

Laserowa detekcja gazów odgrywa ważną rolę w wielu praktycznych i czysto naukowych zastosowaniach, od monitorowania stanu środowiska, przez diagnostykę medyczną (np. analiza składu wydychanego powietrza) po kontrolę procesów przemysłowych. Po ponad 30 latach technologicznego rozwoju mamy dostęp do kompaktowych półprzewodnikowych źródeł laserowych i chłodzonych termoelektrycznie (TEC) detektorów, które pozwalają na budowę układów detekcyjnych wykrywających wybrane związki z czułością pojedynczej cząsteczki na milion, miliard lub nawet miliard. Jednak pomimo znacznego postępu jaki wykonał się w ostatnich dwóch/trzech dekadach, nadal pewne zastosowania i konfiguracje pomiarowe stanowią dla nas wyzwanie. Przykładami są zdalna detekcja gazu lub wykrywanie związków (np. wodoru), które nie posiadają linii absorpcyjnych (lub są one bardzo słabe) w zakresie podczerwieni. W takich sytuacjach obecnie dostępne technologie nie są efektywne. Rozwiązanie tego problemu jest celem niniejszego projektu, w którym planujemy zbadać nowe techniki i konfiguracje laserowej detekcji gazów.

W ramach projektu zweryfikujemy hipotezę, że heterodynowa detekcja sygnału optycznego może być użyta do poprawy efektywności wybranych technik laserowej detekcji gazów. Naszym głównym celem będzie zdobycie wiedzy na temat nowych układów pomiarowych i algorytmów przetwarzania sygnałów, zrozumienie ich działania oraz wskazanie ich zalet w wybranych konfiguracjach eksperymentalnych.

W optycznej detekcji heterodynowej (ODH) sygnał optyczny jest mieszany z inną falą świetlną zwaną „lokalnym oscylatorem” (LO). ODH jest w swej idei bardzo podobna do detekcji heterodynowej często stosowanej w paśmie częstotliwości radiowych (RF). W paśmie RF sygnał i lokalny oscylator są mieszane z wykorzystaniem elementu nieliniowego (tzw. mieszacza). Podobnie jest dla fal optycznych, dla których proces ten zwykle przeprowadza się z wykorzystaniem fotodiody półprzewodnikowej. ODH pozwala na konwersję częstotliwości optycznej (np. około 200 THz dla pasma bliskiej podczerwieni) do zakresu częstotliwości radiowych (np. poniżej 1 GHz), które mogą być stosunkowo łatwo przetwarzane przez standardowe urządzenia elektroniczne. ODH zapewnia także wzmocnienie: jeśli fala sygnałowa ma niską amplitudę możemy użyć lokalnego oscylatora o dużej mocy aby w efekcie uzyskać wzmocnienie sygnału heterodynowego. Ponadto, ODH pozwala na pomiar fazy fali optycznej. W ramach projektu pokażemy, że te trzy właściwości ODH mogą poprawić wydajność i umożliwić nowe konfiguracje układów do spektroskopii laserowej.

Projekt podzielony jest na dwa zadania. Ich realizacja pomoże zdobyć nową wiedzę związaną z laserowym wykrywaniem gazów. W dłuższej perspektywie ta wiedza zaowocuje nowymi technikami pomiarowymi o lepszych parametrach niż oferowane przez metody stosowane obecnie. Uważamy, że za 5 do 10 lat po zakończeniu projektu opracowane metody mogą stać się praktycznymi narzędziami, które znajdą zastosowanie w innych dziedzinach, od badań podstawowych, przez monitorowanie środowiska i diagnostykę medyczną, po wykrywanie wycieków gazu w zastosowaniach przemysłowych.

Ważną częścią tego projektu jest staż, który odbędzie uczestnik szkoły doktorskiej. Osoba ta będzie miała okazję odwiedzić i przez sześć miesięcy pracować w laboratorium kierowanym przez prof. Gerarda Wysockiego na uniwersytecie w Princeton. Uniwersytet w Princeton jest jedną z najlepszych szkół akademickich na świecie, tworzącą niezwykle inspirujące i stymulujące środowisko dla studentów i naukowców. Staż pozwoli uczestnikowi szkoły doktorskiej nie tylko na rozwój naukowy, ale także na poznanie zasad codziennej pracy w jednej z czołowych grup badawczych w dziedzinie laserowej detekcji gazów. To doświadczenie z całą pewnością będzie procentować w dalszej karierze naukowej studenta.