

Światłowody antyrezonansowe do średniej podczerwieni wykonane ze szkieł tlenków metali ciężkich i szkieł fluorkowych

W ostatnich latach obserwuje się znaczny rozwój fotoniki, w szczególności światłowodów i nowoczesnych materiałów fotonicznych. Wiele z nich wykorzystywanych jest w średniej podczerwieni na przykład do detekcji prostych cząsteczek gazów takich jak metan lub tlenki azotu, których pasma absorpcyjne znajdują w tym zakresie spektralnym. Jednym z ostatnich osiągnięć fotoniki jest nowy typ światłowodów jakim są włókna antyrezonansowe. Nazywane są one także włóknami rewolwerowymi (*revolver fiber*) ze względu na strukturę zbudowaną z kilku (5-8) niestykających się wzajemnie kapilar, umieszczonych wewnątrz pustego płaszcza, co przypomina bębenek rewolweru. W klasycznych światłowodach telekomunikacyjnych, światło propaguje w oparciu o zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia w rdzeniu wykonanym ze szkła o wyższym współczynniku załamania światła niż płaszcz światłowodu. We włóknach antyrezonansowych światło propaguje w powietrznym rdzeniu, a mechanizm propagacji w dużym uproszczeniu polega na prowadzeniu światła w oknach transmisyjnych pomiędzy częstotliwościami rezonansowymi charakterystycznymi dla danej struktury włókna. Częstotliwości rezonansowe i tłumienie światłowodu zależą przede wszystkim od materiału włókna, symetrii i grubości ścianek wewnętrznych kapilar. Włókna antyrezonansowe charakteryzują się bardzo niskim tłumieniem i teoretycznie możliwe jest otrzymanie światłowodu o tłumieniu mniejszym od konwencjonalnych światłowodów telekomunikacyjnych. Propagacja impulsu świetlnego w powietrznym rdzeniu przynosi szereg korzyści takich jak: niska dyspersja, niskie tłumienie, niska nieliniowość oraz możliwość przesyłania impulsów wysokich mocy. Ponadto możliwość wypełnienia pustego rdzenia praktycznie dowolnym medium umożliwia konstruowanie światłowodowych detektorów gazów o wysokiej czułości.

Obecnie światłowody antyrezonansowe wytwarzane są głównie ze szkieł wysokokrzemionkowych typu *fused silica*. Materiał ten pomimo małej absorpcji i doskonałych właściwości mechanicznych jest praktycznie nieprzezroczysty powyżej 4 μ m. Z tego powodu światłowody wykonane ze tych szkieł nie mogą być wykorzystane w dalszej podczerwieni. Szklą wieloskładnikową są stosowane od dawna jako alternatywny materiał do wytwarzania światłowodów ze względu na właściwości znacznie przewyższające szkła wysokokrzemionkowe, w tym możliwość domieszkowania aktywnymi pierwiastkami do zastosowań laserowych, generację optycznych efektów nieliniowych i doskonałą transmisję w średniej podczerwieni.

W projekcie zaplanowane jest wytworzenie światłowodów antyrezonansowych ze szkieł wieloskładnikowych. Do badań zostaną wykorzystane szkła tlenków metali ciężkich HMO (*Heavy Metal Oxide*) i szkła fluorkowe, które charakteryzują się wysoką transmisją w podczerwieni sięgającą do 8 μ m. Część projektu dotycząca szkieł HMO będzie obejmowała opracowanie nowych składów chemicznych oraz ich charakteryzację pod względem właściwości optycznych i termicznych, natomiast w przypadku szkieł fluorkowych badania będą dotyczyć poprawienia warunków syntezy. W przypadku obydwu materiałów celem będzie poprawienie transmisji szkieł i parametrów termicznych, mających wpływ na proces wytwarzania światłowodów.

Światłowody antyrezonansowe zostaną wytworzone za pomocą połączenia metody mozaikowej i ekstruzji. Metoda mozaikowa w przypadku włókien antyrezonansowych polega na ułożeniu powiększonej struktury włókna (preformy) z pojedynczych kapilar, a następnie wyciągnięciu włókna na wieży światłowodowej. Najtrudniejszym etapem w metodzie mozaikowej jest otrzymanie cienkościennych szklanych kapilar, dlatego też w projekcie zostanie zrealizowane to metodą ekstruzji czyli mechanicznego tłoczenia szklanych elementów powyżej temperatury mięknięcia szkła. Połączenie dwóch metod pozwoli na otrzymanie precyzyjnie wykonanych włókien o wysokiej symetrii, co powinno wpłynąć na znaczne poprawienie właściwości transmisyjnych światłowodu. Projekt włókna zostanie opracowany wykorzystując obliczenia numeryczne. Celem będzie otrzymanie jak najszerszych okien transmisyjnych w zakresie 4-8 μ m, z jednoczesnym zachowaniem minimalnego tłumienia. Wytworzone włókna zostaną scharakteryzowane pod względem parametrów optycznych, a wyniki zostaną zweryfikowane metodami numerycznymi, porównując dane eksperymentalne i teoretyczne dla struktury idealnej i rzeczywistej.

Celami projektu są zarówno opracowanie nowych szkieł wieloskładnikowych charakteryzujących się szerokim oknem transmisyjnym w średniej podczerwieni, jak i wytworzenie z nich włókien antyrezonansowych. Otrzymane wyniki podczas syntezy i charakteryzacji nowych składów szkieł poszerzą dotychczasowy stan wiedzy na temat szkieł wieloskładnikowych, w szczególności szkieł HMO. Wykonane włókna antyrezonansowe będą mogły być wykorzystane w zastosowaniach w średniej podczerwieni, w tym przesyłania impulsów wysokich mocy i budowie światłowodowych systemów detekcji gazów.