

**Opinia o rozprawie doktorskiej mgr inż. Agaty Roszkiewicz p.t.  
„Generacja plazmonów polarytonów powierzchniowych na strukturach periodycznych”**

Rozprawa doktorska Pani Agaty Roszkiewicz dotyczy numerycznej analizy efektów związanych z generacją plazmonowych polarytonów powierzchniowych na periodycznych strukturach metalowych. Plazmony i polarytony powierzchniowe są specyficznymi zaburzeniami rozkładu ładunków i pola elektromagnetycznego związanymi z charakterystycznymi zmianami właściwości optycznych badanych układów. Ze względu swe znaczenie dla wielu dyscyplin, tematyka ta rozwija się niezwykle szybko. Ważniejsze przykłady najbardziej znanych zastosowań plazmonów i polarytonów powierzchniowych dotyczą fotoniki, a dokładniej konstrukcji nowych elementów optyki zintegrowanej, zwiększenia czułości spektroskopii i detekcji pojedynczych cząsteczek, czy technik obrazowania bez dyfrakcyjnego ograniczenia zdolności rozdzielczej. Praca doktorska Pani Roszkiewicz wpisuje się więc bardzo dobrze w ten szeroki nurt.

Głównym celem rozprawy jest analiza numeryczna możliwości uzyskania ukierunkowanej i kontrolowanej propagacji energii w określonym kierunku przez odpowiednią modyfikację asymetrii siatek metalowych. Autorka skoncentrowała się na stosunkowo prostej strukturze siatki metalowej i zademonstrowała, że można przy jej pomocy uzyskać efekty przydatne w konstrukcji elementów optycznych dla koncentracji i wzmocnienia pola elektromagnetycznego (EM), a także dla zwiększenia czułości technik spektroskopowych i obrazowania biomedycznego.

Po zwięzłym wprowadzeniu, przedstawieniu motywacji oraz zakresu i celu pracy, Autorka w czwartym rozdziale obszernie omawia podstawy teoretyczne. Wychodząc od równań Maxwella przedstawia model Drudego i właściwości polarytonów powierzchniowych. Rozdział ten jest bardzo dobrze napisany i wzbogacony o liczne odsyłacze do prac źródłowych. Ciekawe jest w nim, m.in. nawiązanie do anomalii Wooda - efektu znanego od ponad 100 lat. Z pewnością rozdział ten będzie wykorzystywany jako mini monografia zagadnień związanych z plazmonami powierzchniowymi i będzie służył licznym czytelnikom.

Kolejny, piąty rozdział opisuje modelowanie numeryczne i jest podstawowy w rozprawie. Autorka do modelowania stosuje ścisłą metodę fal sprzężonych i opisuje za jej pomocą dyfrakcję fali płaskiej a także wiązki optycznej o skończonym przekroju i niejednorodnym rozkładzie amplitudy i fazy. Stosuje też model fenomenologiczny, w którym zastosowanie znajdują profile spektralne związane z interferencją stanów dyskretnych i kontinuum.

Rozdział szósty dotyczy wpływu asymetrii struktury na kierunek propagacji energii - kluczowego zagadnienia dla osiągnięcia celu rozprawy. W porównaniu do struktury symetrycznej, omówione są w nim konkretne przypadki asymetrii, tak horyzontalnej, jak i wpływ pionowego przesunięcia granicy dielektryka. Bardzo dokładnie uwzględniono tu zależności od różnych parametrów (współczynnika załamania, grubości warstw, długości fali i współczynnika wypełnienia struktury).

Następny, siódmy rozdział dotyczy analizy tzw. modów cząstkowych struktury, w których ważną rolę odgrywają oddziaływania modów różnego rodzaju. W ósmym rozdziale Autorka zajmuje się interpretacją fizyczną kierunkowości przekazu energii, a główną trudność stanowi tu skomplikowana, nie zawsze zgodna z prostą intuicją, zależność od rozmaitych parametrów struktury.

Rozprawę kończą konkluzje, w których autorka uzasadnia wybór metalowej struktury do analizy efektów związanych z generacją polaryzacyjnych polarytonów powierzchniowych i wskazuje na znaczenie tego typu struktur w projektowaniu nowych urządzeń optycznych - elementów optyki zintegrowanej i koncentratorów plazmonowych. Podsumowano tu także pozostałe wyniki rozprawy, a zwłaszcza opracowanie kodu numerycznego o bardzo szerokich możliwościach.

Moja ogólna ocena rozprawy Pani mgr inż. Roszkiewicz jest bardzo wysoka. Praca ma charakter nowatorski. Dotyczy bardzo aktualnego i ważnego zagadnienia, zastosowane w niej metody są bardzo dobrze dobrane do oczekiwanych celów i kompetentnie wykorzystane. Wyniki są oryginalne i naukowo bardzo interesujące. Ich osiągnięcie wymagało od Autorki dobrej znajomości podstaw elektrodynamiki i optyki oraz biegłości w stosowaniu odpowiednich metod numerycznych i dobrej intuicji co do możliwych przybliżeń.

Głównym, i w moim odczuciu najbardziej wartościowym, wynikiem rozprawy jest opracowanie bardzo wszechstronnego kodu numerycznego do symulacji pól EM w różnych

warunkach. Kod ten umożliwia symulację pola na wielowarstwowej strukturze o dowolnym profilu, polaryzacji i kierunku propagacji i analizę szeregu ważnych efektów. Bardzo przekonujące zdaniem recenzenta są liczne demonstracje możliwości programu w ramach (znajdującej się w rozdziale szóstym) dyskusji wpływu asymetrii struktury na kierunek propagacji energii. Liczne wykresy ilustrujące rozkłady pola, wektor Poyntinga i relacje dyspersji ułatwiają czytelnikowi orientację w bogactwie omawianych zagadnień i dobre zrozumienie całej ich złożoności. Można mieć nadzieję, że Autorka dobrze wykorzysta możliwości tego programu w wielu przyszłych publikacjach.

Osiągnięte w rozprawie wyniki wnoszą istotny wkład do zrozumienia zjawisk fotonicznych w nanostrukturach i mogą przynieść wiele zastosowań praktycznych

Oceniając bardzo pozytywnie całość rozprawy i wyniki, dostrzegam jednak kilka fragmentów mniej udanych. W rozdziałach 6-8 pojawia się sporo określeń żargonowych (np. „częstość zbiegająca do...”) oraz szereg pojęć objaśnionych zbyt pobieżnie. Nie widzę powodów dla reprodukcji rys. 5.2 z innej pracy, luźno związanego z rozprawą i w dodatku zawierającego niezdefiniowane oznaczenia. Dla pełnego obrazu chcę jednak dodać, że inne rysunki są bardzo dobre i doskonale objaśniają opisywane zagadnienia.

Podsumowując, bardzo wysoko oceniam samą pracę doktorską jak i umiejętności wykazane przez Autorkę przy jej opracowaniu. Oceniam rozprawę jako **bardzo dobrą** i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Agaty Roszkiewicz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Kraków, 3. 04. 2012 r.

Prof. dr hab. Wojciech Gawlik  
Instytut Fizyki UJ