



PRZYRZĄDY OPTOMETRYCZNE

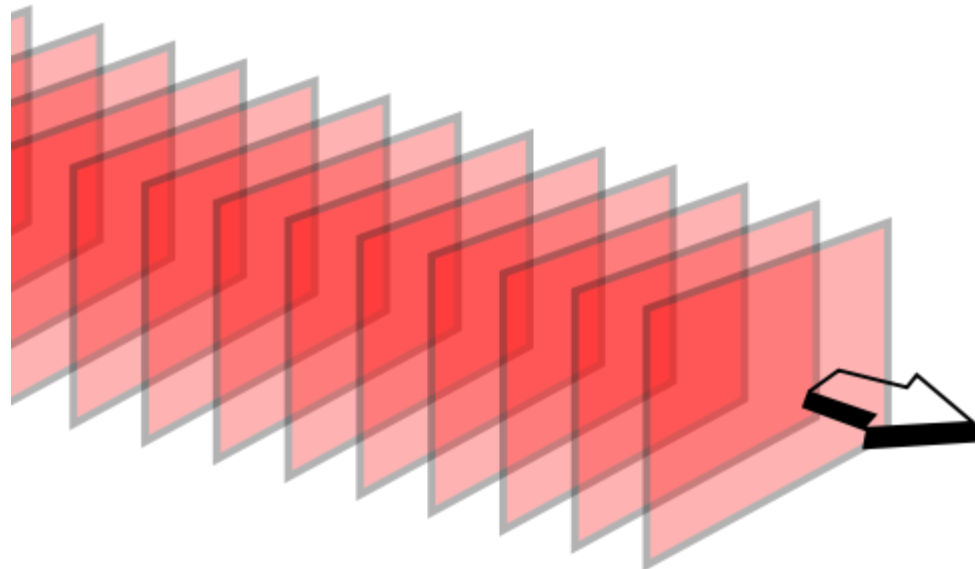
Dr hab. Jacek Pniewski

Sezon 2018/2019, semestr zimowy, środy 10.15-12.00

URZĄDZENIA *'WAVEFRONT DETECTION'*

Fala płaska

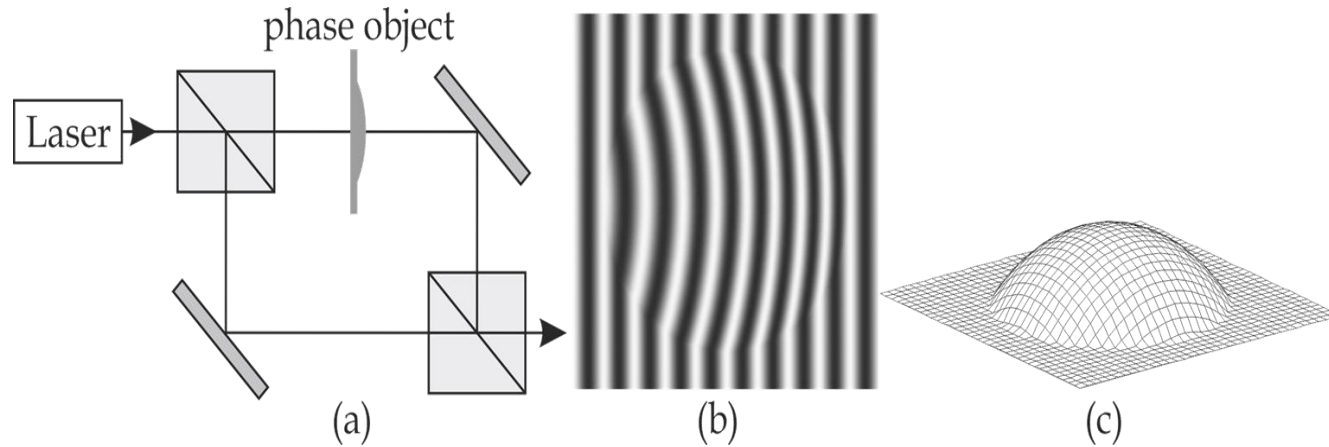
- Fala, której powierzchnie stałej fazy mają kształt płaszczyzn.
- Nie istnieje idealne źródło fali płaskiej, dobrym przybliżeniem jest źródło spójne i monochromatyczne – laser.



Obiekt fazowy

- Powoduje zniekształcenie frontu falowego fali płaskiej, nie zmieniając całkowitego natężenia światła.
- Przykładem obiektu czysto fazowego jest soczewka o transmitancji bliskiej 1.
- Inny przykład to przezroczysta płytka szklana o strukturyzowanej powierzchni.

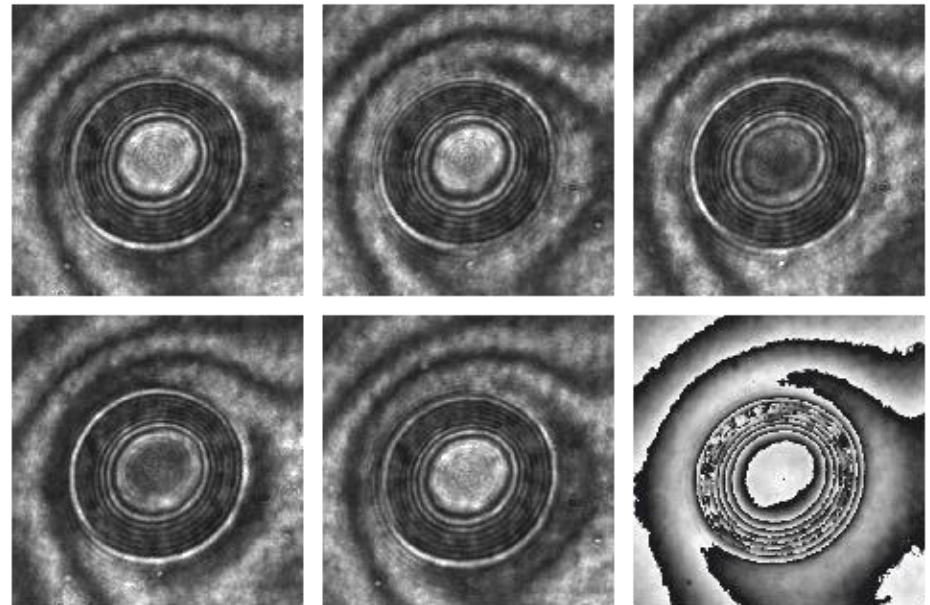
Badanie obiektów fazowych – interferometria



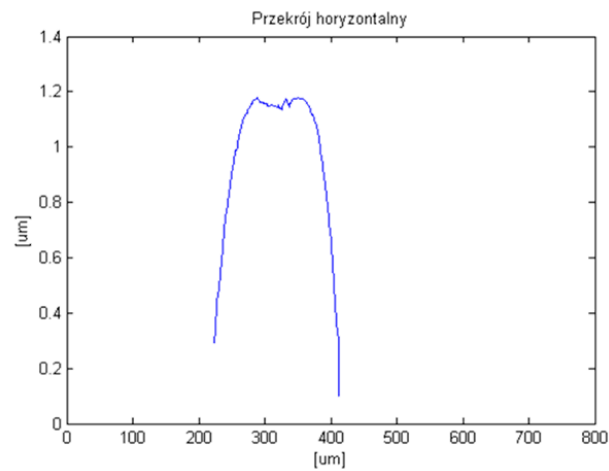
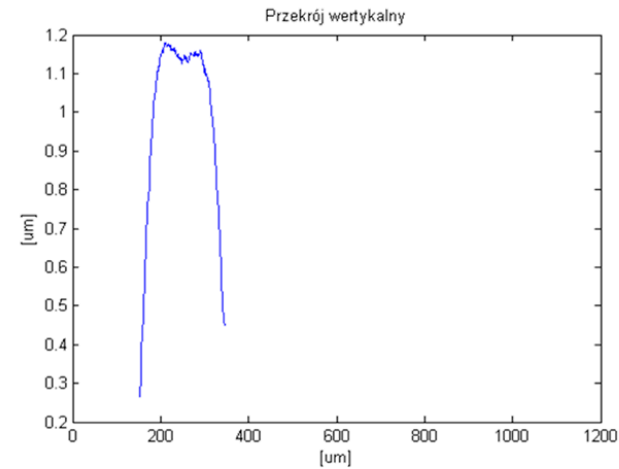
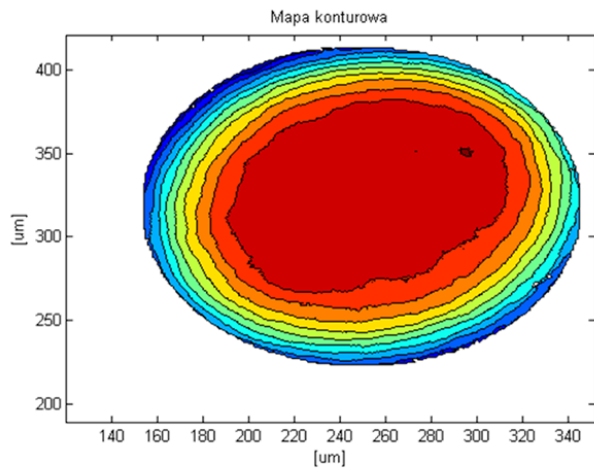
$$\varphi = \left\{ -\frac{3}{4}\pi, -\frac{1}{4}\pi, \frac{1}{4}\pi + \pi, +\frac{3}{4}\pi \right\}$$

$$g_\varphi(\theta, v) = Q \left[1 + V \cos(\theta + v\varphi_\varphi) \right]$$

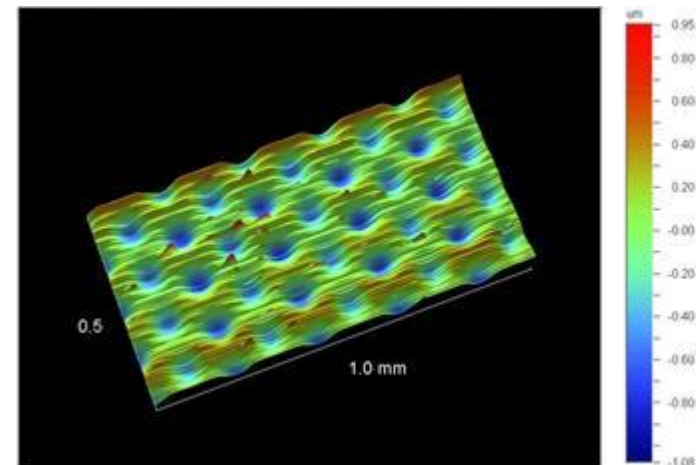
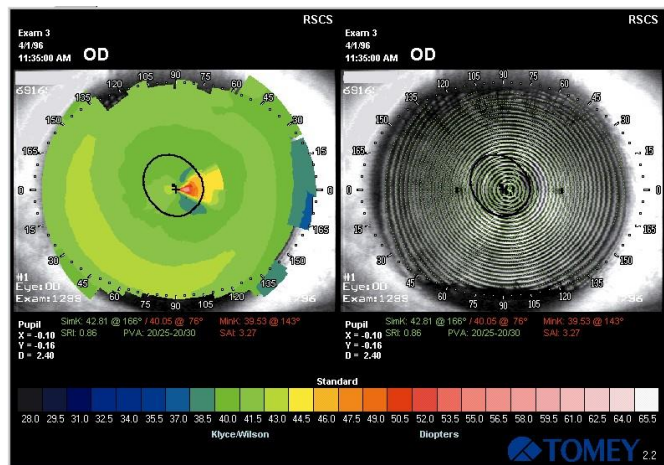
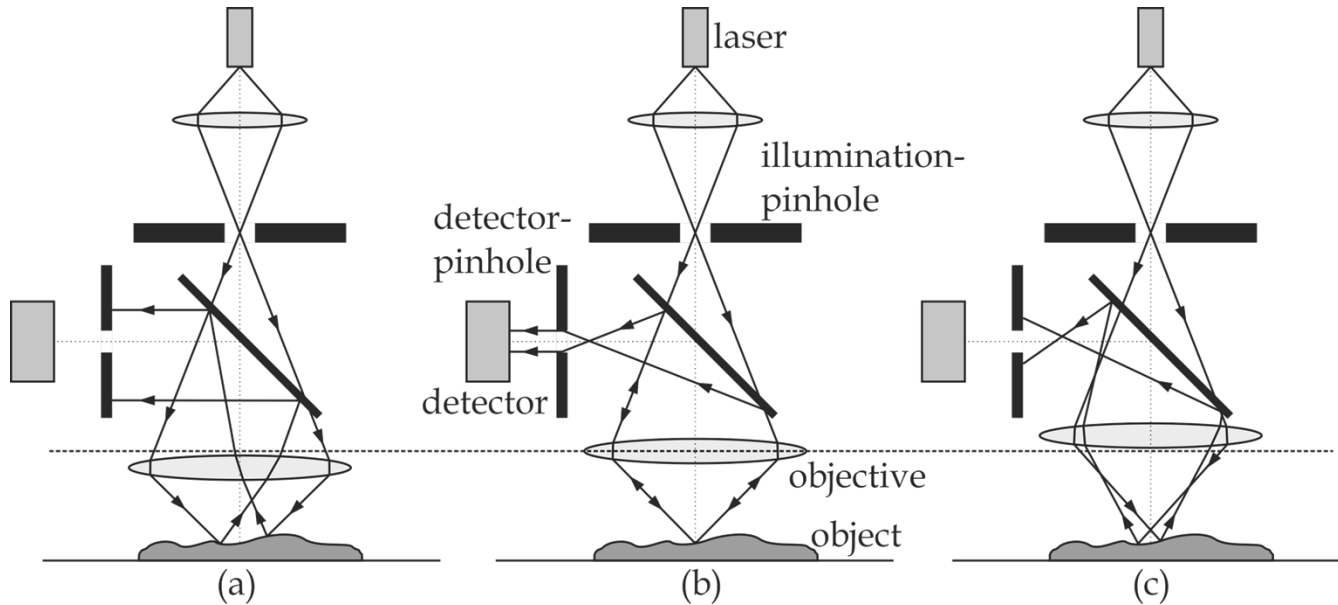
$$\theta = \arctan \left[\frac{-g_0 - g_1 + g_2 + g_3}{-g_0 + g_1 - g_2 + g_3} \right]$$



„Odwikłanie” profilu powierzchni

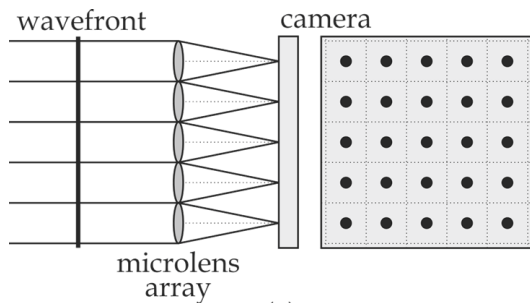


Badanie obiektów fazowych – profilometria

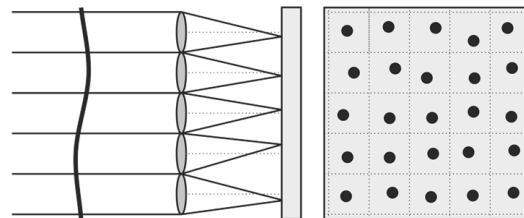


Badanie obiektów fazowych – detektor Shacka-Hartmanna

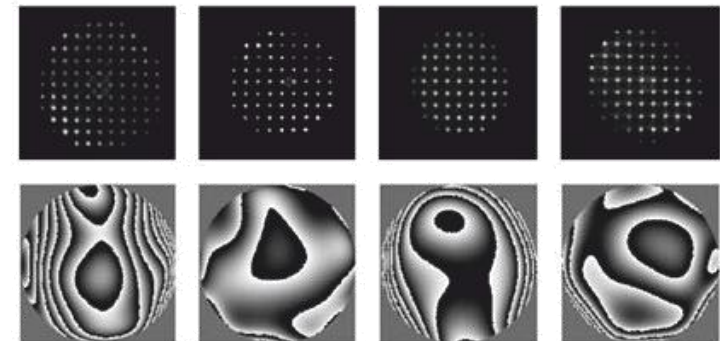
- Składa się z macierzy soczewek o tej samej ogniskowej. Soczewki są ogniskowane na detektorze. Jeśli front falowy jest zniekształcony, położenia ognisk zmieniają się.
- Detektor SH nie może mierzyć nieciągłości fazy.
- Detektor jest oparty o ideę macierzy otworów, rozwiniętej przez Johanna Franza Hartmanna w 1900 roku na potrzeby astronomii. W końcu lat 60. Roland Shack and Platt zmodyfikowali ten pomysł stosując macierz soczewek w miejsce otworów.



