

Warszawa, 23 września 2015

Ultraszybkie lasery przyszłości będą kompaktowe i inteligentne

Współczesne lasery generujące ultrakrótkie impulsy świetlne wymagają dużych i skomplikowanych układów optycznych mierzących parametry impulsów bądź zmieniających długości ich fal. W ramach europejskiego projektu MINIMODS na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego układy te udało się znacząco zminiaturyzować. Osiągnięcie otwiera drogę do przemysłowej produkcji laserów femtosekundowych o kompaktowej budowie, niezawodnych i potencjalnie zdolnych do samoczynnej kalibracji.

Trwają zaledwie milionowe miliardowych części sekundy. Niewyobrażalnie krótkie, femtosekundowe impulsy laserowe znajdują wiele zastosowań w nowoczesnym przemyśle. Współczesne lasery, które mogą je wytwarzać, mają jednak istotną wadę: wymagają stosunkowo dużych, precyzyjnych i wrażliwych zewnętrznych układów optycznych, służących do diagnostyki impulsów i ich przetwarzania. Optykom z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (IFD FUW) z powodzeniem udało się zminiaturyzować niektóre z tych układów. Nowatorskie przyrządy, skonstruowane w ramach europejskiego projektu MINIMODS o budżecie 1,5 mln euro, są tanie i łatwe w produkcji nawet na masową skalę.

„Nie odkrywaliśmy Ameryki, lecz uważnie wykorzystaliśmy swoją dotychczasową wiedzę. W efekcie udało nam się zredukować rozmiary ważnych przyrządów optycznych dosłownie do milimetrów. Tak niewielkie urządzenia, w tym diagnostyczne, można już trwale integrować z laserami impulsowymi, które w przyszłości będą mogły same się stroić”, tłumaczy kierownik projektu dr hab. Piotr Wasylczyk z Pracowni Nanostruktur Fotonicznych Zakładu Optyki IFD FUW.

Projekt MINIMODS (MINIaturised MODuleS, czyli Zminiaturyzowane Moduły) jest częścią pakietu „Badania dla Małych i Średnich Przedsiębiorstw” 7. Programu Ramowego UE, stymulującego instytucje naukowe do realizowania prac badawczych na zlecenie przedsiębiorstw Unii Europejskiej. Stronę przemysłową w MINIMODS tworzą cztery firmy: szkocka M Squared Lasers, niemiecka LASEROPTIK, szwajcarska Time-Bandwidth Products (obecnie JDSU Ultrafast Lasers) oraz hiszpańska Radiantis Light. Firmy te są wiodącymi producentami wąsko- i szeroko-pasmowych laserów szafirowych, laserów generujących ultrakrótkie (piko- i femtosekundowe) impulsy, układów do przetwarzania częstości impulsów laserowych oraz zaawansowanych pokryw optycznych. Koordynatorem projektu jest firma M Squared Lasers z Glasgow.

Wśród przyrządów optycznych zmodernizowanych przez fizyków z Uniwersytetu Warszawskiego w ramach projektu MINIMODS znajdują się autokorelator oraz tripler, czyli urządzenie do modyfikowania częstotliwości światła.

Autokorelator jest ważną częścią laserów impulsowych, ponieważ monitoruje czas trwania

poszczególnych impulsów. Miniaturyzacja przyrządu, którego pierwsze wersje powstały na Wydziale Fizyki UW jeszcze przed rozpoczęciem projektu MINIMODS, pozwoli w przyszłości zintegrować go z samym laserem. Tak udoskonalony laser, z własnym układem diagnostycznym, będzie mógł sam nadzorować długość swoich impulsów i w razie odstępstw od założonych wartości automatycznie dokona odpowiednich kalibracji.

Ciekawe wyzwania stawiała miniaturyzacja triplera, układu do generowania tzw. wyższych harmonicznych. Układy tego typu stosuje się wtedy, gdy trzeba zmniejszyć długość fali impulsów świetlnych do zakresu, którego nie można wytworzyć bezpośrednio w akcji laserowej. Przykładem są ultrakrótkie impulsy ultrafioletowe, szczególnie przydatne w obróbce materiałów. Jednak lasery, które bezpośrednio generowałyby światło ultrafioletowe, po prostu nie istnieją.

