

Prof. dr hab. inż. Janusz Parka
Wydział Nowych Technologii i Chemii
Wojskowa Akademia Techniczna
00-908 Warszawa, ul. Gen. Urbanowicza 2
e-mail: janusz.parka@wat.edu.pl

Warszawa, dn. 02.09.2018 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Budaszewskiej
pt. **„Przestrajalne struktury światłowodowe na bazie domieszkowanych ciekłych
kryształów**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana w Zakładzie Optyki i Fotoniki Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej. Promotorem rozprawy jest Pan prof. dr. hab. inż. Tomasz Woliński

Przedstawiana do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Agaty Budaszewskiej poświęcona jest badaniom właściwości światłowodów fotonicznych wypełnionych ciekłymi kryształami domieszkowanymi polimerami oraz cząstkami metalicznymi. W związku z wypełnieniem ciekłym kryształem właściwości propagacyjne takich światłowodów mogą być zmieniane np. polem elektrycznym.

Tezą rozprawy jest możliwość poprawienia parametrów światłowodowych struktur fotonicznych, a szczególnie ich przestrajania przy zastosowaniu ciekłych kryształów domieszkowanych nanocząstkami metalicznymi.

Tekst rozprawy napisany jest na 148 stronach i składa się z 13 rozdziałów. Zawiera 79 rysunków i fotografii oraz 14 tabel. Przytoczonych jest 179 pozycji literaturowych. Praca zawiera także wykaz dorobku naukowego autorki.

Mgr inż. Agata Budaszewska z całą pewnością opanowała wiedzę literaturową w obszarze swych zainteresowań naukowych, o czym świadczą liczne i aktualne prace przytoczone w cytowanym piśmiennictwie. Autorka zastosowała właściwą metodologicznie kolejność dokonując wnikliwego przeglądu wiedzy literaturowej i na tej podstawie przeprowadziła analizę dotychczas badanych zjawisk w światłowodach oraz wykonała prace doświadczalne i symulacyjne stanowiące zasadniczą część rozprawy.

Znajomość dotychczasowej wiedzy w tym zakresie była warunkiem poprawnego postawienia celów rozprawy oraz dyskusji otrzymanych wyników, co w przypadku recenzowanej pracy stanowi niewątpliwą zaletę.

Rozdział pierwszy i drugi stanowią wstęp do omawianych zagadnień przestrajalnych światłowodów fotonicznych. Przedstawiona jest w nich także teza i cel pracy. W rozdziałach trzecim i czwartym opisane są właściwości elektrooptyczne ciekłych kryształów, sposoby domieszkowania oraz światłowody fotoniczne i sposoby ich wytwarzania oraz przestrajania. Zasadnicza i oryginalna część pracy zawarta jest w rozdziałach piątym do jedenastego. Rozdziały piąty i szósty poświęcone są opisowi materiałów badawczych wykorzystanych w pracy oraz zachowania w strukturach fotonicznych światłowodów polimerowych. W rozdziale siódmym przedstawione zostały wyniki badań domieszkowanych materiałów ciekłokrystalicznych w komórkach płaskich oraz mikrokapilarach. Istotny w dysertacji jest rozdział ósmy, w którym opisano wyniki analiz numerycznych i porównanie współczynników załamania dla domieszkowanych i niedomieszkowanych w sposób eksperymentalny. Rozdział dziewiąty opisuje rezultaty badań i właściwości spektralnych światłowodów z różnymi domieszkami nanocząstek do ciekłych kryształów. W rozdziale dziesiątym i jedenastym przedstawione są wyniki badań zmiany parametrów światłowodów zawierających domieszkowane nanocząstkami tytanu, złota i srebra ciekłe kryształy przestrajane polem elektrycznym. Omówiono wpływ nanocząstek na czasy odpowiedzi optycznych ciekłego kryształu w strukturach światłowodowych. Rozdziały jedenasty zawiera podsumowanie wyników uzyskanych w pracy.

Wyniki uzyskane w pracy wskazują na wpływ domieszek na temperaturę przejść fazowych oraz zmianę właściwości fizycznych ciekłego kryształu, w tym w niektórych przypadkach na skrócenie czasów przełączania.

Na podstawie badań przeprowadzonych w ramach doktoratu z udziałem Pani Agaty Budaszewskiej powstało 8 publikacji naukowych w czasopismach z listy filadelfijskiej w tym w 4 występuje ona jako pierwszy autor oraz 7 prac jako publikacje w czasopismach spoza listy filadelfijskiej. Świadczy to o dobrym poziomie prowadzonych badań.