(a)

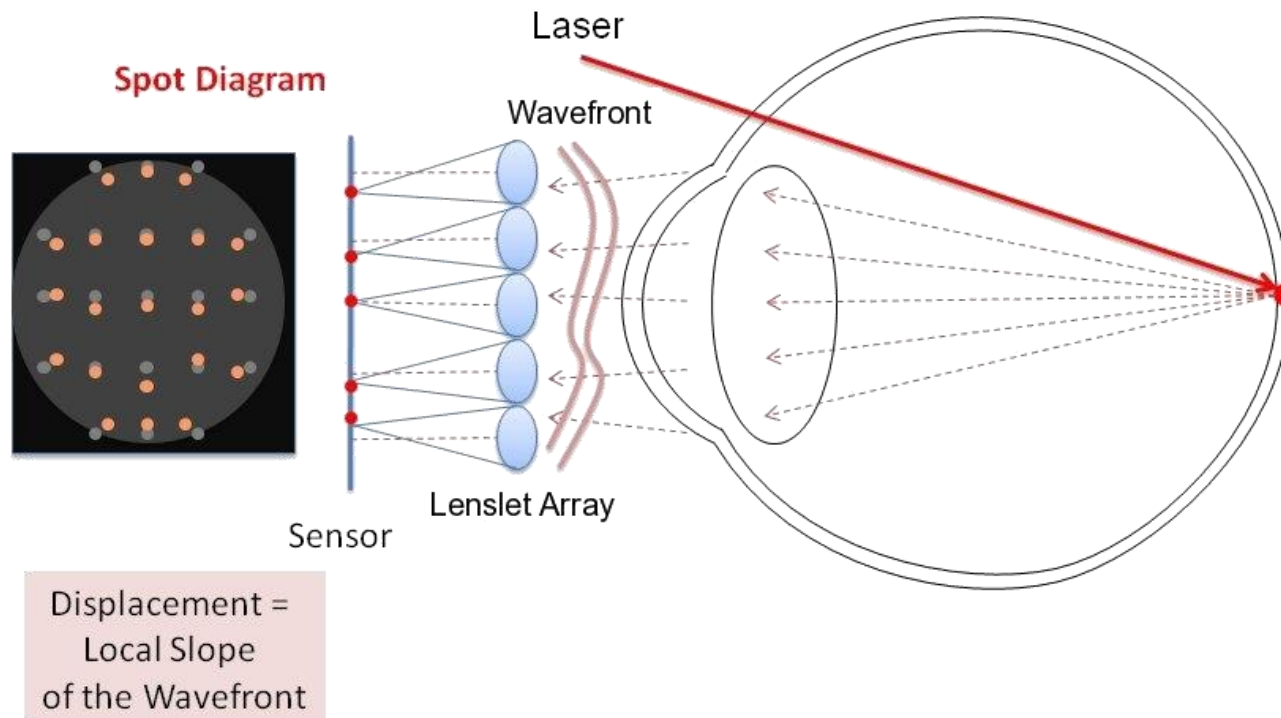


(b)

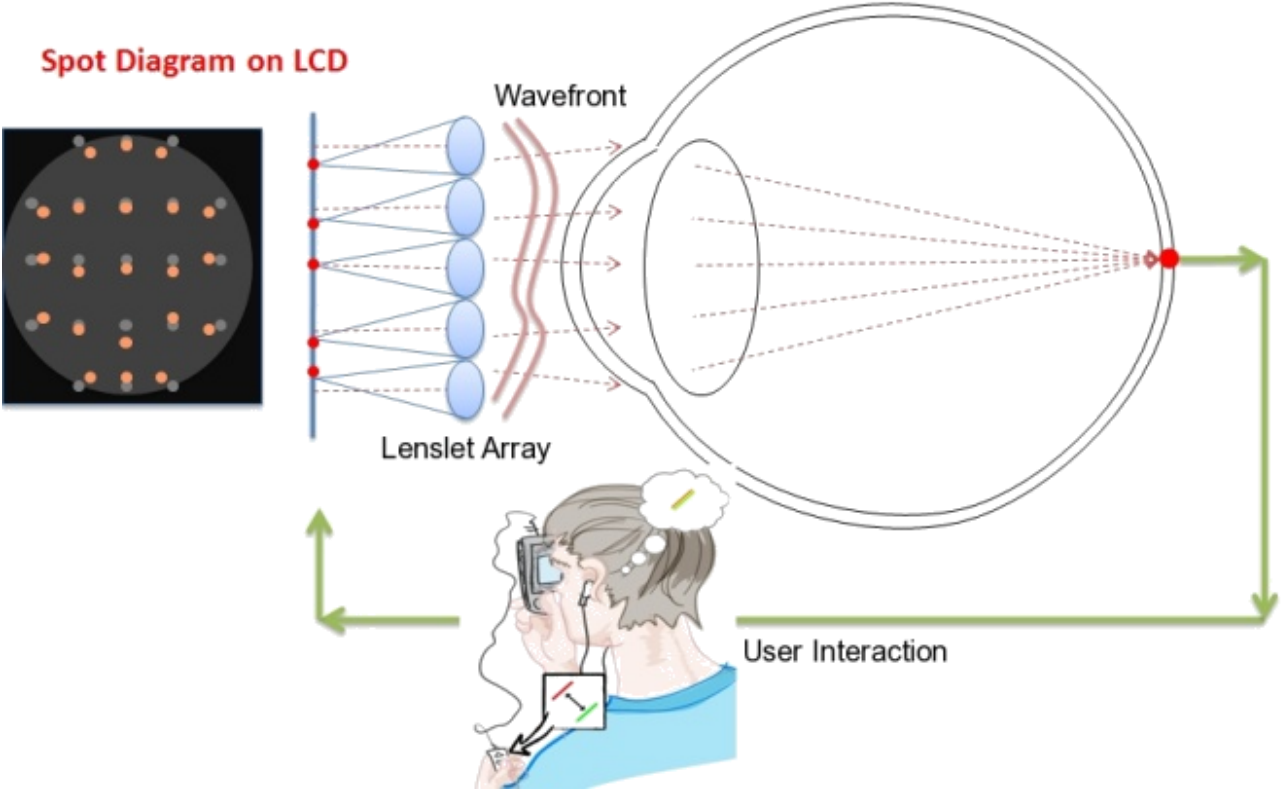


SH w optometrii

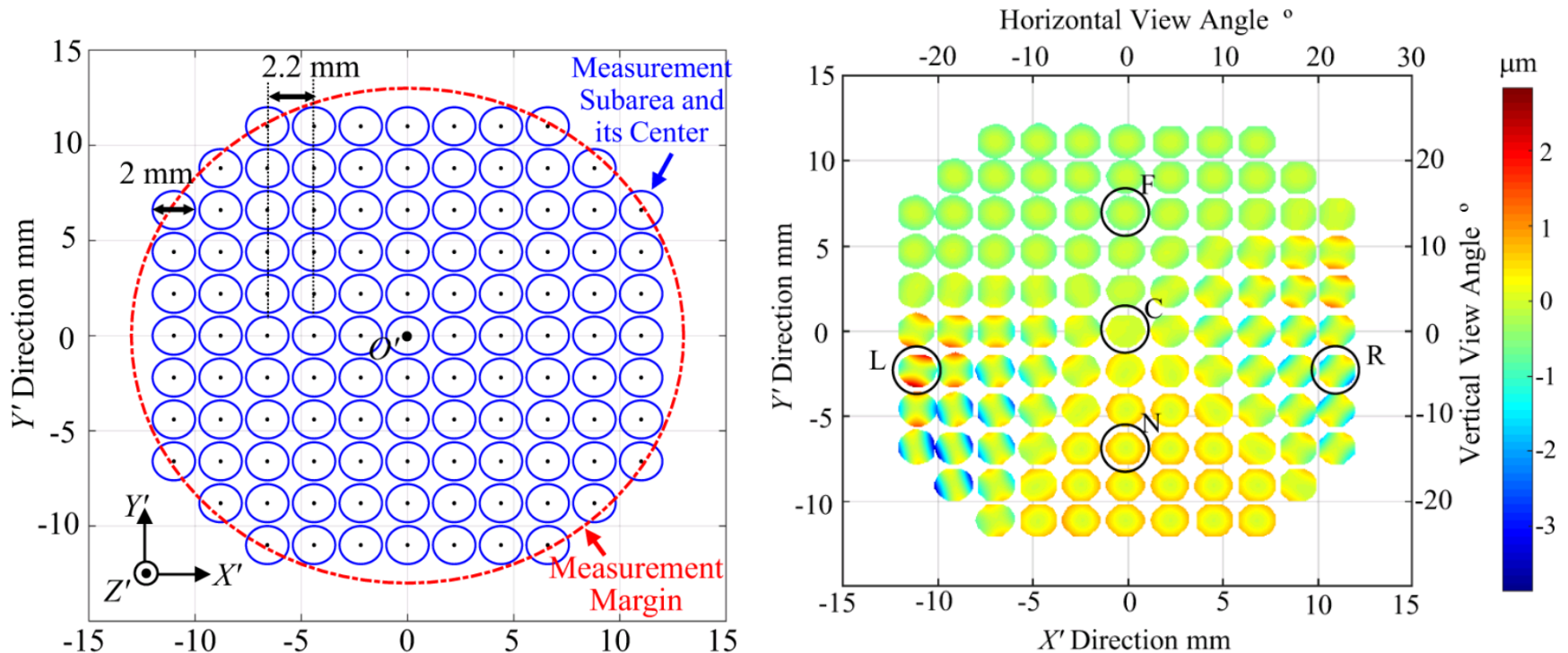
- Detektory Shacka-Hartmanna są stosowane w optometrii do mierzenia aberracji układu optycznego oka.
- Korzysta się z zasady, że fala płaska oświetlająca oko powinna zostać odbita przez siatkówkę także w formie fali płaskiej, a przynajmniej o symetrii obrotowej.



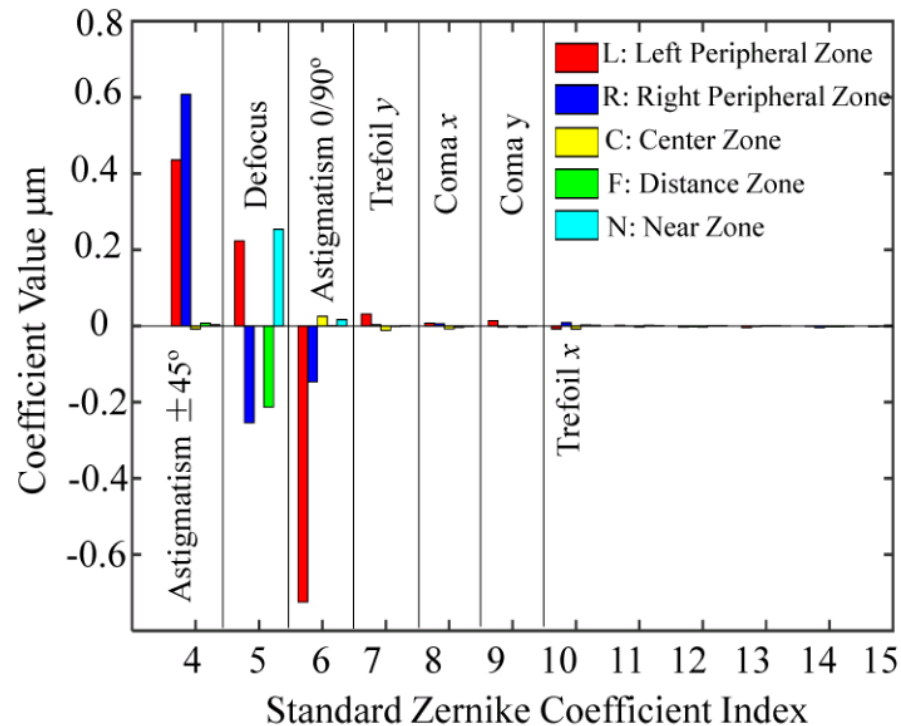
SH w interakcji z użytkownikiem



SH w optyce okularowej



SH w optyce okularowej



Profilometria w optyce okularowej i optometrii

2. Materials and methods

A progressive addition lens of a Rodenstock's line LIFE having the following correction: Sph: 0.00D, Cyl: 0.00D, Add: +1.75D with an anti-reflective coating Solitaire SC was undergone the progressive surface topography measurement using Renishaw Cyclone 2 scanning system (with the axial resolution equal to 1 μm). This repeatability seems inadequate to determine higher order aberration, but purpose of this work is research of low-order aberration, because their influence on the quality of vision is significantly higher than the higher order aberrations [17]. Then the data points were approximated with an extended polynomial defined by the following formula:

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (c^2 + r^2)}} + q_1x + q_2x^2 + q_3x^3 + q_4x^4 + q_5x^5 + q_6x^6 + q_7x^7 + q_8x^8 + q_9y + q_{10}y^2 + q_{11}y^3 + q_{12}y^4 + q_{13}y^5 + q_{14}y^6 + q_{15}y^7 + q_{16}y^8 \quad (1)$$

where c is the curvature (the reciprocal of the radius), r is the radial coordinate in lens units and q_i is the coefficient on the i th extended polynomial term ($i = 1-16$). As a result of approximation we were given continuous change of curvature in each points of surface.



Profilometria w optyce okularowej i optometrii

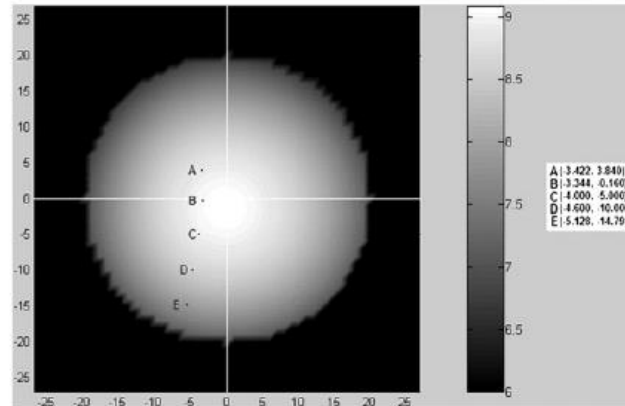


Fig. 1. The result of the approximation of the topographical data points of the anterior surface of the lens. 5 points for which the performance was estimated are marked.

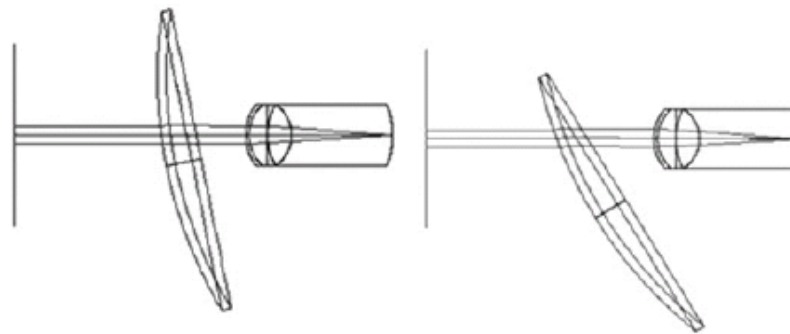


Fig. 2. The tilt of the spectacle lens for far (a) and near (b) vision.

Profilometria w optyce okularowej i optometrii

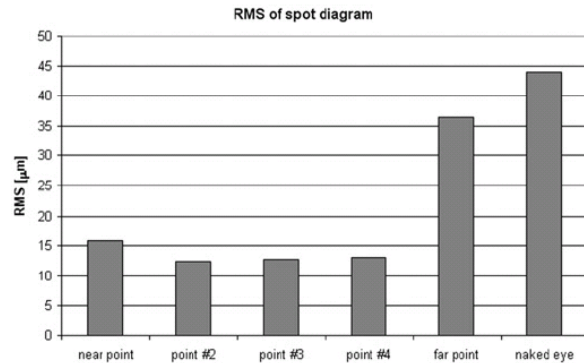


Fig. 3. Values of RMS radius of spot diagram (in μm) for all points under consideration and naked model eye.

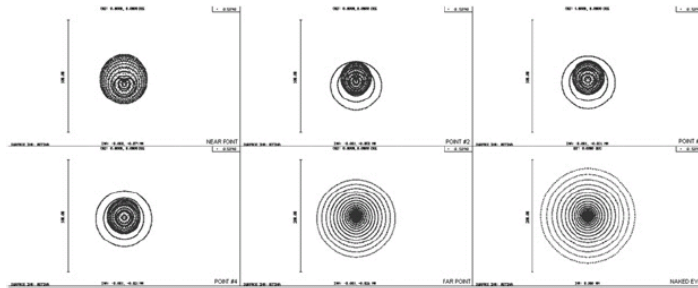


Fig. 4. Spot diagrams calculated for points of near (a), intermediate (b–d), and far (e) vision in comparison to the spot diagram of the model eye itself. The size of all of the images is $200 \mu\text{m}$.

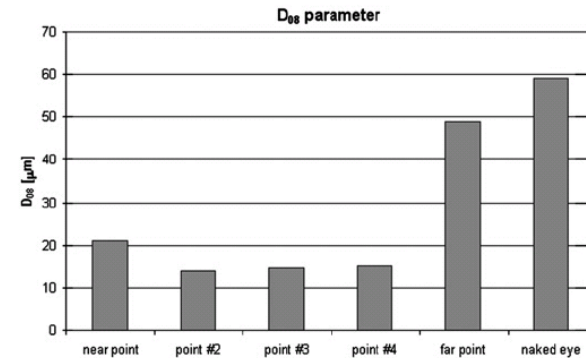
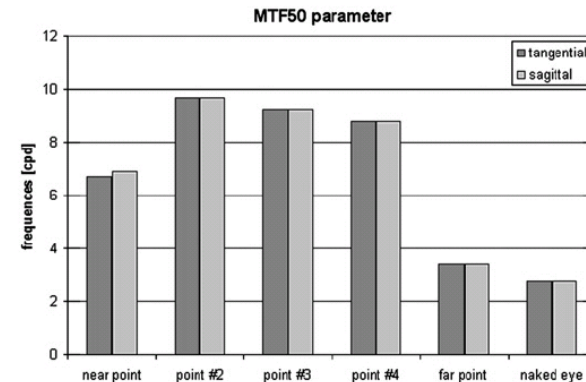


Fig. 7. Values of D_{08} parameter for all points under consideration in comparison to the naked model eye.



