

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Badanie dynamiki wybranych zjawisk nieliniowych zachodzących w światłowodach wielomodowych

Sylwia Majchrowska

Badania przeprowadzone w ramach niniejszej rozprawy miały na celu wykazanie, że przebieg wybranych zjawisk nieliniowych zależy istotnie od kompozycji modowej pobudzenia. Numerycznie przebadano kilka nowych procesów nieliniowych, które zachodzą we włóknach wielomodowych, w tym: dyskretyzację zjawiska emisji stożkowej we włóknach typu step-index oraz GRIN w reżimie normalnym, bliskim zera dyspersji oraz anomalnym; konwersję energii między dwoma modami polaryzacyjnymi modu podstawowego dwójłomnego światłowodu mikrostrukturalnego, zachodzącą podczas propagacji spułapkowanego wektorowego solitonu dwumodowego; oraz międzomodowe-wektorowe mieszanie czterofalowe zachodzące pomiędzy modami polaryzacyjnymi $LP_{0,1}$ i $LP_{1,1}$ w dwójłomnym światłowodzie typu Panda. W tym celu opracowano zaawansowane narzędzia numeryczne pozwalające modelować nieliniową propagację światła we włóknach wielo- i kilku-modowych.

Weryfikacja użyteczności opracowanych narzędzi oraz stosowalności różnych modeli numerycznych została przeprowadzona dla przypadku zaobserwowanej po raz pierwszy w badaniach numerycznych dla włókien wielomodowych dyskretnej emisji stożkowej. W tym przypadku analizowano możliwość generacji fali stożkowej we włóknach o skokowym i gradientowym profilu współczynnika załamania pobudzając je za pomocą wiązki laserowej o mocy zbliżonej do mocy krytycznej. Dynamika zajścia tego zjawiska wygląda podobnie jak dla przypadku generacji superkontinuum, gdzie udział w poszerzaniu się widma mają różne procesy nieliniowe w zależności od zastosowanego reżimu dyspersji. Generacja dyskretnej emisji stożkowej w reżimie dyspersji normalnej rozpoczyna się od rozszczepienia impulsu w czasoprzestrzeni i umiarkowanego poszerzenia się widma, po czym w wyniku szoku optycznego dochodzi do konwersji energii do modów wyższego rzędu zgodnie z warunkiem dopasowania fazowego powodując uformowanie się filamentu X-kształtnego w domenie spektralnej. Uzyskane wyniki potwierdziły, że dyskretny charakter zbioru modów prowadzonych światłowodu zapewnia dyskretyzację emisji stożkowej. Dodatkowo pomyślna generacja fal stożkowych dla pobudzenia wiązką gausowską o szerokości równej szerokości modu podstawowego pozwala sądzić, że eksperymentalna obserwacja danego zjawiska jest również możliwa.

Zbadano także procesy nieliniowej konwersji energii związane z propagacją solitonów wektorowych w dwójłomnych światłowodach mikrostrukturalnych. W tym przypadku posłużono się zestawem dwóch równań sprzężonych uwzględniających wektorowe rozpraszanie Ramana. Przeanalizowano możliwość transferu energii między dwoma ortogonalnymi modami polaryzacyjnymi w zależności od sposobu pobudzenia włókna: zgodnie z osią wolną lub szybką oraz równomiernie pobudzając oba mody polaryzacyjne. W analizowanym przypadku zidentyfikowano dwa możliwe mechanizmy transferu energii: mieszanie modów polaryzacyjnych ze względu na nieidealny charakter włókna skutkujący brakiem utrzymywania stanu polaryzacji na długich odcinkach oraz ortogonalne rozpraszanie Ramana. Pokazano, że szczególnie w sytuacji równomiernego pobudzenia dwóch modów polaryzacyjnych ortogonalne rozpraszanie Ramana może prowadzić do transferu energii między modami polaryzacyjnymi, a w konsekwencji wpływać na stan polaryzacji propagujących się solitonów.

Badania numeryczne przeprowadzono także dla wielomodowych włókien dwójłomnych analizując możliwość przestrajania widma uzyskanego na skutek międzymodowego mieszania czterofalowego przez pobudzenie różnych modów przestrzennych/polaryzacyjnych. Wyjaśniono rolę dwójłomności fazowej w warunku dopasowania fazowego wskazującego na możliwe położenie dodatkowych pasm wygenerowanych w procesach między-modowego-wektorowego mieszania czterofalowego. Uzyskane wyniki obliczeń zostały skonfrontowane z wynikami pomiarów przeprowadzonych w komercyjnie dostępnych włóknach. Osiągnięto bardzo dobrą zgodność ilościową pozycji dodatkowych pasm międzymodowego-wektorowego mieszania czterech fal.