

Elektrooptyczny grzebień częstotliwości z częstotliwością repetycją na żądanie – modelowanie i implementacja eksperymentalna

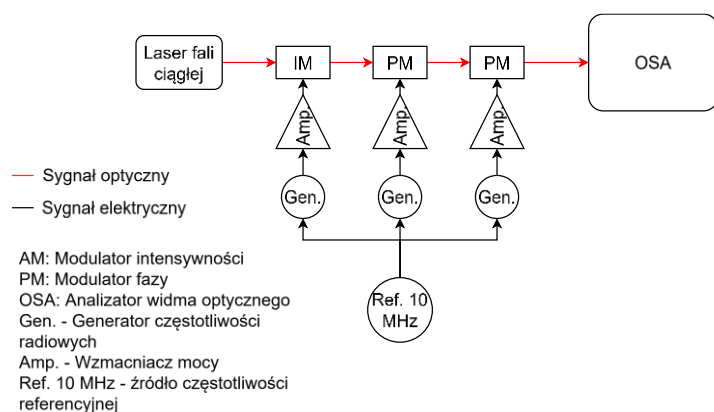
P. Sikora[†], L. Sterczewski, J. Sotor

Grupa Elektroniki Laserowej i Światłowodowej, Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska
[†]email: patryk.sikora@pwr.edu.pl

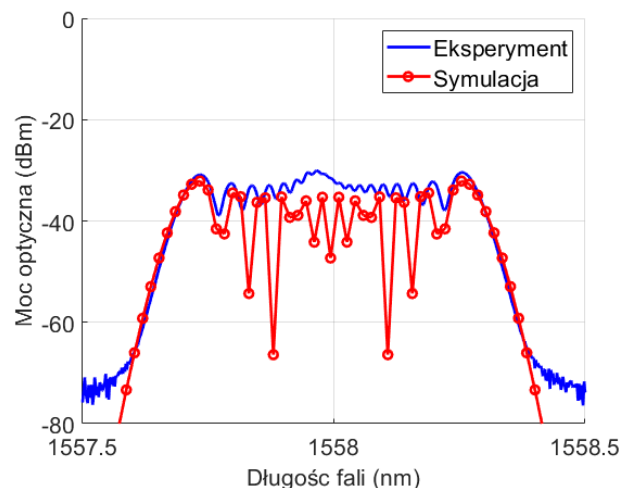
Optyczne grzebienie częstotliwości znajdują szerokie zastosowanie w spektroskopii, gdzie są używane do szerokopasmowych i wysokorozdzielczych pomiarów złożonych związków chemicznych i ich mieszanin [1]. Kolejnym zastosowaniem tych unikalnych źródeł optycznych jest charakteryzacja impulsów laserowych o arbitralnym kształcie przy pomocy techniki dwugrzebieniowej [2] przez wzajemne asynchroniczne próbkowanie.

W tej technice, do precyzyjnej charakteryzacji laserów impulsowych o nieznanym profilach czasowych jako źródło odniesienia należy wykorzystać laser cechujący się częstotliwością repetycji o niskim szumie fazowym. Charakteryzacja lasera z wykorzystaniem techniki dwugrzebieniowej wymaga również dostrojenia częstotliwości repetycji laserów tak, aby różniły się o ułamek promila do procenta (typowo sub-kHz do setek kHz). Zwykle realizowane jest to przez zmianę długości wnęki jednego z laserów przy pomocy regulowanej linii opóźniającej.

Użycie takiej metody do zmiany częstotliwości repetycji ma istotne ograniczenia takie jak zakres przestrajania, fundamentalnie ograniczony parametrami mechanicznymi linii. Rozwiązaniem tego problemu jest modulacja lasera fali ciągłej kaskadą modulatorów o swobodnie definiowanej częstotliwości powtarzania. Prezentowane tu rozwiązanie pozwala na wytworzenie optycznego grzebienia częstotliwości z zakresem przestrajania częstotliwości repetycji 50–3000 MHz, z rozdzielczością 1 Hz, dzięki precyzyjnej kontroli amplitudy i fazy sygnału modulującego każdego z modulatorów. Dolne pasmo ograniczone jest przez pasmo generatora, natomiast górna częstotliwość ograniczona jest przez pasmo użytych modulatorów. Stałe przesunięcie fazowe między modulatorami zostało zapewnione poprzez zastosowanie generatora wzorcowego, który stanowi sygnał referencyjny dla indywidualnych generatorów częstotliwości radiowej sterujących jednym modulatorem naraz. Ponieważ szerokość wytworzonego widma jest bezpośrednio powiązana z amplitudą sygnału modulującego, w celu maksymalnego wystrojenia modulatorów skonstruowano dedykowane szerokopasmowe wzmacniacze mocy częstotliwości radiowej. **Rysunek 1** przedstawia schemat blokowy konfiguracji elektrooptycznego grzebienia częstotliwości, natomiast **Rysunek 2** ilustruje porównanie widma optycznego otrzymanego na drodze symulacji z wynikami pomiarów eksperymentalnych. W wyniku eksperymentu dla częstotliwości modulującej 1 GHz uzyskano pasmo 0.6 nm składające się z 38 linii.



Rysunek 2 Schemat blokowy układu



Rysunek 1 Wykres porównawczy widma optycznego symulacji i eksperymentu

Literatura

- [1] Liu, M., Gray, R.M., Costa, L. et al. Mid-infrared cross-comb spectroscopy. Nat Commun 14, 1044 (2023).
- [2] S. Ghosh and G. Eisenstein, "Fast high-resolution measurement of an arbitrary optical pulse using dual-comb spectroscopy," Phys. Rev. Appl., vol. 14, no. 1, p. 014061 (2020).
- [3] Q. Deng, K. Yin, J. Zhang, X. Zheng and T. Jiang, "A 200 MHz Compact Environmentally-Stable Mode-Locked Figure-9 Fiber Laser" IEEE Photonics Journal. PP. 1-1. 10.1109/JPHOT.2021.3095159 (2021).