

Ultra-szerokopasmowy spektrometr fourierowski z cienko-membranową detekcją piroelektryczną

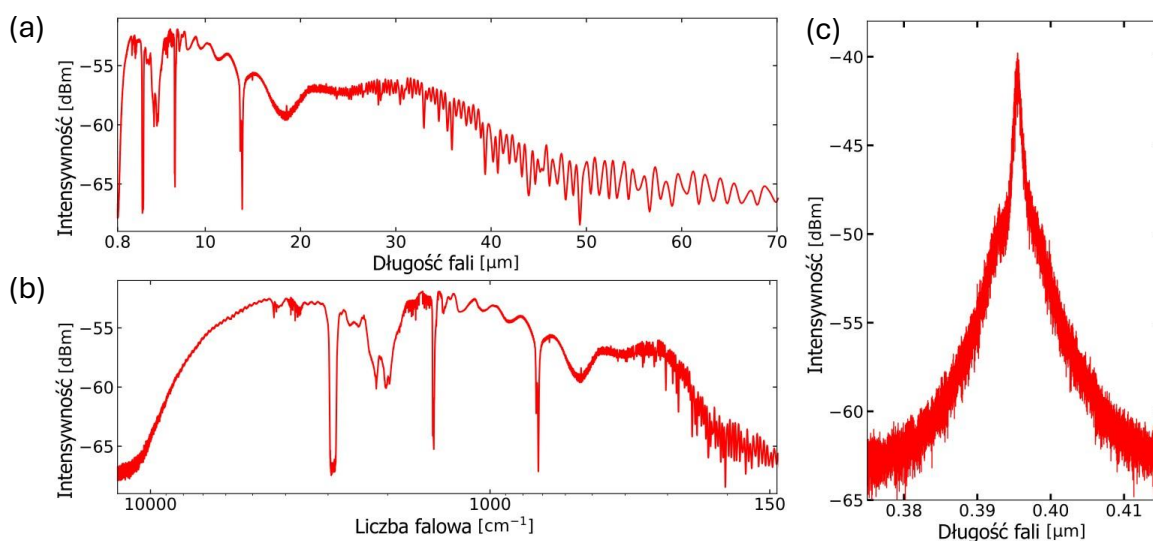
Jakub Mnich[†], Grzegorz Gomółka, Jarosław Sotor, Łukasz A. Sterczewski

Grupa Elektroniki Laserowej i Światłowodowej, Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów, Politechnika Wrocławska,
Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska

[†]email: jakub.mnich@pwr.edu.pl

Spektroskopia fourierowska w podczerwieni (*ang.* FTIR – *Fourier-transform infrared spectroscopy*) jest dojrzałą technologią szeroko wykorzystywaną w nauce i przemyśle do ustalania składu chemicznego próbek substancji w każdym stanie skupienia. Rosnące znaczenie algorytmów do obróbki danych przystosowanych do pracy z dużymi zbiorami danych, np. szeroko pojętej sztucznej inteligencji czy analizy głównych komponentów składowych, sprawia, że atrakcyjne staje się zwiększenie dokładności modeli chemometrycznych poprzez wzbogacenie danych o inne obszary widma [1]. Niestety, aktualnie popularne typy spektrometrów FTIR oferują typowo spektralne zakresy dynamiczne rzędu pojedynczych dB dla długości fali powyżej $\sim 16\ \mu\text{m}$ oraz poniżej $\sim 1\ \mu\text{m}$, co utrudnia wykonywanie praktycznych pomiarów poza tymi granicami. Piroelektryczne detektory i płytki światłodzielnice bazujące na bromku potasu pozwalają sięgnąć do dłuższych fal, około $25\ \mu\text{m}$, co okupione jest mniejszą szybkością i czułością pomiaru.

W odpowiedzi na te wyzwania, prezentujemy spektrometr FTIR, który wykorzystuje termiczne źródła promieniowania do pokrycia zakresu widmowego od $0,9$ do $50\ \mu\text{m}$ (Rys. 1a) w stacjonarnej konfiguracji optycznej, co oznacza, że jego tor optyczny nie zawiera żadnych elementów przełączających bieg wiązki. W celu rozszerzenia użytecznego zakresu widmowego zastosowano złożenie dwóch źródeł termicznych o różnych temperaturach, czego efekt jest dobrze widoczny na Rys. 1b, gdzie z pominięciem absorpcji pochodzącej z okien komórki gazowej oraz rezonansu fononowego diamentu, widmowy zakres dynamiczny przekracza $10\ \text{dB}$ od 300 do $8000\ \text{cm}^{-1}$ ($\sim 33 - 1,2\ \mu\text{m}$). Pokazujemy również, że w tym samym układzie detekcyjnym możliwy jest pomiar w nadfiolecie, jeśli w roli źródła zastosowany zostanie zewnętrzny laser (Rys. 1c).



Rysunek 1: Charakterystyka widmowa prezentowanego spektrometru fourierowskiego ze skalą osi X wyrażoną w μm (a) oraz cm^{-1} (b). Widmo zmierzonego tym samym instrumentem zewnętrznego lasera w nadfiolecie (c).

Rozwiązania techniczne umożliwiające rejestrację tak szerokiego widma z praktycznym zakresem dynamicznym stały się dostępne dopiero w ostatnim czasie [2]. Obejmują one: diamentowe płytki światłodzielnice, cienko-membranowe detektory piroelektryczne z tantalenu litu o detekcyjności powyżej 10^8 Jonesów oraz źródła termiczne z ceramicznym pokryciem mikroproszkowym o wysokiej emisyjności w dalekiej podczerwieni.

Podziękowania i źródła finansowania

J. Mnich, G. Gomółka i Ł. A. Sterczewski dziękują za finansowanie Unii Europejskiej (ERC Starting Grant, TeraERC, 101117433) i za możliwość korzystania z infrastruktury Narodowego Laboratorium Fotoniki i Technologii Kwantowych (NPLQT), finansowanej z Funduszy Europejskich w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój.

Literatura

- [1] Alamprese, C., Casale, M., Sinelli, N., et.al., "Detection of minced beef adulteration with turkey meat by UV-vis, NIR and MIR spectroscopy.", *LWT - Food Science and Technology* **53**, 225–232 (2013).
- [2] J. Mnich, J. Kunsch, M. Budden, T. Gebert, M. Schossig, J. Sotor, and Ł. A. Sterczewski, "Ultra-broadband room-temperature Fourier transform spectrometer with watt-level power consumption," *Opt. Express* **32**, 45801 (2024).