

Warszawa 11 październik 2013 r.

Dr hab. Wojciech Gębicki

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej

Recenzja rozprawy habilitacyjnej dra inż. Romana J. Bukowskiego

W swojej rozprawie habilitacyjnej dr inż. Roman J. Bukowski zajął się problematyką akustooptyki i fototermiki. Jest to tematyka ważna tak jako dziedzina wiedzy na pograniczu optyki i fizyki fazy skondensowanej, jak i jako podstawa ważnej metody charakteryzacji materiałów. Dowodem tego jest liczba prac, według bazy danych „Web of Science” tylko w ciągu ostatnich pięciu lat ukazało się ponad 800 oryginalnych prac obejmujących jedynie zagadnienia fotooptyki.

Autor przedstawił obszerną monografię zatytułowaną „Zastosowanie zespolonej optyki geometrycznej w akustooptyce i fototermice”. Praca liczy 166 stron i jest podzielona na sześć rozdziałów. W rozdziale pierwszym autor omawia dwa podstawowe podejścia do zagadnień optycznych tzn. optykę fizyczną oraz optykę geometryczną, wskazując na renesans tego ostatniego podejścia. Jest to związane z opracowaniem nowych metod obliczeniowych, które umożliwiły przypisanie wiązce promieni świetlnych określonej fazy, amplitudy i strumienia energii. Umożliwiło to dokładne opisanie złożonych zagadnień, w których wielkości te grają znaczącą rolę. Rozdział drugi stanowi wykaz użytych oznaczeń, definiowanych na ogół powtórnie w tekście pracy. Rozdział trzeci obejmuje krótki przegląd zagadnień optyki falowej, w szczególności opis propagacji wiązki promieniowania o rozkładzie natężenia opisanym krzywą Gaussa (tzw. wiązka gaussowska). Oprócz tradycyjnych metod rozwiązywania równań falowych zaproponowano nową, jednolitą matematycznie metodę, tzw. metodę transformacji całkowych. Rozdział czwarty poświęcony jest szczegółowemu opisowi wiązki gaussowskiej przy użyciu metod optyki geometrycznej i stanowi jednocześnie wstęp do następnych dwóch rozdziałów w których przedstawiono zastosowanie metod optyki geometrycznej do opisu zjawisk akustooptycznych (rozdział piąty) oraz fototermicznych (rozdział szósty). W rozdziale czwartym wprowadzono opis biegu promieni świetlnych w przestrzeni zespolonej co upraszcza obliczenia, natomiast znaczenie fizyczne ma tylko rzeczywista część wyrażań.

Pokazano, że dla wiązki przyosiowej możliwe jest zastosowanie reguł rachunku zaburzeń do wyliczenia rzeczywistego biegu wiązki świetlnej w ośrodku. Wyliczono poprawki związane ze zmianą fazy światła, poprawkę deflekcyjną (związaną ze zmianą współczynnika załamania w kierunku poprzecznym do kierunku biegu promieni świetlnych) poprawkę refrakcyjną (związaną ze zmianą współczynnika załamania w kierunku biegu promieni) i poprawkę amplitudową. Opis oddziaływanie foton – fonon, podstawowy element oddziaływań akustooptycznych jest wprowadzony jedynie w postaci krótkiego przeglądu literatury i

niezbyt precyzyjnego komentarza. Jest on jednak wystarczający dla zrozumienia dalszej części pracy.

Tak dokładny i staranny opis propagacji światła w ośrodku umożliwił zastosowanie uzyskanego aparatu matematycznego do opisu efektów akustooptycznych w tym efektu Ramana-Natha oraz efektu fototermicznego. Zagadnienia te są przedmiotem rozdziału piątego i szóstego. Rozdziały te zawierają również oryginalne wyniki autora. Rozdział piąty poświęcony jest w znacznej części określeniu optymalnych parametrów pomiarowych zjawisk akustooptycznych (efekt Ramana – Natha), natomiast rozdział szósty dotyczy zjawisk fototermicznych. Zwraca uwagę staranny opis przybliżeń stosowanych w przedstawionych obliczeniach. Ta część pracy zawiera oryginalne wyniki autora opublikowane w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Wyznaczono rozkład natężenia pola elektrycznego i natężenia światła w wiązce zaburzonej. Przeprowadzono obliczenia numeryczne dla przykładowych parametrów fali świetlnej i zaburzającej fali akustycznej. Przedyskutowano rolę poszczególnych, wymienionych powyżej poprawek. Wyniki obliczeń uzupełniono symulacjami numerycznymi ilustrującymi znaczenie poszczególnych poprawek jak również przykładowe rozkłady pola elektrycznego w wiązce światła zmodyfikowanej oddziaływaniem z falą akustyczną.