Ułamek Strehla

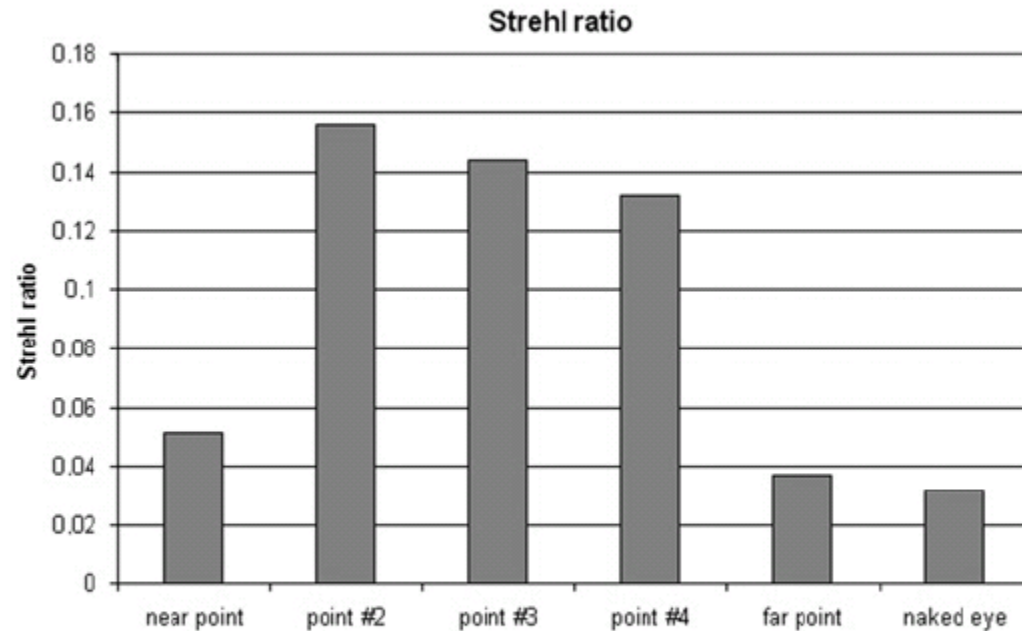
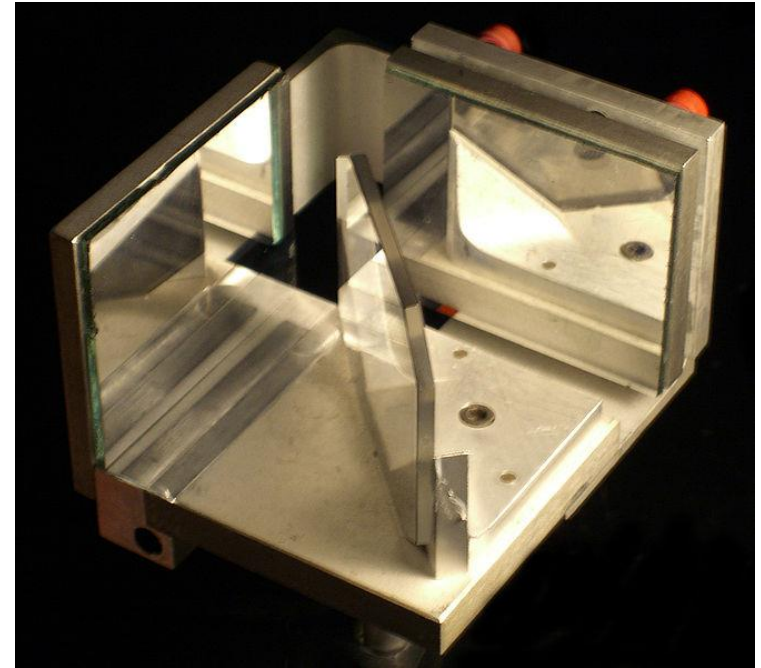
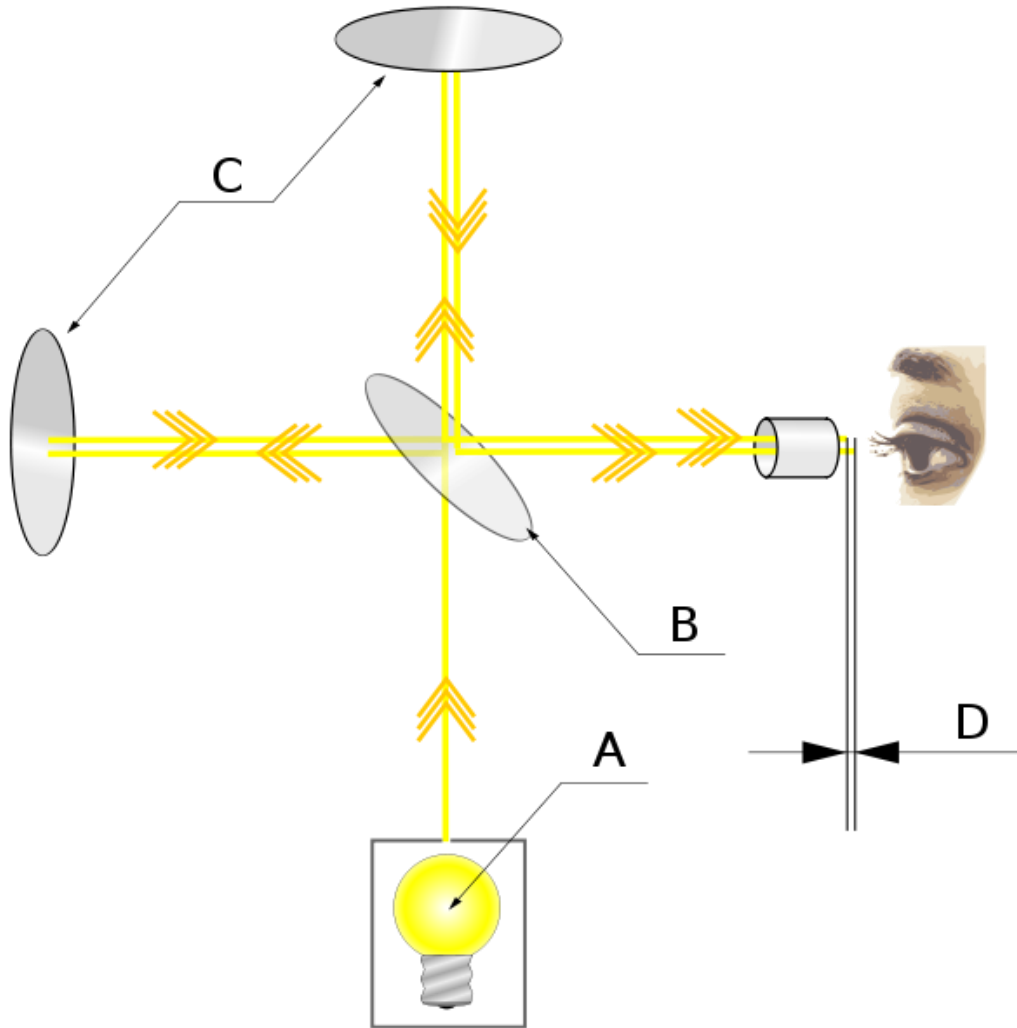


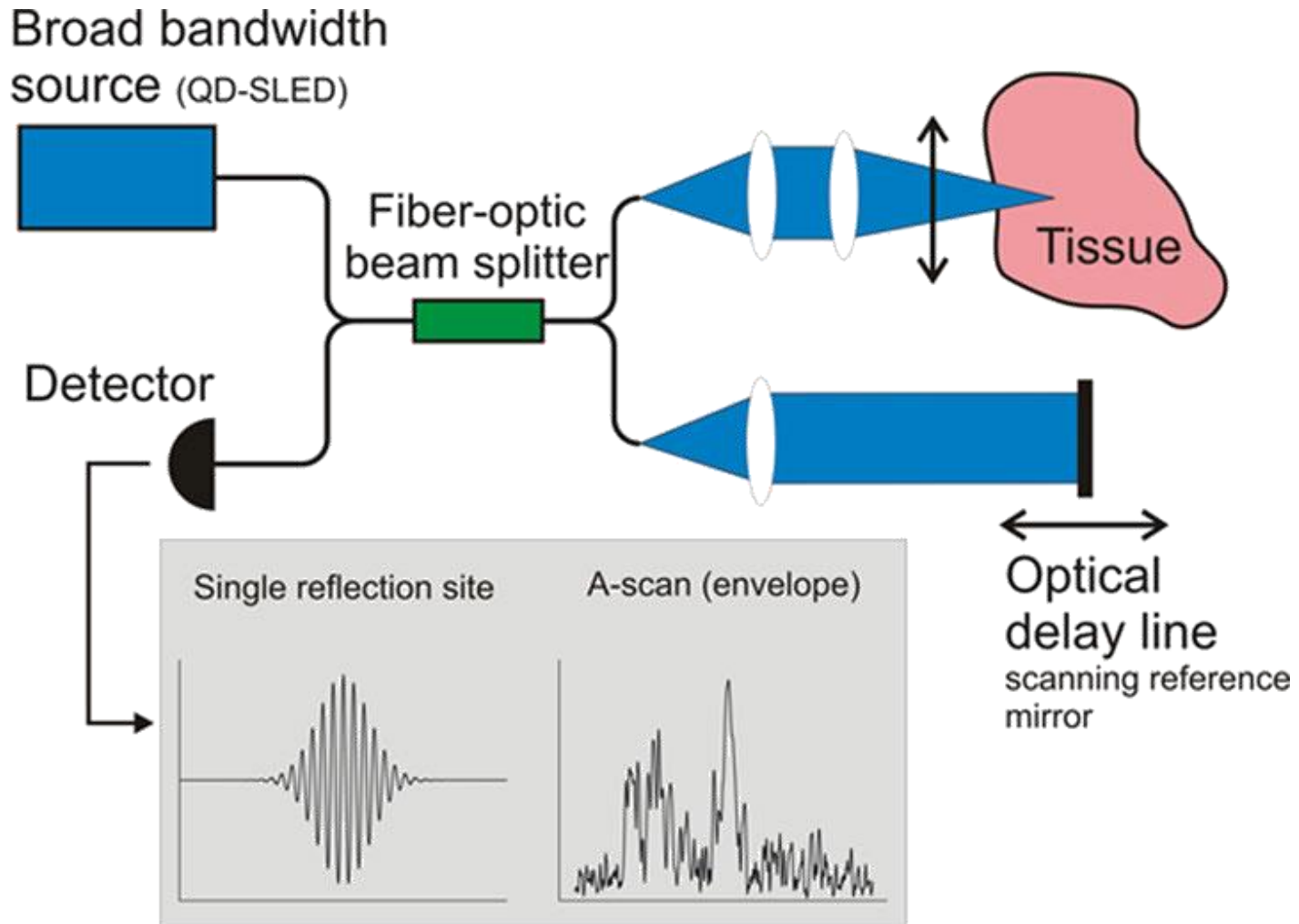
Fig. 5. Values of normalized Strehl ratio for all points under consideration in comparison to the naked eye.

INTERFEROMETRIA

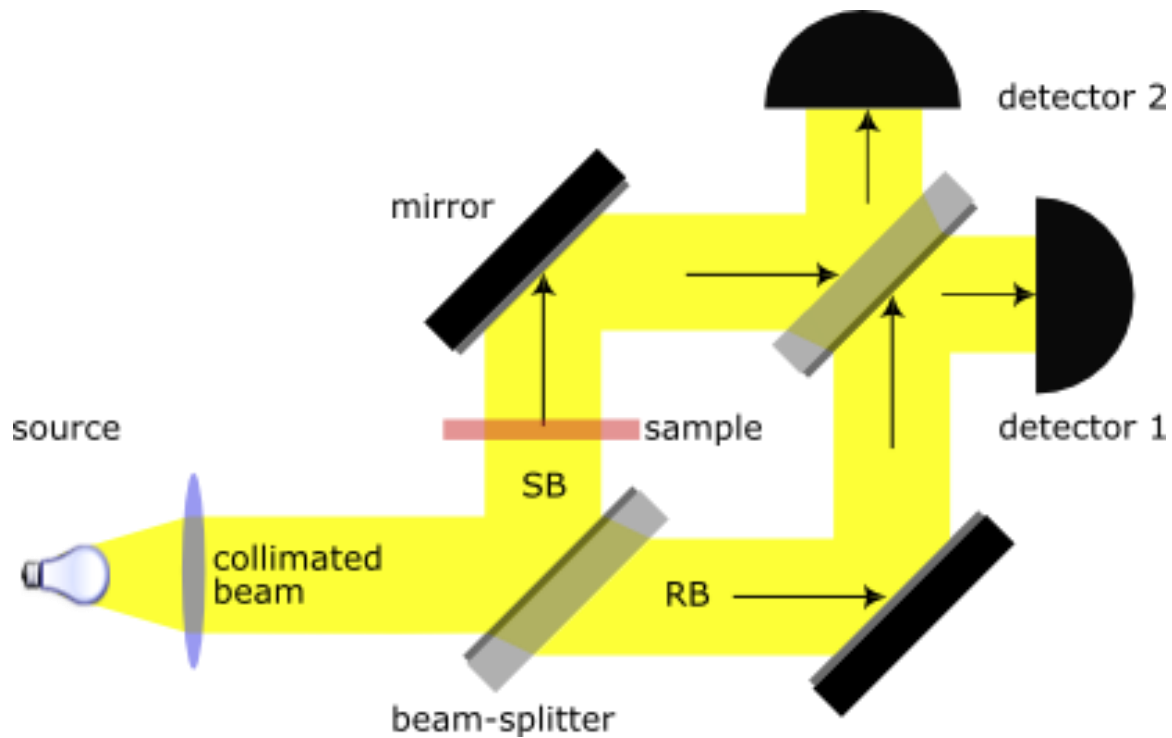
Interferometer Michelsona



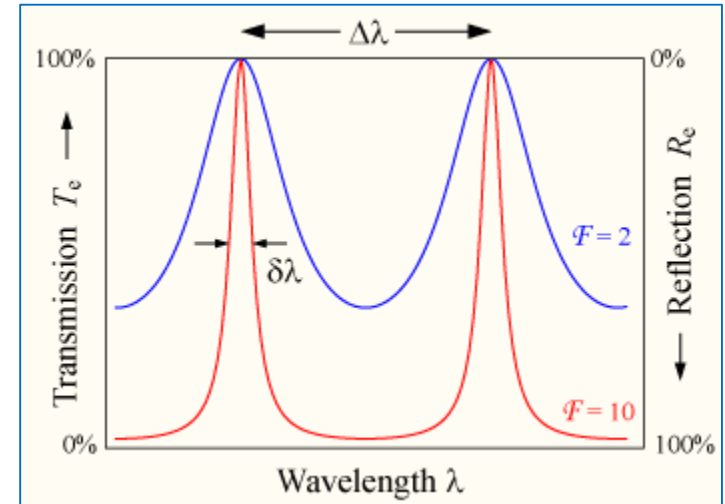
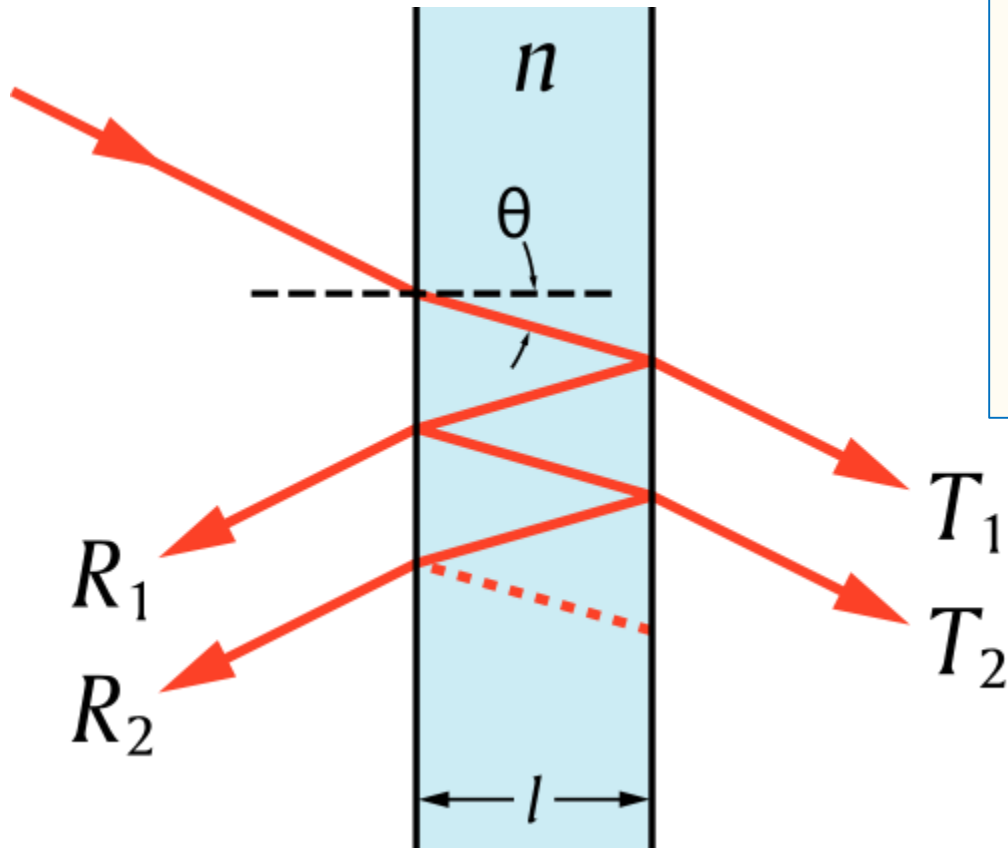
OLCR/OLCT/OCT



