

Strategie identyfikacji pojedynczych niemigoczących sond luminescencyjnych na przykładzie nanocząstek $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$

N. Rybarczyk¹, M. Świąś¹, D. Horák², B. Krajnik^{1,†}

¹Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

²Institute of Macromolecular Chemistry CAS, Heyrovského nám. 2 162 00 Prague 6. Czech Republic

†email: bartosz.krajnik@pwr.edu.pl

Nanocząstki wykazujące zjawisko wewnętrznej konwersji energii (UCNPs, *upconverting nanoparticles*), takie jak $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$, cechują się wyjątkową stabilnością fotofizyczną oraz niemigoczącym charakterem emisji, co czyni je obiecującymi sondami w zastosowaniach wymagających długotrwałego monitorowania. Z drugiej strony, brak migotania, charakterystyczny dla większości pojedynczych barwników organicznych i kropek kwantowych, utrudnia jednoznaczną identyfikację pojedynczych UCNPs np. podczas obrazowania za pomocą mikroskopii fluorescencyjnej szerokiego pola. Z tego względu, w celu poprawnego sklasyfikowania obserwowanych obiektów jako pojedynczych, niezbędne jest zastosowanie złożonych strategii analitycznych, opartych na kombinacji technik ilościowych i jakościowych.

Wykazano, że pojedyncze nanocząstki $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$ oraz ich agregaty charakteryzują się odmiennymi właściwościami optycznymi, co podkreśla znaczenie badań na poziomie pojedynczych nanocząstek [1]. W standardowym podejściu ich identyfikacja opiera się na korelacji obrazów fluorescencyjnych z danymi uzyskanymi za pomocą mikroskopii sił atomowych (AFM, *atomic force microscopy*), transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM, *transmission electron microscopy*) oraz skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM, *scanning electron microscopy*) [2].

Niniejsza praca przedstawia alternatywne podejście, które pozwala na rozróżnienie pojedynczych i zgrupowanych niemigoczących emiterów wyłącznie na podstawie analizy obrazów uzyskanych za pomocą mikroskopii fluorescencyjnej szerokiego pola, bez konieczności stosowania korelacji z technikami strukturalnymi. Zaproponowano strategię obejmującą analizę kształtu funkcji rozmycia plamki (PSF), ocenę wpływu rozcieńczenia i przestrzennego rozmieszczenia sond, a także badanie rozkładu natężenia luminescencji. W pracy przedstawiono zarówno wyniki eksperymentalne uzyskane na rzeczywistym układzie mikroskopowym, jak i symulacje numeryczne.

Uzyskane rezultaty pozwalają określić praktyczne warunki umożliwiające wiarygodną identyfikację pojedynczych niemigoczących emiterów, co ma istotne znaczenie dla optymalizacji i praktycznych zastosowań UCNPs np. nanotermometrii i obrazowaniu..

Podziękowania i źródła finansowania

Dziękujemy za wsparcie finansowe ze strony Narodowego Centrum Nauki (SONATA 16, grant nr 2020/39/D/ST5/03359).

Literatura

- [1] S. Karmegam, M. Kolikkaje, S.D. George, J. Phys. Chem. C 128, 14709 (2024).
- [2] J. Zhou, A.I. Chizhik, S. Chu, D. Jin, Nature 579, 41 (2020).