

LUBELSKIE ŚWIATŁOWODY [1]

LUBLIN OPTICAL FIBERS

**Andrzej Gorgol, Małgorzata Gil-Kowalczyk*,
Lidia Czyżewska, Adam Paździor,
Krzysztof Poturaj, Mariusz Makara,
Aleksander Walewski, Paweł Mergo**

*Pracownia Technologii Światłowodów, Instytut Nauk Chemicznych,
Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej,
Plac Marii Curie-Skłodowskiej 5, 20-031 Lublin
e-mail: malgorzata.gil-kowalczyk@mail.umcs.pl

Dr hab. Paweł Mergo, prof. UMCS, jest absolwentem Wydziału Chemii UMCS i kierownikiem PTŚ. Jego główne zainteresowania naukowe związane są z opracowywaniem technologii nowych rodzajów nisko i wysoko dwójłomnych światłowodów klasycznych i mikrostrukturalnych światłowodów ze szkła krzemionkowego i polimerów, optymalizacji teoretycznej światłowodów, pomiarami ich właściwości transmisyjnych i sensorowych oraz opracowywaniem nowych materiałów użytecznych w technologii światłowodów.



<https://orcid.org/0000-0002-7817-9114>

Dr Małgorzata Gil-Kowalczyk jest zatrudniona w PTŚ UMCS od 2011 roku, obecnie na stanowisku adiunkta. Jej praca naukowa jest ściśle związana z preparatyką oraz charakteryzacją fizykochemiczną materiałów polimerowych użytecznych w technologii światłowodów.



<https://orcid.org/0000-0001-6062-5510>

Mgr Lidia Czyżewska jest zatrudniona w PTŚ UMCS na stanowisku starszego specjalisty naukowo-technicznego. Jej działalność naukowa związana jest z opracowywaniem nowych związków chemicznych dla technologii klasycznych i mikrostrukturalnych światłowodów ze szkła krzemionkowego, szkieł high silica i polimerowych.



<https://orcid.org/0000-0001-8531-9034>

Mgr inż. Adam Paździór jest absolwentem Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej na kierunku Fotonika. W PTŚ UMCS odpowiada za charakteryzację właściwości optycznych i mechanicznych wytworzonych światłowodów, budowę i automatyzację układów pomiarowych oraz opracowywanie i testowanie czujników światłowodowych.



<https://orcid.org/0000-0002-5358-1166>

Mgr Krzysztof Poturaj jest absolwentem Wydziału Chemii UMCS. Jego doświadczenie naukowe obejmuje ponad 35 lat pracy w zespole technologicznym PTŚ UMCS. Jego główne zainteresowania naukowe dotyczą technologii wytwarzania szkła krzemionkowego i szkieł typu high silica metodami MCVD i FCVD, jak też metod składania preform wstępnych na światłowody mikrostrukturalne.



<https://orcid.org/0000-0003-4763-6498>

Mgr Aleksander Walewski jest absolwentem Wydziału Chemii UMCS. Pracuje w zespole technologicznym PTŚ UMCS, gdzie zajmuje się optymalizacją technologii nakładania polimerowych powłok ochronnych na różnego typu włókna światłowodowe oraz opracowywaniem składu kompozycji lakierowych.



<https://orcid.org/0009-0004-7843-165X>

Mgr Mariusz Makara jest absolwentem Wydziału Chemii UMCS. Jego doświadczenie zawodowe obejmuje ponad 25 lat pracy w zespole technologicznym PTŚ UMCS. Jego zainteresowania naukowe dotyczą wytwarzania i przetwarzania preform na światłowody mikrostrukturalne oraz technik wyciągania światłowodów klasycznych i mikrostrukturalnych.



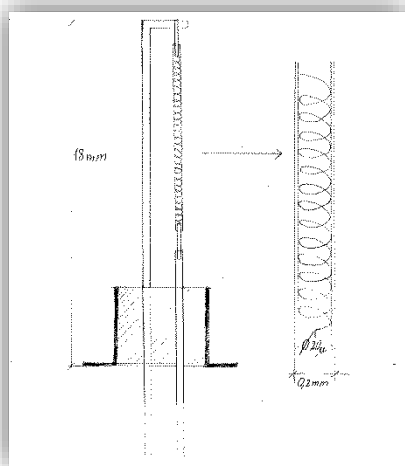
<https://orcid.org/0000-0003-4377-3938>

Mgr Andrzej Gorgol był pracownikiem PTŚ, obecnie na emeryturze.