Praca jest napisana poprawnym językiem polskim, z nielicznymi błędami literowymi i kilkoma żargonowymi sformułowaniami, których według recenzenta należałoby w tekście rozprawy unikać. Na uwagę zasługuje dobre udokumentowanie błędów pomiarowych, co jest zaletą, a nie we wszystkich pracach to się obecnie zdarza.

Mimo pozytywnej oceny rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Budaszewskiej, zadaniem recenzenta jest także przedstawienie krytycznych uwag, niemających jednak zasadniczego wpływu na ogólną ocenę pracy.

Uwagi redakcyjne:

- zdaniem recenzenta, niepotrzebny jest zbyt długi wstęp o ciekłych kryształach, m.in. podziału ciekłych kryształów itp. bo jest to ogólnie znana wiedza zawarta w wielu wydaniach książkowych dotyczących ciekłych kryształów,

- w edycji pracy pojawiło się wiele pustych miejsc np. str. 56, 58, 66, 67, 75, 83, 90, 91, 126, 127 i innych, czego należałoby unikać, aby nie zaburzały spójności całości tekstu i dobrego estetycznego wrażenia,

- w wielu miejscach pojawiają się potoczne pojęcia laboratoryjne np. str. 3 „wysoka przestrajalność” raczej powinno być użyte słowo „duża przestrajalność”, a stwierdzenia „laser zielony”, „laser czerwony” np. na str. 116, 117, 118, 119 i inne, należałoby zastąpić bardziej precyzyjnymi sformułowaniami np. „laser emitujący falę o określonej długości”; określenie „niska dwójłomność” (str. 72), a powinno być użyte „mała dwójłomność”; określenie „obniżenie czasów narastania” (str. 121) – powinno być „skrócenie czasów przełączania struktury”, itp.

- recenzent nie doszukał się w pracy wyraźnego stwierdzenia (oprócz badania zależności temperaturowych), że badania były prowadzone w temperaturze pokojowej - o jakiej wartości oraz z jaką stabilizacją, ponieważ może to mieć znaczący wpływ na uzyskiwane rezultaty, zwłaszcza na rozkłady widmowe,

- na str. 23 - podpis rys. 2.5 jest nieprecyzyjny, określenie „anizotropia” nie dotyczy molekuł, a ciekłego kryształu rozumianego jako continuum,

- na rys. 2.6 i 2.7 (str. 25 i 27) - w podpisie jest „typowe struktury molekuł ciekłego kryształu”, a należałoby dodać „nematycznego” ciekłego kryształu,

- na str. 29 – występuje stwierdzenie „wydajność elektrooptyczna” – recenzentowi nie jest znane takie pojęcie. Na tej samej stronie użyto także sformułowania „anizotropia dielektryczna”, a na str. 27 „przenikalność elektryczna”. Wydaje się, że posługiwanie się pojęciem „anizotropia przenikalności elektrycznej” w całym tekście rozprawy, byłoby najwłaściwsze,

- na str. 30 – stwierdzono, że efekt orientacji zależy jedynie od rodzaju użytego barwnika, a nie ciekłego kryształu. Przytoczone w pracy dane na podstawie pozycji literaturowej [54] nie wydają się być reprezentatywne, gdyż jak można pokazać cytując inne prace, że również rodzaj ciekłego kryształu jest w tym przypadku istotny,

- na str. 44 zawarte jest stwierdzenie „spadkowa tendencja ich (ciekłokrystalicznych – przyp. recenzenta) wydajności w porównaniu z wyświetlaczami QLED” – w związku z powyższym powstaje pytanie jak autorka rozprawy rozumie i definiuje tę „wydajność”?

- na str. 45 znajdują się stwierdzenia:

1) „...niskie zanieczyszczenie jonami...”, bardziej adekwatne wydaje się być użycie sformułowania np. zawierające małą ilość jonów,

2) „...różnych typów izolacyjnych cząstek...” - jak należy rozumieć to stwierdzenie?

3) „...efektywne napięcie warstwy ciekłokrystalicznej...” – co to oznacza?

