

## Streszczenie popularnonaukowe

16 maja 1960 roku amerykański fizyk Theodore Maiman uruchomił pierwszy laser w dziejach ludzkości. Miał on na pewno świadomość, że jego wynalazek jest rewolucyjny, nie mógł jednak przypuszczać jak duże okaże się jego znaczenie dla rozwoju całej cywilizacji. W dzisiejszych czasach lasery są powszechnie wykorzystywane w bardzo wielu rozwiązaniach technologicznych przydatnych zarówno w laboratorium naukowca, jak i w licznych działach przemysłu. W wielu zastosowaniach konieczne jest wykorzystanie trybu impulsowego, w którym laser emituje w równych odstępach czasu „paczki” fotonów. Jedną z zalet takiego reżimu pracy jest fakt, że cała energia zawarta jest w pojedynczym impulsie, którego czas trwania może być niezwykle krótki. Dzięki temu możliwe jest otrzymanie gigantycznej mocy chwilowej.

Najkrótsze impulsy jakie można wygenerować wykorzystując standardowe techniki to ok. 5 femtosekund (fs). Jedna femtosekunda to  $10^{-15}$  sekundy. Dla porównania, w czasie 500 fs światło przebędzie drogę równą ok. 1,5 mikrometra, co odpowiada średnicy ludzkiego włosa. Ultraszybkie lasery umożliwiają m.in. pomiary procesów o bardzo krótkim czasie trwania, jak np. śledzenie przebiegu reakcji chemicznej, w której kolejne fazy następują po sobie w femtosekundowych odstępach czasu. Takie urządzenia wykorzystywane są również do precyzyjnego cięcia materiałów: zarówno sztucznych – mamy wtedy do czynienia z mikroobróbką – jak i żywych tkanek w operacjach chirurgicznych.

Aby umożliwić pracę impulsową konieczne jest zastosowanie techniki synchronizacji modów. Światło lasera zawiera w sobie wiele modów podłużnych, czyli pojedynczych fal składowych o różnej częstotliwości. W przypadku gdy nie można wyróżnić zależności fazowej pomiędzy kolejnymi modami (faza przypadkowa), wytwarzane promieniowanie ma charakter pracy ciągłej. Generacja impulsu światła możliwa jest w przypadku, kiedy fazy poszczególnych fal są ze sobą zsynchronizowane. W celu wymuszenia synchronizacji modów konieczne jest zastosowanie tzw. nasycalnego absorbera. Nasycalny absorber to element, który wprowadza do układu generującego światło laserowe kontrolowalne straty. Tłumienie absorbera zależy od natężenia światła: im wyższe natężenie tym niższy współczynnik absorpcji materiału, a przez to niższe są wprowadzane straty. Absorber faworyzuje więc w naturalny sposób reżim impulsowy, w którym natężenie chwilowe w impulsie jest dużo wyższe niż w przypadku pracy ciągłej.

Nasycalny absorber może być zrealizowany na kilka różnych sposobów, a jednym z nich jest zastosowanie nanomateriałów. Najśłynniejszym materiałem tego typu jest grafen, za którego odkrycie w roku 2010 przyznano Nagrodę Nobla z fizyki dwóm rosyjskim naukowcom Andrijejowi Gejmowie i Konstantinowi Nowosiołowi. Grafen jest materiałem dwuwymiarowym – składa się z pojedynczej warstwy atomów węgla. Ze względu na swoją specyficzną budowę posiada wiele niezwykle interesujących własności, zarówno elektronicznych, jak i optycznych. Jedną z nich jest właśnie nasycalna absorpcja, dzięki czemu może zostać wykorzystany do wymuszenia pracy impulsowej w laserze. Dział nauki zajmujący się nanomateriałami bardzo prędko się rozwija i naukowcy znają już wiele innych materiałów dwuwymiarowych o odmiennej budowie, ale równie ciekawych właściwościach. Są to np. materiały z egzotycznej grupy izolatorów topologicznych, które są elektrycznymi izolatorami, jednakże na ich powierzchni tworzy się stan metaliczny.

Przedstawiony projekt ma na celu przeprowadzenie badań nad zastosowaniem różnych nanomateriałów do budowy impulsowych laserów generujących promieniowanie w zakresie spektralnym  $1\ \mu\text{m}$ . Pierwszym krokiem jest przygotowanie oraz dokładne zbadanie próbki, która będzie wykorzystywana jako nasycalny absorber. W ramach projektu badane będą nanomateriały takie jak m.in. grafen, nanorurki węglowe, czarny fosfor czy izolatory topologiczne. Badania będą też zorientowane na poszukiwanie nowych związków, które nigdy wcześniej nie były stosowane jako nasycalne absorbery. Ponieważ są to nowoczesne materiały, niektóre niedawno otrzymane po raz pierwszy, wciąż nie jest znana ich pełna charakterystyka. Efektem przeprowadzonych badań będzie więc dokładne poznanie tych materiałów, ze szczególnym uwzględnieniem ich parametrów optycznych. Dokładnie scharakteryzowane próbki będą zastosowane w eksperymentalnych układach laserowych. Aby skonstruować taki laser, konieczne jest jego uprzednie zaprojektowanie – zostanie to wykonane poprzez przeprowadzenie symulacji komputerowych. Konstruowane lasery będą emitować promieniowanie z zakresu bliskiej podczerwieni – światło to jest niewidzialne dla ludzkiego oka, ma ono jednak liczne aplikacje, które nie mogą być zrealizowane za pomocą światła widzialnego. Badania dotyczyć będą zarówno laserów światłowodowych (rezonator jest zbudowany z włókien światłowodowych, w których propaguje się wiązka) oraz laserów ciała stałego (wiązka propaguje się w powietrzu, wnęka skonstruowana jest z dyskretnych elementów: luster, kryształu etc.) Prace badawcze umożliwią sprawdzenie czy nasycalne absorbery na bazie nanomateriałów mogą stanowić realną alternatywę dla obecnie wykorzystywanych technik generacji impulsów w obu typach laserów.

Przedstawiony projekt ma zatem przede wszystkim wymiar poznawczy, jednak wobec ciągłego rozwoju technik laserowych i ich zastosowań, jego wyniki mogą okazać się istotne nie tylko dla pracowników laboratoriów, ale dla całego społeczeństwa.