

## **Proces przekazu ładunku w warstwie aktywnej organicznych ogniw słonecznych**

Sylwia Grankowska Ciechanowicz

Główną tematyką niniejszej rozprawy jest badanie procesu kreacji ekscytonów i ich separacji na wolne nośniki przez przekaz elektronu z materiału donorowego do materiału akceptorowego oraz przekaz dziury w odwrotnym kierunku w warstwie aktywnej fotoogniw organicznych, a także zrozumienie mechanizmów fizycznych wpływających na efektywność tych procesów. Uzasadnieniem przeprowadzonych badań jest ciągły wzrost zainteresowania odnawialnymi źródłami energii, w szczególności fotowoltaiką.

Rozdział pierwszy rozprawy przedstawia właściwości materiałów używanych do budowy organicznych ogniw fotowoltaicznych z rozróżnieniem na ogniwa polimerowe i perowskitowe oraz zasadę ich działania. Przy omawianiu fotoogniw polimerowych szczególną uwagę poświęcono procesom kreacji ekscytonów i przekazu ładunku, który prowadzi do separacji ekscytonów na wolne nośniki.

Kolejny rozdział zawiera krótki przegląd materiałów wykorzystywanych w polimerowych i perowskitowych ogniwach fotowoltaicznych. W części tej ujęto także opis związków, które były używane w omawianych badaniach. Jako materiał donorowy stosowano polimery z grupy poliazometin. Należy podkreślić, że synteza tych związków jest prosta i tania. W badaniach wykorzystano także dwa komercyjne polimery o skrótowej nazwie P3HT i PCDTBT, służące jako związki referencyjne. Jako materiał akceptorowy używano pochodnej fullerenu.

Stosowane techniki eksperymentalne zostały omówione w rozdziale trzecim. Należą do nich między innymi spektroskopia absorpcyjna, dostarczająca informacji o zakresie energii światła niezbędnej do kreacji ekscytonów oraz spektroskopia elektronowego rezonansu spinowego indukowanego światłem (LESR - ang. light-induced electron spin resonance) i luminescencja czasowo rozdzielcza (TRPL - ang. time-resolved photoluminescence), wykorzystywane do bezpośredniej detekcji przekazu ładunku. Proces ten jest śledzony za pomocą obserwacji przejść spinowych nośników wzbudzonych światłem (LESR) oraz procesów rekombinacji radiacyjnej ekscytonów (TRPL). Innowacyjnością prezentowanej pracy jest wypracowanie metodyki pomiarowej łączącej LESR i TRPL do detekcji przekazu ładunku. Jako uzupełnienie wyników eksperymentalnych wykorzystano obliczenia teoretyczne poziomów HOMO (ang. the highest occupied molecular orbital) i LUMO (ang. the lowest occupied

molecular orbital) dla polimerów i pochodnej fulerenu, wykonane przez dr hab. J. Wojtkiewicza.

Opis wyników przeprowadzonych eksperymentów przedstawiono w trzech częściach. W pierwszej z nich ujęto rezultaty badań polimerów wykonanych pod kątem ich zastosowania jako materiał donorowy w polimerowych ogniwach fotowoltaicznych. Zostały tu przedstawione widma absorpcji, luminescencji oraz widma ESR i LESR. Druga część poświęcona jest procesowi przekazu ładunku na złączu materiału donorowego z akceptorowym. W związku z tym wyniki omawiane w tej części dotyczą mieszanin składających się z polimeru i pochodnej fulerenu. Proces przekazu ładunku został scharakteryzowany dwoma niezależnymi technikami - TRPL oraz LESR. Pomiary TRPL pokazywały silne wygaszanie luminescencji zarówno polimerowej, jak i fulerenowej dla mieszanin, w których następował efektywny transfer ładunku – rozdzielenie przestrzenne elektronu i dziury skutkowało obniżeniem wydajności procesów rekombinacji promienistej. W LESR efektywny przekaz ładunku skutkował pojawieniem się linii od niesparowanych polaronów: dziurowych w polimerach i elektronowych w fulerenach. W celu sprawdzenia wpływu przekazu ładunku na sprawność ogniw dla wybranych polimerów skonstruowano ogniwa i wykonano charakterystyki prądowo-napięciowe oraz zmierzono fotoprąd, który następnie został przeliczony na zewnętrzną wydajność kwantową. W trzeciej części wyników eksperymentalnych podano przykład wykorzystania opracowanej metodyki badań do innego typu fotowoltaiki organicznej, w tym przypadku perowskitowej.

Dyskusja wyników oraz ich posumowanie stanowią zakończenie rozprawy.