- na str. 47 – występuje stwierdzenie „średnia stała elastyczna K”- jak definiowane jest K w tym przypadku? Co prawda, podana jest w tym przypadku praca źródłowa 107, lecz tam też takiej definicji nie udało się recenzentowi znaleźć,

- na rys. 4.8, 5.3, (str. 63, 68) występują opisy w języku angielskim, co jest wynikiem cytowania danych z publikacji. Jednak na użytek niniejszej pracy pisanej w języku polskim powinny być one opisane także w języku polskim,

- na rys. 4.7 (str. 62) brak jest skali, co utrudnia interpretację rysunku,

- rys. 9.4 i 10.1 (str. odpowiednio 99 i 114) przedstawiające wykorzystywane w pracy układy pomiarowe różnią się tylko jednym elementem, więc mogły być przedstawione na jednym zamiast na dwóch rysunkach,

- rys. 7.4, 7.6, 9.1, 9.2 (na str. 84, 85, 95, 96) powinny posiadać skalę, ponieważ w przytoczonej postaci są dla recenzenta nieczytelne,

- autorka pracy wykorzystując do symulacji program Comsol (opis na str. 88) nie podała informacji jak wykonano modelowanie i przy jakich założeniach oraz warunkach brzegowych? Zgodnie z przedstawionym opisem, wynikiem modelowania metodą elementów skończonych były wartości efektywnego współczynnika załamania bez podania bardziej szczegółowego opisu czy dotyczy to tylko jego zależności od długości fali czy też od profilu światłowodu, itd.

- na str. 92 w opisie otrzymanych wyników symulacyjnych znalazło się stwierdzenie, że domieszkowanie ciekłego kryształu spowodowało zmniejszenie się parametru uporządkowania, lecz brak jest komentarza na podstawie jakiej przesłanki wysnuto taki wniosek oraz jak duże jest zmniejszenie parametru uporządkowania i w zakresie jakich wartości.

- na rys. 9.10 do 9.17 (str. 106 do 110) występuje błąd w podpisie oznaczający rysunki „po prawej stronie” jako występujące „po lewej stronie”,

- czasy przełączenia struktury zawarte w tabeli 10 na str. 115 nie są zdefiniowane. Definicja czasów przełączania stosowana w pracy dla przetworników ciekłokrystalicznych nie jest odpowiednia do terminologii przyjętej powszechnie w literaturze, tj. pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego, zmiana orientacji struktury w zakresie od 0 do 10% transmisji zwana jest czasem opóźnienia, 10% do 90% docelowej wartości zwana czasem narastania. Suma tych czasów stanowi czas włączenia (przełączenia) struktury. Natomiast czas zaniku (wyłączenia, czy też przełączenia do stanu wyjściowego) określany jest jako czas od 100% transmisji do jej zmniejszenia do 10%. Określenie w rozprawie tego czasu jako czas relaksacji jest według recenzenta nieprawidłowe i może być mylące (czas relaksacji jako czasowa dowolna zmiana położenia molekuł pod wpływem dowolnego bodźca zewnętrznego). Jednocześnie krzywe czasowe na rys. 10.2 a i b praktycznie się nie różnią co do kształtu i nie odzwierciedlają w związku z tym opisywanych w pracy przez autorkę różnic czasów przełączenia dla przetworników napełnionych materiałem ciekłokrystalicznym niedomieszkowanym i domieszkowanym nanocząstkami,

- stwierdzenie zawarte na str. 134 „...dochodziło do zmniejszenia jakości wytworzonej orientacji...” jest niezrozumiałe dla recenzenta lub co najmniej nieprecyzyjne.

Uwagi dyskusyjne:

1. Nie wydaje się, aby słuszną była teza, jakoby konieczność używania „niekomercyjnych” materiałów ciekłokrystalicznych (str. 73) stanowi przeszkodę w konkretnych zastosowaniach, albowiem każdy materiał ciekłokrystaliczny może „stać się” komercyjnym jeśli znajdzie on zastosowanie.
2. Pomiar przewodności (bądź oporności) materiałów ciekłokrystalicznych czystych oraz domieszkowanych w badaniach prezentowanych w niniejszej pracy dałby odpowiedź na wiele pytań dotyczących np. zmierzonego skrócenia czasów przełączania dla przetworników zawierających domieszkowane ciekłe kryształy

oraz opisywane efekty plazmoneczne. Takich pomiarów w pracy nie wykonano. Nie jest to jednoznaczny zarzut pod adresem doktorantki, ponieważ recenzent zdaje sobie sprawę, iż takie badania (pomiar) wymagają w zależności od metody relatywnie dużych ilości ciekłego kryształu (ok. 1 gr dla danej próbki) na każdy pomiar i odpowiedniej aparatury. Niestety, również wyniki zachowania domieszkowanych i niedomieszkowanych ciekłych kryształów opisywane w literaturze, z którymi dotychczas zapoznał się recenzent, również nie zawierają udokumentowanych wyników takich pomiarów.

