

Wykorzystanie oprogramowania Lumerical MODE

Elżbieta Bereś-Pawlik

*Katedra Radiokomunikacji i Teleinformatyki
Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki
Politechniki Wrocławskiej
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław*

- W roku 2012 wykorzystywano zasoby WCSS do realizacji następujących projektów
 - a) Konstruowanie światłowodów z podwójnym płaszczem do przesyłania ultraszybkich sygnałów.
 - b) Obliczenia parametrów optycznych światłowodów z podwójnym płaszczem.
 - c) Obliczania parametrów światłowodów mikrostrukturalnych do zastosowań w układach laserujących.

- Wyniki opublikowano w pracach (z podziękowaniami dla WCSS) :

1. H. Stawska and E. Bereś-Pawlik Construction of Double Cladding Small Dispersion Photonic Crystal Fiber to Guide Ultrashort Pulse at 800 nm , Acta Physica Polonica A, Vol.122-Number5, November 2012

2. H. Stawska and E. Bereś-Pawlik, Właściwości modowe światłowodu mikrostrukturalnego z podwójnym płaszczem do zastosowań w nieliniowych układach , ELEKTRONIKA - KONSTRUKCJE, TECHNOLOGIE, ZASTOSOWANIA 2012/11

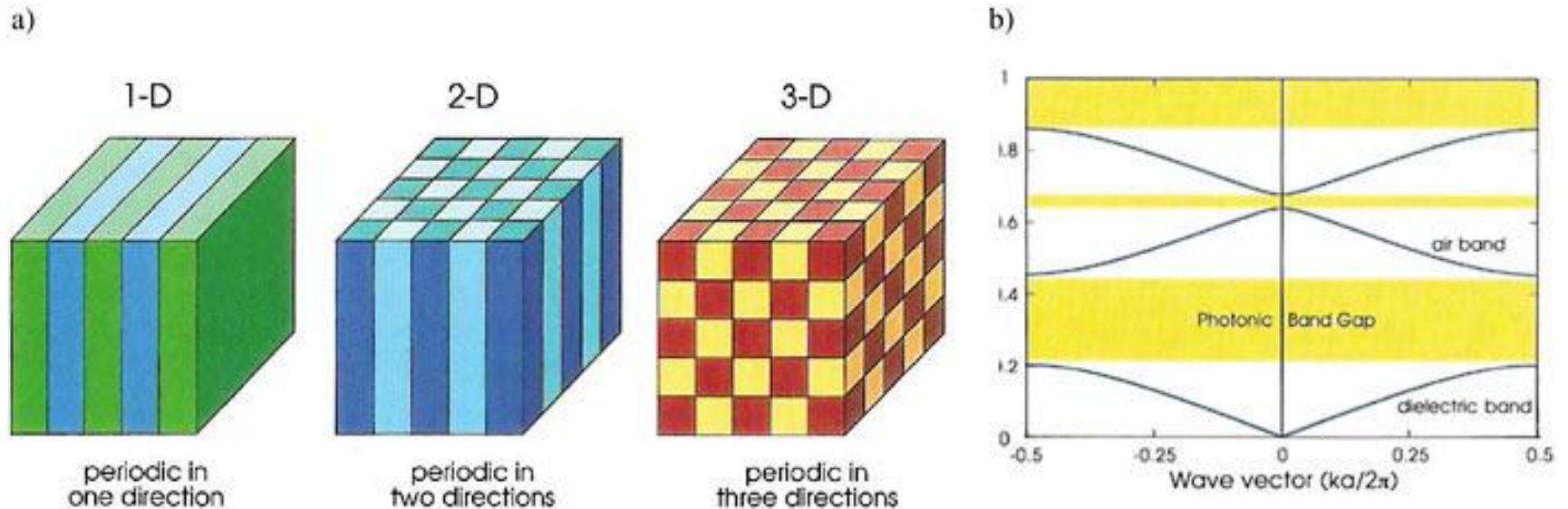
- **Aktualny skład zespołu:**

Elżbieta Bereś-Pawlik, Hanna Stawska, Łukasz Sójka,
Łukasz Pajewski, Miron Wawrzysiuk

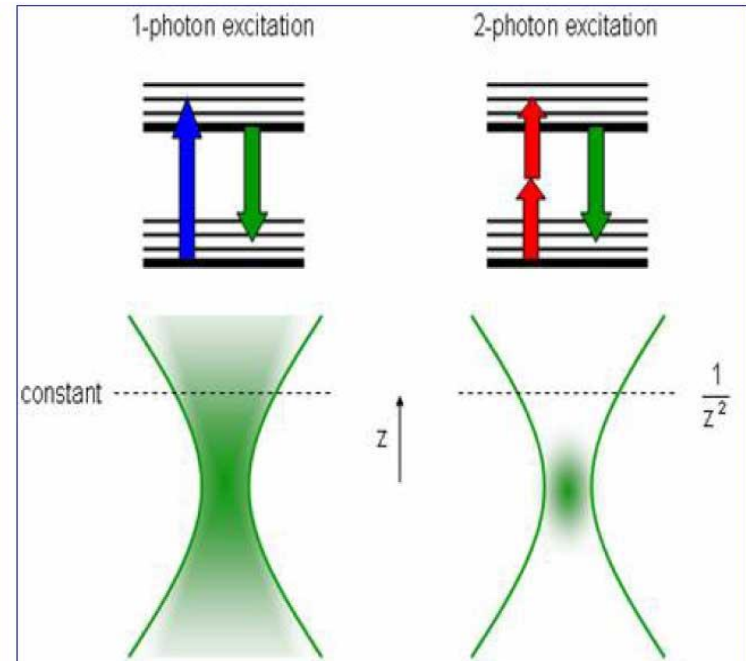
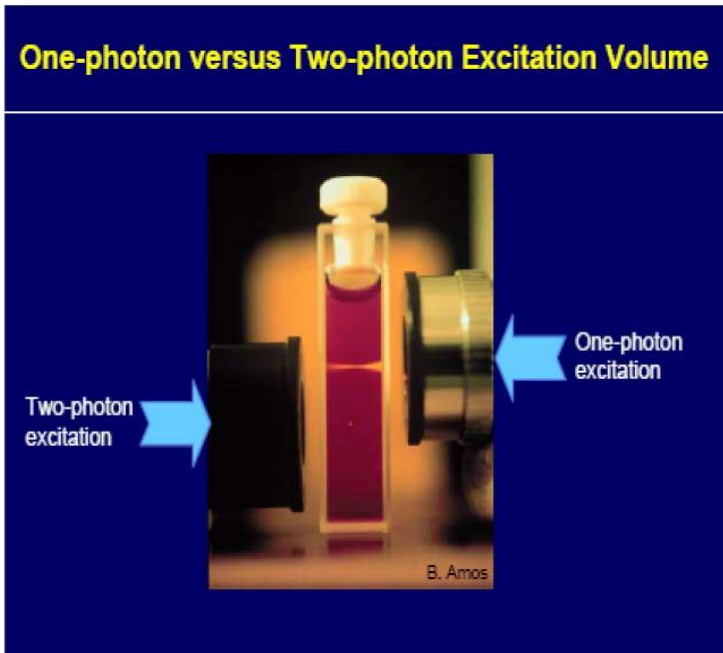
- **Plany badawcze na rok 2013**

