



Warszawa, 28 lipca 2021

Efekty nieliniowe w sprzężonych mikrownękach optycznych

Naukowcy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego zaprezentowali na łamach prestiżowego czasopisma „Nanophotonics” zjawisko laserowania polarytonowego oraz rozpraszania parametrycznego polarytonów ekscytonowych w układzie sprzężonych mikrownękach optycznych.

Polarytony ekscytonowe to kwazicząstki powstające w wyniku silnego sprzężenia między ekscytonami i fotonami w półprzewodniku. Ich bozonowy charakter i nieliniowe oddziaływania umożliwiają obserwację fascynujących zjawisk, takich jak kondensacja Bosego-Einsteina polarytonów oraz laserowanie polarytonowe, które w odróżnieniu od typowego laserowania zachodzi bez inwersji obsadzeń.

Sprzężone systemy mikrownękowe, takie jak te bazujące na dwóch sprzężonych mikrownękach optycznych, oferują wielopoziomową platformę obiecującą dla badań podstawowych i zastosowań praktycznych. Unikalną strukturę składającą się z kilkudziesięciu warstw o precyzyjnie określonej grubości (każda z dokładnością do kilku nanometrów) wykonano w laboratorium MBE na Wydziale Fizyki UW.

W prezentowanej pracy przedstawione zostały badania efektów nieliniowych w układzie dwóch sprzężonych mikrownękach optycznych. Kondensacja Bosego-Einsteina polarytonów oraz laserowanie polarytonowe, występuje na dwóch najniższych poziomach energetycznych czteropoziomowego układu. Jest to zaskakujący wynik w kontekście tego, co wcześniej obserwowano w pojedynczych mikrownękach, gdzie kondensacja zachodziła w stanie podstawowym układu. Pomiar dynamiki emisji wykazały, że kondensaty o różnej energii mają wspólny próg laserowania, ale nie pojawiają się jednocześnie, tj. formują się i zanikają jeden po drugim. Co więcej, przejściu w stan kondensatu towarzyszy zdegenerowane w energii parametryczne rozpraszanie polarytonów, czyli takie, w którym stan kryształu przed i po rozproszeniu jest zachowany – tłumaczy Krzysztof Sawicki. We wcześniejszych badaniach nad sprzężonymi mikrownękami rozpraszanie parametryczne uzyskiwano przy zastosowaniu pobudzenia ściśle rezonansowego. Pobudzenie nierezonansowe zastosowane w niniejszej pracy umożliwia spektralną separację sygnału od lasera pobudzającego, co jest obiecującym wynikiem z punktu widzenia implementacji źródeł splełanych fotonów opartych na polarytonach.

Poprzednio, układ sprzężonych mikrownęk posłużył do demonstracji transferu energii na odległość ponad 2 μm , w którym uczestniczyły stany polarytonowe. Jest to odległość rekordowo duża jak na typowe, nanometrowe skale oddziaływania między ekscytonami

w półprzewodniku. Spodziewamy się, że nasze wyniki otworzą drogę do badań nad nowym typem efektami nieliniowymi w wielopoziomowych układach polarytonowych. Nasza praca ma znaczenie dla takich szybko rozwijających się dziedzin, jak np. całkowicie optyczne obliczenia kwantowe, gdyż nieliniowe oddziaływanie światło-materia w wielopoziomowym systemie może umożliwić realizację układów logicznych bazujących na polarytonach – dodaje Jan Suffczyński.

Więcej informacji można uzyskać kontaktując się z [Krzysztofem Sawickim](#) lub [Janem Suffczyńskim](#) z Laboratorium Ultraszybkiej MagnetoSpektroskopii (LUMS).

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.

PUBLIKACJE NAUKOWE:

K. Sawicki, T. J. Sturges, M. Ściesiek, T. Kazimierczuk, K. Sobczak, A. Golnik, W. Pacuski, J. Suffczyński, *Polariton lasing and energy-degenerate parametric scattering in non-resonantly driven coupled planar microcavities*, **Nanophotonics** 10(9), 2421-2429 (2021).
<https://doi.org/10.1515/nanoph-2021-0079>

M. Ściesiek, K. Sawicki, W. Pacuski, K. Sobczak, T. Kazimierczuk, A. Golnik and J. Suffczyński, *Long-distance coupling and energy transfer between exciton states in magnetically controlled microcavities*, **Communications Materials** 1, 78 (2020).
<https://doi.org/10.1038/s43246-020-00079-x>

KONTAKTY:

Krzysztof Sawicki
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
email: Krzysztof.Sawicki@fuw.edu.pl

Jan Suffczyński
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
email: Jan.Suffczynski@fuw.edu.pl
Tel. +48 225532707

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://LUMNP.fuw.edu.pl>
Strona domowa grupy LUMS

<http://fuw.edu.pl/~ksawicki/>
Strona domowa Krzysztofa Sawickiego

<http://fuw.edu.pl/~jass>
Strona domowa Jana Suffczyńskiego

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

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

TWITTER:

<https://twitter.com/lumsatuw>

<https://twitter.com/ksawickii>

<https://twitter.com/MBEatUW>

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW210728b_fot01

https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2021/FUW210728b_fot01.png

Po lewej: przekrój przestrzenny przez badaną strukturę. Widoczne są dwie mikrownęki optyczne (czarne szerokie pasy) otoczone wielowarstwowym zwierciadłem typu braggowskiego. Obraz ukazuje rozkład przestrzenny magnezu. Został uzyskany w transmisyjnym mikroskopie elektronowym w pomiarze spektroskopii rentgenowskiej z dyspersją energii. Po prawej: rozdzielone kątowno widmo emisji układu dwóch sprzężonych mikrownęk optycznych zarejestrowane dla mocy pobudzenia powyżej progu laserowania polarytonowego. Białe linie reprezentują obliczone poziomy polarytonowe. Parametryczne rozpraszanie polarytonów widoczne jest jako jasne punkty w zaznaczonych prostokątach. (Źródło: K. Sobczak, CNBCh UW, K. Sawicki, Wydział Fizyki UW)