

## PONAD 50 LAT DZIAŁALNOŚCI WROCŁAWSKIEJ SZKOŁY LASEROWEJ NA POLITECHNICIE WROCŁAWSKIEJ

Wojciech MICHALSKI<sup>1</sup>, Remigiusz MYDLIKOWSKI<sup>2</sup>

1. Komisja Historyczna SEP O/ Wrocławskiego, K52  
tel.: 516 408 546 e-mail: z\_c\_m\_50@op.pl
2. Wydział Elektroniki Politechniki Wrocławskiej K35W04D02  
tel.: 713202829 e-mail: remigiusz.mydlikowski@pwr.edu.pl 1

**Streszczenie:** W chwili obecnej Wrocławska Szkoła Laserowa (WSL) jest znanym na świecie ośrodkiem badawczym, w którym prowadzone są badania naukowe oraz opracowywane nowe rozwiązania dziedzinie techniki laserowej. Twórcą WSL był prof. Zbigniew Godziński. Pod kierunkiem Profesora grupa badawcza, w skład której wchodził dr Jan Kupka i dr Romuald Nowicki, w roku 1967 uruchomiła pierwszy „wrocławski laser” (trzeci w Polsce, po Politechnice Warszawskiej i WAT). W 1976 roku grupa badawcza pod kierunkiem prof. R. Nowickiego uruchomiła laser molekularny CO<sub>2</sub> generujący promieniowanie o długości fali 10,6 μm. Krokiem milowym na drodze rozwoju WSL był rok 1992. Pałeczkę założycieli WSL przejmuje młody (teraz już na emeryturze) prof. Krzysztof Abramski. Tworzy on „Grupę Elektroniki Laserowej”, która obecnie liczy dziesięciu pracowników naukowych i jedenastu doktorantów w ramach Katedry Teorii Pola, Układów Elektronicznych i Optoelektroniki na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. W chwili obecnej Grupa ta prowadzi intensywne badania naukowe w kilku kierunkach: Ultraszybkie lasery femtosekundowe, zjawiska nieliniowe w światłowodach w bliskiej i średniej podczerwieni; Metrologia laserowa; Spektroskopia laserowa do detekcji śladowych gazów; Mikroobrobka laserowa. W artykule opisano w wielkim skrócie historię WSL, która liczy już ponad 50 lat.

**Słowa kluczowe:** wrocławska szkoła laserowa, twórcy wrocławskiej szkoły laserowej, tematyka badań naukowych.

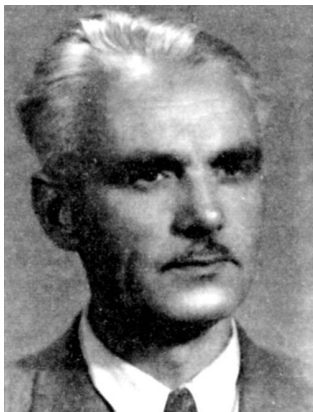
### 1. WPROWADZENIE

Historia Wrocławskiej Szkoły Laserowej jest ściśle związana z historią rozwoju techniki laserowej na świecie, a ta ma swoje początki w 1960 roku. Co prawda teoretyczne podwaliny do budowy laserów stworzył Einstein w 1917 roku przez odkrycie zjawiska emisji wymuszonej, ale dopiero w połowie 1960 roku Teodor Maiman zademonstrował pierwsze działające urządzenie optyczne elektroniki kwantowej, jakim był impulsowy laser rubinowy należący do grupy laserów na ciele stałym. Pierwszy działający laser gazowy, laser He-Ne, należący do grupy laserów atomowych, został zaprezentowany w styczniu 1961 roku przez Ali Javana, W.R.Benetta i D.R.Herriota. Od 1960 roku następuje bardzo szybki rozwój techniki laserowej na świecie. Już w listopadzie 1962 roku pojawiła się publikacja o pierwszym działającym modelu diody laserowej z arsenku galu. Kierunki rozwoju techniki laserowej wyznaczały takie cele, jak: konstrukcja laserów o coraz większych mocach, coraz większej sprawności energetycznej i generujących promieniowanie o nowych długościach fal. Prawie

