

Streszczenie

Rozprawa obejmuje analizę właściwości optycznych wybranych światłowodów fotonicznych (ang. *photonic crystal fibers*, PCF), których rdzeń został wypełniony cieczami o różnych właściwościach. W szczególności skupiono się na generacji superkontinuum (ang. *supercontinuum generation*, SCG) w światłowodach PCF wypełnionych wysoce nieliniowymi cieczami oraz analizie właściwości transmisyjnych światłowodów antyrezonansowych (AR) wypełnionych cieczami o niskim współczynniku załamania do ich zastosowań w biolaserach i bioczułnikach.

Praca składa się z trzech głównych części. Pierwsza część obejmuje tematykę projektowania, wytwarzania i charakteryzacji właściwości liniowych światłowodów PCF z rdzeniem wypełnionym cieczą. Do selektywnego wypełniania rdzenia cieczami wykorzystano technikę termiczną bazującą na użyciu konwencjonalnej spawarki światłowodowej. Charakterystyki dyspersyjne światłowodów PCF o różnej strukturze i rdzeniem wypełnionym cieczami zostały wyznaczone z użyciem metod numerycznych, a następnie zweryfikowane eksperymentalnie z użyciem układu interferometru Macha-Zehndera. Ta część rozprawy została poświęcona weryfikacji możliwości uzyskania w światłowodach PCF z rdzeniem wypełnionym cieczami całkowitej normalnej i płaskiej dyspersji w zakresie spektralnym bliskiej podczerwieni.

Drużga część pracy zawiera pomiary SCG w światłowodach PCF wypełnionych cieczami o wysokim współczynniku załamania, takich jak toluen i CCl₄. Gdy komercyjny laser femtosekundowy został użyty jako źródło pompujące, światłowody z rdzeniem wypełnionym cieczami pozwoliły na uzyskanie widma superkontinuum (ang. *supercontinuum*, SC) w zakresie bliskiej podczerwieni i wykazującego potencjał do koherencji. Ta część rozprawy obejmuje także analizę dynamiki kształtowania widma SC w bliskiej podczerwieni, gdzie wzięto pod uwagę samomodulację fazy poprzedzającą optyczne łamanie fali dla poszerzenia widmowego w zakresie dyspersji normalnej, a także dynamikę solitonową dla SCG w zakresie dyspersji anomalnej. Dzięki szerokim możliwościom w zakresie projektowania i wytwarzania światłowodów PCF oraz wysokiej nieliniowości zastosowanych cieczy, światłowody PCF z rdzeniem wypełnionym cieczą pozwalają uzyskać szerokie widmo SC nawet przy małej mocy impulsów wejściowych. Cecha ta pozwala to na wykorzystanie światłowodów PCF z rdzeniem wypełnionym cieczą jako komponentów w całkowicie światłowodowych systemach SCG, które mogą być używane z dostępnymi komercyjnie źródłami laserowymi dużej mocy. Takie systemy pozwalają na wytwarzanie relatywnie tanich źródeł koherentnego SC dla wielu zastosowań obejmujących m.in. generację grzebieni częstotliwości, a także zastosowania czujnikowe i obrazowanie medyczne. Ponadto, w ramach realizacji prac badawczych w zakresie sprzężenia światła ze światłowodu PCF wypełnionego cieczą do światłowodu jednomodowego w całkowicie światłowodowym układzie SCG, dodatkowo zaprojektowano i wytworzono krzemionkowy światłowód PCF o dużym polu modu (ang. *large mode area*, LMA). Zaproponowany światłowód LMA PCF charakteryzuje się niską nieliniowością, małymi stratami zgięciowymi oraz umożliwia uzyskanie wysokiej wydajności sprzężenia światła ze światłowodem PCF z rdzeniem wypełnionym cieczą.

Trzecia część rozprawy została poświęcona analizie właściwości światłowodów AR wypełnionych cieczami o niskim współczynniku załamania, takimi jak wodą i etanolem. Dla takich światłowodów mimo wypełnienia ich wspomnianymi cieczami zachodzi inny mechanizm propagacji niż całkowite wewnętrzne odbicie. Celem tej części rozprawy było zweryfikowanie

czy światłowód AR wypełniony cieczą może zapewnić szerokie okno transmisji. Eksperymenty potwierdziły, że okna transmisji światłowodu AR po wypełnieniu cieczami podlegają przesunięciu w kierunku fal krótszych. Przesunięcie to zależy od współczynnika załamania cieczy i grubości ścianki kapilary w strukturze płaszcza światłowodu. Dzięki szerokim oknom transmisji światłowód AR wypełniony cieczą o niskim współczynniku załamania jest obiecującym rozwiązaniem do zastosowań optofluidycznych. Mając to na uwadze, w tej części rozprawy zostały zbadane właściwości optyczne dostępnych komercyjnie cieczy używanych w realizacji eksperymentów biologicznych. Analizie poddano również zmiany właściwości tych cieczy wraz z czasem ich przechowywania. Struktury biologiczne, takie jak bakterie lub komórki, wymagają specjalnych roztworów wodnych podtrzymujących procesy życiowe, które nazywane są buforami lub pożywkami do hodowli komórkowych. Współczynnik załamania, widma transmisji i rozpraszania dla wybranych cieczy tego typu zostały zaprezentowane i porównane z właściwościami wody. Przedyskutowano także wpływ starzenia tych roztworów na ich właściwości. Następnie omówiono wykorzystanie światłowodów AR wypełnionych tymi roztworami biologicznymi zawierającymi mikroorganizmy do zastosowań w układach optofluidycznych.