szkulmowski, I. Gorczyńska Optics Communications 229, 79-84, 2004.
11. R. A. Leitgeb, L. Schmetterer, C. K. Hitzenberger, A. F. Fercher, F. Berisha, **M. Wojtkowski**, T. Bajraszewski, Optics Letters 29 (2), 171-173, 2004.
12. **M. Wojtkowski**, T. Bajraszewski, I. Gorczyńska, P. Targowski, W. Wasilewski, Cz. Radzewicz, A. Kowalczyk, American Journal of Ophthalmology 138 (3), 412-419, 2004.
13. **M. Wojtkowski**, V. J. Srinivasan, T. H. Ko, J. G. Fujimoto, A. Kowalczyk, and J. S. Duker, Opt. Express **12**, 2404-2422 (2004),
14. P. Targowski, B. Rouba, **M. Wojtkowski**, A. Kowalczyk, Studies in Conservation, vol. 49, No 2, 107-114 (2004)