

STRESZCZENIE

pracy doktorskiej mgr inż. Klaudii Dradrach

„Wiry fotoniczne – generowanie i właściwości”

W dysertacji przedstawiono rezultaty badań dotyczące wirów fotonicznych, czyli laserowo-indukowanych symetrycznych przepływów strumieni cieczy. Nadrzędnym celem pracy było zdefiniowanie wirów fotonicznych w odniesieniu do podstaw fizycznych, które umożliwiają ich generowanie w cieczach w sposób kontrolowany oraz opisanie ich właściwości, które mogłyby posłużyć wykorzystaniu wytworzonych wirów. Opisano, w jaki sposób następuje generowanie wirów w zależności od medium, geometrii komórek pomiarowych oraz konfiguracji układu eksperymentalnego.

Praca rozpoczyna się od „Analizy stanu wiedzy”, w której zamieszczone zostały ogólne wiadomości dotyczące oddziaływania światło-materia, podano również matematyczny opis cieczy newtonowskich. Dokonano charakterystyki zjawisk transportu w skali molekularnej i makroskopowej. Wyjaśniono też istotę sił kapilarnych oraz zjawisk związanych ze zmianami napięcia powierzchniowego. Część eksperymentalna zawiera przedstawienie i charakterystykę wybranych materiałów (m.in. barwników organicznych i ciekłych kryształów), komórek pomiarowych (swobodne warstwy cieczy i ciecze umieszczone pomiędzy dwoma podłożami szklanymi) oraz układu badawczego i technik wykorzystywanych podczas badań (mikroskopia polaryzacyjna sprzężona z układem laserowym, spektroskopia absorpcyjna i in.). W tej części zamieszczono również opis generacji wirów w różnych materiałach i komórkach badawczych. Najobszerniejszą część pracy stanowią „Wyniki badań i ich dyskusja”. Praca zakończona jest przedstawieniem wykorzystania wirów fotonicznych oraz krótkim podsumowaniem i wnioskami.

Opis części eksperymentalnej rozpoczęto od opisu wpływu fotostabilności barwnika na generowane wiry. Pokazano, że w roztworach oświetlanych przez wiązkę generującą wiry, zmienia się skład chemiczny, co wiąże się ze zmianą widm elektronowych tych roztworów. Absorpcja w tej wieloskładnikowej mieszaninie jest większa, co wpływa na proces generowania wirów fotonicznych (laserowo-indukowane przepływy strumieni cieczy występują wtedy pod wpływem wiązki światła o długości fali, która początkowo nie była absorbowana). Wiry fotoniczne są efektem pośredniej konwersji energii niesionej przez światło na energię mechaniczną i akt absorpcji światła odgrywa tu kluczową rolę.

Ze względu na obecność mikrocząstek w roztworach, możliwe było ich śledzenie i określenie, że strumienie cieczy wirują zawsze w stronę granicy międzyfazowej gaz-ciecz. Podano również rozkład prędkości zawieszonych cząstek w komórkach pomiarowych. Zaobserwowano, że im większa moc diody generującej wiry, tym większe są wartości prędkości wirujących cząstek.

Wiry fotoniczne mają zdolność do wyginania powierzchni międzyfazowej. Dzięki tej obserwacji możliwe było zmierzenie amplitudy wygięcia granicy międzyfazowej gaz-ciecz w warstwie cieczy znajdującej się pomiędzy dwoma podłożami szklanymi. Na wartości amplitudy wygięcia granicy międzyfazowej wpływa grubość warstwy cieczy oraz intensywność światła laserowego (określono również, jak wyglądają te zależności). Zaobserwowano także, że spośród badanych parametrów fizykochemicznych cieczy największy wpływ podczas kontrolowanego wyginania powierzchni międzyfazowej poprzez wiry fotoniczne mają lepkość, napięcie powierzchniowe oraz parowanie.

W kolejnej części pracy opisano wzrost kropli „wewnętrznej” oraz podstawy fizyczne związane z konkurującymi efektami kapilarnymi – termokapilarnym i solutokapilarnym. Przedstawiono kinetykę wzrostu kropli indukowanej światłem laserowym w różnych rozpuszczalnikach, szybkość przyrostu jej wielkości oraz wpływ mocy diody laserowej na maksymalną wielkość tej kropli. Te badania pozwoliły na stwierdzenie, że wielkością kropli i szybkością jej wzrostu można sterować poprzez dobór rozpuszczalnika o odpowiedniej lotności i mniejszych siłach lepkościowych.

Scharakteryzowanie wirów pozwoliło na określenie możliwości ich zastosowań w absorbujących cieczach. Opisano m.in. mieszanie i przemieszczanie cząstek w materiale ciekłokrystalicznym, tworzenie bąbelków gazu w cieczy oraz ich przemieszczanie, jak również dzielenie obszarów ciekłych oraz przemieszczanie małych ilości cieczy. Jedynie pierwsze zastosowanie dotyczy swobodnej kropli leżącej na podłożu szklanym – pozostałe zrealizowano w komórkach zamkniętych.

Wyniki prac badawczych przeprowadzonych podczas realizacji rozprawy doktorskiej zostały opublikowane w 2 publikacjach i 2 patentach oraz na licznych wystąpieniach konferencyjnych.