równocześnie wraz z pojawieniem się pierwszego na świecie lasera podejmowano próby praktycznego zastosowania promieniowania laserowego. Związane to było z niespotykanymi w przyrodzie właściwościami tego promieniowania. Generowane promieniowanie laserowe ma postać wiązki o średnicy od pojedynczych milimetrów do kilku centymetrów i bardzo małej rozbieżności. Poza tym jest to promieniowanie monochromatyczne oraz spójne czasowo i przestrzennie. Wraz z rozwojem techniki laserowej opracowywano coraz to nowe rodzaje światłowodów, które pozwalały w sposób kontrolowany prowadzić wiązkę promieni laserowych do punktu odbioru. Możliwość zmiany kierunku biegu promieni laserowych stwarzała nowe możliwości zastosowań laserów. A trzeba w tym miejscu podkreślić, że próby zastosowań promieniowania laserowego podejmowano prawie równocześnie wraz z uruchomieniem kolejnego typu lasera. Niewątpliwie krokiem milowym w historii rozwoju techniki laserowej było opracowanie laserów półprzewodnikowych o mocach rzędu kilku watów, które na chwilę obecną - w zależności od typu lasera - mogą generować promieniowanie o długościach fal z zakresu bliskiej podczerwieni, poprzez zakres widzialny (ok. 0,4 – 0,8 μm) po ultrafiolet. Wymagane małe, kilkowoltowe zasilanie, duża sprawność energetyczna, małe wymiary i długi czas pracy (nawet 100.000 godzin) to zalety laserów półprzewodnikowych. Właśnie te zalety decydują o szerokim zastosowaniu tego typu laserów chociażby w medycynie czy biologii. W niektórych zastosowaniach, zwłaszcza metrologicznych, czy fizyce, dominują nadal lasery gazowe, bo ich widmo promieniowania jest znacznie węższe. Obecnie bezwzględnie dominują lasery na ciele stałym, w tym lasery światłowodowe.

Na tle bardzo skrótowo przedstawionej 60-letniej historii rozwoju techniki laserowej na świecie przedstawiono poniżej historię WSL na Politechnice Wrocławskiej. Początki tej szkoły sięgają 1962 roku. tymże roku prof. Marian Suski (rys. 1), ówczesny kierownik Katedry Podstaw Telekomunikacji na Wydziale Łączności Politechniki Wrocławskiej – przedwojenny oficer WP, brązowy olimpijski medalista w drużynowej szablach w Los Angeles (1932), dowódca sztabu łączności obrony Warszawy w 1939 roku – zaproponował doc. Zbigniewowi Godzińskiemu (rys. 2) opracowanie źródła promieniowania koherentnego, które dopiero co zaczęto nazywać w skrócie laserem

(akronim słów angielskich: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).



Rys. 1. Prof. Marian Susuki (ur.1905, zm.1993)



Rys. 2. Prof. Zbigniew Godziński (ur.1917, zm.2007)

Tuż po podjęciu decyzji o budowie lasera, Z. Godziński wysłała w 1962 roku do redakcji Proceedings of IEEE pierwszą pracę dotyczącą techniki laserowej (praca została opublikowana w 1963 roku). Treść artykułu dotyczyła propozycji nowego rozwiązania układu rezonatora optycznego. Odbiegając nieco od głównego tematu artykułu warto zaznaczyć, że profesor Z. Godziński po przejściu na emeryturę w 1987 roku zajął się samotnie pracą badawczą nad interferencją słabych wiązek. Wyniki swoich badań ogłosił w 1991 roku w Physics Letters. Jego praca cytowana w Physical Review zostaje uznana za jedną z pięciu od 1909 roku najważniejszych prac eksperymentalnych w dziedzinie interferencji jednofotonowej.

Podjęte prace konstrukcyjne zakończyły się w 1965 roku uruchomieniem jednego z pierwszych w Polsce lasera He-Ne. Tak więc rok 1965 można przyjąć umownie za początek WSL. Rozwój Szkoły na przestrzeni 55 lat był inspirowany przez takie wyjątkowe osobowości naukowe, jak: śp. prof. Zbigniew Godziński, śp. prof. Romuald Nowicki i prof. Krzysztof Abramski (od dwóch lat na emeryturze, ale dalej aktywny zawodowo).