3. Niezbyt przekonujące są dla recenzenta wyjaśnienia zawarte w zestawieniu otrzymanych wyników mówiące, że w przypadku użycia w pomiarze czasów przełączania promieniowania laserowego o barwie zielonej zaobserwowano skrócenie czasów narastania (chyba lepiej należałoby użyć określenia czasów przełączania) zaobserwowano ich skrócenie o 20 – 30%, a wydłużenie czasów zaniku odpowiedzi optycznej. Sugestia zawarta w pracy, że nie jest to spowodowane jonizacją ciekłego kryształu nie wydaje się do końca trafna. Zgodnie z formułami 2.6 i 2.7 określającymi czasy przełączania (str. 27), jonizacja ciekłego kryształu może zmieniać warunki kotwiczenia ciekłego kryształu na warstwie orientującej oraz pośrednio zmieniać także wartości stałych elastycznych i w ten sposób powodować zmiany w kształcie charakterystyk dynamicznych przełączania.
4. Podobnie postawienie hipotezy, że obserwowane anomalie czasów przełączania występujące przy wykorzystaniu do pomiaru światła laserowego o barwie czerwonej, gdzie obserwowano efekt skrócenia czasów przełączenia i zaniku odpowiedzi optycznej nie jest przekonujący. Zwłaszcza sugestia, iż na pomiar może mieć wpływ „efekt aparaturowy”, co osobiście jest dla recenzenta wątpliwe. Rezonans plazmonekowy jaki może występować w badanym zjawisku, wydaje się, nie powinien mieć aż tak dużego wpływu na czasy przełączania, co wynika z własnych doświadczeń recenzenta przy badaniu podobnych zjawisk w płaskich przetwornikach.
5. Obserwowane obniżenie napięć progowych dla ciekłych kryształów domieszkowanych metalicznymi nanocząstkami, zaobserwowane w pracy, wydaje się być zachęcające mimo, że nie podano wyjaśnienia, dlaczego taka sytuacja może mieć miejsce. Wskazanim byłoby wykonanie dodatkowych badań, jak choćby pomiaru oporności domieszkowanych ciekłych kryształów, zastosowania warstw

blokujących na elektrodach lub wykonanie przetworników z różnymi warstwami orientującymi.

Podsumowując, uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Agaty Budaszewskiej zawiera duży ładunek dobrze udokumentowanych nowości naukowych o znaczeniu poznawczym oraz niewykluczone, że w przyszłości również aplikacyjnym. Uzyskane wyniki, jak stwierdza nawet sama autorka, nie są kompletne i zgodnie z zapowiedzią zawartą w pracy, wyjaśnienie wielu zjawisk w badanych strukturach światłowodowych wymaga dalszych badań.

Jeszcze raz podkreślam, że dorobek naukowy doktorantki jest znaczny. Składa się na niego 15 prac, w tym 8 zamieszczonych w czasopiśmie z IF. Mgr inż. Agata Budaszewska wykazała się zatem w pełni zdolnościami naukowymi potwierdzającymi zamiar zdobycia stopnia naukowego doktora nauk technicznych w szczególności:

- dogłębną wiedzą w zakresie badanego zagadnienia,
- znajomością najnowszej literatury przedmiotu,
- umiejętnością sformułowania nowatorskiego problemu badawczego,
- umiejętnością pracy w zespole oraz współpracy z innymi ośrodkami badawczymi,
- znajomością i umiejętnością stosowania różnorodnych metod badawczych weryfikujących otrzymane wyniki, czyli opanowaniem warsztatu badawczego,
- umiejętnością wyciągania wniosków z wyników doświadczalnych.

W konkluzji stwierdzam więc, że rozprawa doktorska mgr inż. Agaty Budaszewskiej zatytułowana: „**Przestrzalne struktury światłowodowe na bazie domieszkowanych ciekłych kryształów**” spełnia wymagania określone w „Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w dziedzinie sztuki” z dnia 14 marca 2003 r. z późn. zmianami i w związku z tym zwracam się do Rady Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



.....