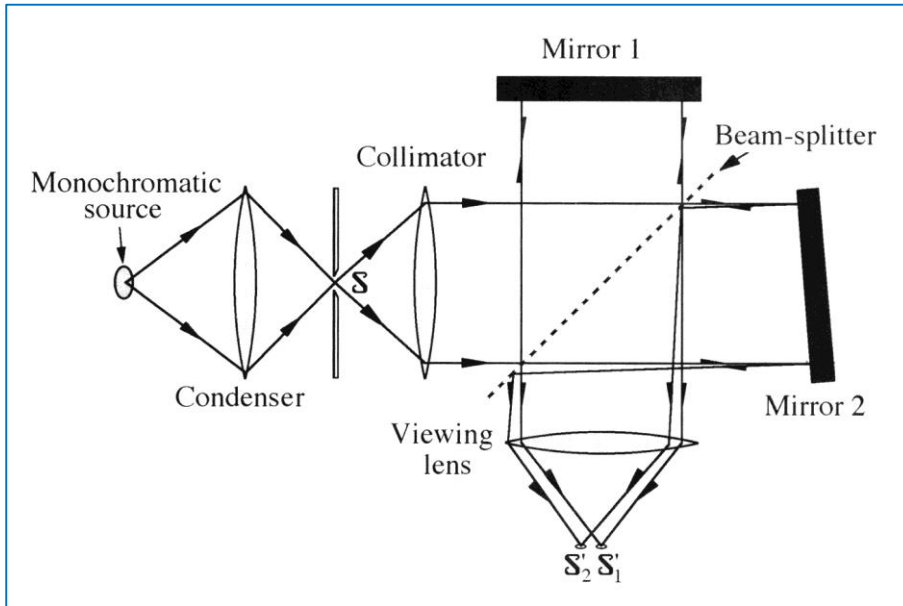
Interferometr Macha–Zehndera



Interferometer Fabry–Pérot

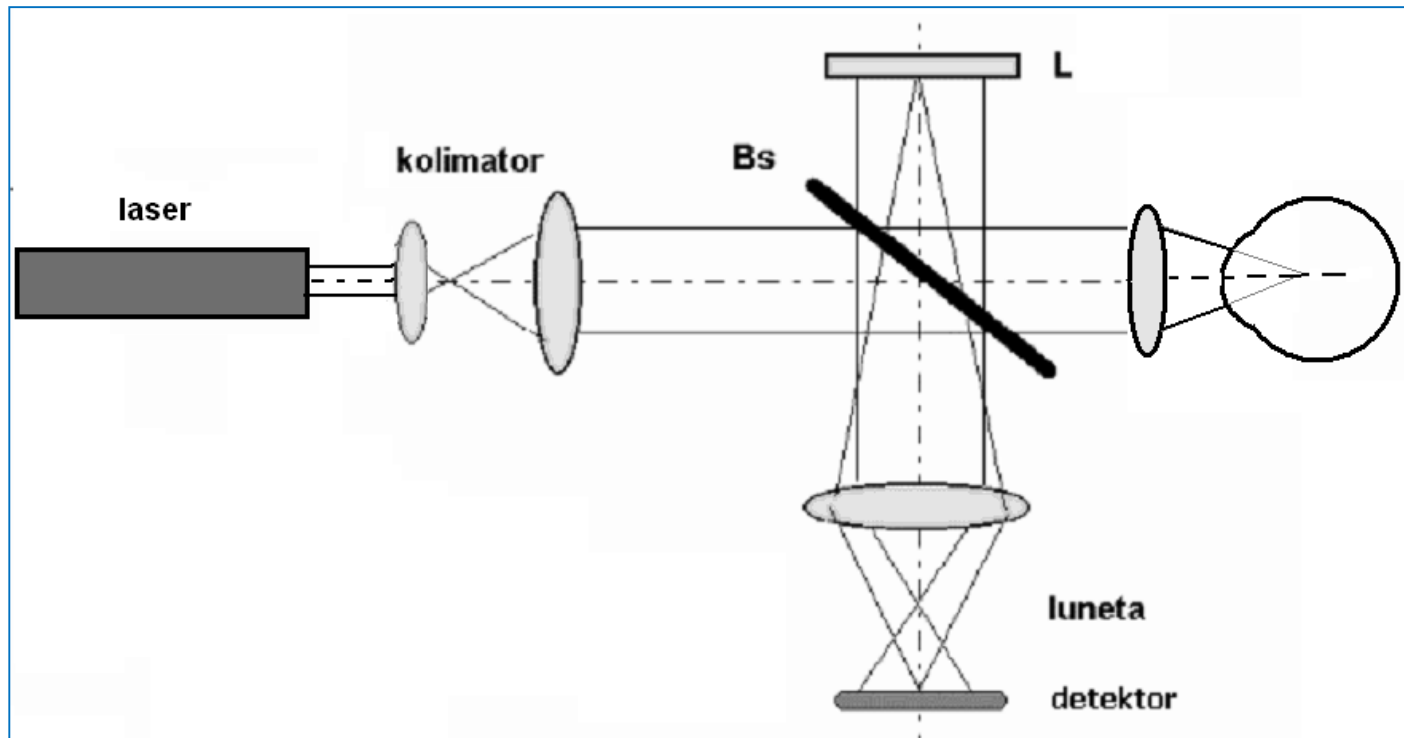


Interferometr Twymana-Greena

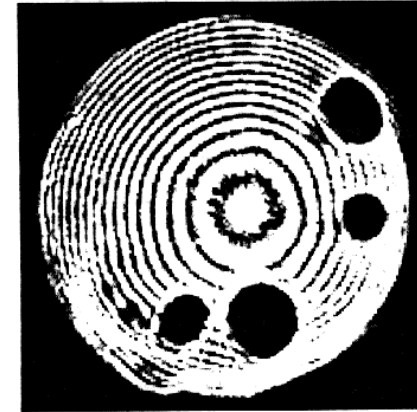
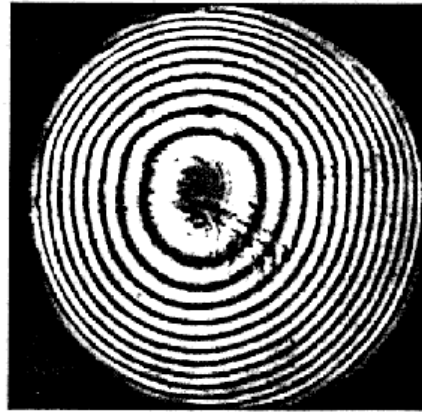
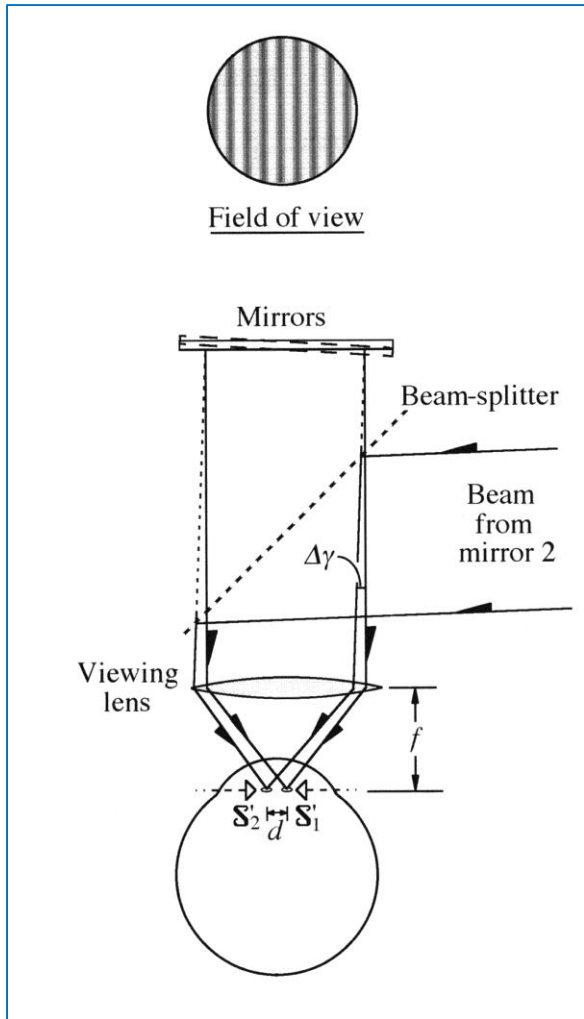


- Wynaleziony i opatentowany w 1916 r. pierwotnie do testowania pryzmatów i obiektywów mikroskopowych.
- Źródłem światła jest quasi-monochromatyczne źródło punktowe, skolimowane tak by otrzymać falę płaską.
- Fala jest rozdzielana na dwie wiązki na zwierciadle półprzepuszczalnym.
- Wiązka referencyjna odbija się od zwierciadła o znanych parametrach, zaś badająca odbija się od nieznanej powierzchni. Obie powracają do zwierciadła półprzepuszczalnego.
- Część światła z obu wiązek jest kierowana do soczewki obrazującej, tworząc interferogram w płaszczyźnie obrazu.

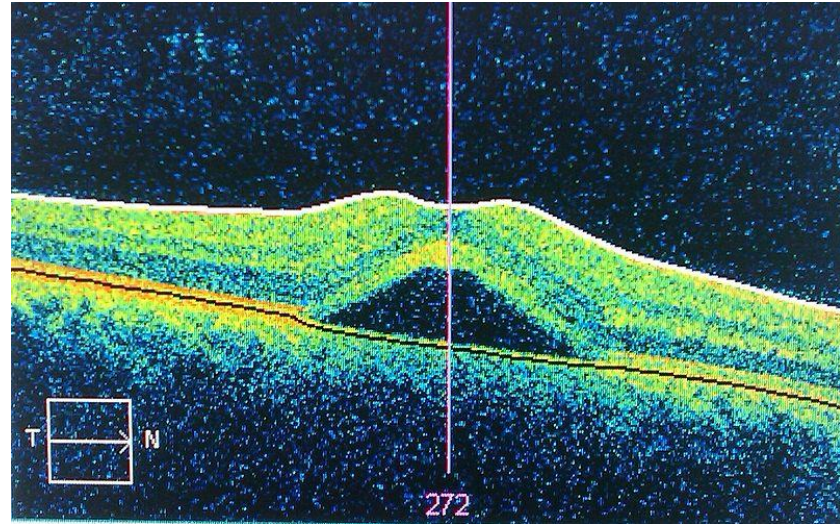
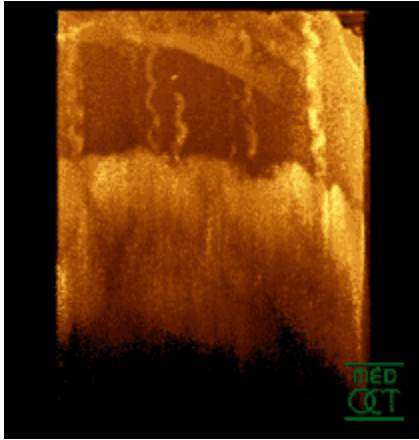
Interferometr TG a oko



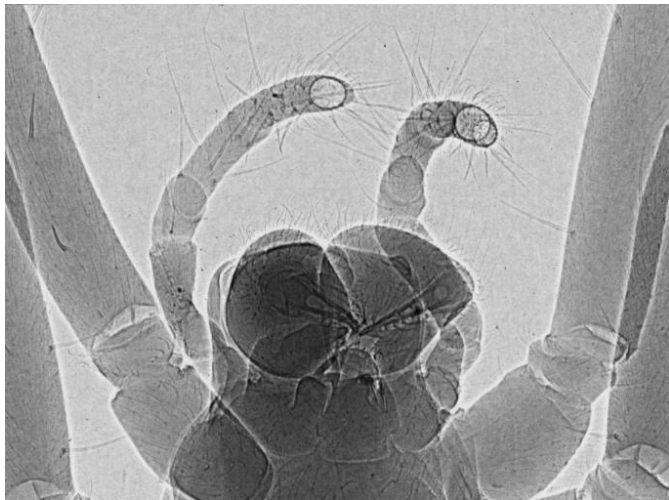
Interferometr TG – wynik działania



Przykład działania metod interferometrycznych



Central serous retinopathy, imaged using optical coherence tomography



High resolution phase-contrast x-ray image of a spider

MIKROSKOPIA KONFOKALNA

Koncepcja Minsky'ego

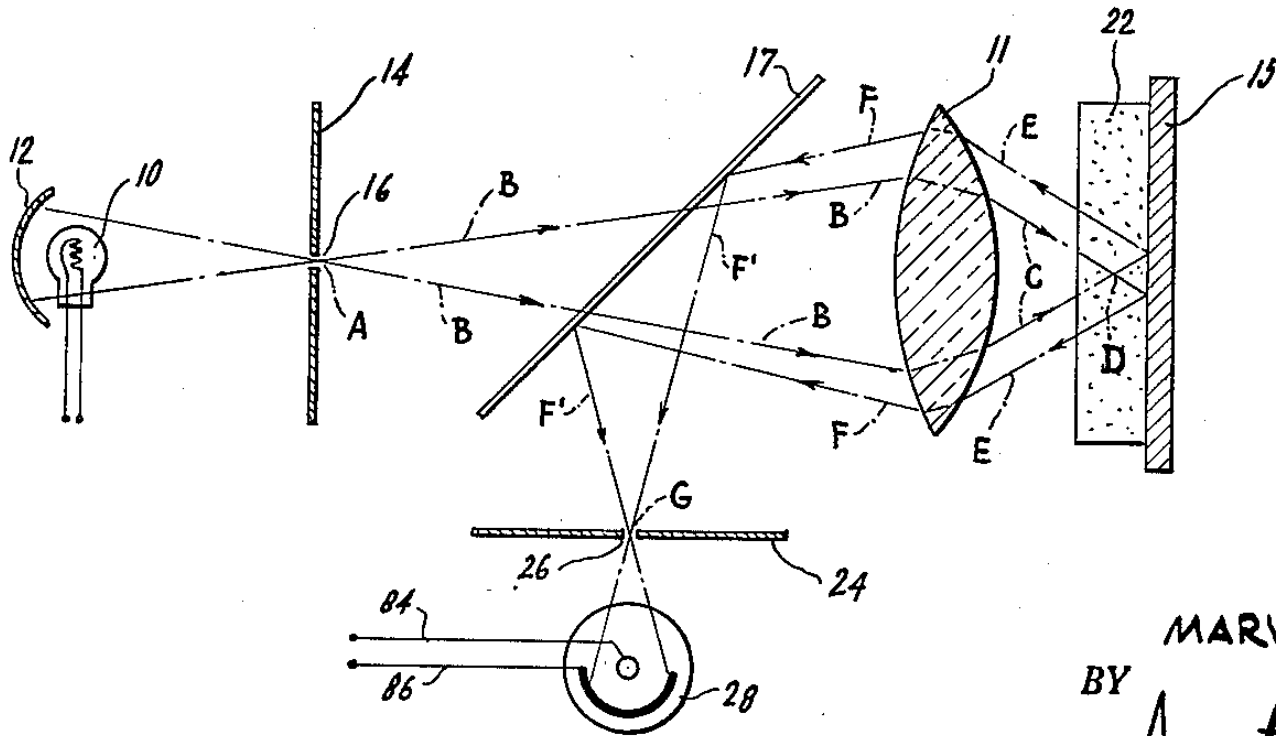


FIG. 3.

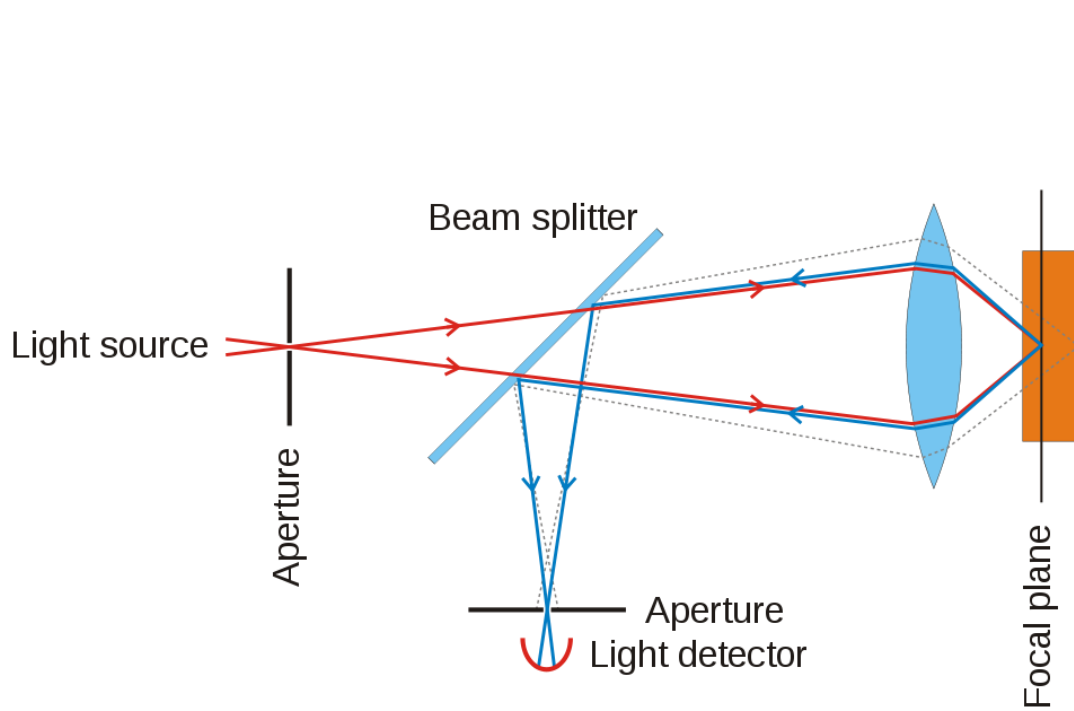
INVENTOR.
MARVIN MINSKY
BY
Ameter & Levy
ATTORNEYS

Publication number: US3013467 (A)

Publication date: 1961-12-19

Inventor(s): MARVIN MINSKY ±

Mikroskopia konfokalna



www.wikipedia.org

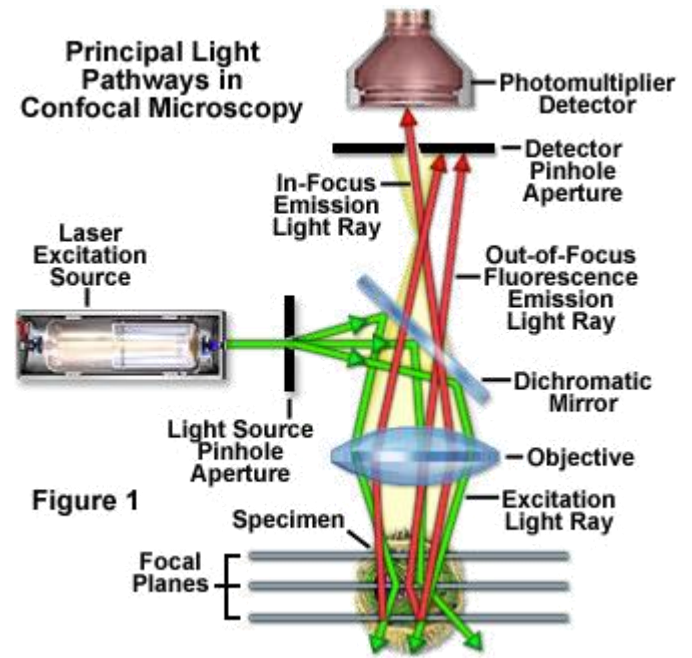
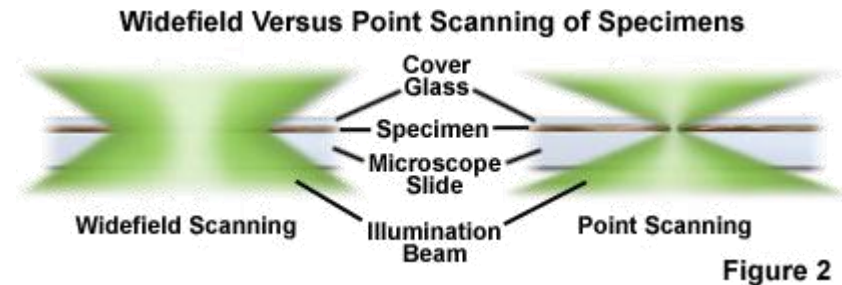


