

Warszawa dn. 19 grudnia 2017 r.

Prof. Dr hab. Inż. Andrzej Jeleński

Recenzja dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

Dr hab. Jerzego Łusakowskiego

W związku z postępowaniem o nadanie tytułu profesora nauk technicznych.

Omówienie dorobku naukowego dr hab. J. Łusakowskiego.

Jerzy Łusakowski ukończył studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w 1985 r. Po studiach rozpoczął pracę w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki U.W. jako asystent. Pracując w grupie badawczej prof. Grynberga zajmował się wpływem pola magnetycznego na zderzeniową jonizację płytkich donorów w detektorach podczerwieni, badał niestabilności związane z przebiegiem lawinowym oraz oscylacje pojawiające się w SiGaAs w skutek występujących w nim procesów generacyjno-rekombinacyjnych. Badania te były prowadzone metodami chaosu deterministycznego i stały się przedmiotem jego pracy doktorskiej. W 1994 r. mgr Łusakowski uzyskał stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki ciała stałego broniąc pracę p.t. „Gorące elektrony i lokalizacja – eksperymenty w półizolacyjnym arsenku galu”.

W 1997 roku podczas stażu w Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych w Grenoble dr. Łusakowski zajął się badaniem polaryzacji spinowej elektronów w studniach kwantowych powstających w heterozłączach GaAs/AlGaAs metodą elementoluminiscencji. Badania te kontynuował w Warszawie. Rezultatem ich było określenie zależności stopnia polaryzacji od koncentracji gazu dwuwymiarowego.

Podczas stażu w 2001 r. na Uniwersytecie Montpellier 2, we współpracy z dr. Knapem dr Łusakowski zajął się badaniem magnetoprzewodnictwa, detekcji i emisji promieniowania tranzystorów polowych w zakresie częstotliwości 100 GHz–3 THz. Autorzy piszą, że „z powodu ścisłego związku tych zagadnień z techniką i zastosowaniami, nazwę promieniowanie dalekiej podczerwieni zastąpiono przez promieniowanie THz” i nazwę tę znajdujemy w tytułach niemal wszystkich ich publikacji. Jednak w literaturze technicznej zakres ten zwykle dzielony jest na pasmo fal milimetrowych (od 30–300 GHz), a dopiero poniżej 1 mm (powyżej 300 GHz) to fale THz. Przedmiotem badań wspomnianych autorów były na początku typowe tranzystory HEMT, stosowane w technice mikrofalowej i krzemowe tranzystory MOSFET o wymiarach znacznie mniejszych od długości fali. Badania te doprowadziły do opracowania detektorów i matryc detektorowych o parametrach porównywalnych do detektorów z diodami Schottky’ego, co nie dziwi, ponieważ obszar źródło-bramka tworzy właśnie taką diodę. Jest to rozwiązanie rzadko stosowane w technice, ponieważ optymalne punkty pracy tranzystora (maksymalnej nieliniowości dla detektora i maksymalnego wzmocnienia dla wzmacniacza) są różne, więc realizowalne rozwiązania kompromisowe nie wykorzystują pełni możliwości tranzystora.

Po powrocie dr Łusakowski zorganizował grupę badawczą na Uniwersytecie Warszawskim gdzie rozpoczął badania wzbudzenia dwuwymiarowej plazmy elektronowej w bramkowanych i bezbramkowych strukturach HEMT. Ich rezultatem było 36 oryginalnych publikacji. W dziesięciu z nich był on pierwszym autorem. W 2009 roku uzyskał on stopień naukowy doktora habilitowanego nauk fizycznych na podstawie rozprawy pt. „Wpływ pola elektrycznego na właściwości przewodników i struktur półprzewodnikowych”.

Omówienie i ocena dorobku naukowego dr hab. J. Łusakowskiego po habilitacji.

Swój, przeznaczony do oceny dorobek naukowy autor przedstawił w postaci 10 publikacji w czasopiśmie z listy filadelfijskiej, 9-ciu oryginalnych prac zbiorowych, (w jednej z nich dr hab. Łusakowski jest pierwszym autorem, a w dwóch autorem korespondującym), oraz jednej autorskiej pracy przeglądowej.

Badania fal ładunkowych w półprzewodnikach rozpoczęto w latach 70-tych ubiegłego wieku, jednak ponieważ w półprzewodnikach czasy relaksacji momentu i energii elektronów są tego samego rzędu (około 1 psek.), są one szybko tłumione i najlepsze warunki powstawania plazmy i rozchodzenia się fal ładunkowych są na powierzchni półprzewodnika, w złączach metal- półprzewodnik, heterozłączach i studniach kwantowych. Większość przedstawionych przez autora prac koncentruje się na badaniach oddziaływania pól elektromagnetycznych z falami ładunkowymi (oddziaływania foton- plazmon) w dwuwymiarowej plazmie elektronowej w bramkowanych i bezbramkowych strukturach HEMT w zakresie fal o długości od 3 do 0.1 mm.

