

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych

Warszawa, 23 maja 2017 r.

D z i e k a n a t

Uprzejmie informuję, że na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej odbędzie się w dniu 6 czerwca 2017 r. publiczna obrona rozprawy doktorskiej

mgr inż. Pawła Moszczyńskiego

temat: „Symulacja numeryczna samoorganizujących się światłowodów w warstwach ciekły kryształ-półprzewodnik”

promotor – prof. dr hab. inż. Andrzej Walczak z Wojskowej Akademii Technicznej

recenzenci:

prof. dr hab. inż. Ewa Weinert-Rączka z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

prof. dr hab. inż. Janusz Parka z Politechniki Warszawskiej

Obrona odbędzie się w dniu 6 czerwca 2017 r. w sali 116 na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych – Gmach im. Janusza Groszkowskiego, Warszawa, ul. Nowowiejska 15/19; początek godz. 10.00.

Po adresie: www.elka.pw.edu.pl/Wydzial/Rada-Wydzialu/Harmonogram-obron-doktorskich-streszczenia-i-recenzje zapewniony jest na stronie Wydziału dostęp do tekstów streszczenia rozprawy i recenzji, jak również do tekstu rozprawy umieszczonej w Bazie Wiedzy Politechniki Warszawskiej.

Dziekan



prof. dr hab. inż. Krzysztof Zaremba

mgr inż. Paweł Moszczyński

Promotor: Prof. dr hab. inż. Andrzej Walczak

Tytuł rozprawy doktorskiej: "Symulacja numeryczna samoorganizujących się światłowodów w warstwach ciekły kryształ – półprzewodnik"

STRESZCZENIE

Komórka ciekłokrystaliczna z warstwą polimeru fotoprzewodzącego sterującą warstwą ciekłego kryształu to struktura potencjalnie pozwalająca na optyczne kierowanie wiązką światła. W komórce tej światłem o niewielkiej mocy można lokalnie zmieniać współczynnik załamania warstwy ciekłego kryształu. Zjawisko umożliwia powstawanie samoorganizujących się światłowodów oraz ich sprzęganie.

W rozprawie zaproponowane zostały modele umożliwiające symulację zjawisk zachodzących w złożonym podzespolu optoelektronicznym. Opisana w pracy trzy etapowa metoda pozwala na numeryczne wyznaczenie rozkładu współczynnika załamania warstwy ciekłego kryształu w komórce hybrydowej. Stosowane w poszczególnych etapach modele opisujące wpływ pola sterującego i oświetlenia na uporządkowanie molekuł ciekłego kryształu uwzględniają budowę komórki oraz parametry materiałów, z których składa się komórka ciekłokrystaliczna.

Zaproponowane modele opisujące zachodzący w analizowanej komórce hybrydowej „photorefractive-like effect” wykazują, że w następstwie niejednorodności oświetlenia zachodzi zlokalizowana przestrzennie zmiana koncentracji nośników większościowych w warstwie materiału fotoczułego. W wyniku tego tworzy się zlokalizowany ładunek przestrzenny w materiale fotoczułym, a ponadto pojawia się lokalna zmiana barier potencjału na granicy oświetlonego fragmentu materiału fotoczułego i materiałów warstw sąsiednich. Te mechanizmy decydują o tworzeniu się nowego rozkładu pól elektrycznych w ciekłokrystalicznej komórce hybrydowej prowadzącego również do zlokalizowanej przestrzennie niejednorodnej deformacji warstwy ciekłego kryształu.

Ponadto w pracy przeprowadzana jest analiza ilustrująca jak wyniki symulacji zależą od wybranych parametrów materiałowych, budowy komórki ciekłego kryształu i zewnętrznego pola sterującego. Było to możliwe dzięki skonstruowaniu symulatora analizowanych zjawisk.

tytuł, stopień, imię i nazwisko
prof. dr hab. Ewa Weinert-Rączka

data
28.02.2017r.

miejsce pracy
Katedra Telekomunikacji i Fotoniki
Wydział Elektryczny
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

**KWESTIONARIUSZ- RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY
WYDZIAŁU ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Tytuł rozprawy: „Symulacja numeryczna samoorganizujących się światłowodów w warstwach ciekły kryształ – półprzewodnik”

Autor rozprawy: mgr inż. Paweł Moszczyński

- 1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Przedmiotem badań opisanych w rozprawie mgr inż. Pawła Moszczyńskiego są zjawiska zachodzące w układzie optoelektronicznym składającym się z komórki ciekłokrystalicznej oraz zespołu warstw sąsiadujących, z których jedna ma właściwości fotoprzewodzące. Układ został tak zaprojektowany, aby umożliwić sterowanie uporządkowaniem molekuł ciekłego kryształu za pomocą zewnętrznego pola elektrycznego oraz wiązki światła laserowego o niskim natężeniu.

