

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym Pani dr inż. Urszuli Laudyn

Osiągnięcie naukowe

Pani dr inż. Urszula Laudyn występuje o nadanie jej stopnia doktora habilitowanego z fizyki na podstawie osiągnięcia w postaci cyklu dziesięciu powiązanych ze sobą tematycznie publikacji naukowych pod tytułem „*Prowadzenie i przelączenie wiązki światła w nieliniowych optycznie strukturach ciekłokrystalicznych*” przygotowanych zgodnie z ustawą o szkolnictwie wyższym z dnia 20 lipca 2018 r.

Recenzowany cykl omawia różne mechanizmy prowadzenia i przelączenia nieliniowych modów promieniowania optycznego tworzących solitony przestrzenne w ciekłych kryształach nematycznych, tzw. *nematykonach* o chiralnej i planarnej konfiguracji. Autorka koncentruje się na *nieliniowości złożonej* obejmującej nielokalne i współzawodniczące (konkurujące) zjawiska. Ważną motywacją tych badań jest zbadanie wpływu powyższych procesów na możliwość rozwoju istniejących technologii i opracowanie nowych układów fotonicznych. To ważne zagadnienia współczesnej fotoniki, opublikowane w renomowanych czasopismach w latach 2013-2023 i w większości są wysoko cytowane. Publikacje wchodzące w skład cyklu są zbiorowe, a habilitantka jest pierwszą autorką (z wyjątkiem pracy **H7**, w której jest ostatnią). Załączone do dokumentacji oświadczenia współautorów potwierdzają wiodącą rolę pani dr inż. Laudyn w stworzeniu omawianego osiągnięcia. Osiągnięcie to jest przedstawione zbiorczo w jej autoreferacie, który w zwięzły sposób wprowadza czytelnika w problematykę kontroli wiązek świetlnych za pomocą optycznych efektów nieliniowych w nematykonach.

W pierwszych pracach recenzowanego cyklu - **H1** i **H2** autorka opisuje zjawiska jakie badała w układzie z klinową geometrią próbki ciekłokrystalicznej. Habilitantka zademonstrowała bardzo ciekawe zmiany kierunku propagacji nematykonów w okolicy linii dysklinacji nematyka, zależne od miejsca wejścia promienia do komórki i od wartości zewnętrznego stałego pola elektrycznego. Dzięki wysokiej nieliniowości zastosowanych ośrodków ciekłokrystalicznych w pracy **H2**, autorka osiągnęła istotne zmiany kierunku propagacji przy niewielkich mocach świetlnych i przykładanych do elektrod napięciach nie przekraczających 50 V. Prace te mają ważne zastosowania do sterowania i przelączenia wiązek świetlnych. Szczegółowa analiza mechanizmów takiego sterowania została opisana w kolejnych pracach z cyklu – mianowicie **H3**, **H4**. Prace te wykazały, że przy odpowiednio dużej mocy wiązek świetlnych istotna staje się nielokalność oddziaływania promieniowania i reorientacyjnej nieliniowości w badanej próbce. Prowadzi ona do przekształcenia kilkumodowej propagacji w falowodzie gradientowym w zlokalizowaną wiązkę dwuwymiarową złożoną z jednowymiarowego solitonu przestrzennego złożonego z jednowymiarowym modem podstawowym. Kontynuując to zagadnienie, w pracy **H4** autorka zbadała warunki powstawania tzw. dyfrakcji dualnej – dyskretnej w jednym kierunku poprzecznym a ciągłej w drugim.