1. Konstruowanie światłowodów do zastosowań w nieliniowych układach obrazujących.
2. Projektowanie światłowodów specjalnych do zastosowań w laserach światłowodowych.

światłowód mikrostrukturalny



nieliniowe układy diagnostyczne



Non linear imaging of biological structures by employing femtosecond lasers, George Filippidis

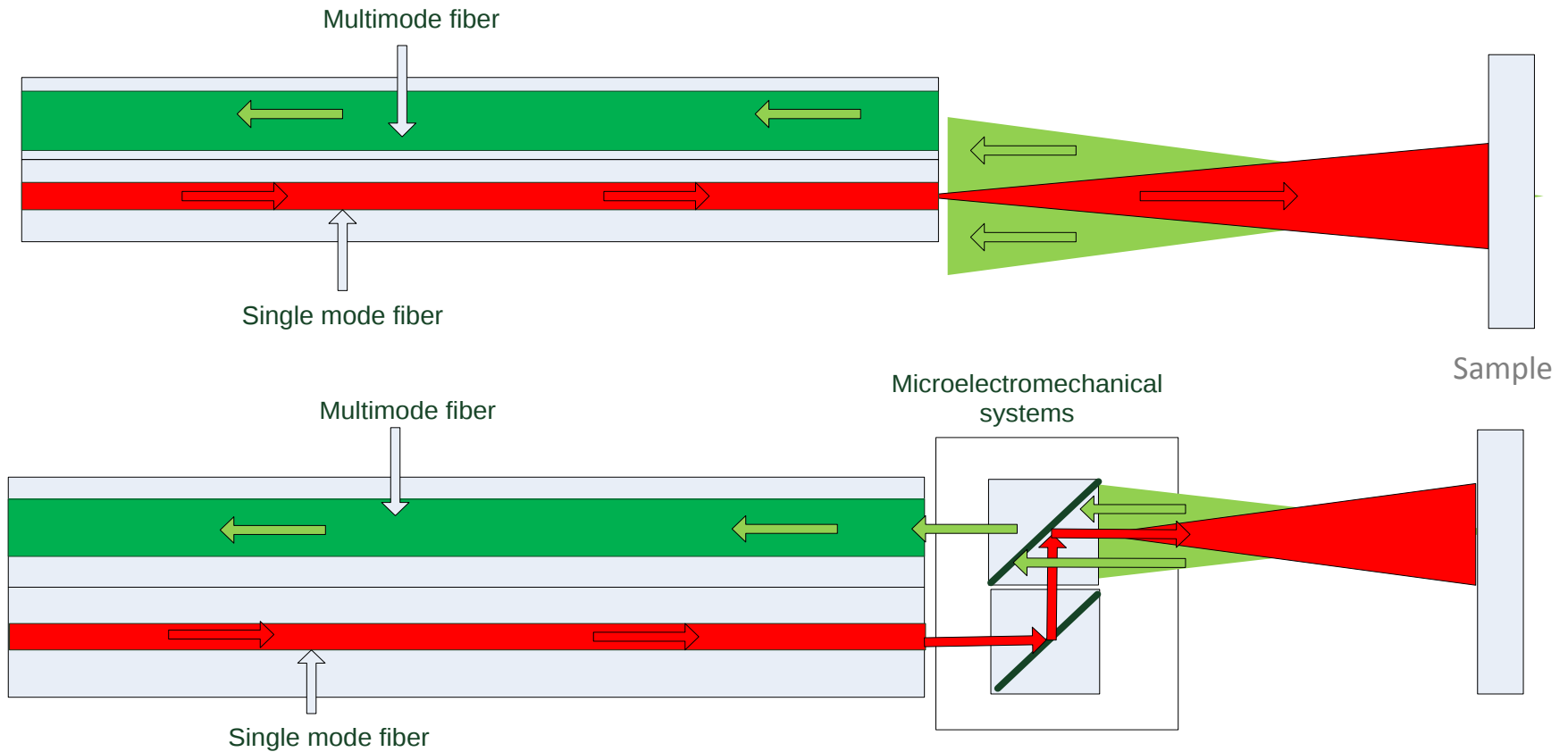
nieliniowe układy diagnozujące

Problemy:

- wydajne i efektywne dostarczenie ultraszybkiego sygnału pobudzenia do badanej tkanki,
- wydajne zebranie (odebranie) sygnału odpowiedzi,
- zaprojektowanie układu, który będzie kompaktowy, mobilny i praktyczny.