Celem rozprawy było opracowanie modeli teoretycznych i metod numerycznych umożliwiających symulację zjawisk prowadzących do powstawania w ciekłym kryształcie indukowanego optycznie światłowodu. Zaproponowana metodyka jest oparta na jasno sformułowanej tezie wymieniającej zjawiska, których uwzględnienie umożliwia stworzenie opisu teoretycznego dającego wyniki zgodne z doświadczeniami. W rozprawie przedstawione jest tworzenie i testowanie modeli poszczególnych zjawisk oraz budowa kompletnego zestawu sprzężonych wzajemnie procedur numerycznych nazywanego symulatorem. Symulator taki umożliwia wyznaczenie wpływu zewnętrznego pola elektrycznego oraz oświetlenia na uporządkowanie molekuł ciekłego kryształu z uwzględnieniem różnych geometrii zaprojektowanych urządzeń oraz parametrów zastosowanych w nich materiałów.

Praca jest w całości poświęcona badaniom teoretycznym, ale przeprowadzone w niej symulacje numeryczne są bezpośrednio związane z wynikami doświadczeń prowadzonych w zespole, z którym związany jest Autor.

- 2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle /świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

Rozprawa rozpoczyna się od dwóch rozdziałów wprowadzających w tematykę. Autor prezentuje w nich krótki opis podstawowych właściwości ciekłych kryształów oraz polimerów fotoprzewodzących, skupiając się na mechanizmach i metodach opisu matematycznego tych zjawisk, które występują w analizowanych przez niego strukturach. Przedstawia też budowę analizowanej komórki ciekłokrystalicznej i wyniki doświadczeń, które były inspiracją do przeprowadzenia opisanych w rozprawie badań. Wprowadzenie oparte jest na prawidłowej analizie źródeł, przedstawia aktualny stan wiedzy i w przekonujący sposób uzasadnia potrzebę przeprowadzenia zaplanowanych badań. Liczba cytowanych w rozprawie prac jest wystarczająca do wprowadzenia w tematykę i metodologię.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

W celu stworzenia modelu uwzględniającego wszystkie wymienione w tezie pracy efekty autor zaprojektował trzystopniowe obliczenia, modelując najpierw zjawiska zachodzące w nieoświetlonej komórce ciekłokrystalicznej po przyłożeniu napięcia, następnie efekty wywołane przez wiązkę światła w warstwie polimeru fotoprzewodzącego, a na końcu zmianę właściwości optycznych warstwy ciekłokrystalicznej pod wpływem pola elektrycznego wytworzonego przez ładunek przestrzenny w materiale fotoprzewodzącym. Ponieważ uzyskane wyniki nie opisywały właściwie wpływu zmiany polaryzacji pola sterującego na reorientację ciekłego kryształu, autor powtórzył całą procedurę dołączając dodatkowo efekt przenikania nośników ładunku z warstwy polimeru do warstwy ciekłokrystalicznej. Uzyskał wyniki zgodne z doświadczeniami i w całości potwierdził tezę rozprawy.

Badane przez autora zagadnienia są dość złożone. Istotnym elementem opisu teoretycznego jest w takim przypadku wybranie, które z zachodzących zjawisk należy uwzględnić, a które można pominąć. Ważne jest też dobranie odpowiednich stałych materiałowych stosowanych w obliczeniach. Prawdliwość przyjętych przez Autora założeń i skuteczność zastosowanych metod potwierdzona jest zgodnością wyników obliczeń z wynikami cytowanych przez niego doświadczeń.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

W trakcie tworzenia modeli zjawisk zachodzących w analizowanym układzie autor rozwiązał wiele problemów teoretycznych i numerycznych. Oryginalnym elementem tych prac jest sposób uwzględnienia transportu ładunków z polimeru do warstwy ciekłego kryształu oraz zmiany rodzaju nośników większościowych przy zmianie składu polimeru fotoprzewodzącego. Interesujące jest wykorzystanie dużej różnicy stałych czasowych opisywanych zjawisk do uproszczenia procedury obliczeniowej przez zastosowanie podziału na trzy etapy tak, żeby wyniki otrzymane w stopniu wcześniejszym były danymi wprowadzanymi do stopnia następnego. Wpływa to korzystnie na przejrzystość całej procedury i ułatwia kontrolę prawidłowości obliczeń.

Pomimo prowadzonych w wielu ośrodkach naukowych badań nad ciekłokrystalicznymi komórkami hybrydowymi nie powstał dotąd model teoretyczny opisujący w zadowalający sposób wszystkie zjawiska zachodzące w tych urządzeniach. Zaprezentowana w rozprawie metodologia oraz stworzony przez autora symulator znajdują się więc w aktualnym nurcie badań nad właściwościami złożonych układów ciekłokrystalicznych oraz ich zastosowaniami w całkowicie optycznym sterowaniu sygnałami.

