

## Povzetek

Vodikova ekonomija je obetavna rešitev svetovnih energetske in okoljske izzivov, pri čemer imajo gorivne celice ključno vlogo pri omogočanju čiste in učinkovite pretvorbe energije. Vendar pa je za široko uporabo gorivnih celic, zlasti gorivnih celic s protonsko prevodno membrano (*angl.* proton exchange membrane fuel cell - PEMFC), potrebna dodatna optimizacija katalitskih materialov, da se izboljšajo zmogljivost, vzdržljivost in ekonomičnost. Eden glavnih izzivov v tehnologiji gorivnih celic je katodna reakcija redukcije kisika (*angl.* oxygen reduction reaction - ORR), kjer se kot katalizator običajno uporabljajo nanodelci platine (Pt) podprti na ogljikovem nosilcu. Zagotavljanje zadostne stabilnosti takšnih nanokompozitov pa je še vedno velik izziv. Katalizatorji na osnovi Pt v obratovalnih pogojih gorivne celice degradirajo zaradi elektrokemijsko inducirane raztapljanja Pt in korozije ogljikovega nosilca. Za reševanje teh izzivov ta disertacija obravnava derivate grafena kot potencialne alternative trenutnim ogljikovim nosilcem na osnovi črnih ogljikov (*angl.* carbon blacks - CB) za izboljšanje stabilnosti in zmogljivosti katalizatorjev v PEMFC.

V prvem delu disertacije se osredotočam na nov in inovativen postopek sinteze za pripravo kompozitnih elektrokatalizatorjev nanodelcev Pt na derivatih grafena. Najprej smo uporabili Hummersovo metodo za sintezo oksidiranih derivatov grafena. Nato smo uporabili pulzno zgorevalni reaktor v kombinaciji z metodo dvojne pasivacije z galvansko izmenjavo za pripravo Pt katalizatorjev na osnovi derivatov grafena. Ta metoda omogoča proizvodnjo večgramskih količin visokozmogljivih katalizatorjev, z visoko vsebnostjo kovin in visoko elektrokemijsko aktivno površino (*angl.* electrochemically active surface area - ECSA).

S pospešenimi degradacijskimi testi smo pri sintetiziranih naprednih katalizatorjih preverjali elektrokemijsko stabilnost, ki je preseгла stabilnost tradicionalnih katalizatorjev podprtih na CB. Med testiranjem stabilnosti smo izvedli tudi poglobljeno študijo rentgenske fotoelektronske spektroskopije (*angl.* X-ray photoelectron spectroscopy - XPS) da bi raziskali kemijske lastnosti ogljikovih nosilcev in jih povezali z opaženimi trendi stabilnosti. Poleg tega smo preizkusili zmogljivost pri visokih tokovnih gostotah v plinsko difuzijski elektrodi (*angl.* gas diffusion electrode - GDE), pri čemer smo dosegli zmogljivost, primerljivo komercialni referenci, in rekordno zmogljivost na področju derivatov grafena.

Da bi dobili globlji vpogled v stabilnost naših katalizatorjev, smo izvedli *in-situ* meritve korozije ogljika z uporabo elektrokemijske celice sklopljene z masnim spektrometrom (*angl.* electrochemical cell coupled mass spectrometer – EC-MS). Rezultati so potrdili višjo stabilnost

Pt katalizatorjev, podprtih z derivati grafena, kar dodatno potrjuje njihov potencial za uporabo v gorivnih celicah.

V zadnjem delu disertacije smo izvedli študijo dopiranja z uvedbo heteroatomov bora (B) in dušika (N) v ogljikov nosilec. Namen te raziskave je bil še bolj povečati stabilnost katalizatorja. Na Pt katalizatorjih na dopiranih derivatih grafena, smo opravili stabilnostne teste. Rezultati so pokazali nepričakovan negativen učinek na stabilnost katalizatorjev, vendar pa je to odprlo nove možnosti za nadaljnje raziskave. Za boljše razumevanje vpliva dopantov na stabilnost katalizatorja bomo v prihodnjih raziskavah izvedli dodatna testiranja.

Naša raziskava je pokazala potencial uporabe derivatov grafena kot naprednih nosilcev za binarni platinski katalizator v gorivnih celicah. Inovativni postopek sinteze, ki temelji na metodi pulznega zgorevanja, je omogočil proizvodnjo visoko zmogljivih in stabilnih katalizatorjev v velikih količinah. Obetavni rezultati te študije odpirajo nova obzorja za praktično uporabo derivatov grafena v tehnologiji gorivnih celic in prispevajo k napredku čistih in učinkovitih sistemov za pretvorbo energije.