

STRESZCZENIE ROZPRWY DOKTORSKIEJ

Tytuł: „Generacja superkontinuum w zakresie podczerwieni w światłowodach fonicznych wykonanych z wieloskładnikowych szkieł tlenkowych”

Światłowody foniczne cieszą się dużym zainteresowaniem już od ponad dwudziestu lat. Ogromne możliwości kształtowania właściwości dyspersyjnych poprzez dobór struktury oraz duża gęstość mocy optycznej w rdzeniu włókna sprawiły, że znalazły one zastosowanie w optyce nieliniowej. Szybko zauważono, że pompowanie światłowodów w zakresie dyspersji anomalnej wysokoenergetycznymi impulsami laserowymi powoduje powstawanie i rozpad solitonów optycznych, które w wyniku szeregu zjawisk nieliniowych znacząco poszerzają widmo impulsu prowadząc do powstania tzw. superkontinuum. Widmo superkontinuum może sięgać zakresu podczerwieni, stając się bardzo dobrym źródłem światła, które znajduje zastosowania w wielu dziedzinach nauki. Ograniczeniem stało się powszechnie stosowane szkło krzemionkowe, którego transmisja w podczerwieni znacząco spada dla długości fali większych niż 2,4 μm . Dlatego trwają prace nad syntezą szkieł o lepszej transmisji w podczerwieni i wysokim nieliniowym współczynniku załamania, które dodatkowo są odporne na krystalizację podczas wielokrotnej obróbki termicznej.

Moja praca miała na celu udowodnienie, że światłowody foniczne wykonane z oryginalnych szkieł na bazie tlenków metali ciężkich umożliwiają generację superkontinuum w zakresie bliskiej podczerwieni, przy pompowaniu w zakresie dyspersji anomalnej. Dodatkowo wykazano, że do ich pompowania optycznego można wykorzystać stosunkowo tanie i mało skomplikowane lasery światłowodowe, pracujące w trzecim oknie transmisyjnym (około 1,55 μm). W pracy zaproponowano dwie odmienne metody kształtowania charakterystyki dyspersji chromatycznej światłowodów. Pierwszą z nich, klasyczną, jest modyfikacja struktury szklano-powietrznego płaszcza fonicznego. Z kolei innowacyjnym podejściem jest podfalowa strukturyzacja obszaru samego rdzenia, który jest otoczony płaszczem z litego szkła.

W ramach pracy przeprowadzono badania właściwości liniowych wybranych włókien ze szkła ołowiowo-bismutowo-galowego oraz ze szkła tellurowego, a także wygenerowano szerokie na ponad oktawę widma superkontinuum. Obiecujące wyniki skłoniły do przeprowadzenia procesu optymalizacji dyspersji, w wyniku którego zaprojektowano, wytworzono oraz zbadano włókno ze szkła ołowiowego o trzech różnych współczynnikach wypełnienia w płaszczu fonicznym. Otrzymana płaska charakterystyka dyspersji pozwoliła na generację widma w zakresie spektralnym od 0,8 μm do 2,4 μm przy pompowaniu impulsami o czasie trwania 400 fs. Zademonstrowano również możliwość wytworzenia włókna ze szkła tellurowego o regularnej, heksagonalnej strukturze płaszcza, które umożliwia efektywniejsze odprowadzanie ciepła z rdzenia w porównaniu z dotychczas stosowanymi włóknami tellurowymi z zawieszonym rdzeniem. W badanym włóknie otrzymano widmo superkontinuum ograniczone do długości fali 2,5 μm , z powodu występowania głębokiego i szerokiego pików absorpcyjnego, związanego z obecnością jonów OH^- w szkłe.

Rozprawa zawiera także obszerną analizę włókna o wysokiej dwójłomności rzędu 10^{-3} , w którym anizotropię otrzymano poprzez podfalową strukturyzację obszaru rdzenia. Badane włókna wytworzono z dwóch różnych szkieł o wyższym nieliniowym współczynniku załamania niż w szkłe krzemionkowym, co przy małych rozmiarach rdzenia (około $7 \times 3 \text{ }\mu\text{m}$) skutkuje wzrostem współczynnika nieliniowości. W wytworzonym włóknie uzyskano płaskie profile dwójłomności i dyspersji, niespotykane w innych konstrukcjach światłowodów. Bardzo podobne charakterystyki dyspersji dla ortogonalnych modów polaryzacyjnych, z miejscem zerowym dla długości fali około $1,5 \text{ }\mu\text{m}$, spowodowały, że otrzymane widma superkontinuum przy pobudzaniu impulsami o długości fali $1,56 \text{ }\mu\text{m}$ są bardzo podobnie dla obu polaryzacji.

Pompowanie laserami impulsowymi włókien nieliniowych, które zwykle cechują się wysoką tłumiennością na poziomie kilku dB/m, wiąże się z dyssypacją energii w postaci ciepła. Z kolei wzrost temperatury zmienia właściwości optyczne światłowodu i może mieć wpływ na generację efektów nieliniowych. W pracy zaproponowano metodę pomiaru dyspersji światłowodów w funkcji temperatury, a następnie przeprowadzono badania wpływu temperatury na dyspersję we włóknach nieliniowych ze szkła krzemionkowego i szkła ołowiowego. Odnotowano przesunięcie długości fali dla zerowej dyspersji o $+8 \text{ nm}$ dla włókna krzemionkowego i $+18 \text{ nm}$ dla włókna ze szkła ołowiowego przy wzroście temperatury o 400°C . W pracy wykazano, że zmiany charakterystyki dyspersji wywołane zmianami temperatury są zbyt małe, aby znacząco wpłynąć na proces generacji superkontinuum.