

STRESZCZENIE

Rozprawa przedstawia wyniki badań symulacyjnych pokazujących, że odpowiednia strukturyzacja powierzchni znacząco poprawia parametry użytkowe pasywnych planarnych elementów fotonicznych wykonanych z materiałów o średnim kontraście współczynnika załamania ($\text{TiO}_2\text{:SiO}_2/\text{SiO}_2$), a w niektórych przypadkach także z materiałów wysokokontrastowych (Si/SiO_2). Analizie poddano trzy klasy elementów falowodowych: grzbietowe falowody zgięte kołowo, sprzęgacze interferencyjne (MMI) i konwertery modów $\text{TE}_{00}/\text{TE}_{01}$ wykorzystujące binarne siatki długookresowe. Modelowanie przeprowadzono metodą elementów skończonych (FEM), a w przypadku sprzęgaczy MMI dodatkowo zastosowano metodę rozwinięcia w bazie modów własnych (EME).

W badaniach falowodów zgiętych kołowo skupiono się na strukturach dwumodowych. Wykazano, że niewielki uskok grubości w obszarze zgięcia istotnie poprawia ich parametry transmisyjne, redukując straty nadmiarowe, przesłuchy międzymodowe i straty zgięciowe obu modów. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem formalizmu optyki transformacyjnej, który umożliwił zastosowanie dwuwymiarowej metody FEM.

W części dotyczącej sprzęgaczy interferencyjnych MMI zaproponowano dwie metody kompensacji błędów fazowych poprzez odpowiednią strukturyzację powierzchni sprzęgacza: prostokątną siatkę reliefową oraz prostokątne rowki biegnące wzdłuż bocznych krawędzi sprzęgacza. Odpowiedni dobór parametrów tych struktur pozwolił znacząco lub niemal całkowicie skompensować błędy fazowe modów uczestniczących w formowaniu obrazu. Boczne rowki okazały się skuteczne także dla sprzęgaczy wykonanych z materiałów o dużym kontraście współczynnika załamania.

W ostatniej części pracy przedstawiono nową metodę projektowania siatkowych konwerterów modowych $\text{TE}_{00}/\text{TE}_{01}$, opartą na bezpośredniej numerycznej optymalizacji parametrów strukturalnych niejednorodnej długookresowej binarnej siatki o silnym sprzężeniu. Zoptymalizowane konwertery osiągają wymagane charakterystyki przy minimalnej liczbie segmentów i długości całkowitej. Ich własności transmisyjne były obliczane za pomocą formalizmu macierzowego, a optymalizację przeprowadzono zmodyfikowaną przez autorkę metodą multistart w środowisku MATLAB. Zoptymalizowane konwertery wykazują rekorodowo szerokie pasmo konwersji (do 400 nm przy efektywności konwersji powyżej 90%) i zawierają maksymalnie 9 segmentów. Całkowita długość tych struktur nie przekracza 260 μm , co stanowi redukcję wymiarów o ponad rząd wielkości w porównaniu z klasycznymi rozwiązaniami.

Rozwiązania zaproponowane w rozprawie przyczyniają się do zwiększenia skali integracji fotonicznych układów planarnych wytwarzanych z materiałów o średnim kontraście współczynnika załamania. Uzyskane wyniki zostały częściowo opublikowane w czterech współautorskich artykułach z listy filadelfijskiej oraz dwóch komunikatach konferencyjnych.