## 2. POCZĄTKI WROCŁAWSKIEJ SZKOŁY LASEROWEJ (LATA 1965-1990)

Prekursorem Wrocławskiej Szkoły Laserowej był prof. Zbigniew Godziński, który razem z dr. Janem Kupką i dr. Romualdem Nowickim w 1965 roku uruchomił laser gazowy He-Ne generujący promieniowanie w bliskiej podczerwieni na długości fali 1,15  $\mu\text{m}$  (w zależności od konstrukcji rezonatora optycznego laser He-Ne może generować fale

o częstotliwości 0,633  $\mu\text{m}$ , 1,15  $\mu\text{m}$  i 3,39  $\mu\text{m}$  i inne). Pierwsza praca magisterska w dziedzinie techniki laserowej na Politechnice Wrocławskiej została wykonana w latach 1969-1970. Promotorem tej pracy był prof. Z. Godziński.

Przez prawie 20 lat (1970-1988) rozwój WSL był możliwy dzięki bardzo skromnemu finansowaniu państwowemu. Mimo starań o dofinansowanie zespołu prof. Godzińskiemu niewiele udawało się pozyskiwać funduszy na prowadzoną działalność badawczą. W pierwszych latach 70-tych w Zakładzie Teorii Pola i Elektroniki Kwantowej kierowanym przez prof. Z. Godzińskiego powstały dwa zespoły badawcze. Zespół pod kierunkiem prof. Z. Godzińskiego, w skład którego wchodził mgr inż. Krzysztof Abramski i kilku doktorantów (w tym mgr inż. Eugeniusz Matras), zajmował się układami stabilizacji częstotliwości lasera He-Ne. W zespole tym opracowano i wykonano dwie unikatowe konstrukcje stabilizacji częstotliwości laserów na liniach absorpcyjnych gazów, kończące się doktoratami: dr inż. E. Matras zbudował laser He-Ne na fali 0,633  $\mu\text{m}$  ze stabilizacją częstotliwości na linii jodu ( $\text{He-Ne/I}_2$ ), dr inż. K. Abramski zbudował laser He-Ne na fali 3,39  $\mu\text{m}$  ze stabilizacją częstotliwości na linii metanu ( $\text{He-Ne/CH}_4$ ).

Drugi zespół pod kierunkiem prof. R. Nowickiego (w skład zespołu wchodził mgr inż. Wojciech Michalski i mgr Edward Pliński) podjął prace nad konstrukcją lasera molekularnego  $\text{CO}_2$ . Zespół ten, po pokonaniu wielu trudności materiałowych (embargo na niektóre materiały) i technologicznych oraz po zaprojektowaniu i wykonaniu zasilacza napięcia stałego 15 kV/ $I_{\text{max}} = 30$  mA, uruchomił w listopadzie 1975 roku laser  $\text{CO}_2$  (na świecie uruchomienie pierwszego lasera molekularnego  $\text{CO}_2$  przypada na rok 1964). Laser ten generował moc ok. 1 W na długości fali 10,6  $\mu\text{m}$ . Mgr E. Pliński opracował i uruchomił układ stabilizacji częstotliwości tego lasera na linii sześćfluorku siarki ( $\text{CO}_2/\text{SF}_6$ ) (praca doktorska). Badaniom szumów promieniowania wykonanego lasera  $\text{CO}_2$  poświęcona była praca doktorska mgr inż. W. Michalskiego.

Pod koniec lat 70-tych zespół prof. Romualda Nowickiego (rys. 3) podjął prace konstrukcyjne nad budową lasera dalekiej podczerwieni (tzw. FIR – Far Infrared Radiation) wzbudzanego promieniowaniem lasera  $\text{CO}_2$ . Niestety, kryzys lat 80-tych przerwał te prace. Lata osiemdziesiąte to okropny zastój prac badawczych, stracone 10-lecie.



Rys. 3. Prof. Romuald Nowicki (ur.1931, zm. 2010)

Pod koniec omawianego ćwierćwiecza WSL znana była w Polsce z opracowanych laserowych wzorców częstotliwości. Przed historycznym 1990 rokiem przemian gospodarczych Szkołę tworzyli profesorowie Z. Godziński i R. Nowicki oraz 6 młodych pracowników nauki.