ABSTRACT

The history of Lublin (but also Polish) fiber optics began in 1975 at UMCS and continues to this day. Knowledge about the production of special, very pure silica glass was poor, which makes the achievements of Lublin chemists, who at the same time as technology developed, had to learn and apply the theory of light propagation, even more significant. The presented article is a summary of 50 years of research on fiber optics at the Lublin center.

Można przyjąć, że historia Lubelskich Światłowodów rozpoczęła się w 1971 r. w Zakładzie Chemii Fizycznej, kierowanym przez prof. Andrzeja Waksmundzkiego. W tym czasie do pracy przyjęto dwóch młodych asystentów-chemików: mgra Jana Wójcika i mgra Andrzeja Gorgola. Ich pierwsze zadanie polegało na opracowaniu konstrukcji czujników katarometrycznych (Rys. 1), mierzących przewodnictwo cieplne gazów [1]. Element pomiarowy takiego czujnika stanowiła niewielka sprężynka z drutu platynowego, cieńszego od włosa, zatopiona w kapilarę szklaną o średnicy ok. 0,2 mm. Wytworzenie takich przyrządów pomiarowych wymagało rozwiązania wielu problemów z pogranicza fizyki i mechaniki precyzyjnej.



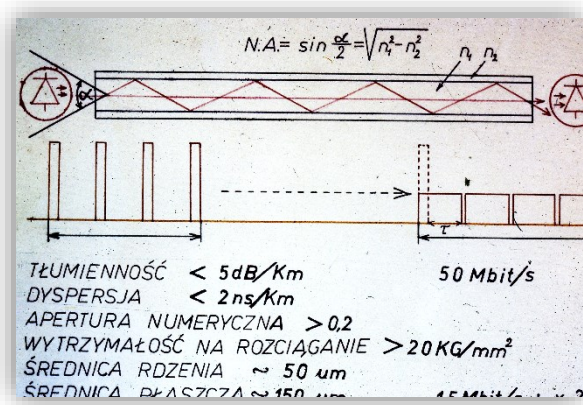
Rysunek 1. Schemat opracowanego czujnika katarometrycznego.

Figure 1. Scheme of the catharometric sensor.

Już po kilku miesiącach zbudowano pierwsze laboratoryjne maszyny do wytwarzania elementów składowych opracowywanych czujników: nawijarkę do cienkich włókien platynowych i wyciągarkę do kapilar szklanych, pozwalającą płynnie regulować ich średnicę wewnętrzną i zewnętrzną. Po wykonaniu serii kilkuset czujników, podjęto prace nad otrzymywaniem kapilarnych kolumn chromatograficznych, czyli długich sprężyn z rurek szklanych. Wystarczyło w tym celu rozbudować opracowaną wyciągarkę i uzupełnić ją o urządzenie zmiękczające i zwijające kapilarę szklaną. Jednocześnie opracowano technologię wytwarzania bardzo drobnych kulek szklanych, które po odpowiedniej obróbce, stanowiły wypełnienie kolumn chromatograficznych. Prace te pozwoliły zdobyć duże doświadczenie z dziedziny technologii szkła.

Pierwszy kontakt z tematyką światłowodową nastąpił w 1975 r., gdy w Lublinie zjawiał się współpracownik Profesora Zenona Szpiglera z Politechniki Warsza-

wskiej z prośbą o wykonanie cienkiej, długiej i elastycznej kapilary szklanej. Przy okazji podzielił się informacjami o szycującym się przełomie w tele-komunikacji - tradycyjne kable miedziane osiągnęły kres swoich możliwości w szybkości transmisji, a od kilku lat pojawiały się w literaturze naukowej wiadomości o próbie przesyłania informacji w postaci sygnałów świetlnych przez specjalne przezroczyste włókna zwane światłowodami. Dzięki ich unikatowej budowie i wykorzystaniu odpowiednich szkielek, światłowody typowo zbudowane z płaszcza i rdzenia, prowadzą światło dzięki całkowitemu wewnętrznemu odbiciu (Rys. 2).

