



UNIwersYTET MIKOŁAJA KOPERNIKA INSTYTUT FIZYKI

ul. Grudziądzka 5/7 87-100 TORUŃ

Tel. (48 56) 611 33 10
Sekretariat: (48 56) 622 63 70

Fax (48 56) 622 53 97
Telex 0552412 umk pl
e-mail: ifiz@phys.uni.torun.pl



Data: 08.11.2013

L. dz.:

dr hab. Roman Ciuryło
Instytut Fizyki
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Dobrosławy Bartoszek-Bober pt. : „Manipulowanie atomami przy powierzchniach za pomocą potencjałów optycznych i magnetycznych”.

Rozprawa doktorska mgr Dobrosławy Bartoszek-Bober poświęcona jest rozwojowi doświadczalnych technik manipulacji ultrazimnymi atomami przy powierzchniach za pomocą światła i pola magnetycznego. Badania tego rodzaju mają istotne znaczenie w inżynierii kwantowej z wykorzystaniem ultra zimnej materii. Jest to aktualne pole badań ważnej, relatywnie młodej i bardzo dynamicznie rozwijającej się fizyki ultra zimnych atomów i cząsteczek.

Rozprawę opatrzoną wstępem autorka podzieliła na dwie zasadnicze części. Część pierwsza poświęcona jest lustrum optycznym dla atomów natomiast w części drugiej zademonstrowano działanie pułapek magneto-optycznej i magnetycznej nad układem skalonym.

Pięć pierwszych rozdziałów składa się na część pierwszą rozprawy. W rozdziale pierwszym bardzo przejrzystie autorka opisała zasadę działania optycznego lustra dla atomów wykorzystującego falę zanikającą przy całkowitym wewnętrznym odbiciu światła oraz siły dipolowe z jakimi światło odstrojone od rezonansu oddziałuje na atomy. Walorem tego rozdziału jest doświadczalna ilustracja wielokrotnie odbijającej się od lustra optycznego chmury atomów. Jest to po prostu ładne doświadczenie, cieszące oko, przeprowadzone przy współudziale autorki a stanowiące część rozprawy doktorskiej dr. J. Fiutowskiego. Narzuca tu się pytanie czym są spowodowane różnice między wynikami pomiarów a przewidywaniami teoretycznymi dla przekazu pseudopędu przedstawionymi na rysunku 1.6. Warto by autorka wskazała potencjalne źródła tych rozbieżności. W rozdziale drugim wprowadzone zostało pojęcie plazmonu powierzchniowego wraz z krótkim rysem historycznym. Elementy teorii opisującej wzbudzenie polarytonów plazmonów powierzchniowych na granicy metalu i dielektryka wykorzystywane w tej rozprawie przejrzyste zostały przedstawione w rozdziale trzecim. Mimo, że rozprawa została przygotowana starannie autorka nie ustrzegła się

drobnych usterek edytorskich, na przykład oczywisty błąd w równaniu (3.3b). Szczególne znaczenie dla tej rozprawy mają rozważania dotyczące wykorzystania plazmonów do manipulacji ultrazimnymi atomami oraz wzbudzania plazmonów powierzchniowych na metalicznych siatkach dyfrakcyjnych. Rozdział ten konkluduje oryginalną propozycję konstrukcji optycznego lustra dla atomów z wykorzystaniem wzbudzania polarytonów na siatkach dyfrakcyjnych. W mojej ocenie najbardziej nowatorskie wyniki rozprawy zostały zawarte w dwóch ostatnich rozdziałach tej części. Rozdział czwarty zawiera wyniki modelowania rozpraszania światła na metalicznych siatkach dyfrakcyjnych. Autorka rozważała wzbudzanie plazmonów zarówno na odbiciowych jak transmisyjnych siatkach dyfrakcyjnych. Jej głównym celem była optymalizacja parametrów siatki pod kątem efektywności optycznego lustra dla atomów. Autorka starała się wybrać takie geometryczne parametry siatki by ich zmiana w pewnym zakresie nie powodowała dramatycznych zmian własności optycznego lustra dla atomów. Jest to ważne dla możliwości praktycznej realizacji tego rodzaju lustra. W rozdziale piątym opisane zostały metody diagnostyki siatek dyfrakcyjnych szczególnie pod kątem możliwości wzbudzania plazmonów. Zaprojektowane siatki dyfrakcyjne zostały wykonane i przebadane. Wyniki pomiarów zostały porównane z uprzednimi symulacjami. Autorka przeanalizowała czynniki wpływające na odstępstwa od pierwotnych założeń. Zebrane doświadczenia zaowocowały wytworzeniem poprawionej siatki o obiecujących własnościach. Jest to istotny rezultat prac autorki. Pewien niedosyt pozostawia brak demonstracji działania lustra optycznego z wykorzystaniem zaprojektowanej i wykonanej siatki.