W rozdziale piątym przedstawiono zastosowanie zespolonej optyki geometrycznej do opisu oddziaływań fototermicznych. Należy wspomnieć, że badania własności cieplnych materiałów i struktur w tym struktur półprzewodnikowych są niezwykle ważne, dobre własności termiczne umożliwiają między innymi gęste upakowanie struktur i urządzeń półprzewodnikowych zapewniając odpowiednie odprowadzanie ciepła. Badanie ugięcia wiązki światła ponad powierzchnią urządzenia jest jedną z nielicznych, nieniszczących metod wyznaczania takich parametrów jak współczynnik przewodnictwa cieplnego układu. Niestety analiza otrzymanych danych doświadczalnych jest trudna, otrzymane wyniki zależą nie tylko od szukanych parametrów ale również od kształtu badanej struktury, czy sposobu pobudzania fali termicznej. W konsekwencji możliwość wykonania starannej analizy wyników eksperymentu fototermicznego jest ważna. W omawianej pracy do opisu wiązki światła oddziaływującej z falą termiczną w ośrodku (rozdział piąty) wprowadzono wzmiankowane uprzednio poprawki związane ze zmianą fazy światła, poprawkę deflekcyjną, refrakcyjną i amplitudową. Wszystkie te poprawki zostały obszernie omówione, zarówno ich znaczenie, jak i zakres stosowalności. W ostatniej części monografii autor przedyskutował warunki optymalnej geometrii zestawu do badania efektu fototermicznego. W tym celu skonstruował tzw. funkcję aparaturową, która uwzględniała zależność sygnału od parametrów układu eksperymentalnego. Ta część pracy wydaje mi się szczególnie interesująca. Dokładna analiza wpływu wielkości poszczególnych parametrów i poprawek na rozkład pola elektrycznego i natężenia światła w wiązce zaburzonej jest niezwykle pomocna przy wyznaczaniu optymalnych warunków eksperymentalnych.

Rozprawa habilitacyjna dr inż. Romana J. Bukowskiego oparta jest na oryginalnych publikacjach powstałych ze znaczącym udziałem autora monografii. Autor cytuje w monografii 11 artykułów w czasopismach recenzowanych o zasięgu międzynarodowym lub w materiałach konferencyjnych. Szczegółowe oświadczenia dołączone do materiałów

przewodu habilitacyjnego jednoznacznie świadczą o istotnym lub decydującym wkładzie autora w powstanie tych prac. Mimo że, poza jedną pracą, są one publikowane w czasopiśmie o niskiej liczbie cytowań (impact factor <1), są one starannie zredagowane i czytelne. Ponieważ autor tej recenzji nie jest specjalistą w dziedzinie optyki geometrycznej i jej zastosowaniu do badania wzmiankowanych zjawisk, nie potrafi ocenić w jakim stopniu dr inż. Roman J. Bukowski wniósł istotny wkład do rozumienia zjawisk fotoakustycznych i fototermicznych. Sądzę jednak, że sam fakt publikacji materiału w czasopiśmie recenzowanych świadczy o oryginalności pracy. Pewnym mankamentem monografii jest brak informacji o zastosowaniu wyliczonych, optymalnych parametrów wiązki światła do badania własności materiałów w konkretnych eksperymentach fizycznych. Dane takie można jednak znaleźć w pracach z udziałem autora cytowanych w przedstawionym opracowaniu. Praca zredagowana jest starannie, nie zauważyłem większych potknięć językowych lub edytorskich. Jest nieco przetłumaczona wzorami, które nie są zbyt obszernie wyprowadzone i uzasadnione. Ich liczba raczej utrudnia, a nie ułatwia czytanie monografii i zrozumienie jej zasadniczego przekazu.

Przechodząc do dyskusji profilu naukowego dra inż. Romana J. Bukowskiego należy zwrócić uwagę na obszerną tematykę będącą przedmiotem jego zainteresowania. Obejmuje ona zagadnienia z dziedziny fizyki ciała stałego głównie dynamiki sieci krystalicznej, zastosowanie laserów impulsowych do generacji ultradźwięków, a po obronieniu doktoratu zajął się badaniem eksperymentalnym i obliczeniami zjawiska fotoakustycznego w ciałach stałych i gazach. W ramach tej działalności skonstruował komórki fotoakustyczne do badania cieczy i gazów. Obecnie dr inż. R. Bukowski zajmuje się nadal teorią zjawisk fotoakustycznych w tym zastosowaniem metod zespolonej optyki geometrycznej do badania zjawisk akustooptycznych. W pracy nad każdym z tych zagadnień dr inż. R. Bukowski łączył umiejętność posługiwania się stosunkowo zaawansowanym warsztatem obliczeniowym ze znajomością metod eksperymentalnych, co nie jest częstą zaletą obecnie, gdy zarówno metody eksperymentalne jak i opracowania teoretyczne stanowią odrębne i obszerne dziedziny wiedzy naukowej i inżynierskiej. Dr Bukowski jest współautorem 75 publikacji naukowych w tym 22 z listy filadelfijskiej.

W ramach działalności dydaktycznej dr inż. Roman Bukowski prowadził zajęcia na wszystkich poziomach nauczania w tym wykłady z podstaw fizyki a także zaawansowane wykłady z mechaniki kwantowej, fizyki współczesnej i modelowania procesów fizycznych. Był promotorem czterech prac magisterskich i jest współautorem dwóch książek z zakresu dydaktyki fizyki.

Biorąc pod uwagę przedstawioną monografię oraz całość działalności naukowej dydaktycznej i organizacyjnej doktora inż. Romana J. Bukowskiego wnioskuję o dopuszczenie go do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Wojciech Gębicki
Wojciech Gębicki