

Generacja superkontinuum w zakresie średniej podczerwieni w światłowodzie fotonicznym z rdzeniem wypełnionym cieczą o wysokiej nieliniowości

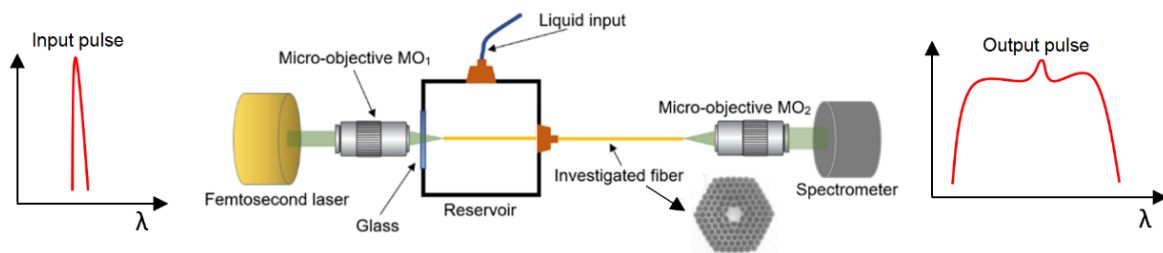
Widmo superkontinuum (SC) jest generowane gdy efekty nieliniowe i efekty dyspersyjne działają wspólnie na rozprzestrzeniający się we włóknie światłowodowym impuls wejściowy w wyniku czego impuls poszerza się w dziedzinie widmowej. W rezultacie wychodząca wiązka ma szerokie widmo spektralne. Światłowodowe źródła SC odgrywają znaczącą rolę w różnych zastosowaniach, począwszy od komunikacji a skończywszy na zaawansowanej koherentnej tomografii optycznej.

Do wytwarzania widma SC wykorzystywane są m.in. szklane włókna światłowodowe. Jednak, niektóre szkła, jak np. krzemionka charakteryzują się niską transmisją w podczerwieni i stosunkowo małą nieliniowością. Dlatego widmo SC generowane w takim włóknie jest ograniczone do zakresu widzialnego i bliskiej podczerwieni. Z drugiej strony, włókna wykonane z miękkich szkieł takich jak szkła tellurowe i chalcogenkowe charakteryzują się słabą stabilnością mechaniczną i nie mogą być łączone z typowymi włóknami krzemionkowymi. Dodatkowo włókna chalcogenkowe wymagają stosowania złożonych systemów laserowych do generacji SC ze względu na specyficzne profile dyspersyjne.

W proponowanym projekcie wykorzystamy fotoniczne włókno światłowodowe (PCF) z pustym rdzeniem, który zostanie wypełniony cieczą o wysokiej nieliniowości optycznej. Generacja SC w takim włóknie, zwanym włóknem fotonicznym z ciekłym rdzeniem, odbywać się będzie w układzie przedstawionym na rysunku 1. Włókno takie ma unikalne właściwości:

- (i) ciecze takie jak rozpuszczalniki organiczne i oleje, którym włókno będzie wypełniane, charakteryzują się wysokim nieliniowym współczynnikiem załamania światła oraz wysoką transmitancją w bliskiej i średniej podczerwieni. Szczególnie oleje wykazują bardzo wysoką nieliniowość przy pobudzeniu laserem o długim impulsie. Wysoka nieliniowość cieczy pozwala na uzyskanie szerokiego widma SC w zakresie średniej podczerwieni przy wykorzystaniu krótkiego włókna i niskiej mocy impulsu wejściowego.
- (ii) Włókno fotoniczne pozwala na szeroką swobodę w kształtowaniu dyspersji, co jest kluczowym czynnikiem wpływającym na właściwości generowanego widma SC, poprzez zmianę wielkości otworów, wielkość rdzenia i geometrię otworów.

Dlatego też, ze względu na wysoką nieliniowość i wysoką transmitancję cieczy oraz elastyczność w projektowaniu PCF, włókno z ciekłym rdzeniem może być wykorzystane do generacji widma SC w zakresie średniej podczerwieni przy wykorzystaniu standardowego, komercyjnie dostępnego źródła laserowego.



Rysunek 1. Schemat układu do generacji i charakteryzacji widma SC we włóknie z ciekłym rdzeniem.

W ramach projektu prowadzone będą zarówno badania numeryczne, jak i eksperymentalne. Na podstawie symulacji zostanie określona optymalna geometria PCF. Symulacje obejmą obliczenie dyspersji włókna z ciekłym rdzeniem o różnych parametrach geometrycznych w celu zidentyfikowania włókna o płaskiej i niskiej dyspersji oraz zerowej dyspersji dla długości fali dopasowanej do wybranego, komercyjnie dostępnego źródła laserowego. Modelowanie numeryczne będzie również wykorzystywane do analizy zjawisk nieliniowych zachodzących w włóknie, których wynikiem jest ostatecznie wygenerowanie widma SC.

W ramach prac doświadczalnych analizowane będą liniowe i nieliniowe właściwości różnych olejów. Wytworzone zostanie zoptymalizowane PCF. Jego parametry, takie jak dyspersja i tłumienie będą mierzone eksperymentalnie. Po napełnieniu olejem, przy użyciu laserów femtosekundowych i nanosekundowych wygenerowane zostanie widmo SC. Uzyskane widmo badane będzie pod kątem szerokości widmowej i natężenia wiązki wyjściowej w zakresie bliskiej i średniej podczerwieni.

Zbadany będzie również eksperymentalnie i numerycznie wpływ temperatury na dyspersję włókna. Dzięki silnej zależności parametrów cieczy od temperatury możliwe jest dostrajanie w czasie rzeczywistym właściwości dyspersyjnych włókna a tym samym na parametry generowanego widma SC.