konstrukcja czujnika

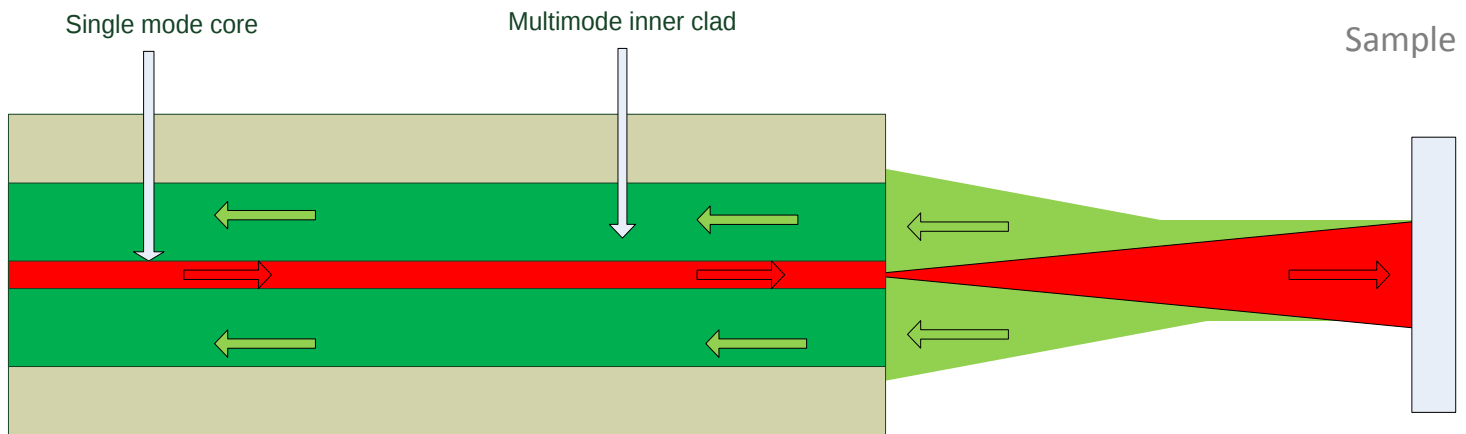
W układzie z dwoma światłowodami



Advances in Lasers and Electro Optics, Book edited by: Nelson Costa and Adolfo Cartaxo, 2010

konstrukcja czujnika

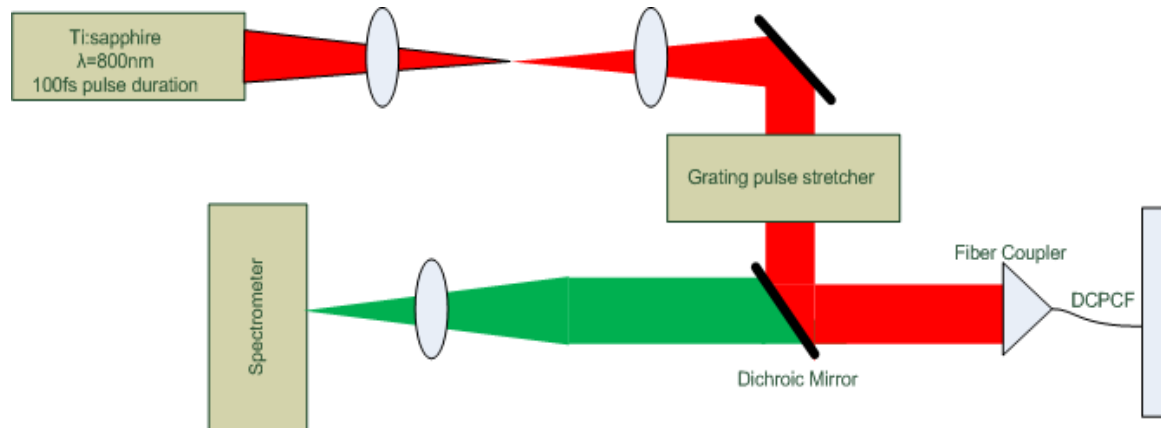
W układzie z światłowodem dwupłaszczowym (DCF)



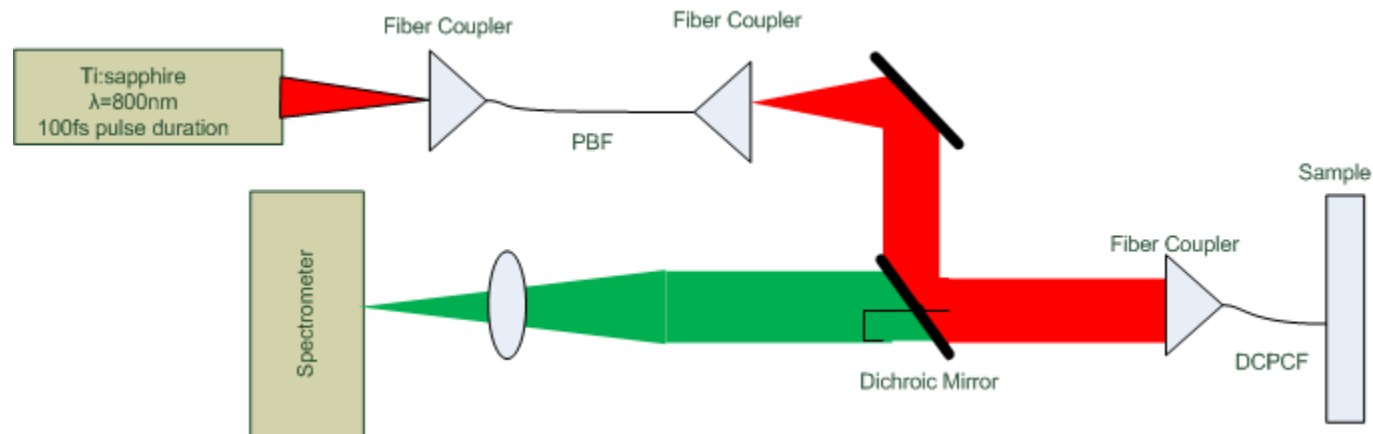
dyspersja światłowodów wykorzystywanych w diagnostyce

