



Warszawa, 23 marca 2022

Fizycy z Uniwersytetu Warszawskiego współtwórcami mikrolasera świecącego dwiema wiązkami kołowymi

Naukowcy z Uniwersytetu Warszawskiego, Wojskowej Akademii Technicznej i University of Southampton zaprezentowali nowy typ przestrajalnego mikrolasera, świecącego dwiema wiązkami. – Wiązki te spolaryzowane są kołowo i skierowane pod różnymi kątami – mówi prof. Jacek Szczytko z Wydziału Fizyki UW. Udało się go uzyskać dzięki wytworzeniu na powierzchni mikrownęki tzw. trwałej helisy spinowej. Badania ukazały się w czasopiśmie „Physical Review Applied”.

Aby uzyskać ten efekt naukowcy wypełnili mikrownękę optyczną ciekłym kryształem, w którym rozpuszczono barwnik laserujący. Mikrownęka to dwa doskonałe lustra położone blisko siebie – w odległości 2-3 mikronów, tak, żeby wewnątrz powstała stojąca fala elektromagnetyczna. Przestrzeń pomiędzy lustrami została wypełniona specjalnym ośrodkiem optycznym – ciekłym kryształem, który dodatkowo uporządkowano stosując szczególne pokrycie luster. – Obrazowo mówiąc, ciekłe kryształy, które charakteryzują się wydłużonymi molekułami, zostały na powierzchni luster „uczesane” i mogły pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego wstawać, obracając także inne molekuły wypełniające wnękę – tłumaczy pierwszy autor pracy Marcin Muszyński, doktorant na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

Światło we wnęce inaczej oddziałuje z molekułami gdy pole elektryczne propagującej się fali drga wzdłuż molekuł, a inaczej gdy jest prostopadłe do nich. Ciekły kryształ jest ośrodkiem dwójłomnym – można go scharakteryzować dwoma współczynnikami załamania światła, które zależą od kierunku drgań pola elektrycznego, czyli od tzw. polaryzacji fali elektromagnetycznej. Precyzyjne uporządkowanie molekuł wewnątrz mikrownęki lasera, uzyskane na Wojskowej Akademii Technicznej sprawiło, że we wnęce pojawiły się dwa spolaryzowane liniowo mody światła – dwie fale stojące światła o przeciwnych polaryzacjach liniowych. Pole elektryczne zmieniało orientację molekuł wewnątrz wnęki optycznej, co zmieniało jej współczynnik załamania. Tym samym sterowało długością tzw. drogi optycznej światła – iloczynu szerokości wnęki i współczynnika załamania, od której zależała energia (kolor) emitowanego światła. Jeden z modów nie zmieniał swojej energii podczas obrotu molekuł, natomiast energia drugiego rosła, gdy zmieniała się orientacja molekuł.

Pobudzając do świecenia barwnik organiczny, umieszczony pomiędzy molekułami ośrodka, uzyskano laserowanie – spójne promieniowanie światła o ściśle określonej

energii charakterystyczne dla lasera. Bardzo ciekawe okazało się zachowanie wiązki lasera podczas strojenia, czyli stopniowego obrotu molekuł ciekłego kryształu. Laserowanie udało się uzyskać dla tego strojonego modu: laser emitował jedną wiązkę spolaryzowaną liniowo prostopadle do swojej powierzchni. Zastosowanie ciekłych kryształów pozwoliło na płynne strojenie polem elektrycznym długości fali światła aż o 40 nm. – Jednak gdy obróciliśmy molekuły ciekłego kryształu tak, że oba mody – ten wrażliwy na orientację molekuł i ten niezmienny swojej energii – się na siebie nałożyły (czyli były w rezonansie), światło emitowane z wnęki nagle zmieniało swoją polaryzację z liniowej na dwie kołowe: prawo- i lewo- skrętną, przy czym obie polaryzacje kołowe rozchodziły się w innych kierunkach pod kątem kilku stopni – opisuje prof. Jacek Szczytko z Wydziału Fizyki UW.

Spójność fazowa lasera została potwierdzona w interesujący sposób. – Na powierzchni próbki utworzyła się bowiem tzw. trwała helisa spinowa – wzór prążków o różnej polaryzacji światła oddalonych od siebie o 3 mikrony. Obliczenia teoretyczne wskazują, że taki wzór może utworzyć się wtedy, gdy dwie przeciwnie spolaryzowane kołowo wiązki są spójne fazowo i oba mody światła są nieseparowalne – takie zjawisko porównuje się do splątania kwantowego – wyjaśnia Marcin Muszyński.

Póki co laser działa impulsowo, gdyż zastosowany barwnik organiczny pod wpływem światła powoli się fotodegraduje. Naukowcy mają nadzieję, że zastąpienie emitiera organicznego trwalszymi polimerami albo materiałami nieorganicznymi (np. tzw. perowskitami) pozwoli na wydłużenie czasu pracy. – Uzyskany precyzyjnie przestrajalny laser może mieć zastosowanie w wielu dziedzinach fizyki, chemii, medycynie czy komunikacji. Zjawiska nieliniowe wykorzystujemy do stworzenia w pełni optycznej sieci neuromorficznej. Taka nowa fotoniczna architektura może stanowić potężne narzędzie uczenia maszynowego służące do rozwiązywania złożonych problemów klasyfikacji i wnioskowania, a także do przetwarzania dużych ilości informacji z coraz większą szybkością i wydajnością energetyczną – dodaje prof. Barbara Piętka z Wydziału Fizyki UW.

Badania prowadzone są w grupie Polaritonowej na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego kierowanej wspólnie przez prof. Jacka Szczytko i prof. Barbarę Piętkę, we współpracy z Wojskową Akademią Techniczną i Uniwersytetem w Southampton. Pierwszym autorem jest Marcin Muszyński z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Praca współfinansowana była w ramach grantów IDUB UW, NCN oraz projekt UE H2020 FET Open TopoLight (964770).

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 Instytut: 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 ponad 200 nauczycieli akademickich, wśród których jest 81 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1000 studentów i ponad 170 doktorantów.

PUBLIKACJA NAUKOWA:

Marcin Muszyński, Mateusz Król, Katarzyna Rechcińska, Przemysław Oliwa, Mateusz Kędziora, Karolina Łempicka-Mirek, Rafał Mazur, Przemysław Morawiak, Wiktor Piecek, Przemysław Kula, Pavlos G. Lagoudakis, Barbara Piętka, and Jacek Szczytko *Realizing Persistent-Spin-Helix Lasing in the Regime of Rashba-Dresselhaus Spin-Orbit Coupling in a Dye-Filled Liquid-Crystal Optical Microcavity* Physical Review Applied, 17, 014041
<https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.014041>

KONTAKTY:

Jacek Szczytko
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
email: Jacek.Szczytko@fuw.edu.pl
Tel. +48 22 55 32 764

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://polariton.fuw.edu.pl/>
Strona Grupy Polaritonowej

<https://www.fuw.edu.pl/~szczytko/>
Strona internetowa Jacka Szczytko

<https://www.fuw.edu.pl>
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

<https://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW220323b_fot01

https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2022/FUW220323b_fot01.png

Uzyskany przestrzajalny mikrolaser, świecący dwiema wiązkami. Wiązki są spolaryzowane kołowo i skierowane pod różnymi kątami (*wizualizacja: Mateusz Król, źródło Wydział Fizyki UW*)