

Warszawa 23 października 2022 r.

Prof. dr. hab. Piotr Perlin
Instytut Wysokich Ciśnień PAN
Sokołowska 29/37, 0-142 Warszawa

Recenzja Rozprawy Habilitacyjnej
dr Macieja Pieczarki pod tytułem: "KONDENSATY POLARYTONÓW
EKSCYTONOWYCH W PUŁAPKACH INDUKOWANYCH OPTYCZNIE."

Uwagi ogólne

Rozprawa habilitacyjna pana dr Macieja Pieczarki pod tytułem: "Kondensaty polarytonów ekscytonowych w pułapkach indukowanych optycznie." oparta jest przede wszystkim o prace wykonane przez kandydata podczas stażu post-doktorskiego w Australian National University w Canberra i ARC (Centre of Excellence for Future Low-Energy Electronics Technologies) odbytego w latach 2018-2020. Rozprawa oparta jest na 9 artykułach opublikowanych w międzynarodowych czasopismach naukowych. Kandydat złożył następujące dokumenty:

1. Autoreferat.
2. Listę osiągnięć naukowych.
3. Oświadczenie współautorów, o ich udziale w pracach stanowiących rozprawę.

Pan dr Maciej Pieczarka ukończył studia i uzyskał tytuł magistra na Politechnice Wrocławskiej na kierunku Fizyka Techniczna ze specjalnością – Nanoinżynieria w dniu 09.07.2013 r. Promotorem jego pracy magisterskiej pod tytułem: "Optyczne badania polarytonów ekscytonowych w zakresie telekomunikacyjnym." był prof. dr hab. inż. Grzegorz Sęk.

Tytuł doktorski uzyskał na Politechnice Wrocławskiej, w roku 2017 za rozprawę pod tytułem: „Badania kondensatów polarytonów ekscytonowych w półprzewodnikowych mikro wnękach optycznych z wbudowanym nieporządkiem”. Promotorem jego rozprawy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Grzegorz Sęk.

Po odbyciu ponad dwuletniego stażu po-doktorskiego w Australii pan dr Pieczarka został zatrudniony jako adiunkt badawczo-dydaktyczny w Katedrze Fizyki Doświadczalnej na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej.

Przedstawiony przez dr Macieja Pieczarkę zestaw prac składa się z siedmiu pozycji:

- [H.1] M. Pieczarka, M. Boozarjmehr, E. Estrecho, Y. Yoon, M. Steger, K. West, L. N. Pfeiffer, K. A. Nelson, D. W. Snoke, A. G. Truscott, E. A. Ostrovskaya
Effect of optically induced potential on the energy of trapped exciton-polaritons below the condensation threshold
Physical Review B 100, 85301 (2019); Impact Factor: 3.908, Punktacja MEiN: 140
- [H.2] M. Pieczarka, E. Estrecho, M. Boozarjmehr, O. Bleu, M. Steger, K. West, L. N. Pfeiffer, D. W. Snoke, J. Levinsen, M. M. Parish, A. G. Truscott, E. A. Ostrovskaya
Observation of quantum depletion in a non-equilibrium exciton-polariton condensate Nature Communications 11, 429 (2020); Impact Factor: 17.763, Punktacja MEiN: 200
- [H.3] E. Estrecho, M. Pieczarka, M. Wurdack, M. Steger, K. West, L. N. Pfeiffer, D. W. Snoke, A. G. Truscott, E. A. Ostrovskaya
Low-Energy Collective Oscillations and Bogoliubov Sound in an Exciton-Polariton Condensate
Physical Review Letters 126, 75301 (2021); Impact Factor: 9.185, Punktacja MEiN: 200
- [H.4] D. Biegańska, M. Pieczarka, E. Estrecho, M. Steger, D. W. Snoke, K. West, L. N. Pfeiffer, M. Syperek, A. G. Truscott, E. A. Ostrovskaya
Collective excitations of exciton-polariton condensates in a synthetic gauge field
Physical Review Letters 127, 185301 (2021); Impact Factor: 9.185, Punktacja MEiN: 200
- [H.5] M. Pieczarka, E. Estrecho, S. Ghosh, M. Wurdack, M. Steger, D. W. Snoke, K. West, L. N. Pfeiffer, T. C. H. Liew, A. G. Truscott, E. A. Ostrovskaya
Topological phase transition in an all-optical exciton-polariton lattice
Optica 8, 1084 (2021) Impact Factor: 10.644, Punktacja MEiN: 200
- [H.6] M. Pieczarka, O. Bleu*, E. Estrecho, M. Wurdack, M. Steger, D. W. Snoke, K. West, L. N. Pfeiffer, A. G. Truscott, E. A. Ostrovskaya, J. Levinsen, M. M. Parish
Bogoliubov excitations of a polariton condensate in dynamical equilibrium with an incoherent reservoir
Physical Review B 105, 224515 (2022); Impact Factor: 03.908, Punktacja MEiN: 140
- [H.7] M. Pieczarka, D. Biegańska, C. Schneider, S. Höfling, S. Klembt, G. Sęk, M. Syperek
Crossover from exciton-polariton condensation to photon lasing in an optical trap
Optics Express 30, 17070–17079 (2022); Impact Factor: 3.833, Punktacja MEiN: 140

