

Cząstki luminescencyjne konwertujące energię z niższej na wyższą w badaniach nad wolno parującymi mikrokroplami

Y. Shopa^{1,†}, D. Jakubczyk², G. Derkachov², M. Kolwas², I. Kamińska², T. Wojciechowski²

¹Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, ul. Dewajtis 5, 01-815 Warszawa

²Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

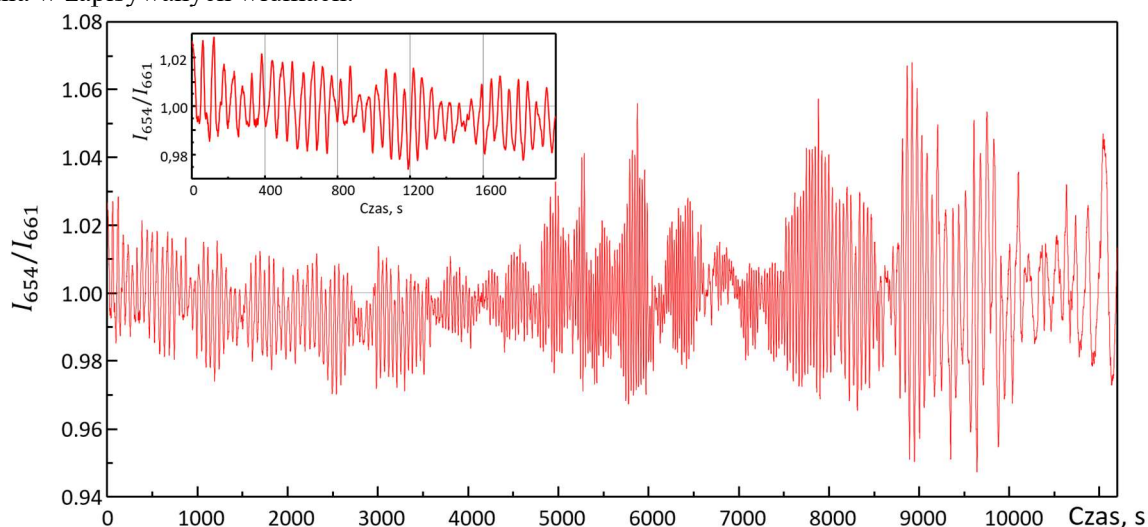
†email: i.shopa@uksw.edu.pl

Wolno parujące, naładowane mikrokrople (MK) zawiesiny cząstek luminescencyjnych (CL) o średnicy 500 nm, w glikolu dietylenowym, badano w liniowej elektrodynamicznej pułapce kwadrupolowej (LEPK). Mikrokrople o średnicy około 100 μm utrzymywano w LEPK przez kilka godzin w temperaturze pokojowej przy 30% wilgotności względnej. W celu wzbudzenia luminescencji, pojedyncze lewitujące MK oświetlano wzdłuż osi LEPK wiązką laserową o długości fali 805 nm i gęstości mocy ok. 50 W/mm². Przy takim wzbudzeniu cząstek Gd₂O₃:6% Er³⁺ zachodzi zjawisko konwersji energii „w górę”, prowadzące do intensywnej emisji zielonej i czerwonej na około dziesięciu liniach widmowych zlokalizowanych w widzialnej części widma. Linie te są przy tym znacznie oddalone od intensywnej linii wzbudzenia laserowego w zakresie bliskiej podczerwieni [1].

Z przygotowanej zawiesiny CL, o stężeniu masowym wynoszącym 2 mg/ml, za pomocą wtryskiwacza piezoelektrycznego wytwarzano naładowane MK, wykorzystując pole elektrod pierścieniowych. Lewitującą MK oświetlano także czerwoną diodą świecącą o mocy 1 W i przez mikroskop z kamerą cyfrową obserwowano jej cień. Umożliwiło to pomiar promienia z rozdzielczością ok. 1,0 μm /piksel, a także utrzymywanie MK w stabilnym w pionie położeniu, poprzez sterowanie napięciem stałym przyłożonym do dwóch elektrod poziomych. Podczas parowania kropli w pułapce częstotliwość napięcia przemiennego o amplitudzie 10 kV wymagała płynnego podnoszenia od 120 Hz do 300 Hz.

Do rejestracji widm luminescencji i rozpraszania wykorzystano spektrometr wysokiej czułości AvaSpec-HERO, wyposażony w chłodzony do 0°C detektor CCD, charakteryzujący się niskim poziomem szumów oraz możliwością szybkiej komunikacji z komputerem. Czas integracji spektrometru dobierano w zakresie od 0,2 do 2 s, co pozwalało na rejestrację widm w czasie rzeczywistym, nawet do kilku godzin.

Do tłumienia promieniowania lasera 805 nm o wysokiej intensywności, rozpraszanego przez MK, zastosowano filtr środkowozaporowy (OD > 6,0 przy 805 nm, o szerokości widmowej pasma blokowanego 34 nm). Dodatkowo światło zielonej diody laserowej (514 nm) oraz czerwonej diody LED (630 nm) wykorzystano jako linie odniesienia w zapisywanych widmach.



Rysunek 1: Zależność stosunku natężenia światła luminescencji od czasu dla linii widmowych o długości fali 654 nm i 661 nm I_{654}/I_{661} . Wstawka przedstawia początkowy fragment zależności czasowej (od 0 do 2000 s).

W ewolucji sygnałów luminescencji zaobserwowano cechy związane z modyfikacją modów pola światła w MK działającej jak sferyczna wnęka rezonansowa. Maksymalne wartości sygnałów wykazywały duże zróżnicowanie, jednak znormalizowany stosunek natężeń luminescencji dla dwóch bliskich linii widmowych ujawnia regularne oscylacje o charakterze dudnień (Rysunek 1). Nierównomierne zmiany okresu tego sygnału wiążą się z różną szybkością zmniejszania się średnicy kropli podczas jej parowania.

Literatura

- [1] Y. Shopa, M. Kolwas, I. Kamińska, G. Derkachov, K. Nyandey, T. Jakubczyk, T. Wojciechowski, A. Derkachowa, D. Jakubczyk, *JQSRT*, **296**:108439 (2023).