

Warsaw, 22/01/2025

Autor rozprawy doktorskiej: **Mgr Cássia Corso Silva**

Promotor: **prof. dr hab. Yuriy Stepanenko**

Promotor pomocnicy: **dr inż. Katarzyna Krupa**

Temat rozprawy doktorskiej: **Widely-Tunable All-Fiber Laser Source for Coherent Raman Scattering Microscopy**

Streszczenie

Ze względu na ogromny potencjał zastosowania w wielu dziedzinach, w tym mikroskopii koherentnego rozpraszania Ramana (ang. Coherent Raman Scattering - CRS), rozwój źródeł laserowych opartych o technologię światłowodową jest przedmiotem intensywnych badań już od kilku dekad. Zaletami wyróżniającymi koherentne rozpraszania Ramana spośród innych technik mikroskopowych jest wysoka rozdzielczość oraz możliwość obrazowania bez stosowania dodatkowych znaczników chemicznych. Niniejsza praca prezentuje trzy przestrajalne źródła laserowe, działające w oparciu o efekty nieliniowe zachodzące w światłowodach. Źródła te umożliwiają pomiar widma Ramana zarówno w zakresie widma charakterystycznego danej substancji tzw. chemicznego odcisku palca (ang. fingerprint), jak i drgań rozciągających wiązań C-H. Dostęp do obszaru ramanowskiego odcisku palca jest szczególnie istotny, gdyż pozwala na lepszą ocenę czułości chemicznej, jednakże na ten moment obszar ten pozostaje niewystarczająco zaadresowany przez istniejące lasery światłowodowe.

Pierwsze zbudowane dwukolorowe źródło światła do zastosowania w mikroskopii wymuszonego rozpraszania Ramana (ang. Stimulated Raman Scattering - SRS) umożliwia pomiary w obszarze ramanowskiego odcisku palca obejmującym zakres od 950 cm^{-1} do 1600 cm^{-1} . Przedstawiony laser światłowodowy zapewnia przestrajanie w zakresach od 913 nm do 930 nm oraz od 1020 nm do 1070 nm, odpowiednio, dla wiązki pompującej oraz wiązki Stokesa. Moc średnia każdej z wiązek to 40 mW. Możliwość przestrajania wiązki Stokesa osiągnięto dzięki zastosowaniu nowej metody poszerzania widma poprzez samomodulację fazy (ang. Self-Phase Modulation - SPM) impulsów ćwierkających (ang. chirped pulses) w konfiguracji całkowicie światłowodowej. W celu weryfikacji, opisane źródło światła zintegrowano z mikroskopem wymuszonego rozpraszania Ramana i wykorzystano do obrazowania kulek polistyrenowych i komórek białaczki.

Drugie źródło światła zostało zaprojektowane w celu obrazowania zarówno w obszarze ramanowskiego odcisku palca, jak i drgań rozciągających C-H. Przedstawiono parametryczny oscylator światłowodowy wykorzystujący zdegenerowane mieszanie czterofalowe (ang. Degenerate-Four-Wave Mixing - D-FWM). System zbudowano na bazie oscylatora światłowodowego o ustalonej centralnej długości fali, służącego jako wiązka zasiewająca. Strojenie pompy zrealizowano stosując nowatorską metodę obejmującą poszerzenie widmowe impulsów ćwierkających, a następnie filtrowanie widmowe i wzmocnianie, analogicznie jak w

przypadku pierwszego źródła. Uzyskane sygnały mieszania czterofalowego są przestrajalne w zakresie od 730 nm do 940 nm. Biorąc pod uwagę drugą wiązkę o długości fali 1030 nm, umożliwi to pomiary Ramana w zakresie od 929 cm^{-1} do 3990 cm^{-1} .

Trzecia część pracy jest poświęcona opracowaniu nowej metody strojenia pasm bocznych mieszania czterofalowego w oparciu o samomodulację fazy impulsów ćwierkających. Metoda ta obejmuje zmianę wartości świergotu impulsów pompujących przy ustalonej centralnej długości fali, które są następnie wprowadzane do odcinka standardowego światłowodu połączonego ze światłowodem fonicznym. Wykazano, iż najbardziej zewnętrzny, przesunięty w kierunku czerwieni pik samomodulacji fazy, charakteryzujący się dużą gęstością mocy widmowej, może być wykorzystany jako przestrajalna pompa w procesie zdegenerowanego mieszania czterofalowego. W połączeniu z wiązką 1030 nm umożliwia to pomiary w obszarze ramanowskiego odcisku palca oraz drgań rozciągających C-H, obejmującym zakres od 873 cm^{-1} do 3738 cm^{-1} . W celu walidacji tego źródła światła, przeprowadzono również obrazowanie za pomocą koherentego antystokesowskiego rozpraszania Ramana kulek polistyrenowych i kropelek parafiny.