Powyższe prace zostały opublikowane w następujących czasopismach:

- Optica (IF=10.644), - 1 praca,
- Nature Communication (IF=17.763) – 1 praca,
- Physical Review B (IF=3.908) – 2 prace,
- Physical Review Letters (IF= 9.185)- 2 prace,
- Optics Express (IF= 3.833) 1 praca.

Pan dr Pieczarka jest pierwszym autorem pięciu z siedmiu przedstawionych w omawianej rozprawie prac. W dwóch pozostałych jest drugim autorem.

Wszystkie prace, bez wyjątku, opublikowane są w bardzo dobrych, opiniotwórczych czasopismach o współczynniku wpływu 3.8 i więcej, w tym w Nature Communication o współczynniku wpływu (cytowania) na poziomie 17.

Przedstawiony zbiór publikacji koncentruje się na badaniach własności kondensatów bozonowych polarytonów ekscytonowych w półprzewodnikowych mikrowędkach, wykorzystując, jako jedną z ważnych metod badawczych, możliwość lokalizacji kondensatu poprzez odpowiednie formowanie wiązki pobudzającej lasera.

Dr Pieczarka koncentruje się przede wszystkim na wpływie oddziaływania polarytonów ze sobą i z rezerwuarem ekscytonów, na własności kondensatu, jak również nad wzbudzeniami kondensatu w kontekście modelu Bogoliubowa.

Omówienie poszczególnych artykułów

H.1

Autor bada system polarytonów ekscytonowych wytworzony w pierścieniowatej pułapce optycznej stworzonej przez odpowiednio uformowaną wiązkę lasera pompującego. Eksperyment jest przeprowadzony w reżimie niskich koncentracji polarytonów. Przy zachowaniu warunków, w których oddziaływanie polaryton-polaryton można zaniedbać, przesunięcie energii polarytonów (blue-shity z mocą) można wyjaśnić poprzez ich oddziaływanie z rezerwuarem ekscytonów, co zaprzecza wcześniejszej atrybucji tego efektu do oddziaływania polaryton-polaryton, wykazując, że nie można traktować rozrzedzonego gazu polarytonowego jako silnie oddziałującej materii kwantowej.

H.2

Autor wykorzystuje efekt zubożenia kwantowego do oceny współczynnika oddziaływania polarytonów. W warunkach silnego wzbudzenia i oddzielenia sygnału optycznego, pochodzącego ze stanu podstawowego kondensatu. Udało się zmierzyć widmo wzbudzeń kondensatu i ocenić wartość współczynnika g opisującego oddziaływanie wewnątrz kondensatu.