### 3. WROCŁAWSKA SZKOŁA LASEROWA W LATACH 90-TYCH

Kolejnym przełomowym rokiem w historii Wrocławskiej Szkoły Laserowej był rok 1992. W tymże roku, po 7 latach pobytu zagranicą, najpierw w Twente University of Technology (Department of Applied Physics, u prof. W.J.Wittemana), potem u prof. D.R. Halla w University of Hull (Department of Applied Physics) w Anglii, a potem dalej u prof. D.R. Halla w Heriot-Watt University w Szkocji (Department of Physics), Krzysztof Abramski (rys. 4) podejmuje ponownie pracę w Politechnice Wrocławskiej. Zespół „laserowy” zostaje powiększony o kilku doktorantów, którzy pracują nad nową generacją mikrolaserów na ciele stałym pompowanych diodami laserowymi, bardzo stabilnymi źródłami w telekomunikacji i metrologii. Zespół opracowuje rozwiązania o charakterze aplikacyjnym, w tym w kardiologii (poziom tlenu we krwi, światłowodowe dozowanie promieniowania laserowego w czasie operacji angioplastycznych).



Rys. 4. Prof. Krzysztof Abramski (ur. 1948)

W 1998 r. zespół K. Abramskiego złożony z magistrantów i doktorantów rozpoczyna prace aplikacyjne nad wzmacniaczami i laserami światłowodowymi, zwłaszcza w bardzo atrakcyjnej dziedzinie telekomunikacji światłowodowej z rozdzielaniem długości fali - WDM. Zespół rozwija sensometrię światłowodowo-laserową na pasmo 1550 nm z wykorzystaniem wielokanałowej transmisji światłowodowej (opatentowane unikatowe konstrukcje wibrometrów światłowodowo-laserowych), bada i konstruuje mikrolasery Nd:YVO<sub>4</sub>/KTP 532nm ze stabilizacją częstotliwości, światłowodowe lasery femtosekundowe i optyczne grzebienie częstotliwości bazujące na grafenie (optical combs) - najnowszy trend w technice laserów światłowodowych. Pod koniec lat 90. w ramach WSL powstaje Grupa Elektroniki Laserowej i Światłowodowej.

### 4. GRUPA ELEKTRONIKI LASEROWEJ I ŚWIATŁOWODOWEJ (2000-2020)

Stworzenie grupy badawczej o uznanej renomie w światowym środowisku naukowym, prowadzącej badania na wysokim poziomie było możliwe dzięki konsekwentnej realizacji wizji angażowania młodych ludzi zarówno doktorantów (dotychczas w Grupie zrealizowano 20 prac doktorskich w większości obronionych z wyróżnieniem, 3 z nich uzyskały Nagrody Prezesa Rady Ministrów) jak

i studentów w pracy naukowej. To filozofia – „*teaching by research*”, zgodnie z którą od końca lat 90-tych działa założyciel Grupy, prof. Krzysztof Abramski, stanowi podwaliny sukcesu tej Grupy. Prowadzenie dydaktyki na najwyższym poziomie, na bardzo popularnych wśród studentów kierunkach i specjalnościach (Optokomunikacja, i angielszczyzną: Advanced Applied Electronics, Electronics and Computer Engineering) przyczyniło się do możliwości zaangażowania najzdolniejszych młodych ludzi w pracę naukową. Jej aktualny potencjał został zbudowany systematyczną pracą mającą na celu przede wszystkim dbanie o rozwój kadrowy i intelektualny Grupy. Analizując etapy rozwoju Grupy można wyszczególnić jeszcze dwa krytyczne czynniki, które w sposób niemalże skokowy podnosiły znaczenie i wpływ prowadzonych badań na rozwój dziedziny. Pierwszym z nich było zwiększenie nakładów na badania naukowe realizowane na drodze konkursów, które miało miejsce od około 2007 roku. Pozwoliło to na znaczące zwiększenie potencjału aparaturowego Grupy, co w połączeniu z odpowiednim potencjałem ludzkim przełożyło się na wzrost znaczenia prowadzonych badań. Poczynione w tym okresie inwestycje pozwoliły na rozpoczęcie badań nad światłowodowymi laserami generującymi ultrakrótkie impulsy oraz wzmacniaczami mocy, mikroobróbką laserową oraz spektroskopią laserową. Drugim z czynników, który miał bardzo duży wpływ na aktualny status Grupy była zmiana charakteru zatrudniania pracowników działających w ramach zespołu. Począwszy od 2011 roku systematycznie zwiększany jest udział osób o uzupełniających się kompetencjach zatrudnionych tylko i wyłącznie na stanowiskach naukowych przy zapewnieniu finansowania etatów ze środków zdobywanych w ramach konkursów. Pozwoliło to na większą koncentrację na badaniach naukowych i w połączeniu z nawiązywaną współpracą krajową i międzynarodową przełożyło się na uzyskanie znaczących w skali globalnej rezultatów. Potwierdza to liczba cytowań prac (bez autocytowań) opublikowanych przez członków Grupy, która za ostatnie 5 lat wynosi ponad 4000.

