

Rozważania nad wymaganiami technicznymi prawdziwego „tricolora” podobnego do tego z „Star Treka”, zaprowadziły nas do Projektu, w którym postawiliśmy sobie za cel ustanowienie nowych standardów w badaniach nad przenośnymi urządzeniami do skanowania, analizowania i rejestrowania różnych danych z otaczającego nas świata. Zainspirowani klasycznymi momentami ikonicznego serialu science fiction chcemy wykorzystać potencjał specjalnych laserów z tzw. synchronizacją modów podłużnych, które byłyby odpowiednie jako uniwersalna "sonda": wrażliwy nos, czułe ucho i czujne oko - stanowiąc kluczowy komponent takiego przenośnego, "uniwersalnego multimetru". Nasza podróż zaczyna się od uznania i zrozumienia niezwykłych osiągnięć w fotochemii femtosekundowej profesora Ahmeda Zewaila oraz zademonstrowania tzw. „optycznych grzebieni częstotliwości” przez profesorów Johna Halla i Theodora Hänscha - trójki laureatów Nagrody Nobla z okresu przełomu XX i XXI wieku. Wspólny mianownik tych przełomów, umożliwiających różne pomiary z trudną do wyobrażenia precyzją, to właśnie synchronizacja modów podłużnych, inaczej „mode-locking”, tj. bardzo specjalna technika wykorzystująca obszar nauk fizycznych znany jako optyka nieliniowa. Technika ta umożliwia generowanie impulsów świetlnych tak krótkich, że ich czas trwania w porównaniu do jednej sekundy jest taki, jak porównanie czasu trwania jednej sekundy do wieku wszechświata. Przed takimi krótkimi i szybkimi "świetlnymi pociskami" nic nie może się ukryć: można je wykorzystać do zarejestrowania nawet ruchu elektronu wokół jądra atomowego.

Obecnie mode-locking jest przeważnie realizowany w urządzeniach o makroskopowych rozmiarach, tzn. stosunkowo dużych, np. w postaci laserów wykorzystujących kryształ tytan-szafir. Lasery światłowodowe od szeregu lat wyznaczają nowy, ważny trend, ale nawet ta technologia osiągnęła już ograniczenia w miniaturyzacji. W tej sytuacji nasz Projekt ma skierować uwagę na dość nowy materiał: dwuwymiarowe kryształy azotku boru (2D BN). Dokładnie tak: dwuwymiarowe! Oznacza to, że są tak cienkie, że jeden z trzech wymiarów, na przykład grubość, jest tak mała, że można ją zaniedbać w porównaniu z dwoma pozostałymi wymiarami. Ze względu na tę specjalną cechę wykonany z dwuwymiarowego azotku boru "fotoniczny chip" może prześcignąć istniejące i dojrzałe technologie laserów femtosekundowych, ponieważ jeden "zaniedbywalny" wymiar „zmusza” materiał do wykazywania takich właściwości, które są niemożliwe do osiągnięcia przy użyciu tradycyjnych, "trójwymiarowych" odpowiedników. Oznacza to opracowanie nowej klasy praktycznych urządzeń z dostępem do krótszych długości fali, tj. kolorów światła laserowego, w tym tych, które już wykraczają poza naszą czułość widzenia - ultrafioletowych; a ultrafiolet jest niezbędny do zastosowań w wielu nowoczesnych metodach pomiarowych dotyczących identyfikacji cząstek (niezbędnej przy opracowywaniu nowych lekarstw), analizy środowiska (gdy kontrolowane jest powietrze, którym oddychamy lub pasze, którymi karmimy nasze zwierzęta), a także w naukach o materiałach (gdy są projektowane i produkowane nasze ubrania, pociągi czy smartfony).

Znaczenie naszego projektu polega przede wszystkim na poszerzeniu wiedzy i zrozumienia optyki nieliniowej w 2D BN, torując drogę do rozwoju zintegrowanych laserów z synchronizacją modów podłużnych. Dzięki badaniom optycznych właściwości nieliniowych takich "fotonicznych chipów" z materiałów 2D BN zamierzamy odpowiedzieć na podstawowe pytania dotyczące nieliniowej absorpcji, szerokości pasma wzmocnienia i kształtowania dyspersji chromatycznej. Stworzenie nowej wiedzy nt. dwuwymiarowego BN do mode-lockingu chipów laserowych pracujących na krótkich długościach fali umożliwi nową gałąź badań nad kompaktowymi przyrządami generującymi ultra-krótkie impulsy światła, które trudno będzie osiągnąć nawet w warunkach laboratoryjnych, jeśli miałyby być użyte inne techniki eksperymentalne czy technologie. Po drugie, wpływ Projektu wykracza poza ciekawość naukową - odnosi się do zagadnienia synchronizacji modów podłużnych osiąganego w bardziej kompaktowej, przystępnej cenowo i technicznie formie dla różnych dziedzin techniki i nauki. Nasze pozytywne oddziaływanie na świat rzeczywisty jest uzależnione od postępów w spektroskopii, sensoryce i obrazowaniu, czy ogólniej: od demokratyzacji zaawansowanych narzędzi najnowszej technologii dla osób nieposiadających doświadczenia w samej dziedzinie tej technologii. Nasza hipoteza zakłada, że materiały 2D BN mogą być idealne do mode-lockingu. Ostatnie osiągnięcia w inżynierii właściwości luminescencyjnych w heterostrukturach 2D BN (czyli takich "fotonicznych chipach") potwierdzają wykonalność naszych zamierzeń. Proponowane badania mają na celu zrozumienie związku między właściwościami materiałowymi BN i jego różnymi modyfikacjami a możliwościami ich kształtowania w kontekście nowych funkcjonalności wykorzystujących zjawiska optyki nieliniowej.

Nasza praca czerpie inspirację z science fiction, wykorzystuje rzeczywiste osiągnięcia w fizyce i skupia się na wykorzystaniu unikalnych właściwości specjalnych, bardzo cienkich kryształów, aby otworzyć drogę ku zintegrowanym laserom, które można używać do "wąchania", "słuchania" lub "widzenia" tego, co w otoczeniu umyka naszym naturalnym zmysłom.