

Streszczenie:

W ciągu ostatnich lat można zaobserwować wzrost zainteresowania środowiska naukowego zakresem średniej podczerwieni. Jest to związane z faktem, iż zakres ten obejmuje pasma absorpcyjne większości związków organicznych. W związku z powyższym, wytworzenie nowych urządzeń optycznych zdolnych do operowania w obrębie zakresu średniej podczerwieni może prowadzić do innowacyjnych rozwiązań w dziedzinach takich jak obrazowanie, spektroskopia, przemysł militarny oraz przemysł żywnościowy. Rozwój dedykowanych szkieł pozwalających na produkcję soczewek, światłowodów oraz rozwój elementów optycznych samych w sobie, nie jest sprawą błahą, a zagłębienie się w tej tematyce jest głównym celem tej dysertacji.

Pierwsza część niniejszej rozprawy poświęcona jest syntezie nowych, stabilnych termicznie szkieł tlenkowych zawierających tlenki metali ciężkich, które mogą zostać wykorzystane do produkcji soczewek metodą hot-embossing. Szkła wykorzystywane do produkcji soczewek metodą hot-embossing powinny charakteryzować się wysoką stabilnością oraz właściwościami termicznymi pozwalającymi na zminimalizowanie trudności związanych z tą metodą produkcji. Są nimi: pękanie, krystalizacja (dewitryfikacja) szkieł oraz przyklejanie się szkła do stempli. W odpowiedzi na powyższe wyzwania zaproponowano i wytworzono szkła w układzie $\text{SiO}_2\text{-PbO-CdO-Ga}_2\text{O}_3$, a następnie scharakteryzowano je pod kątem ich właściwości termicznych i optycznych. Dalsza część niniejszego rozdziału dotyczy oczyszczania szkieł tellurowych z wykorzystaniem halogenków do zastosowań w wytwarzaniu włókien o strukturze kryształu fotonicznego (Photonic Crystal Fibers – PCF) za pomocą metody mozaikowej (z ang. stack-and-draw). Światłowodów wytworzonych ze szkieł tellurowych charakteryzują się pewnymi ograniczeniami, które związane są z występowaniem silnych pasm absorpcyjnych tych szkieł pochodzących od grup wody, które zawężają ich okno transmisyjne do tylko 3 μm , nawet w przypadku włókien od długości krótszej niż metr. Ponadto niska stabilność szkieł tellurowych nie pozwala na ich wielokrotne przetwarzanie termiczne, które wymagane jest do produkcji światłowodów PCF, a w uogólnieniu całoszkłanych światłowodów otrzymywanych metodą mozaikową. Uwzględniając przedstawione powyżej trudności, zbadano również możliwość poszerzenia okna transmisyjnego szkieł tellurowych poprzez ich oczyszczanie za pomocą syntezy w układzie szkieł halo-tellurowych.

Druga część niniejszej rozprawy doktorskiej przedstawia wykorzystanie szkieł chalcogenkowych do zastosowań w średniej podczerwieni. Szkła chalcogenkowe charakteryzują się wysoką transmitancją w zakresie od 1 μm do 20 μm , co czyni z nich właściwy materiał do zastosowań w średniej podczerwieni. Zastosowanie metody mozaikowej, zwykle wykorzystywanej do przetwarzania stabilnych szkieł wieloskładnikowych (np. szkieł krzemianowych), okazywało się do tej pory niepraktyczne, w związku z niską stabilnością termiczną szkieł chalcogenkowych. W niniejszej pracy, po raz pierwszy, przedstawiono realizację włókien typu nGRIN (nanostructured Gradient Refractive Index) oraz mikrosoczewek z wykorzystaniem metody mozaikowej, które mogą być zastosowane w zakresie od 1 μm do 17 μm . Prace wykonane zostały w ramach współpracy z Uniwersytetem w Rennes 1. W ramach prowadzonych badań opracowano dwie struktury oraz włókna o średnicach rdzenia od 4.4 μm do 40 μm . W dalszym toku prac badano możliwość wytworzenia soczewek nGRIN z włókien otrzymanych w pierwszym kroku za pomocą metody stack-and-draw, w związku z faktem, iż tradycyjne metody wytwarzania soczewek gradientowych takich jak chemiczne osadzanie z fazy gazowej są niekompatybilne z tą grupą szkieł.

Ostatnia część niniejszej dysertacji dotyczy badania możliwości generowania superkontinuum od światła widzialnego do średniej podczerwieni z wykorzystaniem włókien nGRIN. Wszechstronność, którą daje nanostrukturyzacja pozwala na kształtowanie dyspersji, a zatem na wykorzystanie komercyjnych źródeł światła ułatwiających poszerzenie spektralne dla włókien posiadających zerową dyspersję w zakresie średniej podczerwieni, zwłaszcza dla szkieł chalcogenkowych. Ponadto metoda mozaikowa umożliwia zaprojektowanie elementów optycznych posiadających dyspersję normalną w

szerokim zakresie spektralnym. Wykorzystując technologiczne możliwości porównano dwa podobne procesy nanostrukturyzacji z wykorzystaniem szkieł z dwóch różnych grup. Pierwszym włóknem był światłowód z oznaczeniem MS15B3, wyprodukowany w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych, oparty na czystym szkle krzemionkowym oraz szkle krzemionkowym domieszkowanym dwutlenkiem germanu - GeO_2 . Drugim włóknem był światłowód wykonany ze szkieł chalcogenkowych w układzie trójskładnikowym Ge-As-Se. Z wykorzystaniem odpowiedniego źródła do każdego z włókien (impulsowy laser nanosekundowy dla długości fali 1550 nm w przypadku światłowodu krzemionkowego oraz femtosekundowy laser o długości fali 4 μm dla światłowodu chalcogenkowego) podjęto próby generacji superkontinuum.