

Propagacja fali elektromagnetycznej w światłowodzie z wbudowanym polem elektrycznym

Na przełomie ostatnich trzydziestu lat w konstrukcjach włókien optycznych można zaobserwować prawdziwą rewolucję. Pierwsze światłowody były w całości wykonane ze szkła krzemionkowego z rdzeniem domieszkowanym germanem. Dzisiejsze światłowody są wykonane z bardzo różnych materiałów: z różnorodnie domieszkowanych szkieł, ze szkieł wieloskładnikowych, czy z polimerów. Ponadto budowa zarówno rdzenia, jak i płaszczki obecnie wytwarzanych włókien optycznych jest bardziej skomplikowana, tj. można wyróżnić inkluzje z materiałów o znacząco różnych własnościach, a nawet kanały powietrzne, ciągnące się przez całą długość światłowodu. Mimo dużego zróżnicowania, stosowane do tej pory materiały były przezroczyste i tak dobierane, aby być w ogólności termicznie kompatybilne podczas procesu wytwarzania włókien.

W światłowodzie propaguje się fala elektromagnetyczna, którą można modulować zmieniając temperaturę otoczenia lub wprowadzając naprężenia w światłowodzie, ale praktycznie nie jest możliwa modulacja fali polem elektrycznym, ze względu na dużą izolację, jaką wprowadza szkło. Co można osiągnąć, gdy zminimalizuje się warstwę szkła izolującą pole elektryczne od pola propagującej się fali i jak tego dokonać w światłowodzie?

W ramach proponowanego projektu badawczego planujemy wytworzyć światłowody, które będą miały wewnętrzne elektrody metaliczne, umiejscowione blisko rdzenia światłowodu. Warstwa izolacji będzie bardzo mała, a stosowane napięcia rzędu kilowoltów pozwolą na oddziaływanie pola elektrycznego z falą świetlną. Zatem celem projektu jest przebadanie wpływu pola elektrycznego na właściwości światłowodów o zróżnicowanych konstrukcjach i wykonanych z różnych materiałów: ze szkieł krzemionkowych oraz ze szkieł wieloskładnikowych. W zależności od rodzaju szkła oraz budowy włókna optycznego możliwe jest wystąpienie zjawisk elektrooptycznych: liniowego efektu Pockelsa oraz kwadratowego efektu Kerra. Celem projektu jest wywołanie tych zjawisk w wytworzonych światłowodach i określenie efektywności modulacji światła. Szklą są ośrodkami, które nie mają samoistnej nieliniowości drugiego rzędu, a nieliniowość trzeciego rzędu jest mała w przypadku szkła krzemionkowego i o prawie dwa rzędy wyższa względem krzemionki dla szkieł wieloskładnikowych z grupy chalkogenków. Natomiast w ośrodkach, w których nieliniowość drugiego rzędu jest różna od zera możliwa jest konwersja częstotliwości fali świetlnej – tzw. generacja drugiej harmonicznej. Jedną z technik wprowadzania wymuszonej nieliniowości drugiego rzędu w ośrodkach jej pozbawionych jest zjawisko tzw. „thermal poling”, co w wolnym tłumaczeniu można określić, jako „biegunowanie termiczne”. Zjawisko to pozwala w światłowodzie podgrzany do wysokich temperatur rzędu 300 °C, będącym pod działaniem wysokich napięć rzędu kilku kV, wytworzyć stałe „zamrożone” pole elektryczne. Wartość wygenerowanego w ten sposób pola „zamrożonego” wraz z samoistną nieliniowością trzeciego rzędu są wprost proporcjonalne do wartości wymuszonej nieliniowości drugiego rzędu. Zadaniem projektu jest przebadanie możliwości generacji efektów nieliniowych w światłowodach z wymuszoną nieliniowością. Zwłaszcza w światłowodach ze szkieł wieloskładnikowych ten efekt może generować wysokie wartości nieliniowości drugiego rzędu, ze względu na większą niż w szkło krzemionkowym wartość nieliniowości trzeciego rzędu jak i obecność różnorodnych jonów wykazujących się znacznie większą ruchliwością w trakcie procesu „thermal poling”.

Badania realizowane w ramach niniejszego projektu przyczynią się do poszerzenia wiedzy na temat modulowania napięciem właściwości liniowych i nieliniowych światłowodów, co pozwoli na rozwój technik światłowodowych.