Ważnym osiągnięciem autora jest stworzenie modelu, który wyjaśnia obserwowany eksperymentalnie fakt asymetrycznego zachowania wygenerowanego światłowodu dla przeciwnych polaryzacji zewnętrznego pola elektrycznego.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Rozprawa napisana jest starannie, błędy stylistyczne i redakcyjne są nieliczne. Przedstawienie wyników jest przekonujące i zrozumiałe, chociaż czasami zbyt zwięzłe. Przykładem może być brak graficznego przedstawienia wniosków wynikających z rezultatów cząstkowych. Jest tak w przypadku rysunków 40 – 45, z których każdy pokazuje rozkład współczynnika załamania w warstwie ciekłego kryształu dla innej wartości natężenia pola sterującego. Jasność prezentacji bardzo by zyskała na zamieszczeniu na końcu wykresu zależności amplitudy i szerokości połówkowej wytworzonego rozkładu współczynnika załamania od natężenia pola.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Nadmierna zwięzłość, która jest chyba najsłabszą stroną rozprawy, powoduje, że brakuje w niej niektórych wyjaśnień i argumentów. Na przykład prezentacji indukowanych wiązką światła zmian rozkładu współczynnika załamania, nie towarzyszy analiza, czy są one wystarczające, żeby tworzyć światłowód, a przy odpowiednich wykresach brakuje danych na temat szerokości wiązki sterującej. Przyjęte jest założenie, że sterująca wiązka światła nie ulega dyfrakcji, ale nie jest poruszone zagadnienie jej propagacji w zmienionym rozkładzie współczynnika załamania. W niektórych przypadkach nie zostały wyraźnie określone źródła danych materiałowych lub informacji na temat czasów charakterystycznych modelowanych zjawisk.

Jedną z zalet stworzonej przez autora metodologii jest możliwość wyboru nośników większościowych przy opisie fotoprzewodzącego polimeru. Przedstawiony jest układ równań dla przypadku przewodnictwa dziurawego oraz wyniki obliczeń dla dziurowego, elektronowego i mieszanego, ale brak informacji czy w przypadku polimeru zawierającego oba rodzaje nośników został zastosowany model bipolarny.

Wymienione drobne niedociągnięcia nie zmniejszają wartości ani przydatności rozprawy.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Hybrydowa komórka ciekłokrystaliczna, która jest przedmiotem badań ma duży potencjał aplikacyjny. Właściwości optyczne takiej struktury można zmieniać światłem o niejednorodnym rozkładzie natężenia oraz zewnętrznym polem elektrycznym. Układ pozwala na generowanie rekonfigurowalnych światłowodów przy niezwykle niskich natężeniach światła. Obszar zastosowań może być dodatkowo poszerzony dzięki możliwości zachowywania przez ciekły kryształ wytworzonego wiązką światła rozkładu współczynnika załamania.

Przedstawiona w rozprawie metoda obliczeniowa, umożliwiająca symulację zachowania hybrydowej komórki ciekłokrystalicznej i przewidywanie wpływu różnych parametrów na jej pracę, może być bardzo przydatna przy dalszych badaniach tego typu układów. Symulowanie wpływu geometrii oraz parametrów materiałowych na działanie urządzeń optoelektronicznych ma duże znaczenie przy ich projektowaniu i optymalizacji. Możliwość przewidywania zależności parametrów generowanego światłowodu od przyłożonego pola elektrycznego i geometrii wprowadzanej wiązki światła ułatwi poszukanie nowych sposobów pracy oraz zastosowań komórek ciekłokrystalicznych.

Podsumowując, stwierdzam, że rozprawa doktorska pana mgr inż. Pawła Moszczyńskiego jest interesująca, przedstawia wartościowe wyniki oraz świadczy o jego umiejętności formułowania i rozwiązywania zagadnień naukowych. Uważam, że jest to praca spełniająca z nadmiarem wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy

b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania

c/ spełniająca wymagania

d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem

e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Powyższe pytania mają charakter pomocniczy. Wskazane jest takie formułowanie treści recenzji, by można ją było odczytywać bez przeczytania pytań.

podpis



prof. dr hab. inż. Janusz PARKA

29.12.2016

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych

***KWESTIONARIUSZ- RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY
WYDZIAŁU ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ***

Tytuł rozprawy: Symulacja numeryczna samoorganizujących się światłowodów w warstwach ciekły kryształ-półprzewodnik

Autor rozprawy: mgr inż. Paweł Moszczyński

Rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Moszczyńskiego ma charakter rozważań teoretycznych, które oparto na symulacjach numerycznych i dla których podstawą były zjawiska fizyczne polegające na tworzeniu się fotoindukowanego światłowodu obserwowane w hybrydowych przetwornikach ciekłokrystalicznych wykonanych w WAT. Obserwowane zjawiska są wynikiem zmiany uporządkowania warstwy ciekłego kryształu, co powoduje powstanie nierównomiernego rozkładu współczynnika załamania w warstwie ciekłego kryształu.

Teza pracy zarysowana jest dość ogólnie, a dopiero wskazanie celu pracy bardziej dokładnie określa zamiary badawcze autora, niż sama teza. Autor rozprawy zakłada, że zmiana koncentracji nośników w fotoczułym materiale półprzewodnikowym warstwy orientującej ciekłokrystalicznej komórki hybrydowej wpływa na lokalną zmianę barier potencjału na granicy oświetlonej i nieoświetlonej warstwy ciekłego kryształu. To z kolei wywołuje lokalną zmianę orientacji директора w warstwie ciekłego kryształu i w konsekwencji różnicę współczynnika załamania i tworzy światłowód. Dokładne wyjaśnienie i opisanie zjawisk zachodzących w tego typu przetwornikach jest istotne dla potencjalnych fonicznych zastosowań takich przetworników.