H.3

Autorzy badają spulapkowany kondensat polarytonowy. Obserwowane są oscylacje gęstości, z których można wyznaczyć prędkość dźwięku w modelu Bogoliubowa. Odstępstwo zmierzonej prędkości dźwięku od wartości teoretycznej interpretowane jest w kategoriach oddziaływań kondensatu z rezerwuarem ekscytonów.

H.4

Autorzy badają kolektywne wzbudzenia kondensatu, opisując je, z uwzględnieniem efektów spinowych i rozszczepienia wynikających z oddziaływań z modami TE i TM mikrowędk. Zmierzone dyspersje energetyczne wzbudzeń kondensatu, z uwzględnieniem efektów spinowych, są zgodne z przewidywaniami teoretycznymi.

H.5

W pracy tej autorzy realizują układ posiadający topologiczne stany fotoniczne, poprzez kształtowanie optycznego wzbudzenia w mikrownęce kwantowej. Eksperyment wykonywany jest w warunkach kondensacji Bosego-Einsteina. Sposób definiowania geometrii umożliwia łatwą modyfikację i generację stanów chronionych topologicznie.

H.6

Autorzy podejmują wysiłek modyfikacji teorii Bogoliubowa w celu lepszego uwzględnienia oddziaływania kondensatu z rezerwuarem ekscytonów w systemie wielostudni kwantowych, demonstrując dobrą zgodność swojej teorii z widmem ekscytacji kondensatu.

H.7

W tej pracy autorzy analizują przejście pomiędzy reżimem słabego i silnego sprzężenia dla mikrownęki pobudzonej optycznie na dwa sposoby: poprzez pobudzanie punktowe laserem i poprzez wiązkę pierścieniową, która umożliwia lokalizację polarytonów. Autorzy twierdzą, że uwzględnienie tych dwóch reżimów pobudzania, daje możliwość pełnej analizy przejścia od laserowania z kondensatu do reżimu VCSEL.

Rozprawa habilitacyjna – jej waga naukowa

Przedstawione dzieło jest bardzo jednolite tematycznie i metodologicznie. Autor wykorzystuje fakt, że obszar generacji ekscytonów jest równocześnie obszarem odpychającym polarytony, co prowadzi do ich pułapkowania - ograniczenia przestrzennego. Autor rozprawy jest zainteresowany oddziaływaniami zarówno wewnątrz kondensatu jak i z otaczającym go rezerwuarem ekscytonów, oraz wzbudzeniami samego kondensatu.

Praca łączy wyrafinowane pomiary optyczne z subtelną analizą teoretyczną, przewyższającą znacznie opis teoretyczny spotykany typowo w publikacjach eksperymentalnych dotyczących zjawisk optycznych w półprzewodnikach. Powyższe prace bez wątpienia, w istotny sposób, zarówno weryfikują jak i uzupełniają opis kondensatu polarytonów ekscytonowych w półprzewodnikach, szczególnie w obszarze interakcji polaryton-polaryton -polaryton- ekscyton.

Wszystkie publikacje to artykuły zawierające zarówno wyniki ambitnych eksperymentów jak i głęboką analizę teoretyczną, zamieszczone w znakomitych czasopismach.

Widoczność tych publikacji (biorąc pod uwagę ilość cytowań) to: H.1 -28 cytowań, H.2 – 64 cytowania, H.3 – 28 cytowań, H.4- 16 cytowań, H.5- 34 cytowania, H.6 – 12 cytowań i H.7- 11 cytowań. Choć wyróżnić można tu pracę H.2, zamieszczoną w Nature Communication, to uwzględniając świeżość wszystkich prac, widać że ich odbiór jest dobry lub bardzo dobry.

Trzeba tu zwrócić uwagę, że dr Pieczarka jest pierwszym autorem pięciu z siedmiu przedstawionych prac, w tym pracy H.2 o najwyższej liczbie cytowań zamieszczonej w najwyżej ocenianym czasopiśmie.

Oświadczenia współautorów i pozycja dr Pieczarki na liście autorów, nie budzą wątpliwości co do decydującego wkładu habilitanta w przedstawione prace.

