

Mały, tani, nie do zdarcia: femtosekundowy laser dla przemysłu

2015-08-19



Na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego powstał laser wytwarzający ultrakrótkie impulsy światła nawet w ekstremalnie trudnych warunkach środowiskowych. Unikatowe połączenie precyzji z odpornością było możliwe, ponieważ proces generowania femtosekundowych impulsów zachodzi w całości w starannie dobranym światłowodzie.

Wygląda niepozornie. Ot, płaskie prostopadłościenną pudełko długości kilkunastu centymetrów i podobnej szerokości, z wyprowadzoną cieniutką „nitką” ze świecącym końcem, tak długą, że zwiniętą w zwoje. Ten niewielki przyrząd, zbudowany przez fizyków Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (FUW), to pierwszy tego typu laser impulsowy zdolny do generowania femtosekundowych impulsów świetlnych w rzeczywistości ekstremalnych warunkach środowiskowych. Znaczną odporność na czynniki zewnętrzne otrzymano wymuszając zachodzenie całej akcji laserowej bezpośrednio w samym światłowodzie. W efekcie urządzenie ma konstrukcję najprostszą z możliwych – a zatem i wysoce niezawodną.

Impulsy femtosekundowe trwają milionowe części jednej miliardowej sekundy. Zwykłe lasery służące do generowania takich impulsów wymagają precyzyjnego i wrażliwego na warunki zewnętrzne układu zwierciadeł – rezonatora optycznego. W przyrządzie skonstruowanym na Wydziale Fizyki UW zamiast zwierciadeł są używane światłowody.

„W naszym laserze ultrakrótkie impulsy powstają bezpośrednio w samym światłowodzie. To tak prosta konstrukcja, że tu nie ma co się psuć”, mówi dr hab. Yuriy Stepanenko (Wydział Fizyki UW, IChF PAN). I wcale nie ukrywa, że jego zespół obchodził się z nowym laserem w sposób daleko odbiegający od tego, co zwykle zalecają instrukcje obsługi wyrafinowanego sprzętu optycznego: „Włączyliśmy laser, po czym fragment światłowodu podgrzaliśmy do ponad 120 stopni Celsjusza. Gradient temperatury był więc naprawdę duży. Laser działał. Włożyliśmy go do wytrząsarki, gdzie przyspieszenia przekraczały 7 g. Działał przed, działał po, a co najciekawsze, działał także w trakcie testów”.

Femtosekundowy laser z Wydziału Fizyki UW generuje impulsy w światłowodzie domieszkowanym iterbem. Emitowane światło ma długość fali bliską mikronowi (1030 nanometrów), którą ewentualnie można zwielokrotnić generując tzw. wyższe harmoniczne.

„Światłowody jako źródła promieniowania laserowego, w tym impulsowego, są znane od lat. My poszliśmy krok dalej: dobraliśmy odpowiednią kombinację pompującej diody laserowej i typu światłowodu oraz opracowaliśmy sposób na takie wystabilizowanie całego układu, aby energetycznie było mu najkorzystniej pracować w pożądanym przez nas trybie impulsowym”, wyjaśnia doktorant Jan Szczepanek (Wydział Fizyki UW).

Sam światłowód jest giętki, łatwo więc doprowadzić impulsy w miejsca niedostępne dla tradycyjnych technik laserowych. Dla zastosowań przemysłowych nie mniej ważny jest fakt, że niezależnie od ułożenia światłowodu wiązka laserowa cały czas zachowuje znakomitą jakość przestrzenną: jej przekrój wciąż wykazuje optymalny kształt „dzwonu” (gaussowski). Sam światłowód, który pełni rolę głównego rezonatora optycznego, pracuje przy tym niezwykle stabilnie. Cecha ta pozwala myśleć o rozbudowie lasera o kolejne przyrządy optyczne, dobierane adekwatnie do bieżących potrzeb użytkowników.

Laser „na makaronie” – jak żartobliwie nazywają go konstruktorzy – ma jeszcze jedną istotną zaletę: prostota konstrukcji powoduje, że może być przyrządem relatywnie tanim. Zbudowany z użyciem komponentów komercyjnych (półprzewodnikowej diody pompującej i jej sterownika), kosztowałby zaledwie kilka tysięcy euro. Firmy zainteresowane komercjalizacją przyrządu mogłyby jednak poszukać dodatkowych oszczędności, np. poprzez użycie sterownika opracowanego we własnym zakresie.

Z uwagi na zdolność do stabilnej pracy w skrajnie trudnych warunkach, światłowodowy laser femtosekundowy z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki UW znakomicie nadaje się do zastosowań przemysłowych, wśród których najbardziej obiecującą dziedziną wydaje się mikroobróbka powierzchni. Ultrakrótki czas trwania impulsów femtosekundowych pozwala m.in. wytwarzać mikrootwory o precyzyjnie wyprofilowanych, gładkich krawędziach. Inne potencjalne zastosowanie to nacinanie półprzewodnikowych paneli słonecznych czy znakowanie materiałów, w tym tak twardych i cennych jak diamenty. Lasery femtosekundowe mają tu istotną przewagę nad przyrządami generującymi impulsy dłuższe: naprężenia termiczne powstające w materiale są niewielkie, co minimalizuje ryzyko przebarwienia czy pęknięcia znakowanego obiektu.

„Makaronowy” laser może być także istotnym elementem urządzeń generujących promieniowanie terahercowe, takich jak skanery na lotniskach, oraz wyrafinowanych przyrządów pomiarowych (np. w mikroskopii dwufotonowej) i medycznych (np. w optycznej tomografii koherencyjnej, służącej badaniu tkanek miękkich, w tym siatkówki oka).

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytuty: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ok. 200 nauczycieli akademickich, wśród których jest 88 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1000 studentów i ponad 170 doktorantów.

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Simple all-PM-fiber laser mode-locked with a nonlinear loop mirror”; J. Szczepanek, T. M. Kardaś, M. Michalska, Cz. Radzewicz, Y. Stepanenko; *Optics Letters*, Vol. 40, Issue 15, pp. 3500-3503 (2015); DOI: 10.1364/OL.40.003500

KONTAKTY:

dr hab. **Yuriy Stepanenko**

Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

tel. +48 22 55 32 738, +48 502 944057

email: yuriy.stepanenko@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.optics.fuw.edu.pl/>

Strona Zakładu Optyki Instytutu Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

<http://www.fuw.edu.pl>

Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

<http://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>

Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

MATERIAŁY FILMOWE:

<https://youtu.be/7YtjL8QxKSI>

Film ilustrujący stabilność pracy lasera na światłowodzie. (Źródło: Wydział Fizyki UW)

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW150819b_fot01.jpg HR: http://www.fuw.edu.pl/press/images/2015/FUW150819b_fot01.jpg

W Instytucie Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego zbudowano femtosekundowy laser na światłowodzie. Na zdjęciu doktorant Jan Szczepanek w laboratorium w trakcie prac nad laserem. (Źródło: Wydział Fizyki UW, Grzegorz Krzyżewski)



[FUW150819a - Laser femtosekundowy.pdf \(115.7 kB\)](#)