Celem badań było zaproponowanie modeli i metod umożliwiających symulację zachodzących zjawisk w niesymetrycznej komórce ciekłokrystalicznej z fotoczułymi warstwami oraz wykonanie symulacji i analiza zachodzących procesów przy oddziaływaniu zewnętrznego pola elektrycznego oraz promieniowania laserowego z zakresu widzialnego. Symulację obserwowanych zjawisk oparto na modelach tych zjawisk częściowo opisanych m.in. przez Khukhtariewa, Schildkrauta, Onsagera, Langewina i innych.

Przedmiot badań i symulacji autor nazywa w różny sposób. Oto przykłady: np. optoelektroniczny podzespół (str. 11), urządzenie (str. 54), złożony podzespół optoelektroniczny

(w takim razie, komórka ciekłokrystaliczna, czy także symetryczna? - str. 10), hybrydowa komórka ciekłokrystaliczna (str. 11), komórka ciekłokrystaliczna (str. 17), urządzenie (str. 55). A może lepiej byłoby nazwać ten „badany element” przetwornikiem lub tak, jak to jest używane najczęściej w literaturze „komórką ciekłokrystaliczną” (hybrydową) i tej jednej nazwy się trzymać w całej rozprawie.

Rozprawa zawiera 6 rozdziałów, spis rysunków oraz cytowaną literaturę i napisana jest na 117 stronach. Zagadnienia rozważane w niniejszej dysertacji opisane są także w 4 współautorskich publikacjach, z czego jedna (Optoelectronics-Rewiew) jest z listy indeksowanej.

Analizę literatury dotyczącej problemów rozważanych w pracy doktorskiej przeprowadzono prawidłowo. Cytowane są najważniejsze pozycje literaturowe odnoszące się do rozważanych w pracy zagadnień. Jednak zasoby literaturowe dotyczące zagadnień omawianych przez autora pracy są znacznie obszerniejsze, z czego mam nadzieję, autor zdaje sobie sprawę. Przyjęta w pracy notacja literatury nie sprzyja łatwemu odwoływaniu się do wybranych pozycji literaturowych w tekście rozprawy. W przytoczonej literaturze autorzy odnoszą się w różny sposób i najczęściej częściowo do zagadnień rozwiązywanych przez autora pracy. Niemniej jednak przyjęte modele zwłaszcza dotyczące generacji nośników w polimerach przewodzących (model Onsagera), rekombinacji nośników w półprzewodnikach (model Langewina) oraz formowania się ładunku w polimerze fotoprzewodzącym (model Kuhtareva) to tylko elementy opisu zjawisk zachodzących w ciekłokrystalicznym hybrydowym przetworniku z fotoczułymi warstwami. Dopiero połączenie tych „modelowych zjawisk” pozwala na bardziej całościową ocenę obserwowanych efektów elektrooptycznych w omawianym przetworniku. Taki opis zjawisk fizycznych w fotoczułym przetworniku ciekłokrystalicznym uwzględniający w/w modele Autor rozprawy przedstawił wykonując symulacje numeryczne i opisując metodykę dojścia do końcowego rezultatu.

Opisana w pracy metoda symulacji zjawisk fizycznych zachodzących w fotoczułym przetworniku pod wpływem oddziaływania pól elektrycznych oraz wiązki światła jest właściwa i składa się z trzech etapów.

W pierwszym etapie mgr. inż. Moszczyński wyznacza zastępczą przenikalność elektryczną warstwy ciekłego kryształu i rozkład pola elektrycznego w nieoświetlonym przetworniku. W etapie drugim wyznaczony zostaje rozkład ładunku przestrzennego i pola elektrycznego w przetworniku po pojawieniu się oświetlenia, które powoduje dodatkową generację ładunku i pojawienie się lokalnych barier potencjału. Etap trzeci polega na obliczeniu rozkładu pola elektrycznego w warstwie nematycznej pod wpływem wzajemnego współistnienia tych pól, co prowadzi do modulowanego rozkładu współczynnika załamania wewnątrz przetwornika ciekłokrystalicznego. Wykorzystane w pracy modele uwzględniają właściwości i parametry

materiałowe warstw, które występują w przetworniku i które wpływają na zachodzące tam zjawiska elektrooptyczne. W pracy pokazano również analizę wyników symulacji od wybranych parametrów materiału, budowy przetwornika, właściwości materiałowych ciekłego kryształu oraz zewnętrznego pola sterującego.

W pracy zaprezentowano wyniki symulacji dla różnych parametrów materiałowych warstw, które zawiera przetwornik ciekłokrystaliczny i różnego ułożenia warstw w przetworniku.

Autor dysertacji potrafił połączyć elementy kilku modeli częściowo opisujących zjawiska w przetwornikach ciekłokrystalicznych. Rozumie zjawiska fizyczne zachodzące w przetwornikach ciekłokrystalicznych i umie je numerycznie modelować wyciągając przy tym odpowiednie wnioski. To pozwoliło mu na zaproponowanie modeli umożliwiających symulację zjawisk elektrooptycznych zachodzących w przetworniku ciekłokrystalicznym z warstwami fotoczułymi. Zagadnienie rozwiązywane w pracy zostało potraktowane kompleksowo z wykorzystaniem istniejących w literaturze cząstkowych modeli. Uważam to za najistotniejszy element pracy i jej oryginalność.

