

Od 30 lat przemysł fotowoltaiczny (PV) rozwija się wykładniczo. Niestety wzrost ten nie jest wystarczająco szybki, aby zapobiec globalnemu ociepleniu. Brakuje czasu, aby przekształcić nasz system energetyczny w kierunku źródeł o niskiej emisji gazów cieplarnianych. Wśród pojawiających się technologii produkcji energii ogniwa słoneczne z perowskitu metalohalogenkowego (PSC) przyciągnęły dużą uwagę zarówno środowiska akademickiego, jak i przemysłowego, ponieważ ich sprawność konwersji energii (PCE) wzrosła z 3,8% do certyfikowanego 25,5% w ciągu kilku lat dzięki zastosowaniu tanich technik wytwarzania. W tym kontekście społeczność fotowoltaiczna stara się przyspieszyć rozwój tej technologii, która mogłaby przyspieszyć wdrażanie fotowoltaiki na dużą skalę jako źródła energii, a tym samym zmniejszyć wpływ globalnego ocieplenia. Głównym wyzwaniem dla komercjalizacji PSC jest ich ograniczony okres użytkowania ze względu na niską stabilność materiału i urządzeń. Jest to trudne, ponieważ zrozumienie podstawowych reakcji chemicznych i procesów elektrycznych leżących u źródła degradacji urządzenia jest złożone, a testy starzenia są czasochłonne. Degradacja w PSC jest spowodowana głównie wpływem wilgoci, utleniania i stresu termicznego. Ale występują również inne procesy degradacji które powodowane przez ruchome jony w perowskitach.

Degradacja ta może być częściowo odwracalna, zwiększając złożoność testów stabilności i stwarzając wyzwania dla charakteryzacji i symulacji zasady działania urządzeń w ogóle i podczas starzenia. Wiele strategii zostało z powodzeniem zastosowanych w celu poprawy stabilności ogniw perowskitowych, a istnieją badania pokazujące mniej niż kilka procent pogorszenia wydajności, gdy urządzenia te są monitorowane przez 1000 godzin pracy. Pomimo postępu w poprawie stabilności, zgłaszane wartości są nadal dalekie od tego, czego oczekuje się od technologii PV. Dlatego potrzeba wielu badań nad źródłami degradacji eksploatowanych urządzeń z ogniwami słonecznymi. Aby przyspieszyć te badania, niezwykle ważne jest lepsze zrozumienie ścieżek degradacji z fundamentalnego punktu widzenia oraz znalezienie sposobów na przyspieszenie testów starzenia i uzyskanie szybkiej informacji zwrotnej, co jest celem tego projektu.

Bardziej szczegółowo opisany problem prowadzi nas do następujących pytań badawczych:

- Jakie są najlepsze czynniki stresogenne dla przyspieszonego starzenia?
- W jaki sposób można monitorować degradację za pomocą nieniszczących pomiarów in-situ, biorąc również pod uwagę szczególne cechy perowskitowych ogniw słonecznych, takie jak powolne efekty odwracalne?
- Jak można przypisać obserwowane zmiany różnym parametrom fizycznym?
- W jaki sposób można zidentyfikować czynniki przyspieszenia na podstawie wzorców degradacji i wykorzystać do przewidywania czasu eksploatacji podczas eksploatacji?

Z tymi pytaniami wiążą się następujące cele badawcze:

- Projektowanie dostosowanych do potrzeb eksperymentów w zakresie przyspieszonego starzenia oraz identyfikacja najbardziej odpowiednich czynników stresu i zakresu ich parametrów
- Opracowanie odpowiedniej charakterystyki in-situ na podstawie pomiarów optoelektrycznych, które pozwalają na rozróżnienie zmian w transporcie ładunku i rekombinacji
- Zastosowanie numerycznej symulacji urządzenia opartej na modelach dryfowo-dyfuzyjnych w celu zidentyfikowania najbardziej prawdopodobnego źródła zmian wydajności podczas starzenia i przypisania go poprzez kwantyfikację parametrów materiału
- Opracowanie modeli predykcyjnych, które w oparciu o współczynniki przyspieszenia umożliwiają oszacowanie czasu życia dla danych scenariuszy operacyjnych i warunków otoczenia

Aby odpowiedzieć na te pytania i osiągnąć nasz cel, zamierzamy połączyć badania degradacji na statystycznie istotnej wielkości próbki z charakterystyką in situ i w połączeniu z modelowaniem urządzeń w celu zidentyfikowania wzorców degradacji i ich fizycznej przyczyny. Przewidujemy, że wyniki naszego eksperymentu pozwolą nam pogłębić wiedzę na temat mechanizmów degradacji perowskitowego urządzenia fotowoltaicznego i doprowadzą do ustalenia szybkich, niezawodnych i efektywnych kosztowo standardów pomiaru stabilności, które będą obowiązywały całe środowisko badawcze.