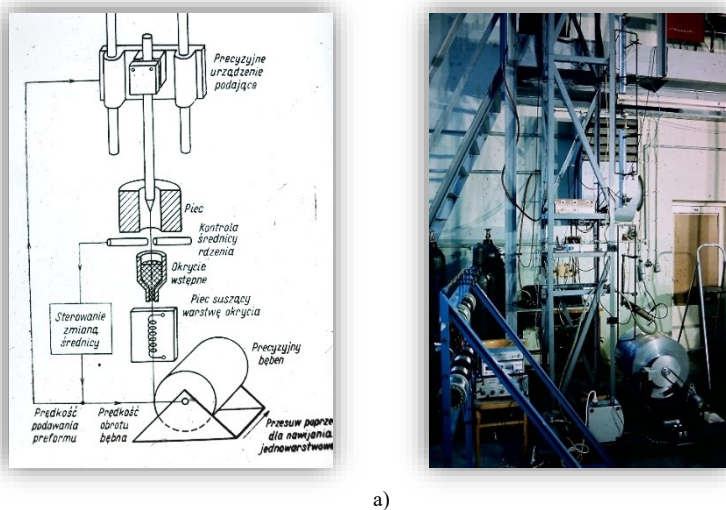


Rysunek 2. Ówczesna wiedza na temat światłowodów.
Figure 2. Knowledge of fibre optics at the time.

Profesor Szpigler i jego współpracownicy próbowali zbudować model światłowodu z kapilary szklanej wypełnionej cieczą o wyższym współczynniku załamania światła. Niestety ze względu na dużą niejednorodność optyczną cieklej rdzeń zbyt mocno rozpraszał światło i taki światłowód prowadził światło na odcinku zaledwie kilku centymetrów. Działanie takiego laboratoryjnego polskiego modelu światłowodu przedstawiono w 1976 r. w Jabłoncej na pierwszym w Polsce symposium na temat techniki światłowodowej. Na to symposium zostali zaproszeni również pracownicy UMCS. Zademonstrowali tam pierwsze całkowicie szklane światłowody wytworzone przez jednoczesne wyciąganie rurki i umieszczonego wewnątrz pręta szklanego.

Zainteresowanie możliwościami techniki światłowodowej było wielkie. Dlatego Profesor Waksmundzki wydzielił grupę dwóch pracowników (mgra Andrzeja Gorgola i mgra Jana Wójcika) do opracowania technologii wytwarzania włókien telekomunikacyjnych. Ze skąpych danych literaturowych wynikało, że najlepsze wyniki można osiągnąć metodą MCVD, czyli wytwarzania warstw szkła wewnątrz rury ze szkła krzemionkowego w reakcji utleniania lotnych związków

krzemu, germanu, boru i fosforu. Wymagało to zbudowania całkiem nowych urządzeń i maszyn, m. in. wyciągarki do włókna (Rys. 3).



Rysunek 3. Wyciągarka światłowodowa: a) schemat, b) zdjęcie wyciągarki UMCS.
Figure 3. Optical fiber drawing tower: a) scheme b) photo of the UMCS drawing tower.

Prototypy maszyn wykonano własnymi siłami, rozwiązując przy tym liczne problemy związane z pomiarami parametrów procesu, ich stabilizacją, i regulacją automatyczną. Uzyskane włókna światłowodowe miały na tyle dobre własności optyczne, że przy dużym poparciu ówczesnego Ministra Łączności prof. Edwarda Kowalczyka powstał projekt budowy prototypowej linii światłowodowej w Lublinie. Organizacją prac zajął się dyrektor Okręgowego Laboratorium Poczty i Telekomunikacji mgr inż. Stanisław Zbyrad (Rys. 4). Urządzenia nadawczo-odbiorcze zbudowali pracownicy Politechniki Warszawskiej.



