

Warszawa, 24 lutego 2017

Ogromny krok naprzód w generacji nowych barw impulsów laserowych dzięki nieliniowemu przetwarzaniu częstości - nowe urządzenie jest 3 razy wydajniejsze i 1000 razy mniejsze niż dotychczas używane

Fizycy z Uniwersytetu Warszawskiego opublikowali w najnowszym numerze czasopisma Scientific Reports wyniki prac nad miniaturowym urządzeniem do wytwarzania femtosekundowych impulsów laserowych w zakresie ultrafioletu. Opracowane w Warszawie urządzenie nie tylko pozwala generować ultrakrótkie impulsy światła z trzy razy większą niż dotychczas sprawnością, ale dzięki wykorzystaniu podczas jego projektowania unikatowego oprogramowania opracowanego w polskim zespole, mieści się całe na czubku palca.

Choć nowe technologie pozwalają uzyskiwać światło laserowe w coraz większym zakresie barw, niektóre obszary widma są wciąż trudno dostępne. Dotyczy to na przykład ultrafioletu (UV) o długości fali w okolicach 300 nm, szczególnie, jeśli potrzebne są duże natężenia światła i/lub krótkie impulsy. Najczęściej impulsy ultrafioletowe wytwarzane są w procesach nieliniowego przetwarzania częstości, takich jak generacja drugiej harmonicznej czy dodawanie częstości, gdzie nowe fotony powstają przez sumowanie energii fotonów wejściowych. Wydajność tych procesów jest jednak bardzo niska.

Przez wiele lat przy projektowaniu układów przetwarzania częstości używano prostych symulacji numerycznych albo przybliżonych obliczeń analitycznych. Najczęściej udawało się zoptymalizować jeden z parametrów urządzenia, np. grubość kryształu nieliniowego, co skutkowało wydajnością przetwarzania impulsów podczerwonych na ultrafiolet na poziomie 10%.

- Przypominało to trochę sytuację, w której przychodzimy do laboratorium, pokręcimy trochę przy naszym układzie tu, trochę tam, próbując uzyskać jak największą energię impulsu UV na wyjściu. Okazuje się, że 10% to mniej więcej najlepszy wynik, jaki można w ten sposób uzyskać - wyjaśnia Michał Nejbauer z zespołu badawczego na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

Dostępność coraz większych mocy obliczeniowych, w połączeniu ze sprytnymi sztuczkami w programowaniu pozwoliła w końcu fizykom z Warszawy po raz pierwszy na świecie wykonać obliczenia globalne, w których symulowali oddziaływanie impulsów laserowych.

- Nasz pakiet do symulacji - nazwany *Hussar* - pozwala nawet początkującemu

użytkownikowi budować złożone, trójwymiarowe symulacje propagacji impulsów laserowych z podstawowych "klocków": parametrów impulsów wejściowych, właściwości ośrodka, w którym się one rozchodzą, profilu wiązki laserowej - wyjaśnia Tomasz Kardaś, który stworzył unikatowe, dostępne dla każdego (open-source) oprogramowanie. Po zadaniu parametrów wejściowych, możemy poszukiwać optymalnej konfiguracji układu, która pozwoli uzyskać najwyższą sprawność przetwarzania impulsów. Ku naszemu zdumieniu, kiedy już znaleźliśmy optymalne parametry, zbudowaliśmy pierwszy prototyp naszego "triplera" - tak nazywamy urządzenie do generowania potrojonej częstości światła - okazało się, że zmierzone na wyjściu impulsy są dokładnie takie, jak wyliczyliśmy. Warto sobie uświadomić, że taka, ilościowa, zgodność wyników symulacji z eksperymentem w optyce nieliniowej nie zdarza się prawie nigdy.

Ale zwiększenie wydajności wytwarzania impulsów UV z 10 do ponad 30% było tylko pierwszym krokiem. Badacze z Warszawy postawili sobie jeszcze jeden cel: zminiaturyzować całe urządzenie. Zamiast wielu elementów rozstawionych na stole w laboratorium, udało im się całość zamknąć w kostce-kanapce z kryształów o boku 5 mm.

- Tak naprawdę metalowy uchwyt wielkości dużej monety, w którym są zamocowane kryształy jest największym elementem naszego urządzenia - wyjaśnia Paweł Wnuk, który kierował pracami przy pomiarach parametrów pierwszego prototypu. - Udało nam się zmniejszyć objętość całego urządzenia mniej więcej 1000-krotnie w porównaniu z konstrukcjami, których dotychczas używano.

Miniaturowy układ do przetwarzania częstości powstał w ramach projektu MINIMODS, koordynowanego przez firmę M Squared Lasers z Glasgow. Pozostałymi partnerami konsorcjum były firmy: Laseroptik z Niemiec, Radiant Light z Hiszpanii oraz Time-Bandwidth Products (obecnie Lumentum) ze Szwajcarii. Partnerem naukowym, oprócz Wydziału Fizyki UW było Fraunhofer Centre for Applied Photonics z Wielkiej Brytanii. Projekt otrzymał finansowanie z 7 Programu Ramowego Unii Europejskiej w ramach pakietu "Research for SMEs", który wspierał badania naukowe prowadzone na zlecenie firm działających w obszarze zaawansowanych technologii.

- Praca w ścisłej współpracy z partnerami przemysłowymi była dla nas nowym, ciekawym doświadczeniem. Nauczyliśmy się wiele, szczególnie o tym, jak firmy podchodzą do projektowania i wdrażania nowych produktów - wyjaśnia Piotr Wasylczyk, który koordynował prace zespołu na Wydziale Fizyki UW. - Nie wiem, czy partnerzy z firm nauczyli się czegoś od nas, ale przez cały czas trwania projektu i potem dostawaliśmy od nich informacje o tym, że są bardzo zadowoleni ze współpracy z nami.

Wyniki prac nad miniaturowym triplerem zostały opublikowane w ostatnim numerze pisma Scientific Reports z 22 lutego 2017 r.

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:

"Full 3D modeling of pulse propagation enables efficient nonlinear frequency conversion with low energy laser pulses in a single-element tripler"; Tomasz M. Kardaś, Michał Nejbauer, Paweł Wnuk, Bojan Resan, Czesław Radzewicz and Piotr Wasylczyk; Sci. Rep. (2017)

Artykuł w wolnym dostępie:

KONTAKT:

Piotr Wasylczyk
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel.: +48 505 004 059
email: pwasylicz@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<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:

FUW170224b_fot01s.jpg

HR: http://www.fuw.edu.pl/press/images/2017/FUW170224b_fot01.jpg

Miniatury potrajać częstotliwości impulsów laserowych (tripler) wytwarza niebieskie i ultrafioletowe impulsy laserowe dzięki przetwarzaniu zogniskowanej wiązki lasera podczerwonego. (Źródło: UW Physics, Radosław Chrapkiewicz)

Film pokazujący trójwymiarowe wyniki symulacji propagacji impulsów laserowych:
<http://ufs.edu.pl/video/thg.mp4>