Figure 1

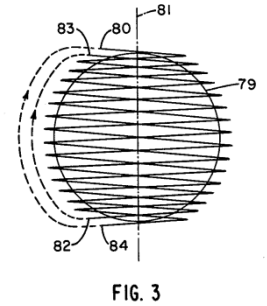
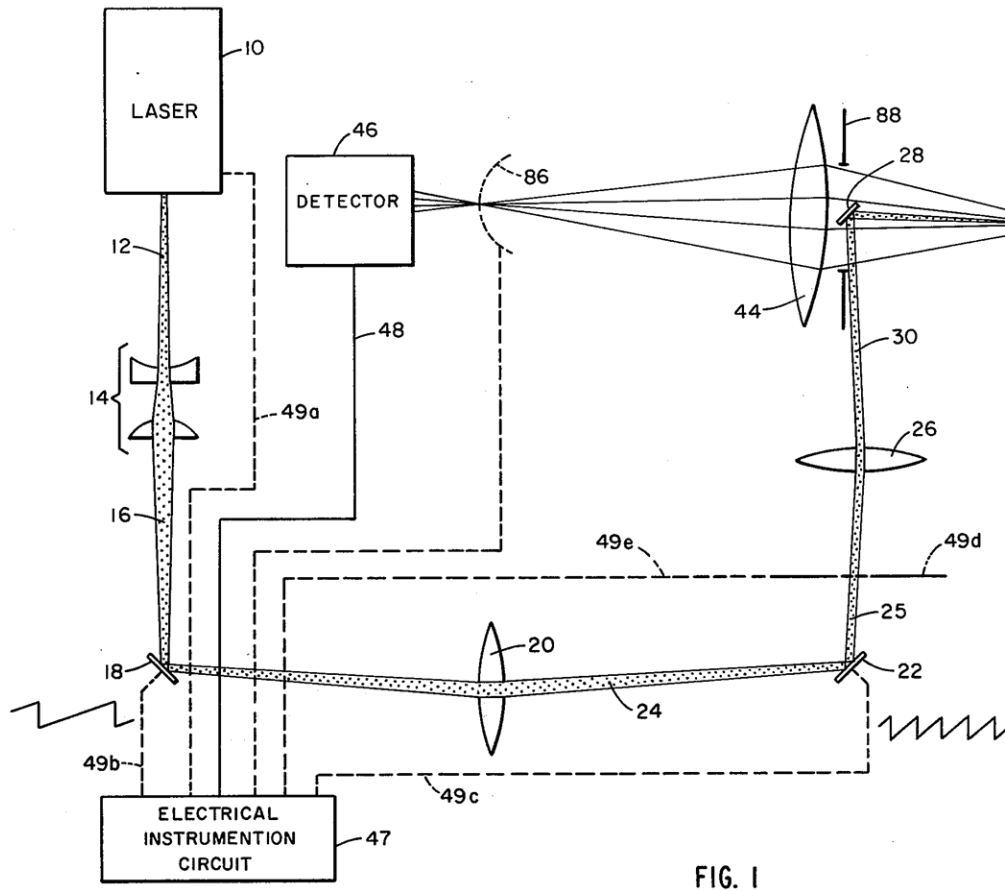
www.microscopyu.com

Główne zalety

- Mała głębokość ostrości, pożądana w mikroskopii tkanek biologicznych.
- Eliminacja pozaosiowych odbłasków.
- Możliwość zbierania odpowiedzi optycznej próbek o dużej grubości.
- Możliwa lepsza rozdzielczość niż w tradycyjnej mikroskopii optycznej.
- Źródłem światła są obecnie lasery, umożliwiające w pewnym stopniu precyzyjny dobór rozkładu natężenia pola w obrazowanym punkcie.



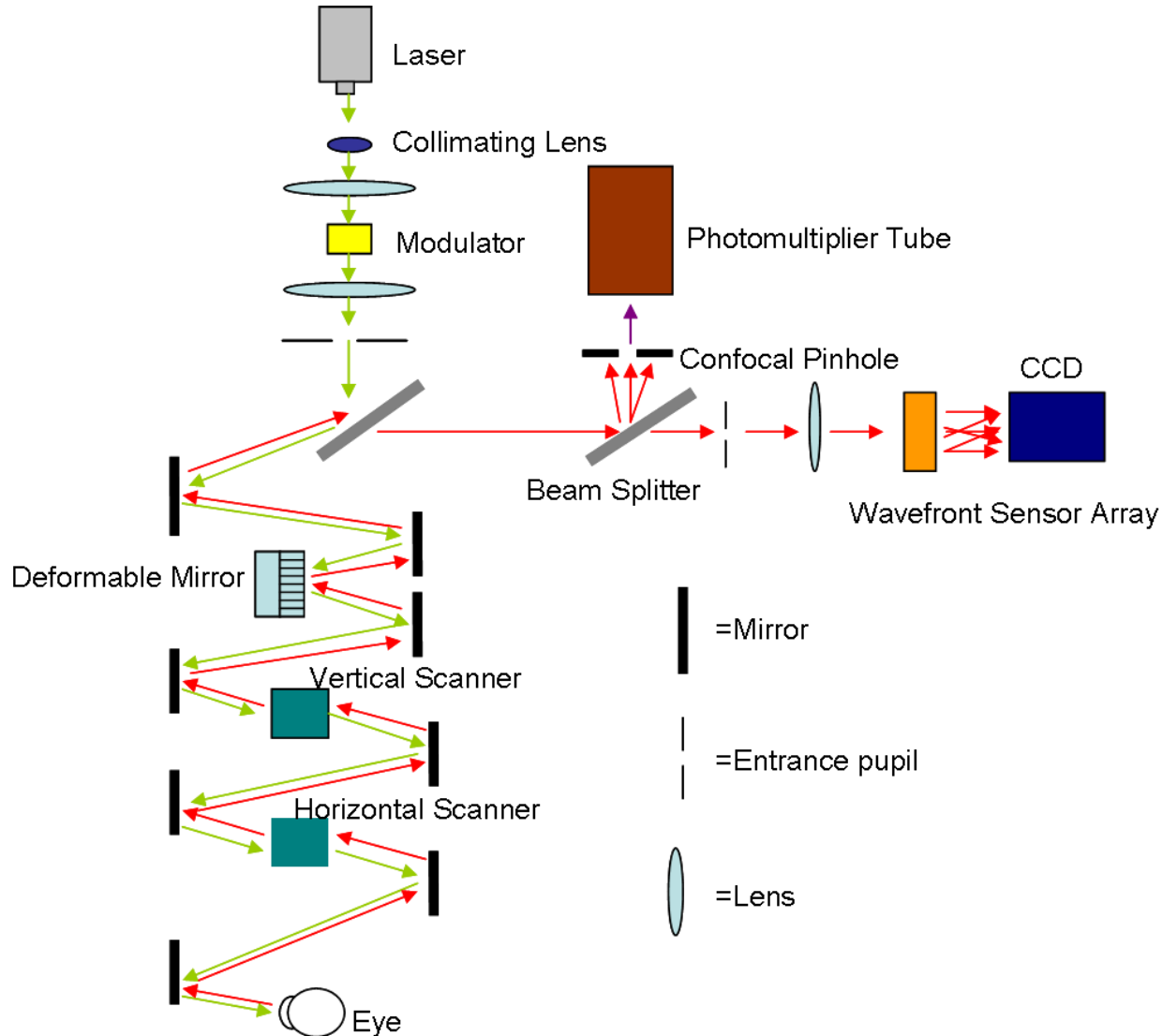
Koncepcja wg Pomerantzeffa



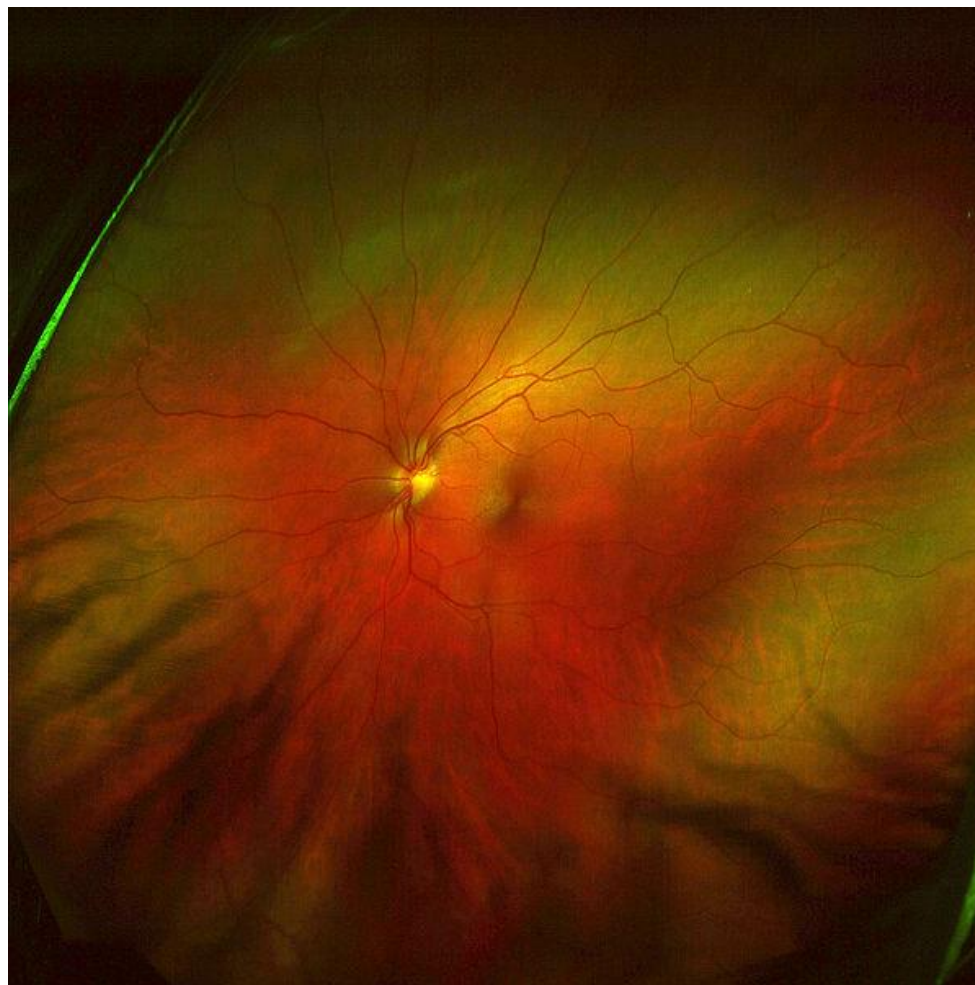
United States Patent [19] Pomerantzeff et al.

- [54] SCANNING OPHTHALMOSCOPE FOR EXAMINING THE FUNDUS OF THE EYE
- [75] Inventors: Oleg Pomerantzeff, Brookline; Robert H. Webb, Charlestown, both of Mass.
- [73] Assignee: Retina Foundation, Boston, Mass.
- [21] Appl. No.: 837,870
- [72] Filed: Sep 20 1977

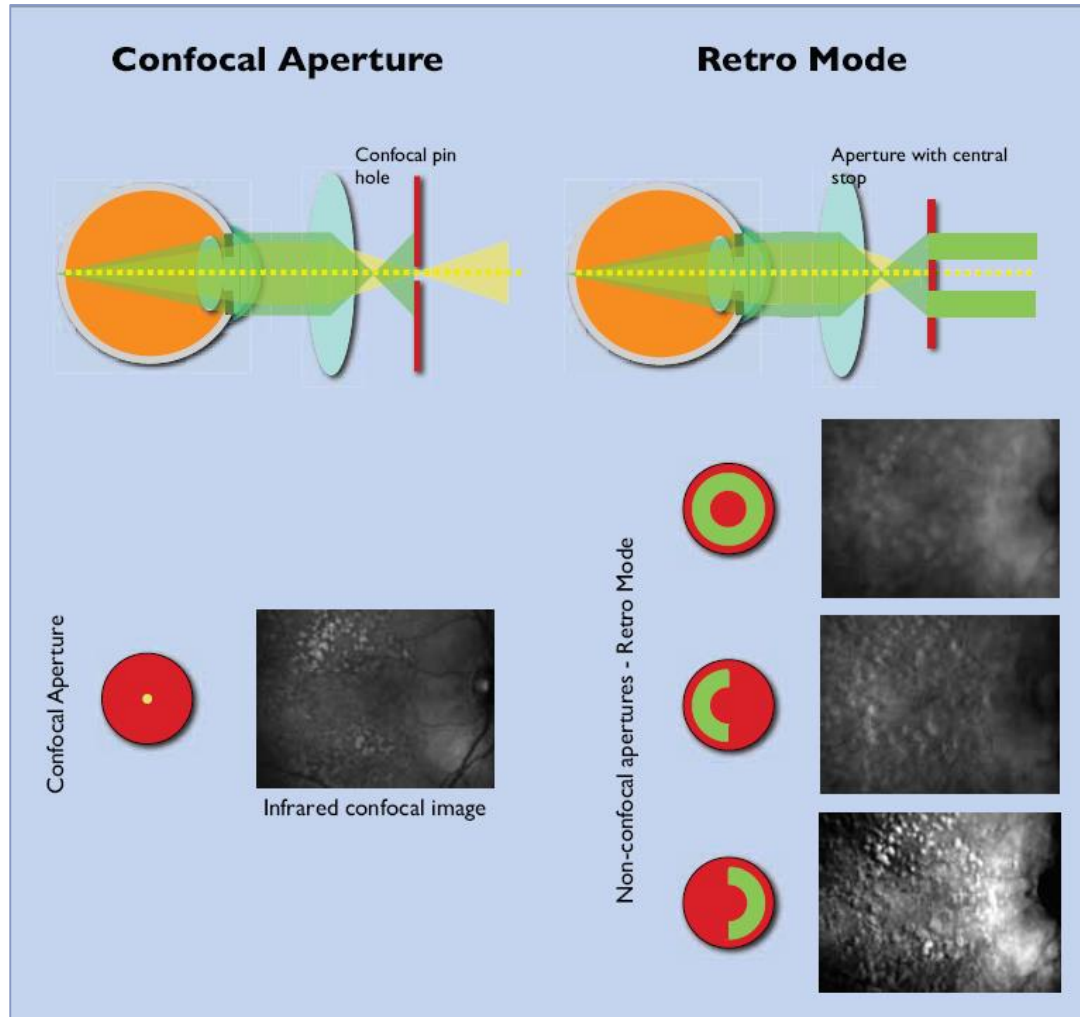
Konfokalna laserowa mikroskopia skaningowa



Obraz z mikroskopu skaningowego



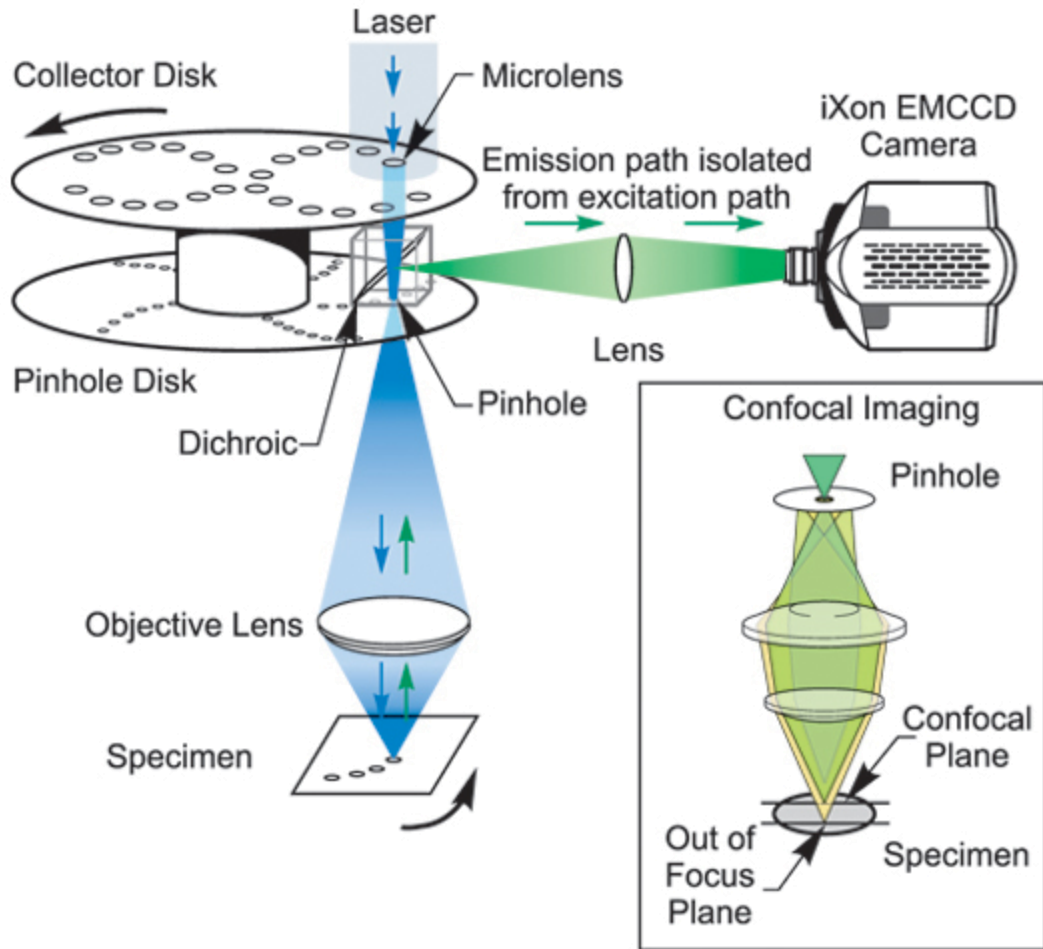
Oświetlenie konfokalne



Przykład



Inne ciekawe konstrukcje

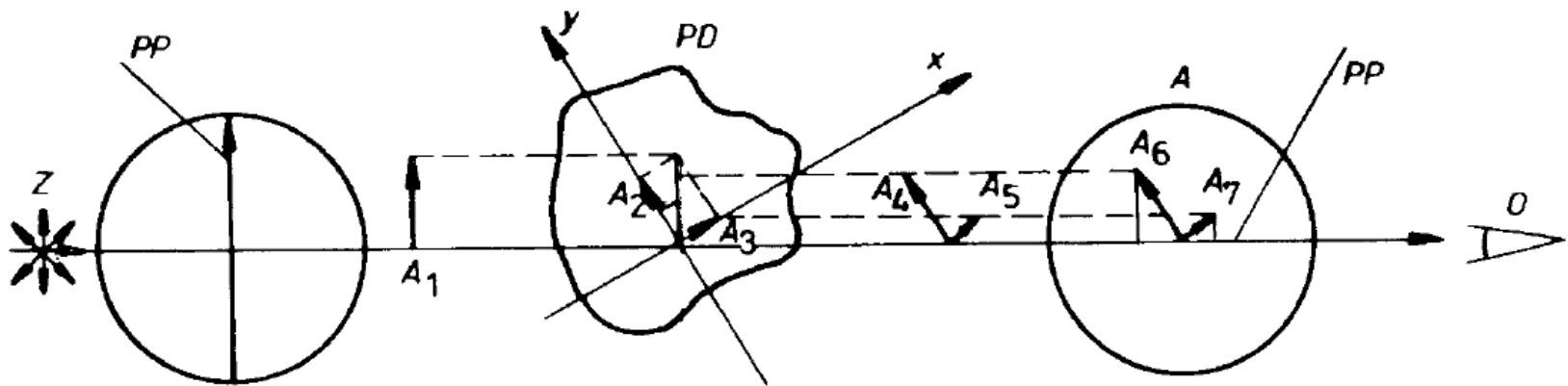


Ciekawe miejsca

- http://www.hi.helsinki.fi/amu/AMU%20Cf_tut/cf_tut_part1-1.htm
- <http://zeiss-campus.magnet.fsu.edu/tutorials/opticalsectioning/confocalwidefield/>
- <http://www.microscopyu.com/articles/confocal/index.html>
- <http://www.microscopyu.com/tutorials/java/virtual/confocal/index.html>