Podsumowując, habilitant wykazał umiejętność pracy w dużych zespołach badawczych, demonstrując zarówno biegłość eksperymentatora jak i głębokie zrozumienie trudnej fizyki, co stanowi rzadko spotykane połączenie. Moja opinia o przedstawionej przez

dr Pieczarkę Rozprawie Habilitacyjnej pod tytułem: : " Kondensaty polarytonów ekscytonowych w pułapkach indukowanych optycznie." jest bardzo pozytywna.

Niedociągnięcia rozprawy

Autoreferat dr Pieczarki jest przejrzysty (na ile trudna tematyka na to pozwala) i starannie napisany. Nie mam do niego żadnych zastrzeżeń.

Dorobek naukowy

Dr Pieczarka jest autorem ponad 40 publikacje cytowanych powyżej 500 razy (Google Scholar). Jego indeks Hirscha to 10 do 13. Ostatnia wartość pochodzi z Google Scholar. Publikuje w bardzo dobrych czasopismach w tym Physical Review Letters oraz Nature Communications. Bibliometria dr Pieczarki jest dobra, acz nie świetna, co moim zdaniem wynika ze stopnia zaawansowania tej tematyki i braku jeszcze bjej bezpośredniego przełożania na aplikacje.

Aktywność w życiu naukowym i osiągnięcia dydaktyczne

Dr Pieczarka był laureatem Grantu Diamentowego i kierownikiem projektu Preludium NCN, a obecnie kieruje projektem w ramach konkursu Sonata NCN. Na tym etapie kariery jest to wyróżniająco duże doświadczenie w zakresie kierowania projektami.

Pan dr Pieczarka miał po ukończeniu doktoratu 14 wystąpień, które można nazwać zaproszonymi. Niestety większość z tych wystąpień miała charakter seminaryjny, a tylko jedno z nich było regularnym zaproszonym referatem konferencyjnym (Workshop on quantum phenomena..., Wurtzburg, Niemcy).

Pan dr Pieczarka, odbył 2 letni staż (po-doktorski) w Australian National University w Canberrze w Australii.

Habilitant opiekował się ośmioma pracami magisterskimi i inżynierskimi. Jest również promotorem pomocniczym rozprawy doktorskiej pani mgr Dąbrówki Biegańskiej.

Pan dr Pieczarka już jako student i młody naukowiec otrzymał wiele wyróżnień i nagród za swoje osiągnięcia badawcze. Uczestniczył intensywnie w działalności dydaktycznej Politechniki Wrocławskiej: Laboratorium Fizyczne, Laboratorium Komputerowe, Ćwiczenia z Fizyki i wiele innych, oraz zdecydowanie wyróżniał się aktywnością popularyzatorską (koła naukowe i wykłady popularne dla liceów).

Podsumowanie

Rozprawa Habilitacyjna pana dr Pieczarki stanowi monotematyczny zbiór artykułów opublikowanych w czołowych czasopismach światowych. Wybrane przez autora artykuły oraz autoreferat dowodzą jego dojrzałości jako naukowca, a także świetne przygotowanie do samodzielnego uprawiania fizyki zarówno eksperymentalnej jak i teoretycznej. Wkład dr Pieczarki w zrozumienie właściwości kondensatu polarytonów ekscytonowych, szczególnie w kontekście jego wewnętrznych interakcji oraz oddziaływań ze światem zewnętrznym wydaje się bardzo znaczący.

Pan dr Pieczarka jest aktywny dydaktycznie i wydaje się świetnie radzić sobie w obszarze współpracy w międzynarodowych grupach badawczych.. Po zapoznaniu się z Rozprawą Habilitacyjną kandydata, uważam, że jest on wyróżniającym się liderem badań zdolnym do stworzenia własnej grupy badawczej o konkurencyjnym światowo profilu.

Podsumowując, stwierdzam że dorobek habilitacyjny pana dr Macieja Pieczarki spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym i wnoszę o dopuszczenie kandydata do dalszych etapów habilitacji.

prof. dr hab. Piotr Perlin

podpis -----

