



Warszawa, 13 października 2022

Fizycy z Uniwersytetu Warszawskiego i Wojskowej Akademii Technicznej opracowali nowy układ fotoniczny o cechach topologicznych strojonych elektrycznie

Naukowcy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego we współpracy z Wojskową Akademią Techniczną, włoskim CNR Nanotec, brytyjskim University of Southampton oraz University of Iceland uzyskali nowy układ fotoniczny o cechach topologicznych strojonych elektrycznie, skonstruowany z perowskitów i ciekłych kryształów. O odkryciu, które może znaleźć zastosowanie w tworzeniu wydajnych i niekonwencjonalnych źródeł światła można przeczytać na łamach najnowszego „Science Advances”.

Perowskity mają szansę zrewolucjonizować energetykę. Są to trwałe i łatwe do wyprodukowania materiały, których szczególną własnością jest wysoki współczynnik absorpcji światła słonecznego i dlatego wykorzystywane są do budowy nowych, wydajniejszych ogniw fotowoltaicznych. W ostatnich latach zaczęto wykorzystywać niedocenione do tej pory własności emisyjne tych materiałów.

– Zauważyliśmy, że dwuwymiarowe perowskity są bardzo stabilne w temperaturze pokojowej, mają dużą energię wiązania ekscytonów oraz wydajność kwantową – opisuje Karolina Łempicka-Mirek, doktorantka na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, pierwszy autor publikacji. Te szczególne właściwości mogą być wykorzystywane przy konstruowaniu wydajnych i niekonwencjonalnych źródeł światła. Ma to istotne znaczenie z punktu widzenia zastosowań w fotonice. – Planowane jest wykorzystanie perowskitów w układach optycznych do przetwarzania informacji z dużą wydajnością energetyczną – dodaje dr hab. Barbara Piętka, prof. UW.

Naukowcom udało się stworzyć system, w którym doprowadzono do silnego sprzężenia wzbudzeń ekscytonowych w dwuwymiarowym perowskicie z fotonami uwięzionymi w dwójłomnej strukturze fotonicznej w postaci dwuwymiarowej wnęki optycznej wypełnionej ciekłym kryształem. – W takim reżimie powstają nowe kwazicząstki: polarytony ekscytonowe. Znane są one przede wszystkim z możliwości przejścia fazowego do nierównowagowego kondensatu Bosego-Einsteina, tworzenia stanów nadciekłych w temperaturze pokojowej i silnej emisji światła o charakterze podobnym do światła laserowego – wyjaśnia dr hab. Barbara Piętka, prof. UW.

– Nasz układ okazał się idealną platformą do stworzenia fonicznych pasm energetycznych o niezerowej krzywiznie Berrego i badania optycznych efektów spin-orbita naśladujących te obserwowane dotychczas w fizyce półprzewodników w temperaturach kriogenicznych – wyjaśnia Mateusz Król doktorant na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. – W tym przypadku odtworzyliśmy sprzężenie spin-orbita typu Rashba-

Dresselhaus w reżimie silnego sprzężenia światło-materia w temperaturze pokojowej.

Krzywizna Berrego opisuje ilościowo topologiczne własności pasm energetycznych w takich materiałach jak 3D izolatory topologiczne, półmetale Weila czy materiały Diraca. – Odgrywa przede wszystkim kluczową rolę w anomalnym transporcie i kwantowym efekcie Halla - wyjaśnia dr Helgi Sigurdsson z University of Iceland. W ostatnich latach przeprowadzono wiele przełomowych eksperymentów w zakresie projektowania i badania geometrycznych i topologicznych własności pasm energetycznych w ultrazimnych gazach atomowych i fotonice.

– Wytworzenie pasma polarytonowego o niezerowej krzywiznie Berrego możliwe było dzięki zaprojektowaniu specjalnego skręcenia molekuł ciekłego kryształu przy powierzchni luster – tłumaczy współautor badania, prof. Wiktor Piecek z Wojskowej Akademii Technicznej, gdzie wytworzone zostały badane wnętrza optyczne.

Opracowana w ramach tej pracy struktura foniczna wykorzystująca sprzężenie spin-orbita i własności polarytonów otwiera drogę do badania stanów topologicznych światła w temperaturze pokojowej – tłumaczy dr hab. Jacek Szczytko, prof. UW z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. – Ponadto może być wykorzystana w optycznych sieciach neuromorficznych, gdzie niezbędna jest precyzyjna kontrola nad nieliniowymi własnościami fotonów – dodaje dr hab. Barbara Piętka, prof. UW.

Międzynarodowy zespół naukowców prowadził badania wspierane m.in. przez Narodowe Centrum Nauki (grants 2017/27/B/ST3/00271, 2018/31/N/ST3/03046), NAWA Canaletto grant PPN/ BIT/2021/1/00124/U/00001, program Unii Europejskiej FET-Open Horyzont 2020, grant „TopoLight” (964770).

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego:

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 Fizyki oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ponad 250 nauczycieli akademickich. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ponad 1100 studentów i ok. 170 doktorantów. Uniwersytet Warszawski w rankingu szanghajskim dla poszczególnych dziedzin (Shanghai's Global Ranking of Academic Subjects) znajduje się wśród 75 najlepszych na świecie jednostek, kształcących w dziedzinie fizyki.

PUBLIKACJA NAUKOWA:

K. Łempicka-Mirek, M. Król, H. Sigurdsson, A. Wincukiewicz, P. Morawiak, R. Mazur, M. Muszyński, W. Piecek, P. Kula, T. Stefaniuk, M. Kamińska, L. De Marco, P. G. Lagoudakis, D. Ballarini, D. Sanvitto, J. Szczytko, B. Piętka *Electrically tunable Berry curvature and strong light-matter coupling in liquid crystal microcavities with 2D perovskite*

Science Advances 8, 7533 (2022)

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abq7533>

KONTAKTY:

Barbara Piętka
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
email: barbara.pietka@fuw.edu.pl
tel. +48 55 32 764

POWIĄZANE STRONY WWW:

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

Strona Grupy Polaritonowej

<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:

FUW221013b_fot01

https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2022/FUW221013b_fot01.png

"Energetyczne pasma fotoniczne o niezerowej krzywiźnie Berrego we wnęce optycznej wypełnionej ciekłym kryształem i perowskitem" (wizualizacja: Mateusz Król, źródło Wydział Fizyki UW).