Rysunek 4. Profesor Zenon Szpigler i Stanisław Zbyrad
Figure 4. Professor Zenon Szpigler and Stanisław Zbyrad

Na początku 1979 r. powstała pierwsza w Polsce linia światłowodowa o długości 2,5 km łącząca dwie centrale telefoniczne (Rys. 5).



Rysunek 5. Pierwsza linia światłowodowa oznaczona czarną linią na fragmencie planu Lublina.
Figure 5. The first optical fiber line marked with a black line on a Lublin plan fragment.

Na świecie działających linii światłowodowych było wówczas niewiele, sukces był zatem znaczący. Zespół prof. Andrzeja Waksmundzkiego z UMCS (Rys. 6) uzyskał liczne nagrody i wyróżnienia, a w 1982 r. zarządzeniem ówczesnego Rektora UMCS powstała Pracownia Technologii Światłowodów (PTS) pod kierownictwem prof. Andrzeja Waksmundzkiego.



Rysunek 6. Zespół profesora Waksmundzkiego w 1979 r.
Figure 6. Professor Waksmundzki's team in 1979.

W kolejnych latach Pracownia Technologii Światłowodów rozbudowywała się i stawała centralnym dla Polski miejscem produkcji światłowodów telekomunikacyjnych próbując równocześnie alternatywnych metod ich wytwarzania. Współpraca z Politechniką Wrocławską, zajmującą się techniką mikrofalową, umożliwiła badania nad metodą PCVD, wykorzystującą reakcję w plazmie. W 1982 r. powstała w Łodzi druga w Polsce linia światłowodowa o długości 5 km. Podjęto wówczas decyzję o budowie w Lublinie zakładu produkcyjnego światłowodów. Już rok później otwarto Ośrodek Techniki Optotelekomunikacyjnej (OTO), zatrudniający ponad 100 osób, produkujący włókna i kable z wykorzystaniem technologii opracowanej w UMCS. Powstanie OTO (Rys. 7) w znacznym stopniu odciążało Uniwersytet i pozwoliło na podjęcie badań nad innymi typami światłowodów.



a)



b)

Rysunek 7. Ośrodek Techniki Optotelekomunikacyjnej: a) wmurowanie kamienia węgielnego, b) otwarcie
Figure 7. Optocommunications Technology Center: a) laying the foundation stone, b) opening

W 1985 r. powstał krajowy projekt badawczy, obejmujący całość zagadnień optoelektronicznych koordynowany przez prof. Bohdana Paszkowskiego, a tematykę badań nad technologią wytwarzania światłowodów powierzono UMCS. W projekcie brało udział 13 jednostek naukowo-badawczych z Polski. Program ten dał liczne efekty w postaci opracowań nowych technologii, materiałów, metod pomiarowych oraz urządzeń technologicznych. Współpraca nawiązana między tymi ośrodkami trwa do dziś.

Przez następne 9 lat OTO produkował włókna i kable światłowodowe, a Pracownia Technologii Światłowodów UMCS stanowiła jego zaplecze naukowo-badawcze. W 1987r. Profesor Andrzej Waksmundzki odszedł na emeryturę i kierownictwo nad Pracownią przejął Profesor Jan Rayss. Burzliwy rozwój technologii światłowodów w świecie spowodował wyraźny spadek ich cen, a rachunek ekonomiczny spowodował konieczność przejścia na import tańszych włókien telekomunikacyjnych z zagranicy. Pracownia Technologii Światłowodów zajęła się technologią specjalnych włókien światłowodowych. Jako jedną z pierwszych opracowano technologię dwójłomnego światłowodu z otworami powietrznymi za

którą zespół technologiczny kierowany przez dr Jana Wójcika otrzymał w 1998 roku nagrodę Przewodniczącego Komitetu Badań Naukowych - tzw. "Polskiego Nobla". W 2001 roku opracowano technologię światłowodów fonicznych. W chwili obecnej Pracownia Technologii Światłowodów UMCS jest jedną z nielicznych uniwersyteckich jednostek badawczych w Europie posiadającą kompletne linie technologiczne do wytwarzania światłowodów, zawierającą dedykowane przemysłowe maszyny do wytwarzania preform, oraz odpowiednie wyciągarki światłowodów.