Opisana w pracy trzyetapowa metoda pozwala za pomocą modelowania numerycznego wyznaczyć rozkład pola elektrycznego, natężenia pola elektrycznego oraz rozkładu współczynnika załamania w komórce ciekłokrystalicznej. Metoda rozwiązania problemu postawionego w pracy jest właściwa.

Wyniki zawarte w pracy przedstawione są m. in. na rys. 15, 16, 17, 18, i 19. Są to rozkłady natężeń pól elektrycznych w przetwornikach z warstwami fotoczułymi. Jednocześnie na rys. 31, 32 do 48 przedstawiono rozkłady efektywnego współczynnika załamania.

Bardzo użyteczne informacje zawiera suplement (str. 102 – 105) zawierający wyprowadzenie (co prawda skrótowe) dwuwymiarowego równania i formuły Eulera-Lagrange'a oraz wzorów na gęstość energii pola elektrycznego.

Wyniki pracy omówione są dla poszczególnych przykładowych danych, zdaniem recenzenta powinny zawierać więcej uogólnień (tam, gdzie jest to możliwe), jak choćby tworzenie się światłowodów przetwornikach o różnych grubościach warstwy ciekłego kryształu, różnych długościach fal światła laserowego. Jak zostało to napisane na str. 101 w zaprojektowanym symulatorze można badać komórki ciekłokrystaliczne o różnej konfiguracji warstw i grubości. Przypomnę, że mgr inż. Moszczyński opisuje przetwornik o grubości warstwy ciekłego kryształu ok. 5 μm , podczas gdy tego typu przetworniki mogą być technologicznie wykonywane o różnej grubości z zakresu od ok. 1.5 - ok. 100 μm .

Według recenzenta Autor rozprawy zbyt mało miejsca poświęca omówieniu szczegółów samej metody, co byłoby istotne dla chcących ewentualnie skorzystać z zaproponowanej metody, czy też chyba lepiej, metodyki. Recenzent zdaje sobie sprawę, że nie wszystkie „elementy kuchni

symulacyjnej” mogą być dokładnie opisane w pracy (§ 5.3 opisuje 3 etapy symulacji), to jednak ze względu na fakt, iż jest to jeden z zasadniczych elementów pracy, opis mogłyby zawierać znacznie więcej szczegółów, a wtedy łatwiej byłoby ocenić ich poprawność,

Mimo niezaprzeczalnych walorów merytorycznych praca zredagowana jest niestety niestaranie. W wielu przypadkach Autor pracy posługuje się „językiem potocznym”, „żargonem laboratoryjnym”, co przeszkadzało recenzentowi w czytaniu pracy np. „ekstrapolowane dane przecinają się”, (str. 28), „kondensator opisujący warstwę ciekłego kryształu” (str. 44), „niskie natężenie światła” (str. 49), „nematyk o silnej dwójłomności” (str. 50) i wiele innych. Należy stwierdzić, że w pracy na wielu stronach występuje brak adjustacji, co powoduje, że występuje wiele miejsc pustych i praca sprawia wrażenie niespójnej tekstowo. Praca zawiera wiele formuł matematycznych, których analiza sprawiła recenzentowi problemy. Znacznym ułatwieniem byłoby powoływanie się, zwłaszcza przy bardziej skomplikowanych formułach, na literaturę źródłową, co ułatwiłoby analizę ich poprawności, a tym samym analizę całej pracy.

Z recenzenckiego obowiązku wymieniam usterki rozprawy, które występują w pracy w dość znacznej liczbie i formie.

1. Uwagi dyskusyjne natury ogólnej:

We wstępie mgr. inż. Moszczyński niepoprawnie napisał nazwisko badacza „Reinitze”, a powinno być Reintzer. Należy zauważyć również, że Reintzer nie badał ciekłych kryształów, bo ta nazwa jeszcze nie była znana nazwa, a między innymi badał substancję o nazwie paraazoksyanizol, w której wykrył nowy stan skupienia. Dopiero Otto Lehmann kilka lat później pierwszy użył w stosunku do niezwykłych właściwości tej substancji określenia ciekły kryształ. Należy zauważyć, że molekuły w nematyku nie są prętami, jak napisał autor na str. 15, lecz mają kształty wydłużone, prętopodobne. Autor powszechnie posługuje się w odniesieniu do ciekłego kryształu pojęciem mieszaniny (np. str. 15,21), a przecież opisane zjawiska równie dobrze odnoszą się do pojedynczych związków, np., 6CHBT, PCB i innych.

W § 1.2 zatytułowanym „Cel i teza pracy” – zdaniem recenzenta zapis raczej powinien być odwrotny „Teza i cel pracy” zwłaszcza, że treść paragrafu odzwierciedla opis w takim układzie. W tezie i celu pracy, występuje sformułowania „nie istnieje” model...matematyczny...itd. Może warto by zapisać to zdanie jako: „nie jest mi znany model matematyczny opisujący.....itd” lub „doktorant nie znalazł dotychczas kompletnego opisuitd”.

Oto inne nieścisłości:

- Nazwa ciekłe kryształy termo-tropowe (str.15) pisana jest z kreską, a nie jak to jest powszechnie przyjęte razem, termotropowe.
- na str. 17 znajduje się sformułowanie „brzeg warstwy porządkującej”, a powinno być raczej podłoże orientujące.

