

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího  posudek oponenta  
 bakalářské práce  diplomové práce

Autor: **Václav Maixner**  
Název práce: **Development of Hydrogen Fuel Cells**  
Studijní program a obor: **Fyzika povrchů a rozhraní**  
Rok odevzdání: 2020

Jméno a tituly vedoucího/oponenta: **Prof. RNDr. Vladimír Matolín, DrSc**  
Pracoviště: **KFPP, MFF UK**  
Kontaktní e-mail: **vladimir.matolin@mff.cuni.cz**

## Odborná úroveň práce:

- vynikající  velmi dobrá  průměrná  podprůměrná  nevyhovující

## Věcné chyby:

- téměř žádné  vzhledem k rozsahu přiměřený počet  méně podstatné četné  závažné

## Výsledky:

- originální  původní i převzaté  netriviální kompilace  citované z literatury  opsané

## Rozsah práce:

- veliký  standardní  dostatečný  nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající  velmi dobrá  průměrná  podprůměrná  nevyhovující

## Tiskové chyby:

- téměř žádné  vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet  četné

## Celková úroveň práce:

- vynikající  velmi dobrá  průměrná  podprůměrná  nevyhovující

## Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:

Pan Václav Maixner vypracoval Diplomovou práci „Development of Hydrogen Fuel Cells“ na Katedře fyziky povrchů a plazmatu MFF UK pod mým vedením.

Cílem diplomové práce bylo především studium doposud málo prozkoumané problematiky řízení vlhkosti iontově vodivých polymerních membrán (PEM Proton Conductive Membrane) a obsahu vody v plynově difúzních vrstvách nízkoteplotních vodíkových článků s polymerní membránou. Výsledky práce mají pomoci v návrhu přípravy plynově difúzních vrstev s optimální hydrofobicitou a nastavením provozních parametrů svazku palivových článků tak, aby byla optimalizována vlhkost iontově vodivé membrány a tím získán co největší specifický a měrný výkon. Původním záměrem práce bylo přenesení jejích výsledků až do výše zmíněné optimalizace. Základním krokem bylo proto studium vlastností iontové vodivosti membrán v závislosti na vlhkosti při různých teplotách a tlaku plynů.

Pan Maixner se do této části práce ponořil s velkou důkladností, a v první části práce vybudoval experimentální měřicí systém a v druhé části pak získal originální výsledky. Stavba zařízení a jeho postupný vývoj byly časově náročné, nicméně vedly k získání velmi zajímavých dat, a proto jsme se rozhodli, že systém je potřeba zúročit a je potřeba zaměřit se v diplomové práci na studium vodivosti pro různé typy PEM a získat co největší poznatky v této oblasti.

Práce probíhala v několika dílčích krocích:

1. Uchazeč zpracoval teoretickou část práce s velkou erudicí, která podle mého názoru přesahuje běžný rozsah teoretických základů uváděných v experimentálních pracích. V teoretické části „1.5. Water management“, 1.7. „Ionic conductivity of membranes“, 1.8. „Proton conductive mechanisms“ a 1.9. „Nafion conductivity“ představil logicky a přehledně uspořádaný ucelený přehled problematiky vodivosti PEM, který vypracoval na základě studia literatury.
2. Přehled experimentálních metod je rovněž velmi dobře zpracován a je nutno vyzdvihnout především kvalitu základní části 2.2 „Electrochemical Impedance Spectroscopy“.
3. Stavba experimentálního systému je popsána v kapitole 3. Po úvodních měřeních vlivu vlhkosti vodíku a vzduchu na výkon svazku palivových článků bylo zřejmé, že do výsledku vstupuje příliš mnoho parametrů na to, aby bylo možné odlišit vliv vlhkostně závislé vodivosti membrán od dalších vlivů, které rovněž závisí na obsahu vody ve svazku článků, především na zaplavování bipolárních desek vodou, která není vždy efektivně odváděna z polí plynových kanálků a na difúzi vody z katody na anodu skrz PEM (tzv. water crossover). Proto bylo rozhodnuto o stavbě počítačem řízené vlhkostní komory HC (Humidity Chamber) s řízenou relativní vlhkostí procházejícího dusíku pro měření PEIS (Potenciostatic Electrochemical Impedance Spectroscopy) samotných membrán. Že se nejednalo o snadnou úlohu je patrné již v úvodu kapitoly z obrázku 3.1. Konstrukčně komplikovanou samostatnou částí byl i vývoj a konstrukce držáku vzorků PEM pro PEIS.

V této části práce je potřeba vyzdvihnout pečlivost, s kterou diplomant testoval parametry 4-elektrodového držáku a odezvy celého systému HCPEIS. Velkou pozornost věnoval i výběru materiálu a tvaru elektrod.

4. V části „studium vodivosti membrán“ opět diplomant v úvodu předvedl výbornou práci s literaturou a citoval relevantní referenční výsledky. Tuto kapitolu by se ale spíše hodilo zařadit do teoretického úvodu v 1. kapitole. V samotném experimentu se zaměřil na srovnání membrán Nafion 211, 212 a 115. Dále potom tyto výsledky srovnal s výsledky získanými na membránách připraveným plazmatickým leptáním PEM podle námi patentované technologie, viz. obr. 4.1. Zde ale došlo k neočekávanému selhání měření HCPEIS, což ale pana Maixnera nedeprimovalo a s vervou se pustil do řešení „záhady“ a tím „přenesl“ řešení do oblasti fyziky materiálů. Pomocí metod SEM a EDX odhalil příčinu v degradaci a delaminaci vrstev zlata pokrývajících elektrody vlivem interakce s oxidem ceru, který se při plazmatickém leptání používá.

Následná měření PEIS při kontaktování sporní eleptané strany tuto hypotézu potvrdila a byly získány originální a doposud nepublikované výsledky ukazující na vyšší vodivost leptaných PEM při různých teplotách a RH. Tím byla objasněn další, a doposud neznámý důvod, vedoucí k vynikajícím vlastnostem plazmaticky leptaných membrán.

Práce podle mého názoru překonává běžný standard. Pan Maixner ukázal vynikající orientaci v problematice, skvělou práci s literaturou, konstrukční zručnost a dokázal, že je skvělý experimentátor, a že je schopen **samostatně** řešit náročné úkoly. Částečným nedostatkem je poněkud nepřehledné členění mezi experimentální a teoretickou část.

Předloženou práci navrhuji přijmout jako práci diplomovou.

**Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

Žádné

**Práci**

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou.

**Navrhuji hodnocení stupněm:**

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/opponenta:

V Praze 6.9.2020