W szczególności zaplecze techniczne i technologiczne PTS stanowią:

- Hala Półtechniki – wyposażona m.in. w kompletne linie technologiczne MCVD (skala laboratoryjna) i FCVD (skala półtechniczna) wraz z pełną infrastrukturą chemiczną do wytwarzania preform na różne typy światłowodów, wyciągarki do światłowodów dla skali laboratoryjnej i półtechnicznej, maszyna wytrzymałościowa Zwick Z2.5 TH zwicki-Line (wytrzymałość mechaniczna), maszyny do badań wytrzymałości doraźnej światłowodów (proof-test).
- Laboratoria pomiarów technologicznych – wyposażone m.in. w: preform-tester York P102 (pomiar rozkładu współczynnika załamania światła w wytwarzanych preformach), skaningowy mikroskop elektronowy Phenom G2 Pro, źródła SC i analizatory OSA zakres spektralny 450-2400 nm, spawarki światłowodów z pomiarem charakterystyk spawów Vytran FFS-2000 (żarnikowa) i CMS 3sae, układy do pomiarów: dwójłomności, czułości na ciśnienie, temperaturę i rozciąganie światłowodów.
- Pracownia technologii polimerowych – wyposażona m. in. w: zestawy do syntez wytwarzania i modyfikacja polimerów dla technologii światłowodów w tym syntezы specyficznych materiałów na powłoki ochronne, komory UV, zestaw analityczny - termowaga sprzężona z kwadropolowym spektrometrem masowym (QMS), spektrometr FT-IR oraz skaningowy kalorymetr różnicowy (DSC): STA 449 F1 –QMS - FTIR (ATR) Netzsch, piece i programowalne suszarki laboratoryjne o temperaturze pracy do 600°C, wylączarkę do polimerów.
- Pracownia projektowo konstrukcyjna wraz ze szlifiernią szkła krzemionkowego stanowiąca zabezpieczenie działalności Pracowni Technologii Światłowodów od strony konstrukcji specjalistycznych urządzeń niezbędnych przy opracowywaniu technologii nowych rodzajów włókien. Wyposażona m. in. w: maszyny do obróbki mechanicznej różnych materiałów konstrukcyjnych (plastiki, metale), specjalistyczne piły do cięcia szkła krzemionkowego, specjalistyczną bezluzową wysokoobrotową frezarkę do obróbki powierzchni bocznych prętów i rur ze szkła krzemionkowego.

Od 2011 r. Pracownią Technologii Światłowodów kieruje dr hab. Paweł Mergo, prof. UMCS. W 2018 r. podczas 74 Inauguracji Roku Akademickiego ówczesny Rektor Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, prof. Stanisław Michałowski, wręczył Nagrodę Naukową „Marii Curie” zespołowi naukowców z Pracowni Technologii Światłowodów pod kierownictwem dr hab. Pawła Mergo, prof. UMCS (Rys. 8).

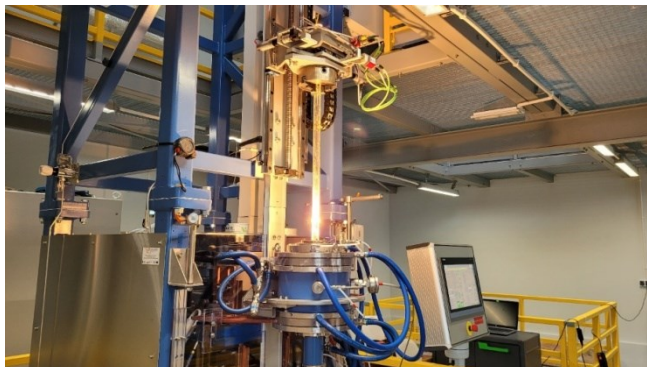


Rysunek 8. Pracownicy PTŚ odbierający Nagrodę Naukową „Marii Curie”.
Figure 8. PTŚ employees receiving the "Marie Curie" Science Award.