	D (ps/nm km)
DCF (810nm)	-123
PBF (810nm)	101.2
SMF (810nm)	-98

układy kompensujące dyspersję

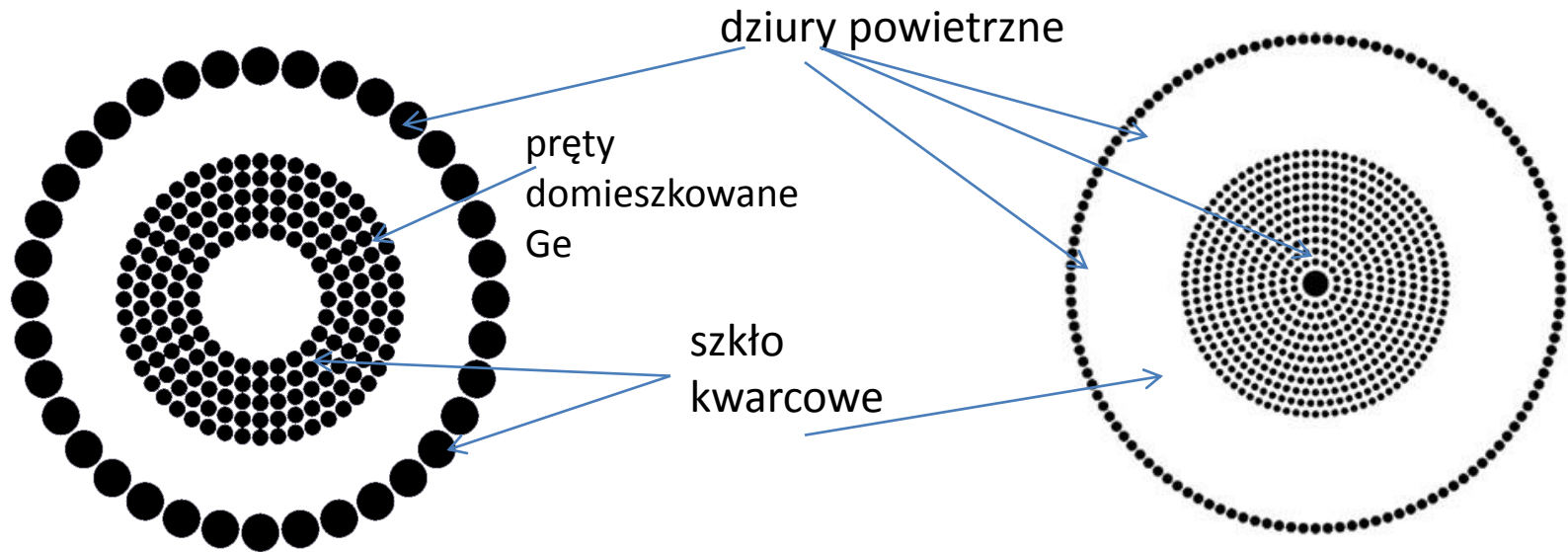


Jing Young Ye et al, Development of a double-clad photonic-crystal-fiber based scanning microscope, 2005,SPIE Vol. 5700



*Yicong Wu, Yuxin Leng, Xiaoli Li, Daniel J. MacDonald, Michael J. Cobb, and Xingde Li
Scanning Fiber-optic Endomicroscope System for Nonlinear Optical Imaging of Tissue
© 2008 OSA/ BIOMED 2008 OSA / ASSP 2008*

konstrukcja światłowodu



Λ_1 - odległość radialna między prętami/dziurami wewnętrznego płaszczu

d_1 - średnica prętów wewnętrznego

$N_{1\max}$ - maksymalna liczba pierścieni wewnętrznego płaszczu

$N_{1\min}$ - minimalna liczba pierścieni wewnętrznego płaszczu

Λ_2 - odległość radialna między prętami/dziurami zewnętrznego płaszczu

d_2 - średnica prętów zewnętrznego

$N_{2\max}$ - maksymalna liczba pierścieni zewnętrznego płaszczu

$N_{2\min}$ - minimalna liczba pierścieni zewnętrznego płaszczu

dyspersja

- Rozkład pola, efektywny współczynnik załamania n_{eff} oraz straty symulowane są za pomocą programu Lumerical
- Dyspersja może być wyliczona z zależności

$$D(\lambda) = -\left(\frac{\lambda}{c}\right) \frac{d^2 n_{\text{eff}}}{d\lambda^2}$$

- Całkowita dyspersja może być wyliczona jako suma

$$D(\lambda) \approx D_g(\lambda) + D_m(\lambda)$$

dyspersja

- Dyspersja materiałowa może być wyliczona ze wzoru Sellmeira

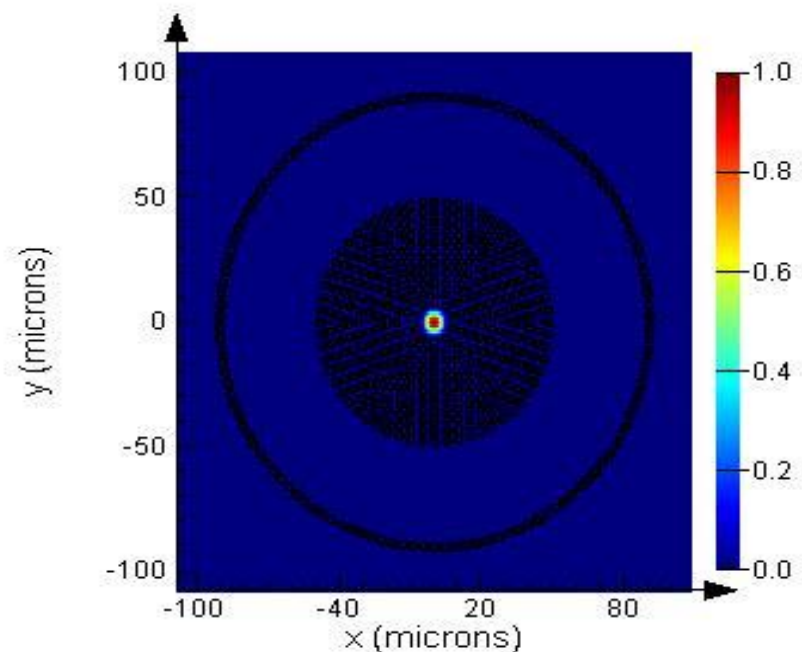
$$n^2(\lambda) = 1 + \sum_{i=1}^3 \frac{B_i \lambda^2}{(\lambda^2 - \lambda_i^2)}$$

