

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Celem projektu jest pełne zrozumienie zjawisk falowych zachodzących w spiralnych światłowodach z mikrostrukturalnym rdzeniem i/lub płaszczem, co wiąże się z dwoma, dotychczas niemal rozłącznymi nurtami badań. Pierwszy z nich dotyczy światłowodów mikrostrukturalnych, które są badane i rozwijane od niemal 15 lat, a drugi badanych od niedawna światłowodów spiralnych. Ten główny cel projektu zostanie osiągnięty poprzez umiejętne połączenie zaawansowanych badań symulacyjnych wykorzystujących najnowsze metody numeryczne, nowych rozwiązań technologicznych umożliwiających wytwarzanie światłowodów mikrostrukturalnych o specjalnych charakterystykach oraz ich skręcanie różnymi metodami, a także badań eksperymentalnych, których wyniki będą stanowiły ostateczne potwierdzenie nowych zjawisk falowych i umożliwią wyselekcjonowanie najlepszych struktur do przyszłych zastosowań praktycznych.

Ogólna hipoteza badawcza jest taka, że wytworzenie odpowiedniej mikrostruktury w płaszczu i/lub w rdzeniu w połączeniu ze spiralnym skręceniem światłowodu, zapewnia dodatkowy stopień swobody w kształtowaniu ich właściwości falowodowych i prowadzi do nowych, nieobserwowanych wcześniej zjawisk. Zaliczyć do nich można egzotyczną polaryzację modów rdzeniowych prowadzonych w spiralnie skręconym mikrostrukturalnym rdzeniu (na przykład możliwość uzyskania modów wirowych o różnych orbitalnych momentach pędu), możliwość uzyskania dużej dwójłomności kołowej lub eliptycznej, propagację tylko jednego modu polaryzacyjnego o kołowej polaryzacji, poszerzenie jednomodowego zakresu pracy w spiralnych światłowodach poprzez odpowiednią strukturyzację okolicy rdzenia, możliwość uzyskania sprzężenia między modami rdzeniowymi i wybranymi modami płaszczowymi, które można kontrolować poprzez odpowiednią strukturyzację płaszczu, a także nowe możliwości czujnikowych zastosowań takich struktur.

Badania dotyczące światłowodów spiralnych znajdują się w początkowym stadium rozwoju. Do niedawna pełne zrozumienie zjawisk występujących w tego typu strukturach było niemożliwe, ponieważ nie istniały odpowiednie metody numeryczne umożliwiające ich dokładne modelowanie. Metody przybliżone dawały niepełny obraz, a niektórych parametrów w ogóle nie można było symulować. Dopiero ostatnio zaproponowane podejście, bazujące na formalizmie optyki transformacyjnej, umożliwiło dokładne w pełni wektorowe symulacje falowodów spiralnych i stało się impulsem do nowych badań o charakterze poznawczym. Tematyka związana ze światłowodami spiralnymi jest więc bardzo rozwojowa i przyniesie w najbliższych latach wiele wartościowych publikacji i patentów.

W tym kontekście szeroki program badań zaplanowany do zrealizowania w ramach niniejszego projektu obejmujący aspekty numeryczne, technologiczne i eksperymentalne wydaje się szczególnie obiecujący. Realizacja projektu doprowadzi do pełnego zrozumienia zjawisk falowych zachodzących w spiralnych światłowodach mikrostrukturalnych. Można się spodziewać, że będzie to stanowiło istotny impuls rozwojowy w ważnych dziedzinach nauki, jak telekomunikacja i metrologia optyczna. Wyniki projektu przyczynią się do powstania w przyszłości nowych urządzeń optoelektronicznych (nowych rodzajów światłowodów telekomunikacyjnych do wielokanałowej transmisji z wykorzystaniem modów wirowych, laserów wykorzystujących aktywne światłowody spiralne, pasywnych elementów spiralnych stosowanych w telekomunikacji, jak na przykład sprzęgacze i filtry oraz czujników do pomiaru różnych parametrów wykorzystujących światłowody spiralne) o nieosiągalnych wcześniej parametrach.

Istotną częścią projektu będą numeryczne symulacje właściwości transmisyjnych i czujnikowych spiralnych światłowodów mikrostrukturalnych oraz numeryczna analiza nowych zjawisk falowych obserwowanych w takich strukturach. Planuje się, że większość symulacji elektromagnetycznych będzie przeprowadzonych z wykorzystaniem nowo opracowanej metody optyki transformacyjnej, która sprowadza trójwymiarowe zagadnienie spiralnego światłowodu do problemu dwuwymiarowego poprzez odpowiednią transformację tensora przenikalności elektrycznej i magnetycznej. Właściwości czujnikowe światłowodów będą symulowane metodą elementów skończonych stosowaną w strukturalnych obliczeniach mechanicznych.

W części eksperymentalnej planuje się opracowanie trzech metod skręcania spiralnych światłowodów mikrostrukturalnych zapewniających różne stałe skręcenia Λ , tzn. skręcanie światłowodu na całej długości w trakcie wyciągania $\Lambda \approx 100 \div 1$ cm, lokalne skręcanie na długości kilku centymetrów w płomieniu palników wodorowych $\Lambda \approx 1 \div 0,1$ cm, oraz lokalne skręcanie na długości kilkudziesięciu centymetrów przy pomocy lasera CO₂, $\Lambda \approx 0,1 \div 0,01$ cm. Preformy na światłowody o specjalnie zaprojektowanej mikrostrukturze rdzenia i/lub płaszczu zostaną wytworzone metodą składania prętów i kapilar o odpowiedniej czystości uzyskanej w technologii MCVD lub FCVD. Badanie eksperymentalne wytworzonych światłowodów spiralnych i elementów bazujących na światłowodach spiralnych będą prowadzone z wykorzystaniem standardowych procedur z koniecznymi modyfikacjami związanymi z egzotyczną polaryzacją modów własnych.