

Wielordzeniowe światłowody specjalne o dużej dwójłomności do jednoczesnych wieloparametrowych pomiarów

Czujniki światłowodowe wykorzystujące klasyczne włókna światłowodowe mają wiele zalet w porównaniu do ich elektrycznych odpowiedników i są z powodzeniem stosowane od wielu lat. Mały rozmiar pozwala na ich użytkowanie w różnych warunkach przy zachowaniu niskich kosztów instalacji i konserwacji. Właściwości dielektryczne szkła krzemionkowego, zwykle wykorzystywanego do produkcji włókien optycznych, pozwalają na zastosowanie czujników światłowodowych w obszarze zakłóceń elektromagnetycznych i wysokich napięć, w warunkach zapylenia oraz przy wysokich ciśnieniach, temperaturze i wibracjach. Zaletą takich czujników jest również możliwość przesyłania wyników pomiarów na dużą odległość, rzędu dziesiątek kilometrów. Jest to wykorzystywane m.in. w monitorowaniu naprężeń dużych konstrukcji budowlanych, takich jak mosty, tunele, tamy i stan torów w branży kolejowej. Mnogość obszarów, w których światłowody mogą być użyte, jako aktywne medium pomiarowe, jest bardzo obszerna. Obejmuje pomiary parametrów mechanicznych (ciśnienia, naprężenia), pomiary temperatury, pomiary składu chemicznego, stężenia zanieczyszczeń oraz pomiary wielkości elektrycznych i magnetycznych. Swoją uniwersalność światłowody optyczne pokazują również w sposobie pomiaru, a dokładniej mówiąc w zakresie czy też obszarze, z którego mogą zbierać informacje. Czujniki punktowe, np. światłowodowe siatki Bragga lub różnego rodzaju światłowodowe interferometry, dostarczają danych pomiarowych z jednego wybranego punktu. Czujniki pseudorozłożone są złożeniem wielu czujników punktowych i mogą mierzyć odpowiedź na zmiany danego czynnika w wielu miejscach. Zaś wykorzystanie w światłowodach zjawiska rozpraszania Brillouina, Ramana lub Rayleigha, pozwala na wykonywanie pomiarów z tak dobrą rozdzielczością przestrzenną, że z punktu widzenia monitorowania można je uznać za pomiar ciągły, nazywany także rozłożonym.

Dzięki wyjątkowym właściwościom światła, możliwe jest przenoszenie wielu informacji jednocześnie. Jest to bardzo przydatne przy projektowaniu wieloparametrowych czujników światłowodowych, które mogą jednocześnie wykrywać zmiany kilku parametrów za pomocą jednego medium (w tym przypadku włókna optycznego). W przeciwieństwie do macierzy lub zestawu czujników, rzeczywiste czujniki wieloparametrowe mierzą parametry będące przedmiotem zainteresowania dokładnie w tym samym miejscu. Możliwość pomiaru temperatury i jednocześnie dowolnego innego czynnika jest kluczowe ze względu na fakt, że zmiany temperatury są bardzo trudne do wyeliminowania ze środowiska. Większość proponowanych urządzeń oferowanych na rynku jest przeznaczona do pomiaru tylko jednego parametru, przy założeniu, że głowica czujnika jest oddzielona od wpływu innych bodźców zewnętrznych. Niestety w wielu zastosowaniach, takich jak monitorowanie i nadzór stanu technicznego konstrukcji budowlanych, jest to bardzo problematyczne, a nawet niemożliwe. Na przykład wykrywając deformację konstrukcji narażonej na wpływ zmian klimatu, nie jest możliwe całkowite oddzielenie głowicy czujnika od wahań temperatury, co powoduje zafałszowanie wyników pomiaru. Konwencjonalnym sposobem rozwiązania tego problemu jest użycie dwóch fizycznie oddzielonych włókien pomiarowych. Jedno z włókien monitoruje tylko zmiany temperatury, a drugie monitoruje jednocześnie zmiany dwóch parametrów, temperatury i odkształcenia. Pozwala to na kompensację zmian temperatury i wyznaczenie samego odkształcenia. Zastosowanie takiego rozwiązania w praktyce bywa jednak skomplikowane i nie daje zadowalających rezultatów, głównie ze względu na potrzebę umieszczenia obu włókien w pewnej odległości od siebie, tak aby rozdzielić działanie odkształcenia na jedno z włókien optycznych. To powoduje, że wpływ temperatury na oba światłowody jest nierównomierny. **Dlatego w ramach projektu planujemy stworzyć rozwiązanie, bazujące na technologii światłowodowej, które umożliwi jednoczesny pomiar temperatury i innych czynników zewnętrznych z wykorzystaniem tylko pojedynczego światłowodu.**

Celem naukowym projektu jest opracowanie specjalnych włókien wielordzeniowych o dużej dwójłomności. Poprzez umieszczenie elementów mikrostrukturalnych w płaszczyźnie, w połączeniu z dodatkowym skręceniem światłowodów wzdłuż osi, zróżnicowane zostaną czułości na temperaturę i ciśnienie, temperaturę i rozciąganie lub wszystkie trzy parametry. Opracowane nowe rodzaje światłowodów, będą też umożliwiały jednoczesny pomiar tych czynników z dużą rozdzielczością. Włókna opracowane w ramach projektu będą miały znacząco różne czułości na wspomniane parametry. Będą uniwersalnym rozwiązaniem w kontekście pomiarów rozłożonych, odpowiedzi siatek Bragga lub siatek polaryzacyjnych zapisanych w tych włóknach, a także pomiarów opartych na sprzężeniach między modami polaryzacyjnymi. Projekt ten w dużej mierze poświęcony jest badaniom podstawowym, które mogą być potencjalnie wykorzystane w metrologii optycznej. Osiągnięcie tego celu będzie możliwe dzięki umiejętnemu połączeniu wiedzy i doświadczenia obejmujących różne dziedziny nauki. Badania symulacyjne wykorzystujące zaawansowane metody numeryczne pozwolą na zaprojektowanie konstrukcji takich światłowodów. Nowe rozwiązania technologiczne umożliwią skręcanie włókien podczas ich wyciągania oraz wytwarzanie światłowodów mikrostrukturalnych o specjalnych strukturach wewnętrznych oraz niedostępnych wcześniej właściwościach optycznych. Badania eksperymentalne potwierdzą właściwości transmisyjne i metrologiczne oraz ułatwią wybór najbardziej obiecujących konstrukcji światłowodowych do przyszłych zastosowań praktycznych.