W kolejnych pracach zostały szczegółowo przeanalizowane różne mechanizmy powstawania nieliniowości optycznych w nematykach. I tak w pracy **H5** zidentyfikowano dwa niezależne przyczynki – termiczny i reorientacyjny. Autorzy tej pracy pokazali, że można osiągnąć kontrolę nad poszczególnymi przyczynkami w pomysłowy i skuteczny sposób – przez domieszkowanie ciekłego kryształu odpowiednim barwnikiem czułym na konkretną długość fali oraz używając dwóch wiązek świetlnych o różnych długości fali: 532 nm – absorbowanej przez zastosowany barwnik i 1064 nm – dla wiązki nieabsorbowanej. Stosując odpowiednią geometrię komórki wykazano współdziałanie i konkurencję dwóch różnych mechanizmów nieliniowości optycznej – termicznej i reorientacyjnej. W kolejnej pracy **H6** kontynuowano szczegółowe badania współistnienia tych dwóch mechanizmów i zademonstrowano przestrzenne odchylenie wiązki zależne od temperatury. Zagadnieniu współistnienia tych dwóch mechanizmów nieliniowości poświęcona jest także następną w cyklu praca **H7**. Pokazano w niej jak przez zmianę temperatury można kontrolować wypadkową odpowiedź nieliniową ośrodka. Precyzyjne wyszczególnienie poszczególnych przyczynków do nieliniowości i demonstracja możliwości ich kontrolowania jest istotnym i nowatorskim osiągnięciem prac **H5-H7**. Prace te znalazły dobry odzew w środowisku i były często cytowane.

W dotychczasowych badaniach z nieliniowymi ośrodkami ciekłokrystalicznymi poważnym ograniczeniem była niestabilność położeniowa trajektorii wiązek świetlnych. W pracy **H8** rozwiązano ten problem przez zastosowanie pola elektrycznego oscylującego z częstotliwością 1 kHz. Szkoda, że autorzy nie wyjaśnili fizycznego mechanizmu prowadzącego do tej interesującej i pożądanej stabilizacji, ani też nie podali fizycznych bądź technicznych ograniczeń częstotliwości takiego pola.

Bardzo ciekawe wyniki przedstawiają dwie prace dotyczące kontrolowanego wygięcia trajektorii propagujących się wiązek, które było spowodowane liniową zmianą współczynnika załamania zależną od miejsca wprowadzenia wiązki świetlnej do komórki. W pracy **H9** osiągnięto to stosując poprzeczną modulację dwójtomności ośrodka. Zademonstrowano w ten sposób możliwość sterowania biegiem wiązki w znacznym zakresie kątów. Badania zakrzywiania trajektorii kontynuowano w pracy **H10**, w której zastosowano podłużną modulację dwójtomności. Dzięki wykorzystaniu jednorodności ośrodka, przy podłużnej modulacji możliwe stało się wyodrębnienie wpływu dwójtomności na niestabilność (*walk-off*) trajektorii wiązki świetlnej i eliminacja zniekształceń fazy i frontu falowego propagujących wiązek. Publikacja **H10**, przedstawia także bardzo szczegółową analizę teoretyczną wykonanych eksperymentów i demonstruje doskonałą zgodność symulacji i wyników doświadczalnych. Obie prace **H9** i **H10** mają duże znaczenie dla skonstruowania i realizacji struktur fotonicznych stosujących modulację kierunku osi optycznej nematyka i rozwoju ich praktycznych zastosowań dla sterowania i przełączania wiązek świetlnych.

Autorka w badaniach przedstawionych w publikacjach **H1 – H10** otrzymała szereg wartościowych nowatorskich wyników. W szczególności:

- Badając propagację nematykonów w strukturze chiralnego nematycznego ciekłego kryształu o geometrii klina zademonstrowała możliwość wykorzystania optycznie indukowanych defektów struktury do stworzenia całkowicie optycznych i elektrooptycznych układów przesyłających i przetwarzających sygnały optyczne,
- Badając zjawisko dualnej dyfrakcji w chiralnych nematycznych ciekłych kryształach zademonstrowała jego związek z generacją 2-wymiarowych solitonów astygmatycznych w chiralnych nematycznych ciekłych kryształach,
- Badając współdziałanie dwóch różnych mechanizmów nieliniowości określiła ich wpływ na tworzenie nematykonów,
- Badając propagację wiązki światła w strukturach o modulowanej osi dwójłomności w kierunkach poprzecznym i podłużnym określiła warunki propagacji solitonów o zakrzywionych trajektoriach.