Współczynniki Sellmiera	B1	B2	B3	λ_1	λ_2	λ_3
Szkło kwarcowe	0.6961663	0.4079426	0.897479	0.0684043	0.1162414	9.896161
Szkło kwarcowe domieszkowane Ge 3.5 m/o GeO ₂ , 96.5 m/o SiO ₂	0.7042038	0.4160032	0.9074049	0.0514415	0.1291600	9.896156

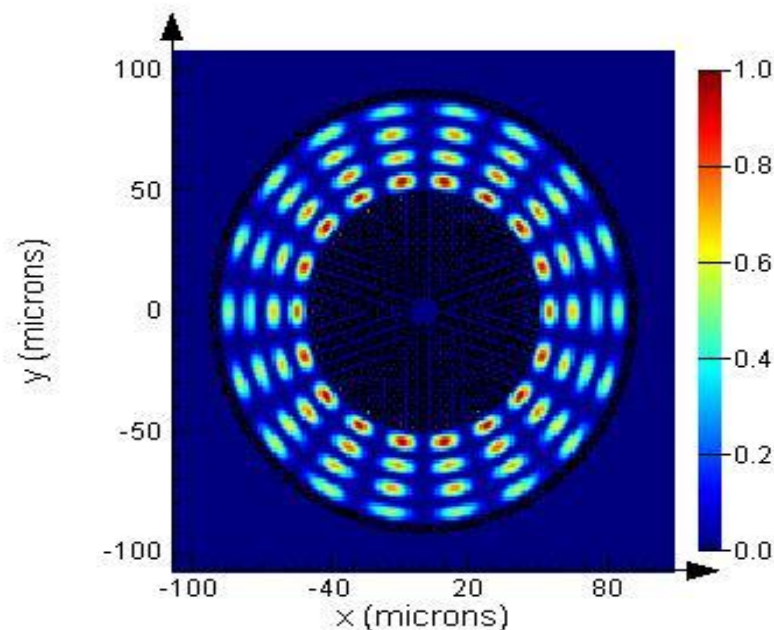
Nonlinear fiber optics, Govind P. Agrawal, Academic Press, 2007

Design of Low Dispersion Flattened Optical Fiber, Dr. Alaa Hussein Ali, Eng.& Tech. Journal ,Vol.28, No16. 2010

światłowód z prętami domieszkowanymi Ge

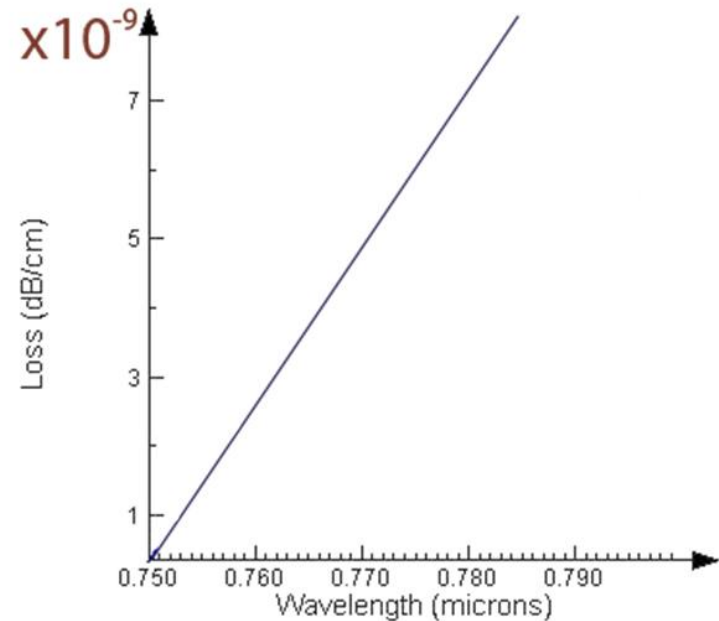
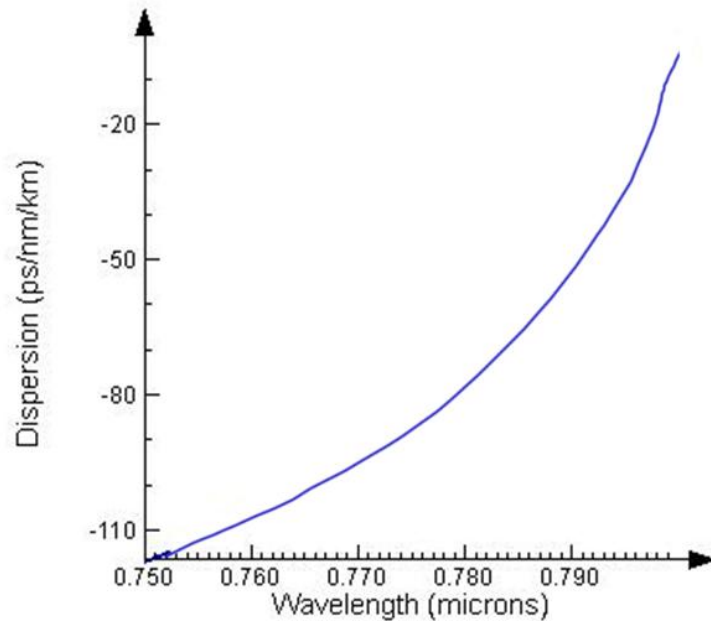