Dzięki postępom miniaturyzacji przyrządów półprzewodnikowych, założenie klasycznej elektroniki, że przyrządy elektroniczne (diody, tranzystory) są znacznie mniejsze od długości fali elektromagnetycznej w tym zakresie częstotliwości może być spełnione. W związku z tym HEMT mogą być opisywane za pomocą prostych układów zastępczych, a projektowanie ich nie odbiega od projektowania układów mikrofalowych. Tak projektowane wzmacniacze z tranzystorami HEMT z InPz bramką 16 nm. mają 10 dB wzmocnienia w paśmie do 1 THz, waraktorowe powielacze częstości generują moc kilkadziesiąt mikrowatów do częstości 2 THz, a mieszacze i detektory z diodami Schottky'ego, SIS, czy bolometrami z gorącymi elektronami pracują nawet do ok. 5 THz. Tymczasem opisywane przez autorów efekty są bardzo słabe i obserwowane jedynie w temperaturze ciekłego helu i za pomocą detekcji synchronicznej. Autorzy w swoich publikacjach mających w tytułach detektory lub modulatory mówią o takich zastosowaniach, jednak nie popierają oni swoich sugestii podaniem podstawowych parametrów tych przyrządów, takich jak czułość, czy głębokość modulacji. Dlatego, wykorzystanie praktyczne obserwowanych efektów, nie wydaje się być bardzo realne. Natomiast prace te mogą być pomocą dla wyjaśnienia źródeł pojawiających się w chłodzonych wzmacniaczach oscylacji wysokoczęstotliwościowych

Począwszy od fal milimetrowych należy zwracać uwagę na wszelkiego rodzaju połączenia, które stają się współmierne z długością fali i mogą być efektywnymi antenami selektywnie odbierającymi, bądź wypromieniowującymi energię generowaną w przyrządzie. Również w tym zakresie pojawiają się mody podłożowe (we wzmacniaczach THz podłoże

ścienia się do 18 mikrometrów). Ponieważ w przedstawionych pracach brak jest informacji o połączeniach HEMT'a z układem zasilającymi grubości podłoża nie można wykluczyć, że część obserwowanych efektów może pochodzić od rezonansów powstających w układzie. Zmiana napięcia bramki powoduje nie tylko zmiany koncentracji w kanale tranzystora, lecz również jego pojemności wejściowej, co może wpływać na te rezonans jak również na pojawienie się efektów parametrycznych wykorzystywanych powszechnie dla powielania częstotliwości. Zagadnienia te są obszernie opisane w literaturze i ich uwzględnienie może pomóc w identyfikacji licznych rezonansów, jakie autorzy przedstawionych publikacji zaobserwowali w paśmie od 100GHz do 5THz.

W większości przedstawionych prac, dla uzyskania większych mocy emisji, autorzy wykorzystują „Fat-FETy”-tranzystory długie (1300μm), o obszarze oddziaływania pola ze strumieniem elektronów znacznie większym od długości fali. Dla określenia oddziaływania pola ze strumieniem elektronów niezbędna jest analiza rozkładu pola elektromagnetycznego w samym przyrządzie podobnie jak to ma miejsce w przyrządach mikrofalowych takich jak lampy z falą bieżącą, klustrony, czy masery z falą bieżącą. Struktury bramki badanych Fat-FET'ów są identyczne ze strukturami spowalniającymi stosowanymi we wzmacniaczach z falą bieżącą. Są to linie długie, wielorezonansowe i można by wykorzystać opublikowane liczne metody ich analizy dla interpretacji różnic między tymi badanymi strukturami. Tak samo z antenami. Istnieje przebogata literatura na ten temat, a wybór zależy od oczekiwanego zysku (apertury) i szerokości pasma. Autorzy dla opisu ośrodka stosują 3 różne modele. Szkoda, że nie mówią o poczynionych przy ich wyprowadzeniu założeniach i zakresie stosowalności. Nie ustosunkowują się też innych publikowanych modeli [na przykład E. Tralle (JAP 27,1707,1994) który analizuje jedną z badanych przez autorów struktur].

Podane w publikacjach wyniki zarówno spektroskopowych pomiarów emitowanego przez badane struktury pola elektromagnetycznego jak i prądu tranzystora dają dobry obraz powstających rezonansów zależnych nie tylko od materiału, lecz także geometrii przyrządów. Autorzy pokazują też oryginalną metodę wyznaczania obsadzenia wyższych poziomów studni kwantowych, wskazując na występowanie w studniach kwantowych szeregu znanych zjawisk fizycznych i przedstawiają bardzo bogaty materiał do dalszych badań.

