

## POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Celem niniejszego projektu będzie gruntowne przebadanie możliwości wykorzystania unikalnych konfiguracji całkowicie światłowodowych laserów impulsowych pracujących w zakresach spektralnych  $1\ \mu\text{m}$  oraz  $1,55\ \mu\text{m}$  w układach nieliniowej generacji promieniowania w pasmie średniej oraz bliskiej podczerwieni.

W ostatnich dwóch dekadach zauważyć można nieustający rozwój źródeł promieniowania koherentnego generujących promieniowanie w pasmie średniej podczerwieni ( $2\ \mu\text{m}$  do  $10\ \mu\text{m}$ ). Zgodnie z analizą firmy Accuray Research LLP [1] w latach 2014 - 2018 wzrost rynku laserów pracujących w paśmie średniej podczerwieni przekraczał 8% a zapotrzebowanie na lasery średniej podczerwieni (ŚP) będzie rosło wykładniczo w latach 2019 – 2027. Popyt w głównej mierze generowany jest przez nieustannie rosnącą liczbę aplikacyjnych, poza-laboratoryjnych zastosowań źródeł promieniowania koherentnego ŚP. Zgodnie z analizą [1], 40% wyprodukowanych źródeł znajduje zastosowanie w układach laserowej detekcji gazów, 30% w medycynie (w tym 5% jako laserowy skalpel), 17% w komunikacji optycznej oraz 13% w zdalnej detekcji. Wyniki analizy jasno określają kierunek, którym rozwijać będzie się rynek źródeł średniej podczerwieni. Na obecną chwilę wśród komercyjnie dostępnych źródeł ŚP dominują lasery półprzewodnikowe (QCL, ICL) oraz źródła bazujące na konwersji częstotliwości (generacji częstotliwości różnicowej oraz oscylatory parametryczne). Prace realizowane w ramach niniejszego projektu będą się skupiać nad przebadaniem możliwości wykorzystania nowych konfiguracji impulsowych laserów światłowodowych w układach nieliniowej generacji koherentnego promieniowania w paśmie ŚP.

Projekt przewiduje badania nad nowymi konfiguracjami laserów światłowodowych pracujących w relatywnie nowoodkrytym i niedokładnie przebadanym reżimie synchronizacji modów podłużnych – tzw. rezonansie solitonów dyssypujących (RSD). Zgodnie z pracami teoretycznymi, odpowiednio zaprojektowany rezonator pozwala na generowanie nanosekundowych impulsów o energiach wielokrotnie większych niż w obecnie stosowanych układach - rzędu kilku do kilkudziesięciu mikrodżuli. Lasery RSD można konstruować przy wykorzystaniu tanich i ogólnie dostępnych komponentów światłowodowych, w konfiguracjach niewymagających stosowania optyki objętościowej, co niewątpliwie pozytywnie wpływa na długoterminową stabilność i niezawodność. W ramach zaproponowanego projektu zostaną zaprojektowane, skonstruowane oraz zoptymalizowane układy całkowicie światłowodowych laserów RSD bazujących na wykorzystaniu włókien z podwójnym płaszczem, które zapewniają duże wzmocnienie przy jednoczesnym niewielkim stopniu skomplikowania układu.

W układach nieliniowej konwersji częstotliwości wymagających zastosowania dwóch impulsowych źródeł promieniowania o znacząco różnych częstotliwościach optycznych (np. generacja sumy bądź różnicy częstotliwości) występuje konieczność przestrzennego i czasowego zsynchronizowania impulsów w ośrodku nieliniowym. Z tego powodu, aby w pełni przebadać potencjał mikrodżulowych laserów impulsowych w układach nieliniowej konwersji częstotliwości, wykonawcy podejmą się eksperymentalnej weryfikacji możliwości wymuszenia pasywnej synchronizacji częstotliwości repetycji dwóch niezależnych laserów RSD – lasera generującego impulsy w paśmie  $\sim 1\ \mu\text{m}$  oraz  $\sim 1,55\ \mu\text{m}$ .

Zasadniczą część projektu stanowić będą badania nad możliwością wykorzystania impulsów generowanych z laserów pracujących w reżimie RSD w układach nieliniowej generacji promieniowania koherentnego. W tym celu wykonawcy projektu podejmą się zaprojektowania, skonstruowania oraz zoptymalizowania szeregu układów konwersji częstotliwości, bazujących na nieliniowych optycznie krysztalach (np. niobianie litu). Odpowiednie zaprojektowanie światłowodowych laserów RSD umożliwi kompleksowe przeanalizowanie wpływu parametrów promieniowania impulsowego (czasu trwania impulsów, częstotliwości repetycji, pasma optycznego, energii impulsów) na parametry procesów nieliniowych (np. sprawność konwersji).

Zaproponowany plan badawczy jest nowatorski i pozwoli na poszerzenie wiedzy wykonawców w dziedzinie laserów DSR oraz układów generacji promieniowania przy wykorzystaniu nieliniowych optycznie efektów. Z uwagi na nowatorski charakter prac badawczych, pozytywne wyniki eksperymentów opublikowane zostaną w renomowanych czasopismach naukowych z listy filadelfijskiej oraz zaprezentowane na międzynarodowych konferencjach, co będzie miało bezpośredni wpływ na światowy stan wiedzy o tego typu konfiguracjach. Ponadto, badania zrealizowane w ramach niniejszego finansowania pozwolą na opracowanie nowych konfiguracji laserów RSD do zastosowań w układach nieliniowej generacji promieniowania, które mogą stanowić alternatywę do obecnie stosowanych źródeł promieniowania m. in. w paśmie średniej podczerwieni.

[1] “Global Mid-infrared Lasers Market Analysis & Trends - Industry Forecast to 2027”, Accuray Research LLP, 2018.