Mod podstawowy
@800nm



Mod wyższego rzędu
@500nm

światłowód z prętami domieszkowanymi Ge

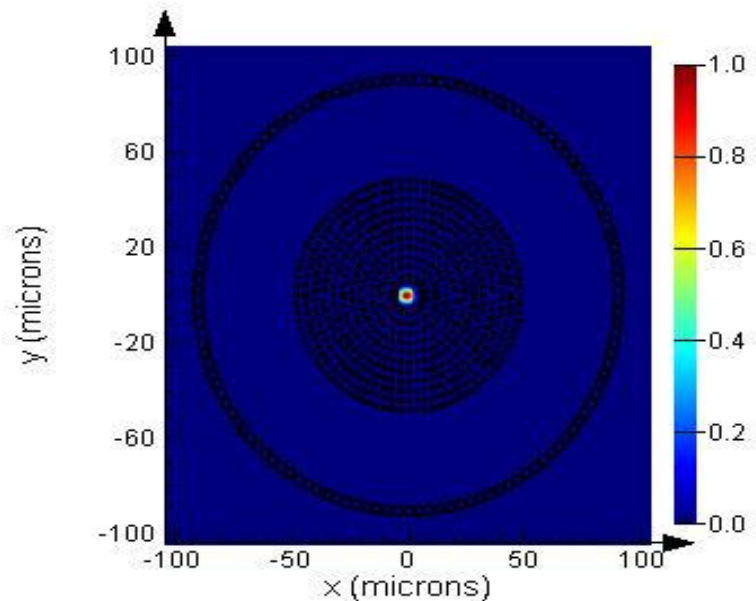


Λ_1	4 μ m
d_1	3 μ m
N_{1min}	2 μ m
N_{1max}	12 μ m

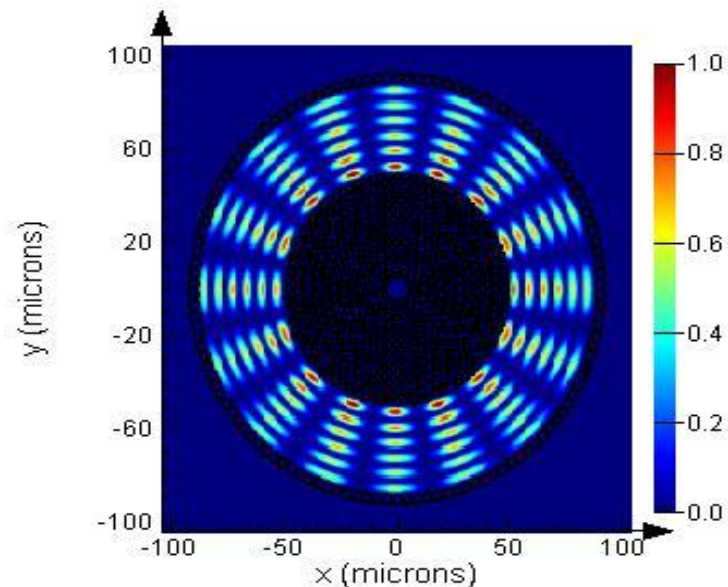
Λ_2	5 μ m
d_2	4 μ m
N_{2min}	18 μ m
N_{2max}	18 μ m

rdzeń	13 μ m
wewnętrzny płaszcz	90 μ m
zewnątrzny płaszcz	180 μ m
A_{eff}	98 μ m

światłowód z rdzeniem powietrznym

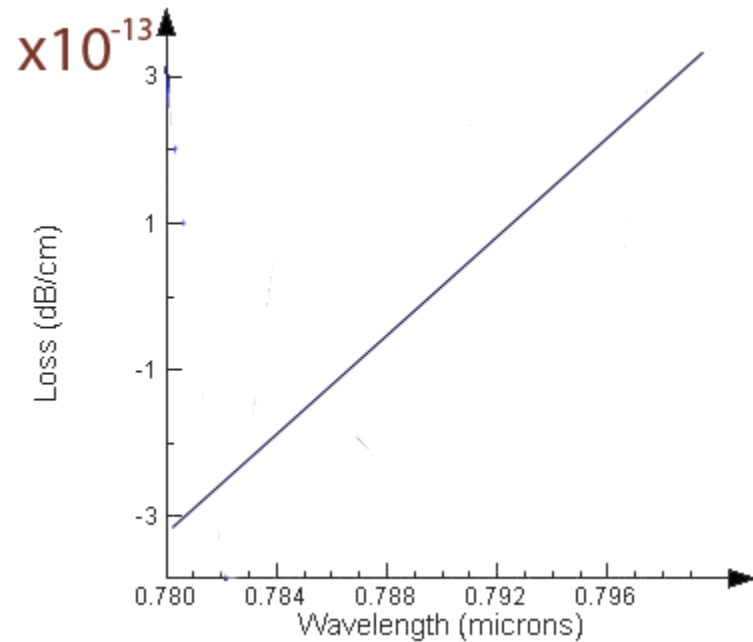
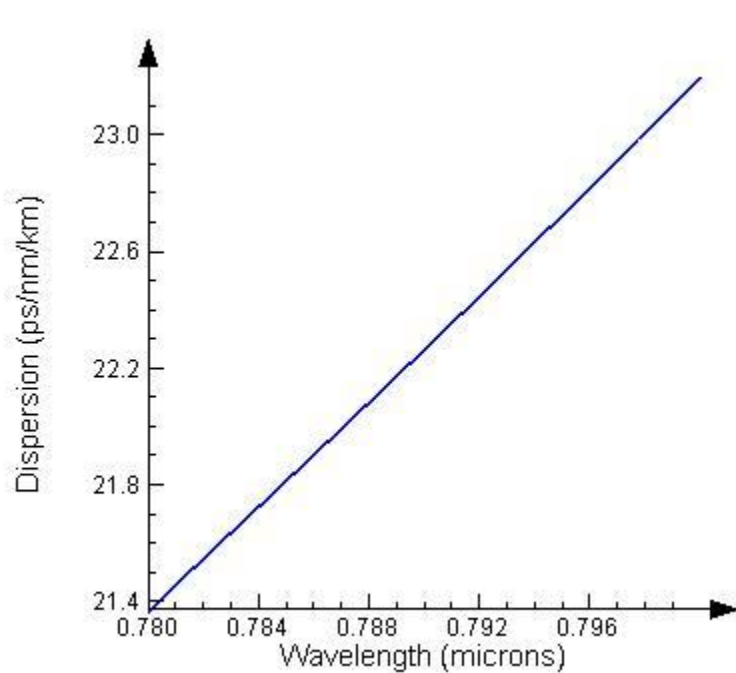


