

Warszawa, 29.09.2025

Autor rozprawy doktorskiej: **Joanna Kruszyńska**

Promotor: **Daniel Prochowicz, prof. IChF PAN**

Temat rozprawy doktorskiej: **Opracowanie i rozwijanie metod wytwarzania stabilnych ogniw słonecznych na bazie perowskitów metalo-halogenkowych**

Streszczenie

Perowskity metalo-halogenkowe (MHP; ang. Metal-Halide Perovskite) uznawane są obecnie za najbardziej obiecujące materiały do produkcji ogniw słonecznych ze względu na ich wyjątkowe właściwości takie jak przestrajalna przerwa energetyczna, wysoki współczynnik absorpcji oraz długi czas życia nośników ładunku. Urządzenia oparte na tych materiałach odnotowały istotny postęp w zwiększaniu sprawności konwersji energii (PCE; ang. Power Conversion Efficiency) przekraczając wartość 27%. Niemniej jednak, pomimo znacznego sukcesu w poprawie wydajności, osiągnięcie długotrwałej stabilności perowskitowych ogniw słonecznych (PSC; ang. Perovskite Solar Cell) wciąż pozostaje ogromnym wyzwaniem.

Przedmiotem prezentowanej rozprawy doktorskiej było opracowanie i optymalizacja procedur umożliwiających wytwarzanie wysoce stabilnych ogniw słonecznych opartych na perowskitach metalo-halogenkowych. W pierwszym etapie pracy skoncentrowano się na modyfikacji warstw transportujących elektrony (ETL; ang. Electron Transport Layer) na bazie tlenku cynku domieszkowanego jonami glinu (III) (AZO; ang. Aluminum-doped Zinc Oxide) wytworzonych metodą osadzania warstw atomowych (ALD; ang. Atomic Layer Deposition). Analizie poddano trzy warstwy, tj. niemodyfikowaną warstwę ZnO oraz dwie warstwy AZO, których proces ALD zakończono impulsem $\text{Et}_2\text{Zn}+\text{H}_2\text{O}$ (AZO-1) i $\text{Me}_3\text{Al}+\text{H}_2\text{O}$ (AZO-2). Przeprowadzone badania wykazały, że odpowiednie zakończenie procesu ALD (szczególnie $\text{Me}_3\text{Al}+\text{H}_2\text{O}$) korzystnie wpływa na jakość złącza ETL/perowskit, co przekłada się na poprawę zarówno stabilności termicznej warstwy perowskitu, jak i wydajności oraz stabilności PSC.

W drugim etapie pracy zbadano wpływ 1,3-dipodstawionych pochodnych mocznika, tj. 1,3-difenylomocznika (Ph_2Ur) oraz 1,3-di(tert-butylo)mocznika (tBu_2Ur), jako nowych związków pasywujących defekty w postaci niewysyconych koordynacyjnie jonów Pb^{2+} w warstwie

perowskitu o powszechnie stosowanej kompozycji $\text{Cs}_{0.05}(\text{FA}_{0.95}\text{MA}_{0.05})_{0.95}\text{Pb}(\text{I}_{0.95}\text{Br}_{0.05})_3$ (CsFAMA). Przeprowadzone badania wykazały, że odpowiednio zaprojektowane związki na bazie mocznika mogą skutecznie pasywować defekty i poprawiać właściwości fizykochemiczne warstw perowskitowych. W rezultacie, zastosowanie pochodnych przyczyniło się do zwiększenia wydajności ogniw oraz w przypadku Ph_2Ur miało istotny wpływ na poprawę ich stabilności.

W ostatnim etapie zbadano wpływ domieszkowania nieorganicznego perowskitu CsPbI_2Br jonami Pd^{2+} na właściwości powstałych warstw, tj. $\text{Cs}(\text{Pd})_x(\text{Pb})_{1-x}\text{I}_2\text{Br}$. Jako źródło jonów Pd^{2+} zastosowano PdBr_2 oraz jego solwatowane kompleksy, tj. $\text{PdBr}_2(\text{MeCN})_2$ i $\text{PdBr}_2(\text{PhCN})_2$, gdzie MeCN i PhCN oznaczają kolejno acetonitryl i benzonitryl. Przeprowadzone badania wykazały, że jony Pd^{2+} ulegają inkorporacji do struktury perowskitu CsPbI_2Br . Jednocześnie wykazano, że zastosowanie solwatowanych kompleksów (szczególnie kompleksu $\text{PdBr}_2(\text{PhCN})_2$) korzystniej wpływa na morfologię oraz stabilność fazową warstwy perowskitowej, co przełożyło się na poprawę wydajności oraz stabilności PSC.