Rozwój grupy badawczej związany był z dwoma głównymi czynnikami tj.

- dostępem do dobrze wykształconych i zmotywowanych młodych ludzi, których potencjał i kompetencje są odpowiednio wzmacniane i ukierunkowywane na badania naukowe,
- zapewnieniem ciągłego finansowania pozwalającego na rozwój sprzętowy laboratorium oraz konkurowanie z przemysłem o najlepszych absolwentów wykazujących potencjał naukowy.

Strategiczne działania zmierzające do prowadzenia badań na najwyższym światowym poziomie są jednocześnie związane z koniecznością prowadzenia dydaktyki na najwyższym poziomie dla najlepszych studentów.

Dynamiczny rozwój kompleksu Laboratorium Laserowego na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, w Katedrze Teorii Pola, Układów Elektronicznych i Optoelektroniki, realizowany jest od roku 2009, kiedy to Grupa Elektroniki Laserowej i Światłowodowej otrzymała w latach 2009-2015 dwa ważne granty w ramach PO.IG „Wykorzystanie nanotechnologii w nowoczesnych materiałach”, na rozwój dwóch tematów:

- Lasery i wzmacniacze światłowodowe” (2,7 mln zł);
- Technologie związane z mikroobróbką laserową i ich zastosowania (3,1 mln zł).

Granty te przyczyniły się do przyspieszenia rozwoju naukowego Grupy. Obecnie Grupa partycypuje w 9 grantach (w tym w dwóch międzynarodowych) współpracując z naukowymi ośrodkami z Niemiec, USA, Chin, Szwecji, Belgii, Francji, W. Brytanii, Czech. Okres ten poświęcono także intensywnemu rozwojowi kadry naukowo-badawczej, bazując na interdyscyplinarnym studiowaniu i samokształceniu: elektroniki, optoelektroniki, fotoniki, fizyki i technologii laserów i światłowodów, a także inżynierii materiałowej. Kilka osób pozyskano z innych specjalności oraz innych ośrodków uniwersyteckich, tworząc twórczą mieszankę interdyscyplinarną. Znakomita większość członków posiada doświadczenia nabyte na stażach w renomowanych zagranicznych ośrodkach badawczych, a także w ośrodkach krajowych.

Obecnie, po przejściu prof. K. Abramskiego w 2018 na emeryturę, Katedrą kieruje z dużym powodzeniem dr hab. inż. Jarosław Sotor, profesor PWr.

W chwili obecnej na kadrę naukowo-badawczą Grupy składają się:

- 5 pracowników samodzielnych (4 habilitacje w ostatnich 5 latach),
- 9 pracowników z doktoratami (6 doktoratów w ostatnich 5 latach),
- 10 doktorantów,
- grupa studentów realizująca prace dyplomowe oscylująca corocznie w okolicach 4-8.

## 5. WSPÓŁPRACA Z AKADEMIA MEDYCZNĄ WE WROCŁAWIU (1990-2020)

Jedną z dziedzin, w której stosowane są lasery jest medycyna. Prosty układ optyczny pozwala skupić w ognisku wiązkę laserową do bardzo małych rozmiarów i wykorzystywać ją jako skalpel laserowy do cięcia tkanek miękkich. Taki skalpel ma kilka ważnych zalet, nie przesłania pola operacyjnego, nacięcie można wykonać bardzo precyzyjnie, a krwawienie naciętej tkanki jest bardzo małe ze względu na to, że przy cięciu tkanki zachodzi równocześnie koagulacja naczyń krwionośnych. W 1990 dr inż. Wojciech Michalski podjął współpracę z Kliniką Otolaryngologii Akademii Medycznej (obecnie Akademia Medyczna nosi nazwę Uniwersytet Medyczny) we Wrocławiu. Celem prowadzonych prac badawczych było sprawdzenie możliwości zastosowania lasera argonowego w mikrochirurgii ucha, a w szczególności w operacjach