Mod podstawowy
@800nm



Mod wyższego rzędu
@500nm

światłowód z rdzeniem powietrznym



Λ_1	4 μm
d_1	3 μm
$N_{1\text{min}}$	2 μm
$N_{1\text{max}}$	12 μm

Λ_2	5 μm
d_2	4 μm
$N_{2\text{min}}$	18 μm
$N_{2\text{max}}$	18 μm

rdzeń	11 μm
wewnętrzny płaszcz	90 μm
zewnątrzny płaszcz	180 μm
A_{eff}	38 μm

obliczenia współczynnika poszerzenia

Szerokość impulsu $T = 100\text{fs}$

	Dispersion(D) @800nm [ps/nm*km]	refractive index (n2) [m2/W]	L[m]	LD[m]	LN[m]	factor
Hollow core DCPCF	23	3.0×10^{-23} m2/W	2	1.54	8.0639×10^6	1.69
Ge-doped DCPCF	-2	3.2×10^{-20} m2/W	2	14.7262	2.0796×10^4	1.01

Wnioski

- Pierwsze badania wykazały, że możliwe jest skonstruowanie światłowodu o małej dyspersji w zakresie 800nm
- Wykorzystanie światłowodu znacząco wpłynie na uproszczenie konstrukcji układu diagnostycznego.

Neodymium doped microstructure highly birefringence fiber laser

L. Sojka^{1,2*}, L. Pajewski¹, P. Mergo², K. Jedrzejewski⁴, K. Sierpiński¹, D. Furniss³, A. Seddon³, T. M. Benson³, S. Sujecki³, E. Beres-Pawlik¹

¹Institute of Telecommunication, Teleinformatics & Acoustics, Wroclaw University of Technology, Wybrzeze Wyspianskiego 27, 50-370 Wroclaw, Poland

²Laboratory of Optical Fibre Technology, Marie Curie-Skłodowska University, Pl. M. Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin, Poland

³George Green Institute for Electromagnetics Research, University of Nottingham, University Park, Nottingham NG7 2RD, UK

⁴Institute of Electronic Systems, Faculty of Electronics and Information Technologies Warsaw University of Technology

