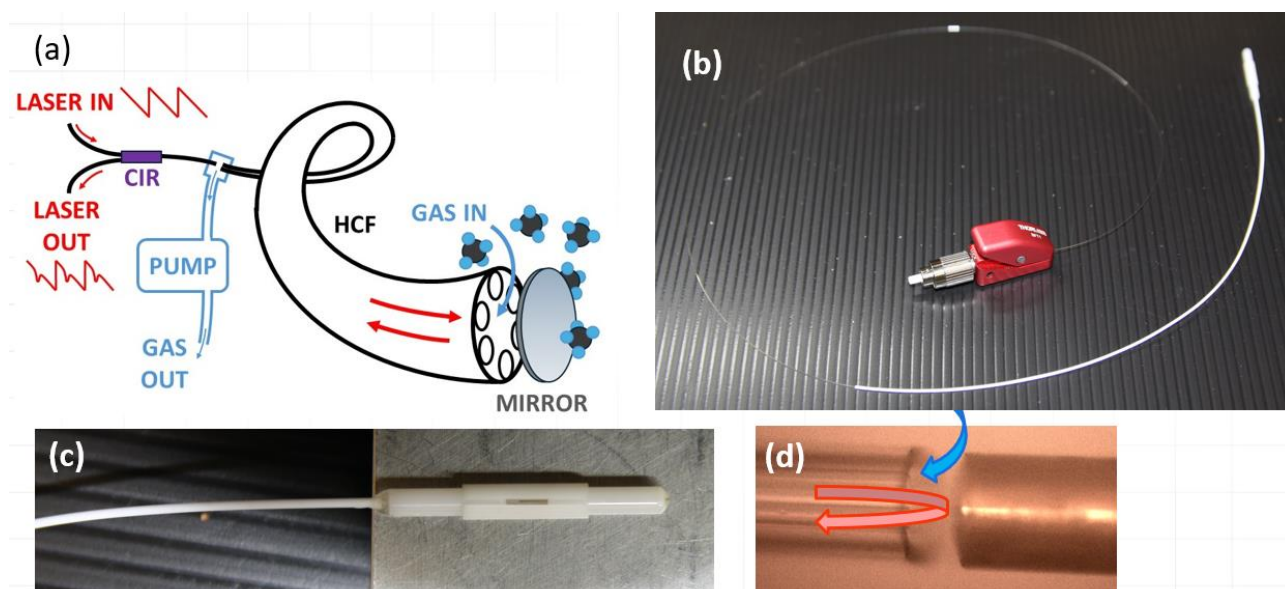


## Laser spectroscopy with heterodyne-based detection

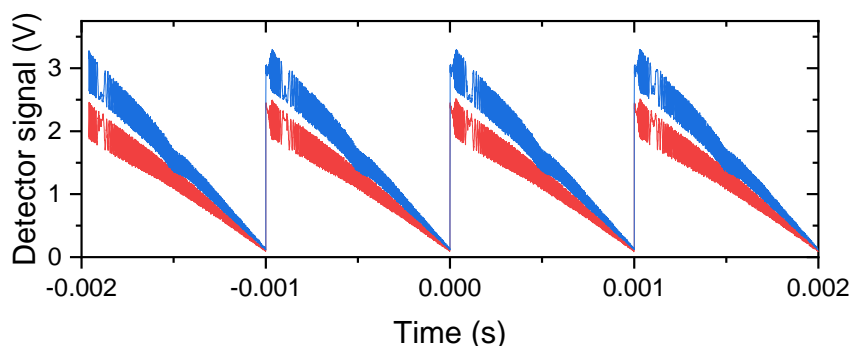
- Wykorzystanie detekcji heterodynowej w układach ze światłowodem typu hollow-core (HCF)

W toku prowadzonych prac badawczych opracowany został układ światłowodowego czujnika gazu w konfiguracji odbiciowej. Układ taki ma pewne zalety, np. badana próbka gazu zasysana jest bezpośrednio do rdzenia włókna HCF bez konieczności stosowania dodatkowych rurek doprowadzających. W ten sposób odpowiedź czujnika gazu jest natychmiastowa. Rysunek 1 prezentuje ideę takiego czujnika (rysunek (a)) oraz przykładową realizację (rysunki (b) do (d)).



