

Streszczenie

Niniejsza praca demonstruje wyniki spektroskopii fotoasocjacyjnej ultrazimnych cząsteczek cezu, otrzymanych w wyniku serii pomiarów przeprowadzonych przy użyciu układu skonstruowanego do badania ultrazimnych cząsteczek KCs. W pracy szczegółowo opisano rozwój układu eksperymentalnego, jego charakterystyka, ze szczególnym uwzględnieniem metod wymaganych do zwiększenia wydajności procesu fotoasocjacji. Skonstruowano układ laserowy złożony z dwóch komercyjnych, wąskopasmowych laserów tytanowo-szafirowych dowiezanych fazowo do optycznego grzebienia częstotliwości, co umożliwi w przyszłości spektroskopię jedno- i dwufotonową cząsteczek Cs_2 , K_2 i KCs. Rozwój bazy sprzętowej był kluczowy dla otrzymania wyników prezentowanych w niniejszej pracy i będzie nie mniej istotny dla będących w toku badań zmierzających do produkcji ultrazimnych cząsteczek KCs w rotacyjnym i oscylacyjnym stanie podstawowym.

Głównym wynikiem tej pracy jest wykrycie dwóch ‘brakujących’, najniższych położonych poziomów oscylacyjnych w zewnętrznej studni potencjału cząsteczkowego $0_g^-(6S_{1/2} + 6P_{3/2})$. Zgodnie z przewidywaniami teoretycznymi Bouloufa i in. (Physical Review A, 75(5):052501, 2007), wprowadzenie tych dodatkowych poziomów jest konieczne, aby stworzyć numeryczną postać krzywej potencjału cząsteczkowego, która pozwoliłaby uzgodnić wyniki teoretyczne z dostępnymi danymi doświadczalnymi dla tej zewnętrznej studni potencjału. Pomiary przeprowadzone w ramach tej pracy dostarczyły jednoznacznego potwierdzenia przewidywań teoretycznych, tym samym podsumowując zakończone niepowodzeniem próby podjęte przez inne grupy doświadczalne. Praca dostarcza również dowodów, że wyniki poprzednich badań, których autorzy twierdzili, że zaobserwowali te ‘brakujące’ poziomy w rzeczywistości zaobserwowali poziomy należące do innego potencjału molekularnego. Jako uzupełnienie powyższych badań, ten sam układ doświadczalny został wykorzystany do rozszerzenia zakresu zaobserwowanych poziomów oscylacyjnych w potencjałach $0_u^+(6S_{1/2} + 6P_{3/2})$ i $1_g(6S_{1/2} + 6P_{3/2})$ do -300 cm^{-1} poniżej asymptoty ($6S_{1/2} + 6P_{3/2}$), znacznie wykraczając poza dotychczasowy zakres danych doświadczalnych, sięgających do -120 cm^{-1} poniżej tej asymptoty.

Wykorzystując nowo zmierzone poziomy energetyczne, numeryczna forma krzywych potencjałów cząsteczkowych badanych w tej pracy została poddana przeglądowi. Analiza potencjałów $0_u^+(6S_{1/2} + 6P_{3/2})$ i $1_g(6S_{1/2} + 6P_{3/2})$ wskazuje, że nowe pomiary nie mogą być wystarczająco dobrze opisane modelami potencjałów rozwiniętych dla oddziaływań długozasięgowych, tym samym wymuszając rozwój modeli skupiających się na średniozasięgowych częściach krzywych potencjalnych. Niemniej jednak numeracja zmierzonych poziomów oscylacyjnych wydaje się być jednoznaczna. Z drugiej strony, analiza potencjału cząsteczkowego $0_g^-(6S_{1/2} + 6P_{3/2})$ daje wyniki zgodne z dotychczasowymi modelami. W rzeczywistości może to wskazywać na fakt, że wysoka dokładność pomiaru energii wiązania tych ‘brakujących’ poziomów (lepsza niż 1 MHz) ma sto-

sunkowo mały wpływ na całkowity kształt potencjału. Wydaje się to być spowodowane głównie faktem, że w analizie wykorzystano pochodzące od różnych grup badawczych dane eksperymentalne otrzymane z dokładnością nie lepszą niż około 60 MHz. To wskazuje, że bardziej precyzyjne pomiary energii wiązania przynajmniej niektórych już znanych poziomów oscylacyjnych korzystnie wpłynie na poprawienie krzywej potencjału i w efekcie na dokładniejsze wyznaczenie istotnych stałych atomowych i cząsteczkowych.

Układ eksperymentalny, przetestowany poprzez przeprowadzenie spektroskopii fotoasocjacyjnej ultrazimnych dimerów cezu, jest obiecującym narzędziem do badania ultrazimnych cząsteczek. W przyszłości pozwoli on na przeprowadzenie spektroskopii fotoasocjacyjnej wzbudzonych potencjałów cząsteczkowych cząsteczki KCs, otwierając tym samym drogę do wytworzenia tych cząsteczek w rotacyjno-oscylacyjnym i elektronowym stanie podstawowym. Dodatkowo układ złożony z dwóch laserów tytanowo-szafirowych będzie kluczowy w nadchodzących badaniach cząsteczek KAg i CsAg.