Kolejne pięć rozdziałów stanowi drugą część rozprawy. Są one poświęcone prezentacji wyników prac zmierzających w perspektywie do otrzymaniem zdegenerowanego gazu bozonowego nad układem scalonym służącym do pułapkowania ultra zimnych atomów. We wstępnym rozdziale szóstym porównano charakterystyczne parametry układów do otrzymywania kondensatu Bosego-Einsteina (BEC) na tak zwanym chipie oraz zbudowanym w Krajowym Laboratorium FAMO. Rozdział siódmy zawiera podstawy teoretyczne działania szeregu pułapek magnetycznych i optycznych wykorzystywanych do chłodzenia przez odparowanie. Mechanizm ten umożliwia odpowiednie dla otrzymania BEC obniżenie temperatury chmury ultra zimnych atomów. Układ doświadczalny zawierający komercyjny moduł RuBECi został opisany w rozdziale ósmym. W układzie tym są dwie komory próżniowe, cewki potrzebne do pracy pułapek magnetyczno-optycznych i magnetycznych jak również cewka do generacji pola o częstotliwości radiowej (RF) służąca do odparowywania. Należy jednak podkreślić, iż uruchomienie tego układu wymagało budowy zawansowanego systemu laserów, elektrycznych układów zasilających, systemów komputerowej kontroli i sterowania eksperymentem oraz oprogramowania umożliwiającego zbierania i obrazowania danych. Wyniki prac eksperymentalnych z prowadzonych na zbudowanym przez autorkę układzie zostały opisane w rozdziale dziewiątym. Przedstawiono wyniki ładowania i rozładowywania górnej pułapki MOT. W wyniku chłodzenia w melasie optycznej osiągnięto temperatury 30-40 μ K. Pułapkowane atomy zostały optycznie przepompowane do odpowiedniego stanu, w który atomy będą uwięzione w pułapce magnetycznej. Autorka zademonstrowała transport z zewnętrznej pułapki magnetycznej do pułapki na chipie z płynnym przeładowaniem atomów. Kolejnym bardzo istotnym krokiem wykonanym przez autorkę był pomiar czasu życia atomów w pułapce na chipie oraz określenie podstawowych parametrów pułapki. Część drugą rozprawy kończy rozdział dziesiąty, w którym czytelnik znajdzie szkic dalszej drogi do osiągnięcia kondensatu Bosego-Einsteina. Nieco szkoda, że jest to jedynie szkic a nie demonstracja.

Wkład pracy autorki do prezentowanych wyników został wyszczególniony w rozdziale jedenastym a cała rozprawa zwięźle podsumowana w rozdziale dwunastym. W pracy zawarty jest obszerny, liczący sto osiemdziesiąt dwie pozycje, przegląd literatury. Obie części mogły by stanowić autonomiczne rozprawy. Oczywiście razem stanowią spójną całość poświęconą bardzo interesującym zagadnieniom związanym z manipulacją zimnymi atomami przy powierzchniach ciał stałych. Autorka tą rozprawą pokazała zawansowane umiejętności w tej dziedzinie. Na szczególne podkreślenia zasługuje tu nowatorski a zarazem obiecujący pomysł realizacji dipolowego lustra optycznego przy użyciu przy użyciu plazmonów wzbudzanych na metalicznych siatkach dyfrakcyjnych. Doktorantka pokazała że jest w stanie prowadzić samodzielne prace badawcze i osiągać nowe wyniki co dodatkowo jest udokumentowane czterema publikacjami wymienionymi we wstępie rozprawy, z których jednej była pierwszym współautorem.

Uważam że rozprawa doktorska mgr Dobrosławy Bartoszek-Bober spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zarówno te ustawowe jak i zwyczajowe, dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie doktorantki do publicznej obrony jej rozprawy.

B. J.