

Prof. dr hab. inż. Tomasz R. Woliński
Politechnika Warszawska
Wydział Fizyki
Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
tel. 22 234 5689
e-mail: tomasz.wolinski@pw.edu.pl

Ocena rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Dominiki Walewskiej pt.:
“Charakteryzacja innowacyjnych materiałów mezogenicznych przeznaczonych do kontroli
właściwości wiązki świetlnej”

Rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Dominiki Walewskiej pt.: „*Charakteryzacja innowacyjnych materiałów mezogenicznych przeznaczonych do kontroli właściwości wiązki świetlnej*” została wykonana w Zakładzie Technicznych Zastosowań Fizyki na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej (WAT). Współpromotorami rozprawy byli prof. dr hab. inż. Leszek R. Jaroszewicz, czł. koresp. PAN oraz dr hab. Nouredine Bennis, prof. WAT.

Rozprawa ma charakter eksperymentalny i składa się z 6. rozdziałów, załącznika, bibliografii obejmującej 120 pozycji literaturowych, spisu rysunków oraz krótkiego opisu dorobku naukowego doktorantki zajmując łącznie 118 stron.

Doktorantka w latach 2017-2022 była współautorem 5 prac z listy JCR (punktacja MEN od 70 do 140 punktów; łącznie 550 punktów) bezpośrednio związanych z tematyką rozprawy doktorskiej i opublikowanych w następujących czasopiśmie: *Opto-Electronics Review*, *Crystals*, *Sensors*, *Materials* oraz *Optics and Lasers in Engineering*, przy czym w 2 pracach (*Sensors* oraz *Materials*) pani A. Walewska jest umieszczona na pierwszym miejscu.

Wszystkie te prace - wg bazy *Web of Science* - uzyskały do dnia 8.12.2022 r. 13 cytowań, a sumaryczny ich współczynnik wpływu (*impact factor*) wynosi ponad 17. Świadczy to pozytywnie o aktualności i znaczącej rozpoznawalności tematyki badawczej.

W rozdziale pierwszym przedstawiającym skrótowo wprowadzenie do historii badań ciekłych kryształów, doktorantka formułuje następującą tezę pracy: *Interferometryczny układ do pomiaru zmiany fazy pozwala na charakteryzację i analizę zmiennych w czasie właściwości materiałów ciekłokrystalicznych przeznaczonych dla modulatorów fazowych.*

W swojej rozprawie doktorantka dowodzi tej tezy na drodze eksperymentalnej poprzez badania w czasie rzeczywistym dynamicznych zmiany fazy. Metoda pomiaru wykorzystuje

ideę klasycznego interferometru Younga, w którym okres przestrzennej modulacji rozkładu natężenia światła wpływa na zmianę odległości między dwoma wiązkami interferometru.

Rozdział drugi opisuje znane z literatury charakterystyki faz ciekłokrystalicznych, podstawowe anizotropowe właściwości optyczne i dielektryczne ciekłych kryształów oraz prezentuje stan wiedzy dotyczący ciekłokrystalicznych przestrzennych modulatorów światła (SLM). Informacje zawarte w tym rozdziale o objętości 20 stron (20% całej rozprawy) – oprócz niewątpliwych walorów dydaktycznych – nie prezentują nowych wyników naukowych. Bez straty dla jakości rozprawy rozdział ten można by skondensować do pojedynczych stron. Na str. 37 pojawia się błędne sformułowanie cyt.: „*orientacja planarna charakteryzuje się wyższą dwójłomnością i anizotropią dielektryczną...*” sugerujące, że rodzaj orientacji (tekstury) w komórce nematycznej wpływa na właściwości materiału ciekłokrystalicznego tj. anizotropia optyczna czy dielektryczna. Na str. 33 pojawiła się drobna literówka w nazwisku prekursora badań aplikacyjnych ciekłych kryształów Martina Schadta. W rozdziale trzecim przedstawione zostały materiały ciekłokrystaliczne użyte w pracy: cztery mieszaniny nematyczne (NLC) z grupy 5005 sterowane częstotliwościowo oraz ciekłokrystaliczna mieszanina ferroelektryczna (FLC) oznaczona symbolem W-212. Wszystkie badane przez doktorantkę ciekłe kryształy zostały zsyntetyzowane w Instytucie Chemii WAT.

