

Technologia światłowodów krzemionkowych jest jedną z głównych dziedzin optoelektroniki i stanowi platformę do opracowywania nowych konstrukcji laserów włóknowych (w tym laserów dużej mocy). Obecnie, najczęściej wykorzystywanym profilem wiązki optycznej w wielu zastosowaniach techniki laserowej jest kształt Gaussowski (najczęściej opisywanej parametrem $M^2 \approx 1$) lub jak najbardziej do niej zbliżonej. Wynika to z faktu dobrze zdefiniowanego profilu i możliwości ogniskowania tego typu wiązki na małym obszarze co pozwala na punktowe uzyskanie znacznych gęstości mocy. Niestety, z punktu widzenia obróbki laserowej materiałów, jedynie centralna część profilu Gaussowskiego wiązki optycznej (powyżej progu obróbki materiałów) stanowi jej użyteczną część. Energia niesiona przez wstęgi boczne nagrzewa wyłącznie obrabiany materiał, co może prowadzić do niekorzystnych zjawisk takich jak nagrzewanie materiału, uzyskiwanie gorszej jakości krawędzi cięcia, niezamierzonej obróbki powierzchniowej (np. utwardzanie powierzchni).

Wszystkie te wady mogą zostać minimalizowane poprzez optymalizację kształtu wiązki optycznej w celu uzyskania profilu typu flat-top (inaczej nazywanego top-hat), o stałej gęstości mocy w przekroju poprzecznym. Zastosowanie takiego profilu wiązki laserowej umożliwia precyzyjną kontrolę szerokości ścieżki promienia laserowego, uzyskiwanie ostrych krawędzi cięcia i precyzyjnej obróbki powierzchniowej. Dodatkowo, pozwala to często na zwiększenie wydajności procesu poprzez wzrost prędkości wykonywania ablacji. Układy o profilu flat-top są korzystne w mikroobróbce laserowej materiałów (cięciu, zgrzewaniu, metodach addytywnych - drukowaniu w tym również metali, badaniu progu uszkodzeń wywołanych laserem (LIDT, laser induced damage threshold), mikro i nanostrukturyzacji, obróbce wafli półprzewodnikowych, wytwarzaniu nanostruktur mechanicznych (MEMS) i optomechanicznych (MOEMS). Obecnie, w celu przekształcenia wiązki Gaussowskiej w profil typu flat-top stosowane są specjalne układy dyfrakcyjne (Diffractive Optic Elements, DOE), oparte o korektę kształtu wiązki optycznej poprzez specjalnie ukształtowane soczewki przestrzennie zmieniające fazę lub nanostrukturyzowane płytki falowe. Układy takie niestety są wrażliwe na poprawną justację przestrzenną elementów zależną od średnicy wiązki wejściowej.

Celem projektu jest opracowanie nowej konstrukcji światłowodów o wielopierścieniowym rdzeniu i dużym polu modu (Large Mode Area, LMA) w których optymalizacja profilu refrakcyjnego i układu rozmieszczenia domieszki aktywnej (tulu, holmu) pozwoli na uzyskanie wiązki optycznej o stałej gęstości mocy w przekroju poprzecznym (flat-top) bezpośrednio we włóknie światłowodowym. Aby osiągnąć założony cel i zbadać postawioną hipotezę badawczą przeprowadzone zostaną prace optymalizacyjne (symulacyjne) oraz wytworzone zostaną z wykorzystaniem metody osadzania z fazy gazowej - MCVD-CDT (Modified Chemical Vapour Deposition – Chelate Doping Technique) zapewniająca możliwość kontroli tego typu domieszkowanych struktur. Kluczowym etapem przy opracowywaniu konstrukcji światłowodu będzie weryfikacja uzyskania założonych parametrów (efektywność osadzania, charakterystyka optyczna i strukturalna preform), pozwalająca na opracowanie i optymalizację parametrów procesu MCVD-CDT. Skalowanie preform w celu wytworzenia aktywnych światłowodów typu double-clad o emisji w zakresie 1,7-2,1 μ m (określanej jako bezpiecznej dla wzroku). Opracowane domieszkowane światłowody (tul i holm) posłużą do budowy układów laserowych emitujących w założonych zakresach spektralnych. Przeprowadzona zostanie również optymalizacja konstrukcji układu laserowego w celu uzyskania wysokiej jakości optycznej wiązki laserowej z wykorzystaniem wytworzonych włókien światłowodowych.

Zagadnienia te stanowią znaczący wkład w dziedzinę fotoniki i techniki światłowodów aktywnych. Niewątpliwym wkładem w ich rozwój będzie zbiór badań podstawowych dotyczących optymalizacji (prace symulacyjne), wytwarzania (technologia MCVD-CDT), właściwości strukturalnych oraz luminescencyjnych światłowodów krzemionkowych wielopierścieniowych (MRC) pozwalających na konstruowanie nowych źródeł promieniowania laserowego o emisji wiązki o stałej gęstości mocy w przekroju poprzecznym, dobrze zdefiniowanym profilu spektralnym i pracujących w zakresie bezpiecznym dla wzroku.