- Na str. 17 napisano: „Nietypowe cechy ciekłych kryształów zostały wykorzystane w komórkach ciekłokrystalicznych”, raczej należałoby napisać, że wykorzystano typowe właściwości ciekłych kryształów.
- Autor myli pojęcia orientację planarną i homogeniczną, np. rys. 3.B (str.18). Można to jednak „podać” Autorowi, gdyż w literaturze też do końca nie ma w tej kwestii jednoznaczności. Określenia użyte przez Autora bardziej odnoszą się do tekstury, bo np. w literaturze występuje pojęcie tekstura planarna Grandjeana.
- Także na tej samej stronie napisano, że „...uporządkowanie przenosi się od brzegu warstwy ..” należało napisać np. od podłoża, na którym występuje warstwa orientująca. Nie jest prawdą, że warstwa orientująca (w pracy oznaczona jako WP) ogranicza, przenikanie ładunków z podłoża do warstwy ciekłego kryształu. Jest ona z reguły zbyt cienka, jej grubość wynosi zwykle ok. 50 – 100 nm. Takie założenie może być tylko teoretyczne, lecz praktyka jest inna.
- Na str. 19 występuje zdanie „Ponieważ energia sprężysta rośnie wraz z oddalaniem się uporządkowania molekuł od rozkładu początkowego, to niezbędne jest odpowiednio wysokie pole elektryczne lub magnetyczne, aby nowe uporządkowanie miało rzeczywiście niższą energię.” – zdanie to jest niezrozumiałe dla recenzenta.
- W kilku miejscach pracy (np. str. 38 i 39) Autor posługuje się pojęciami „silniejsze uporządkowanie”, bez podania jakich wartości energii kotwiczenia ono dotyczy. Ponadto użyte jest pojęcie „bardziej homeotropowa orientacja molekuł”, i „występuje refrakcja wiązki światła”, które są nieprecyzyjne i niezrozumiałe.
- Napięcie sterujące przykładane jest za pomocą elektrod (str. 38), raczej powinno być, że napięcie przyłożone jest do elektrod.
- Elektrody przewodzące zbudowane są z ITO (str. 38) – raczej powinno być wykonane są z ITO.
- Na str. 40 występuje zapis, „Foto-indukujący się światłowód ma relatywnie niskie straty propagacyjne. Mała wartość współczynnika pochłaniania światła widzialnego powoduje w ciekłym kryształach, że fotony nie są absorbowane. Większość strat pochodzi z rozpraszania na granicach warstw zawierających molekuły o różnej orientacji”. W tym fragmencie niejasne jest pojęcie strat propagacyjnych (niskie w stosunku do czego?), bo autor nie wyjaśnia o jakie straty chodzi. Posługiwanie się „fotonami” nie jest uzasadnione. Należy zauważyć, że absorpcja w ciekłym kryształach istnieje niezależnie od orientacji molekuł, itp.
- Również na str. 40 istnieje zapis „...”obie warstwy są spiekane w temp 100° ..”, powinno być ... są zgrzewane w temp. ok. 180 ° C.
- Również na tej samej str. jest „...”nanoszony jest rubbing”, a powinno być „wykonywany jest rubbing”.
- Wyjaśnienia dla recenzenta wymaga określenie „wariant metody obrazów” (str. 45), które jest niezrozumiałe.

- W § 3.22 (str. 47) w tytule podrozdz. zostało napisane „Warunki brzegowe uwzględniające generowanie się ładunku na granicy warstwy polimeru fotoprzewodzącego” należałoby zapytać i czego jeszcze?
 - Pojęcie mieszaniny występuje zarówno w odniesieniu do PVK/TNF (str. 31) jak i CK (np. str. 15, 21). Zwłaszcza w stosunku do PVK/TNF, wydaje się, że lepiej należałoby w tym przypadku posłużyć się pojęciem roztwór.
 - Niejednoznaczności i niezręczności występują w § 4.1.1 (str. 62). Tytuł tego podrozdz. brzmi: „Główne założenia metody etapu obliczeń” (pytanie którego?).
 - § 4.2 „niesymetryczna zmiana napięć barier na granicach PF ...po pojawieniu się oświetlenia” – użyte określenia są niezrozumiałe dla recenzenta.
 - Niezrozumiałe jest, o co chodziło Autorowi w § 3.5.2 .. Rozkład natężenia pola w warstwie ciekłego kryształu (bo może być „pola elektrycznego” lub „pola rozkładu direktora”).
 - Na str. 62 występuje sformułowanie „izolator o jednolitym współczynniku przenikalności... (elektrycznej?) – chyba bardziej odpowiednie słowo to jednorodny... itp.
 - Na str. 65 przy opisie natężenia pola elektrycznego użyto jednostki megawolt, a jak wiadomo, jednostką natężenia pola elektrycznego jest V/m lub N/C.
2. Uwagi do spisu treści (str. 3 ÷ 8):
- W streszczeniu na str. 3 napisano, że ...”obliczana jest reorientacja molekuł ciekłego kryształu”, gdy prawidłowe sformułowanie powinno brzmieć.... „obliczany jest rozkład direktora”.
 - W spisie treści: na str. 6 brak podrozdziału 2.6.1 oraz rozdział. 3.4, czyli występuje zła numeracja rozdziałów i podrozdziałów w tej części pracy, co zostało zachowane w tekście pracy (str. 37, i str. 50).
 - Po podrozdz. 3.5.3 występuje podrozdz. 3.4.4, a na str. 7 po podrozdz. 4.3 następuje od razu podrozdz. 4.3.2. W § 4.2 występuje niezrozumiały dla recenzenta zapis ... „zmianę napięć barier na granicach PF po pojawieniu się oświetlenia” (na granicach czego z czym??).
 - Na str. 66 występuje zła numeracja podrozdz. (4.3.2), a powinno być 4.3.1.
 - W § 5.3.1 zapisane jest: Iteracyjna metoda...w prezentowanej metodzie, a powinno być bardziej właściwe sformułowanie (str.93).
 - W rozdz. VI występuje § 6.2, a powinno być chyba 6.1 (str. 99).
3. Uwagi do formuł matematycznych:
- Wiele formuł zawiera różne zapisy, np. raz jest zapisane np. div (formuła 2.3 na str. 36), a gdzie występuje indziej operator Laplace’a, np. formuła 2.27 na tej samej stronie. Ujednolicenie formuł matematycznych, które są w pracy liczne, byłoby wskazane, a wręcz niezbędne. Dobrze byłoby, aby w pracy załączyć tabelę używanych symboli, bo np. jako S oznaczany jest parametr uporządkowania (str. 16) struktura planarna typu S (str. 19) i pole przekroju S (str. 44).