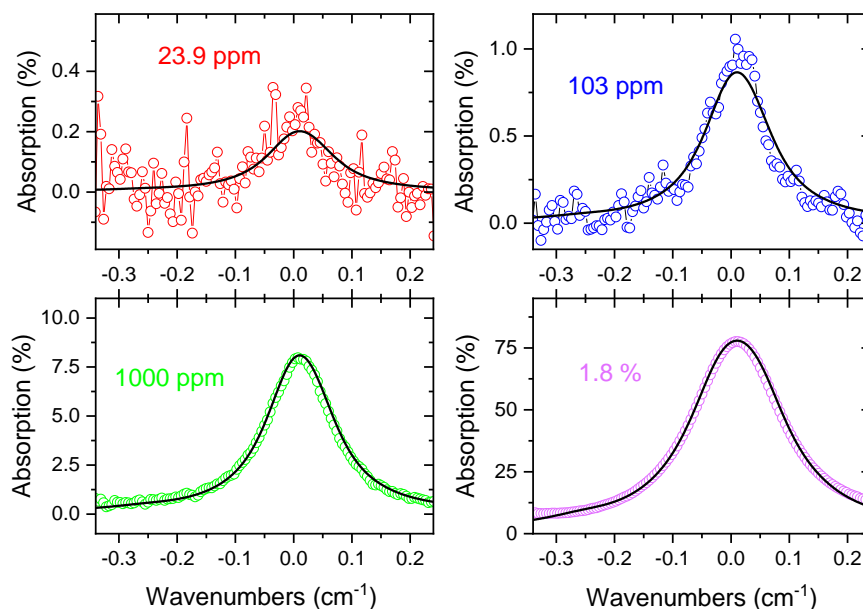
Rysunek 1. (a) schemat układu światłowodowego czujnika w konfiguracji odbiciowej; (b) zdjęcie układu czujnika; (c) i (d) zdjęcia zakończenia czujnika, w którym standardowe włókno z napyłoną warstwą złota pełni rolę lustro, a niewielka przerwa pomiędzy światłowodami (widoczna na rysunku (d)) umożliwia przepływ gazu przez włókno HCF.

W prowadzonych badaniach zidentyfikowano istotny problem związany z konfiguracją czujnika przedstawioną na Rysunku 1. Występowanie niepożądanych odbić prowadzi bowiem do powstania w układzie etalonów Fabry-Perot, które widoczne są w wyjściowym sygnale jako silne prążki interferencyjne. Przykładowy sygnał zarejestrowany w układzie z konfiguracją odbiciową zaprezentowano na Rysunku 2.



Rysunek 2. Sygnały zarejestrowane w czasie przestrajania długości fali lasera (z częstotliwością 1 kHz) za pomocą modulacji prądu lasera sygnałem piórkształtnym. Czerwony wykres przedstawia sygnał dla włókna wypełnionego powietrzem, niebieski dla włókna wypełnionego mieszkanką metanu o stężeniu 1000 ppm (linia absorpcyjna widoczna jest w środkowej części każdego z czterech skanów). W obu przypadkach wyraźnie widoczne są prążki interferencyjne (będące wynikiem niepożądanych odbić w układzie), których amplituda znacząco przekracza głębokość linii absorpcyjnej nawet dla próbki o wysokim stężeniu (1000 ppm).

Detekcja heterodynowa została zaproponowana jako metoda umożliwiająca rozdzielanie użytecznego sygnału od niepożądanych odbić. Szczegóły tej metody zostały zaprezentowane w pracy *J. of Lightwave Technology* 41, 6094-6101 (2023). Na Rysunku 3 zaprezentowano natomiast sygnały uzyskane z wykorzystaniem detekcji heterodynowej w układzie z włóknem HCF w konfiguracji odbiciowej.



Rysunek 3. Widma absorpcyjne zarejestrowane w układzie odbiciowym z detekcją heterodynową. Próbką był metan (o stężeniu wskazanym na każdym wykresie), a pomiar wykonany był na długości fali 1651 nm. Detekcja heterodynowa pozwoliła w efektywny sposób wyeliminować prążki interferencyjne widoczne na skanach rejestrowanych bezpośrednio na detektorze (widocznych na Rysunku 2).

Więcej informacji w pracy: Grzegorz Gomółka, Dariusz Pysz, Ryszard Buczynski, Michał Nikodem, „Dual-Pass Hollow-Core Fiber Gas Spectroscopy Using a Reflective Configuration With Heterodyne-Based Signal Detection,” *Journal of Lightwave Technology* 41, 6094-6101 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1109/JLT.2023.3272308>