Tematyka 2 publikacji dotyczących asymetrycznej transmisji promieniowania elektromagnetycznego przez podwójnieprzesłony z elementami subfalowym odbiega od pozostałych. Autorzy pewno z powodu trudności technologicznych zrealizowali je w paśmie fal mm (100 GHz 3mm), a nie w paśmie THz, na co wskazywałyby tytuły. Jednak ponieważ w paśmie tym pracuje wiele urządzeń np. radary antykolizyjne, tego typu asymetryczne filtry na 1 modzie dyfrakcyjnym rozdzielające padającą wiązkę na 2 odchylone od siebie wiązki mogą znaleźć zastosowanie praktyczne. W publikacji dotyczącej filtru dla polaryzacji kołowej autorzy opisują sposób uzyskiwania polaryzacji kołowej i podają obliczone i zmierzone rozkłady pola wiązki po transmisji. Widać dobrą zgodność radialnych rozkładów intensywności pola z tym, że w większej odległości dla praktycznego wykonania pomiary pokazują niewielki udział wyższych modów wynikający prawdopodobnie z niedokładności wykonania. Niestety żadnych charakterystyk transmisyjnych filtru nie podano, jednak podany kontrast na częstotliwości 100 GHz -99.8%

jest bardzo dobry. Autorzy piszą, że filtry te analizują i optymalizują na podstawie dostępnych i opracowanych przez siebie programów, szkoda jednak, że ich nie opisali i nie podali różnic między zaprojektowanymi i otrzymanymi charakterystykami częstotliwościowymi filtrów, aby można było ocenić czy opracowane przez nich metody umożliwiają realizację filtrów o zadanych charakterystykach.

Powyższe uwagi dotyczące celowości pogłębienia badań pola elektromagnetycznego i nieliniowości w badanych strukturach, dla lepszego wytłumaczenia występujących zjawisk, w niczym nie umniejszają dorobku naukowego autora: bogatego materiału eksperymentalnego przedstawionego w prezentowanych publikacjach, dotyczących wzburzeń plazmonowych, rezonansów, czy też oryginalnej metody obliczania obsadzeń wyższych poziomów w studni kwantowej. Mają one na celu pokazanie pewnych kierunków badań i wykorzystania prac już opublikowanych, które powinny pomóc w realizacji ambitnych planów jakie autor stawia przed sobą.

Po habilitacji dr hab. J. Łusakowski powiększył swój dorobek o 16 oryginalnych publikacji naukowych i jedną autorską pracę przeglądową. Był on pierwszym autorem 2 z nich oraz 7 referatów zaproszonych na konferencjach międzynarodowych.

Ocena osiągnięć i dorobku dydaktycznego i organizacyjnego.

Dr hab. J. Łusakowski posiada doświadczenie w kierowaniu zespołami badawczymi realizującymi projekty. Był kierownikiem 7 projektów KBN, MNiSW i NCN, jak również wykonawcą 9 innych projektów badawczych. Był również członkiem 2 paneli ekspertów i członkiem komitetów naukowych 2 konferencji naukowych.

Dr hab. J. Łusakowski opiekował się czterema ukończonymi doktoratami, oraz dwiema osobami przygotowującymi prace doktorskie na Wydziale Fizyki UW. Prowadził tam również wykłady specjalistyczne (Kwantowe podstawy elektroniki i Podstawy fizyki THz), oraz wykłady z Mechaniki oraz ćwiczenia rachunkowe i laboratoryjne na niższych latach studiów. Za tę działalność otrzymał nagrodę dydaktyczną rektora.

Poza tym miał liczne wykłady popularyzacyjne w liceach, na festiwalach nauki, w radiu, oraz tłumaczył książki i artykuły popularno-naukowe.

Podsumowanie

Podsumowując należy stwierdzić, że dr hab. Jerzy Łusakowski, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego, wybitnie powiększył swój dorobek i wniósł istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej obejmującej badania dwuwymiarowej plazmy elektronowej zakresu fal mm. i THz przedstawiony w licznych publikacjach i referatach. Posiada on duże doświadczenie w kierowaniu zespołami realizującymi projekty naukowe. Świadectwem jego osiągnięć dydaktycznych w tym okresie jest nagroda rektorska. Doktor habilitowany Jerzy Łusakowski spełnia zatem wymagania Ustawy o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych i wystąpienie z wnioskiem o nadanie jemu tytułu naukowego profesora uważam za w pełni uzasadnione.

