



Wrocław, 20 sierpnia 2024 r.

### Ważne odkrycie w fizyce laserowej

Naukowcy z Politechniki Wroclawskiej zaproponowali **zupełnie nowe spojrzenie na zasady działania laserów półprzewodnikowych**. Wyniki ich ważnego, z punktu widzenia fizyki laserowej, odkrycia opublikowało właśnie czasopismo „Nature Photonics”.

Pomysłodawcą badania jest **dr hab. inż. Maciej Pieczarka** z Wydziału Podstawowych Problemów Techniki, który wykonał swój przełomowy eksperyment w laboratoriach Politechniki Wroclawskiej wspólnie z doktorantką **Aleksandrą Piasecką**.

Ich publikacja [„Bose-Einstein condensation of photons in a vertical-cavity surface-emitting laser”](#) („Kondensacja Bosego-Einsteina fotonów w laserze o pionową wnęką rezonansową z emisją powierzchniową”) powstała w ścisłej współpracy ze znanymi w Polsce i na świecie naukowcami w dziedzinie fizyki laserowej z Zespołu Fotoniki Instytutu Fizyki Politechniki Łódzkiej: prof. Tomaszem Czyszanowskim, dr. Marcinem Gębskim i dr. hab. Michałem Wasiakiem.

Z kolei wsparcia teoretycznego naukowcom z Politechniki Wroclawskiej udzielił uznany fizyk prof. Axel Pelster z RPTU Kaiserslautern.

### Laserowy przełom

– Swoje badania przeprowadziliśmy na urządzeniu praktycznie nieróżniącym się od tych stosowanych obecnie w przemyśle, np. w smartfonach, w telekomunikacji itd. – mówi dr Maciej Pieczarka. – Obserwacja kondensacji Bosego-Einsteina światła w takim urządzeniu jest kompletnie nowym spojrzeniem na zasady działania laserów półprzewodnikowych!

Obecne zasady działania tych laserów polegają na tzw. osiągnięciu inwersji obsadzeń w obszarze aktywnym lasera, by światło uwięzione we wnękę lasera mogło być wzmocnione w procesie emisji wymuszonej. W akcji laserowej wzmocnione światło (fotony) mają tę samą fazę i długość fali, nadając charakterystycznych właściwości wiązce światła.

Nasi naukowcy w swoim projekcie wybrali laser o innym niż zazwyczaj zestrojeniu spektralnym między długością fali obszaru aktywnego a długością fali rezonatora laserowego.

– Co ciekawe, w przemyśle takiego zestrojenia zazwyczaj się unika, bo urządzenie ma nieco gorsze parametry pracy – tłumaczy dr Maciej Pieczarka. – W tych warunkach spontaniczna emisja i absorpcja w laserze spowodowała, że fotony w nim uwięzione „stermalizowały”, czyli zachowywały się jak gaz o zadanej temperaturze, który uwięziony jest w pudełku.

Zwiększając prąd zasilający, czyli zarazem liczbę fotonów w tym gazie, naukowcy z PWR spowodowali, że skondensowały one do modu lasera o najmniejszej energii, tzn. utworzyły kondensat Bosego-Einsteina w temperaturze pokojowej. A wszystko to w warunkach, kiedy w laserze nie ma inwersji obsadzeń.

– Jest to istotne z punktu widzenia fizyki, jak również aplikacji, ponieważ emisja z takiego kondensatu fotonów ma również podobne właściwości, jak gdyby laser pracował w warunkach klasycznych – tłumaczy dr inż. Maciej Pieczarka. – W tym przypadku jednak mechanizm działania jest jednak całkowicie inny.

Dodatkowo naukowcy z Politechniki Wroclawskiej zbadali właściwości termodynamiczne gazu fotonowego. – Zweryfikowaliśmy, że fotony w naszym laserze zachowują się dokładnie tak, jak podręcznikowy gaz bozonów z dobrze określoną temperaturą – mówi Aleksandra Piasecka z W11. – Zmierzyliśmy parametry tzw. równania stanu gazu, potwierdzając zgodność z fundamentalną teorią.



## **Dlaczego to ważne?**

Dr inż. Maciej Pieczarka wyjaśnia, że nikt nie wie jeszcze dokładnie, jakie właściwości będą mieć lasery pracujące w takim trybie, bo to całkowicie nowa dziedzina nauki. Poza samym arcyciekawym zjawiskiem fizycznym, taki tryb działania lasera ma także ogromny potencjał aplikacyjny. – Lasery VCSEL o dużej aperturze aktywnej (laser z PWr miał aperturę 23 mikrometrów) są znane z tego, że emitują wielomodowo – opowiada dr Pieczarka.

Oznacza to, że laserują światłem w kilku różniących się od siebie długościach fal na raz, co ogranicza ich właściwości, np. stabilność emisji. Jest to dobrze znane ograniczenie laserów VCSEL dużych rozmiarów. – Nasz laser, w kontraście do obecnego stanu wiedzy, skondensował, a nie laserował, do pojedynczej długości fali, rozwiązując ten problem technologiczny – tłumaczy badacz z W11.

Optymalizacja laserów operujących w trybie kondensacji Bosego-Einsteina może pozwolić na uzyskanie o wiele lepszych parametrów wiązki, koherencji i stabilności takich laserów. Takie właściwości laserów dużej powierzchni są kluczowe, m. in. w systemach typu LiDAR używanych w autonomicznych samochodach.

Więcej na ten temat na stronie uczelni: <https://wroclaw.tech/fizyka-laserowa-24>.

Komunikaty dla mediów można znaleźć na: <https://wroclaw.tech/dla-mediow>.