ul. Nowowiejska 15/19, 00-665 Warszawa, Poland

*e-mail: lukasz.sojka@pwr.wroc.pl

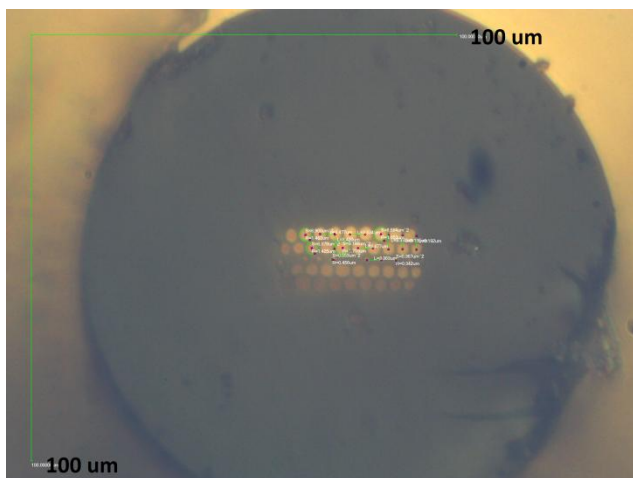


Fig.1. Cross-section of the HB-Nd-MOF

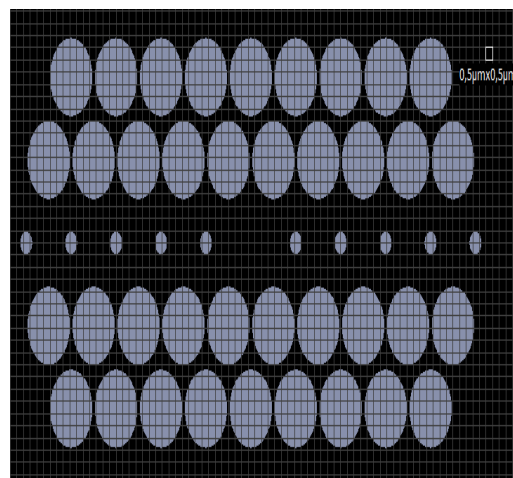


Fig.2 Cross-section of the HB-Nd-MOF analyzed by

3. Experimental results of Nd-HB-MOF

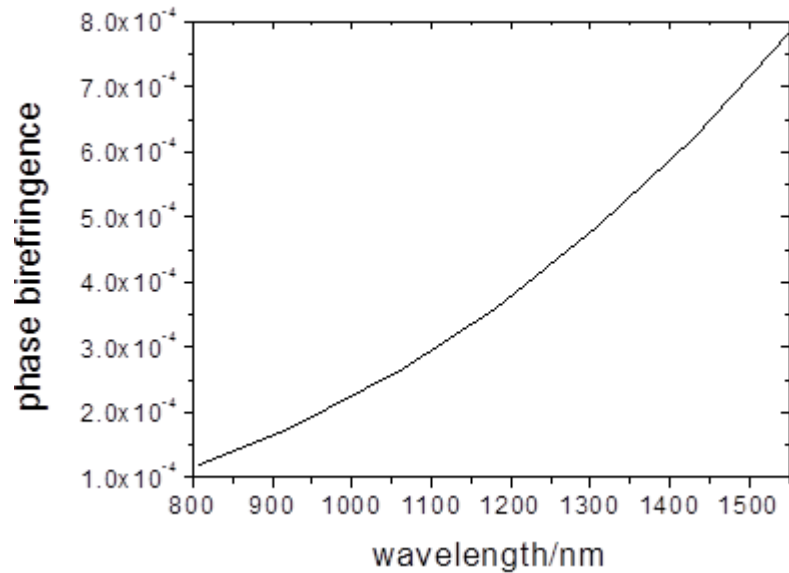


Fig. 3. Calculated phase birefringence of Nd-HB-MOF in function of wavelength

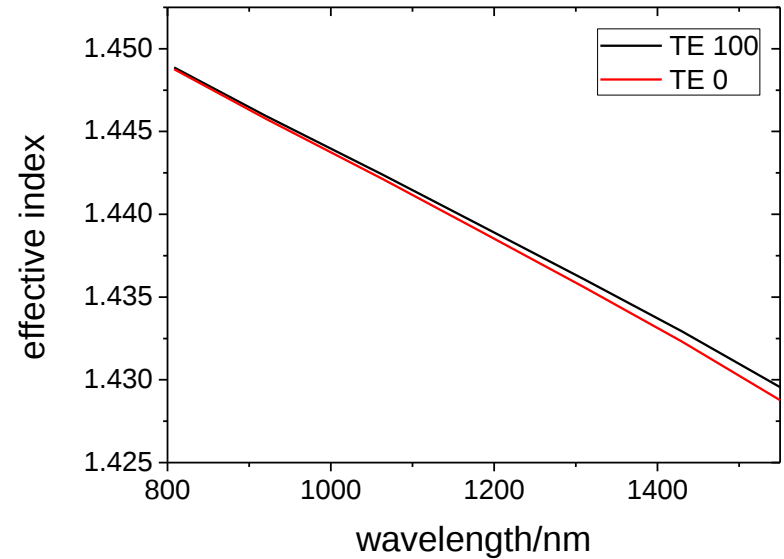


Fig. 4. Effective index of x-polarized and y-polarized fundamental mode of the Nd-HB-MOF in function of wavelength.

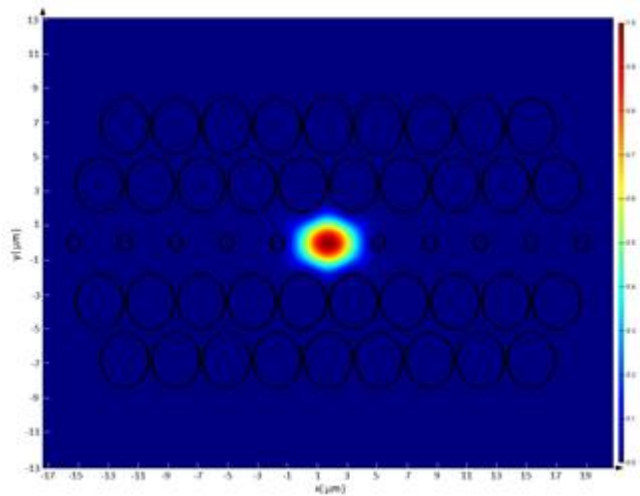


Fig. 6. Calculated field intensity profile for x polarized fundamental mode at the wavelength of 1064 nm.

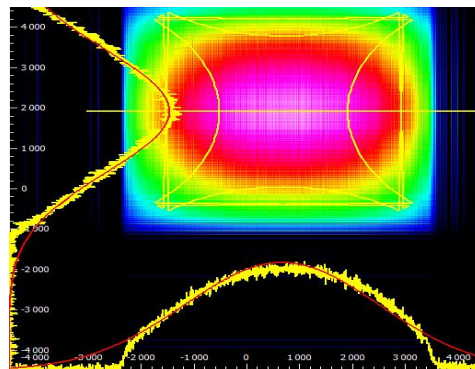


Fig. 8. Measured mode field intensity at the signal wavelength (1060 nm)

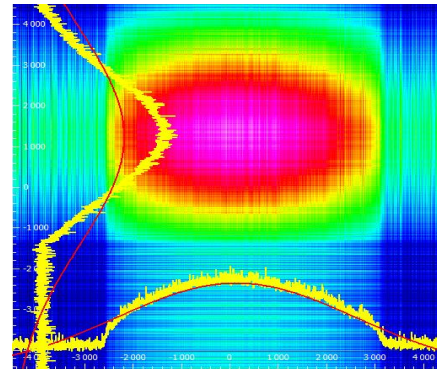


Fig. 7. Measured mode field intensity at the pump wavelength (808 nm).

Fig. 9 Schematic diagram of the experimental setup.

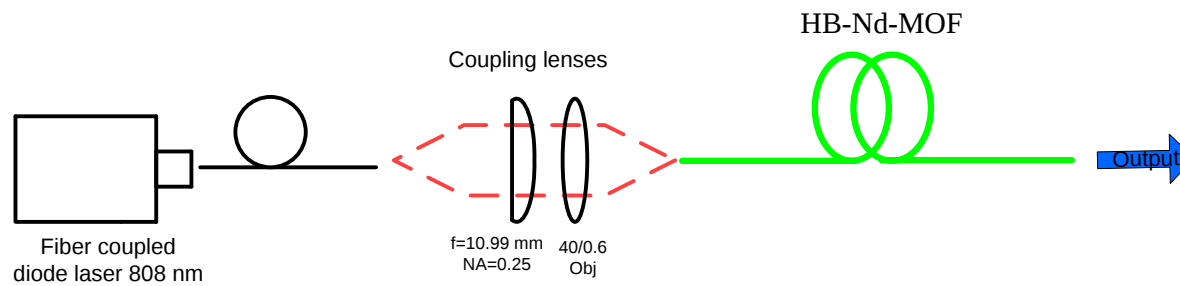
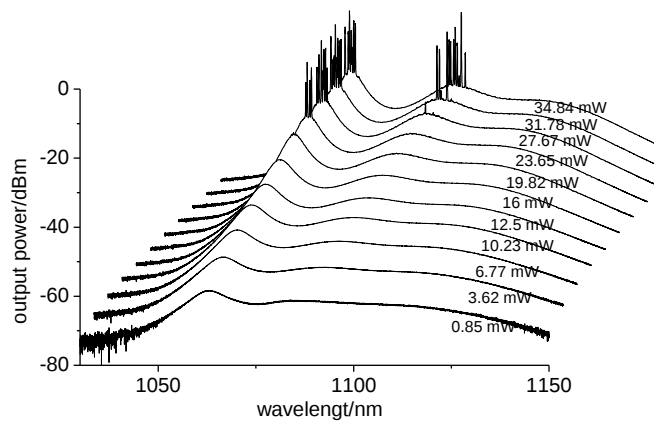


Fig. 11 Laser output spectrum



Dziękuję za uwagę