

Popularnonaukowy opis prowadzonych badań w ramach rozprawy doktorskiej

Należy podać cel planowanych badań, opisać jakie badania będą realizowane oraz podać powody podjęcia danej tematyki badawczej.

Wbrew przekonaniu, które panuje w zbiorowej świadomości podsycanej filmami science-fiction, lata prac nad laserami nie potwierdziły wizji o ich śmiertelnej naturze. Wprost przeciwnie – okazały się one jednym z najbardziej uniwersalnych i konstruktywnych narzędzi w ludzkich rękach. Z pomocą laserów jesteśmy w stanie badać reakcje chemiczne trwające ułamki sekundy, przemieszczać mikroskopijne cząsteczki, sondować najodleglejsze części wszechświata lub wycinać w twardych metalach karoserie samochodów. Mimo zbliżających się sześćdziesiątych urodzin pierwszego lasera rubinowego prace nad nowymi typami laserów nie ustają. Mnogość aplikacji wymaga źródeł światła o zróżnicowanych emitowanych długościach fal, poziomach generowanej mocy, czy też pracujących impulsowo. Do budowy kolejnych typów laserów wykorzystywane są zdobycze technologiczne wypracowywane przez całe środowisko naukowe - coraz to nowsze kryształy, światłowodowy, diody półprzewodnikowe i nanomateriały.

Przełomem w technice laserowej okazała się metoda pasywnej synchronizacji modów pozwalająca na generację impulsów o czasie trwania nawet kilku femtosekund (femtosekunda to $1 / 1\,000\,000\,000\,000\,000$ sekundy). Istotności tego zagadnienia dowodzi przyznanie w 2018 roku połowy Nagrody Nobla z fizyki Donnie Strickland i Gerardowi Mourou właśnie za metodę wzmacniania ultrakrótkich impulsów światła. Otrzymanie tak krótkich impulsów jest możliwe poprzez wykorzystanie zjawisk nieliniowych lub umieszczenia w rezonatorze laserowym elementu o nieliniowej charakterystyce optycznej (nasycalnego absorbera). Prowadzi to do pozytywnej interferencji modów rezonujących wewnątrz lasera. W konsekwencji na wyjściu, zamiast ciągłego promieniowania, otrzymamy krótkie impulsy światła o wysokiej mocy szczytowej. Dzięki dynamicznemu rozwojowi nanotechnologii możliwe było odkrycie, że niskowymiarowe materiały (np. grafen) bardzo dobrze sprawdzają się w roli nasycalnego absorbera. Kwestią otwartą pozostaje nadal zagadnienie optymalizacji takich elementów, weryfikacja ich użyteczności dla różnych długości fal, oraz możliwość skalowania ich parametrów. Proponowane badania będą dotyczyły wykorzystania m.in. grafenu, nanorurek węglowych i czarnego fosforu do uzyskania pracy impulsowej laserów światłowodowych. Wytwarzanie, charakteryzacja i optymalizacja tych materiałów będzie prowadzona we współpracy z ośrodkami naukowymi specjalizującymi się w nanotechnologii.

Proponowane prace będą koncentrowały się na dwóch typach laserów światłowodowych pracujących w trybie pasywnej synchronizacji modów. Pierwszym z nich są lasery bazujące na światłowodach aktywnych domieszkowanych jonami holmu. Emitują one promieniowanie o długości fali ok. $2,1\ \mu\text{m}$, która jest bliska granicy transmisji najbardziej rozpowszechnionych światłowodów ze szkła krzemionkowego. Aby móc zbudować laser emitujący promieniowanie w dalszym zakresie średniej podczerwieni, konieczne jest więc sięgnięcie po światłowodowy o szerszym paśmie transmisji, np. takie wykonane ze szkła fluorkowego. Ta technologia uważana jest za kolejny krok w technice laserowej podążającej obecnie w kierunku coraz dłuższych fal podczerwonych. Z uwagi na duże perspektywy rozwoju tej rodziny laserów i bycie niejako konsekwentnym krokiem naprzód względem krzemionkowych laserów światłowodowych, będzie ona również przedmiotem prowadzonych prac.

Celem prezentowanych badań jest więc wypracowanie nowej wiedzy na temat budowy laserów światłowodowych zdolnych do generacji ultrakrótkich impulsów. Lasery te wyróżnia praca w relatywnie mało rozpoznanym zakresie spektralnym powyżej $2\ \mu\text{m}$. Takie źródła światła mogą w przyszłości znaleźć zastosowanie zarówno w nauce, medycynie, jak i wielu gałęziach przemysłu.