

Streszczenie rozprawy doktorskiej

„Zastosowania holograficznej pęsety optycznej do pomiarów wybranych właściwości preparatów biologicznych i koloidów”

Pęseta optyczna (*Optical Tweezers*) jest stosunkowo nowym narzędziem, znajdującym coraz szerszy wachlarz zastosowań w naukach medycznych, chemii, a także fizyce materiałów. OT bazuje na zjawisku pułapkowania optycznego, dzięki któremu możliwe jest chwywanie mikroskopijnych (50nm-100 μ m) obiektów przy pomocy zogniskowanej wiązki laserowej. Dodatkowo układ ten pozwala na przemieszczanie przytrzymywanych obiektów w objętości badanej próbki, a także pomiary sił rzędu pikoniutonów, działających na te obiekty.

Holograficzna pęseta optyczna (HOT), jest jednym z bardziej nowoczesnych wariantów tego urządzenia. Głównym elementem odpowiedzialnym za sterowanie wiązką pułapkującą jest modulator ciekłokrystaliczny (SLM), który pozwala na modyfikowanie wiązki przy pomocy generowanych komputerowo hologramów. Obrazem, który jest holograficznie rekonstruowany, jest rozkład jasnych punktów, będących pułapkami optycznymi w płaszczyźnie obserwacji mikroskopu optycznego sprzężonego z układem. Poprzez wyświetlenie na modulatorze sekwencji struktur holograficznych, możliwe jest wywoływanie ruchu pułapek optycznych. Ważną cechą HOT jest możliwość jednoczesnej generacji pułapek różnych typów (o gaussowskim rozkładzie amplitudy, z wirem optycznym, wiązki Bessela), a także niezależnego sterowania każdą z pułapek. Sytuacja taka jest bardzo trudna do uzyskania w innych typach pęsety optycznej, dlatego rozwijanie układów holograficznych jest pożądane. Do głównych wad holograficznej pęsety optycznej zalicza się niższa jakość wiązki pułapkującej oraz ograniczenia wynikające z częstotliwości odświeżania modulatora ciekłokrystalicznego.

Celem tej pracy jest pokazanie, że holograficzna pęseta optyczna może być z powodzeniem stosowana do pomiarów sił w preparatach biologicznych, a także do obserwacji zjawisk fizycznych w koloidach. W pierwszej części pracy opisane zostały metody optymalizacji, a także przygotowania układu do pomiarów. Opracowane zostały metody kalibracji modulatora ciekłokrystalicznego, oraz dokładnego justowania wszystkich elementów optycznych układu. W drugiej części pracy przedstawione zostały konkretne zastosowania HOT. Szczególnie dużo uwagi zostało poświęcone pomiarom właściwości mechanicznych molekuł DNA. Zostało pokazane, że przy użyciu holograficznej pęsety optycznej możliwe jest określenie modułu Younga pojedynczych nici DNA. Druga grupa eksperymentów dotyczyła obserwacji zachowania cieczy paramagnetycznej (ferrofluidu) pod wpływem zogniskowanej wiązki laserowej. Badania te przyniosły interesujące rezultaty. Zaobserwowano wiry nanocząsteczek magnetytu. Szczególnie ciekawe (nieopisywane wcześniej w literaturze) były wiry cząstek występujące wokół pęcherzyków gazu, powstających w wyniku odparowania rozpuszczalnika z roztworu pod wpływem wiązki lasera o dużej mocy. Innym ciekawym zjawiskiem zaobserwowanym w cieczy paramagnetycznej było powstawanie wielokątnych struktur pod wpływem pułapek o niskiej mocy, z wirem optycznym oraz zewnętrznego pola magnetycznego. W ostatnich latach temat wielokątnych wirów w cieczach był dość intensywnie badany po tym, jak NASA odkryła istnienie burzy wokół północnego bieguna saturna, która posiada właśnie sześciokątny kształt. W zaprezentowanym w tej pracy eksperymencie udało się uzyskać podobne zjawisko w

mikroskali, jednak w pewnym sensie, w zbliżonych warunkach (pole magnetyczne prostopadłe do płaszczyzny obserwacji, orbitalny moment pędu przekazywany do cieczy, transport ciepła prostopadły do płaszczyzny obserwacji). Eksperyment ten był możliwy dzięki zastosowaniu holograficznej pęsety optycznej.

W ten sposób pokazana została wszechstronność układu holograficznej pęsety optycznej oraz dowód na to, że możliwe jest przewyciężenie ograniczeń wynikających z konstrukcji tego urządzenia.