Pewien niedosyt recenzenta budzi brak wyjaśnienia mechanizmu odpowiedzialnego za stabilizację wiązki, opisaną w pracy **H8**. Uważam także, że przedłożony cykl publikacji bardzo by zyskał, gdyby go uzupełniono o jednoautorskie opracowanie syntetyzujące otrzymane wyniki w pełniejszy sposób niż to zrobiono w zwięzłym autoreferacie. Mimo tych niedostatków, uważam, że przedstawiony do zaopiniowania cykl publikacji pani dr inż. Urszuli Laudyn tworzy logiczną całość i reprezentuje wysoki poziom naukowy, obiektywnie charakteryzowany wysokimi wskaźnikami cytowań. Stanowi istotne osiągnięcie naukowe i tym samym spełnia warunki ustawy.

Za swe osiągnięcia naukowe pani dr inż. Laudyn była dwukrotnie nagradzana nagrodą zespołową I stopnia przez Rektora PW. Była także laureatką Stypendium MNiSW.

Dorobek naukowy poza omawianym osiągnięciem

Pani dr inż. Laudyn jest współautorką 4 patentów i wybitną specjalistką w zakresie badań optycznych ciekłych kryształów. Od strony formalnej cały jej dorobek publikacyjny charakteryzuje się indeksem Hirscha $h=14$ i łączną liczbę cytowań 334 bez autocytowań (WoS grudzień 2023), co jest bardzo dobrym wskaźnikiem.

Habilitantka posiada znaczący dorobek także nie ujęty w ocenianym cyklu. W szczególności jej liczne publikacje powstałe we współpracy z profesorami Karpierzem, Królikowskim i Assanto są bardzo wysoko cytowane. Brała bezpośredni udział w 30 konferencjach naukowych, na których prezentowała swoje wyniki.

Pani dr Laudyn odbyła kilka zagranicznych staży naukowych: Przed doktoratem spędziła niemal rok w zespole Prof. Wiesława Królikowskiego w Australian National University w Canberze, gdzie odbyła kolejny staż w 2015 roku. Odbyła także miesięczny staż w zespole Prof. Gaetano Assanto na Uniwersytecie Roma Tre w Rzymie. Te pobyty w bardzo dobrych ośrodkach znacznie wzbogaciły doświadczenie habilitantki.

Pani dr Laudyn współpracuje ponadto z szeregiem zespołów zagranicznych (Univ. Angers we Francji i Univ. of Central Florida w USA) a także krajowych (WAT i UW w Warszawie, ZUT w Szczecinie).

Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski

Pani dr inż. Urszula Laudyn ma duży **dorobek dydaktyczny**. Między innymi

- Opracowała i przygotowała oraz prowadziła nowe przedmioty i wykłady oraz laboratoria dla studentów I stopnia i II stopnia na Wydziale Fizyki PW. Niektóre z tych zajęć prowadzone są w języku angielskim.
- Była opiekunem i promotorem w 7 pracach magisterskich, 6 inżynierskich a ponadto jest promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich.
- Koordynuje prace zespołu zajmującymi się programami nauczania optyki, fotoniki i nowoczesnych materiałów na Wydziale Fizyki PW.
- Zajmuje się indywidualną opieką nad wybitnymi studentami wydziału.

Habilitantka uzyskała **wybitne osiągnięcia organizacyjne**. Ma doskonałe doświadczenie w zarządzaniu projektami naukowymi. Była członkiem zespołów zarządzających, obsłudze projektów, kierowniczką i wykonawczynią licznych grantów, a także członkiem zespołu przy Prezesie UZP.

W zakresie **popularyzacji** nauki organizowała warsztaty dla młodzieży szkolnej, studenckie szkoły letnie PW.

Podsumowując, cały dorobek, a zwłaszcza omawiane osiągnięcie naukowe odpowiada wymoganiom ustawy i reprezentuje wysoki poziom naukowy.

Prof. dr hab., Wojciech Gawlik,
Instytut Fizyki UJ,

Kraków, 2.01.2024