

Streszczenie:

W pracy podjęto analizę zjawisk transportu masy i energii w mikroprzepływowych ogniwach fotoelektrochemicznych typu DSSC oraz zbadanie tych procesów w kontekście optymalizacji parametrów pracy mikroukładów oraz możliwości ich skalowania. Celem rozprawy jest zbadanie zjawisk transportu masy, ładunku i ciepła oraz ich wpływu na sprawność i gęstość prądu mikrofluidalnych ogniw fotoelektrochemicznych.

Zaprojektowano i wytworzono mikroprzepływowe ogniwo μ DSSC w konfiguracji „gapless”, czyli bez przerwy międzyelektrodowej, o powierzchni aktywnej przekraczającej 7 cm^2 . Wykazano, że eliminacja przestrzeni międzyelektrodowej oraz zastosowanie kontrolowanego przepływu elektrolitu prowadzą do redukcji oporów transportowych, poprawy efektywności pracy układu, a także możliwości zwiększenia żywotności układu. Sprawność konwersji energii osiąga wtedy poziom około 6% w warunkach standardowych, z potencjałem wzrostu do 19–22%.

Analiza wpływu temperatury oraz warunków oświetlenia wykazała istotną zależność sprawności od warunków eksploatacyjnych. Integracja ogniwa z mikroprzepływowym wymiennikiem ciepła pozwala na skuteczne odprowadzanie energii cieplnej oraz stabilizację pracy układu. Uzyskane wyniki potwierdzają, że zastosowanie mikroprzepływu oraz konfiguracji „gapless” stanowi efektywne podejście do zwiększenia sprawności i skalowalności ogniw DSSC.

Abstract:

This dissertation investigates mass and energy transport phenomena in microfluidic dye-sensitized photoelectrochemical cells (DSSCs) and examines these processes in the context of optimizing device performance and scalability. The objective of the dissertation is to study mass, charge, and heat transport phenomena and their influence on the efficiency and current density of microfluidic photoelectrochemical cells.

A microfluidic μ DSSC operating in a gapless configuration, i.e., without an inter-electrode gap, with an active area exceeding 7 cm^2 , was designed and developed. It was demonstrated that eliminating the inter-electrode space and introducing a controlled electrolyte flow reduce transport resistances, improve device performance, and provide the possibility of extending the operational lifetime of the system. Under standard test conditions, the power conversion efficiency reaches approximately 6%, with the potential to increase to 19 – 22%.

The analysis of temperature and illumination conditions revealed a significant dependence of cell efficiency on operating parameters. The integration of the cell with a microfluidic heat exchanger enables effective thermal energy management and stabilization of operating conditions. The obtained results confirm that the application of microfluidic flow and the gapless configuration represents an effective approach to improving the efficiency and scalability of DSSC devices.