

Szerokopasmowa spektroskopia gazów w niskiej próżni z wykorzystaniem światłowodu antyrezonansowego z rdzeniem powietrznym i lasera Cr:ZnS

D. Tomaszewska-Rolla^{1,†}, P. Jaworski¹, D. Wu^{2,3}, F. Yu^{2,3}, O. Szewczyk¹, J. Sotor¹, M. Kowalczyk¹

¹Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370, Wrocław

²Hangzhou Institute for Advanced Study, University of Chinese Academy of Sciences, Hangzhou 310024, Chiny

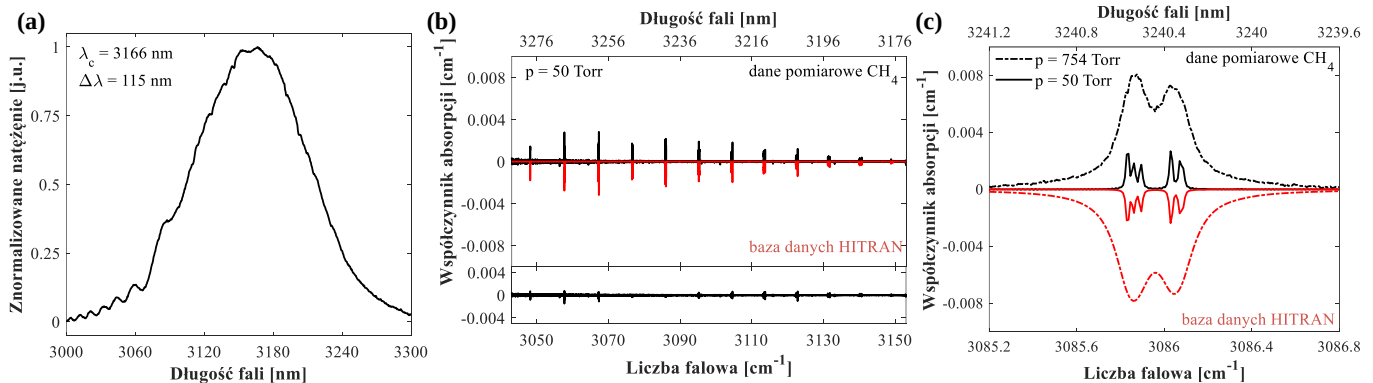
³Key Laboratory of Materials for High Power Laser, Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics,

Chinese Academy of Sciences, 201800 Shanghai, Chiny

†email: dorota-tomaszewska-rola@pwr.edu.pl

Spektroskopia z użyciem optycznych grzebieni częstotliwości, dzięki wysokiej rozdzielczości i szerokiemu zakresowi spektralnemu pomiarów, pozwala na dokładny pomiar kształtu linii absorpcyjnych w szczególności w próżni, gdy linie nie są poszerzone ciśnieniowo. Aby zwiększyć detekcyjność takich układów wykorzystuje się komórki wieloprześciowe lub światłowody antyrezonansowe z rdzeniem powietrznym (ang. antiresonant hollow-core fibers, ARHCFs), których zastosowanie zostało już zaprezentowane zarówno ze źródłami wąsko- jak i szerokopasmowymi w bliskiej i średniej podczerwieni [1]. Niezbadanym jeszcze tematem jest szerokopasmowy pomiar linii absorpcyjnych gazów znajdującego się w niskiej próżni za pomocą światłowodu ARHCF.

Niniejsza praca przedstawia pierwszą demonstrację pomiarów linii absorpcyjnych gazów w niskiej próżni z wykorzystaniem optycznego grzebienia częstotliwości w średniej podczerwieni oraz samodzielnie wykonanego światłowodu antyrezonansowego z rdzeniem powietrznym. Źródłem promieniowania w eksperymencie był laser impulsowy Cr:ZnS [2], którego promieniowanie o długości fali 2,3 μm zostało przesunięte do 3,17 μm (Rys. 1(a)) za pomocą efektu samoprzesunięcia częstotliwości solitonu w światłowodzie fluorkowym typu ZBLAN (La Verre Fluoré, ZFG SM [2.2] 7.5/150) [3]. Wiązka światła była następnie sprzęgana do światłowodu antyrezonansowego o średnicy rdzenia 78 μm i długości 2,28 m, a widmo wyjściowe rejestrowano za pomocą spektrometru Fourierowskiego. Pomiary wykonano dla 200 ppmv metanu (CH_4) w dwóch ciśnieniach: 50 oraz 754 Torr. Rys. 1(b) przedstawia zmierzony współczynnik absorpcji CH_4 (czarna linia) porównany z modelem wykorzystującym rozkład Voigta i parametry linii z bazy HITRAN 2020 (czerwona linia) dla niskiego ciśnienia wraz z residuum dopasowania. Na Rys. 1(c) zaprezentowano współczynnik absorpcji w zakresie $\sim 3086 \text{ cm}^{-1}$ zmierzony zarówno w niskim jak i wysokim ciśnieniu (czarna ciągła i przerywana linia) wraz z modelem (czerwona linia).



Rysunek 1: (a) widmo solitonu generowanego w światłowodzie ZBLAN za pomocą lasera Cr:ZnS. (b) widmo absorpcyjne CH_4 w ciśnieniu 50 Torr zmierzone przy użyciu solitonu (kolor czarny) w porównaniu do widma z bazy danych HITRAN (kolor czerwony) wraz z residuum dopasowania w dolnym panelu. (c) zmierzone widmo absorpcyjne CH_4 (kolor czarny) w ciśnieniu 50 Torr (linia ciągła) i 754 Torr (linia przerywana) w porównaniu do widma z bazy danych HITRAN (kolor czerwony).

Podsumowując, zaprezentowano pierwszą demonstrację pomiarów spektroskopowych gazów w niskiej próżni wykonanych przy użyciu antyrezonansowego światłowodu z rdzeniem powietrznym oraz szerokopasmowego źródła promieniowania na bazie lasera Cr:ZnS przestrajanego spektralnie w światłowodzie ZBLAN.

Podziękowania i źródła finansowania

Badania sfinansowano dzięki grantom: 2022/47/B/ST7/00971, 2023/02/1/ST7/00006 (NCN), BPN/PPO/2022/1/00028/U/00001 (NAWA) oraz FENG.02.02-IP.05-0069/23 (FNP).

Literatura

- [1] D. Tomaszewska-Rolla et al., Opt. Express **32**(6), 10679–10689 (2024).
- [2] M. Kowalczyk et al., Optica **10**(6), 801-811 (2023).
- [3] O. Szewczyk et al., "Mid-infrared generation via Raman soliton self-frequency shift in fluoride fibers: a comparative study," Optics Express, artykuł zaakceptowany do publikacji.