

Nagroda Nobla z Fizyki w 2018 została przyznana za odkrycia w dziedzinie femtosekundowych (1 fs to 10^{-15} s) źródeł światła laserowego. Lasery tego typu zrewolucjonizowały badania nad nowymi materiałami, umożliwiły głębsze poznanie procesów zachodzących wewnątrz żywych organizmów lub wpływu lekarstw, bądź mechanizmów syntezy nowych związków. Wraz z rosnącą energią impulsów laserowych dostępnych z coraz to nowych typów przyrządów, odkrywano nowe, zaskakujące sposoby oddziaływania atomów i cząstek. Wiele z tych oddziaływań, zachodzących w femtosekundowych chwilach wewnątrz struktury materiałów, jest nieodwracalna, a mimo to trudna do zaobserwowania ze względu na ograniczoną szybkość odpowiedzi dostępnych detektorów. W ciągu ostatniej dekady pojawiły się nowe wyzwania, głównie w diagnostyce medycznej i monitorowaniu środowiska, a także w obróbce materiałów, dla których odpowiedzią jest nie tylko ultrakrótki czas trwania impulsu światła, ale również przesunięcie jego długości fali w kierunku fal dłuższych, niż fale widzialne. Czułość oka ludzkiego to około 0.4-0.7 μm , ale zakres atrakcyjny dla diagnostyki i wzbudzenia w inżynierii materiałowej to około 2-6 μm , co odpowiada tzw. średniej podczerwieni.

Naszym celem jest opracowanie nowej, prostej techniki diagnostycznej, wykorzystującej zakres długości fal w średniej podczerwieni. Umożliwi ona obserwację przebiegu ekstremalnych i ultraszybkich procesów zachodzących w strukturze materiałów. Wykorzystamy bogatą i komplementarną wiedzę dwóch zespołów badawczych dla opracowania nowego rozwiązania w dziedzinie światłowodowej spektroskopii ultraszybkiej w średniej podczerwieni. Polski zespół opracuje specjalne włókna światłowodowe z dwoma równoległymi rdzeniami z szkła umożliwiającego transmisję w średniej podczerwieni – co nie jest możliwe w zwykłych światłowodach krzemionkowych. Zespół austriacki opracuje źródła światła, które pozwolą na jednoczesne wprowadzenie sygnałów femtosekundowych o odległych długościach fali (1 μm oraz 2 μm) i przygotowanie specjalnej sekwencji impulsów z szeregiem „barw” w średniej podczerwieni. Ostatecznym celem projektu jest wykorzystanie tej nowej i względnie taniej formy światła w diagnostyce w inżynierii materiałowej. Ma ona potencjał do zastąpienia w wielu przypadkach kosztownych metod wykorzystujących złożone układy z promieniowaniem Roentgena, z rezonansem magnetycznym lub z technikami akceleratorowymi.

Ważną część projektu stanowią symulacje komputerowe, dzięki którym będziemy mogli opracować struktury dwu-rdzeniowych światłowodów i przewidzieć dynamikę interakcji obydwu barw impulsów laserowych. Po początkowym cyklu symulacji, zespół polski przygotuje szkła specjalne i wytworzy różne typy światłowodów dwu-rdzeniowych o rozmiarach i rozstawieniu rdzeni rzędu kilku mikrometrów. Zespół austriacki przeprowadzi odpowiednie badania eksperymentalne z wytworzonymi włóknami i wskaże struktury optymalne do zastosowania w eksperymentach spektroskopowych. W ostatniej fazie projektu zaplanowano opracowanie zestawu struktur światłowodowych, zoptymalizowanych na różne zakresy średniej podczerwieni do wykorzystania w ultraszybkiej spektrometrii czasowo-rozdzielczej. Ważną zaletą opracowanej metody będą małe rozmiary układu, ponieważ wystarczająca długość światłowodu pełniącego rolę przetwornika widmowo-czasowego to zaledwie kilka cm. Metoda wykorzystana w zaproponowanym układzie wykorzystuje impulsy laserowe o wysokiej energii (rzędu mJ) w wiązce sterującej, ale energia impulsów wykorzystywana dla samej metody diagnostycznej w wiązce próbkującej będzie nieporównywalnie mniejsza, ze względu na specjalną konstrukcję światłowodu nieliniowego. Z tego powodu, nowo opracowana technika spektroskopowa będzie mogła znaleźć zastosowanie także w naukach biologicznych i diagnostyce medycznej, gdzie nawet niewielka energia rzędu nJ mogłaby stanowić ryzyko zniszczenia próbki.