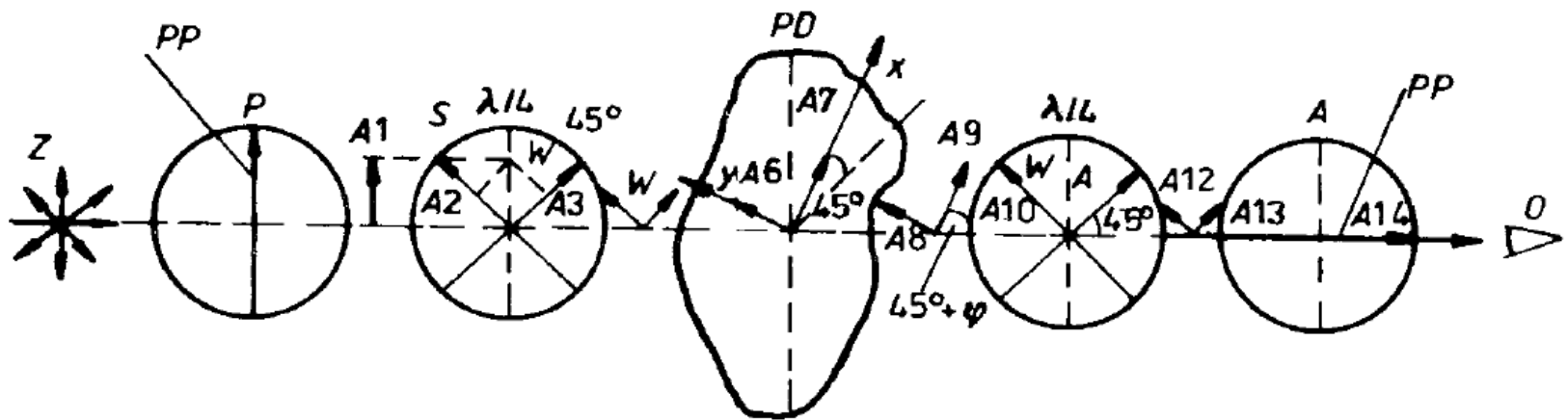
POLARYSKOPY

Polaryskop liniowy



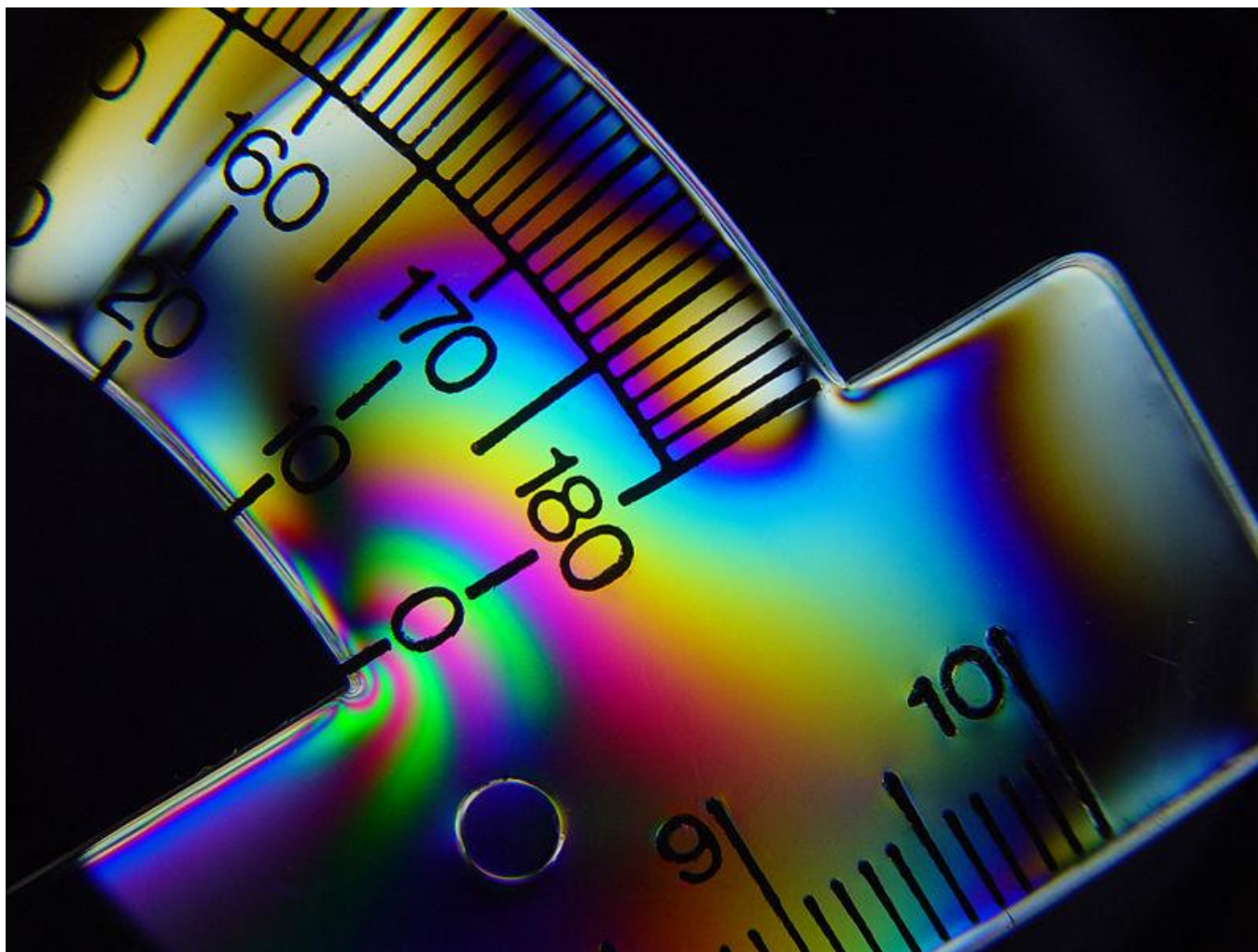
Rys. 9.5. Polaryskop liniowy: z - źródło światła, P - polaryzator, A - analizator, O - obserwator, PD - płytka dwójłonna, PP - płaszczyzna polaryzacji

Polaryskop kołowy



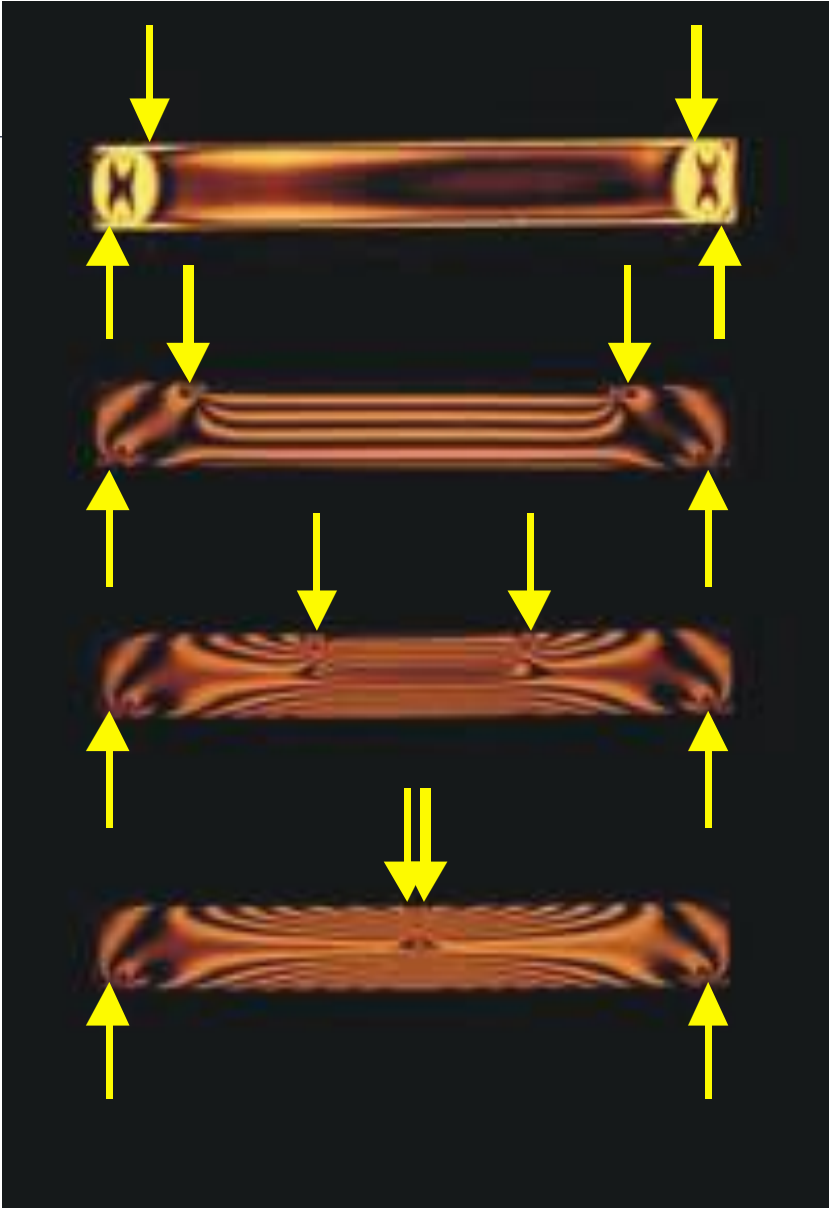
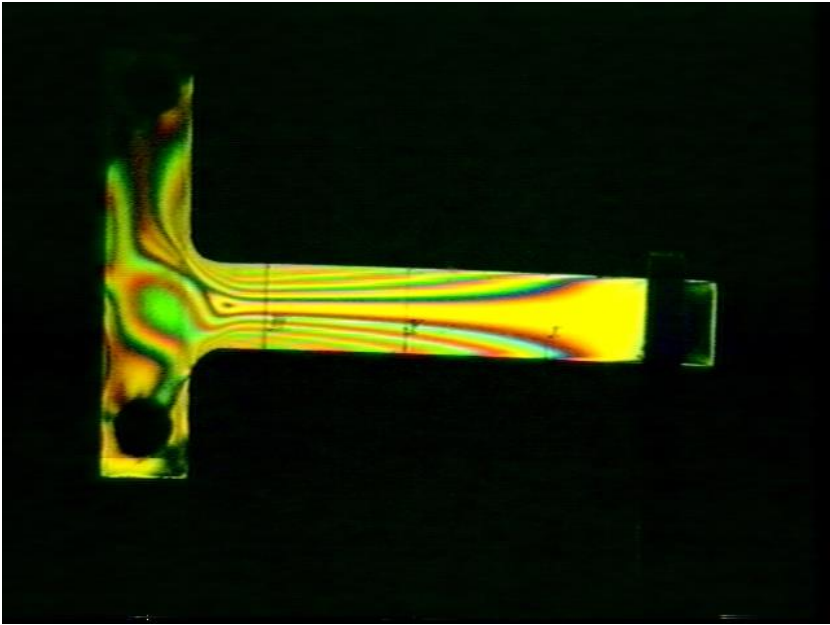
Rys. 9.6. Polaryskop kołowy: z – źródło światła, P – polaryzator, A – analizator, PD – płytka dwójłomna, $\lambda/4$ – ćwierćfalówka, O – obserwator, PP – płaszczyzna polaryzacji

