

mgr inż. Adam Szukalski  
Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska  
ul. Wybrzeże Wyspiańskie 27, 50-320 Wrocław  
Katedra Inżynierii i Modelowania Materiałów Zaawansowanych  
bud. A-3/pok. 401 b  
tel. (71) 320-23-17  
e-mail: adam.szukalski@pwr.edu.pl

Wrocław, dn. 22.06.2016 r.

## STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

### *Badania nieliniowych właściwości optycznych i luminescencyjnych wybranych pochodnych pirazoliny*

Rozprawa doktorska, zatytułowana "*Badania nieliniowych właściwości optycznych i luminescencyjnych wybranych pochodnych pirazoliny*", została zrealizowana w Katedrze Inżynierii i Modelowania Materiałów Zaawansowanych na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej, pod opieką naukową dr hab. inż. Jarosława Myśliwca, prof. nadzw. PWr. Celem pracy było scharakteryzowanie wąskiej grupy pochodnych pirazoliny w kontekście ich właściwości luminescencyjnych (w tym wzmacniania światła) oraz właściwości optycznie nieliniowych, II-go i III-go rzędu (w tym absorpcji wielofotonowej, generacji harmonicznych promieniowania oraz fotoindukowanej dwójłomności optycznej).

Praca doktorska zawiera podstawową charakterystykę struktury chemicznej badanych związków, w tym wyznaczone struktury krystaliczne molekuł (rentgenografia strukturalna monokryształów; obliczenia i analiza wykonana w jednostce Polskiej Akademii Nauk, oddział we Wrocławiu) oraz detekcję poszczególnych ugrupowań atomowych (spektroskopia w zakresie IR, Wydział Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego). Ponadto, dokonano charakterystyki spektroskopowej nowych molekuł luminescencyjnych poprzez zmierzenie widm absorpcji i emisji, zarówno dla ich roztworów organicznych (THF), jak i cienkich warstw polimerowych (PMMA).

Ponadto, dokonano charakterystyki procesów wzmacniania promieniowania przez hybrydowe układy polimerowe domieszkowane chromoforami z rodziny pochodnych pirazoliny. Zbadano proces emisji stymulowanej (z jęz. ang. *Stimulated Emission* - SE)/wzmocnionej emisji spontanicznej (z jęz. ang. *Amplified Spontaneous Emission* - ASE) oraz szczególnie rodzaj akcji laserowej - laserowanie randomiczne (z jęz. ang. *Random Lasing* - RL). Podczas badań RL wykorzystano technikę zmiennej długości paska naświetlającego (z jęz. ang. *Variable Stripe Length method* - VSL) i wzbudzającego tym samym materiał aktywny. Źródłem promieniowania był nanosekundowy laser impulsowy, a zbadane parametry, to: próg energetyczny do uzyskania wspomnianych rodzajów emisji, ich fotostabilność oraz parametry spektroskopowe, takie jak: szerokość połówkowa (z jęz. ang. *Full Width at Half Maximum* - FWHM) pasma emisji, jego kształt oraz położenie w stosunku do zakresu promieniowania. Dla laserowania typu RL wyznaczono także wielkości rezonatorów optycznych odpowiedzialnych za generowane pasma koherentnego laserowania randomicznego.

Ponadto, dla warstw polimerowych, dokonano pomiarów w zakresie generacji drugiej i trzeciej harmonicznej promieniowania (z jęz. ang., odpowiednio: *Second Harmonic Generation* - SHG, *Third Harmonic Generation* - THG), także dla różnego zakresu koncentracji chromoforów nieliniowych. Na tej podstawie wyznaczono parametry podatności nieliniowej II-go i III-go rzędu -  $\chi^{(2)}$  i  $\chi^{(3)}$ . Do badań wykorzystano pikosekundowy laser impulsowy oraz technikę porównawczą pomiaru *prążków Maker'a*. Całość tej części badań wykonano na Uniwersytecie w Angers (Francja), w ramach stypendium doktorskiego ETIUDA, finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

Ponadto, zbadano także proces fotoindukowanych zmian współczynnika refrakcji w układzie *optycznego efektu Kerra* (z jęz. ang. *Optical Kerr Effect* - OKE). Oceniono wielkość wyindukowanej dwójłomności optycznej (rozumianej jako wygenerowaną anizotropię optyczną materiału izotropowego) oraz wyznaczono ponadto nieliniowy współczynnik refrakcji ( $n_2$ ), stałą Kerra ( $B$ ), a także parametry opisujące kinetykę transformacji konformacyjnych *trans – cis – trans*. Nadto, przy współpracy z Uniwersytetem Wrocławskim oraz jednostką Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, przeprowadzono całą serię obliczeń i symulacji kwantowo-chemicznych, pozwalających na zrozumienie mechanizmu przejść konformacyjnych podanej grupy materiałów, jak i określające ich momenty dipolowe oraz energię przejść typu *HOMO – LUMO*.

Poza tym, we współpracy z grupą prof. Marka Samocia, dokonano charakterystyki roztworów organicznych chromoforów nieliniowych z grupy pochodnych pirazoliny w

zakresie absorpcji wielofotonowej (w tym: dwufotonowej - z jęz. ang. *Two Photon Absorption* - TPA, oraz trójfotonowej - z jęz. ang. *Three Photon Absorption* - 3PA). Do badań użyto femtosekundowy laser impulsowy oraz zastosowano technikę z-skan, jednakże pomiarów dokonano dla szerokiego zakresu spektralnego, a nie - tak jak to zwykle bywa w tego rodzaju badaniach - dla tylko jednej długości fali promieniowania. Na tej podstawie wyznaczono wartości przekroju czynnego na absorpcję dwu- i trójfotonową ( $\sigma_2$  i  $\sigma_3$ ).

W niniejszej rozprawie doktorskiej znalazły się także wyniki badań prowadzonych na Uniwersytecie w Salento (Włochy) oraz w jednostce naukowo-badawczej CNR-Nano w Lecce (Włochy), dotyczące wytwarzania oraz charakterystyki mikro- i nanowłókien biopolimerowych domieszkowanych pochodnymi pirazoliny. W pracy zaprezentowano zdolności tego rodzaju układów do procesu światłowodzenia, emisji i wzmacniania promieniowania, ale także kontrolowanej modulacji współczynnika refrakcji materiału.