Nagroda została przyznana za badania i rozwój „technologii światłowodów ze szkła krzemionkowego i polimerów” oraz za współpracę ze środowiskiem społeczno-gospodarczym województwa lubelskiego w tym zakresie. W 2020 r. dr hab. Paweł Mergo, prof. UMCS został Laureatem Nagrody Inteligentnego Rozwoju 2020 w kategorii „Naukowiec przyszłości”. Nagroda została przyznana za dotychczasowe osiągnięcia Laureata z zakresu technologii fonicznych i światłowodowych i stanowi prestiżowe wyróżnienie przyznawane innowatorom w środowisku biznesowym i naukowym.

O wysokim poziomie badań prowadzonych w Pracowni świadczy udział w kilku programach badawczych finansowanych z Programów Ramowych Unii Europejskiej oraz kilkunastu grantach finansowanych z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz innych agencji finansujących badania naukowe. Wśród zrealizowanych w ostatnich latach projektów były m.in.: zaprojektowanie i wykonanie systemu monitoringu górotworu opartego na technologii fonicznej, opracowanie zaawansowanych struktur światłowodów fonicznych dla innowacyjnych sieci telekomunikacyjnych, a także spiralnych światłowodów fonicznych do zastosowań w metrologii i komunikacji optycznej. Warto wspomnieć, że PTŚ jest częścią Narodowego Labo-

ratorium Fotoniki i Technologii Kwantowych, w ramach którego została przeprowadzona modernizacja Hali Póltechniki, gdzie wytwarzane są światłowody (Rys. 9).

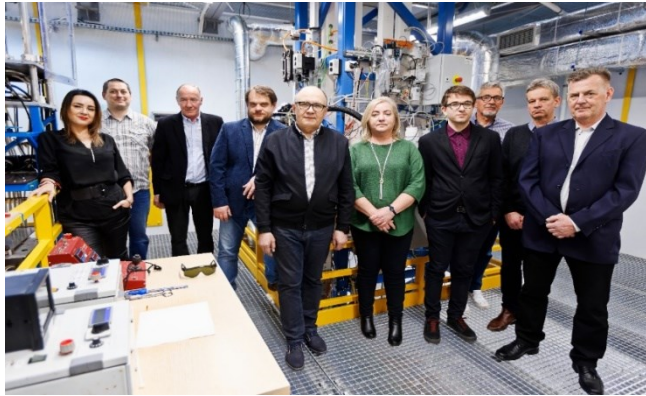


Rysunek 9. Pracująca wyciągarka do światłowodów na Hali Póltechniki po modernizacji.

Figure 9. Working optical fiber drawing tower at the Póltechnika Hall after its modernization.

PTŚ może się także pochwalić współpracą z wieloma firmami (m. in.: SHM System, InterLab, SunFiber), co wynika z bogatego doświadczenia pracowników Pracowni. PTŚ jest również członkiem dwóch organizacji branżowych z dziedziny fotoniki: Polskiej Platformy Technologicznej Fotoniki i Polskiego Klastra Fotoniki i Światłowodów, co pozwoliło na znaczące poszerzenie zakresu oddziaływania PTŚ dla przemysłu.

Wieloletnie doświadczenie, a tym samym obszerna wiedza umożliwia pracownikom (Rys. 10) Pracowni Technologii Światłowodów realizowanie usług w szerokim zakresie w obszarze technik światłowodowych.