Obrazy



Urządzenia





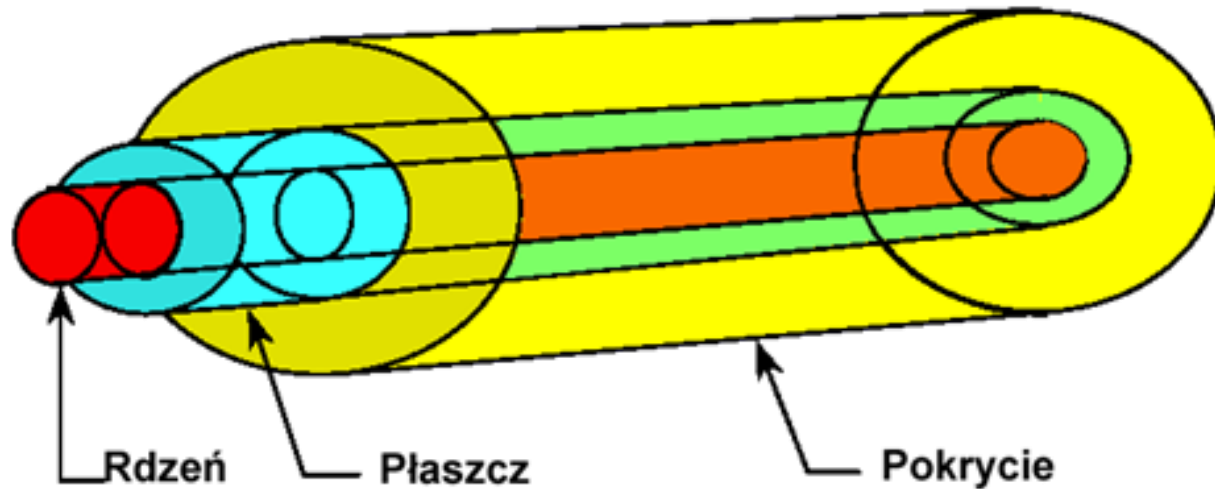
Urządzenia



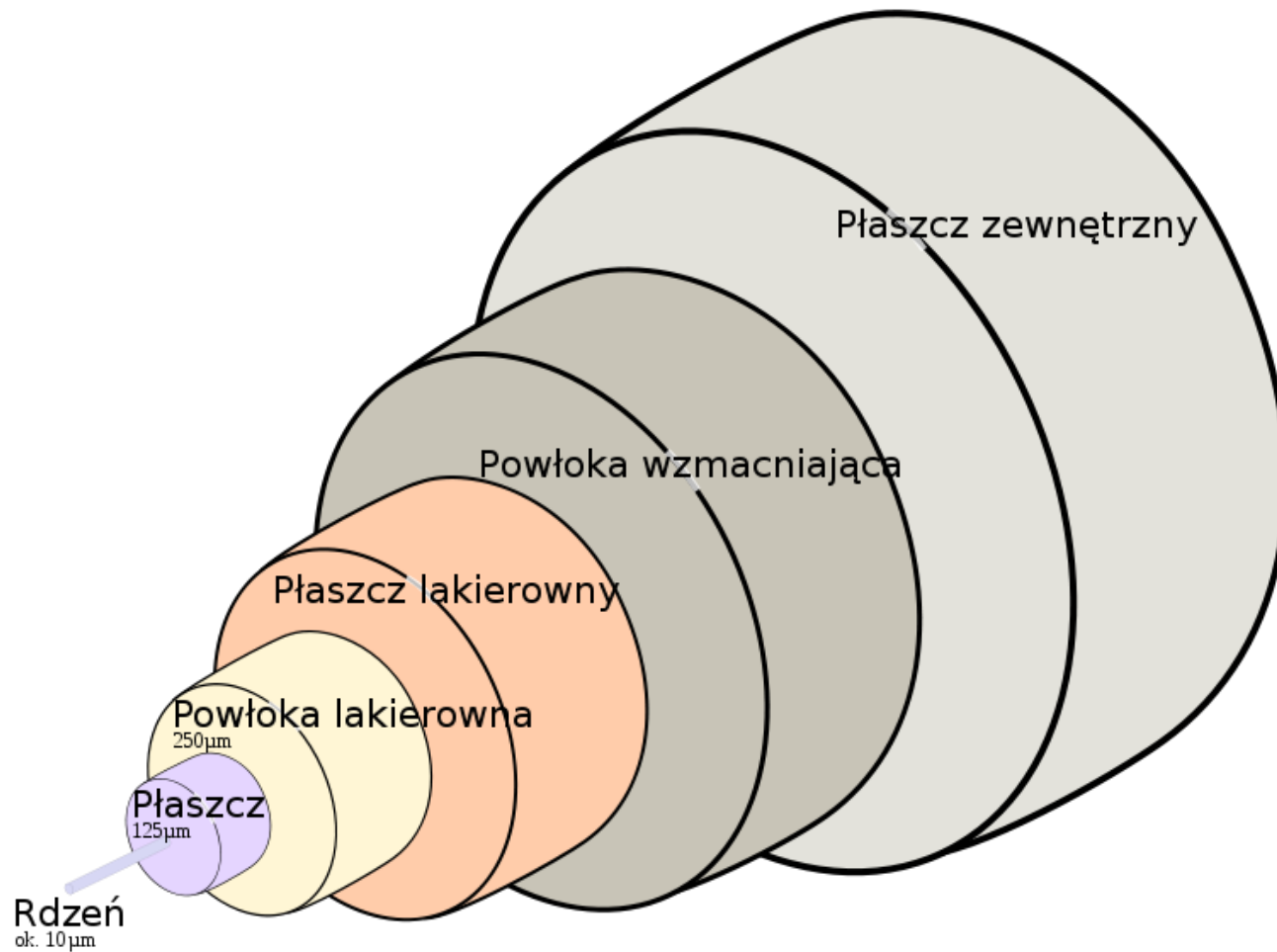
ŚWIATŁOWODY WŁÓKNISTE



Budowa w najprostszym ujęciu



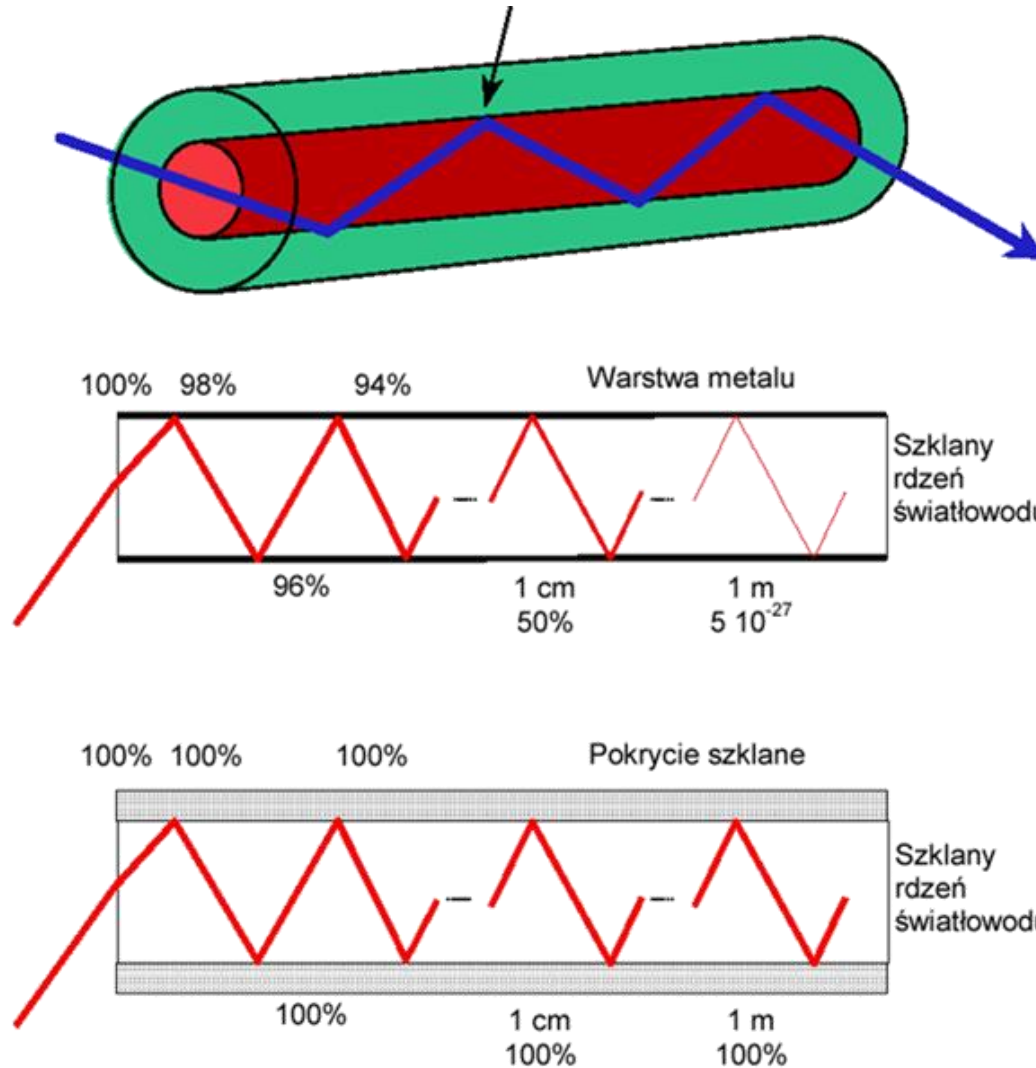
Budowa w ujęciu realistycznym



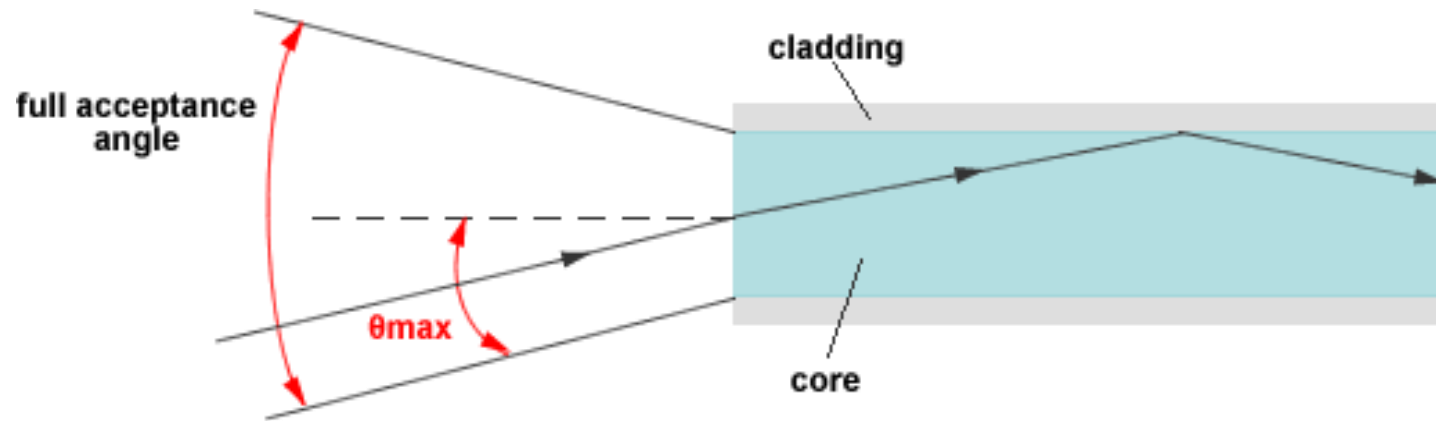
Krótką historia światłowodów

Rok	Wydarzenie
1876	Aleksander Graham Bell wynalazł (i opatentował w 1880 roku) fototelefon, umożliwiający komunikację na odległość 200 m.
1890	Odkrycie efektu światłowodowego w dielektrykach, Lord Tyndall.
1910	Badania i prace teoretyczne nad światłowodami, Lord Rayleigh (Hondros, Debye).
1957	Wynalezienie lasera (Schawlow, Townes, 1958).
1962	Wynalezienie lasera impulsowego GaAs (Hall i in., Nathan i in., 1962).
1965	Propozycja stosowania światłowodów gradientowych w telekomunikacji (Miller, 1965).
1966	Wskazanie, że szkła kwarcowe mogą być stosowane w telekomunikacji do wytwarzania światłowodów o małych stratach (Kao, Hockman, 1966).
1968	Publikacja nt. małych strat w bryłach topionego kwarcu (Kao, Davis, 1968).
1968	Produkcja pierwszego światłowodu telekomunikacyjnego (Uchida i in., 1969).
1970	Produkcja włókien o stratach < 20dB/km. Corning Glass Company (Kapron i in., 1970).
1985	Opracowanie wzmacniacza światłowodowego.

Całkowite wewnętrzne odbicie



Apertura numeryczna (NA)

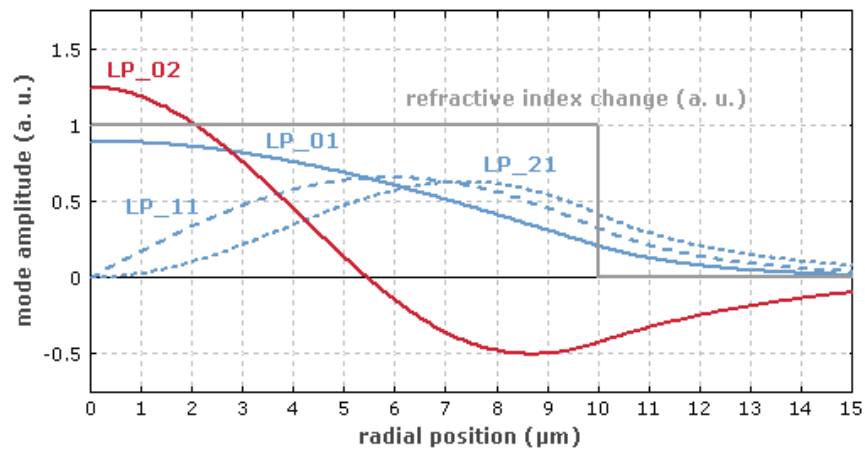
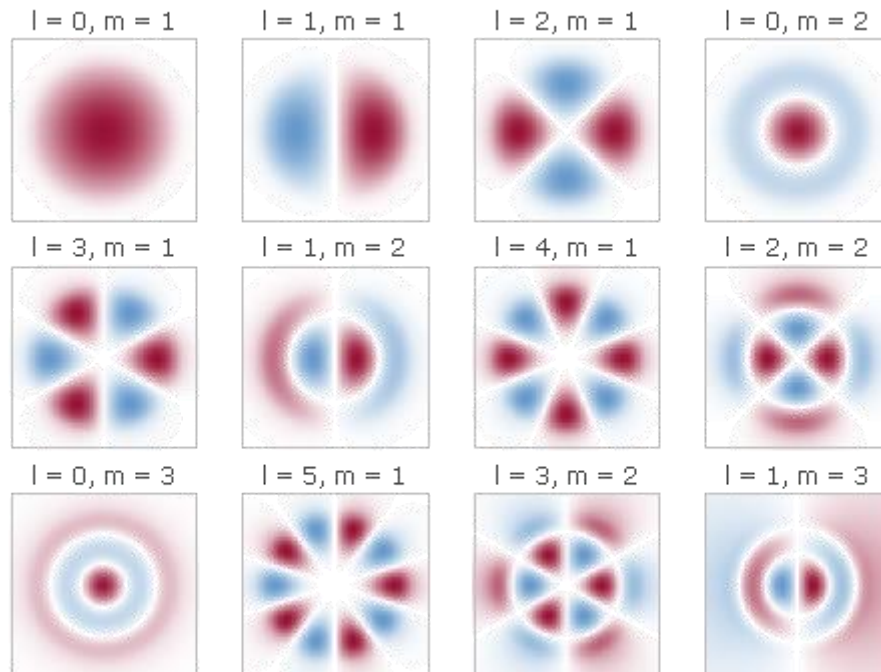


$$NA = n \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_f^2 - n_c^2}$$

Mody w światłowodach

- **Mod** w światłowodzie, to charakterystyczny rozkład pola elektromagnetycznego, odpowiadającym danemu kątowni rozchodzenia się fali.
- Mody można traktować jako efekt wzajemnej interferencji płaskich fal odbijających się wielokrotnie od granicy ośrodków tworzących falowód.
- Matematyczną postać modów można uzyskać rozwiązując równania Maxwella, lub wynikające z nich równanie falowe, z odpowiednimi warunkami brzegowymi narzuconymi na pole elektryczne i magnetyczne na granicy ośrodków.
- W światłowodzie równanie falowe ma nieskończoną ilość rozwiązań, ale tylko skończona część z nich to mody, które mogą się propagować wzdłuż światłowodu.
- Mody posiadają różne własności, np. prędkość propagacji, wektor falowy, poprzeczny rozkład pola em w ośrodku.
- Ilość modów transmitowanych przez światłowód zależy od jego kształtu, średnicy rdzenia.
- Rozkład modów zależy od geometrii światłowodu, własności optycznych materiału rdzenia i płaszcza oraz od długości rozważanej fali.
- Mod zachowuje poprzeczny rozkład pola em i jego polaryzacji wzdłuż osi falowodu.

Mody kolejnych rzędów

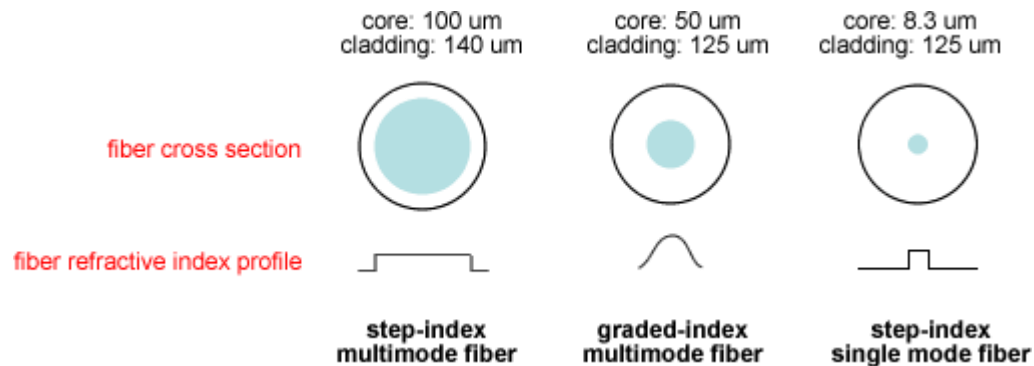


Ile modów mieści się w światłowodzie?

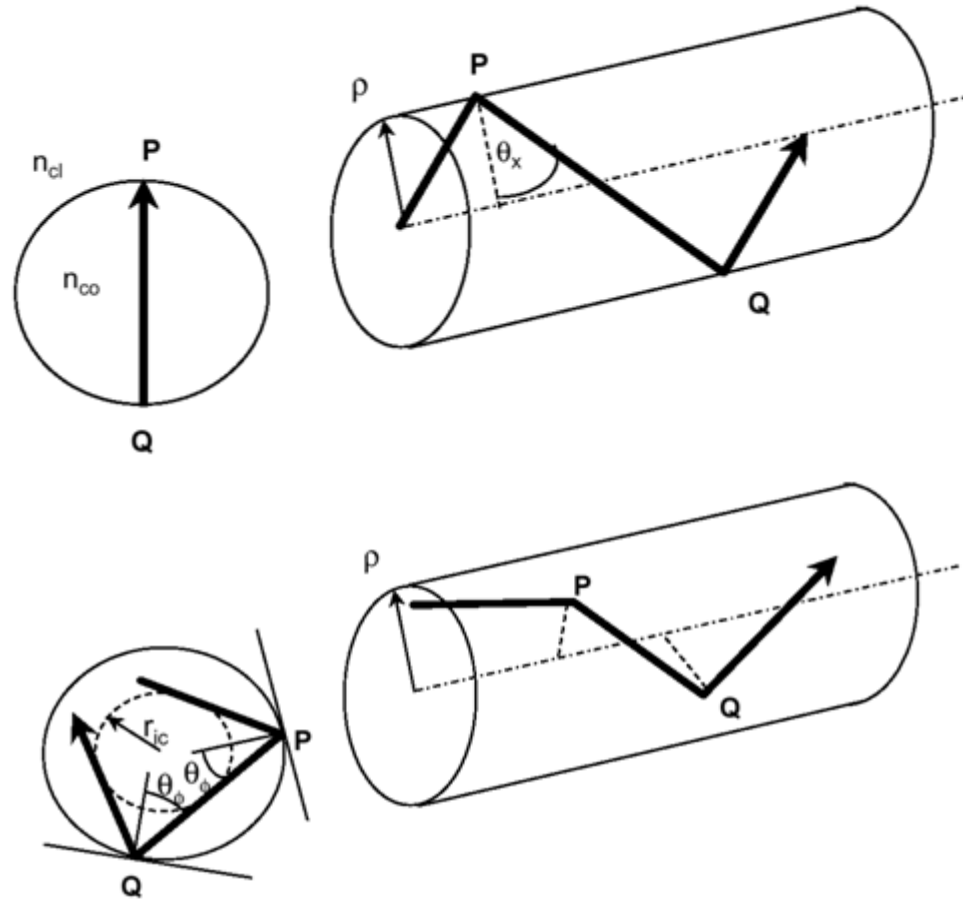
Parametr V określa tzw. unormowaną częstość optyczną (d – średnica rdzenia światłowodu).

$$V = \frac{\pi}{\lambda} d \text{NA} = \frac{\pi}{\lambda} d \sqrt{n_{core}^2 - n_{cladding}^2}$$

Dla wartości V poniżej 2,405, światłowód staje się jednomodowy.



Promień główny a skośny



r_{ic} = promień kaustyki wewnętrznej

Tłumienie w decybelach

- Dla światłowodów tłumienie podaje się w *dB/km*.

