

## POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Celem projektu jest przeprowadzenie badań teoretycznych oraz eksperymentalnych dotyczących sprzęgaczy mocy sygnałowej i pompującej, stosowanych we wzmacniaczach mocy w konstrukcji całkowicie światłowodowej. Sprzęgacze takie występują w konfiguracji  $(N+1) \times 1$ , co oznacza że na wejściu posiadają  $N$  włókien wielomodowych MM (ang. *Multi Mode*) dla promieniowania pompującego oraz jedno włókno jednomodowe SM (ang. *Single Mode*) dla promieniowania sygnałowego. Na wyjściu sprzęgacza znajduje się włókno pasywne z podwójnym płaszczem DC (ang. *Double Clad*) o średnicach rdzeń/wewnętrzny płaszcz np.:  $9/125 \mu\text{m}$ . W przypadku konwencjonalnego sprzęgacza w konfiguracji  $(6+1) \times 1$  wiązka wejściowych włókien składa się z 6 światłowodów MM ( $105/125 \mu\text{m}$ ) otaczających jedno włókno SM ( $9/125 \mu\text{m}$ ), o łącznej średnicy  $\sim 375 \mu\text{m}$ . Wiązkę taką należy znacznie przewęzić, celem dopasowania jej do średnicy  $125 \mu\text{m}$  wewnętrznego płaszcza wyjściowego włókna DC. Tak duży stopień zwężenia powoduje zmniejszenie średnicy rdzenia włókna sygnałowego do mniej niż  $3 \mu\text{m}$ . Spaw tak mocno przewężonego rdzenia z rdzeniem wyjściowego włókna o średnicy  $9 \mu\text{m}$  spowoduje duże straty. Planowane w projekcie badania pozwolą opracować nową konstrukcję sprzęgacza, która umożliwi zwiększenie sprawności sprzężenia sygnału jednomodowego. Badania dotyczyć będą konfiguracji  $(5+1) \times 1$  sprzęgacza, czyli z 5 włóknami MM, a nie jak typowo 6, oraz z włóknem sygnałowym o zmniejszonej średnicy płaszcza:  $9/80 \mu\text{m}$ . Na wyjściu znajdować się będzie jednomodowe włókno pasywne DC o średnicach rdzeń/wewnętrzny płaszcz  $9/125 \mu\text{m}$ . Taka konfiguracja pozwoli na zmniejszenie początkowej średnicy wiązki włókien wejściowych i tym samym na zmniejszenie stopnia przewężenia, a wykorzystanie zjawiska dyfuzji rdzenia umożliwi dopasowanie pól modowych rdzeni włókien wejściowych i wyjściowych. Dzięki temu uzyskane zostanie zwiększenie sprawności sprzęgacza i układu wzmacniacza, w którym docelowo ma być on stosowany. Dodatkowo zbadana zostanie możliwość zastosowania wewnętrznego adaptera pola modowego MFA (ang. *Mode Field Adapter*) na porcie sygnałowym, który może umożliwić dokładne dopasowanie końcowej średnicy pola modowego sygnału w wiązce wejściowych włókien do wyjściowego włókna.

W projekcie prowadzone będą badania teoretyczne oraz eksperymentalne. W najbardziej popularnej konstrukcji sprzęgacza  $(6+1) \times 1$ , jako włókno sygnałowe wykorzystuje się włókno SMF28  $8.2/125 \mu\text{m}$ . Jego zewnętrzna średnica płaszcza jest taka sama jak włókien wielomodowych ( $105/125 \mu\text{m}$ ), co daje symetryczne rozmieszczenie włókien na wejściu sprzęgacza. W planowanych badaniach wykorzystane zostanie włókno  $9/80 \mu\text{m}$  w konfiguracji  $(5+1) \times 1$ . Wiązka światłowodów składająca się z 5 włókien MM i jednego SM  $9/80 \mu\text{m}$  zapewnia ich symetryczne rozmieszczenie oraz 100% gwarancję umiejscowienia włókna sygnałowego w środku całej wiązki. Wykorzystanie takiego włókna sygnałowego i zmniejszenie liczby portów MM, powoduje zmniejszenie stopnia przewężania całej wiązki, przez co transmisja sygnału w przypadku konfiguracji  $(5+1) \times 1$  sprzęgacza będzie większa niż w przypadku konfiguracji  $(6+1) \times 1$ . Podczas badań teoretycznych utworzony zostanie model struktury wejściowego sygnałowego portu sprzęgacza, aby określić optymalną długość przewężenia i jego średnicę końcową. Zbadana zostanie również możliwość utworzenia wewnętrznego adaptera pola modowego. Model portu sygnałowego wówczas składać się będzie z wejściowego włókna SM oraz jednego lub kilku odcinków włókien LMA. Po przewężeniu takiej struktury utworzony zostanie MFA - pola modowe kolejnych włókien będą stopniowo zwężane. Symulacje pozwolą określić optymalne parametry włókien LMA: aperturę numeryczną, długości, średnice, miejsce spawu z włóknem SM w odniesieniu do całej długości przewężenia. Do badań teoretycznych wykorzystane zostanie oprogramowanie *BeamProp*, bazujące na metodzie propagacji wiązki. Symulacje pozwolą szczegółowo zbadać sposób rozchodzenia się jednomodowej wiązki w projektowanej strukturze oraz określić optymalne parametry wejściowego portu sygnałowego z MFA oraz bez niego. Na podstawie otrzymanych wyników przeprowadzona zostanie seria eksperymentów mająca na celu wykonanie sprzęgacza w systemie LDS (*Large Diameter Splicer*), zaawansowanej spawarce światłowodowej przeznaczonej do pracy z włóknami/wiązkami włókien o średnicy od  $80 \mu\text{m}$  do  $2 \text{ mm}$ . Niezwykle istotne będzie opracowanie kolejnych etapów wykonania sprzęgacza, celem zachowania parametrów uzyskanych podczas symulacji, które jednocześnie zostaną zweryfikowane podczas eksperymentów.

Powodem podjęcia danej tematyki w planowanym projekcie jest fakt, iż wyniki osiągnięte na tym polu będą miały duży wpływ na obecny stan wiedzy oraz osiągnięcia w skali światowej, nie tylko w tematyce pasywnych komponentów światłowodowych, ale również obszaru naukowego dotyczącego całkowicie światłowodowych układów wzmacniaczy. Obecnie dostępne komercyjnie sprzęgacze z wyjściowym włóknem DC  $9/125 \mu\text{m}$  oferują 85-90% sprawności transmisji sygnału. Planowane badania pozwolą na zwiększenie sprawności do ponad 95%. To z kolei umożliwi zwiększenie sprawności i osiągnięcie wyższych mocy wyjściowych układów wzmacniaczy, które w zależności od zakresu spektralnego na jakim pracują, znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach: w telekomunikacji, w przemyśle, medycynie, nadajnikach do dalmierzy laserowych oraz detekcji gazów. Ponadto wiele grup naukowych prowadzi zaawansowane badania na tym polu naukowym, w związku z czym planowane badania doskonale wpisuje się w światowy trend.