stapedotomii. Prace prowadzono na wyizolowanych strzemiączkach. W wyniku tych prac wyznaczono zakres parametrów promieniowania lasera Ar, przy których można było wykonać otwór w podstawie strzemiączka w sposób bezpieczny dla pacjenta poddanego operacji stapedotomii. W ramach współpracy badano także efekty naświetlania uszu promieniowaniem lasera biostymulacyjnego (laser małej mocy). Zmiany ustrojowe lat 1989/1990, otwarcie granic w kierunku zachodnim i możliwości sprowadzania do kraju zachodniej medycznej aparatury laserowej, a z drugiej strony mała znajomość wśród lekarzy techniki laserowej i zagrożeń związanych z wykorzystywaniem takiego sprzętu wymusiły organizowanie odpowiednich kursów. Dr W. Michalski zorganizował dla zainteresowanych osób kilkanaście kursów bezpiecznej obsługi laserów medycznych pod patronatem Politechniki Wrocławskiej.

Mniej więcej od 2000 roku do chwili obecnej współpraca z Uniwersytetem Medycznym dotyczy tematyki opracowywania nowych metod przesiewowej diagnostyki słuchu.

## 6. PODSUMOWANIE

Śmiało można powiedzieć, że Wrocławską Szkołę Laserową tworzyli i nadal tworzą pasjonaci techniki laserowej. Dzięki takim osobom jak w początkach jej Założyciele: profesorowie. Zbigniew Godziński i Romuald Nowicki, potem prof. K. Abramski, a obecnie prof. Jarosław Sotor i prof. Grzegorz Soboń, Wrocławska Szkoła Laserowa jest znana w świecie naukowym i wysoko oceniana. W chwili obecnej „Szkoła” obejmuje cztery obszary badań:

- Zespół generacji ultrakrótkich impulsów laserowych, kierowany przez dr hab. inż. Jarosława Sotora (prof. PWr), we współpracy z dr hab. inż. Grzegorzem Soboniem (prof. PWr),
- Zespół metrologii laserowej, kierowany przez dr inż. Janusza Rzepkę,
- Zespół laserowej spektroskopii, kierowany przez dr inż. Karola Krzempka i dr inż. Grzegorz Dudzika,
- Zespół mikroobróbki laserowej, kierowany przez dr hab. inż. Arkadiusza Antończaka (prof. PWr).

Podjętą przez dr Wojciecha Michalskiego współpracę z Zakładem Farmakologii Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu, obecnie obejmującą prace w tematyce nowych metod przesiewowej diagnostyki słuchu, kontynuuje dr inż. Remigiusz Mydlikowski.

## OVER 50 YEARS OF WROCLAW LASER SCHOOL AT THE WROCLAW UNIVERSITY OF SINCE AND TECHNOLOGY

At present, the Wrocław Laser School is a center where scientific research and innovative solutions in the field of laser technology are conducted. The founder of this school was prof. Zbigniew Godziński. Under the supervision of the Professor, the research group, which included Jan Kupka (PhD) and Romuald Nowicki (PhD), in 1965 launched the first "Wrocław laser" (third in Poland, after the Warsaw University of Technology and the Military University of Technology). In 1975, a research group led by prof. R. Nowicki launched a CO<sub>2</sub> molecular laser generating radiation with a wavelength of 10.6 μm. From 1992 to the present day, the development of the school has been inspired by prof. Abramski (retired for 2 years, but still professionally active). Currently, the Wrocław Laser School conducts intensive research in several directions: Ultrafast femtosecond lasers, non-linear phenomena in near and mid-infrared fibers; Laser metrology; Laser spectroscopy for the detection of trace gases; Laser micromachining. The article briefly describes the history of Wrocław Laser School, which is over 50 years old.

**Keywords:** Wrocław Laser School, founders of the School, research subject.