3 dB = 50%

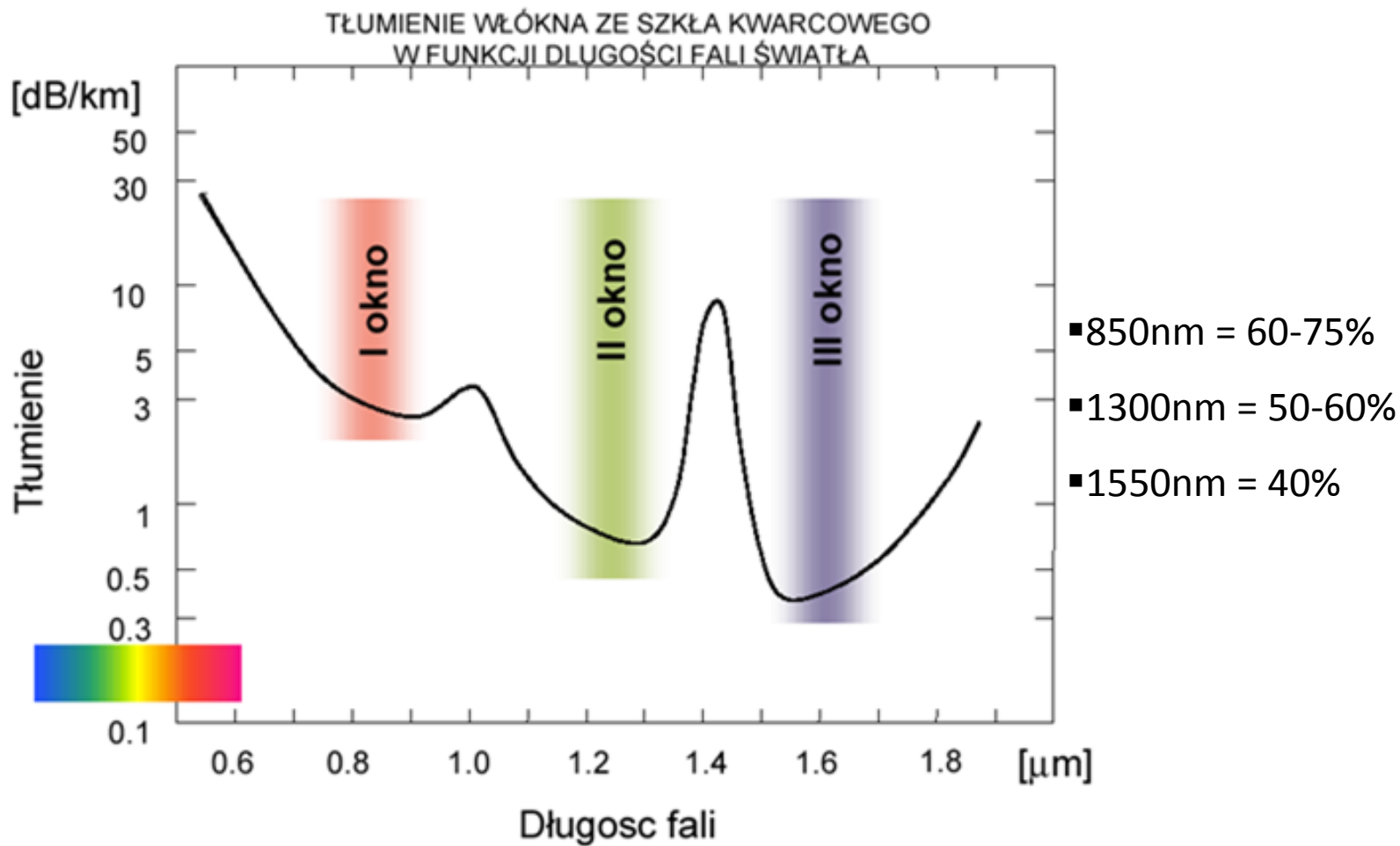
20 dB = 1%

30 dB = 0,1%

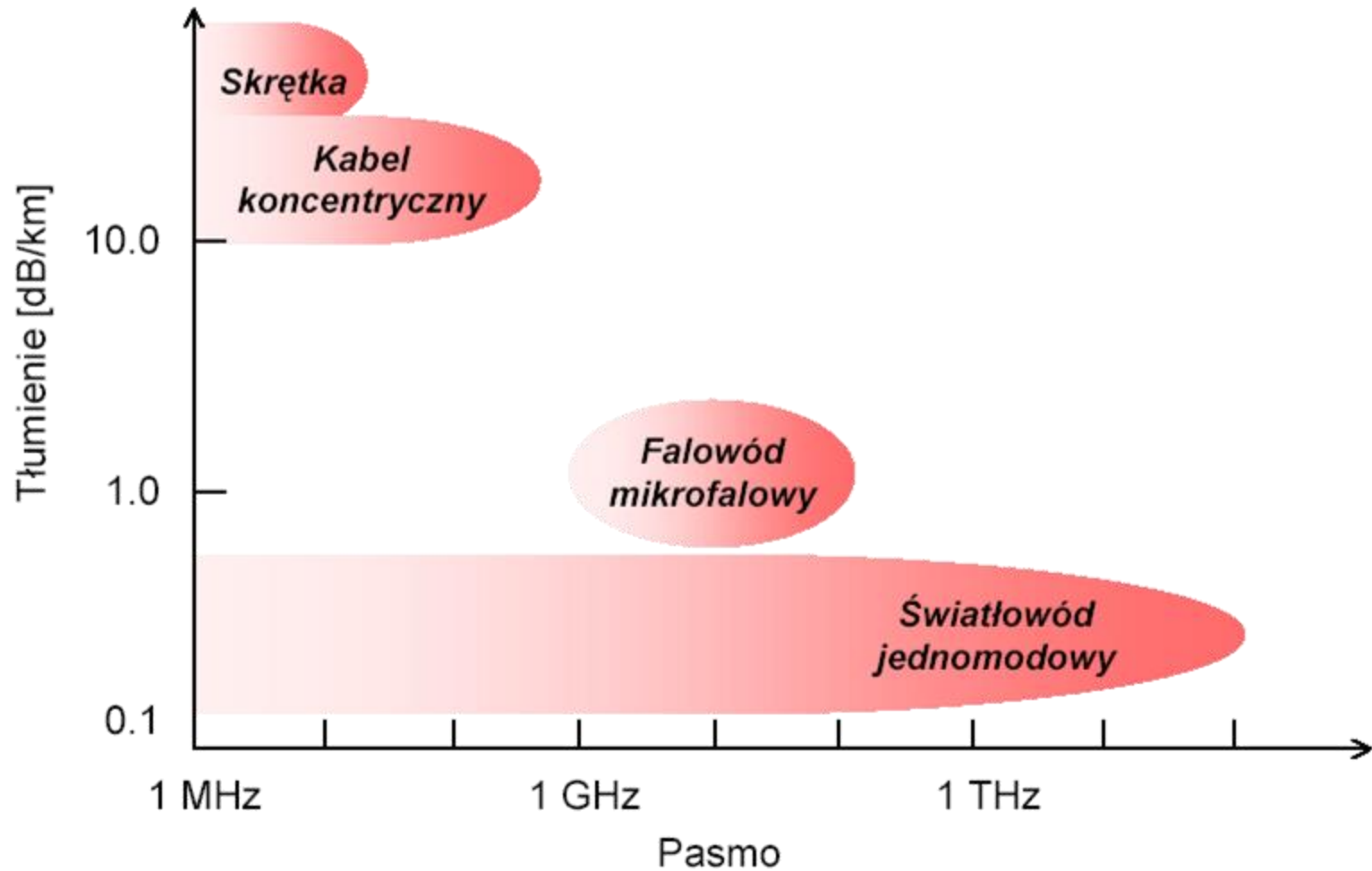
40 dB = 0,01%

$$A[\text{dB} / \text{km}] = - \frac{10 \log \frac{P_{WY}}{P_{WE}}}{L}$$

Tłumienie

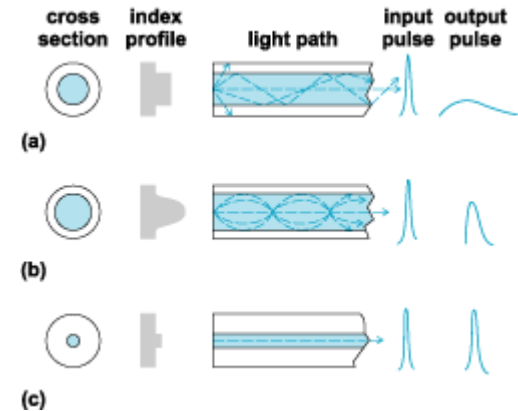


Tłumienie – porównanie

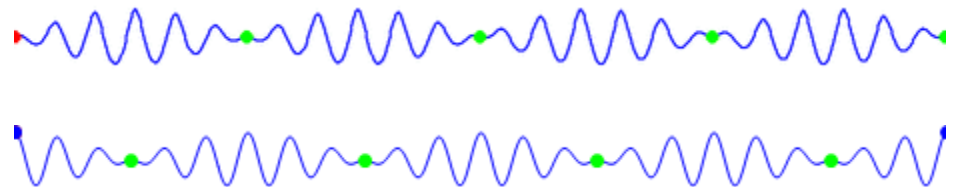


Dyspersja

- Impuls biegnący w każdym falowodzie ulega rozmyciu, co ogranicza maksymalną częstotliwość przesyłanego sygnału.
- Fale świetlne we włóknie nie mają dokładnie takiej samej długości fali.
W wyniku różnic, fale wysłane jednocześnie nie docierają do odbiornika w tym samym czasie. W rezultacie na wyjściu pojawia się szerszy impuls, który rośnie wraz ze wzrostem długości światłowodu.
- Dyspersja ogranicza długość światłowodu, przez który może być przesyłany sygnał o danej częstotliwości
- Dyspersja modalowa – występuje w światłowodach wielomodowych. Impuls światła jest superpozycją wielu modów, z których każdy ma do przebycia inną drogę.
- Dyspersja chromatyczna - wywoływana przez zmianę współczynnika załamania szkła w funkcji długości fali (nie istnieje źródło światła ściśle monochromatyczne).



$$n(\lambda) = n_0 + n_1 \cdot (\lambda - \lambda_0) + n_2 \cdot (\lambda - \lambda_0)^2$$

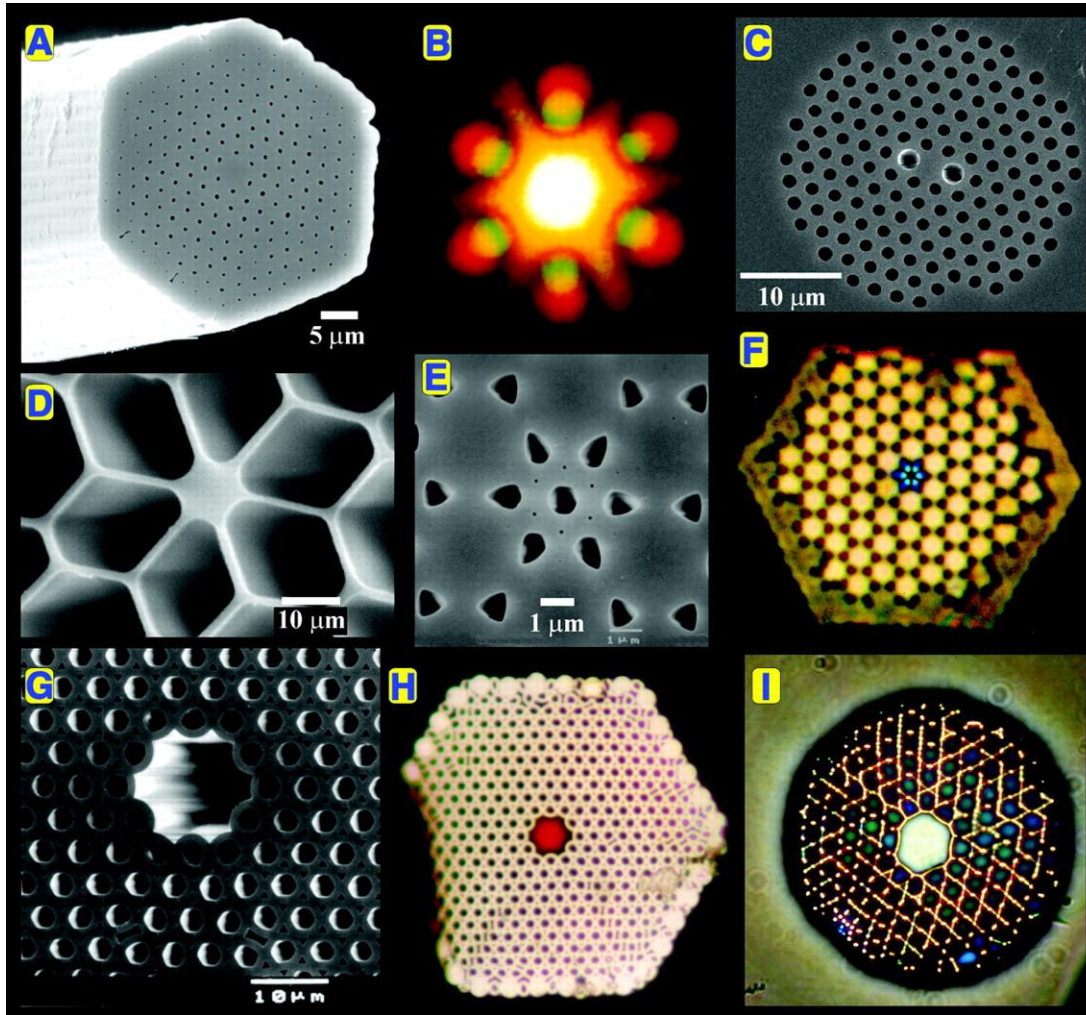


Zalety włókien światłowodowych

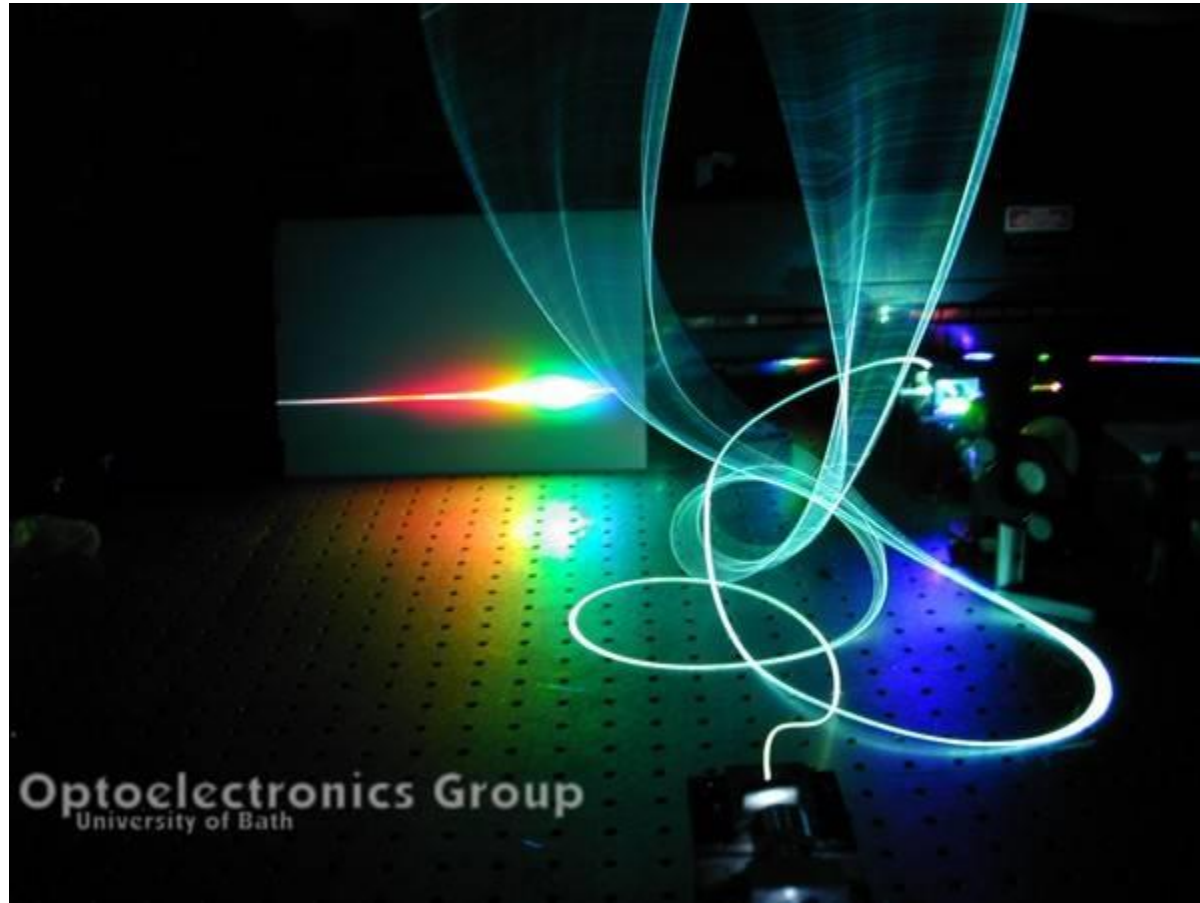
- Duża pojemność informacyjna.
- Małe straty sygnału.
- Niewrażliwość na zakłócenia.
- Mała waga i wymiary poprzeczne.
- Bezpieczeństwo.
- Niezawodność.

ŚWIATŁOWODY FOTONICZNE

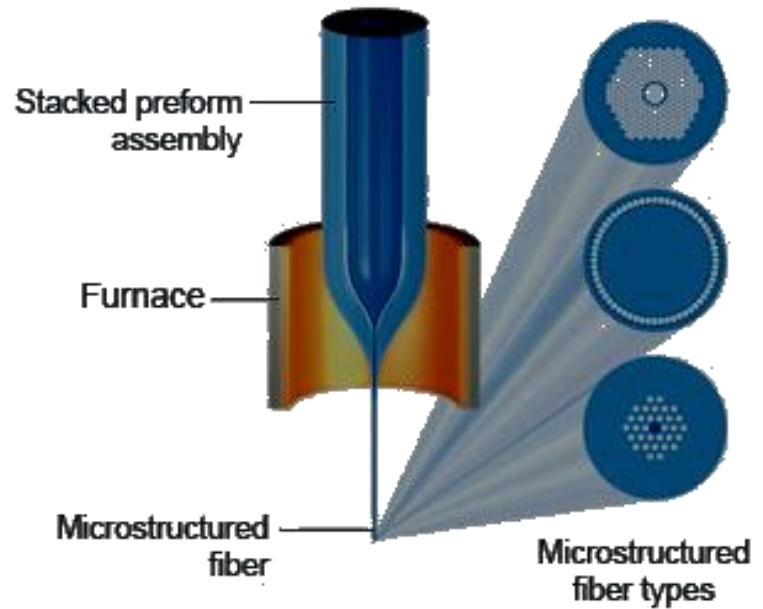
Przykłady włókien



Supercontinuum



Wytwarzanie



ŚWIATŁOWODY SPECJALNE

Dziedziny

- Czujniki światłowodowe.
- Światłowody przenoszące promieniowanie laserowe o wysokiej.
- Oświetlacze i obrazowody medyczne.

Obrazowody