Zasadnicza i oryginalna część rozprawy doktorskiej rozpoczyna się dopiero od strony 44, czyli od rozdziału czwartego. W rozdziale tym zawarty jest opis eksperymentalnych metod badawczych przyjętych w pracy jak również charakterystyka aparatury pomiarowej. W tym miejscu pojawia się koncepcja oraz zestawienie układu interferometrycznego do pomiaru zmiany fazy w materiałach ciekłokrystalicznych wraz z uwzględnieniem wyników kalibracji układu. Komórki nematyczne miały grubość 5 μm , natomiast komórki ferroelektryczne były dwukrotnie cieńsze (2,5 μm). Doktorantka wnikliwie opisuje i analizuje wszystkie poszczególne metody badawcze uwzględniające pomiary transmisji, pomiary dielektryczne oraz pomiary dynamicznej zmiany fazy. W podrozdziale 4.2.1 wymiennie (i nie zawsze trafnie) używane są pojęcia pola dyfrakcyjnego oraz pola interferencyjnego – oczekiwaniem recenzenta jest wyjaśnienie różnic pomiędzy obydwoma tymi pojęciami podczas publicznej obrony rozprawy. W kolejnym podrozdziale 4.2.2 na 52. stronie znalazło się błędne stwierdzenie, cyt.: „*laser He-Ne o długości fali 632,8 nm.... emituje wiązkę quasi-monochromatyczną, cechującą się wysoką spójnością czasową i przestrzenną*”. Doktorantka stosuje żargonowe pojęcie „pinhol” (j. ang. *pinhole*) opisujące mikrometrowych rozmiarów otwór kołowy, który pełni rolę quasi-punktowego źródła światła. W większości polskojęzycznej literatury naukowej używana

jest forma żeńska „pinhola”. Może warto by się pokusić na wprowadzenie w rozprawie napisanej w języku polskim terminu rodzimego np. „mikrootworek”? W dalszej części rozdziału znajdujemy poprawnie opisany proces kalibracji układu. Ostatni podrozdział (4.3) wspomina o pomiarach stałych dielektrycznych badanych ciekłych kryształów, które zostały przeprowadzone na Uniwersytecie Jagiellońskim.

Najciekawsze uzyskane wyniki badawcze zostały przedstawione w rozdziale piątym. Doktorantka wnikliwie przebadła zarówno szereg nowych mieszanin nematycznych, z których najlepsza okazała się być mieszanina 5005 jak i znaną smektyczną mieszaninę ferroelektryczną o symbolu W-212.

Mieszanina 5005 oprócz podwyższonej dwójłomności (Δn powyżej 0,3) umożliwiającą uzyskanie wysokiej modulacji fazy (powyżej 2π), niezbędnej w przestrzennych modulatorach światła, charakteryzuje się również szerokim zakresem temperaturowym (25°C – 115°C) występowania fazy nematycznej oraz dodatnią wysoką anizotropię dielektryczną przy niskich częstotliwościach (poniżej 50 kHz). Ujemną cechą tej mieszaniny jest jej degradacja pod wpływem promieniowania UV, co uniemożliwia potencjalne sieciowanie. Badania wpływu promieniowania UV przedstawione w pracy z 2021 opublikowanej w *Materials* i opisane w podrozdziale 5.1.5 rozprawy potwierdziły jednocześnie przydatność tej mieszaniny w przestrzennych modulatorach dla światła niebieskiego o długości fali 445 nm.