- Wystąpił błąd w zapisie formuły 2.1. Wartość średnia w definicji parametru uporządkowania odnosi się tylko do $\langle (3 \cos^2 \alpha - 1) \rangle$, a nie do $\langle 1/2(3 \cos^2 \alpha - 1) \rangle$ jak to zostało zapisane w pracy.
- We wzorze 2.3 (str. 16) nie opisano co oznacza χ , podatność elektryczną?
- W formule 2.12 (str. 26) nie podano dla jakiej deformacji obowiązuje zależność E_{th} ?
- Formuła 2.17 - jest $\square$, zamiast $\square_r$, $\square$ z daszkiem – formuły 2.3, 2.4, i 2.9 jako wielkości tensorowe. W formule 2.22 jest $\square_p$ bez oznaczenia,
- W wielu wzorach pojawiają się kropki na końcu formuły np. 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, (str. 2.3 i 24), po co?
- W formułach 3.14, 3.15 i 3.16 występuje między innymi całkowanie po $d\alpha$, lecz nie jest wyjaśnione co to oznacza.
- Niejasny jest opis wyników obliczeniowych z formuły 3.21 zawarty na str. 52, a konkretnie zawarte tam dane liczbowe.
- Niejasne są oznaczenia zawarte w formule 4.3 na str. 64.
- Niejasny jest dla recenzenta opis formuły 4.7 na str. 66.

4. Uwagi do rysunków, wykresów i ilustracji zamieszczonych w pracy:

- Rys. 2. w podpisie zamiast fazy ciekłokrystaliczne lepiej byłoby użyć sformułowania „rodzaje ciekłych kryształów”.
- Rys. 3 zawiera błędny opis ..”warstwy szkła”.
- Rys. 4 zawiera niepoprawny opis, bo deformacja na nim pokazana dotyczy deformacji homogenicznej. Poza tym, co oznacza tekstura planarna typu S? Sformułowanie w opisie rysunku „pole sterujące o napięciu większym...” jest niewłaściwe.
- Rys. 5. Elipsoida współczynnika przenikalności (jakiej?), należało dodać słowo „elektrycznej”.
- Rys. 7. Direktor w funkcji kąta?? O jaki kąt chodzi (recenzent wie lub się domyśla, lecz może to być niejednoznaczne dla wielu czytelników, zwłaszcza, że odniesienie się do rys. A1 w suplemencie wyjaśniłoby tę niejednoznaczność).
- Na rys. 9 jest podpis „Klasyczny model Onsagera” (pytanie czego?) i zawiera inne oznaczenia na rysunku, a inne w tekście (małe ϕ , a na rys. 9 jest oznaczenie Φ_0 w tekście, k_N i k_R duże na rysunku, a k_n i k_r w tekście).
- Rys. 10. Opis jest niekompletny, są dwie krzywe, a punkty odnoszą się do 4 krzywych,
- Rys. 12 jest dla recenzenta nieczytelny. Brak jest opisu osi pionowej (rysunek przedstawia rozkład ładunku przestrzennego i rozkład natężenia oświetlenia, jakiego??, w jakich jednostkach??).
- Rys. 14. Na rysunku opisana jest czynność, a nie stan, np. schemat itd., co jest zdaniem recenzenta jest błędne.
- Rys. 15. W podpisie jest”wyniki uzyskane dla pola DC 2.2 V’ ...Jeśli pole (elektryczne) to jednostką jest V/m. Podobnie jest na rys. 16 i 17.