Fizycy z IFD FUU pracowali nad przyrządem skracającym długość fali impulsów laserowych z ok. 1000 nanometrów do „ultrafioletowych” 370 nm. W tym celu impuls z lasera należało najpierw przepuścić przez kryształ nieliniowy odpowiedniego typu, dwukrotnie skracający długość fali – a więc generujący drugą harmoniczną w zielonym obszarze widma. Aby powstała trzecia harmoniczna, oba impulsy – podczerwony i zielony – należało następnie zmieszać w innym kryształ. Lecz jak to zrobić, skoro impulsy podstawowy i drugiej harmonicznej rozchodzą się w innych kierunkach i z inną prędkością? Zaawansowane symulacje komputerowe pozwoliły opracować zestaw („kanapkę”) trzech kryształów, które po umieszczeniu między kryształami generującymi harmoniczne zapewniały nakładanie się obu impulsów w przestrzeni i czasie. Ostatecznie zespół pięciu kryształowych płytek udało się zredukować do sześcienniej kostki o boku zaledwie 5 mm. Dodatkowym zyskiem był wzrost sprawności urządzenia o 50% w stosunku do podobnych urządzeń stosowanych obecnie.

Realizacja projektu MINIMODS na Wydziale Fizyki UW nie byłaby możliwa bez zaawansowanego oprogramowania do modelowania nieliniowej propagacji impulsów świetlnych, od lat rozwijanego przez warszawskich optyków.

„W naszej dziedzinie symulacje komputerowe są często wykonywane w dwóch wymiarach: czasowym i jednym przestrzennym. Rezultatem jest krzywa, której wartości i tak trzeba dopasowywać do danych eksperymentalnych. My potrafimy wirtualny impuls laserowy przepuścić nawet przez pięć różnych kryształów, symulując jego nieliniową propagację w czasie i w trzech wymiarach przestrzennych. Co więcej, program podaje nam wartości bezwzględne parametrów, bardzo dobrze zgadzające się z mierzonymi”, podkreśla dr Tomasz Kardaś, jeden z wykonawców projektu i autor pakietu oprogramowania.

Oprócz Wydziału Fizyki UW stronę naukową w projekcie MINIMODS reprezentował szkocki ośrodek Fraunhofer Center for Applied Photonics. Zminiaturyzowano tu dwa inne dotychczas zewnętrzne układy optyczne do diagnostyki laserów femtosekundowych: spektrometr i przyrząd do pomiaru jakości wiązki laserowej.

Projekt MINIMODS jest pierwszym projektem naukowo-badawczym realizowanym na Uniwersytecie Warszawskim na zlecenie przedsiębiorstw działających na terenie Unii Europejskiej.

„Mamy ogromną satysfakcję, że mogliśmy z naszą wiedzą trafić bezpośrednio z laboratorium optycznego do europejskiego przemysłu”, podsumowuje dr Wasylczyk.

Badania nad kompaktowymi modułami do laserów femtosekundowych sfinansowano z 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej (FP7/2007-2013) w ramach grantu nr 606141.

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.

KONTAKTY:

dr hab. **Piotr Wasylczyk**
Zakład Optyki Instytutu Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki UW
tel. +48 22 5532667
email: pwasylycz@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.minimods.eu/>

Strona europejskiego projektu MINIMODS.

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

Strona Zakładu Optyki Instytutu Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

<http://www.m2lasers.com/>

Strona firmy M Squared Lasers, koordynatora projektu MINIMODS.

<http://www.laseroptik.de/>

Strona firmy LASEROPTIK.

<http://www.jdsu.com/>

Strona firmy Time-Bandwidth Products.

<http://www.radiantis.com/>

Strona firmy Radiantis Light.

<http://www.fraunhofer.co.uk/>

Strona Fraunhofer UK Research Ltd.

<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 GRAFICZNE:

FUW150923b_fot01s.jpg

HR: http://www.fuw.edu.pl/press/images/2015/FUW150923b_fot01.jpg

Zespół projektu MINIMODS (od lewej: Piotr Wasylczyk, kierownik projektu, Michał Nejbauer, Tomasz Kardaś i Paweł Wnuk) z prototypem miniaturowego autokorelatora drugiej generacji. (Źródło: FUW, Radosław Chrapkiewicz)