Bardzo ciekawe wyniki zostały dla mieszaniny ferroelektrycznej W-212 (publikacja z 2022 r. bardzo dobrym piśmie: w *Optics and Lasers in Engineering*), która charakteryzuje się dwukrotnie większym (45°) niż zwykle kątem pochylenia molekuł w chiralnej warstwie smektycznej. Użycie takiego szybko przełączającego materiału do binarnej modulacji fazy niesie w sobie dodatkową zaletę działania modulatora niezależnie od stanu wejściowej polaryzacji. Klasyczne komórki ferroelektryczne stabilizowane powierzchniowo (SSFLC) o kącie pochylenia molekuł $22,5^{\circ}$ były od końca lat osiemdziesiątych XX w. (np. K. Johnson et al. „Optical computing and image processing with ferroelectric liquid crystals” *Optical Engineering* 26(5), 385 -391, 1987) używane jako półfalówki. Nasuwa się pytanie jak na tle tych wcześniejszych badań można zinterpretować wyniki uzyskane przez doktorantkę; takiego odniesienia zabrakło w recenzowanej rozprawie.

W rozdziale szóstym znajdujemy podsumowanie pracy oraz końcowe wnioski. Uzyskane przez doktorantkę oryginalne wyniki badawcze dowodzą jednoznacznie prawdziwości postawionej na wstępie tezy rozprawy. Do pracy dołączony jest – jako rozdział 7. – załącznik 1., który podaje skład chemiczny czterech 6-składnikowych mieszanin nematycznych badanych

w pracy i oznaczonych numerach 5005, 5005A, 5005B, 5005C, obszerny spis literatury (120 pozycji), spis 46. rysunków oraz wykaz dorobku naukowego doktorantki obejmujący 5 publikacji związanych z rozprawą z listy JCR, 3 pozostałe publikacje oraz 10 wystąpień na konferencjach międzynarodowych.

Powyższe uwagi i komentarze oraz niedociągnięcia edytorskie nie wpływają na moją pozytywną ocenę recenzowanej rozprawy. Doktorantka ze niezwykłą starannością opisuje metody i procedury eksperymentalne oraz wnikliwie analizuje uzyskane wyniki badań formułując logiczne wnioski. Świadczy to o poprawności i rzetelności warsztatu badawczego, a jednocześnie o sumienności i skrupulatności. Doktorantka wykazała się również w trakcie prowadzenia badań umiejętnościami efektywnej współpracy z kilkoma grupami badawczymi zarówno ze swojej rodzimej uczelni (chemikami z Instytutu Chemii WAT), zespołem fizyków prof. S. Urbana z Uniwersytetu Jagiellońskiego jak i zespołem światowej sławy eksperta w dziedzinie ciekłych kryształów prof. S-T Wu z *University of Central Florida* (USA).

W podsumowaniu stwierdzam, iż zgodnie z obowiązującą ustawą „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. Ustaw z dn. 20.01.2020 r. poz. 85) recenzowana rozprawa doktorska pt. *“Charakteryzacja innowacyjnych materiałów mezogenicznych przeznaczonych do kontroli właściwości wiązki świetlnej”* **stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, a przez to może stanowić podstawę uzyskania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa. **W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Aleksandry Dominiki Walewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Z uwagi na znaczącą rangę przedstawionego w rozprawie osiągnięcia naukowego, którego najważniejsze tezy zostały opublikowane w postaci **5 publikacji w czasopismach z listy JCR** ze znaczącym wkładem **mgr inż. Aleksandry Dominiki Walewskiej** w ich powstanie, a w szczególności za opracowanie metody charakteryzacji ciekłokrystalicznej fazy nematycznej oraz ferroelektrycznej fazy chiralnej z wykorzystaniem oryginalnie skonstruowanego interferometru Younga do dynamicznego pomiaru zmiany fazy w domenie przestrzennej stawiam wniosek o **wyróżnienie** tej rozprawy.



Warszawa, dnia 16.12.2022 r.

Prof. dr hab. inż. Tomasz R. Woliński