- Na rys. 18 i 19 należałoby lepiej dobrać skalę.
- Oznaczenie współczynnika załamania na rys. 20, 21 i 22 jest n_{eff} , a powinno być n_{eff} .
- Rys. 23 zawierający schemat zjawiska powstawania ładunku przestrzennego jest dla recenzenta niezrozumiały.
- Rys. 25 przedstawiający „fotografię śladu...” jest zupełnie nieczytelny.
- Rys. 27. Błędny opis ilorazu jest k''/k'' , a powinno być k''/k' , a poza tym rysunek zaopatrzony jest opisem „wzrost napięcia...” a jedna z krzywych oznacza jego wyraźny spadek.
- Rys. 28 i 29 posiadają nieopisane i nieoznaczone wartości ujemne, które nie mają odniesienia do wymiaru przetwornika. Podpis pod rys. 28 jest dla recenzenta niejasny.
- Na rys. 31 i kilku innych oraz w opisie tekstowym występują przetworniki o różnej konfiguracji warstw i mn. występuje warstwa oznaczona jako WI. Recenzent nie odnalazł oznaczenia tej warstwy w tekście Rozprawy, choć należy domyślać się, że jest to warstwa izolująca.
- Rys. 32 i rys. 37 – brak jest oznaczeń A i B występujących w opisie pod rysunkami.
- Rys 39. Na jednym z wykresów brak opisu osi i jednostek. Poza tym na osiach gdzie podane są wartości natężenia pola elektrycznego należałoby dobrać inną skalę.
- Rys. 40 ÷ 45 i 49 ÷ 51 posiadają opisy pod rysunkami, które powinny znaleźć się, zdaniem recenzenta, w tekście pracy.
- Rys. 47. Na rys. A opisano sterowanie napięciem, a na B polem elektrycznym. Na coś „jednego” należało się zdecydować, co byłoby bardziej zrozumiałe.
- Rys. 52 przedstawia schemat obliczeń w pierwszym etapie symulacji, jednak informacje zawarte w tekście nie wyjaśniają dokładnie przebiegu symulacji. Przy opisie występuje warstwa CK, a przy stałych na rysunku symbol LC. Brak jest podania znaczenia liter T oraz N występujących na schemacie. Podobna uwaga odnosi się także do rys. 53.

4. Uwagi do spisu literatury:

Spis literatury wykonany jest niestarannie. Nie przyjęto jednakowej notacji dla oznaczania woluminów oraz stron. Uwagi szczegółowe są następujące:

- Brak jest 3 pozycji literatury wymienionych w tekście na str. 42 (kaj – chyba, że jest to kaj, gru, sut), których nie można odnaleźć w spisie literatury przedstawionym na str. 106 – 109.
- W pozycji oznaczonej jako „jack” (str. 107) brak jest rocznika.
- W pozycji oznaczonej jako „herr” (str. 107) brak jest również nazwy czasopisma.
- W pozycji wydania oraz niewłaściwa pisownia. Ta sama sytuacja występuje w pozycji oznaczonej jako „Liu” na str. 108, w której brak jest nazwy czasopisma i roku wydania.
- Recenzent nie może nie odnotować, że nawet w cytowanej książce oznaczonej jako „żmij” (str. 110), której recenzent jest współautorem, też jest błąd dotyczący roku wydania cytowanej monografii. Prawidłowy rok wydania to 1993.

- Występują również błędy literowe w pozycjach oznaczonych jako „fra’, „fran’, „free” i niektórych innych.

Przydatność rozprawy dla nauk technicznych jest duża. Umiejętność zaprojektowania przetwornika zawierającego fotoprzewodzące warstwy i „przewidzenia” możliwych do uzyskania parametrów jest bardzo cenna. Przetworniki takie mogą zostać wykorzystane jako przełączniki optyczne sygnału w układach fotonicznych. Dotychczas w literaturze brak było kompleksowego opisu zjawisk fotorefrakcyjnych w takich przetwornikach.

Do słabszych stron rozprawy recenzent zalicza:

- Brak uogólnienia rozważanych zagadnień, np. na inne materiały fotoczułe, różne grubości przetworników, różne długości fal światła pobudzającego, szerokość wiązki światła, itp.
- Brak odniesienia się do dynamiki opisywanych procesów, tj. np. jakości opisywanych zjawisk w przypadku długiego naświetlania komórki, co dałoby odpowiedź na pytanie czy obserwowane procesy są stabilne, czy przetworniki nie ulegają degradacji z czasem eksploatacji, czy ich parametry są stabilne w czasie użytkowania? Jest to ważne z punktu widzenia ewentualnych zastosowań.
- Recenzent nie znalazł w podsumowaniu bezpośredniego odniesienia się do „optymalizacji szybkości działania symulatora komórki ciekłokrystalicznej”, co zostało zapisane na str. 9 jako przedmiot badań.

Praca przygotowana jest niestarannie pod względem edycyjnym, występują liczne błędy i usterki redakcyjne, które zostały omówione powyżej. Jest to jej największa wada.

Mimo wielu uwag krytycznych odnoszących się głównie do edycji pracy i zakładając, że wartość merytoryczna pracy w dziedzinie nauk technicznych jest jednak mimo wszystko ważniejsza, niż jej wartość edytorska, recenzent ostatecznie uznaje, że przedstawiona do recenzji praca mgr inż. Pawła Moszczyńskiego pt. „Symulacja numeryczna samoorganizujących się światłowodów w warstwach ciekły krysztal-półprzewodnik ” spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Zatem wnoszę o jej przyjęcie oraz dopuszczenie do publicznej obrony.



podpis