

HyperNIR:

Pokonywanie ograniczeń efektu ciężkiego atomu w luminoforach bliskiej podczerwieni

Wykorzystanie „niewidzialnego” światła

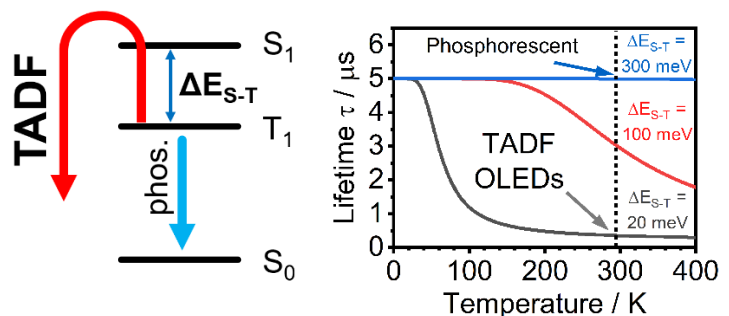
Zakres widmowy bliskiej podczerwieni (NIR) leży tuż poza zakresem widzialnym – na jego czerwonym brzegu. Chociaż rzeczywista granica jest zatarta, często zakładamy, że NIR zaczyna się przy 700 nm i kończy przy około 1400 nm, kiedy to przechodzi w średnią podczerwień (mid NIR). Światło NIR ma takie same właściwości jak światło widzialne i zasadniczo może być używane do oświetlenia – z zastrzeżeniem, że my NIR nie możemy zobaczyć. Ta właściwość NIR otwiera mnóstwo zastosowań, takich jak komunikacja z użyciem światła lub noktowizja. NIR mieści się w oknie przezroczystości tkanki biologicznej – obszarze widma, w którym cząsteczki obecne w organizmach żywych pochłaniają najmniej światła. Dzięki tej właściwości NIR może być wykorzystywany w zastosowaniach medycznych lub do obrazowania, gdzie światło jest częścią procedury medycznej lub umożliwia wizualizację struktur ukrytych w tkance. Najbardziej przyziemnym medycznym zastosowaniem światła czerwonego i NIR jest oksymetria krwi – optyczna metoda określania zawartości tlenu we krwi.

Zmniejszmy ich rozmiary

Organiczne diody elektroluminescencyjne (OLED) to miniaturowe urządzenia wykorzystujące materiały organiczne do wytwarzania światła. Obecnie są one używane do celów, w których pożądane są małe rozmiary pikseli, na przykład w telewizorach o wysokiej rozdzielczości lub wyświetlaczach telefonów komórkowych. Diody OLED są płaskie, cienkie i można je zginać. Teraz wyobraź sobie diody OLED wytwarzające światło NIR, które mogą być małe i elastyczne – możemy je umieścić np. w małym plasterze. Ten plaster może wtedy monitorować poziom tlenu we krwi, a my nawet tego nie zauważymy! To tylko jedno z wielu zastosowań, jakie mogą mieć diody NIR.

TADF – o co chodzi?

Aktywowana termicznie opóźniona fluorescencja (TADF) jest bardzo ważnym mechanizmem luminescencyjnym, który ma mnóstwo zastosowań (**Rysunek 1**). Mechanizm ten jest związany z właściwościami tzw. stanów wzbudzonych cząsteczek – stanów, które występują, gdy cząsteczka uzyskuje energię poprzez absorpcję światła lub wzbudzenie elektryczne. Cząsteczka zamiast powracać do swojego początkowego stanu podstawowego (S_0) **wolniejszą** drogą poprzez fosforescencję ze stanu trypletowego (T_1), przechodzi przez górny stan singletowy (S_1), wracając **szybciej** do stanu podstawowego poprzez fluorescencję. Różnica energii między S_1 i T_1 , ΔE_{S-T} , jest zwykle wyrażana w fizycznych jednostkach energii – elektronowoltach (eV). Typowe wartości dla emiterów fluorescencyjnych TADF wynoszą poniżej 200 milielektronowoltów (meV).



Rysunek 1. (po lewej) Schematyczne przedstawienie mechanizmu TADF; (po prawej) przykład tego, jak TADF skraca czas życia zaniku promienistego emitera metaloorganicznego z jego naturalnej szybkości fosforescencji 5 mikrosekund do 500 nanosekund w temperaturze pokojowej i przy $\Delta E_{S-T} = 20 \text{ meV}$.

Jaka jest zaleta wykorzystania TADF dla NIR?

Materiały luminescencyjne NIR są pod silnym wpływem tzw. rozpadu niepromienistego, który ma niekorzystny wpływ na ich właściwości emisyjne. Naukowcy nazwali termin określający ten efekt: prawo przerwy energetycznej (*ang.* energy gap law). Teraz wyobraź sobie wyścig między dwoma samochodami: jeden z nich to proces promienisty, a drugi to rozpad niepromienisty. Szybszy samochód ostatecznie wygrywa wyścig. Zależnie od tego, który samochód wygra, zawsze zadecyduje to o właściwościach luminescencyjnych cząsteczki. Chcielibyśmy, aby zwyciężyły procesy promieniste, aby nasze cząsteczki były bardziej luminescencyjne. Można to osiągnąć na dwa sposoby: **1)** spowolnić proces niepromienisty lub **2)** przyspieszyć proces promienisty. W tym projekcie zdecydowaliśmy się na opcję 2. Używając TADF możemy osiągnąć niezwykle przyspieszenie rozpadu radiacyjnego, które nie jest możliwe w inny sposób. Ponieważ jesteśmy w stanie znacznie przyspieszyć procesy luminescencyjne, procesy niepromieniste są prześcignięte przez te promieniste, co prowadzi do cząsteczek o wysokiej luminescencji.