

## **Wybrane organiczne ośrodki wzmacniające do uzyskiwania przestrajalnej akcji laserowej typu DFB**

Mgr inż. Kacper Parafiniuk

W pracy doktorskiej przeprowadzono badania ukierunkowane na podkreślenie zalet materiałów organicznych w kontekście możliwości uzyskiwania wzmocnienia światła, a w szczególności realizacji przestrajalnej akcji laserowej z rozłożonym przestrzennie sprzężeniem zwrotnym, tj. typu DFB (z j. ang. *distributed feedback*). Materiały do badań stanowiły warstwy organiczne oparte na barwnikach luminescencyjnych domieszkowanych do matryc pasywnych polimerów, bądź luminescencyjnych związkach makrocząsteczkowych o właściwościach foliotwórczych. Przestrajalność linii laserowej emitowanej przez wytworzone materiały demonstrowano dzięki zastosowaniu holograficznej techniki pompowania, pozwalającej na jednoczesne wzbudzenie ośrodka, oraz zapis tymczasowego rezonatora typu DFB o odpowiednim okresie przestrzennym – zanikającego wraz z zaprzestaniem pompowania. Pracę podzielono na cztery części dotyczące analizy foto-fizyki wyselekcjonowanych materiałów, kładąc nacisk na różne aspekty materiałowe istotne z punktu widzenia poruszanej tematyki.

W części pierwszej, na przykładzie barwnika pochodnej pirazoliny DCNP pokazano, że akcja laserowa typu DFB może zostać wygenerowana w ośrodku poli(metakrylanu metylu) (PMMA) domieszkowanym kryształami luminescencyjnymi, który inherentnie wykazuje zjawisko laserowania randomicznego. Tym samym, losowe sprzężenie zwrotne wynikające z obecności rozpraszających światło kryształów barwnika w matrycy, mogło zostać sprzężone z dobrze zdefiniowanym rezonatorem typu DFB, prowadząc do wyselekcjonowania żądanej linii laserowej. Obecność dwóch sąsiadujących pasm emisji wymuszonej materiału DCNP/PMMA pozwoliła na przestrajanie emitowanej długości fali we względnie szerokim zakresie widmowym wynoszącym 65 nm. Badania wskazują, że krystalizacja barwnika luminescencyjnego w ośrodku wzmacniającym, często postrzegana jako zjawisko niekorzystne, może w pewnych przypadkach prowadzić do uzyskania unikalnych i korzystnych właściwości materiału aktywnego lasera – w opisanym przykładzie, do szerokiej przestrajalności.

Część druga doktoratu traktuje o możliwościach regulowania pozycji spektralnej obszaru wzmocnienia ośrodków organicznych. Na przykładzie pochodnych ksantenu Rodaminy 6G i Rodaminy B, oraz pochodnej fenoksazyny Błękitu Nilowego, domieszkowanych do warstwy poli(alkoholu winylowego) (PVA) pokazano, że dobór stężenia

barwnika w matrycy pozwala na kontrolę zarówno położenia, jak i szerokości profilu wzmocnienia światła emitowanego przez ośrodek wzmacniający, tożsamego z dostępnym zakresem widmowym strojenia akcji laserowej w obecności rezonatora. Wykorzystaną cechą związków, pozwalającą na uzyskanie powyższego efektu, była ich zdolność do formowania luminescencyjnych agregatów molekularnych przesuniętych w emisji ku czerwieni. Dodatkowe przesunięcie spektralne pomiędzy pozycją pasma wzbudzenia i pasma emisji wymuszonej uzyskiwano na drodze sekwencji rezonansowych transferów energii typu Försterowskiego, angażującej molekuły i agregaty mieszaniny barwników donora i akceptora, pozwalając na realizację akcji laserowej typu DFB w zakresie względnie dłuższych fal światła.

W trzeciej części rozprawy skupiono się na aspekcie poszerzania zakresu strojenia akcji laserowej w organicznych ośrodkach wzmacniających. W badaniach ponownie wykorzystano związki w formie intencjonalnie zagregowanej – kryształy pochodnej pirazoliny DCNP oraz agregaty molekularne pochodnej ksantenu Rodaminy 700. Przeprowadzone prace sprowadzały się do optymalizacji stosunku mieszaniny dwóch barwników luminescencyjnych w matrycy PMMA, wykazujących spektralnie przesuniętą luminescencję oraz dających się wzbudzić jednocześnie na drodze bezpośredniego pompowania. W wyniku optymalizacji osiągnięto zakres strojenia akcji laserowej typu DFB wynoszący 125 nm, tj. niemal dwukrotnie przewyższający zakres osiągnięty dla układu DCNP/PMMA. W badaniach zwrócono uwagę, że zastosowanie komponentów luminescencyjnych ośrodka aktywnego lasera w formie skryształizowanej może wносить dodatkową korzyść wynikającą z ich niższej podatności na wygaszanie bezradiacyjne emisji przez potencjalnego akceptora energii.

Czwarta część pracy doktorskiej daje przykład możliwości inżynierii molekularnej organicznych ośrodków wzmacniających, prezentując jak na drodze planowanej syntezy można uzyskać pożądane właściwości materiału aktywnego lasera. Opierając się na zsyntezowanych związkach makrocząsteczkowych zawierających centra luminescencyjne pochodnej antracenu Ant-PMMA oraz pochodnej chromoforu Lemke'go Lem-PMMA pokazano, że struktura chemiczna fluoroforów unieruchomionych kowalencyjnie w ośrodku może determinować mechanizm sprzężenia zwrotnego w akcji laserowej typu DFB i wpływać na jej efektywność. W przytoczonym przykładzie korzystnym okazało się wykorzystanie fluoroforu związku Lem-PMMA podatnego na fotoizomeryzację *cis-trans*, która pozwalała na generowanie chwilowego rezonatora typu DFB w postaci modulacji współczynnika załamania światła.