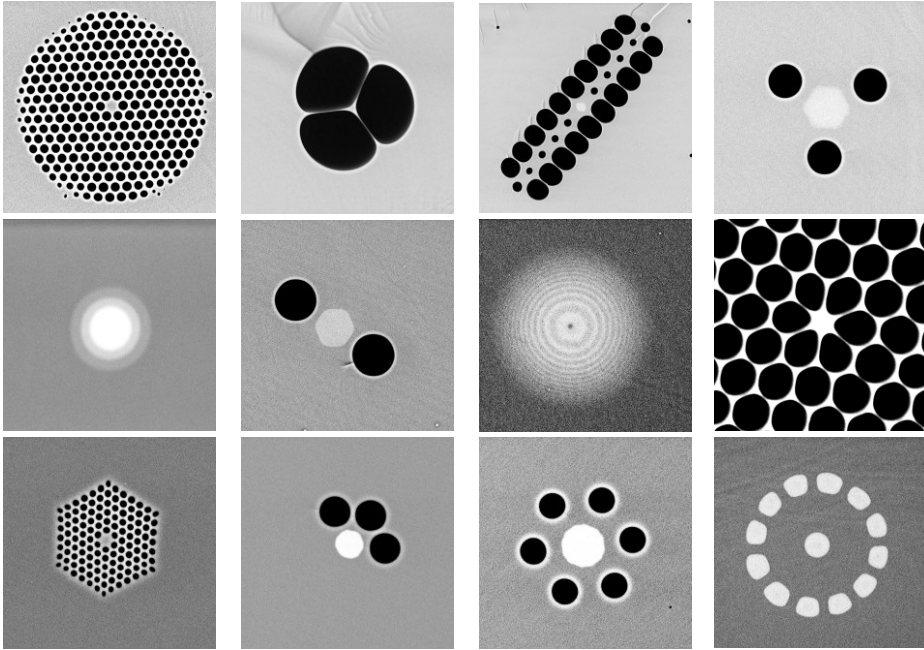


Rysunek 10. Skład osobowy Pracowni Technologii Światłowodów od lewej: dr Małgorzata Gil-Kowalczyk, mgr inż. Grzegorz Wójcik, dr Wiesław Podkościelny, prof. Paweł Mergo, mgr Krzysztof Poturaj, mgr Lidia Czyżewska, mgr inż. Adam Paździor, mgr Aleksander Walewski, mgr Mariusz Makara, Jarosław Kopeć

Figure 10. Personal squad of the Laboratory of The Optical Fiber Technology, from the left: dr. Małgorzata Gil-Kowalczyk, MSc. eng. Grzegorz Wójcik, dr. Wiesław Podkościelny, prof. Paweł Mergo, MSc. Krzysztof Poturaj, MSc. Lidia Czyżewska, MSc. eng. Adam Paździor, MSc. Aleksander Walewski, MSc. Mariusz Makara, Jarosław Kopeć

W ostatnich latach byli oni także jednymi z inicjatorów Lubelskiej Wyżyny Technologii Fotonicznych – przedsięwzięcia związanego z dalszym rozwojem szeroko rozumianych technologii fonicznych i światłowodowych na terenie województwa lubelskiego. Wymiernym efektem tego przedsięwzięcia jest sfinansowanie kilku projektów naukowo-badawczych prowadzonych przez konsorcja złożone z uczelni i przedsiębiorców oraz projektów rozwojowych realizowanych przez przedsiębiorstwa z Lubelszczyzny.

Do chwili obecnej w Pracowni Technologii Światłowodów opracowano technologie kilkuset rodzajów światłowodów do różnych zastosowań począwszy od telekomunikacji poprzez czujniki różnych wielkości fizycznych skończywszy na światłowodowych laserach dużej mocy. Większość z nich to światłowody mikrostrukturalne o specyficznych strukturach wewnętrznych i właściwościach optycznych. Zdjęcia przekrojów poprzecznych wybranych światłowodów opracowanych w PTŚ przedstawiono na poniższym (Rys. 11).



Rysunek 11. Zdjęcia w przekroju poprzecznym centralnego obszaru (wokół rdzenia) dwunastu przykładowych „egzotycznych” struktur światłowodów specjalnych wytworzonych w Pracowni Technologii Światłowodów UMCS. Czarne obszary odpowiadają otworom powietrznym, szare obszary szkła krzemionkowego o różnych poziomach domieszkowania.

Figure 11. Photographs in cross section of central region (around core) of a dozen ‘exotic’ exemplary geometries of specialty optical fibres manufactured in Laboratory of Optical Fibre Technology. Black areas correspond with air holes, grey – with silica glasses with different doping levels.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] Strona internetowa: <https://opticalfibers.umcs.pl/>

Praca wpłynęła do Redakcji 8 lipca 2024 r.

